



VI. Litosfera. Procesy zewnętrzne

5. Rzeźbotwórcza działalność wiatru

Tytuł slajdu: Procesy eoliczne – istota i znaczenie rzeźbotwórcze

- **Procesy eoliczne** – ogół zjawisk polegających na erozyjnym, transportowym i akumulacyjnym przekształcaniu rzeźby powierzchni Ziemi przez działalność wiatru.
- Ich nazwa wywodzi się od greckiego boga wiatrów – **Eola**.
- Rzeźbotwórcza działalność wiatru zależy od wielu czynników środowiskowych, przede wszystkim od prędkości wiatru, stopnia pokrycia terenu roślinnością, wilgotności podłoża oraz rodzaju i uziarnienia materiału budującego jego powierzchnię.

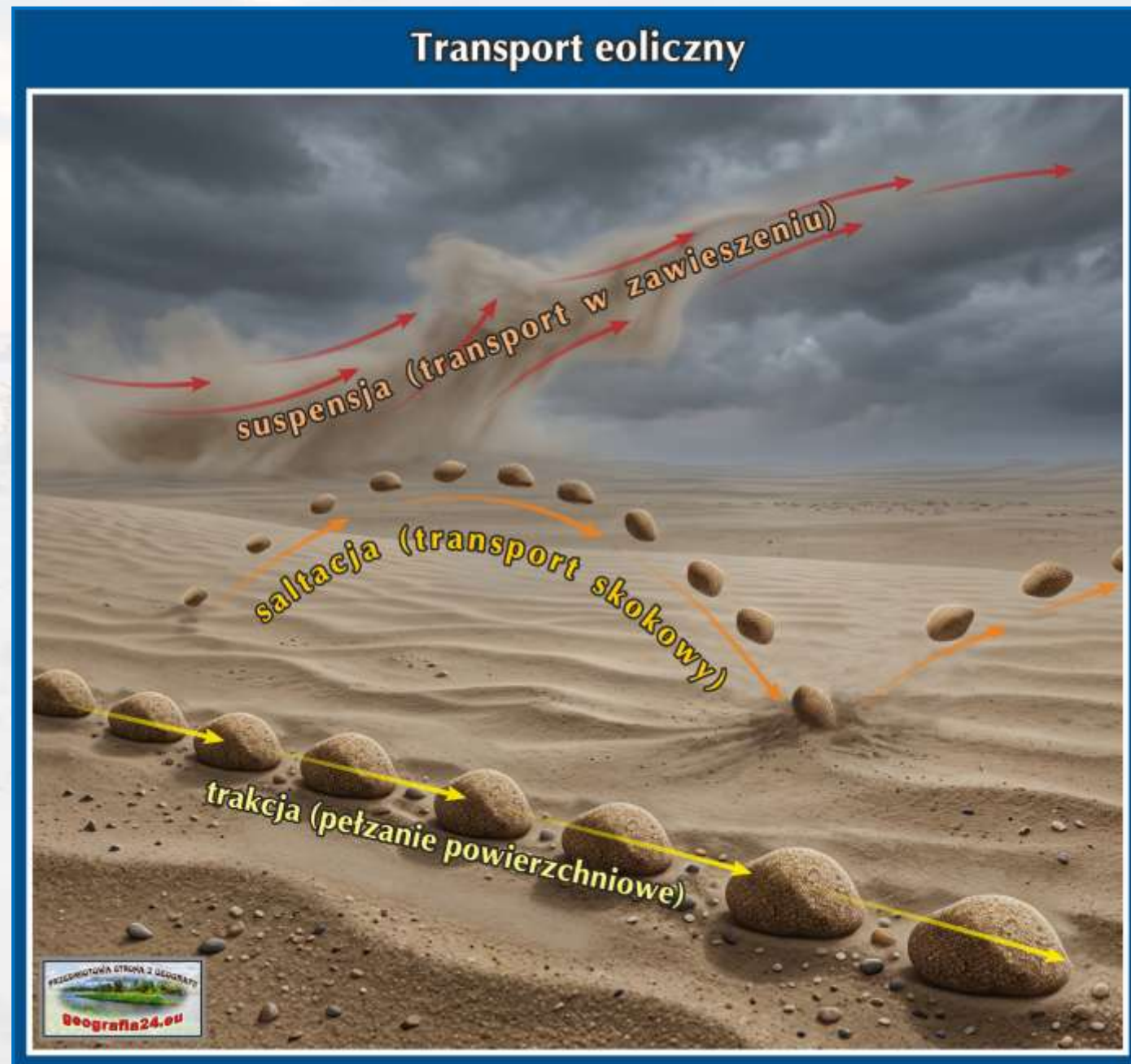




Transport eoliczny

Transport eoliczny – mechanizmy przemieszczania materiału

- **Transport eoliczny** – proces przemieszczania luźnych cząstek mineralnych przez wiatr, którego intensywność i zasięg zależą głównie od prędkości wiatru, czasu jego oddziaływania oraz wielkości, ciężaru i kształtu transportowanych ziaren.
- Wyróżnia się jego trzy główne rodzaje:
 - **pełzanie powierzchniowe (trakcja)** – polega na przetaczaniu i przesuwaniu po powierzchni podłoża najgrubszych ziaren (głównie grubego piasku i drobnego żwiru), które są zbyt ciężkie, aby mogły zostać uniesione przez wiatr;
 - **saltacja (transport skokowy)** – obejmuje skokowe przemieszczanie średnich i drobnych ziaren piasku, które po chwilowym oderwaniu od podłoża poruszają się po torach zbliżonych do parabolicznych, a opadając, wybijają kolejne cząstki;
 - **suspensja (transport w zawieszeniu)** – dotyczy najdrobniejszych ziaren frakcji pyłowej i ilastej, które po uniesieniu przez wiatr mogą pozostawać w powietrzu przez długi czas i być przenoszone nawet na odległość tysięcy kilometrów.





Działalność niszcząca wiatru

Erozja eoliczna – mechanizmy niszczącej działalności wiatru

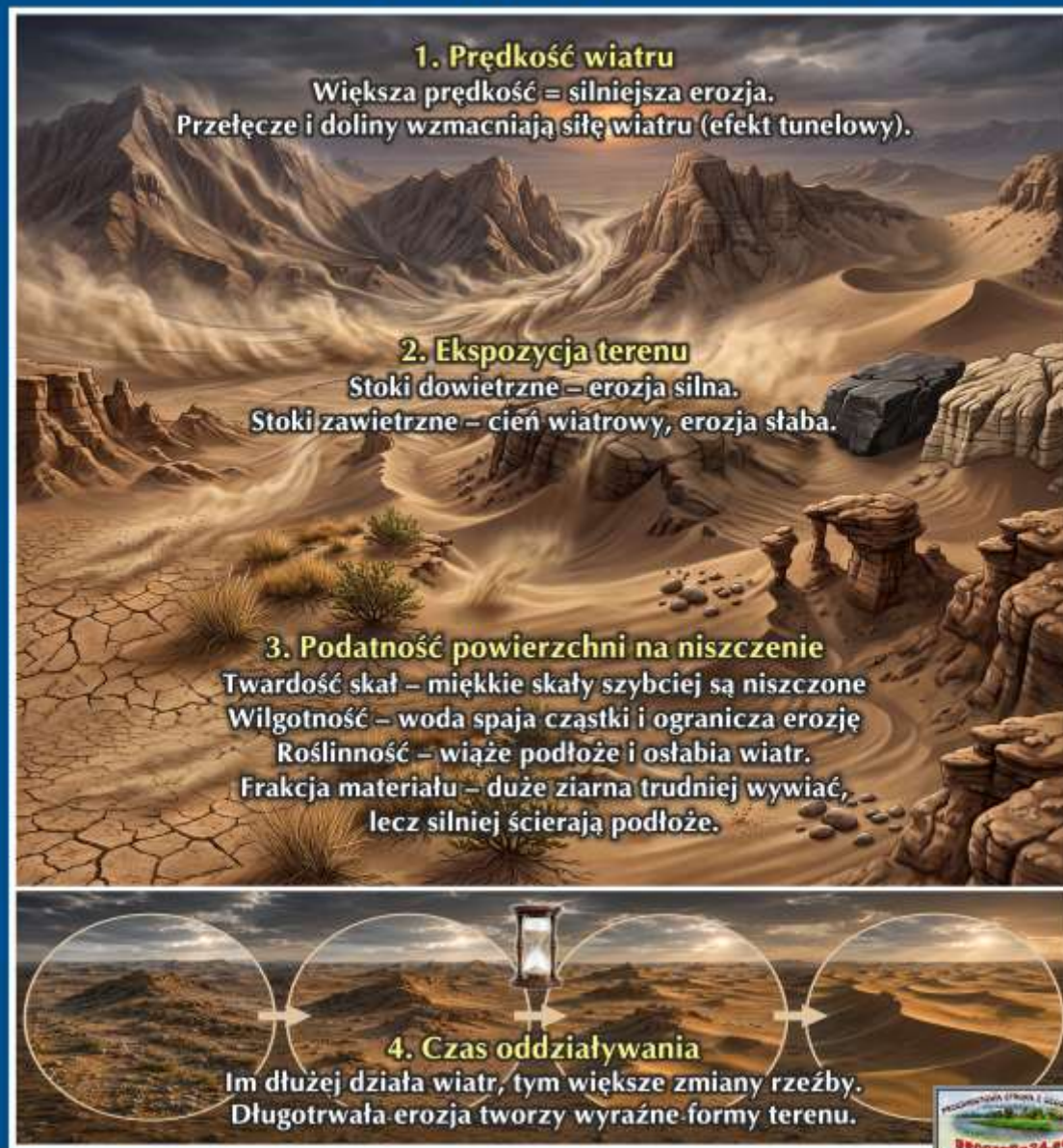
- **Erozja eoliczna** – zachodzi przede wszystkim w wyniku dwóch procesów, z których każdy wymaga określonych warunków środowiskowych.
- **Deflacja** – polega na **wywiewaniu i usuwaniu luźnego, nieskonsolidowanego materiału mineralnego** (np. piasku, pyłu i drobnej zwiaterziny), a jej intensywność zależy głównie od prędkości wiatru i podatności podłoża na wywiewanie.
- **Korazja** – **mechaniczne ścieranie i polerowanie odsłoniętych powierzchni skalnych** przez twarde ziarna mineralne transportowane przez wiatr, zachodzące najintensywniej zwykle do około 1 m nad powierzchnią gruntu, gdzie największa liczba ziaren przemieszcza się **ruchem saltacyjnym**.



Czynniki warunkujące efektywność erozji eolicznej

- **Efektywność erozyjnej działalności wiatru**, zależy od kilku czynników.
- **Prędkość wiatru** – bezpośrednio determinuje jego siłę nośną i niszczącą, a jej lokalny, drastyczny wzrost często wynika z ukształtowania terenu (np. obecności przełęczy górskich i obniżen wymuszających tzw. **efekt tunelowy**, który potęguje siłę uderzeń ziaren).
- **Ekspozycja terenu** – warunkuje występowanie **stref wzmożonej działalności wiatru na stokach dowietrznych** oraz tzw. **cienia wiatrowego na stokach zawietrznych**, gdzie erozja ulega znacznemu osłabieniu.
- **Podatność powierzchni na niszczenie** – stanowi wypadkową **cech fizycznych podłoża**, zależąc m.in. od **twardości i odporności samych skał, wilgotności gruntu** (woda spaja cząstki), **stopnia pokrycia szatą roślinną** (która wiąże podłoże i hamuje pęd powietrza), a także od **frakcji luźnego materiału**, gdzie większe ziarna z jednej strony trudniej wywiać, lecz z drugiej strony silniej niszczą one uderzane powierzchnie.
- **Czas oddziaływania** – bezpośrednio przekłada się na skalę przeobrażeń krajobrazu, ponieważ długotrwała, nawet umiarkowana erozja eoliczna prowadzi do wykształcenia bardzo wyrazistych form rzeźby.

Efektywność erozyjnej działalności wiatru



Strefy klimatyczne a intensywność procesów eolicznych

- **Klimaty zwrotnikowe suche i skrajnie suche (obszary pustynne i półpustynne)** – stanowią środowisko o największej intensywności **procesów eolicznych**, co wynika bezpośrednio z chronicznego **braku zwartej pokrywy roślinnej**, **skrajnie niskiej wilgotności podłoża** i **dużej dostępności luźnego materiału skalnego podatnego na wywiewanie**.
- Występujące w tych regionach **silne wiatry**, związane z **ogólną cyrkulacją atmosfery** oraz lokalnie wzmacniane przez **silne nagrzewanie podłoża** i rozwój **konwekcji**, mogą transportować ogromne ilości materiału, znacznie przyspieszając procesy modelowania rzeźby.



Erozja eoliczna gleb – zagrożenia i skutki gospodarcze

- **Erozja eoliczna gleb** – proces wywiewania najdrobniejszych cząstek mineralnych oraz materii organicznej poziomu próchnicznego, który jest słabiej widoczny w rzeźbie terenu, lecz powoduje znaczne straty w żyzności gleb.
- Zjawisko to może osiągać katastrofalne rozmiary na odkrytych terenach rolniczych.
 - Klasycznym przykładem są burze pyłowe z lat 30. XX wieku na **Wielkich Równinach w USA (Dust Bowl)**, które doprowadziły do silnej **degradacji gleb** i wywiania znacznej części warstwy próchnicznej na rozległych obszarach.
 - W Polsce erozja eoliczna występuje przede wszystkim w Wielkopolsce, na Kujawach i Nizinie Śląskiej. Jej nasileniu sprzyjają m.in. intensywne rolnictwo, wylesianie oraz osuszanie terenów podmokłych, co prowadzi do degradacji gleb i lokalnie sprzyja procesom **stepowienia**.





Formy deflacyjne

Makroformy deflacyjne – rzeźba powstała wskutek wywiewania

- **Zagłębienia deflacyjne** – rozległe obniżenia terenu, powstające w utworach skalnych i piaszczystych wskutek długotrwałego wywiewania luźnego materiału mineralnego, przybierające w zależności od lokalnych warunków zróżnicowane kształty i rozmiary.
- Pierwszą grupę stanowią **obniżenia podłużne**.
 - **Wanny deflacyjne** – gigantyczne makroformy o skali regionalnej, ciągnące się na rozległych przestrzeniach pustynnych, których długość niekiedy przekracza nawet 100 kilometrów.
 - **Rynny deflacyjne** – formy znacznie mniejsze, wypreparowane najczęściej wzdłuż naturalnych stref osłabienia podłoża, osiągające do około 1 km długości i kilkunastu metrów głębokości.
- Druga grupa obejmuje **obniżenia owalne lub koliste**.
 - **Niecki deflacyjne** – rozległe, osiągające do kilkunastu kilometrów średnicy, lecz stosunkowo płytkie obniżenia, w których dnach czasem gromadzą się okresowe rozlewiska.
 - **Misy deflacyjne (wydmuszyska)** – mniejsze, ale znacznie głębsze zagłębienia, które wiatr potrafi sukcesywnie pogłębiać aż do momentu odsłonięcia wilgotnego poziomu wód gruntowych, co naturalnie hamuje proces wywiewania.



Zamknięte systemy: depresje deflacyjne, bolsony, jeziora deflacyjne i solniska

- Intensywne **wywiewanie** na obszarach suchych prowadzi do powstania specyficznych obniżzeń, tworzących czasem wraz z otoczeniem **zamknięte systemy geomorfologiczno-hydrologiczne**.
- **Depresje deflacyjne** – rozległe obniżenia powstałe wskutek wywiewania luźnych osadów, leżące poniżej poziomu morza (np. **Kotlina Kattara w Egipcie**).
- **Bolsony** – rozległe, bezodpływowe kotliny śródgórskie występujące w klimacie suchym, w obrębie których mogą rozwijać się rozległe zagłębienia deflacyjne.
- **Jeziora deflacyjne** – powstają w najniższych częściach zagłębień deflacyjnych, okresowo po opadach lub trwale, gdy ich dno sięga zwierciadła wód gruntowych.
- **Solniska (playas lub szotty)** – płaskie, zasolone dna okresowych jezior, pokryte skorupą soli i innych minerałów, powstające w wyniku intensywnego parowania wody.

Formy bezodpływowych obszarów suchych



Mikroformy deflacyjne – wietrzeniowe i eoliczne przekształcenia skał

- **Mikroformy deflacyjne** – rozwijają się na powierzchniach skalnych w wyniku współdziałania **wietrzenia fizycznego** (osłabia strukturę skał i prowadzi do powstawania zwietrzeliny) i **działalności wiatru** (**deflacja** usuwa luźny materiał, ułatwiając dalszy rozwój zagłębień).
- **Jamy deflacyjne** – pojedyncze, stosunkowo płytkie, owalne lub nieregularne zagłębienia wydrążone w miejscach, gdzie skała wyjściowa była lokalnie słabsza i bardziej podatna na wywiewanie.
- **Kieszenie deflacyjne** – charakteryzują się znacznie głębszym, workowatym profilem, często posiadając stosunkowo wąski otwór wejściowy, z którego wiatr cyklicznie wywiewa gromadzący się materiał skalny.
- **Deflacyjne zagłębienia plastrowe** – tworzą na powierzchni skały gęstą sieć drobnych, sąsiadujących ze sobą podłużnych wgłębień oddzielonych cienkimi ściankami.



Brak deflacyjny – eoliczne formy pokrywowe

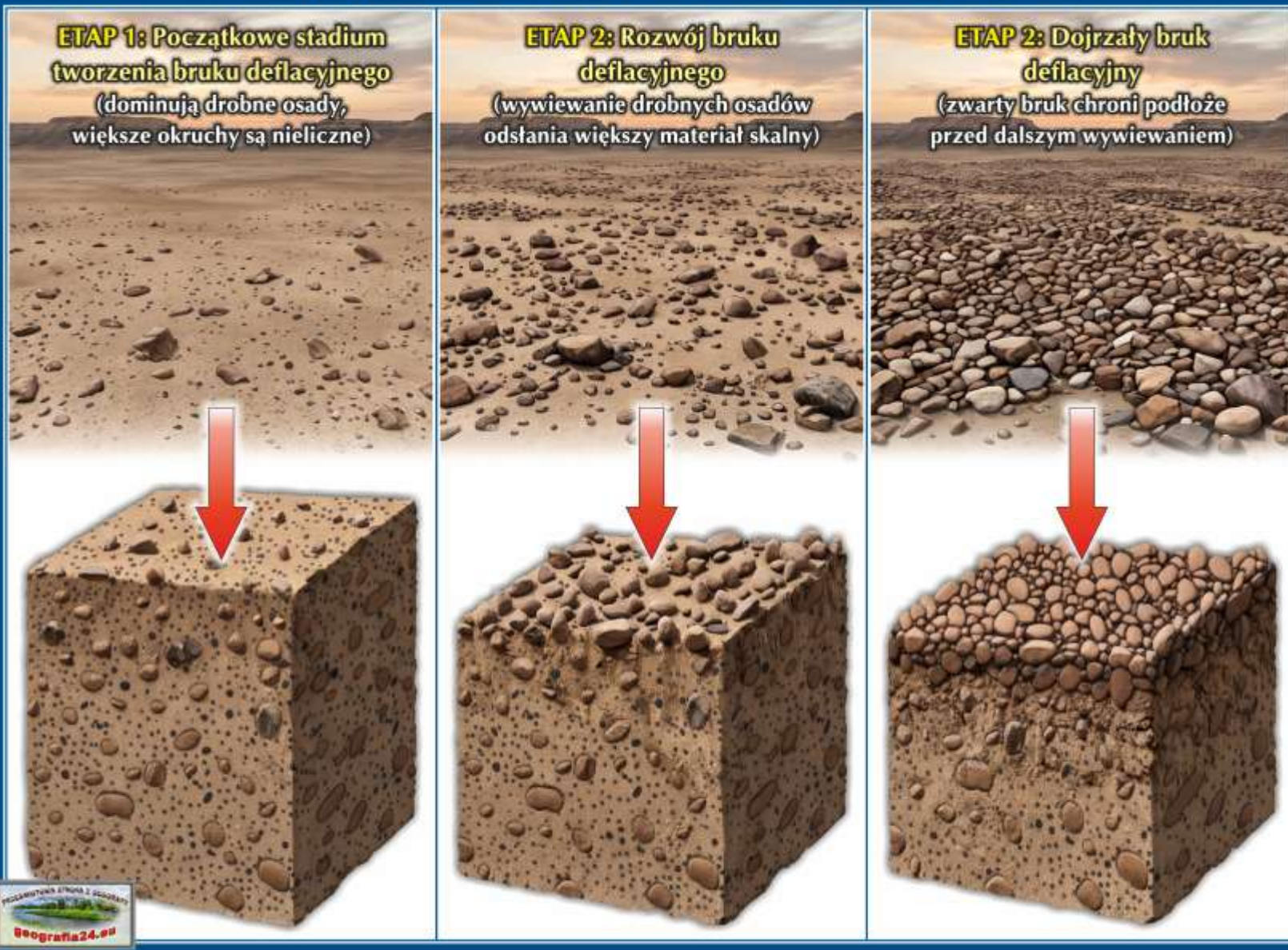
→ **Brak deflacyjny** – zwarta pokrywa zbudowana z większych (grubszych) okruchów skalnych (żwirów, odłamków skalnych i głazów), zalegających na powierzchni terenu i nadających krajobrazowi surowy, gruzowy charakter.

→ Powstaje wskutek stopniowego i selektywnego wywiewania przez wiatr najdrobniejszych frakcji z warstwy powierzchniowej.

→ Lokalnie proces ten może być wspomagany przez splukiwanie drobnych osadów podczas intensywnych, lecz rzadkich opadów atmosferycznych.

→ Brak deflacyjny tworzy naturalną warstwę ochronną, która ogranicza możliwość odrywania i wywiewania drobniejszego materiału przez wiatr, dzięki czemu znacznie osłabia dalszy przebieg deflacji.

Etapy powstawania i rozwoju braku deflacyjnego



Ostańce deflacyjne

- **Ostańce deflacyjne** – izolowane, wyraziste wzniesienia w formie pagórków o dość stromych zboczach, które stanowią pozostałość pierwotnej, wyżej położonej powierzchni terenu opartej procesowi niszczenia.
- Mechanizm ich powstawania wynika z nierównomiernego wywiewania osadów, gdzie kluczową rolę ochronną odgrywa występująca lokalnie szata roślinna (np. kępy krzewów, skupiska drzew, gęste płaty darni).
- Trwałość ostańców uzależniona jest od żywotności głęboko ukorzenionych systemów roślinnych, które na bieżąco wiążą i utrwalają piasek, podczas gdy otaczające je, pozbawione wegetacji obniżenia są stale pogłębiane przez deflację.

Powstawanie ostańców deflacyjnych



ETAP 4: W pełni wykształcony ostaniec deflacyjny



Ostańce deflacyjne – izolowane wyniesienia terenu pozostające po wywianiu otaczających osadów, zachowane dzięki większej odporności podłoża lub ochronnemu wpływowi roślinności



Ostaniec deflacyjny – utrwalony przez roślinność na obszarze wydumowym Słowińskiego Parku Narodowego w Polsce

Deflacja w kształtowaniu krajobrazu – podsumowanie

- **Deflacja** – ważny proces denudacyjny terenów suchych, przekształcający głównie luźne osady i odsłonięte skały lite.
- Ewolucja krajobrazu pod wpływem wiatru prowadzi do powstania zróżnicowanych form rzeźby, m.in. **bruku deflacyjnego chroniącego podłoże**, **ostańców deflacyjnych utrwalonych przez roślinność** oraz **form wklęsłych**, takich jak **owalne lub koliste misy i niecki deflacyjne** oraz **podłużne wanny i rynny deflacyjne**, a także **mikroform deflacyjnych**, obejmujących **jamy deflacyjne**, **kieszenie deflacyjne** i **deflacyjne zagłębienia plastrowe**.

Deflacja w kształtowaniu krajobrazu





Formy korazyjne

Formy korazyjne – efekt ścierającej, polerującej i żłobiącej działalności wiatru

- **Korazja** – odgrywa kluczową rolę w modelowaniu rzeźby obszarów suchych, polegając na mechanicznym żłobieniu, ścieraniu i polerowaniu odsłoniętych powierzchni skalnych przez twarde ziarna mineralne (głównie piasek) niesione przez wiatr.
- Proces ten rzadko tworzy nowe formy, lecz głównie przeobraża i modeluje rzeźbę starszego pochodzenia, nadając jej specyficzne, często aerodynamiczne kształty.
- Wskutek działalności korazyjnej powstaje liczny zespół form rzeźby, do których zalicza się:
 - **wyglądy eoliczne**,
 - **żłobki i jamy korazyjne**,
 - **jardangi i bruzdy korazyjne**,
 - **graniaki wiatrowe (wielograńce)**,
 - **gzymсы skalne**,
 - **grzyby, półki i okapy skalne**.



Wyglądy eoliczne – oszlifowane powierzchnie skalne

- **Wyglądy eoliczne** – gładkie, często lśniące i pozbawione ostrych krawędzi powierzchnie skalne, ukształtowane wskutek intensywnego ścierania i polerowania przez twarde ziarna piasku niesione przez wiatr.
- Powstają w wyniku długotrwałego uderzania i ocierania się transportowanego materiału mineralnego o wystające fragmenty skał, co prowadzi do stopniowego zatarcia ich pierwotnej szorstkości i nadania im gładkich, opływowych kształtów.
- Na wielu wyglądach eolicznych z czasem rozwija się **lakier pustynny** – cienka, ciemna powłoka złożona głównie z tlenków manganu i żelaza oraz minerałów ilastych, powstająca w wyniku długotrwałych procesów zachodzących na powierzchni skał.



Rozwój wyglądków eolicznych



Mikroformy korazyjne: jamy i żłobki w skałach litych

- **Zróznicowana odporność litologiczna skał litych** sprawia, że ziarna piasku niesione przez wiatr wybiórczo ścierają ich mniej odporne partie, prowadząc do powstawania charakterystycznych **mikroform korazyjnych**.
- **Jamy korazyjne** – punktowe, koliste zagłębienia rozwijające się w miejscach o mniejszej odporności skały, które ulegają dalszemu pogłębianiu wskutek intensywnego uderzania i lokalnego wirowania ziaren piasku niesionych przez wiatr.
- **Żłobki korazyjne** – długie, wąskie i płytkie nacięcia na powierzchni skały, zwykle ułożone równoległe do dominującego kierunku wiatru, powstające wskutek długotrwałego ścierania przez ziarna transportowane przez wiatr nad podłożem.

Żłobki korazyjne

Jamy korazyjne



Ayers Rock (Uluru) w Australii – **wygląd eoliczny** z licznymi **jamami** i **żłobkami korazyjnymi**, powstałymi w wyniku długotrwałej korazji eolicznej

Jardangi – grzbiety skalne

- **Jardangi** – wydłużone, strome grzbiety skalne o wygładzonych, aerodynamicznych kształtach, osiągające od kilku do kilkudziesięciu metrów wysokości i od kilkudziesięciu metrów do nawet kilku kilometrów długości.
- Powstają na obszarach o zróżnicowanej odporności podłoża skalnego, gdzie długotrwałe współdziałanie **deflacji** i **korazji** prowadzi do usuwania mniej odpornych skał i pozostawienia równoległych grzbietów skalnych zgodnych z dominującym kierunkiem wiatru.
- Jardangi podlegają ciągłej przebudowie – ich spłaszczone wierzchołki i strome zbocza są stopniowo modelowane przez dalszą działalność wiatru, co z czasem może prowadzić do ich zaniku.



Jardangi – grzbiety skalne kształtowane przez wiatr

Jardangi – wydłużone, aerodynamiczne grzbiety skalne uformowane przez deflację i korazję, równoległe do dominującego kierunku wiatru.



Graniaki wiatrowe (wielograńce) – szlify eoliczne na skałach

- **Graniaki wiatrowe (wielograńce)** – luźne okruchy skalne, otoczaki lub większe głazy, które wskutek korazji uzyskały co najmniej dwie wyraźnie oszlifowane powierzchnie oddzielone ostrymi krawędziami (graniami).
- Powstają w wyniku długotrwałego ścierania przez ziarna piasku niesione przez wiatr.
- Każdy dominujący kierunek wiatru może tworzyć nową oszlifowaną powierzchnię, zwłaszcza gdy zmienia się kierunek przepływu powietrza lub dochodzi do obrócenia okruchu.
- Układ oszlifowanych powierzchni ma duże znaczenie paleogeograficzne, ponieważ umożliwia rekonstrukcję dominujących kierunków wiatrów występujących w przeszłości.



Grzyby skalne – sztandarowe formy korazyjne

- **Grzyby skalne** (odmiana **gzymsów skalnych**) – malownicze, odizolowane ostańce skalne, których rozwój jest związany przede wszystkim z korazją i zróżnicowaną odpornością skał na niszczenie.
- Ich charakterystyczny kształt, z wyraźnie węższą podstawą (choć nie zawsze w najniższej jej części) niż częścią górną, wynika z tego, że największa intensywność korazji występuje w strefie przyziemnej (najczęściej do wysokości około 1–2 m), gdzie ziarna piasku transportowane saltacyjnie nieustannie ścierają i podcinają tę część skały.
- Górna część (kapelusz) pozostaje szersza, ponieważ dociera do niej znacznie mniej ziaren piasku, zaś sama podstawa może być częściowo osłaniana przez nagromadzony wokół niej grubszy materiał skalny.



Grzyb skalny

Grzyby skalne - najważniejsze cechy



Powstawanie i rozwój aż do zniszczenia formy

- **Grzyby skalne** – powstają wskutek długotrwałej korazji, podczas której ziarna piasku niesione przez wiatr najsilniej ścierają dolną część skały.
- W kolejnych etapach skała stopniowo zmniejsza swoje rozmiary, a jej podstawa staje się coraz cieńsza, nadając formie charakterystyczny kształt grzyba.
- Proces ten zachodzi najintensywniej w dolnej części, gdzie ziarna piasku niesione przez wiatr osiągają największą koncentrację.
- Dalsze zwężanie podstawy prowadzi do utraty stabilności i przewalenia grzyba skalnego, co stanowi końcowy etap jego rozwoju.



Kolejne etapy powstawania, rozwoju i zniszczenia grzybów skalnych





Działalność budująca wiatru

Akumulacja eoliczna – formy budującej działalności wiatru

- **Akumulacja eoliczna** – zachodzi wtedy, gdy maleje zdolność transportowa wiatru wskutek zmniejszenia jego prędkości lub napotkania przeszkody terenowej, co prowadzi do osadzania transportowanego materiału, przede wszystkim piasku i pyłu.
- W zależności od skali form wyróżnia się trzy ich grupy.
 - **Mikroformy** – bardzo dynamiczne, drobne struktury osadowe reagujące na niewielkie zmiany kierunku i prędkości wiatru, do których zalicza się: **zmarszczki eoliczne (ripplemarki)**, **języki piaszczyste (cienie piaszczyste)**, **kopce i pagórki piaszczyste**.
 - **Mezoformy** – najbardziej charakterystyczne elementy krajobrazu obszarów piaszczystych, reprezentowane przez **swobodne i wymuszone wydmy** o zróżnicowanych kształtach.
 - **Makroformy** – rozległe systemy piaszczyste o skali regionalnej, obejmujące m.in. wielkie garby piaszczyste określane mianem **wydm draa (draasów, megawydm)**.



Działalność budująca wiatru – akumulacja eoliczna



Mikroformy akumulacji eolicznej – dynamika w strefie przyziemnej

- **Mikroformy akumulacji eolicznej** – najmniejsze wypukłe formy rzeźby akumulacyjnej, zbudowane z piasku i pyłu, powstające na powierzchni podłoża w wyniku lokalnego osłabienia siły transportowej wiatru i osadzania niesionego materiału.
- Są to formy bardzo nietrwałe, które szybko zmieniają swój kształt i położenie pod wpływem zmian kierunku i prędkości wiatru.
- Do tej grupy zaliczamy:
 - **zmarszczki eoliczne (ripplemarki),**
 - **języki piaszczyste (cienie piaszczyste),**
 - **kopce i pagórki piaszczyste.**

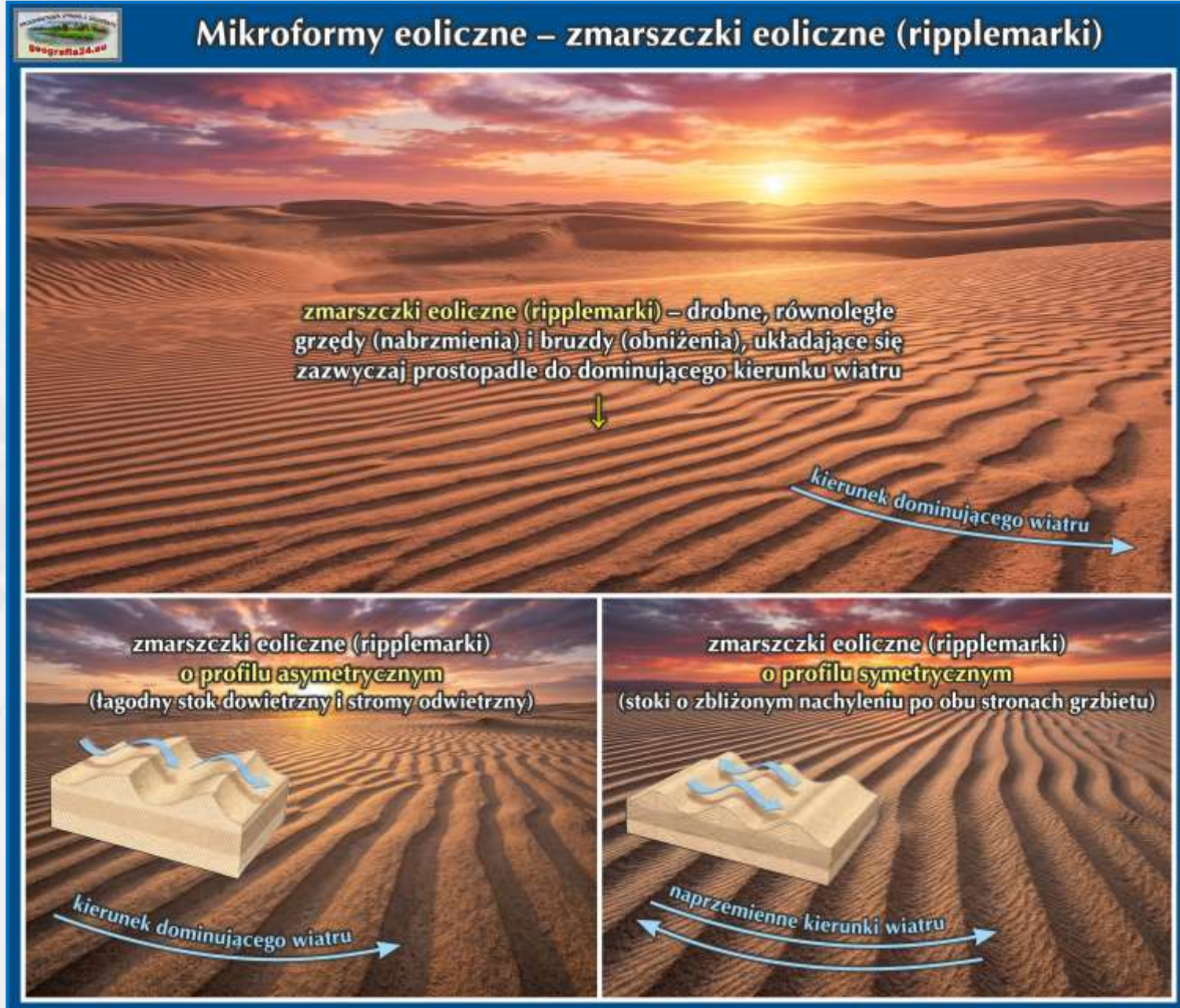


Działalność budująca wiatru – mikroformy eoliczne



Zmarszczki eoliczne (ripplemarki) – dynamika mikroform piaszczystych

- **Zmarszczki eoliczne (ripplemarki)** – drobne, równoległe grzędy (nabrzmienia) i bruzdy (obniżenia), układające się zazwyczaj prostopadle do dominującego kierunku wiatru.
- Są to formy bardzo dynamiczne, które szybko ulegają przebudowie pod wpływem zmian prędkości lub kierunku wiatru.
- **Profil asymetryczny** – najbardziej typowy dla aktywnie przemieszczających się zmarszczek; charakteryzuje się łagodnym stokiem dowietrznym (około 10°) i bardziej stromym stokiem odwietrznym (około 25°).
- **Profil symetryczny** – rozwija się głównie przy częstych zmianach kierunku wiatru i cechuje się stokami o zbliżonym nachyleniu (około $15-25^\circ$).
- Wysokość grzęd wynosi od kilku milimetrów do kilku centymetrów ponad poziom sąsiadujących bruzd i zależy m.in. od wielkości ziaren, prędkości wiatru oraz ilości dostępnego materiału.



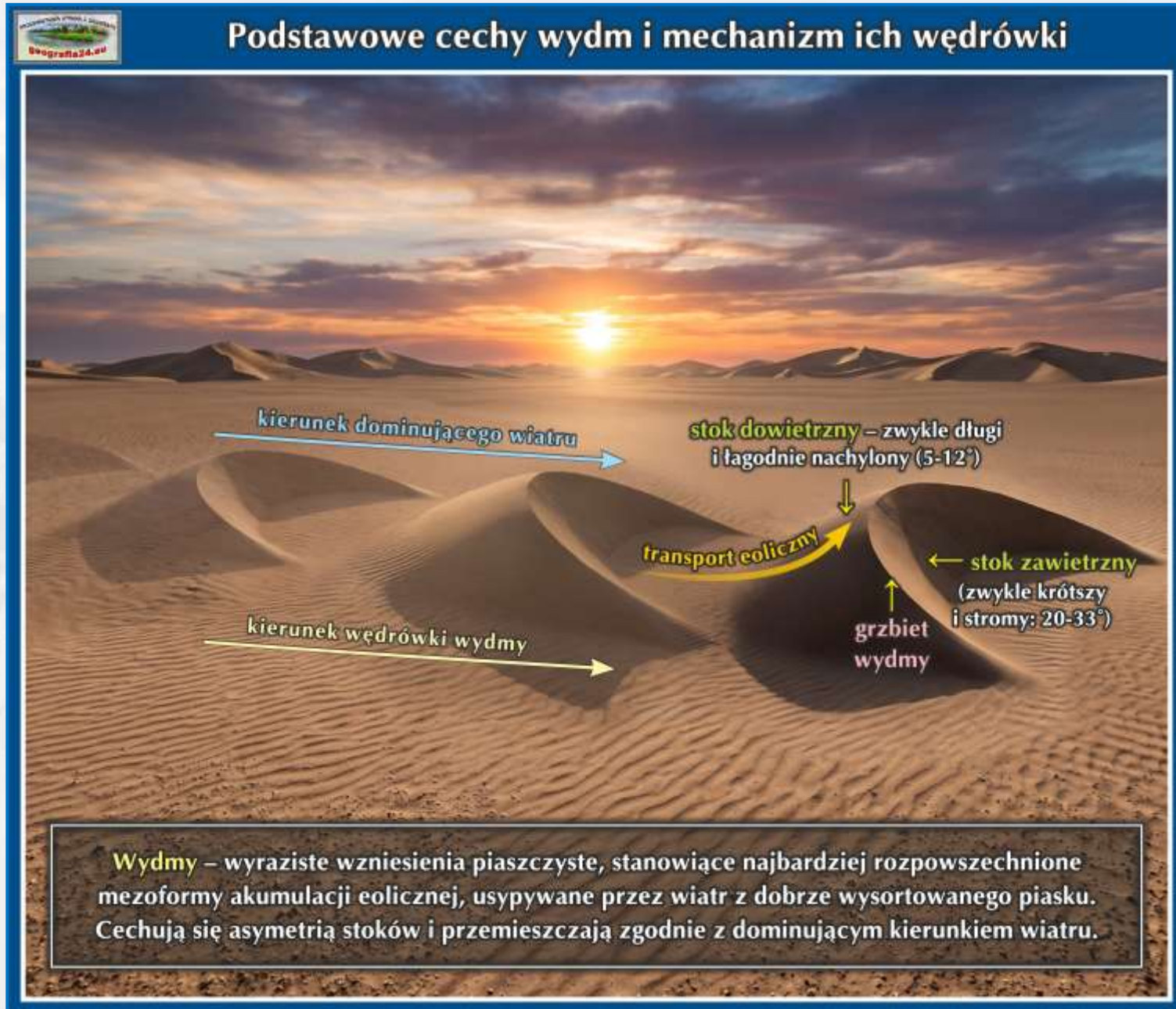
Wydmy – mezoformy akumulacji eolicznej

- **Wydmy** – wyraziste wzniesienia piaszczyste usypane przez wiatr, stanowiące najbardziej rozpowszechnione **mezoformy akumulacji eolicznej**.
- Ich kształt i rozmiary zależą od lokalnych warunków środowiskowych, zwłaszcza kierunku i siły wiatru, ilości dostępnego piasku oraz pokrycia roślinnością.
- Warunkiem powstawania i rozwoju wydym jest długotrwała działalność wiatru oraz obecność dużych ilości luźnego piasku podatnego na transport eoliczny.
- Wydmy są zbudowane głównie z dobrze wysortowanych piasków drobno- i średnioziarnistych, w których dominującym minerałem jest odporny na ścieranie **kwarc**, stanowiący w większości wydym 90-99% składu mineralnego.



Morfologia i mechanizm wędrówki wydmy

- **Asymetria stoków** – podstawowa cecha morfologiczna większości wydym, wynikająca z dominującego kierunku wiatru modelującego te formy.
- **Stok dowietrzny** – zwykle długi i łagodnie nachylony ($5-12^\circ$), którego profil zależy od siły wiatru, wilgotności podłoża, uziarnienia piasku oraz obecności roślinności.
- **Stok odwietrzny (zawietrzny)** – krótszy i znacznie bardziej stromy ($20-33^\circ$), o nachyleniu zbliżonym do kąta naturalnego zsypania suchego piasku.
- Obydwa stoki oddziela **grzbiet wydmy**, czyli jej najwyższa część.
- **Wędrówka wydmy** – proces stopniowego przemieszczania się wydmy zgodnie z dominującym kierunkiem wiatru, zachodzący wskutek transportu ziaren po stoku dowietrznym oraz ich grawitacyjnego osypywania się po stoku zawietrznym.



Dynamika wydm – klasyfikacja ze względu na ruch

- **Prędkość wędrówki wydm** jest silnie zróżnicowana i wynosi zazwyczaj od kilku do kilkudziesięciu metrów rocznie, a w wyjątkowo sprzyjających warunkach może osiągać nawet kilka kilometrów rocznie.
 - Znacznie maleje, gdy kierunki dominujących wiatrów często się zmieniają lub wieją naprzemiennie z przeciwnych stron.
- Ze względu na **dynamikę przemieszczania się** wyróżnia się dwa główne **typy wydm**.
 - **Wydmy wędrujące (ruchome)** – aktywne formy pozbawione roślinności, podlegające ciągłemu przekształcaniu i przemieszczaniu przez wiatr.
 - **Wydmy ustalone (nieruchome)** – formy, których wędrówka została trwale lub okresowo zahamowana wskutek rozwoju roślinności, powstania pokrywy glebowej lub utworzenia się stwardniałej skorupy na ich powierzchni.



Wydmy wędrujące (ruchome)



Wydmy ustalone (nieruchome)

Klasyfikacja wydm według środowiska powstawania

- Biorąc pod uwagę **obszar formowania się i uwarunkowania środowiskowe**, wyróżnia się trzy główne typy wydm.
- **Wydmy pustynne** – najbardziej charakterystyczne formy eoliczne, obejmujące również największe wydmy świata.
 - Rozwijają się na rozległych obszarach **pustyń piaszczystych (ergów)**, gdzie występuje obfitość luźnego materiału mineralnego.
- **Wydmy nadmorskie** – powstają w strefie brzegowej mórz i oceanów.
 - Są stale zasilane piaskiem dostarczonym na plażę przez fale, a następnie transportowanym w głąb lądu przez wiatry nadmorskie, w tym bryzy.
- **Wydmy śródlądowe** – ukształtowały się głównie u schyłku plejstocenu i we wczesnym holocenie na rozległych sandrach oraz w pradolinach.
 - Współcześnie większość z nich jest ustalona przez roślinność, zwłaszcza lasy, co jest typowe m.in. dla Polski.



Wydma pustynna



Wydma nadmorska



Wydma śródlądowa

Klasyfikacja wydm ze względu na warunki rozwoju (rolę przeszkód i ich cechy wyglądu)

- Ze względu na rolę przeszkód topograficznych, kształt i stosunek do kierunku wiatrów wydmotwórczych, wydmy dzielimy na dwie grupy.
- **Wydmy swobodne** – ich rozwój i kształt zależą przede wszystkim od kierunku i siły wiatru oraz ilości dostępnego piasku.
 - Należą do nich: **barchany** (wydmy sierpowe), wydmy poprzeczne, wydmy podłużne (sejfy), wydmy kopulaste, wydmy odwracalne, wydmy gwiaździste.
- **Wydmy wymuszone** – ich rozwój, tempo wędrówki i ostateczny kształt są w znacznym stopniu uzależnione od obecności przeszkód terenowych, takich jak roślinność lub wilgotne podłoże.
 - Przykładem są **wydmy paraboliczne** (łukowe), często występujące na wybrzeżach morskich (**wydmy nadmorskie**) i lokalnie na obszarach śródlądowych (**wydmy śródlądowe**).



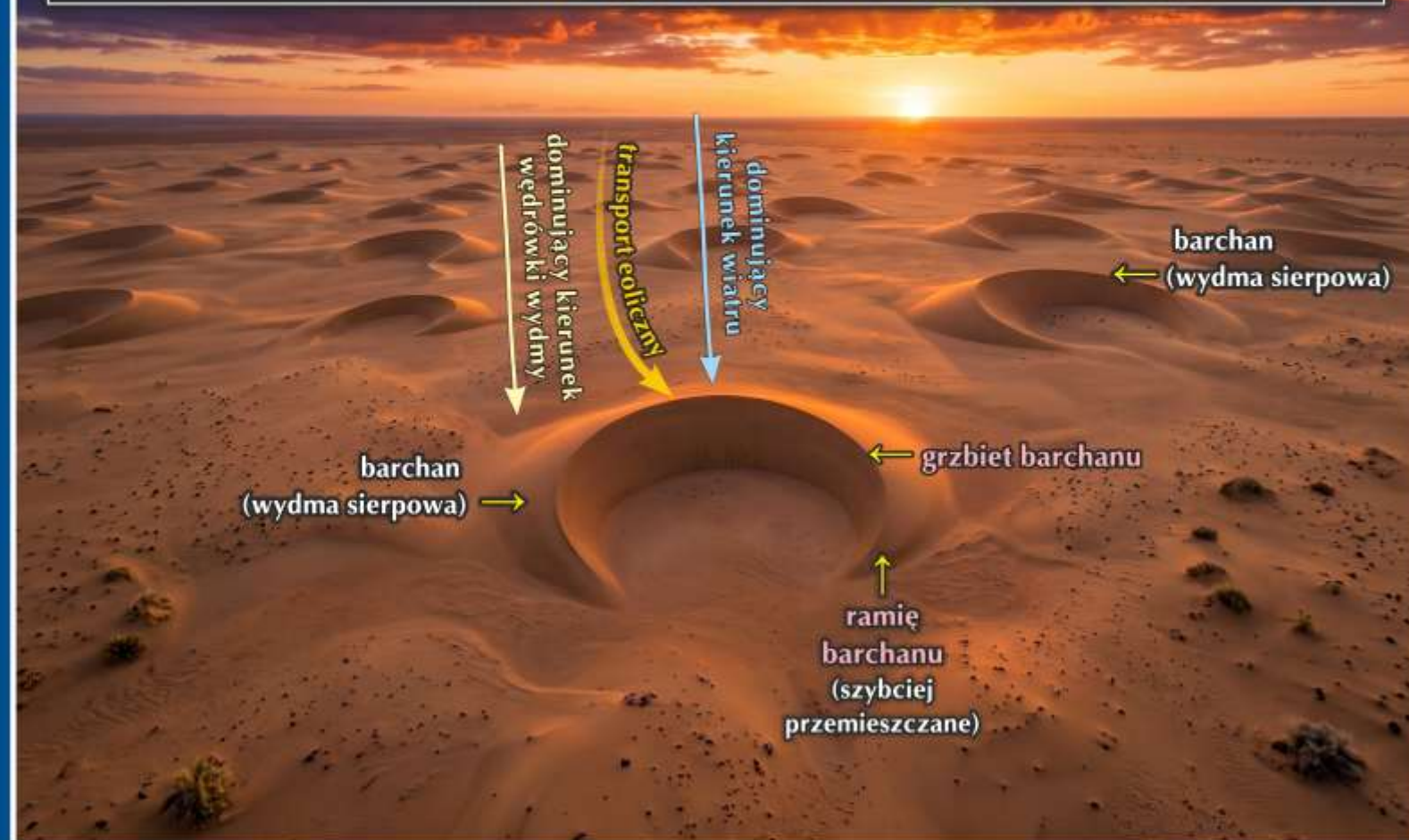
Wydmy swobodne: **barchany** (wydmy sierpowe)

- **Barchany** (wydmy sierpowe) – najbardziej typowe wydmy swobodne, powstające na stosunkowo płaskim, zwięzłym podłożu (na równinach) przy ograniczonej ilości piasku i dominacji stałych wiatrów wiejących z jednego kierunku (mogą to być nawet lekkie lub umiarkowane wiatry).
- Przyjmują charakterystyczny kształt sierpa, którego ramiona są skierowane zgodnie z kierunkiem wiatru.
- Ramiona wydmy przemieszczają się szybciej niż jej część środkowa, ponieważ zawierają mniej piasku, który musi zostać przetransportowany przez wiatr.
- Łagodny stok dowietrzny znajduje się po stronie napływu wiatru, natomiast stromy stok zawietrzny wraz z powierzchnią zsypu rozwija się wewnątrz sierpowatego zarysu wydmy.



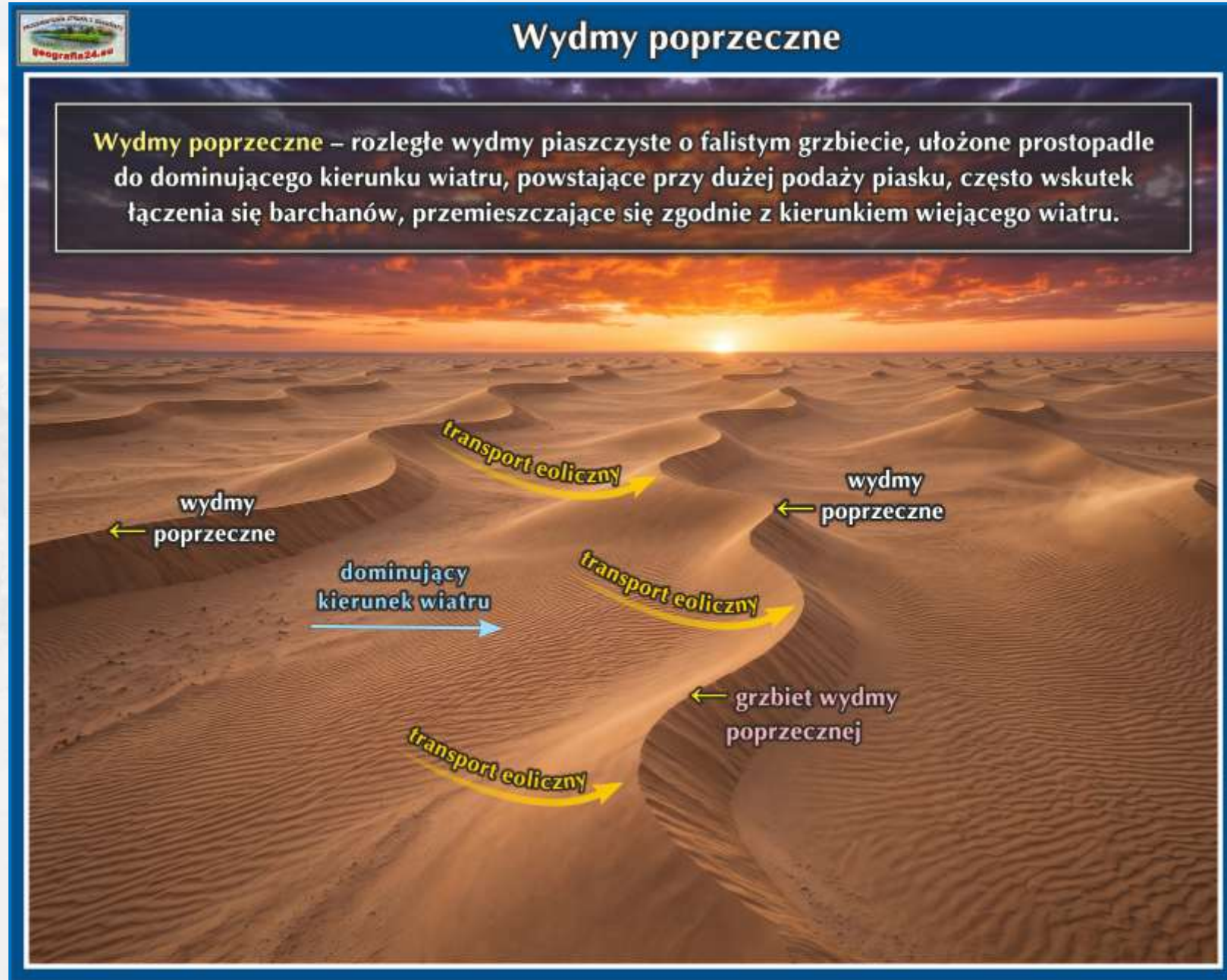
Wydmy swobodne – barchany (wydmy sierpowe)

Barchan (wydma sierpowa) – wydma swobodna o sierpowatym kształcie, przemieszczająca się zgodnie z kierunkiem wiatru wskutek transportu piasku. Jej ramiona wędrują szybciej niż część środkowa, ponieważ zawierają mniej materiału.



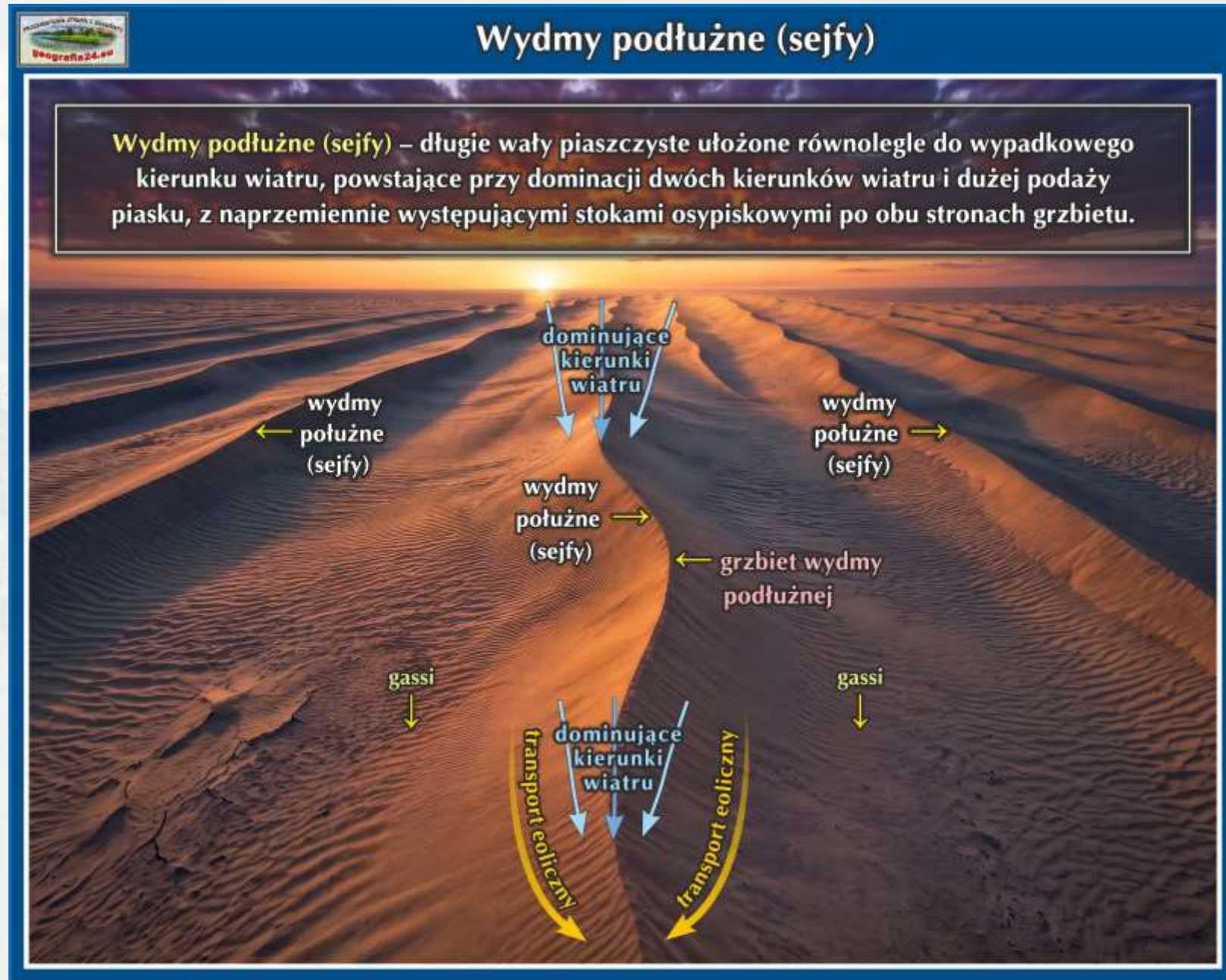
Wydmy swobodne: wydmy poprzeczne

- **Wydmy poprzeczne** – rozwijają się na obszarach o bardzo dużej ilości piasku przy dominacji stałych wiatrów wiejących z jednego kierunku.
- Tworzą długie, faliste wały piaszczyste ułożone prostopadle do dominującego kierunku wiatru, osiągające długość wielu kilometrów i wysokość do około 100 m.
- Posiadają łagodny stok dowietrzny i stromy stok zawietrzny z powierzchnią zsypu.
- Cały wał wydmy przemieszcza się zgodnie z kierunkiem dominującego wiatru.
- Często powstają w wyniku bocznego łączenia się sąsiadujących barchanów, tworzących wspólny, ciągły grzbiet z naprzemiennie występującymi wysunięciami i przewężeniami.



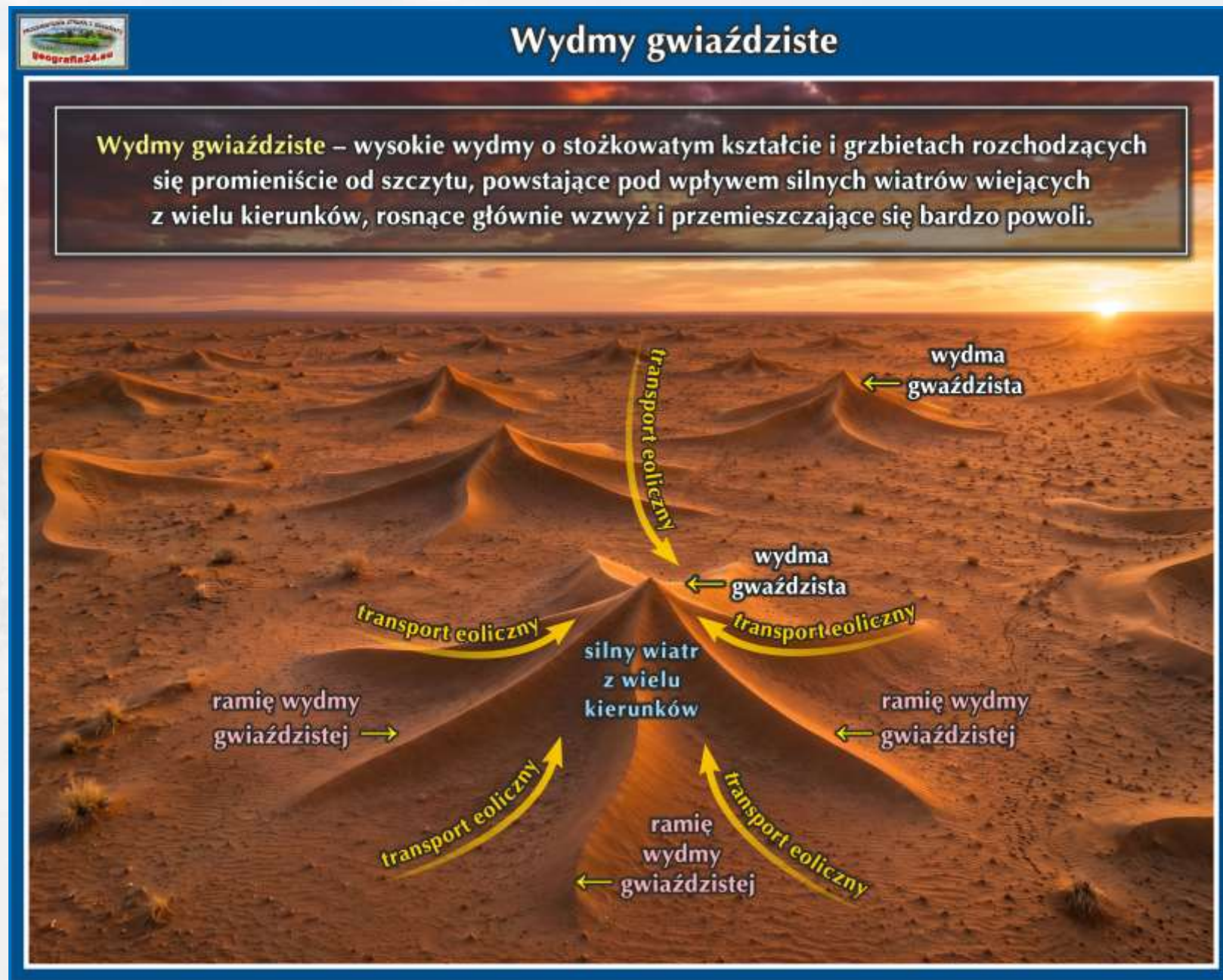
Wydmy swobodne: wydmy podłużne (sejfy)

- **Wydmy podłużne (sejfy)** – potężne wydmy powstające na obszarach bogatych w piasek, przy dominacji dwóch kierunków wiatru przecinających się pod kątem ostrym.
- Mają postać długich, falistych wałów piaszczystych, osiągających długość nawet ponad 100 km, ułożonych równoległe do wypadkowego kierunku wiatru.
- Należą do najdłuższych wydm na Ziemi.
- Stok osypiskowy występuje w nich naprzemiennie po obu stronach grzbietu.
- **Gassi** – piaszczyste obniżenia (korytarze deflacyjne) rozdzielające wały wydmowe, którymi transportowany jest piasek zasilający dalszy rozwój wydm.



Wydmy swobodne: **wydmy gwiaździste**

- **Wydmy gwiaździste** – posiadają charakterystyczny kształt stromego stożka lub kopy z gwiazdziście rozchodzącymi się od szczytu grzbietami (ramionami).
- Rozwijają się na obszarach pustynnych, gdzie reżim wiatrowy jest bardzo złożony, a piasek transportowany jest przez silne wiatry wiejące z wielu różnych kierunków.
- Nawiewanie materiału ze wszystkich stron sprawia, że wydmy te rosną przede wszystkim wzwyż, osiągając niekiedy ponad 300 m wysokości i należąc do najwyższych wydym na Ziemi.
- Przemieszczają się przy tym bardzo powoli.



Wydmy wymuszone: wydmy paraboliczne (wydmy łukowe)

→ **Wydmy paraboliczne (wydmy łukowe)** – mają charakterystyczny zarys łuku, którego ramiona są skierowane pod prąd dominującego wiatru, odwrotnie niż w barchanach.

→ Pomiedzy ramionami znajduje się **misa deflacyjna (niecka deflacyjna)**.

→ Rozwijają się, gdy ramiona przemieszczającej się wydmy zostają unieruchomione przez roślinność lub wilgotne podłoże, podczas gdy mniej ustabilizowana część środkowa nadal czasem przemieszcza się z wiatrem.

→ Są najpowszechniejszym typem wydmy w Polsce, występującym zarówno na wybrzeżu Bałtyku (**wydmy nadmorskie** – zwykle powoli wędrujące), jak i na obszarach śródlądowych (**wydmy śródlądowe** – zwykle unieruchomione).

→ Szybki ruch części środkowej może z czasem doprowadzić do rozerwania łuku i powstania **wydmy podłużnych**.

Wydmy paraboliczne (wydmy łukowe)

Wydmy paraboliczne (wydmy łukowe) – wydmy o łukowatym zarysie z ramionami skierowanymi pod prąd dominującego wiatru, powstające wskutek unieruchomienia ramion przez roślinność lub wilgotne podłoże, podczas gdy część środkowa nadal czasem przemieszcza się z wiatrem.



Wydmyny nadmorskie – dynamika strefy brzegowej

- **Wydmyny nadmorskie** – rozwijają się na płaskich, piaszczystych wybrzeżach i są nieustannie zasilane materiałem morskim, który po wyrzuceniu na plażę i wyschnięciu jest porywany przez wiatr oraz transportowany w głąb lądu.
- Ich rozwój rozpoczyna się od wałów piasku formujących się powyżej zasięgu najwyższych fal sztormowych.
 - Tworzą zróżnicowane systemy – od **wydm białych**, zbudowanych z luźnego, aktywnie przemieszczającego się piasku, po starsze i ustabilizowane **wydmy szare**, porośnięte znacznie bujniejszą roślinnością.
- W Polsce dominują **wydmyny paraboliczne**, których rozwój sprzyja obecność roślinności i lokalnych barier terenowych.
 - Najbardziej aktywne wydmy mogą przemieszczać się z prędkością od około 1 do nawet 20 m rocznie, zasypując lasy i infrastrukturę (np. w Słowińskim Parku Narodowym).
 - Z tego względu część z nich jest sztucznie utrwalana przez nasadzenia roślin.



Makroformy akumulacji eolicznej: wydmy draa (draasy; megawydmy)

- **Wydmy draa (draasy, megawydmy)** – największe formy akumulacji eolicznej, tworzące rozległe, równoległe wały piaszczyste stanowiące szkielet największych **ergów (pustyn piaszczystych)**.
- Formy te osiągają imponujące rozmiary – do 800 km długości, 1-3 km szerokości u podstawy oraz od 50 do nawet 450 m wysokości.
- Tworzą się w wyniku długotrwałej akumulacji piasku podczas transportu eolicznego.
 - Na ich powierzchni często rozwijają się **mnijšie systemy wydmowe** (np. **barchany, wydmy poprzeczne** czy **gwiaździste**), a poszczególne draasy rozdzielają szerokie **rynny deflacyjne**.
- Wiele megawydmy ma charakter reliktowy i uformowało się lub osiągnęło największy rozwój w późnym plejstocenie, gdy warunki klimatyczne sprzyjały intensywnemu transportowi piasku.



Wydmy draa (draasy, megawydmy)

Wydmy draa (draasy, megawydmy) – największe formy akumulacji eolicznej, tworzące rozległe wały piaszczyste stanowiące szkielet największych ergów, powstające podczas długotrwałej akumulacji piasku, na których powierzchni często rozwijają się mniejsze systemy wydmowe.





Pustynie

Definicja pustyni

- **Pustynie** – strefy krajobrazowe charakteryzujące się skrajną suchością klimatu.
- W wyniku drastycznego deficytu wody są to krainy niemal całkowicie pozbawione stałej, zwartej pokrywy roślinnej (lub posiadające bardzo rzadką roślinność kserofityczną).
- Występują tu nieliczne gatunki zwierząt przystosowane do życia w warunkach skrajnego niedoboru wody, z których większość ukrywa się w norach lub szczelinach skalnych i jest aktywna głównie nocą.



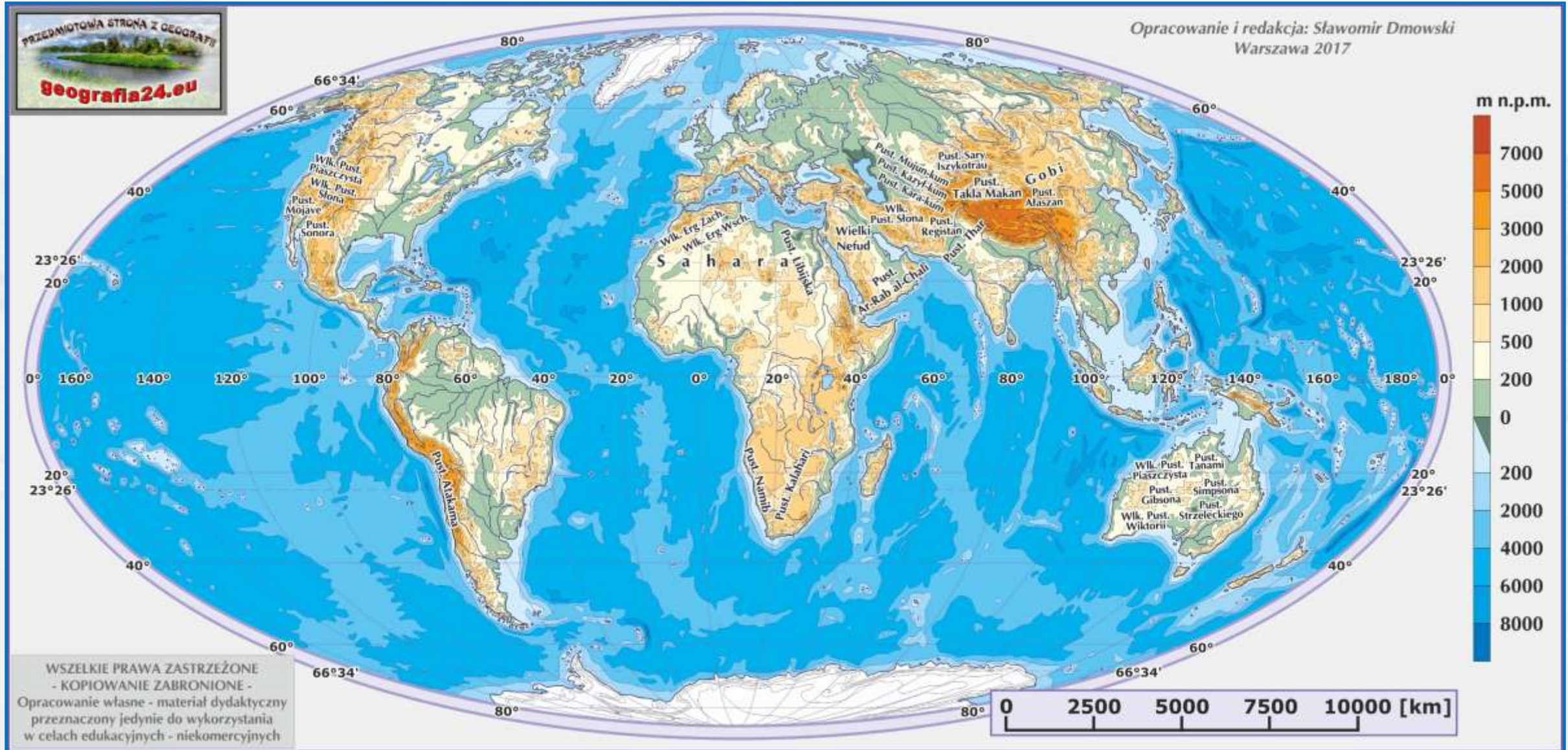
Główne cechy środowiska pustynnego

- Do najważniejszych **cech pustyń** należą:
 - **skrajny deficyt wody** – parowanie potencjalne znacznie przewyższa sumę opadów atmosferycznych, powodując trwały niedobór wody w powierzchniowych warstwach gruntu;
 - **niskie i nieregularne opady** – średnio poniżej 250 mm rocznie (często zaledwie kilka milimetrów, a niekiedy przez kilka lat nie występują żadne opady, po których pojawiają się gwałtowne, krótkotrwałe ulewy);
 - **duże dobowe amplitudy temperatury powietrza** – szczególnie na obszarach pozbawionych chmur i zwartej pokrywy roślinnej;
 - **wysokie nasłonecznienie** – duża liczba dni bezchmurnych oraz silna insolacja;
 - **gleby inicjalne i słabo wykształcone** – bardzo cienka pokrywa glebowa lub jej całkowity brak (dominacja nagich skał, żwirów i piasków).
- Pustynie powstają głównie w **strefach klimatu zwrotnikowego, podzwrotnikowego i umiarkowanego kontynentalnego**.



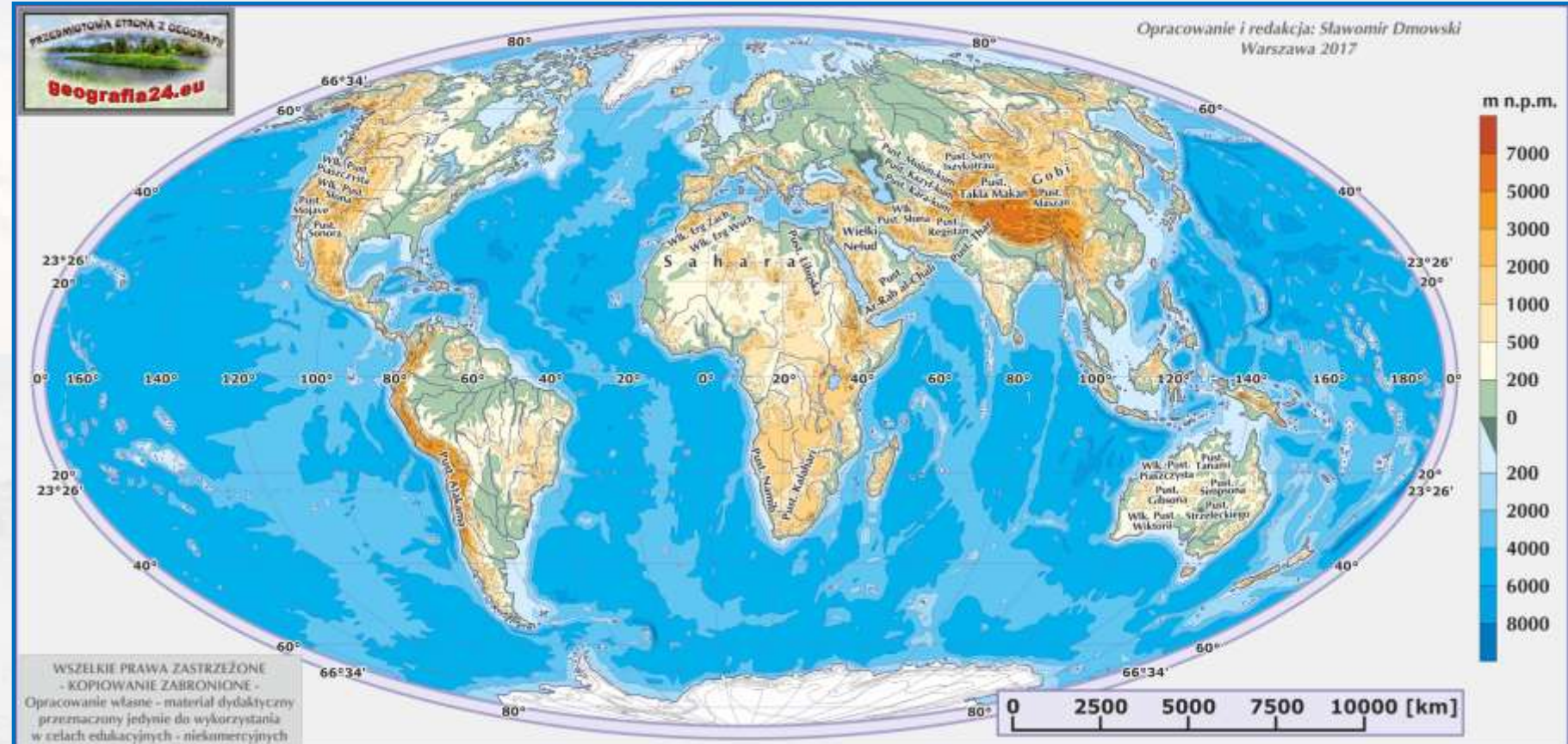
Zasięg pustyń na świecie

- **Tereny pustynne** zajmują około **12% powierzchni Ziemi**, co przekłada się na obszar rzędu około **20 milionów km²**.
- Największe tereny zajmuje afrykańska Sahara, której powierzchnia przekracza 9 mln km².



Pustynie na poszczególnych kontynentach

- **Odsetek powierzchni zajmowanej przez pustynie** jest silnie zróżnicowany, co wynika przede wszystkim z cyrkulacji atmosferycznej, oddziaływania prądów morskich, kontynentalizmu i obecności barier górskich.
- **Udział pustyni w powierzchni kontynentów/regionów:**
 - Australia – 45%,
 - Afryka – 30%,
 - Azja – 26% (w tym Półwysep Arabski – 95%),
 - Ameryka Północna – 10%,
 - Ameryka Południowa – 8%,
 - Europa – mniej niż 1%.

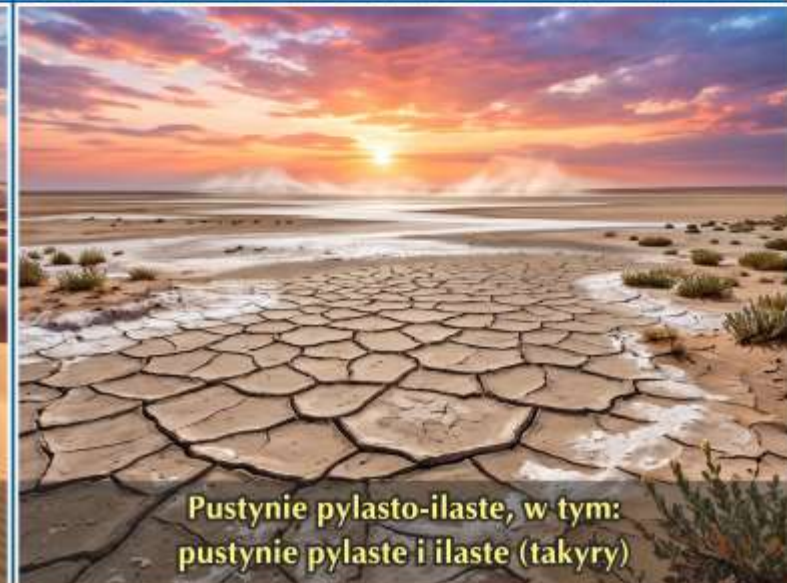
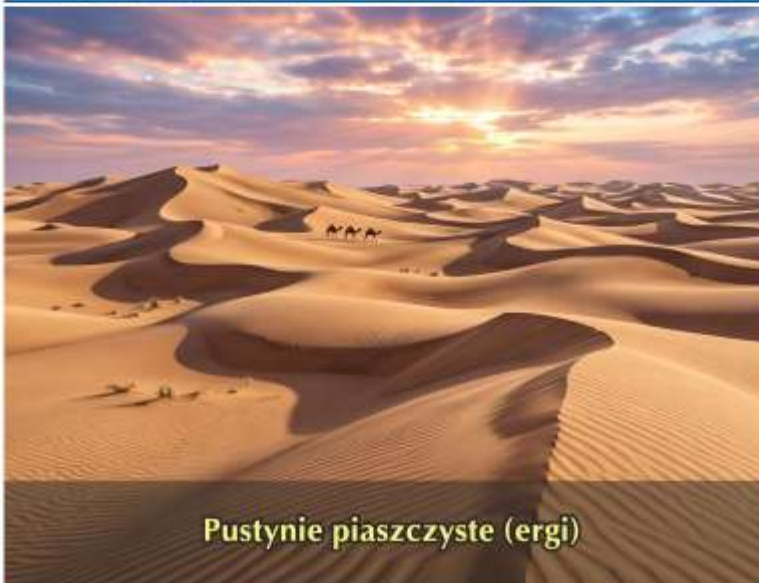
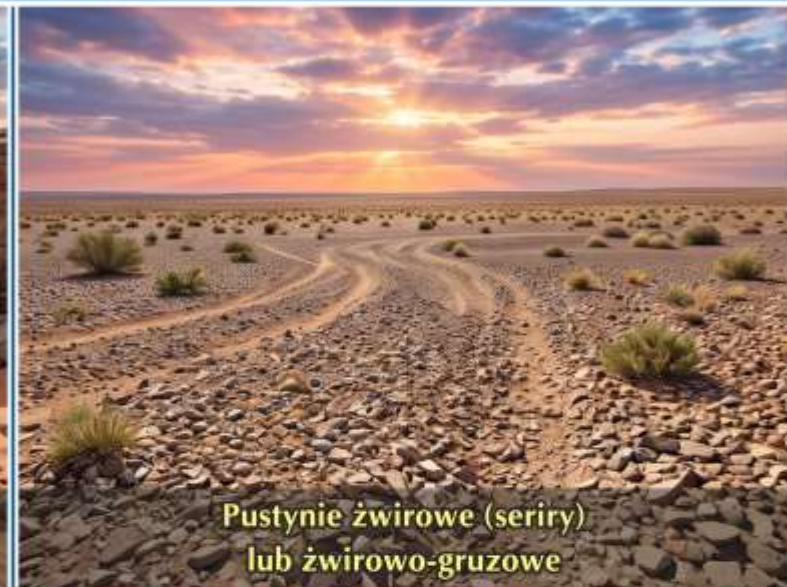


Typy pustyni ze względu na rodzaj podłoża

- Ze względu na **dominujący rodzaj materiału budującego powierzchnię** wyróżnia się cztery główne **typy pustyni**.
- **Pustynie skalisto-kamieniste**, w tym: **pustynie skaliste i kamieniste (hamady)** – powierzchnie pokryte nagą, zwięzłą skałą lub kanciastym rumoszem skalnym,
- **Pustynie żwirowe (seriry)** lub **żwirowo-gruzowe** – rozległe równiny pokryte warstwą żwirów, otoczków i drobnych odłamków skalnych,
- **Pustynie piaszczyste (ergi)** – krajobrazy zdominowane przez lotne piaski modelowane przez wiatr w rozległe systemy wydmy,
- **Pustynie pylasto-ilaste**, w tym: **pustynie pylaste i ilaste (takry)** – płaskie powierzchnie zbudowane z drobnoziarnistych osadów, wykazujące po wyschnięciu charakterystyczną sieć spękań i często silne zasolenie.



Typy pustyni ze względu na rodzaj podłoża

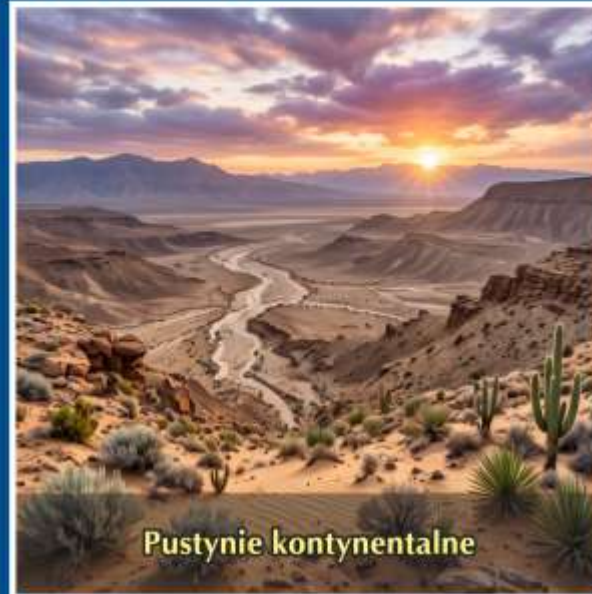


Typy pustyń według warunków klimatycznych i genezy

→ Ze względu na warunki klimatyczne i genezę wyróżniamy:

- **pustynie kontynentalne** – występujące głównie we wnętrzach kontynentów, często otoczonych wysokimi pasmami górskimi Azji Środkowej (np. Gobi, Karakum, Kyzyłkum, Takla Makan) i zachodniej części Ameryki Północnej (np. Wielka Pustynia Słona i Wielka Pustynia Piaszczysta w USA);
- **pustynie strefy zwrotnikowej** – rozwijające się pod wpływem dominacji wyżów zwrotnikowych, powodujących bardzo małe sumy opadów (np. Sahara, Kalahari, Wielka Pustynia Wiktorii);
- **pustynie uwarunkowane obecnością zimnych prądów morskich** – powstające pod wpływem zimnych prądów morskich, które ochładzają dolne warstwy powietrza, ograniczają parowanie i hamują rozwój chmur opadowych (np. Atakama – Prąd Peruwiański, Namib – Prąd Benguelski);
- **pustynie lodowe** – obejmujące Antarktydę, Grenlandię i wyspy Arktyki, wyróżniające się skrajnie niskimi opadami oraz występowaniem wody niemal wyłącznie w postaci lodu i śniegu, co znacznie ogranicza rozwój organizmów żywych.

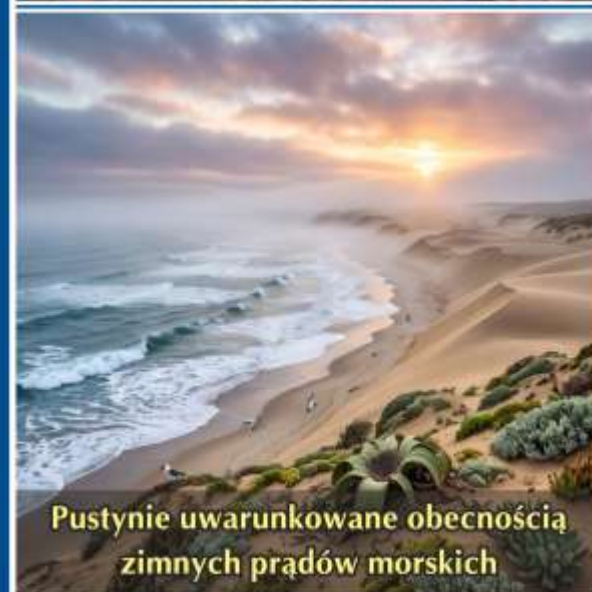
Typy pustyń według warunków klimatycznych i genezy



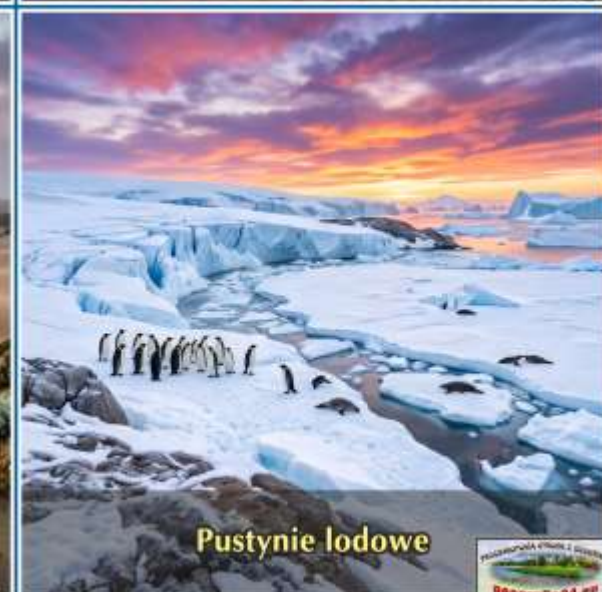
Pustynie kontynentalne



Pustynie strefy zwrotnikowej



Pustynie uwarunkowane obecnością zimnych prądów morskich



Pustynie lodowe

KONIEC



Materiały pomocnicze do nauki
Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)

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

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -