



## *VI. Procesy egzogeniczne*

### *5. Rzeźbotwórcza działalność lodowców górskich i lądolodów*



# ***RZEŻBA GLACJALNA (LODOWCOWA)***





# Procesy glacialne - WSTĘP

- ❶ Lód w lodowcach znajduje się pod ciśnieniem, które sprawia, że zachowuje się on nieco podobnie do płynącej wody.

- ❷ Czasami mówi się nawet o “**płynięciu**” lodowców.

- ❸ Mimo tych podobieństw powstające formy są jednak odmienne.

- ❹ **Procesy glacialne** dzielą się na:

- ❶ **erozję,**
  - ❷ **transport,**
  - ❸ **akumulację.**





## *Erozja glacjalna – działalność niszcząca lodowców*

- 🌐 **Erozja glacjalna** – to całokształt procesów zachodzących w śladzie przemieszczającej się masy lodowej, które powodują usuwanie materiału tworzącego podłoże lodowca i w konsekwencji obniżenie powierzchni terenu.





# Rodzaje erozji glacialnej

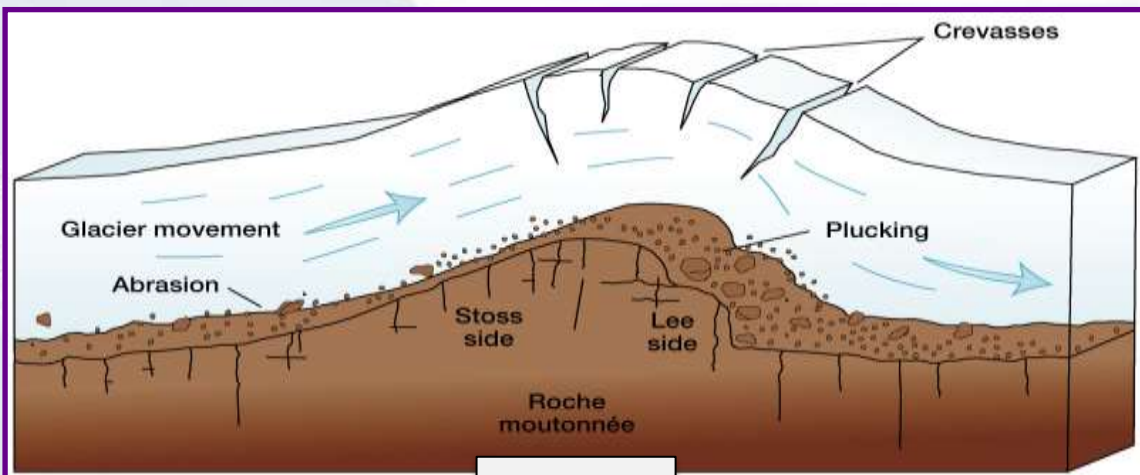
- Zwykle są wyróżniane trzy procesy erozyjne: wyorywanie, ścieranie i zdzieranie.
  - Ich skutki są obserwowane zarówno na pojedynczych wychodniach, jak i rozległych obszarach.
  - Efektywność erozji rośnie wraz z grubością lodu.
- **Detrakcja (wyorywanie)** – polega na odrywaniu od podłoża większych fragmentów skalnych i włączaniu ich w poruszającą się masę lodową.
- **Detersja (ścieranie lub abrazja)** – to ścieranie i wygładzanie podłoża.
  - Dochodzi do niego, gdy lodowiec ślizga się po podłożu, a narzędziami niszczenia są fragmenty skalne wmarznięte w stopę lodowca - szorujące podłoże.
  - Pochodzą one głównie z wyorywania, ale część mogła dostać się do lodowca z otaczających stoków.
  - Aby ścieranie było skuteczne, fragmenty powinny być twardsze niż podłoże.
- **Egzaracja (zdzieranie)** – dotyczy utworów nieskonsolidowanych, znajdujących się w podłożu lodowca.
  - Są one deformowane i przesuwane pod wpływem przemieszczającego się lodu, a część przymarza do stopy lodowca i jest włączana w jego obręb.
  - Procesy te są obecnie rozpatrywane w ramach glacitektoniki, czyli deformacji podłoża podlodowcowego, które są analogiczne do zjawisk tektonicznych.
    - Do struktur glacitektonicznych należą fałdy, łuski, nasunięcia oraz depresje glacitektoniczne, które są w istocie zagłębieniami egzaracyjnymi.





# Mutony (baranie łby, barańce)

- **Mutony (baranie łby, barańce)** są typowymi formami rzeźby powstającymi przez kombinację wyorywania i ścierania.
  - Mają one od kilku do kilkuset metrów długości, przy czym te wielkie formy są uważane za efekt przemodelowania glacialnego wcześniej istniejących wzniesień, znajdujących się na drodze poruszającego się strumienia lodowego.

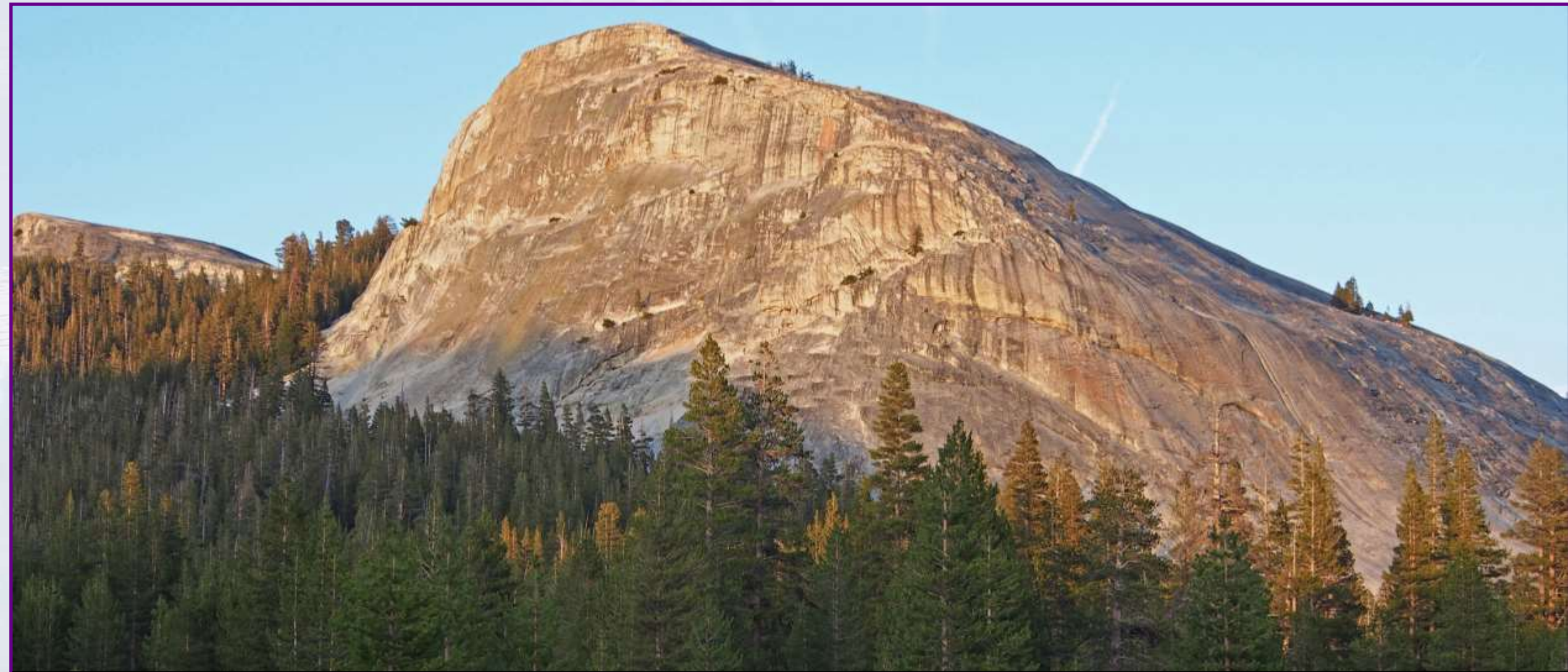


Muton





## *Mutony (baranie łby, barańce) i wygłady lodowcowe*

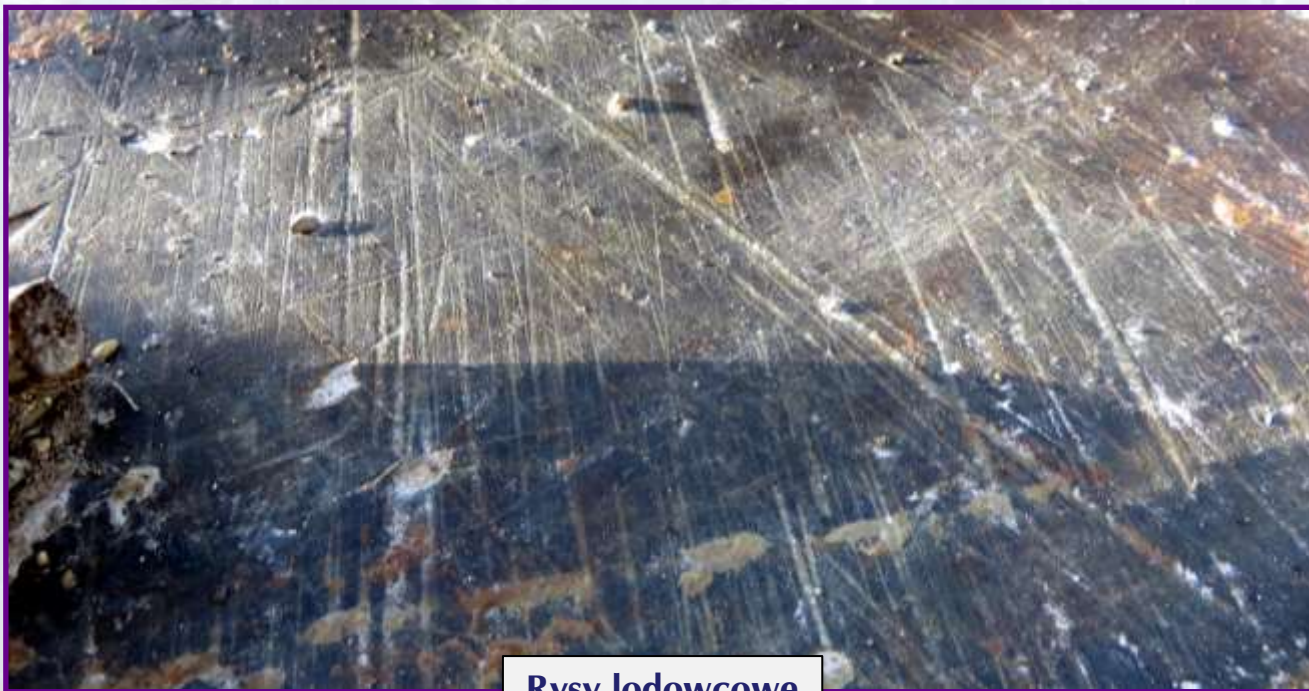


**Muton** (The Lumberjacks Rock – Park Narodowy Yosemite w USA) – **strona zwrócona w kierunku, z którego nasuwał się lodowiec (strona proksymalna)**, jest łagodnie nachylona i często wygładzona, a nawet wypolerowana. Powierzchnie takie (wypolerowane) są określane mianem **wygładów lodowcowych**. **Strona przeciwna (strona dystalna)** jest znacznie bardziej stroma, nierzadko urwista, z systemem stopni oddzielonych ścianami skalnymi wysokości od 1-2 m do kilkudziesięciu metrów.

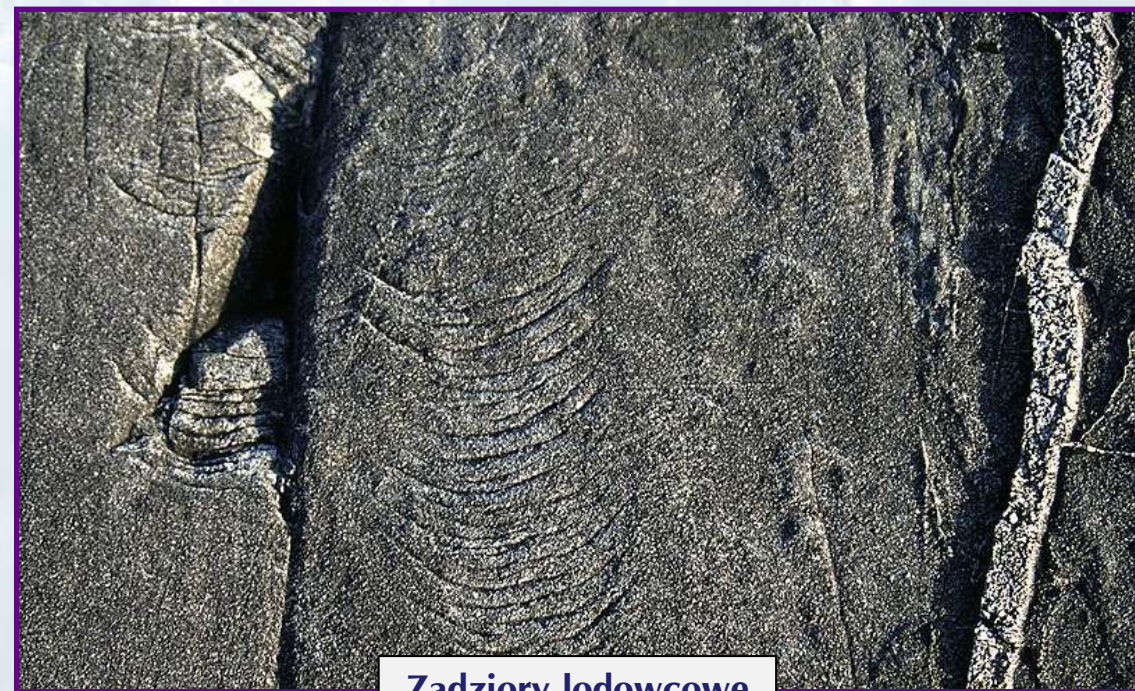


# *Drobne formy występujące na wyglądach lodowcowych: rysy i zadziory lodowcowe*

- Na świeżych **wyglądach lodowcowych**, niezniszczonych przez wietrzenie, można zaobserwować liczne **drobne formy powierzchni** związane z selektywnym niszczeniem podłoża:
  - **rysy lodowcowe** – podłużne, płytkie bruzdy wyorane w podłożu przez fragmenty skalne wmarznięte w przemieszczający się lód,
    - posiadają przebieg zgodny z ruchem lodowca,
    - ich głębokość na ogół nie przekracza 1 cm;
  - **zadziory lodowcowe** – mające postać płytkich sierpowatych zagłębień, często występujących gromadnie,
    - są one efektem kruszenia i odrywania pod naciskiem dużych bloków transportowanych w lodzie,
    - występują prostopadle do ruchu lodowca.



Rysy lodowcowe



Zadziory lodowcowe



## *Drobne formy: rysy i zadziory lodowcowe*



**Rysy lodowcowe** – ich przebieg jest zgodny z ruchem lodowca



**Zadziory lodowcowe** – formowały się zwykle prostopadle do ruchu lodowca



# Większe formy erozji glacialnej

- **Misy skalne** należą także do form erozji glacialnej – wyżłobionych w podłożu (w czasie obecności lodowca zwane są **misami lodowcowymi**),
  - po ustąpieniu lodowca wypełnione najpierw przez jeziora,
    - np. kolista **polodowcowa misa skalna** Morskiego Oka w Tatrach,
    - Owalne i wydłużone formy nazywamy **wannami** lub **rynnami polodowcowymi**;
  - z upływem czasu także przez osady mineralne i organiczne.



Misa lodowcowa



Polodowcowa misa skalna Morskiego Oka



Wanna polodowcowa (rynną polodowcowa)

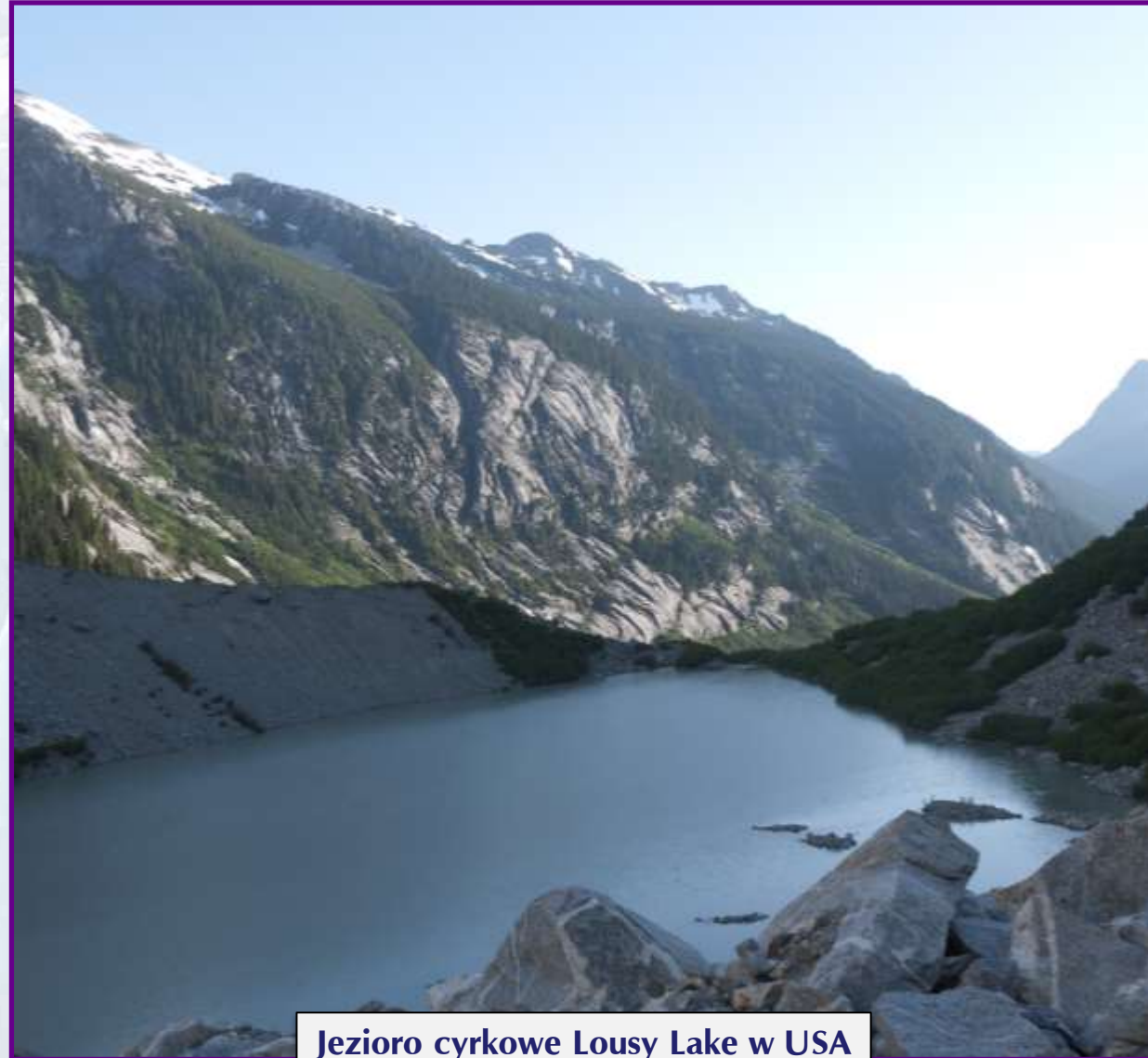


# Cyrki i żłoby lodowcowe

- 🌐 **Cyrki i żłoby lodowcowe** (formy erozji glacialnej w górach) – są efektem przeobrażenia starszych form, a w ich kształtowaniu biorą także udział procesy nieglacjalne.



Kocioł lodowcowy w górnym piętrze Doliny Młynickiej

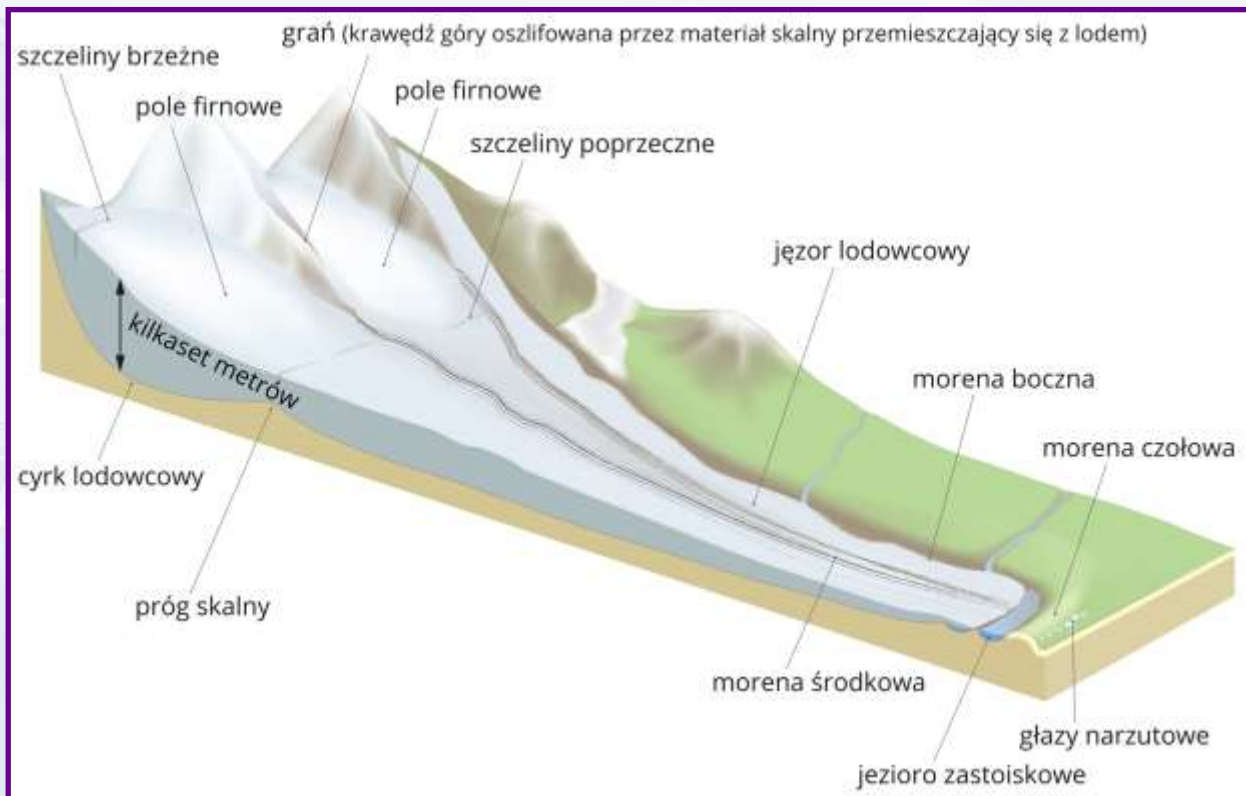


Jezioro cyrkowe Lousy Lake w USA



# Kotły lodowcowe (kary, cyrki lodowcowe)

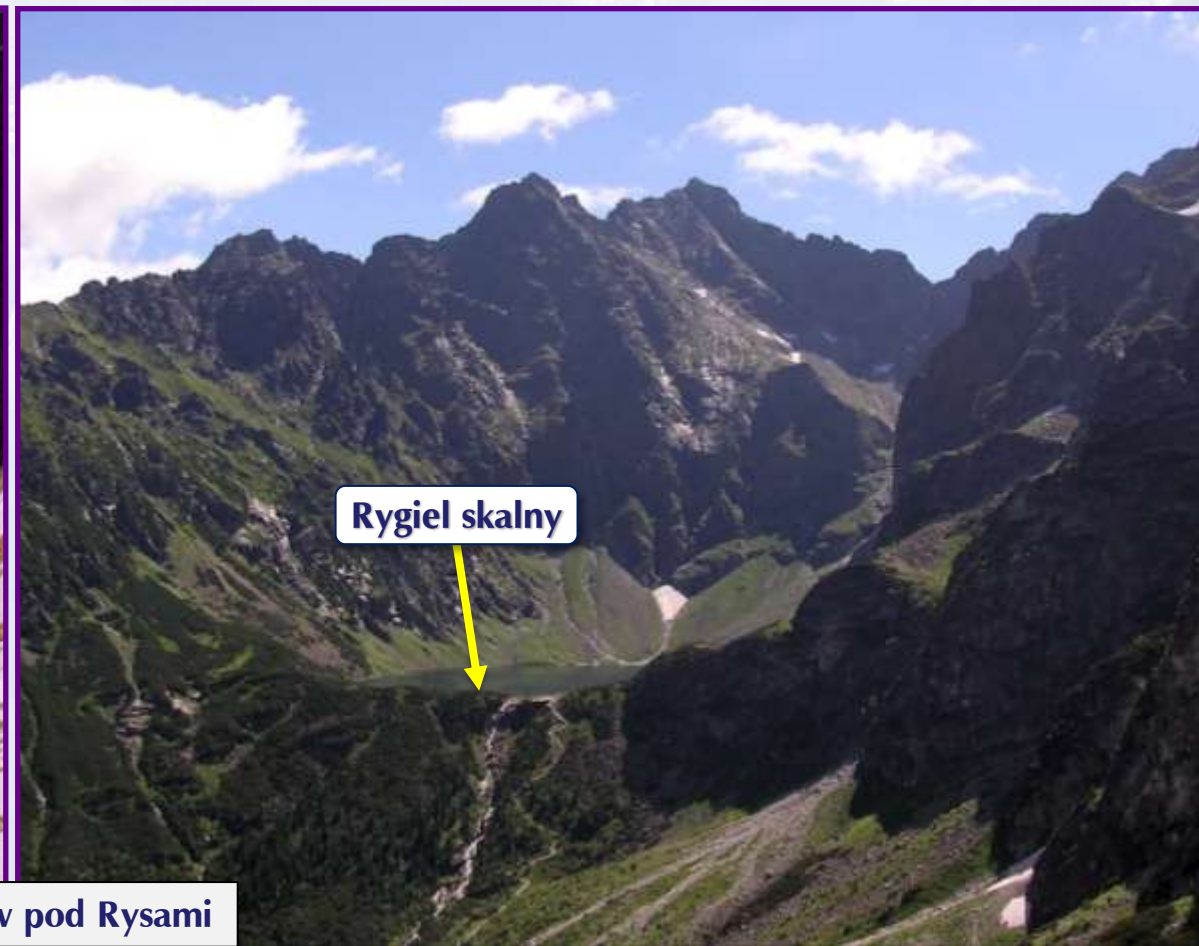
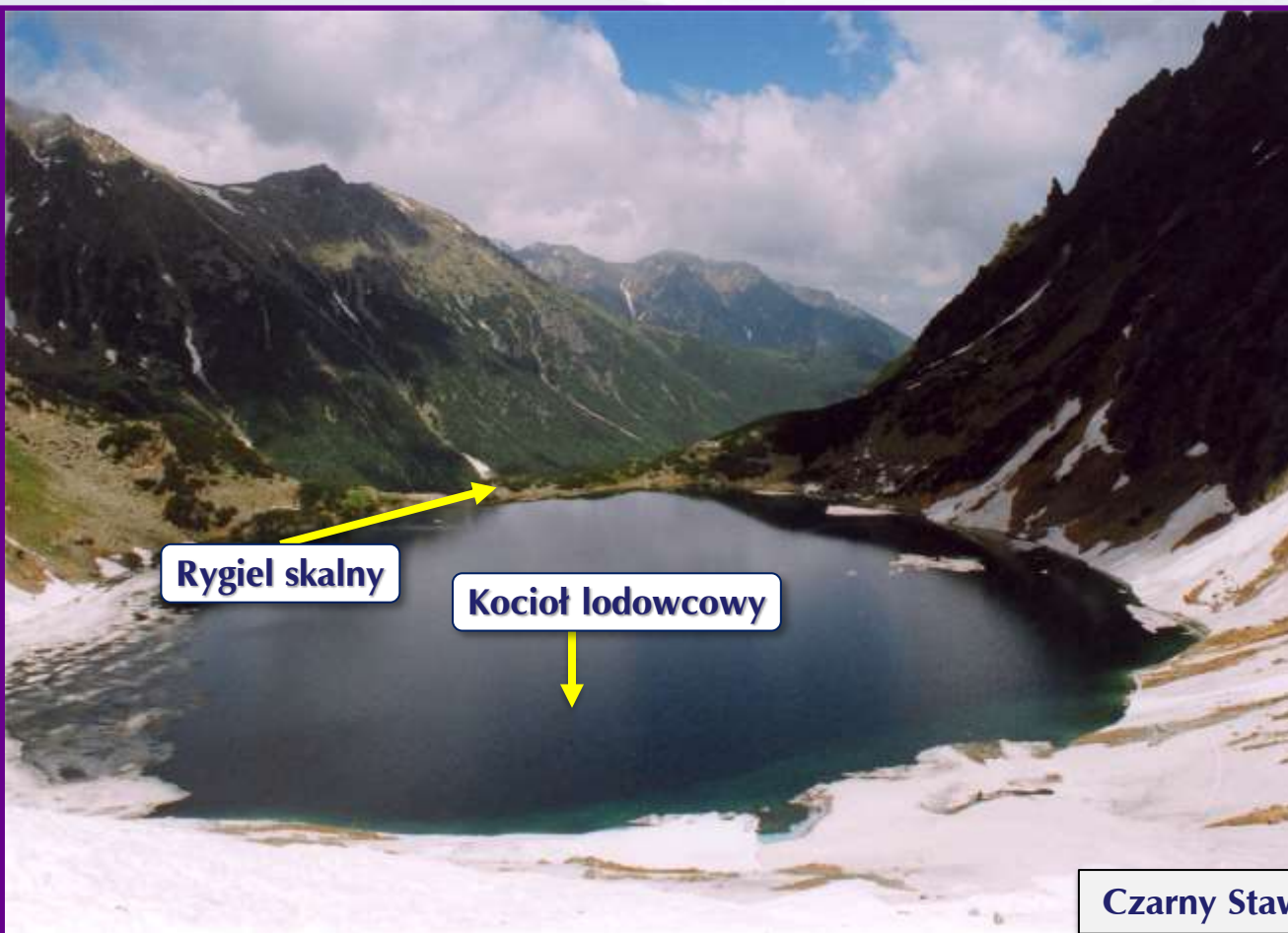
- 🌐 **Kotły lodowcowe**, określane także jako **kary** lub **cyrki lodowcowe** – to półkoliste lub wydłużone zagłębienia, otoczone z trzech stron stromymi zboczami lub nawet urwiskami, a otwarte w kierunku nachylenia powierzchni stokowej (w kierunku, w którym następował ruch lodowca).





# Kotły lodowcowe (kary, cyrki lodowcowe) – rygiel skalny

- Kotły mają od kilkuset metrów do kilku kilometrów długości oraz od kilkudziesięciu do kilkuset metrów głębokości.
- W większych kotłach dno jest na ogół płaskie albo przegłębione i zamknięte **rygłem skalnym**.
- Przegłębienia są wypełnione wodami jezior, które mogą osiągać znaczne głębokości.
- W polskich Tatrach niektóre jeziora w kotłach lodowcowych przekraczają 50 m głębokości:
  - Wielki Staw Polski – 79,3 m, Czarny Staw pod Rysami – 76,4 m i Czarny Staw Gąsienicowy – 51,0 m.



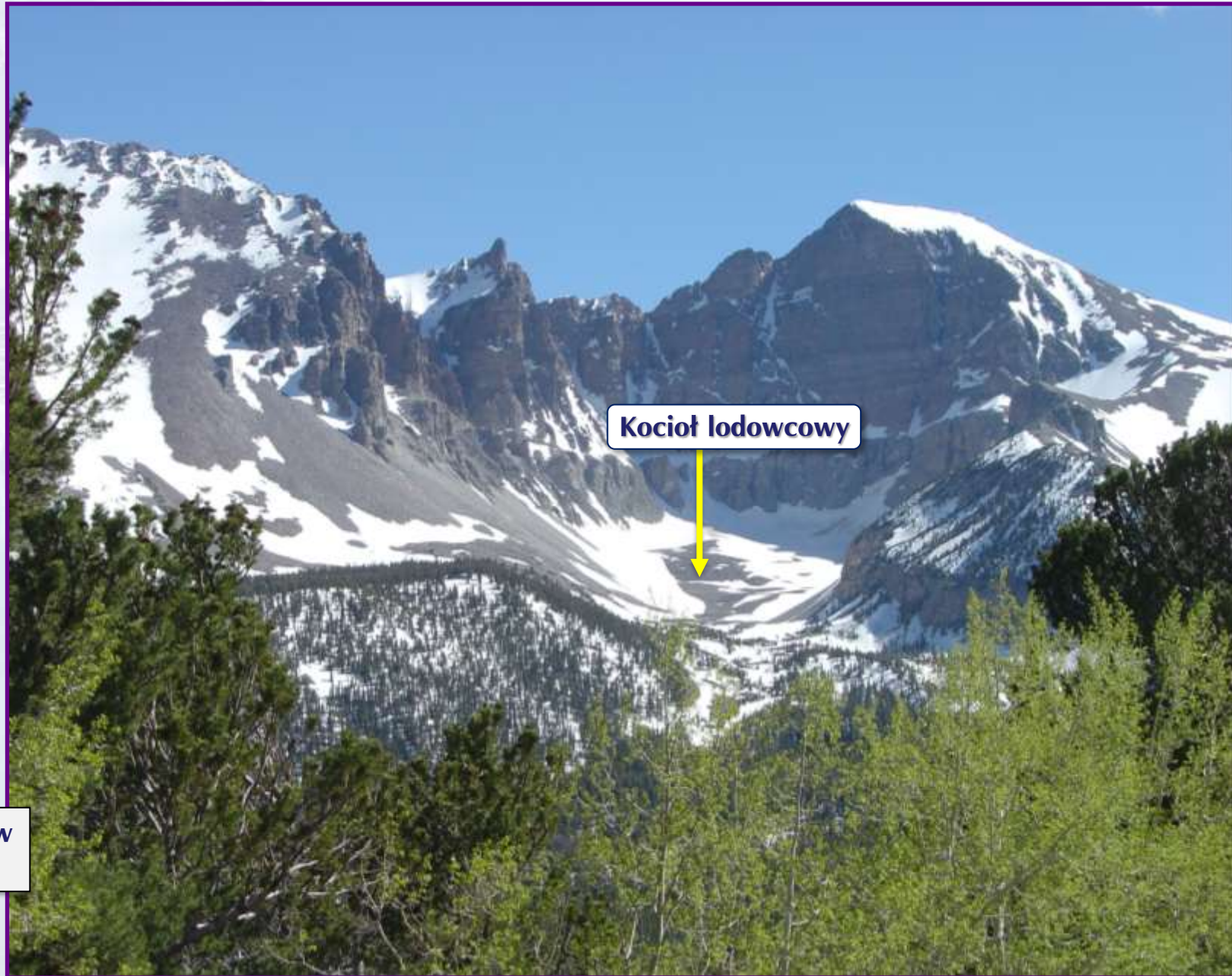
Czarny Staw pod Rysami



# Kotły lodowcowe (kary, cyrki lodowcowe) – rozwój

- ☉ Kotły lodowcowe są zlokalizowane w miejscu dawnych pól firnowych lodowców górskich, a ich rozwój przebiega równocześnie w dwóch kierunkach:
  - ☉ **erozja glacjalna** w spągu pola firnowego,
    - ☉ powoduje stale pogłębianie kotła,
  - ☉ **wietrzenie mechaniczne i ruchy masowe** (odpadanie, obrywy, ześlizgi),
    - ☉ prowadzą do cofania ścian kotła i zwiększania w ten sposób jego wymiarów.

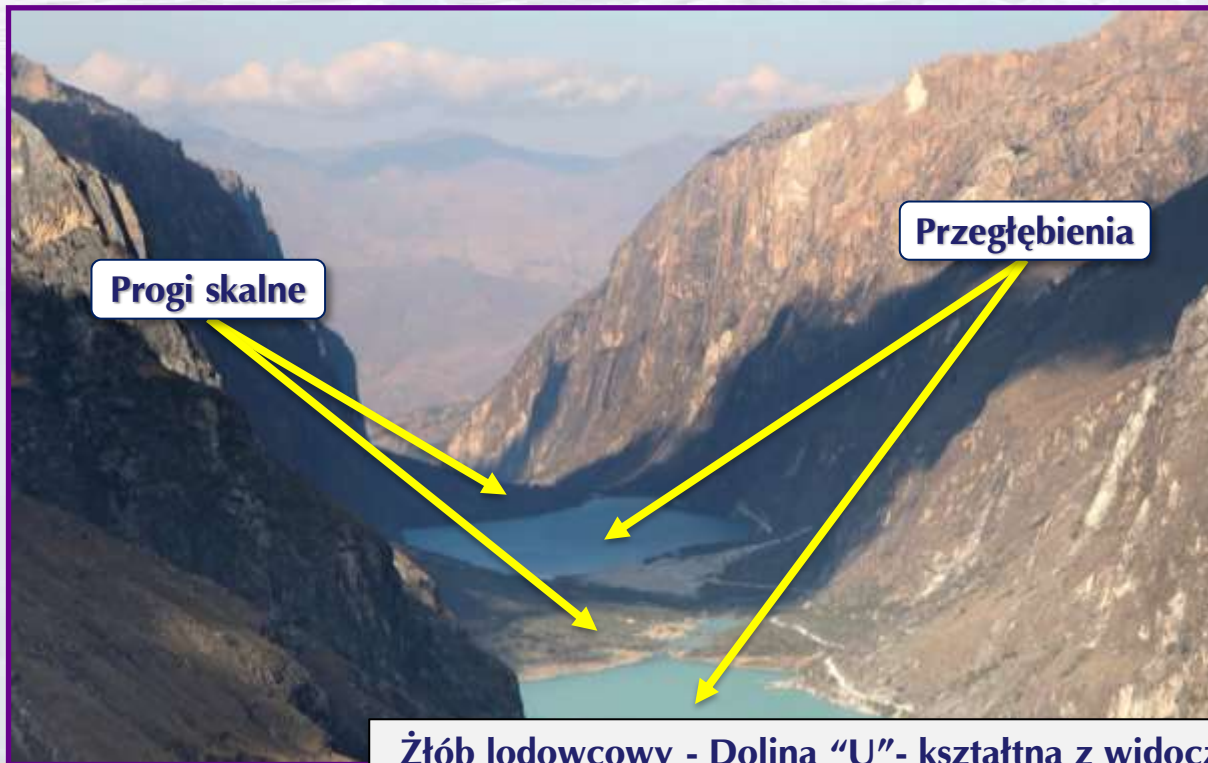
Cyrk lodowcowy kształtujący się w zasięgu pola firnowego lodowca





# Żłób lodowcowy – doliny U-kształtne

- **Żłób lodowcowy (dolina U-kształtna)** – jest efektem aktywnych przeobrażeń dokonywanych przez przemieszczanie się dużych strumieni lodowych płynących w dół dawnych dolin rzecznych.
  - Najważniejszą cechą profilu podłużnego jest obecność **progów skalnych** i **przełębień**:
    - najwyżej położony próg skalny znajduje się przy wylocie kotła lodowcowego,
    - kolejne mogą znajdować się niżej, przed miejscami połączenia z bocznymi dolinami, przed zwężeniami doliny i w strefach pojawiania się bardziej odpornych skał podłoża.
  - Przed i za progami skalnymi mogą znajdować się przełęczenia dna, wskazujące na lokalnie znacznie zwiększoną efektywność erozji glacialnej.



Żłób lodowcowy - Dolina "U"- kształtna z widocznymi przełęczeniami oddzielonymi ryglami skalnymi



# Żłób lodowcowy – doliny U-kształtne

- W przekroju poprzecznym żłoby lodowcowe często przypominają literę “U” (stąd nazwa – **doliny U-kształtne**):
  - mają szerokie dno,
  - bardzo strome, nierzadko urwiste zbocza wysokości nawet kilkuset metrów.



Dolina Roztoki w Tatrach

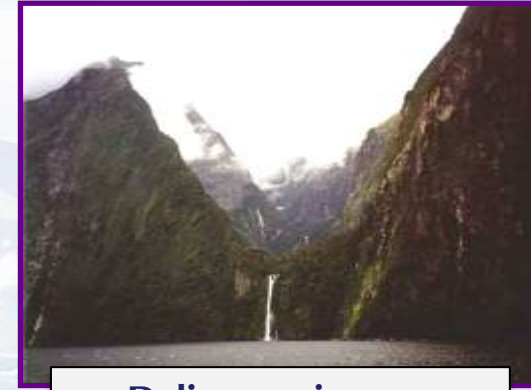


# Żłób lodowcowy – zawieszone (wiszące) doliny U-kształtne

- **Progi skalne** powstają nie tylko w obrębie głównej doliny, ale również przy ujściach dolin bocznych.
  - Mają do kilkuset metrów wysokości, a doliny boczne nabierają przez to charakteru **dolin zawieszonych (wiszących)**.
  - Na progach skalnych tworzą się wysokie **wodospady**, np. w polskich Tatrach Wodogrzmoty Mickiewicza.



Wodospad lodowcowy



Dolina zawieszona



## Tworzenie doliny zawieszonej

1. Obszar jest kształtowany przez spływające lodowce górskie (lodowce boczne są znacznie mniejsze – w mniejszym stopniu pogłębiają dolinę).
2. Następuje wycofywanie się lodowców – odsłaniany jest teren.
3. Po całkowitym wytopieniu lodowców górskich widać różnice jakie zaszły w wyniku erozji glacialnej – doliny boczne znajdują się powyżej głównej doliny – umożliwia to tworzenie się w obrębie powstałych dolin zawieszonych form takich jak wodospady.

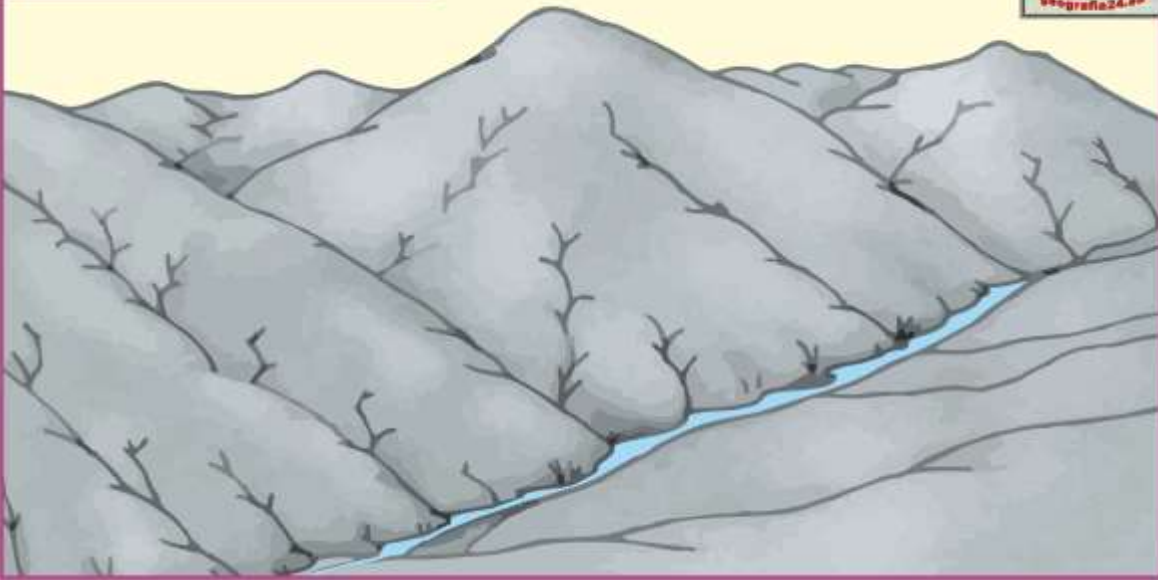


Zawieszony wodospad lodowcowy



# Kształtowanie rzeźby podczas zlodowaceń górskich

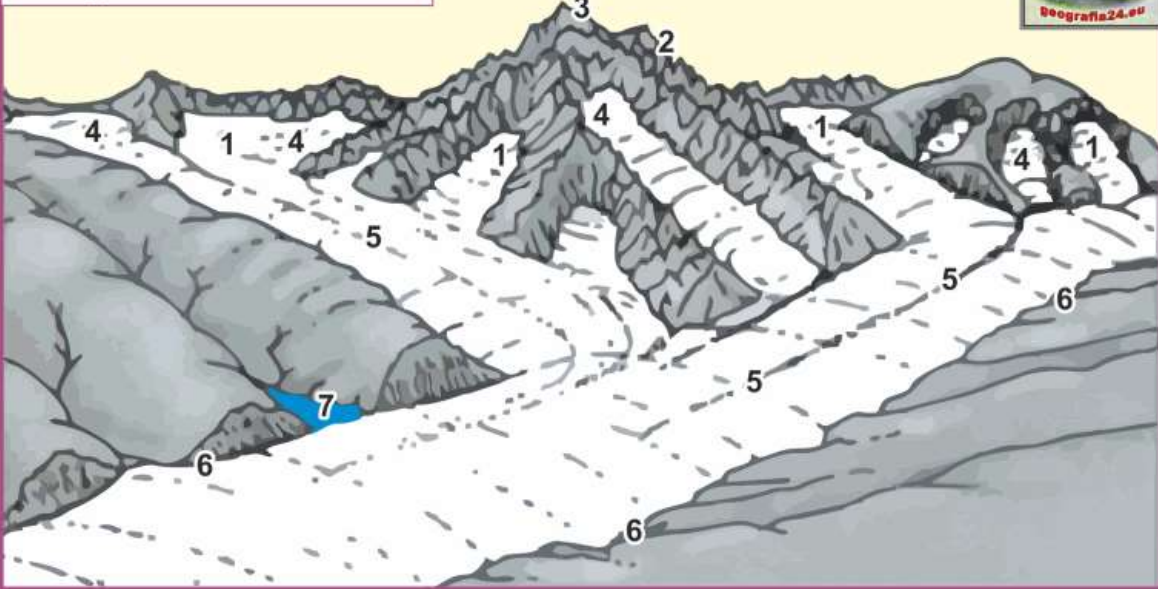
1. Góry przed zlodowaceniem



3. Góry po ustąpieniu lodowca



2. Góry w czasie zlodowacenia



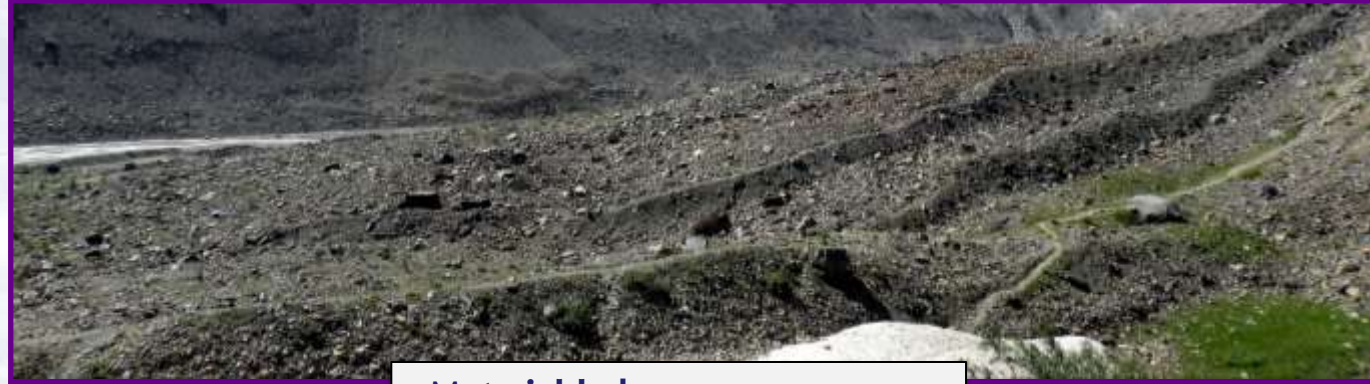
## Formy rzeźby:

- |                        |                                 |
|------------------------|---------------------------------|
| 1. Pole firnowe        | 8. Jezioro cyrkowe              |
| 2. Grań                | 9. Próg skalny                  |
| 3. Turnia              | 10. Główna dolina lodowcowa     |
| 4. Cyrk lodowcowy      | 11. Zawieszone doliny lodowcowe |
| 5. Morena środkowa     | 12. Zawieszona dolina rzeczna   |
| 6. Morena boczna       | 13. Stożek napływowy            |
| 7. Jezioro zastoiskowe |                                 |

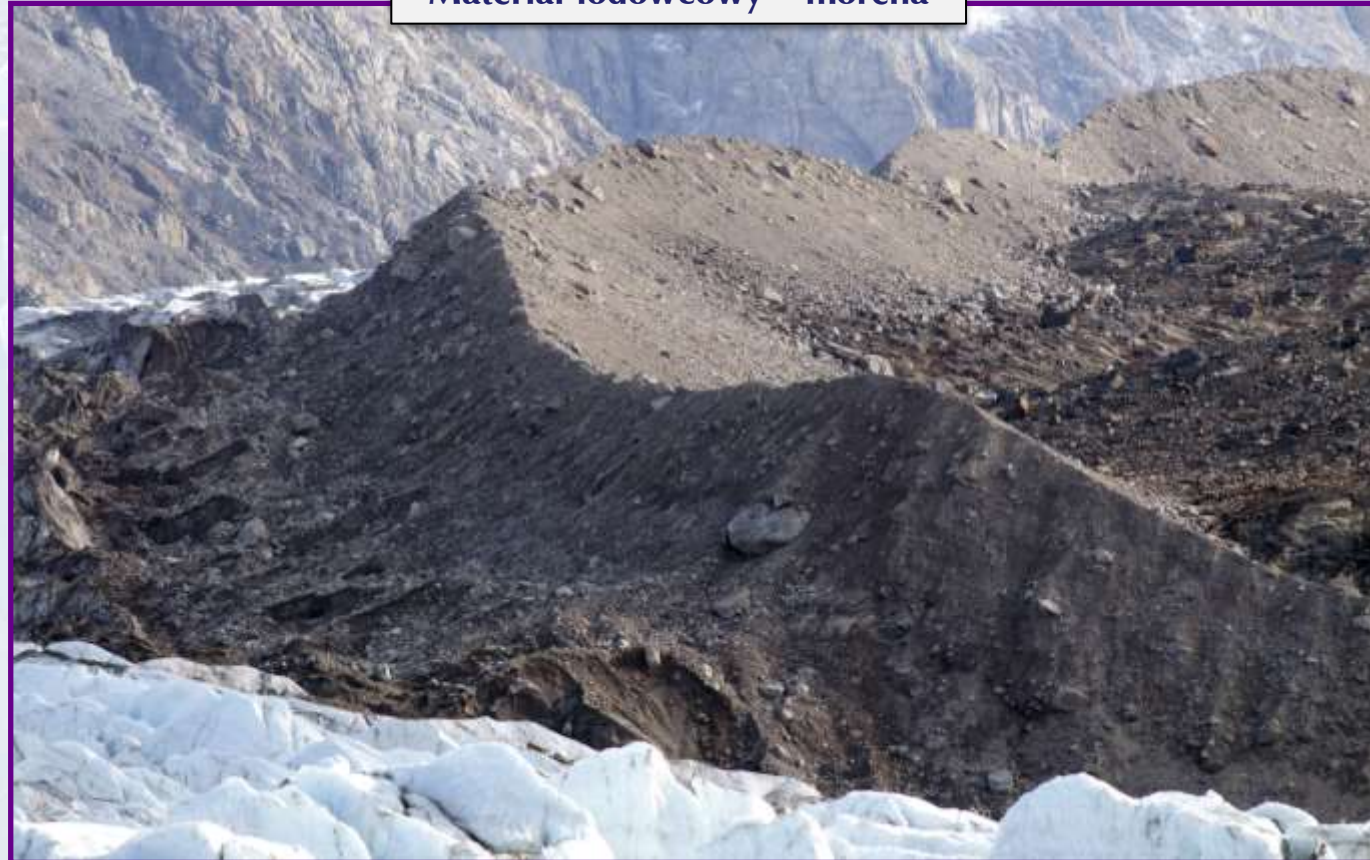


# Transport glacjalny

- ❶ Lodowce są efektywnym środkiem **transportu materiału skalnego** i są w stanie przenosić znacznie większe fragmenty skał podłoża, niż byłyby to w stanie uczynić rzeki.
  - ❶ Materiał ten pochodzi z różnych źródeł, np.:
    - ❶ z niszczenia podłoża, po którym **przemieszcza się strumień lodowy** – w efekcie procesów erozyjnych, omówionych wyżej, do lodu dostają się oderwane od podłoża fragmenty skał i osadów;
    - ❶ ze zboczy dolin lodowcowych i ze stoków **wzniesień wystających ponad powierzchnię lodową** – w wyniku wietrzenia i ruchów masowych na lodowiec dostają się fragmenty skalne różnej wielkości, które następnie są transportowane na powierzchni lub zanurzają się w cielsko lodowca, zgodnie z orientacją linii płynięcia lodu (w ten sposób do Polski został dostarczony materiał skalny budujący Góry Skandynawskie);
    - ❶ z opadu **pyłu eolicznego**,
      - ❶ ewentualnie **wulkanicznego**.



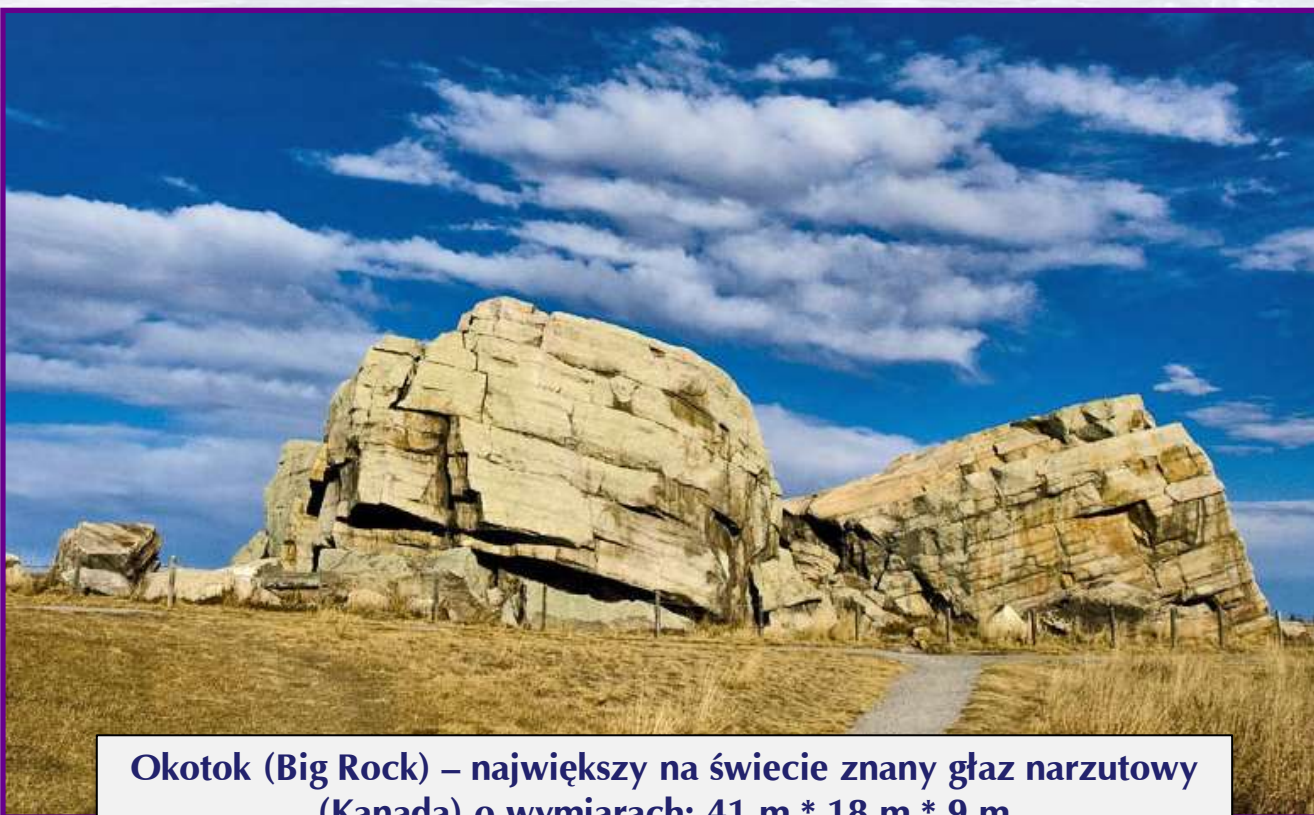
Materiał lodowcowy – morena



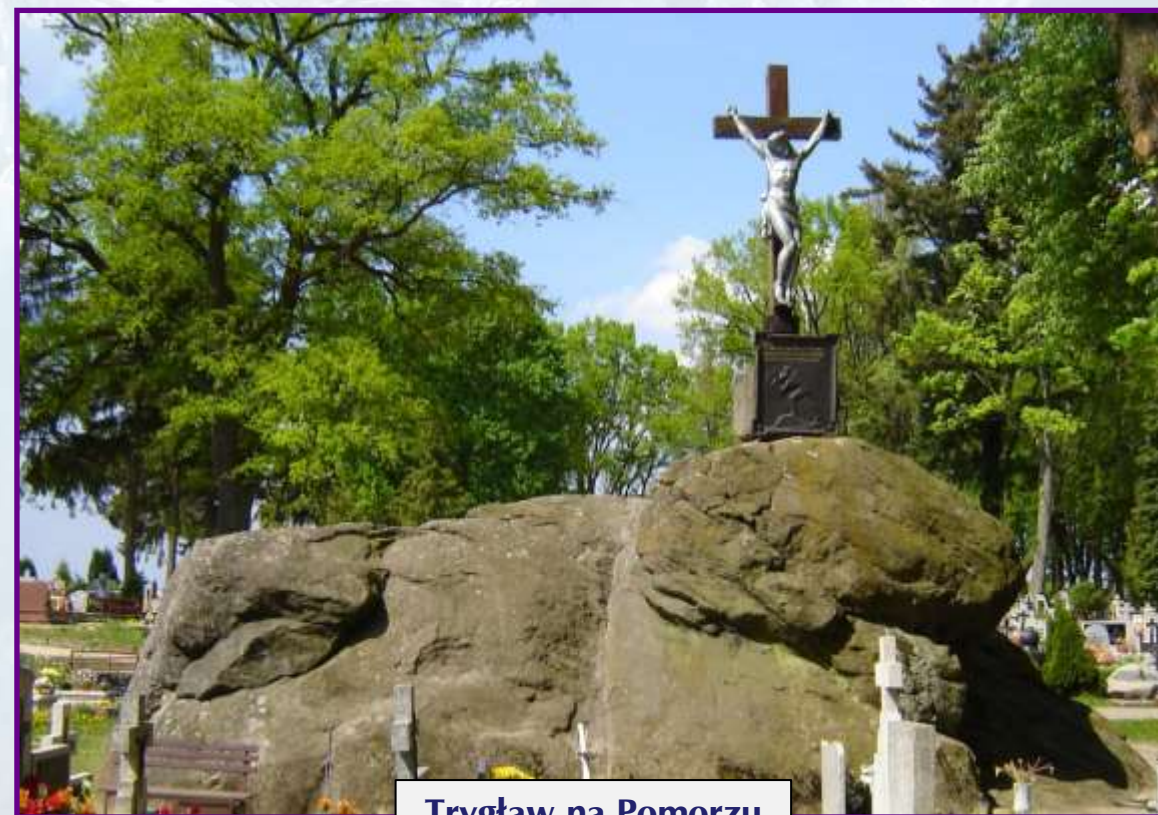


# Głazy narzutowe (eratyki)

- ⌚ **Materiał skalny** niesiony przez lodowce jest przeróżny pod względem wielkości, od frakcji pyłu po wielkie bloki.
- ⌚ **Głazy narzutowe (eratyki)** informują o możliwościach lądolodów w zakresie transportu.
  - ⌚ Są to duże bloki skalne przeniesione na odległość kilkuset kilometrów od miejsca naturalnego występowania danej skały.
  - ⌚ W północnej Polsce znajdują się liczne głazy narzutowe przyniesione przez lądolód ostatniego zlodowacenia:
    - ⌚ największy w Polsce – Tryglaw (położony w miejscowości Tychowo) na Pomorzu Środkowym – ma 50 m obwodu, wysokość 7,8 m (z czego 4 m skały znajduje się pod ziemią) i objętość około 700 m<sup>3</sup>.



Okotok (Big Rock) – największy na świecie znany głaz narzutowy (Kanada) o wymiarach: 41 m \* 18 m \* 9 m



Tryglaw na Pomorzu



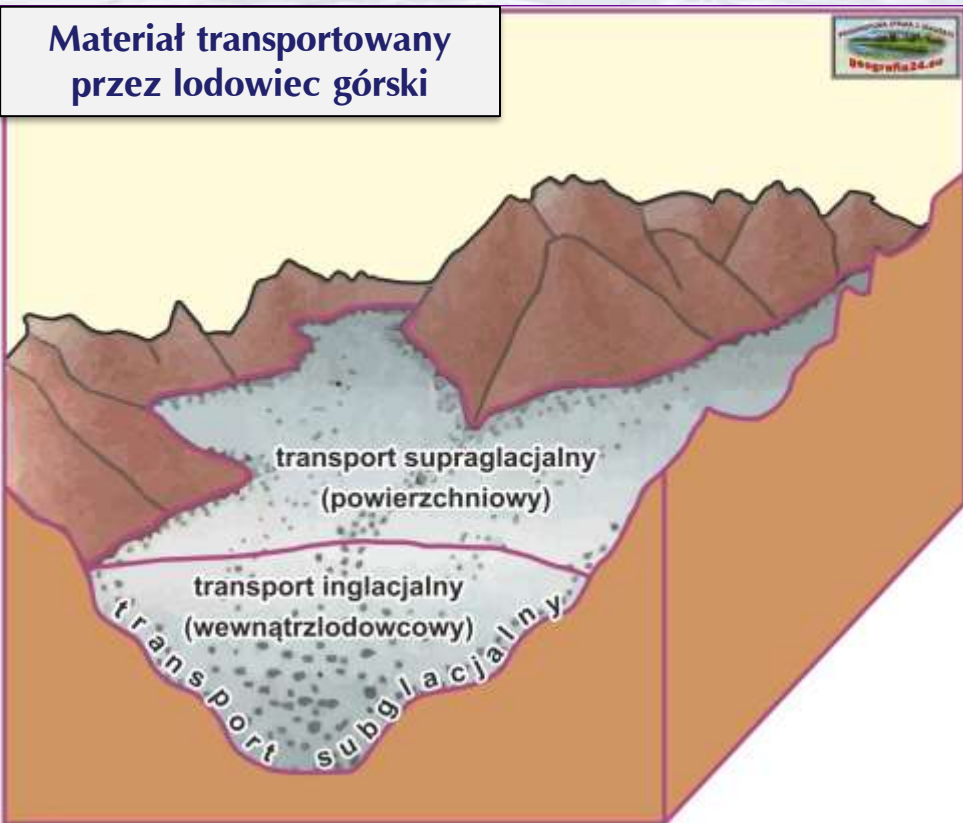
# Rodzaje transportu lodowcowego. Pojęcie moreny

- W zależności od miejsca, w którym znajduje się transportowany materiał w obrębie lodowca, są wyróżniane **trzy rodzaje transportu**:
  - transport supraglacialny**, czyli **powierzchniowy** (transport na powierzchni lodowca),
  - transport inglacialny**, czyli **wewnątrzlodowcowy** (transport w cielsku lodowca),
  - transport subglacialny**, czyli **podlodowcowy** (transport na granicy lodu i skał podłoża).
- Morena** – jest w języku polskim tradycyjnie określany materiał skalny transportowany przez lodowce.

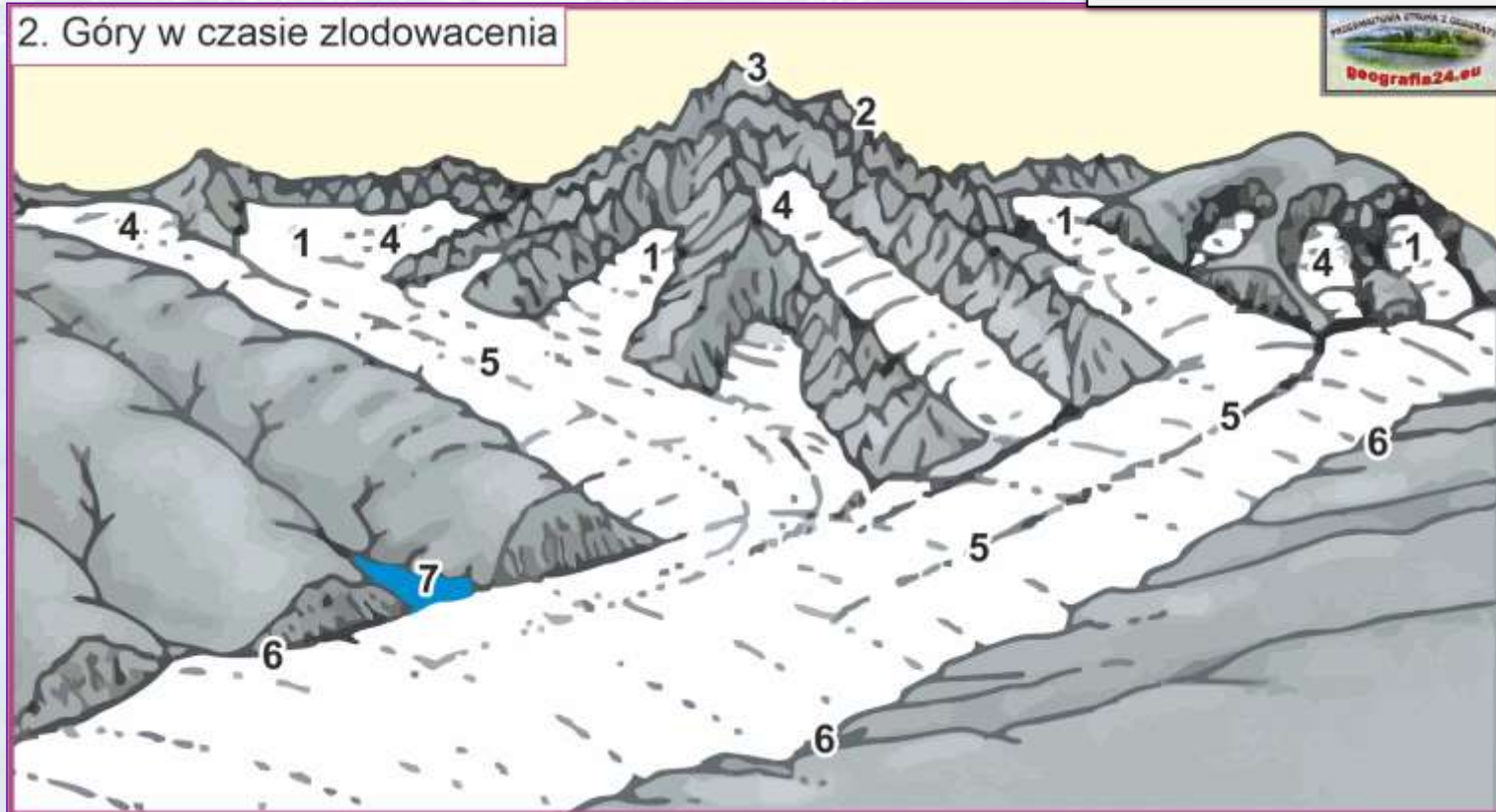
## Formy rzeźby:

1. Pole firnowe
2. Grań
3. Turnia
4. Cyrk lodowcowy
5. Morena środkowa
6. Morena boczna
7. Jezioro zastoiskowe

Materiał transportowany przez lodowiec górski



2. Góry w czasie zlodowacenia





# Transport materiału glacjalnego

- **Osady środowiska glacjalnego** z reguły powstają przez **wytopienie lodu** i **pozostawienie na miejscu materiału skalnego**, który był wcześniej przy udziale tego lodu transportowany.
  - **Utwory pochodzenia lodowcowego** określa się zwykle jako **gliny glacjalne** (**zwałowe, lodowcowe, morenowe**), dla podkreślenia ich niejednorodności granulometrycznej.
    - Jest to jednak pewne uproszczenie, ponieważ utwory depozycji glacjalnej nie w każdym przypadku mają charakter gliniasty.
    - Glina glacjalna (glina morenowa) transportowana może być w różny sposób,
      - np. jako **morena boczna, morena powierzchniowa, czy morena wewnętrzna.**

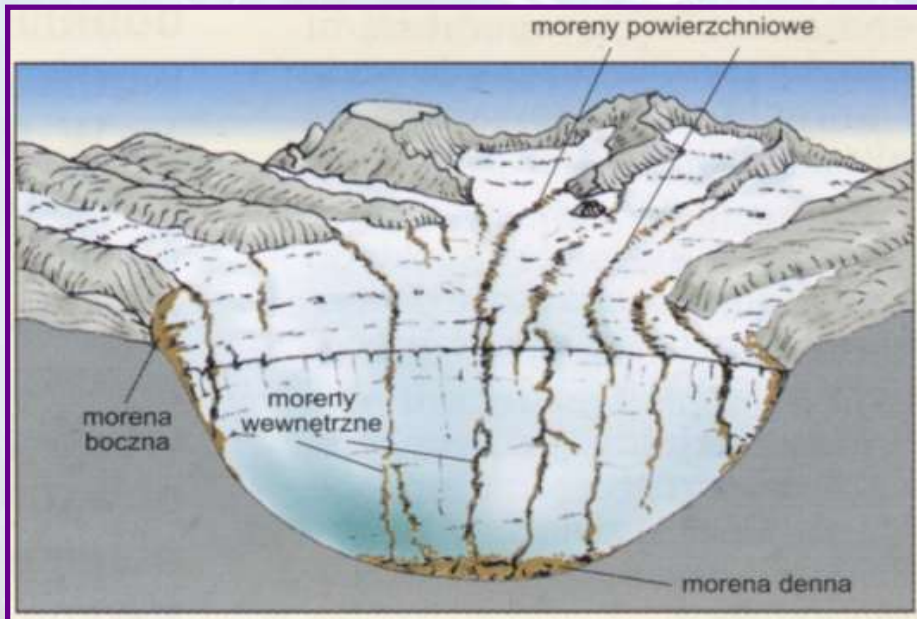


Morena – materiał skalny lodowcowy



# Transport i akumulacja materiału glacialnego: morena boczna, powierzchniowa i wewnętrzna

- Transport i akumulacja materiału skalnego może występować w postaci różnych odmian moren.
  - Morena boczna** – transport odbywa się przy obu bokach lodowca górskiego.
    - Moreny boczne ciągną się po obu stronach języka lodowcowego w postaci wałów, zbudowanych z głazów i okruchów ostrokrawędzistych.
  - Morena powierzchniowa** – transport odbywa się na powierzchni.
    - Tworzą ją bloki, głazy, piaski i pyły nagromadzone na powierzchni lodowca.
  - Morena wewnętrzna** – transport odbywa się wewnątrz lodowca.
    - Materiał pochodzi przeważnie z obszaru firnowego, gdzie okruchy skalne spadające na pole firnowe były przykrywane coraz nowymi pokładami śniegu i dostawały się coraz głębiej wraz z całą masą firnowo-lodową.
    - Okruchy morenowe dostają się też w głąb lodowca licznymi szczelinami oraz wskutek wtapiania.





# *Transport i akumulacja materiału glacialnego: morena ablacyjna*

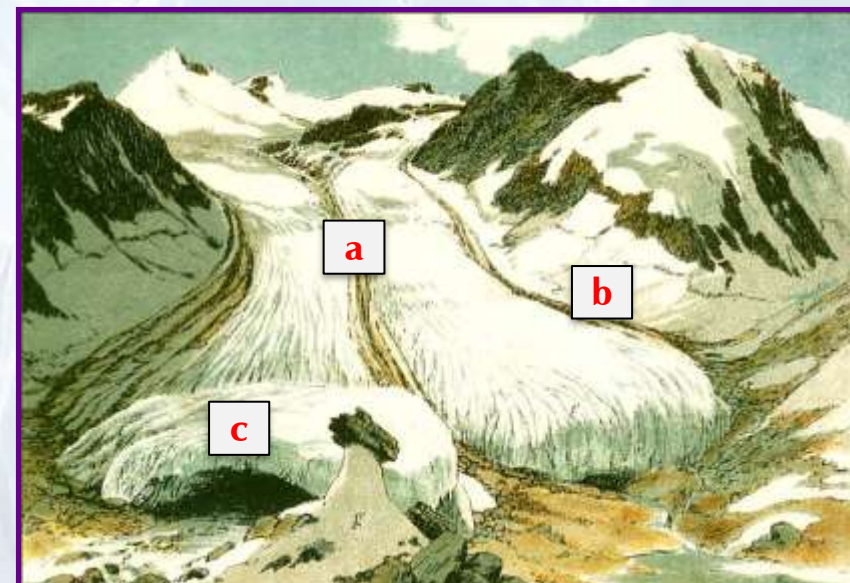
- ☉ **Morena ablacyjna** – akumulowana jest wskutek wytapiania się lodowca i stanowi ją stropowa część gliny zwałowej.
  - ☉ Buduje ją materiał lodowcowy **moreny powierzchniowej** i **wewnętrznej**.





# Transport i akumulacja materiału glacialnego: morena środkowa, denna i czołowa

- Transport i akumulacja materiału skalnego może następować także na kilka innych sposobów.
  - Morena środkowa** – transport odbywa się między łączącymi się jezorami w jeden lodowiec górski.
    - Moreny środkowe powstają z połączenia moren bocznych zbiegających się języków lodowcowych.
    - Mogą też pochodzić z niszczenia wzniesienia skalnego, **nunataka** (wzgórza otoczonego lodowcem), wznoszącego się ponad powierzchnię lodowca.
  - Morena denna** – transport odbywa się przy dnie.
    - Wszystkie lodowce (górskie i lądolody) niosą morenę przymarzniętą do spągu lub przemieszczaną przy dnie.
    - Po stopnieniu lodowca następuje odsłonięcie moreny dennej w postaci lekko **falistych równin**.
  - Morena czołowa** – transport odbywa się u czoła lodowca.
    - Jest ona usypywana lub spiętrzana przed czołem lodowców (wyznacza często maksymalny zasięg lodowca – **morena końcowa**).



Lodowiec górski:

**a** – morena środkowa, **b** – morena boczna,  
**c** – czoło lodowca, gdzie powstaje morena czołowa.



# Deglacja

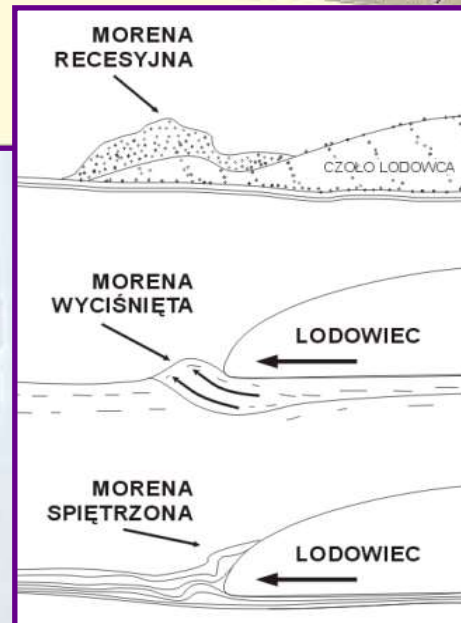
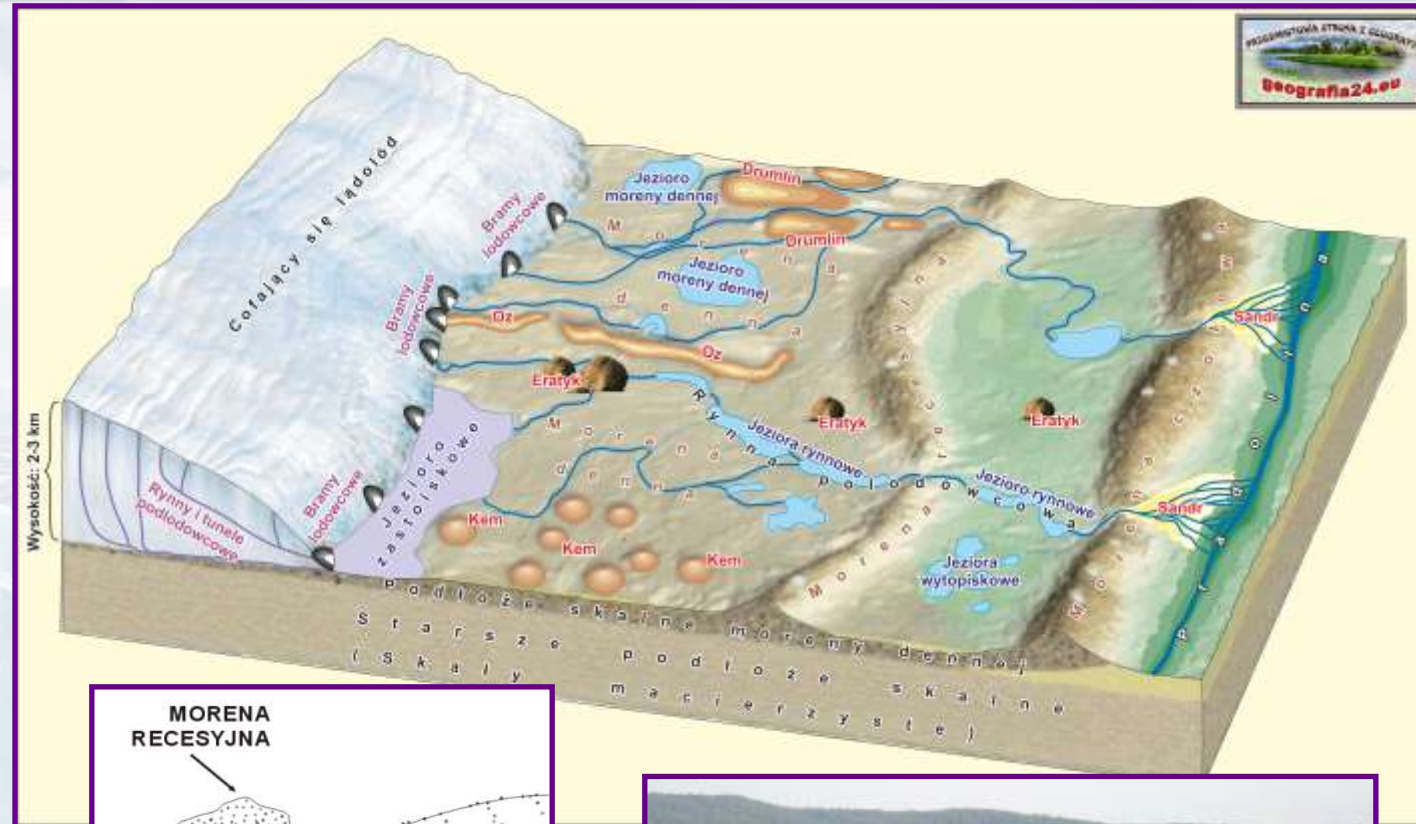
- Proces zanikania pokrywy lodowej nosi nazwę **deglacji**, w ramach której wyróżniamy (często występują one jednocześnie):
  - deglację frontałą** – występującą w przypadku, gdy cofa się czoło lodowca bez utraty jego zwartości (w wyniku przewagi topnienia nad napływem nowego lodu);
  - deglację arealną** – występuje powierzchniowe zanikanie lodowca, zachodzące równomiernie od góry; lodowiec nie zachowuje swojej zwartości, pozostają bryły martwego lodu zazwyczaj pokryte moreną powierzchniową.





# Rzeźbotwórcza działalność lodowców – formy moren czołowych

- Gdy czoło lodowca cofa się lub rozpada i wytopia, odsłania się **powierzchnia moreny dennej** oraz **wały moren bocznych i środkowych**.
- **Morena czołowa** – ma charakter **wału, garbu, wzniesienia** lub **ciągu wzgórz**, często o znacznych rozmiarach, powstającego w wyniku:
  - akumulacji materiału skalnego transportowanego wewnątrz i w dolnej części lodowca, a także materiału moreny powierzchniowej (**morena czołowa recesyjna**);
  - wyciśnięcia utworów podłoża przez czoło lodowca (**morena czołowa wyciśnięta**);
  - spiętrzenia osadów przedpola lodowca wskutek zdzierania utworów przedpola i podłoża lodowca, a następnie ich pchnięcia (sfałdowania i nasunięcia na siebie) spowodowanego przez postępowy ruch mas lodu (**morena czołowa spiętrzona**).



Moreny Czołowe na Pojezierzu Kaszubskim



# Rzeźbotwórcza działalność lodowców – formy moren czołowych

- **Moreny czołowe** tworzą różne odmiany swoich form.
  - **Morena końcowa** – wyznacza maksymalny zasięg lodowca.
  - **Wały spiętrzonej moreny czołowej** – o wysokościach dochodzących do 100 m, powstają gdy lodowiec posuwa się naprzód przed wypukłym czołem lodowca, wskutek odkuwania i spiętrzania osadów starszych.
  - **Akumulacyjny wał moreny końcowej lub czołowej** – powstaje gdy lodowiec stagnuje – wskutek długotrwałego wytapiania i ściekania materiału morenowego stale w to samo miejsce przynoszonego.
    - Są formami znacznie niższymi aniżeli moreny spiętrzone – tworzą je ciągi pagórków, wałów i garbów o wysokości kilkudziesięciu metrów.
    - Wały moren czołowych często składają się z kilku ciągów morenowych, położonych jeden za drugim (powstają one w wyniku oscylacji czoła lub krawędzi lodowca).
  - Wyróżnia się też inne formy, informujące o większych lub mniejszych postojach w okresie deglacjacji, np.:
    - **wały moren czołowych recesyjnych,**
    - **wały moren czołowych stadialnych,**
    - **wały moren czołowych oscylacyjnych.**





# Rzeźbotwórcza działalność lodowców – formy moren dennych

- **Krajobraz moreny dennej** zajmuje zwykle największą powierzchnię w obszarach zlodowaconych.
  - Może być on: **równinny**, **falisty** lub **pagórkowaty**, ale na ogół cechuje się **niewielkimi deniwelacjami**.
    - Możemy wyróżnić dwie podstawowe odmiany krajobrazu:
      - rozległe obszary o wyrównanej powierzchni – **równiny** i **wysoczyzny morenowe płaskie**,
      - o urozmaiconej powierzchni – **równiny** i **wysoczyzny morenowe faliste** lub **pagórkowate**.
  - Na te formy mogą być nałożone warstwy utworów z wytopienia, w postaci **bruków kamiennych** i **głazowych**.
  - **Morena żłobkowana** – jest odmianą moreny dennej, składającą się z podłużnych wałów o przebiegu równoległym do kierunku ruchu lodu, których wysokość oscyluje od 1 do 25 m, zaś długość dochodzi do kilkunastu kilometrów.

Krajobraz moreny dennej

Zagłębienia  
bezodpływowe

Morena denna

Morena boczna

Morena czołowa

Obecny krajobraz falisty moreny dennej



# Rzeźbotwórcza działalność lodowców – formy moren dennych: jeziora moreny dennej

- **Jeziora moreny dennej** – są ważnym elementem krajobrazu występującego na nizinach (w górach są rzadsze).
  - Występują na obszarach ostatnio odkrytych spod lodu w obrębie **zagłębień bezodpływowych**, a ich powstanie jest związane z nierównomierną depozycją lub wytapianiem się reliktowych brył martwego lodu.
  - Odznaczają się stosunkowo dużymi powierzchniami (choć wiele z nich stanowią także i małe formy), małymi głębokościami (choć największe jeziora tego typu mają ponad 20 metrów głębokości), dobrze rozwiniętą linią brzegową (występują liczne zatoczki i wyspy) oraz łagodnymi brzegami i nieregularnym dnem.
  - Znaczna część jezior leżących na naszych pojezierzach – na obszarze dawnego zlodowacenia kontynentalnego – to jeziora moreny dennej, np. w Krainie Wielkich Jezior Mazurskich: Jezioro Śniardwy i Jezioro Niegocin.
  - Dość rzadko występują one w górach – obszarze zlodowaceń górskich (zajmują tu mniejsze powierzchnie).

Dolina Gąsienicowa, przykład moreny dennej w której powstały niektóre stawy gąsienicowe.



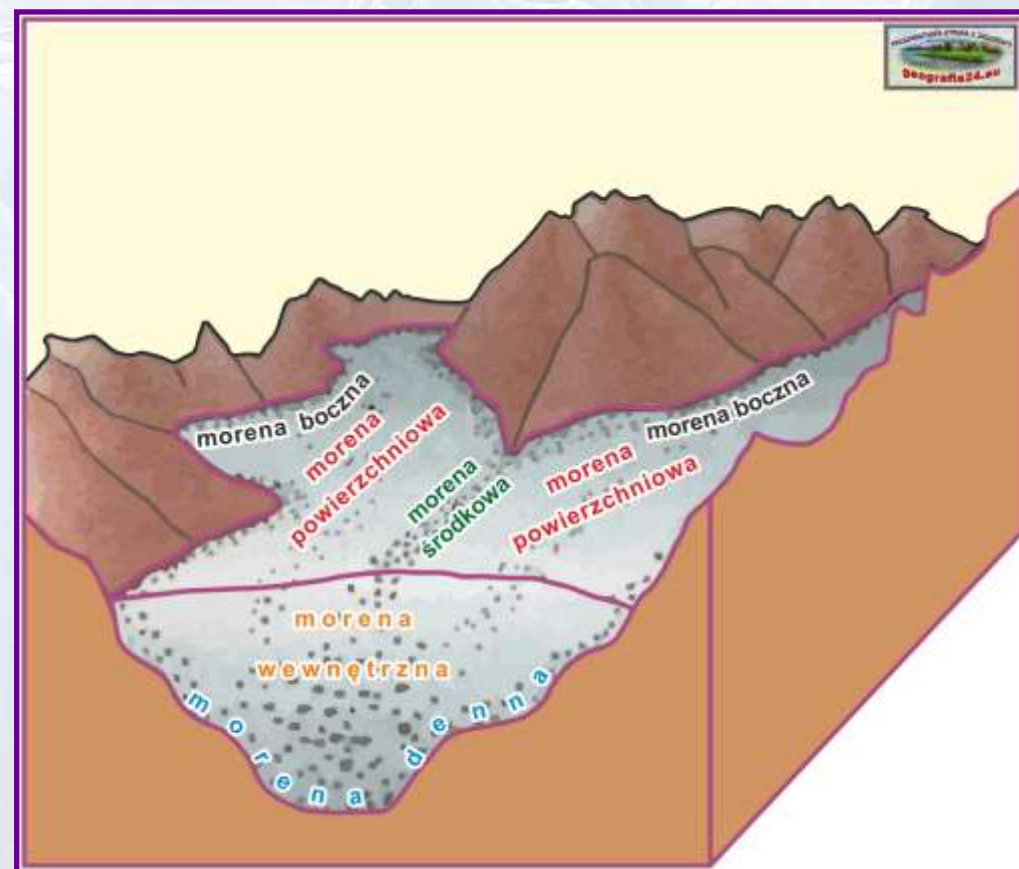
Jezioro Śniardwy – jezioro moreny dennej





# Rzeźbotwórcza działalność lodowców – moreny boczne

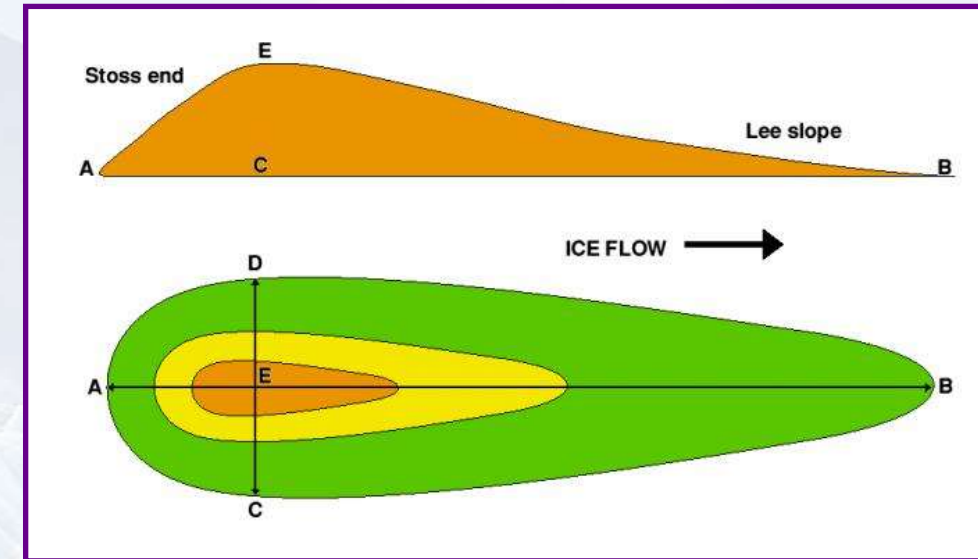
- **Moreny boczne** przeważnie przylegają do ścian żłobu lodowcowego, ale w szerokich dolinach, które nie zostały w całości wypełnione lodowcem wały moren bocznych znajdują się nieraz w znacznej odległości od zboczy dolinnych.
  - Pomędzy zboczem doliny a wałem moreny bocznej znajduje się rynna zbierająca wody roztopowe płynące jako **potok marginalny**.
  - Moreny boczne zamykają nieraz wyloty niezlodowaconych dolin bocznych.





# Drumliny

- **Drumliny** – należą do form erozyjno-akumulacyjnych lądolodów.
  - Są one zbudowane z materiału morenowego (a więc z głazów, piasków i glin) oraz powstały pod lodem w strefie marginalnej lodowca, a w ich tworzeniu uczestniczyła także woda, która przesortowała częściowo skały okruchowe.
  - Drumliny są wydłużonymi (czasami elipsoidalnymi) pagórkami o długościach 100-1000 m i wysokościach dochodzących do 60 m.
    - Ich ułożenie odpowiada biegowi podłużnych szczelin lodowych i kierunkom ruchu lodu lodowcowego, jest więc prostopadłe do ciągów moren czołowych.



Drumliny





# *Pola drumlinowe*

- ⊕ Zespoły drumlinowe są często rozłożone na wielkich powierzchniach zajmowanych niegdyś przez loby lądolodu.
  - ⊕ Nazywa się je **polami drumlinowymi**.



Pola drumlinowe





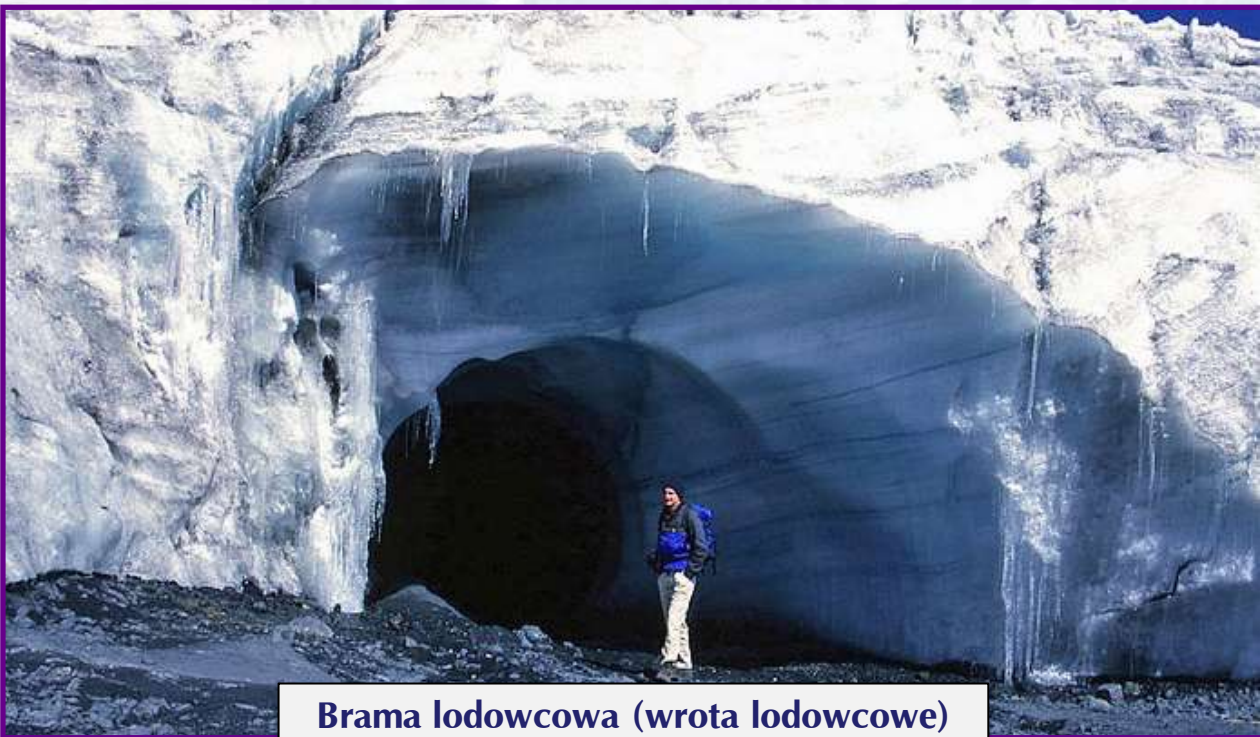
# ***RZEŻBA FLUWIOGLACJALNA (WODNOŁODOWCOWA)***





# Rzeźba fluwioglacjalna – wodnolodowcowa

- **Wody pochodzące z topniejących lodowców** są nierozzerwalnym ich elementem, wpływającym w istotny sposób na kształtowanie rzeźby.
  - **Wody ablacyjne** pochodzące bezpośrednio z topnienia lodowców płyną rynnami supraglacialnymi po jego powierzchni (**potoki supraglacialne**), tunelami inglacialnymi w jego wnętrzu (**potoki inglacialne**), a także tunelami subglacialnymi pod nim (**potoki subglacialne**), aby w końcu wypłynąć na jego przedpole poprzez **bramę lodowcową**.
    - Ich działalność określana jest mianem **procesów wodnolodowcowych (fluwioglacjalnych)**.



Brama lodowcowa (wrota lodowcowe)



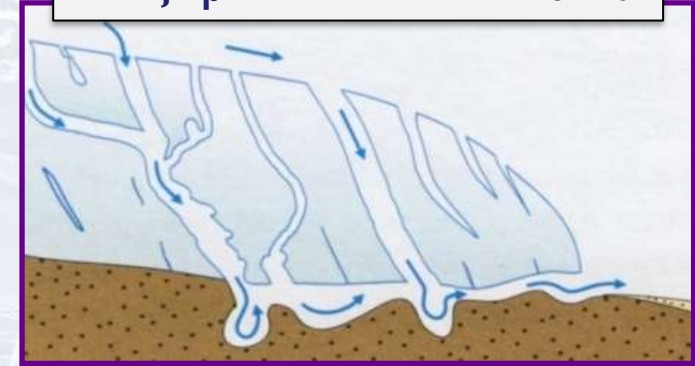
Potok supraglacialny (płyną w nim wody supraglacialne)



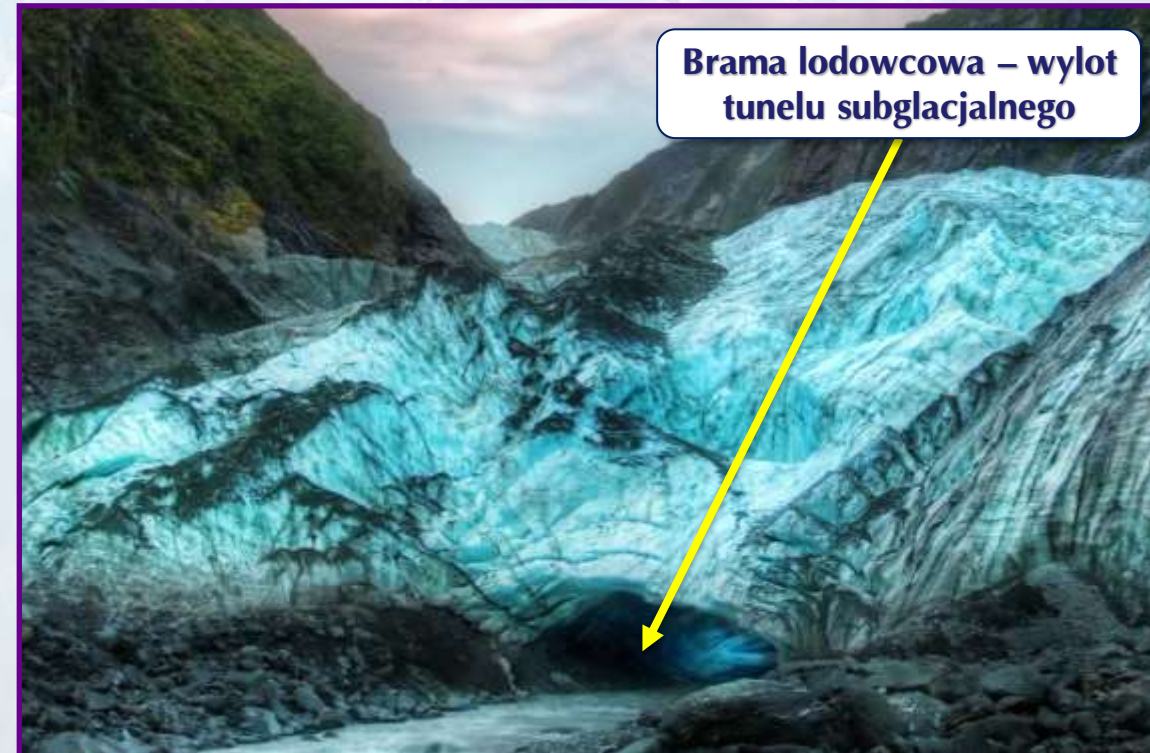
# Formy erozyjne wodnolodowcowe (fluwioglacjalne)

- Cechą charakterystyczną **wód lodowcowych** jest to, że płynąc w **tunelach subglacjalnych** i **inglacjalnych** mogą czasem przemieszczać się “pod górę”, gdyż znajdują się pod dużym ciśnieniem hydrostatycznym.
  - Ich zdolność erozyjna jest bardzo duża.
  - W zależności od odporności skał podłoża, ilości wody i czasu ich działania wody podlodowcowe żłobią w podłożu zagłębienia w postaci **garnków (kotłów wirowych)**, **mis** i **rynien podlodowcowych**.

Erozja podlodowcowa – schemat



Brama lodowcowa – wylot tunelu subglacjalnego



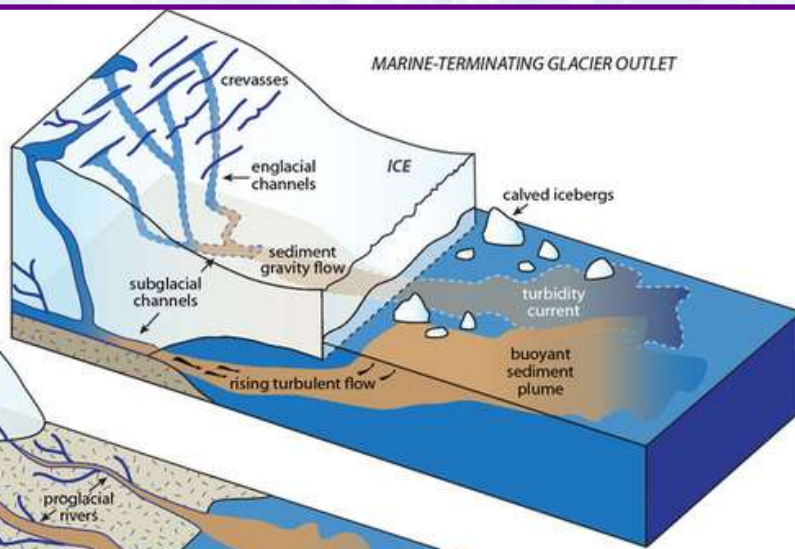
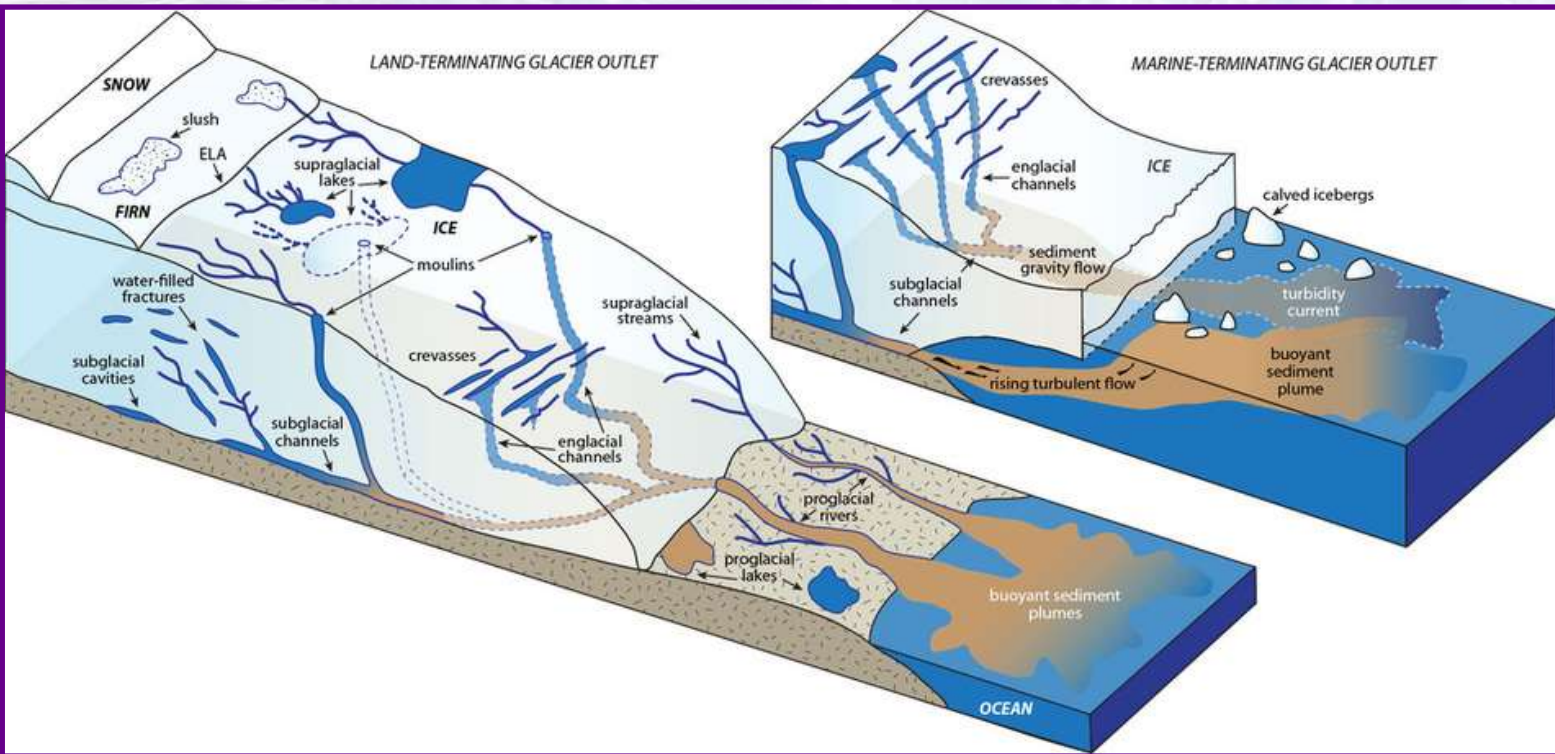
Wody subglacjalne (wody podlodowcowe) przemieszczające się w tunelach potoku subglacjalnego





# Formy erozyjne: wodnolodowcowe (fluwioglacjalne)

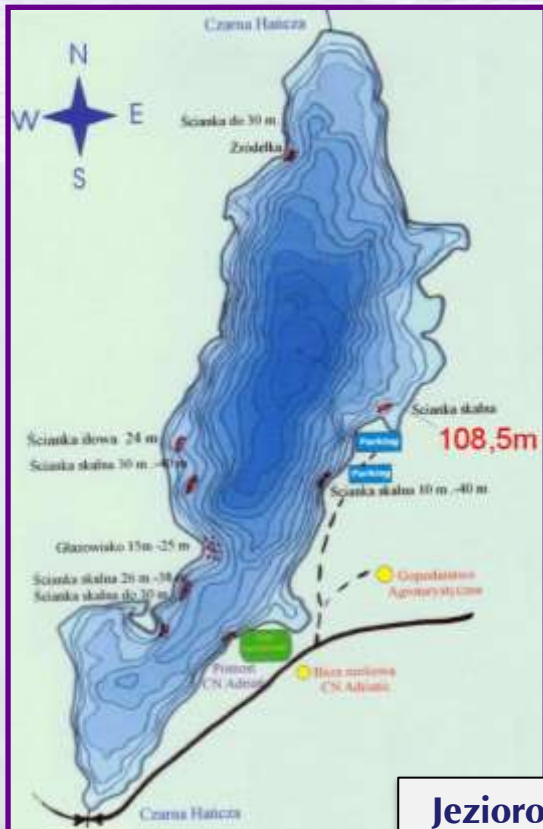
- ❶ **Garnki podlodowcowe (kotły wirowe)** – są cylindrycznymi zagłębieniami wyciętymi w litej skale.
  - ❶ Mają kilka metrów średnicy i głębokości oraz pionowe, dobrze ogładzone ściany, a na dnie otoczki kuliste.
  - ❶ Utworzyły je wirujące wody podlodowcowe, rzeźbiące dna i ściany koryt potoków subglacjalnych.
- ❷ **Misy podlodowcowe (kotły podlodowcowe)** – zagłębienia o dużych głębokościach (łagodniejszych zboczach), utworzone w utworach luźnych, głównie morenowych, wskutek eworsyjnej działalności wód roztopowych (często wody dostające się do szczeliny lub otworu w lodowcu potrafią spadać z bardzo dużej wysokości).
- ❸ **Rynny podlodowcowe (doliny rynnowe; rynny polodowcowa)** – zagłębienia długie i stosunkowo wąskie, o przebiegu prostoliniowym lub krętym, cechujące się stromymi i symetrycznymi zboczami oraz nierównym dnem.





# Rynny jeziorne

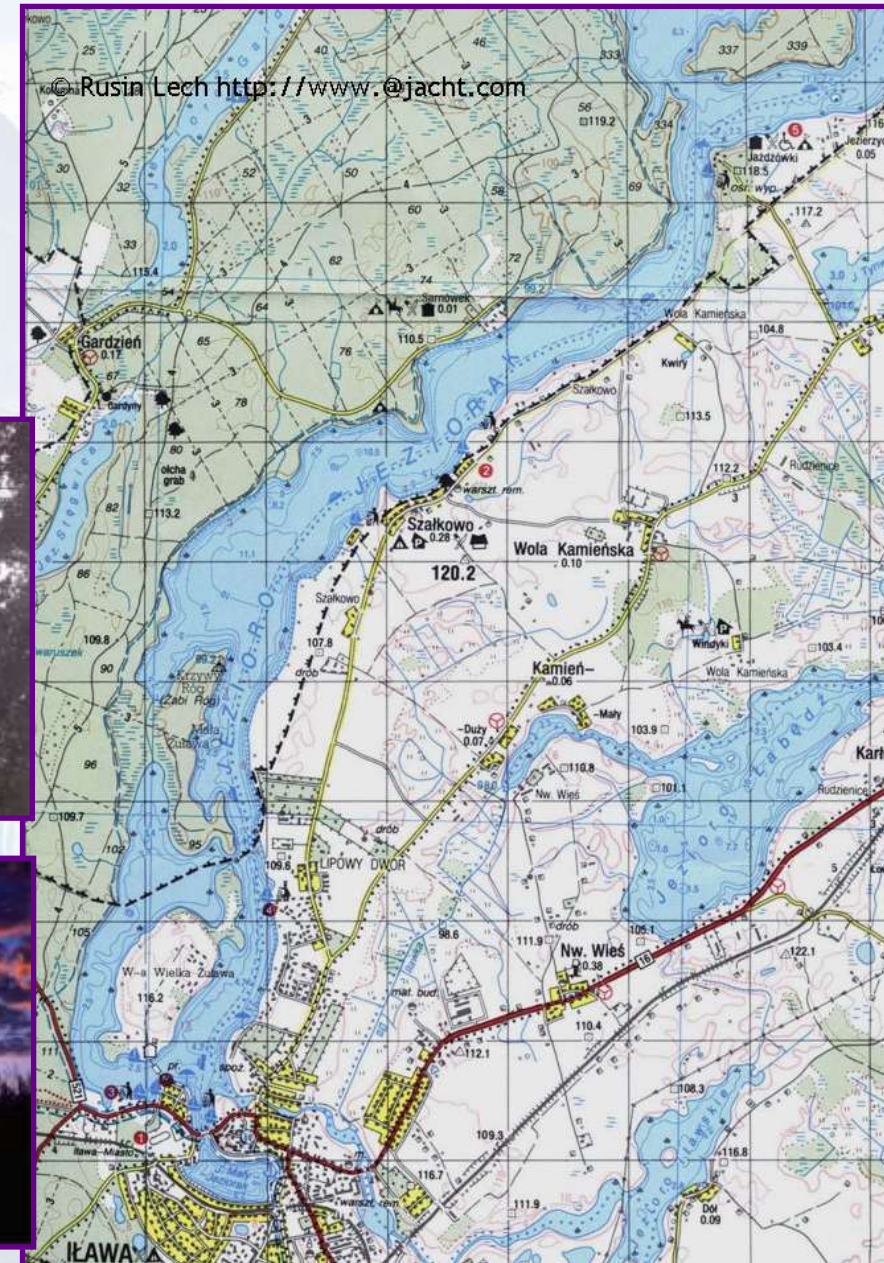
- 🌐 **Rynny jeziorne** – podłużne zagłębienia, wypełnione wodą.
  - 🌐 Przebieg rynien o długości nieraz kilkadziesiąt kilometrów jest równoległy lub wachlarzowy, zgodny z kierunkiem ruchu lodowca.
  - 🌐 Współcześnie wiele rynien wypełnionych jest wodą.
    - 🌐 **Jeziora rynnowe** występują licznie w Polsce na pojezierzach, a najdłuższym z nich jest Jeziorak (około 27,5 km).



Jezioro Hańcza



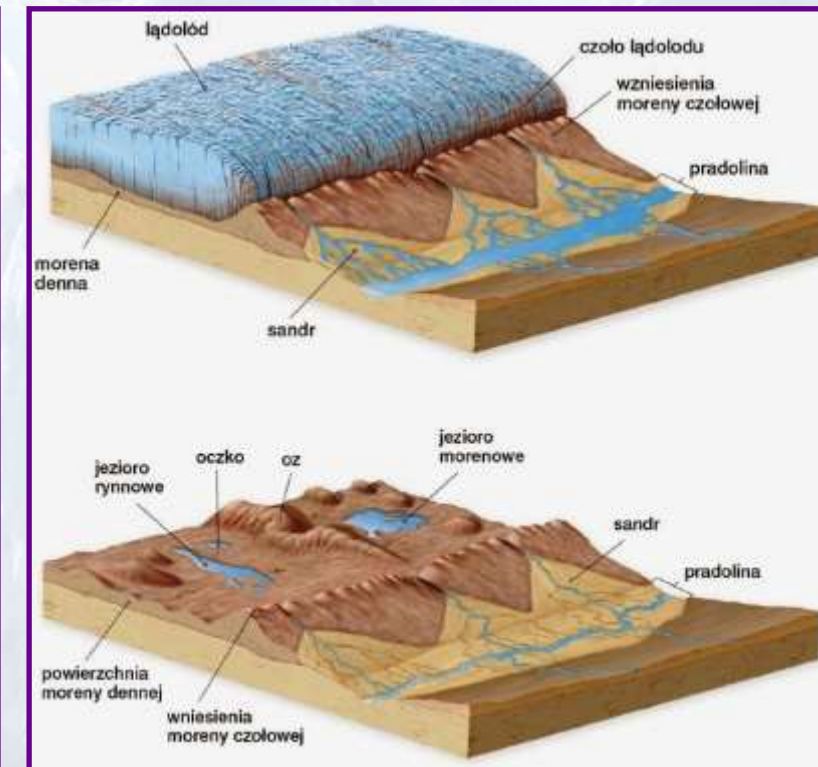
Jezioro Jeziorak





# Pradoliny

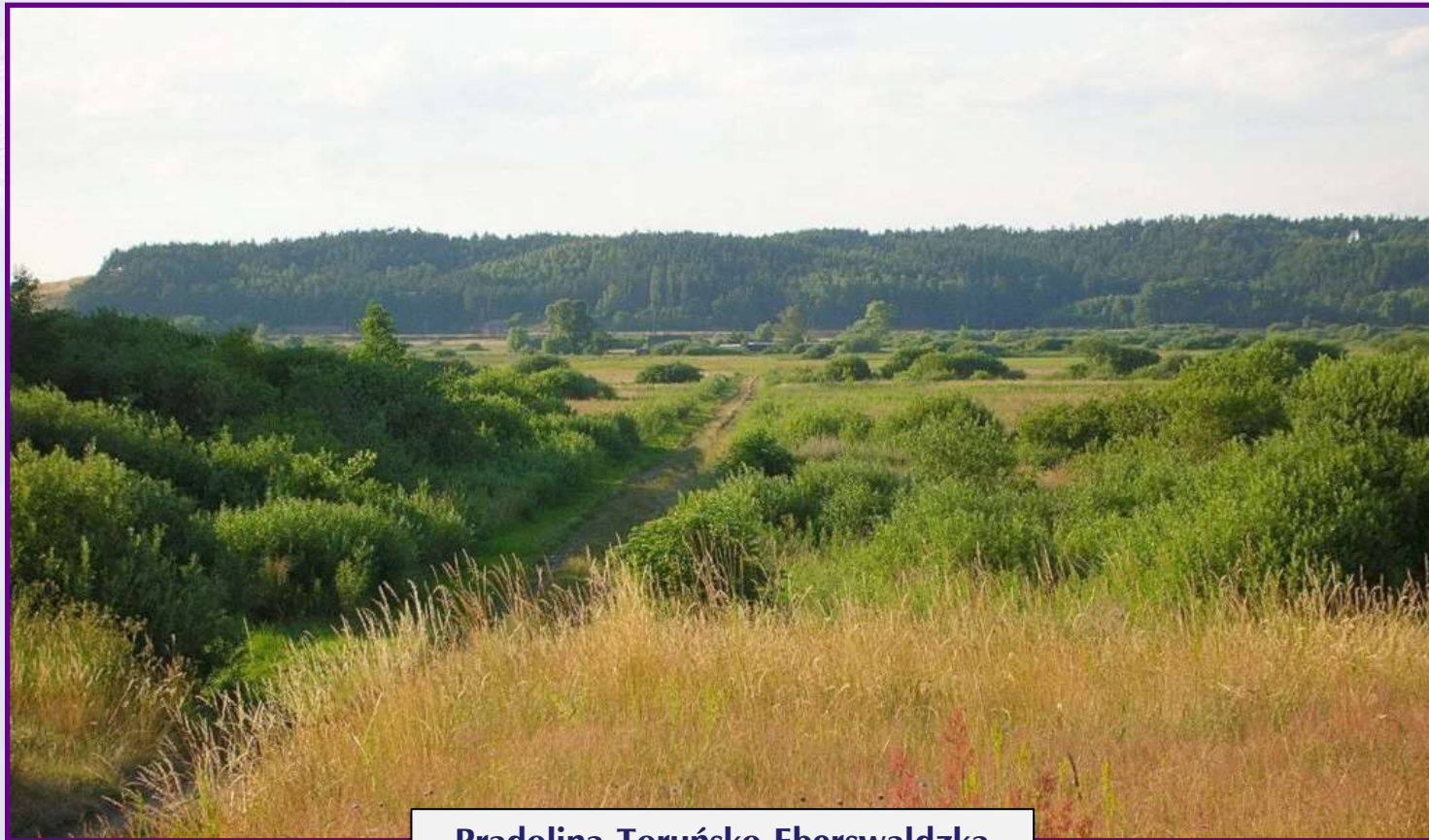
- **Pradoliny** – są wielkimi formami wklęsłymi, które zostały utworzone przez wody spływające z lodowca i wody płynące z obszarów niezlodowaconych.
  - Największe pradoliny cechują się szerokością wynoszącą ponad 10 km.
- **Pradoliny konsekwentne** – powstały tam, gdzie teren przed lodowcem opadał zgodnie z kierunkiem jego nasuwania się (np. pradoliny Wołgi i Missisipi).
- **Pradoliny subsekwentne** – powstały tam, gdzie teren przed lodowcem był nachylony przeciwnie do kierunku jego nasuwania się (np. pradoliny na Nizinie Środkowoeuropejskiej).





# Pradoliny

- Na terenie Polski, który nachylony jest w kierunku północno-zachodnim, lądolody uniemożliwiały odpływ wód zgodny z nachyleniem terenu (dlatego występują w Polsce głównie **pradoliny subsekwentne** – o przebiegu równoleżnikowym).
- Obecnie niektóre odcinki pradolin są wykorzystywane przez dzisiejsze rzeki, np. Bzura w Pradolinie Warszawsko - Berlińskiej.



Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka



Pradoliny na Niżu Środkowoeuropejskim



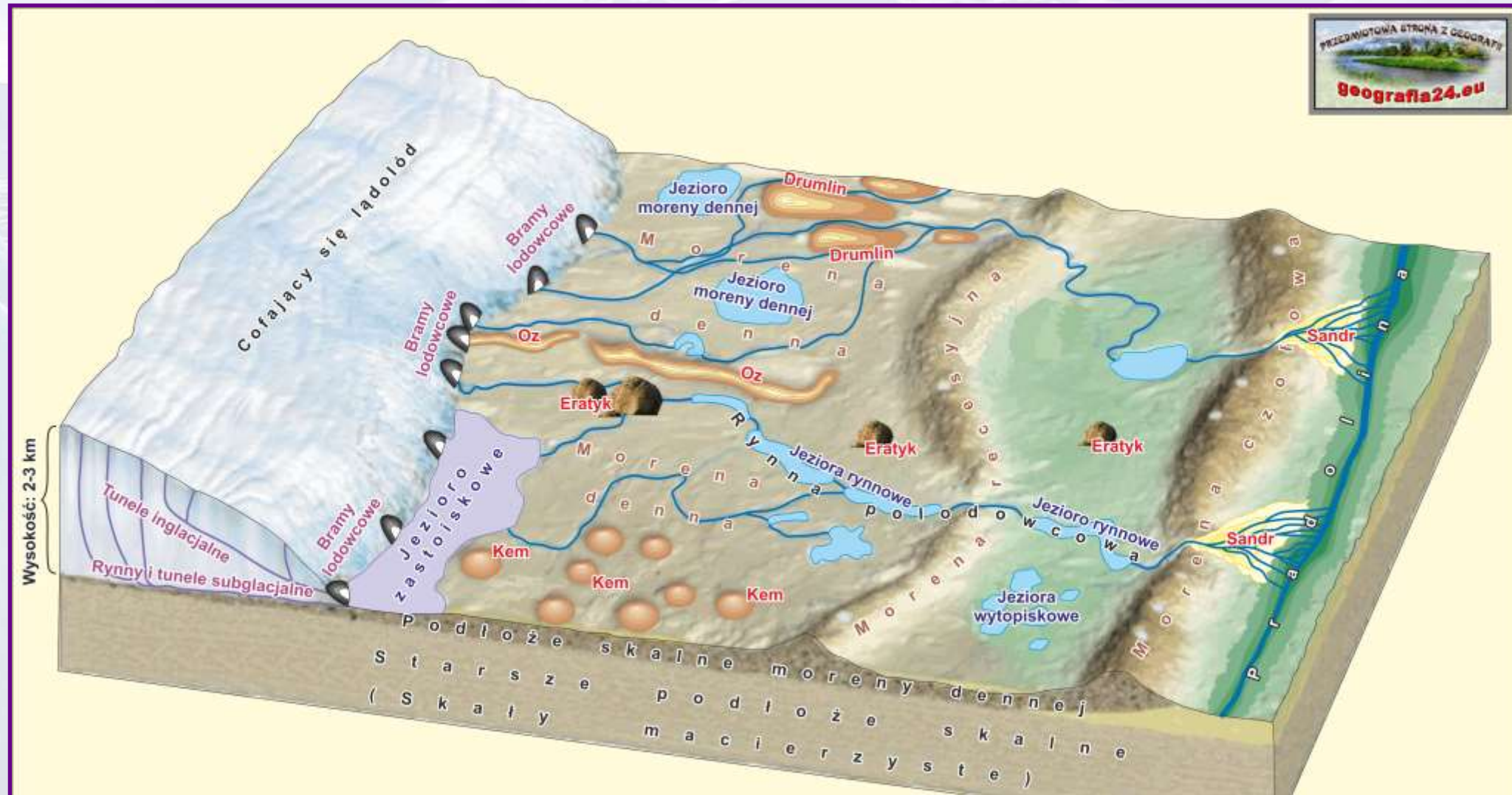
Pradolina Warszawsko-Berlińska



# Formy akumulacyjne wodnolodowcowe (fluwioglacialne)

☉ Działalność **wód fluwioglacialnych** spowodowała powstanie wielu **wodnolodowcowych form akumulacyjnych**, tj:

- ☉ **sandry,**
- ☉ **stożki glacyfluwialne,**
- ☉ **ozy,**
- ☉ **kemy,**
- ☉ **terasy kemowe.**



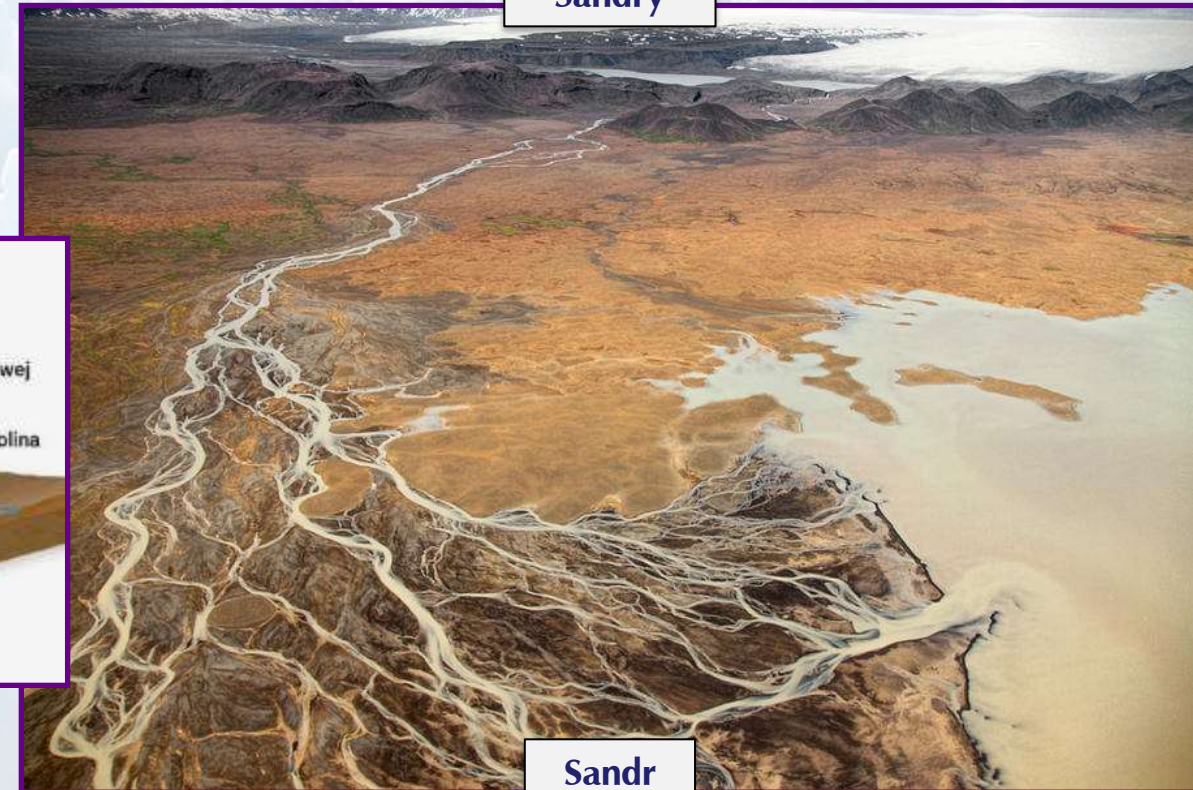


# Sandry

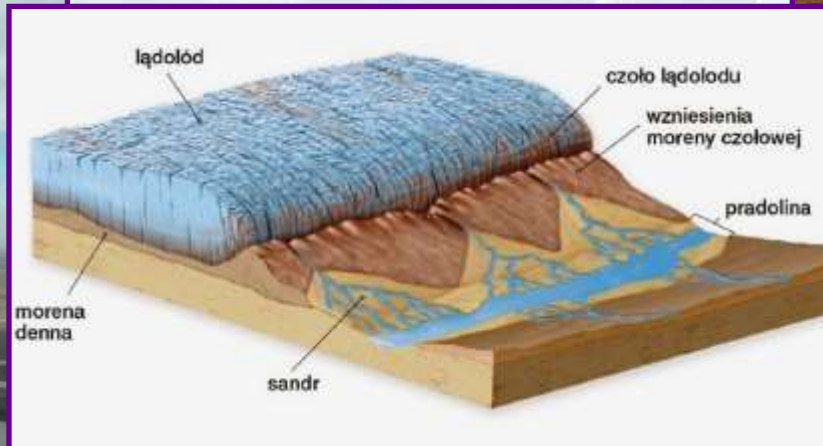
- 🌐 **Sandry** – rozległe stożki napływowe **występujące na nizinach**, zbudowane ze żwirów i piasków usypanych przez wody spływające na przedpole lodowca, już poza obszarem wałów czołowomorenowych.
  - 🌐 W czasie postępu lodowca wody niosące ogromną ilość materiału akumulują na początku materiał najgrubszy, a im dalej od lodowca, tym osadzany jest materiał drobniejszy.
  - 🌐 Stożki sandrowe mają powierzchnię lekko nachyloną w kierunku od czoła lodowca oraz często są w nie wcięte **rynny jeziorne** i liczne **zagłębienia wytopiskowe**.



Sandry



Sandr





# Sandry

- 🌐 **Równiny sandrowe** – powstają w wyniku połączenia na przedpolu lodowca kilku **stożków sandrowych** i są dość rozległe.
  - 🌐 Równiny sandrowe współcześnie porośnięte są najczęściej przez lasy (np. Bory Tucholskie), gdyż piaszczysto-żwirowe podłoże nie stwarza dogodnych warunków do rozwoju żyznych gleb i wykorzystania rolniczego (występują gleby bielcowe).



Równina sandrowa





# Stożki glacifluwialne

- ☉ **Stożki glacifluwialne** – są usypywane przez rzeki wypływające z **lodowców górskich**.
  - ☉ Zbudowane są one głównie ze żwirów (mogą być także i kamienie).
  - ☉ Odznaczają się stosunkowo dużym spadkiem (jak na tego typu formę) – ich nachylenie jest większe od sandrów (występujących na nizinach).
  - ☉ Powstają w czasie nasuwania się i postępu lodowca oraz formowania moreny czołowej.
  - ☉ W Polsce występują one przede wszystkim w Tatrach.

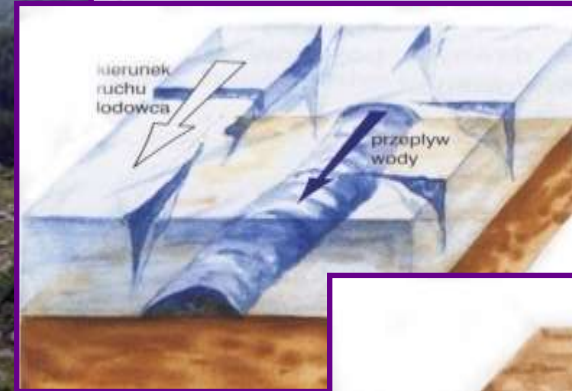
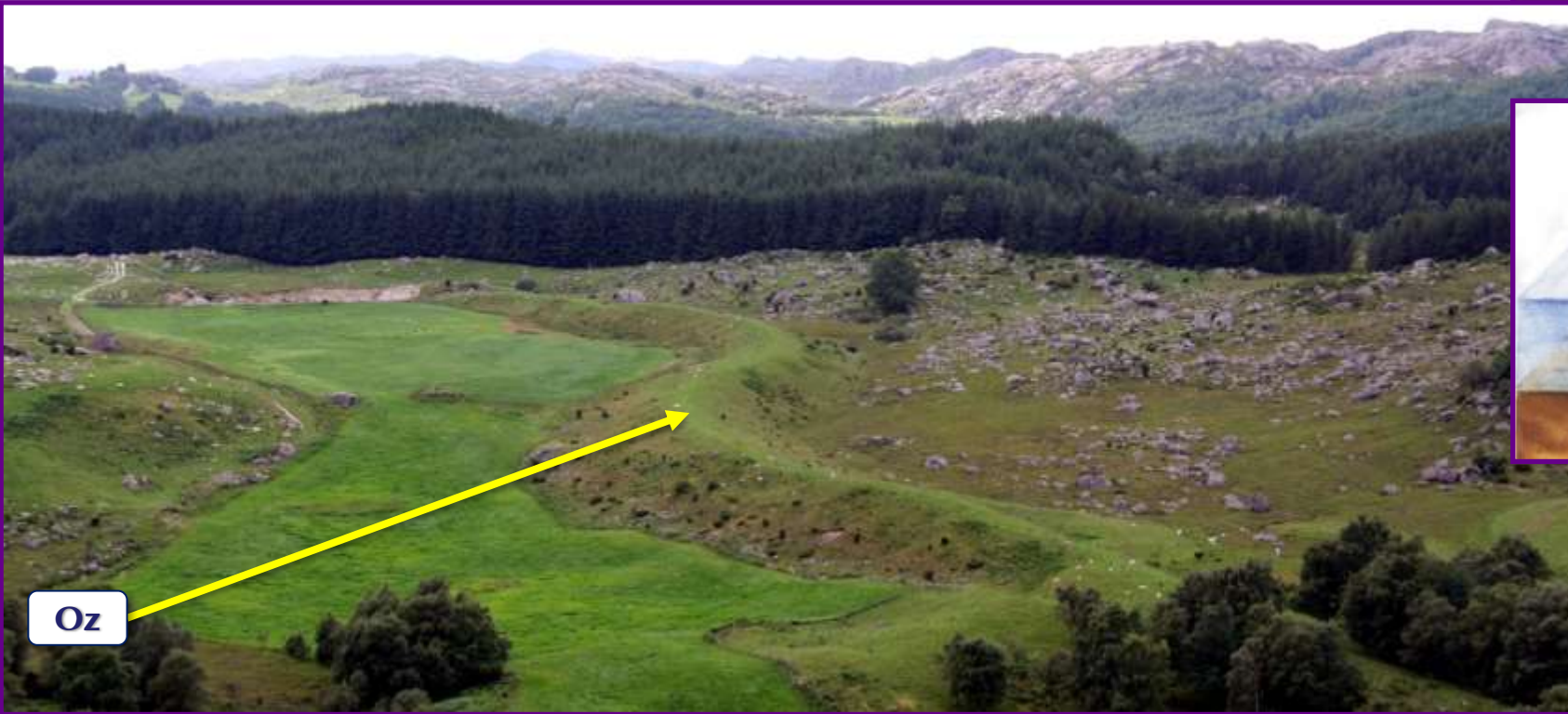




# Ozy

🌐 **Ozy – długie, wąskie i kręte wały lub ciągi pagórków.**

- 🌐 Mogą one osiągnąć znaczne długości, nawet do ponad 300 km i wysokości do kilkudziesięciu metrów (posiadają dość strome zbocza).
  - 🌐 Szerokość wału wraz z biegiem często zmienia się.
  - 🌐 Ozy zbudowane są z materiału piaszczysto-żwirowego.
- 🌐 Powstają głównie w czasie **deglacji frontalnej**, wskutek akumulacji materiału skalnego przemieszczającego się z wodą tunelami potoków lodowcowych (głównie subglacialnych i inglacialnych).





# Ozy

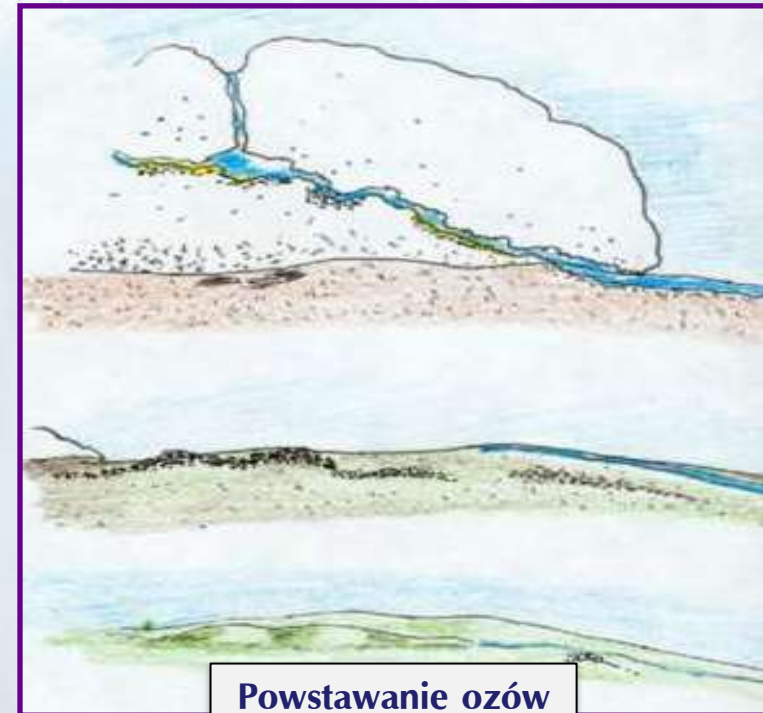
☉ Przebieg ozów jest zwykle:

- ☉ zgodny z kierunkiem ruchu lodowca,
- ☉ prostopadły do wałów moreny czołowej.

Ozy powstałe w rynnach podlodowcowych



Oz

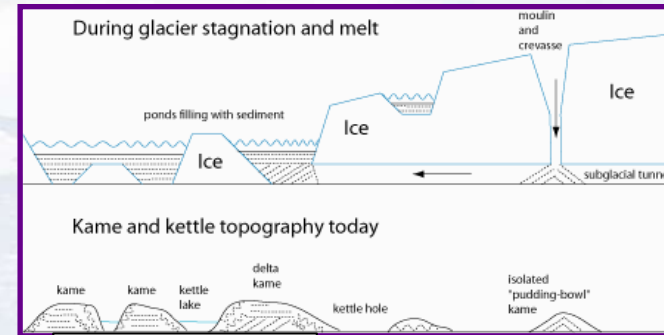


Powstawanie ozów

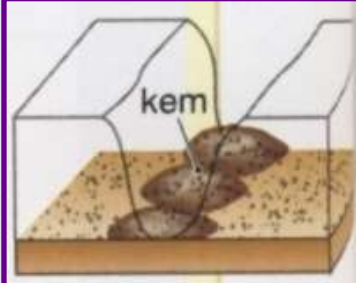
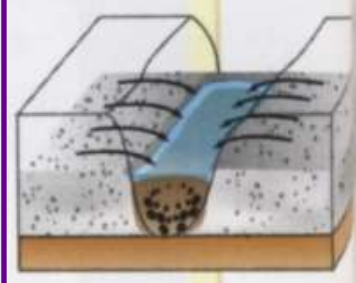
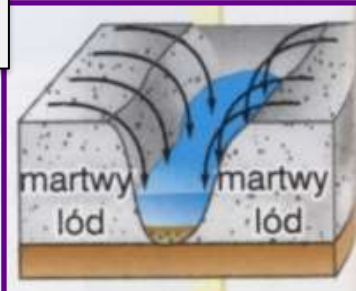


# Kemy

- 🌐 **Kemy** – są **piaszczysto-żwirowymi pagórami** o wysokościach do kilkunastu metrów.
  - 🌐 Ich długość dochodzi do kilkuset metrów, a wysokość do kilkunastu metrów.
  - 🌐 Powstają głównie w czasie **deglacji aeralnej**, kiedy to czoło “zamierającego” lodowca rozpada się na odrębne bryły lodu (bryły martwego lodu), między którymi krąży woda w której znajdują się osady (z nich powstają kemy).
  - 🌐 Te stożkowate piaszczysto-mułowe (czasem ze żwirami) pagóry o dość stromych zboczach, tworzą się także bezpośrednio w obrębie lodowca – w jego obniżeniach, czy też w szczelinach wypełnionych wodą stojącą oraz osadami.



Powstawanie kemów



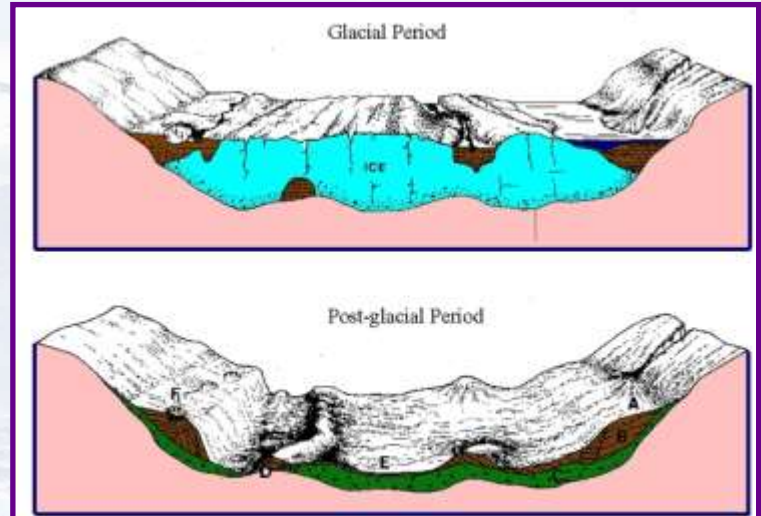
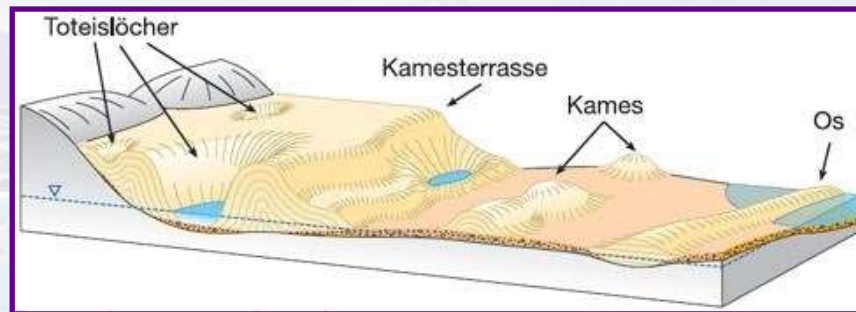
Kem



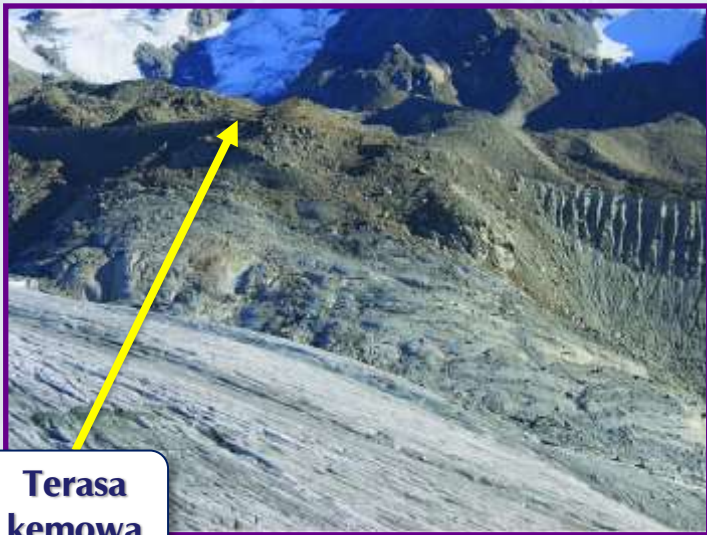


# Terasy kemowe

- Terasy kemowe – długie wały żwirowo–piaszczyste, akumulowane jedynie na terenach górskich (w czasie zlodowaceń górskich), przez wody lodowcowe płynące pomiędzy krawędzią lodowca górskiego lub bryłą martwego lodu a powierzchnią nachyloną, tj. zbocze doliny górskiej.



Terasy kemowe – widoczne po bokach w postaci półek skalnych, są formami powstającymi jedynie w przypadku zlodowaceń górskich.



Terasa kemowa



Terasa kemowa



Terasy kemowe po bokach, na środku morena denna i ablacyjna



# *Jeziora na obszarach zlodowaconych*

- ☉ Na obszarach zlodowaconych powstają liczne **jeziora**.
  - ☉ Można je podzielić na:
    - ☉ **jeziora peryglacjalne** – utworzone u krawędzi lodowca, gdzie wody ablacyjne gromadzą się pomiędzy krawędzią lodowca a moreną czołową;
    - ☉ **jeziora postglacjalne** – tworzone po wytopieniu się zwałów lodowych, wypełniających różnego rodzaju zagłębienia wycięte w pokrywach morenowych, sandrowych i pomiędzy wałami moren czołowych.





# Jeziora na obszarach zlodowaconych

- Wtedy, gdy wody spływające z lodowca nie mogą znaleźć drogi odpływu, tworzą się rozległe **jeziora zastoiskowe**.
  - Osady powstałe w takich zbiornikach nazywane są **iłami warwowymi**.
    - Składają się one z zespołu warstewek:
      - **jasnej – letniej**, kiedy było więcej roztopowej wody niosącej drobnoziarnisty materiał kwarcowy;
      - **ciemnej – zimowej**, kiedy mniejsza ilość wody niosła głównie znacznie drobniejsze ziarna minerałów ilastych.
    - Tak więc para warstewek jasnej i ciemnej odpowiada okresowi jednego roku.



Jezioro zastoiskowe



# Zagłębienia glaciwytopiskowe

- ⊗ **Zagłębienia glaciwytopiskowe** – zajęte obecnie przez powoli “zamierające” małe **jeziora wytopiskowe** (niewielkiej powierzchni i głębokości), noszące nazwę na pojezierzach tzw. “**oczek**”, przybierające postać lejów, mis i wanien.
  - ⊗ Należą do form utworzonych wskutek deglacjacji arealnej w utworach morenowych i sandrowych.
  - ⊗ Powstają one w czasie wytapiania się płatów i brył lodowych zagrzebanych w utworach morenowych lub sandrach piaszczystych w miarę ocieplania się klimatu.

Zagłębienie glaciwytopiskowe  
“Oczko polodowcowe” – jezioro wytopiskowe



Wytopisko na Pojezierzu Mazurskim

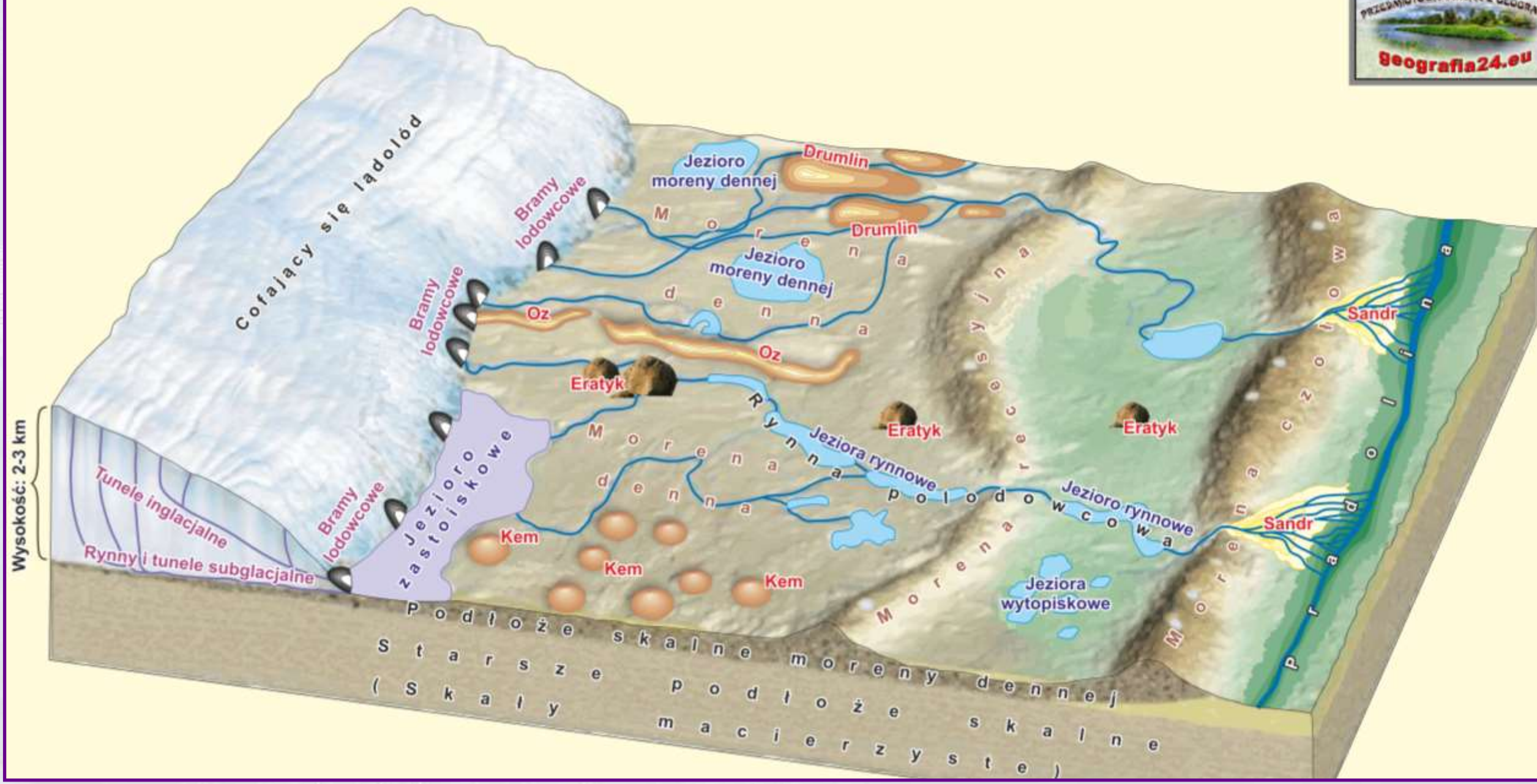


# ZADANIE: rozpoznaj sam jeszcze raz formy terenu



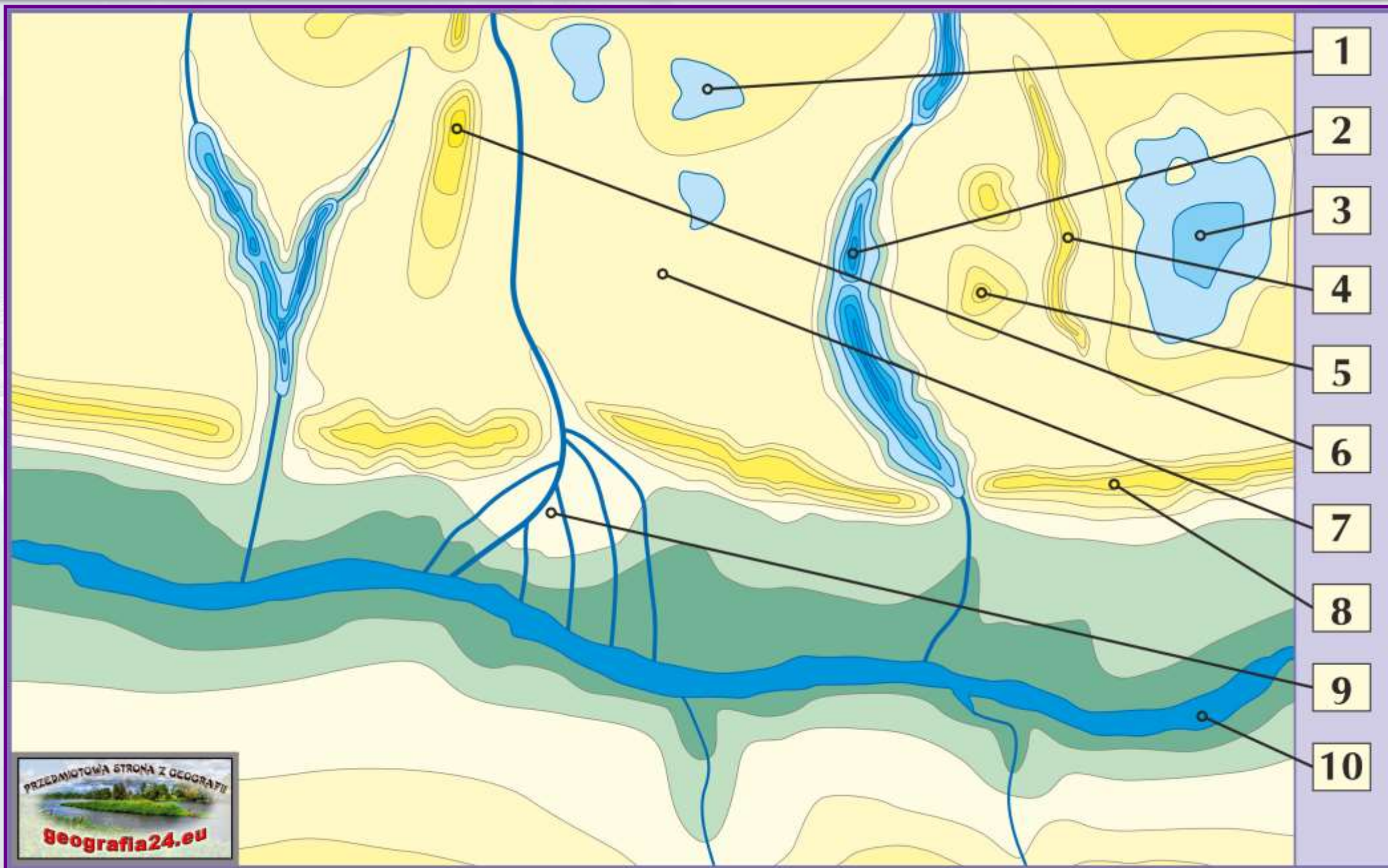


# ZADANIE: rozpoznaj sam jeszcze raz formy terenu



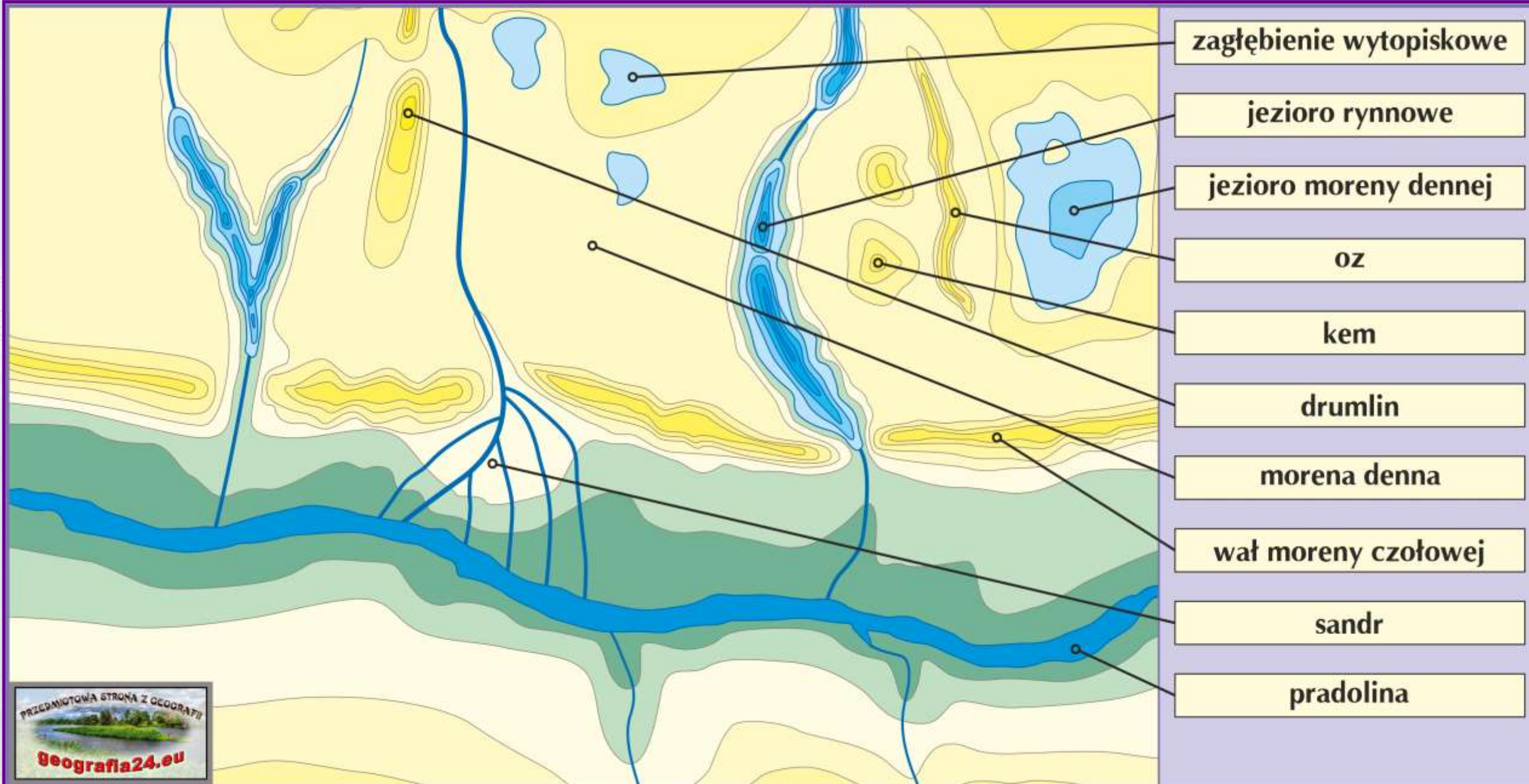


## ZADANIE: rozpoznaj sam jeszcze raz formy terenu



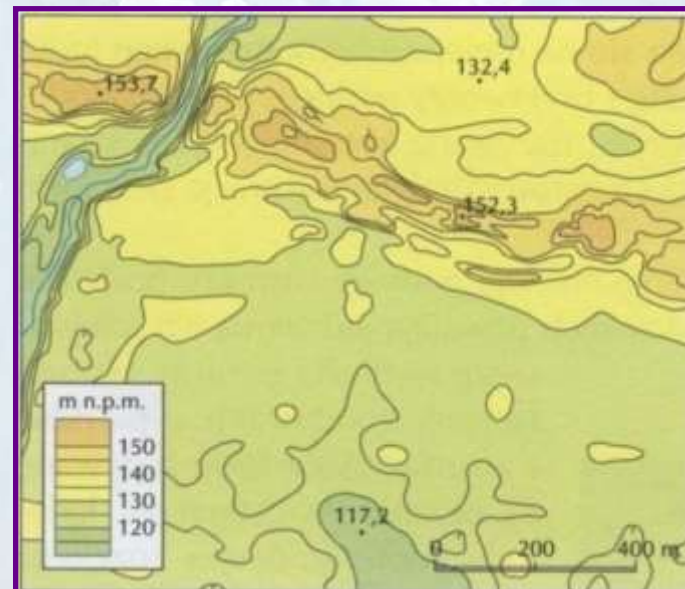
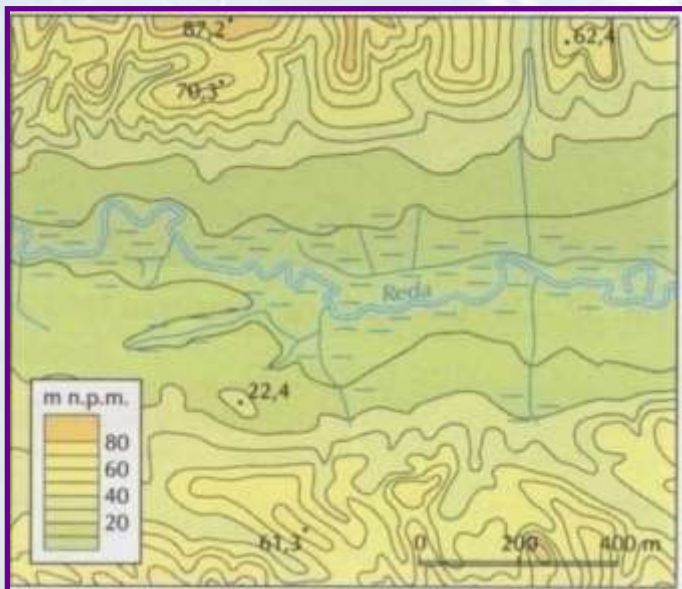
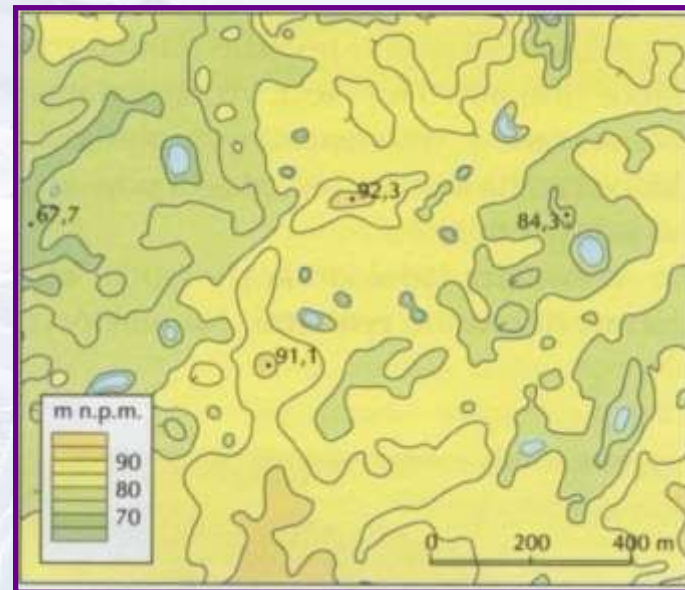
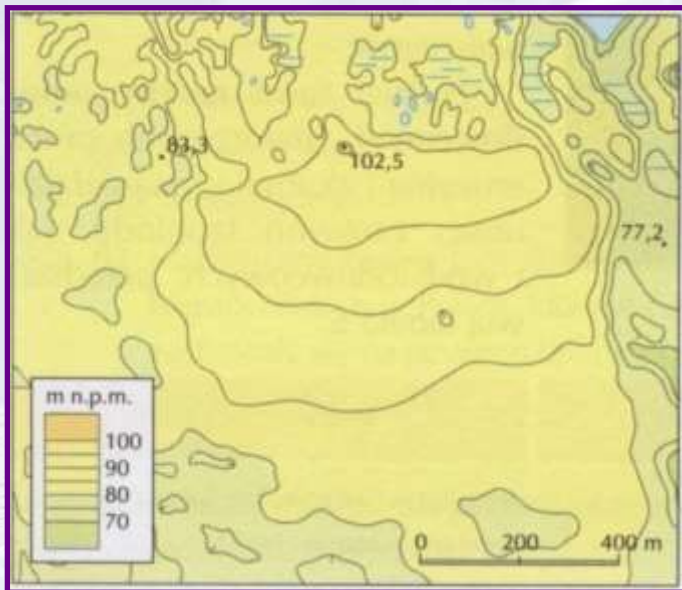


## ZADANIE: rozpoznaj sam jeszcze raz formy terenu



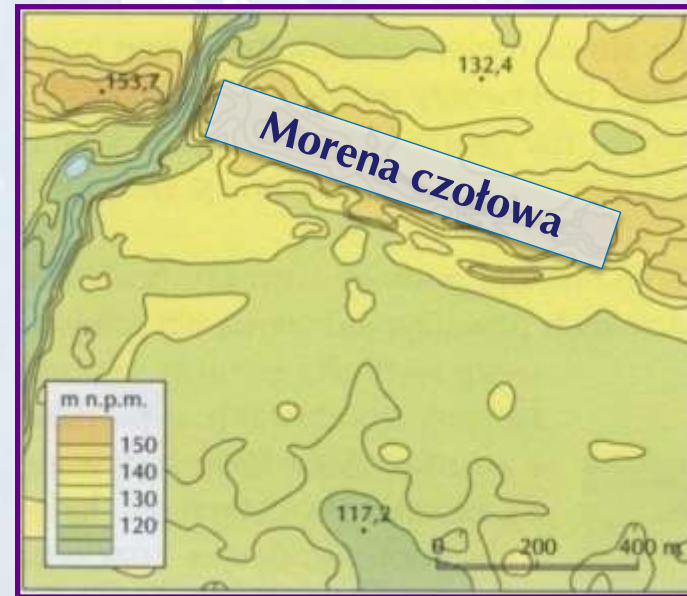
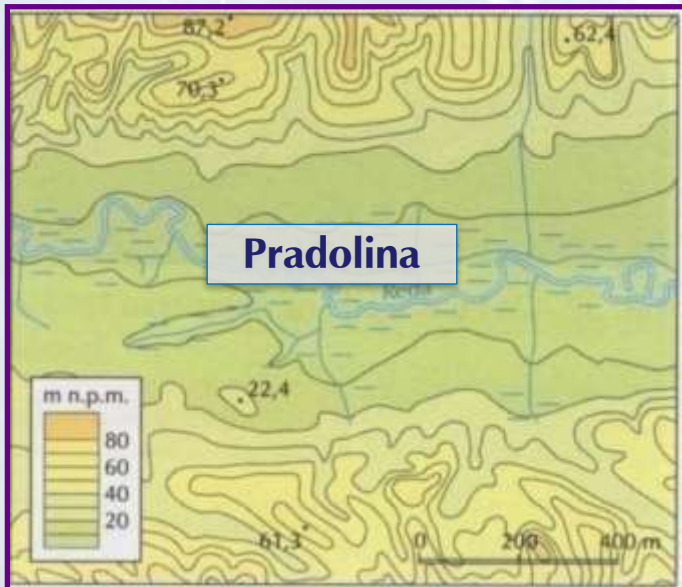
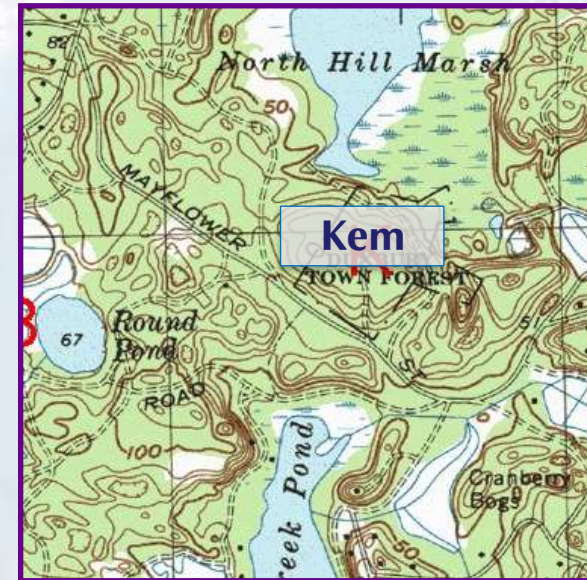
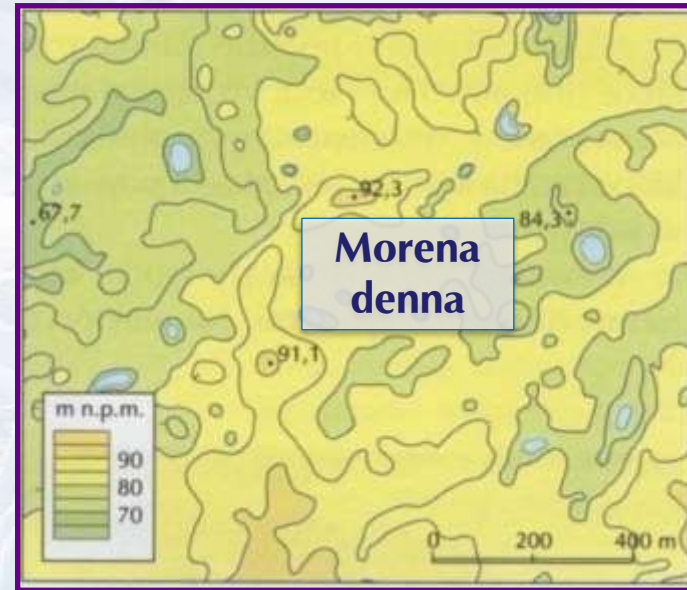
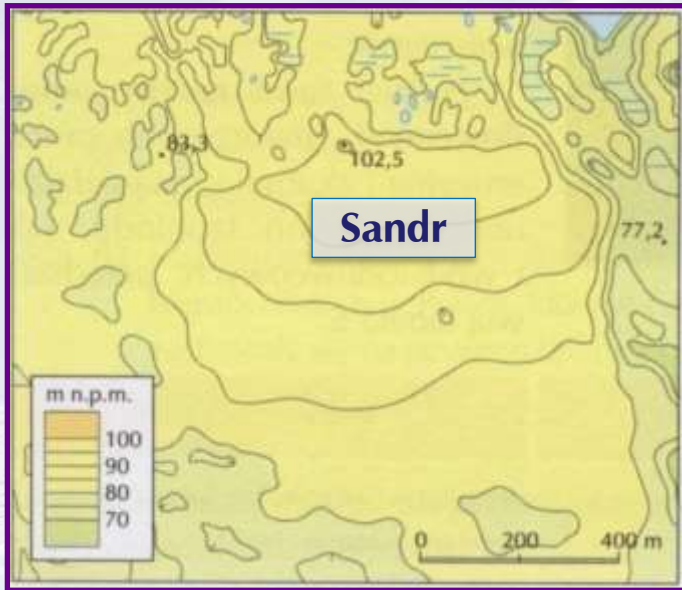


# ZADANIE: rozpoznaj sam jeszcze raz formy terenu





# ZADANIE: rozpoznaj sam jeszcze raz formy terenu





# KONIEC



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

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

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