Nowość
EDYCJA 2024

NOWE Oblicza geografii

ZMIANY W PODSTAWACH 2024
oznaczenia usuniętych treści

1

PODRĘCZNIK • LICEUM • TECHNIKUM

ZAKRES ROZSZERZONY

nowa era

NOWE

Oblicza geografii

1

PODRĘCZNIK • LICEUM • TECHNIKUM

ZAKRES ROZSZERZONY

ROMAN MALARZ
MAREK WIĘCKOWSKI
PAWEŁ KROH

nowa era Twoje mocne strony

NOWE

Oblicza geografii

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia ogólnego do nauczania geografii, na podstawie opinii rzeczoznawców:
prof. dr hab. Mirosławy Czerny, **dr. Krzysztofa Olszewskiego**, **dr Izabeli Kraśnickiej**.

Etap edukacyjny: III
Typ szkoły: liceum ogólnokształcące i technikum
Rok dopuszczenia: 2024

Numer ewidencyjny w wykazie MEN: 1216/1/2024

Podręcznik został opracowany na podstawie *Programu nauczania geografii w zakresie rozszerzonym dla liceum ogólnokształcącego i technikum – NOWE Oblicza geografii* autorstwa Ewy Marii Tuz, Barbary Dziedzic oraz Barbary Korbel.

Nabyta przez Ciebie publikacja jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy o przestrzeganie praw, jakie im przysługują. Zawartość publikacji możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym, ale nie umieszczaj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, to nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. Możesz skopiować część publikacji jedynie na własny użytek.

Szanujmy cudzą własność i prawo. Więcej na **www.legalnakultura.pl**

© Copyright by Nowa Era Sp. z o.o. 2024
ISBN 978-83-267-4995-7

Konsultacja merytoryczno-dydaktyczna: dr hab. Tomasz Rachwał.
Konsultacja merytoryczna rozdziału II: dr Weronika Śliwa.

Koordynacja prac i redakcja merytoryczna: Jan Niedźwiecki.
Redakcja merytoryczna: Piotr Jaworski, Paweł Przybylski. **Redakcja językowa:** Anna Lota.
Współpraca redakcyjna: Paulina Rosiak, Agnieszka Szymanowska-Pancer.
Autorka *Sposobów na zadania*, *Zadań analogicznych* i *Zadań powtórzeniowych*: Violetta Feliniak.
Nadzór artystyczny: Kaia Pichler. **Opieka graficzna:** Maciej Galiński, Marcin Oleksak.
Projekt okładki: Maciej Galiński. **Projekt graficzny:** Sławomir Włodarczyk, Marek Błoszko.
Opracowanie graficzne: Marek Błoszko, Elżbieta Buczkowska, Ewa Kaletyn, Marcin Kołacz, Aleksandra Misiak, Krzysztof Mrawiński, Marek Nawrocki, Marcin Oleksak, Alicja Skupin-Podwojewska, Zuzanna Sri, Agnieszka Stankiewicz, Aleksandra Szpunar, Sławomir Włodarczyk, Jakub Woliński.
Ilustracje: Ewelina Baran, Elżbieta Buczkowska, Rafał Buczkowski, Marta Długokęcka, Gianluca Giacoppo, Natalia Helman, Wioleta Herczyńska, Ewa Kaletyn, Adam Kłodecki, Przemysław Kłosin, Adam Król, Laura Maziewska, Krzysztof Mrawiński, Marek Nawrocki, Marcin Oleksak, Joanna Ptak, Marcin Ptak, Alicja Skupin-Podwojewska, Ewa Sowulewska, Karolina Zaręba.
Mapy: Zespół Kartograficzny Nowa Era. **Fotoserwis:** Bogdan Wańkowicz.
Realizacja projektu graficznego: Mariusz Trzaskalski.

Nowa Era Sp. z o.o.
Aleje Jerozolimskie 146 D, 02-305 Warszawa
www.nowaera.pl, e-mail: nowaera@nowaera.pl
Centrum Kontaktu: 58 721 48 00

Druk i oprawa: Quad/Graphics Europe Sp. z o.o.

O czym jest podręcznik?

W podręczniku *NOWE Oblicza geografii 1* znajdziesz ważne i ciekawe informacje dotyczące geografii fizycznej, m.in. wszechświata, atmosfery, zasobów wodnych Ziemi, a także wnętrza naszej planety i ukształtowania jej powierzchni. Dzięki tym wiadomościom odpowiesz na wiele pytań dotyczących środowiska, w którym żyjesz.

Do czego służą poszczególne elementy podręcznika?

Ważne na tej lekcji!

Dzięki wyszczególnieniu **głównych zagadnień** i **umiejętności** będziesz wiedzieć, co w danym temacie jest najważniejsze.

Krok po kroku

Samouczki pozwolą Ci opanować najważniejsze umiejętności geograficzne.

Spojrzenie z bliska

Opisy zjawisk, które wystąpiły w konkretnych miejscach, nie tylko zilustrują zagadnienia omawiane na lekcji, lecz także pomogą Ci zrozumieć istotne związki przyczynowo-skutkowe.

W Twoim regionie

Te **instrukcje** podpowiedzą Ci, jak zdobywać informacje o środowisku geograficznym w Twoim miejscu zamieszkania.

Czy wiesz, że…

Dzięki **ciekawostkom** zdobędziesz interesujące informacje związane z lekcją.

PoGISujmy

Czytelne **instrukcje** pokażą Ci, jak korzystać z ogólnodostępnych baz danych GIS.

Zadania

Wykonanie **poleceń** umieszczonych na końcu tematu pozwoli Ci utrwalić zdobytą wiedzę. Gwiazdką (*) oznaczono zadania o wyższym stopniu trudności.

WIESZ, UMIESZ, ZDASZ

Podsumowanie

Na tych stronach znajdziesz syntetyczne **zestawienie kluczowych wiadomości** z każdego działu podręcznika.

Sposób na zadania

Wskazówki i komentarze ułatwią Ci rozwiązywanie zadań i formułowanie odpowiedzi dostosowanych do konkretnych poleceń.

Zadanie analogiczne

Pozwoli Ci sprawdzić, czy potrafisz **samodzielnie rozwiązać** zadanie podobne do przedstawionego w *Sposobie na zadania*.

Zadania powtórzeniowe

Dzięki nim przećwiczysz rozwiązywanie **różnych typów zadań**.

Interakcje

W tym elemencie **opisano współzależności** między komponentami środowiska geograficznego.

Spis treści

Wprowadzenie 5

I. Obraz Ziemi

1. Źródła informacji geograficznej 8
2. Metody badań geograficznych 12
3. Mapa jako obraz Ziemi 17
4. Metody prezentowania informacji na mapach .. 23
5. Jak czytać mapę? 27
6. Systemy informacji geograficznej 34

Podsumowanie 41
Sposób na zadania 45
Zadanie analogiczne 46
Zadania powtórzeniowe 46

II. Ziemia we wszechświecie

1. Wszechświat 50
2. Budowa Układu Słonecznego 56
3. Ruch obrotowy Ziemi 64
4. Czas na Ziemi 69
5. Ruch obiegowy Ziemi 74

Podsumowanie 82
Sposób na zadania 85
Zadanie analogiczne 86
Zadania powtórzeniowe 86

III. Atmosfera

1. Skład i budowa atmosfery 90
2. Temperatura powietrza 95
3. Ciśnienie atmosferyczne. Cyrkulacja atmosferyczna 103
4. Opady atmosferyczne. Fronty atmosferyczne .. 111
5. Prognozowanie pogody. Ekstremalne zjawiska pogodowe 119
6. Czynniki klimatotwórcze 124
7. Klimaty kuli ziemskiej 128

Podsumowanie 135
Sposób na zadania 139
Zadanie analogiczne 140
Zadania powtórzeniowe 140

IV. Hydrosfera

1. Zasoby wodne Ziemi. Oceany i morza 144
2. Dynamika mórz i oceanów 150
3. Sieć rzeczna 156
4. Jeziora 162
5. Lodowce górskie i lądolody 168
6. Wody podziemne 173

Podsumowanie 181
Sposób na zadania 185
Zadanie analogiczne 186
Zadania powtórzeniowe 186

V. Wnętrze Ziemi. Procesy endogeniczne

1. Budowa wnętrza Ziemi 190
2. Minerały i skały 193
3. Tektonika płyt litosfery 201
4. Ruchy górotwórcze 207
5. Plutonizm i wulkanizm 212
6. Trzęsienia ziemi, ruchy epejrogeniczne i izostatyczne 219
7. Wielkie formy ukształtowania lądów i dna oceanicznego 223
8. Odtwarzanie i datowanie dziejów Ziemi 227
9. Kronika dziejów Ziemi 233

Podsumowanie 237
Sposób na zadania 241
Zadanie analogiczne 242
Zadania powtórzeniowe 242

VI. Procesy egzogeniczne

1. Wietrzenie skał 246
2. Ruchy masowe 250
3. Procesy krasowe 255
4. Rzeźbotwórcza działalność rzek 260
5. Rzeźbotwórcza działalność lodowców górskich i lądolodów 266
6. Rzeźbotwórcza działalność morza 273
7. Rzeźbotwórcza działalność wiatru 281

Podsumowanie 287
Sposób na zadania 291
Zadanie analogiczne 292
Zadania powtórzeniowe 292

VII. Pedosfera i biosfera

1. Powstawanie gleb 296
2. Typy genetyczne gleb 299
3. Strefy roślinne 305

Podsumowanie 312
Sposób na zadania 315
Zadanie analogiczne 316
Zadania powtórzeniowe 316

Interakcje 320
Warsztaty terenowe 328
Rozwiąż samodzielnie – klucz odpowiedzi ... 334
Zadania analogiczne i powtórzeniowe – klucz odpowiedzi 335
Dane statystyczne 337
Indeks 347

Wprowadzenie

W tym roku szkolnym rozpoczynasz naukę geografii w zakresie rozszerzonym. Właśnie z tego przedmiotu będziesz zdawać maturę. Dzięki geografii zrozumiesz wiele zjawisk i procesów, które zachodzą tuż obok Ciebie.

Przedmiot i cele badań geograficznych

Terminu *geografia* użył po raz pierwszy **Eratostenes z Cyreny** – grecki uczony, który żył na przełomie III i II w. p.n.e. Ten wyraz pochodzi od greckich słów *gē* ‘ziemia’ oraz *graphō* ‘piszę, opisuję’, oznacza więc ‘opis Ziemi’.

Od starożytności aż do połowy XIX w. geografia głównie **opisywała** środowisko przyrodnicze, na które składają się elementy przyrody ożywionej i nieożywionej. Przedstawiała również zwyczaje oraz działalność ludzi zamieszkujących zarówno znane, jak i odkrywane obszary. Obecnie ta nauka zajmuje się przede wszystkim **badaniem** środowiska przyrodniczego oraz społeczno-gospodarczej działalności człowieka. Zadaniem geografii jest też **analizowanie współzależności** elementów środowiska geograficznego, tworzonego przez przyrodę oraz wytwory działalności człowieka.

Geografia dostarcza wiedzy o zmianach poszczególnych elementów środowiska, ich obecnym stanie oraz panujących między nimi zależnościach. Dzięki temu pozwala prognozować skutki ingerencji człowieka w środowisko i badać relację odwrotną – wpływ środowiska na życie ludzi. Z tego względu wiedzę geograficzną bardzo często wykorzystuje się podczas:

- wyznaczania kierunków rozwoju regionów oraz państw,
- opracowywania planów zagospodarowania przestrzennego,
- wskazywania najlepszych lokalizacji dla planowanych inwestycji,
- oceny wpływu prowadzonych inwestycji na środowisko.

Sfery Ziemi

Geografia zajmuje się m.in. badaniem powłoki ziemskiej podzielonej na pięć podstawowych sfer:

1. litosferę – powłokę skalną,
2. hydrosferę – powłokę wodną,
3. atmosferę – powłokę gazową,
4. biosferę – powłokę, którą tworzą organizmy,
5. pedosferę – powłokę glebową.

Dodatkowo na kuli ziemskiej wyróżnia się antroposferę 6 – sferę działalności człowieka.

Sfery Ziemi oddziałują na siebie i wzajemnie się przenikają. W ten sposób przyczyniają się do ogromnego zróżnicowania krajobrazów na naszej planecie.

Geografia jako nauka

Geografia obejmuje wiele różnorodnych zagadnień. Tradycyjnie dzieli się ją na:

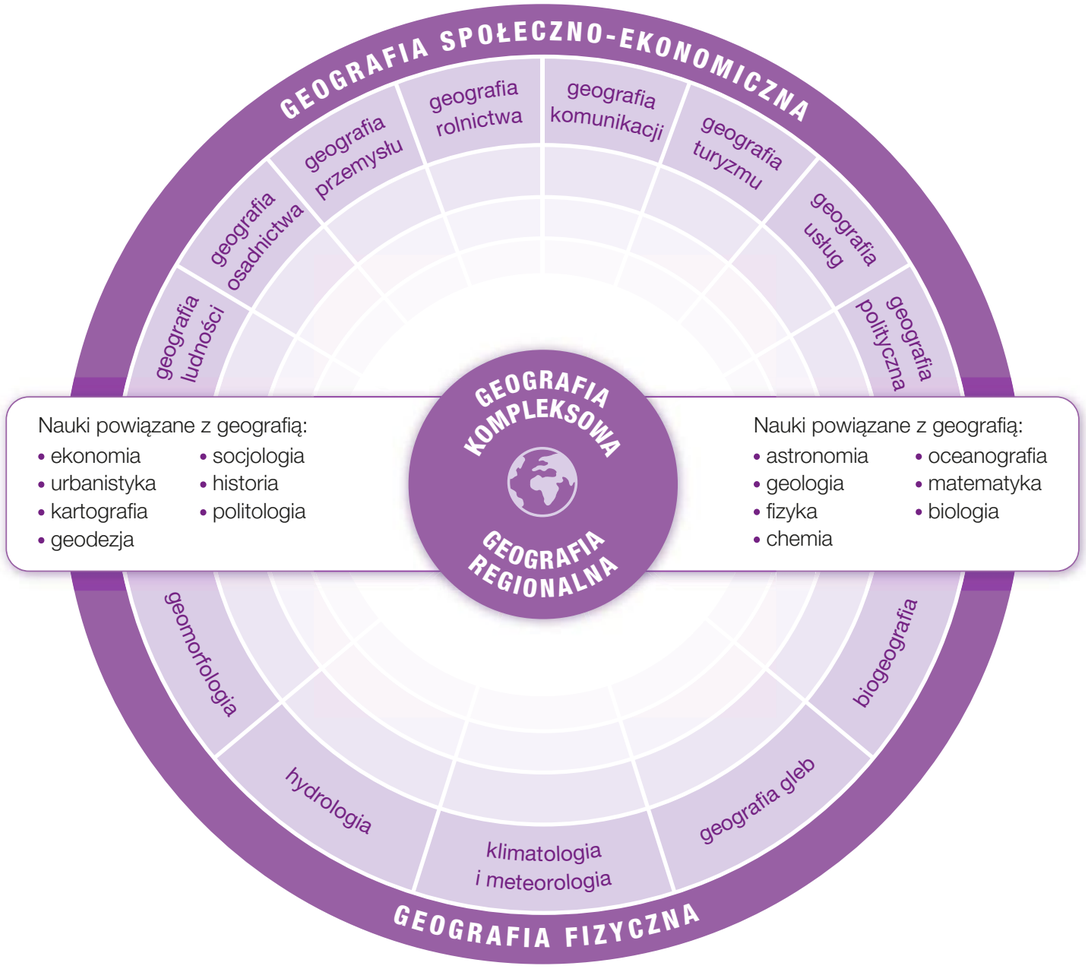
- **geografię fizyczną**, badającą przede wszystkim środowisko przyrodnicze,
- **geografię społeczno-ekonomiczną**, zajmującą się głównie działalnością człowieka w przestrzeni geograficznej.

Obecnie w Polsce geografię fizyczną zalicza się do **nauk ścisłych i przyrodniczych**, a w ich obrębie – do **nauk o Ziemi i środowisku**. Z kolei geografia społeczno-ekonomiczna jest zaliczana do **nauk społecznych** i tworzy jedną dyscyplinę naukową z gospodarką przestrzenną. Zarówno w obrębie geografii fizycznej, jak i społeczno-ekonomicznej wyróżnia się bardziej szczegółowe nauki. Przedstawiono je na poniższym schemacie.

W zaprezentowanym podziale wyodrębniono także geografię kompleksową i geografię regionalną. **Geografia kompleksowa** traktuje środowisko jako całość, np. bada sposób jego funkcjonowania i zależności między jego elementami. Natomiast **geografia regionalna** zajmuje się przyrodą, społeczeństwem i gospodarką poszczególnych regionów.

Warto podkreślić, że badania prowadzone przez geografów mają często **charakter interdyscyplinarny**. To oznacza, że wykorzystują oni osiągnięcia i metody badawcze z zakresu różnych nauk.

Uproszczony podział nauk geograficznych



I. Obraz Ziemi

1. Źródła informacji geograficznej
2. Metody badań geograficznych
3. Mapa jako obraz Ziemi
4. Metody prezentowania informacji na mapach
5. Jak czytać mapę?
6. Systemy informacji geograficznej

1 Źródła informacji geograficznej

Ważne na tej lekcji!

- rodzaje źródeł informacji geograficznej i możliwości ich wykorzystania
- przykłady informacji uzyskiwanych na podstawie obserwacji i pomiarów prowadzonych w terenie

Do najważniejszych zadań geografii należy gromadzenie danych, a następnie – ich analizowanie i przetwarzanie. Dane geograficzne mogą dotyczyć wielu zagadnień, dziedzin, obszarów i okresów. Dlatego czerpie się je z różnych źródeł.

Źródła tekstowe

Podstawowym źródłem informacji są teksty. Mogą one zawierać opisy regionów, obiektów, zjawisk czy procesów. W geografii korzysta się z tekstów zamieszczonych m.in. w **podręcznikach**, **encyklopediach**, **przewodnikach turystycznych** oraz w **czasopismach naukowych** i **popularnonaukowych**.

Najstarszymi tekstowymi źródłami informacji są opisy miejsc lub relacje z podróży. Należy do nich *Opisanie świata* Marca Polo. Zamieszczony obok fragment tego dzieła dowodzi, że ze starych źródeł tekstowych należy korzystać bardzo ostrożnie. Dziś wiemy bowiem, że Cejlon (nazywany przez podróżnika Sejlanem) nie jest największą wyspą na świecie, a do zmian jej powierzchni doprowadziły skomplikowane procesy geologiczne.

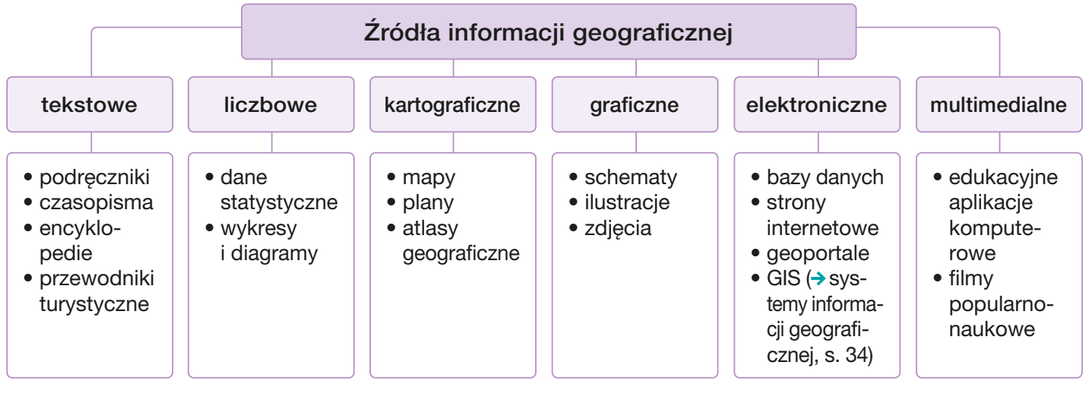
Tekst źródłowy

Opuściwszy wyspę Angaman, żegluje się około tysiąca mil ku zachodowi, nieco bardziej ku południo-zachodowi, i spotyka się wyspę Sejlan, która zaprawdę jest wyspą największą na świecie. I powiem wam dlaczego. Obwodu ma dwa tysiące czterysta mil. I to wam powiem, że dawniej była jeszcze większa, gdyż obwód jej wynosił trzy tysiące sześćset mil, wedle tego, co znachodzimy na mapie żeglarskiej owego morza. Lecz wiatr północny uderzył w nią tak gwałtownie, że większa część wyspy zapadła się w wodę: i to jest przyczyna, dlaczego jest ona mniejsza niż dawniej.

Marco Polo, *Opisanie świata*, przeł. A.L. Czerny, Warszawa 2010, s. 330.

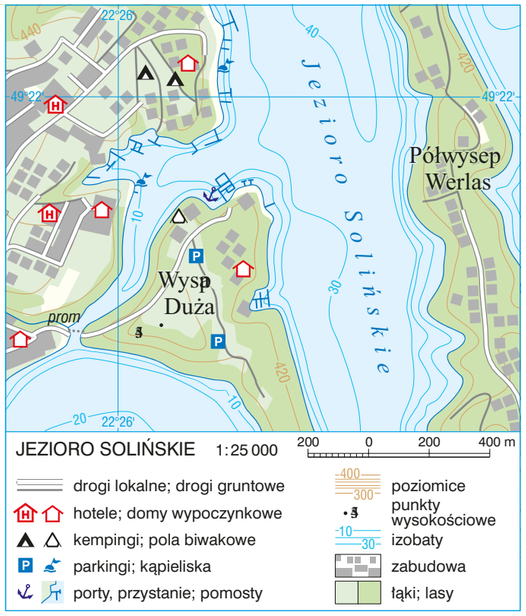
Źródła liczbowe

Ze źródeł liczbowych uzyskuje się **dane statystyczne**. Należą do nich np. wartości temperatury powietrza zarejestrowane w danym miejscu, liczba turystów wchodzących do parku narodowego czy odległość, którą pokonują ciężarówki przewożące towary z fabryk do sklepów. Aby uporządkować duże zbiory liczb, zwykle prezentuje się je w **tabelach**. Z kolei żeby ułatwić analizę oraz interpretację danych, przedstawia się je na różnego rodzaju **wykresach** i **diagramach** (→ tabele, wykresy i diagramy, s. 13).



Zdjęcia lotnicze a mapy

W procesie tworzenia map często wykorzystuje się zdjęcia lotnicze oraz zdjęcia satelitarne w wysokiej rozdzielczości. Na ich podstawie kartografowie decydują, które treści przenieść na mapę i jak to zrobić. Tę pracę ułatwiają im zaawansowane programy graficzne.



? *Porównaj powyższe zdjęcie satelitarne z mapą. Podaj przykłady informacji, które można uzyskać z jednego z tych źródeł, a nie da się odczytać z drugiego.*

Źródła kartograficzne

Bardzo ważnymi źródłami informacji dla geografów są **mapy** i **plany**. Nie tylko pokazują one rozmieszczenie obiektów i zjawisk, lecz także pozwalają dostrzec relacje przestrzenne, które między nimi zachodzą. Co ważne, obraz terenu przedstawiony na mapach jest mierzalny i dokładny na tyle, że na jego podstawie można obliczyć odległość między obiektami, ich powierzchnię, wysokość, na której się znajdują, a także nachylenie terenu.

Źródła graficzne

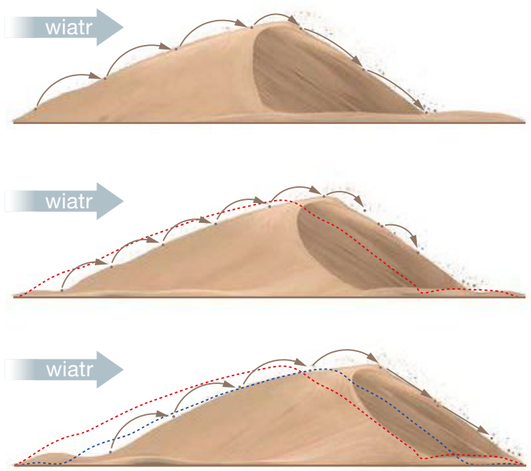
Do graficznych źródeł informacji należą zdjęcia. Dzięki wysoko rozwiniętej technologii **zdjęcia lotnicze i satelitarne** są dokładne i przedstawiają niemal każde miejsce na Ziemi. Ponieważ wykonuje się je regularnie od kilkudziesięciu lat, ukazują zmiany zachodzące w środowisku geograficznym. Ponadto na ich podstawie tworzy się **ortofotomapy**, czyli nadaje się zdjęciom jednolitą skalę i wpisuje się je w układ współrzędnych geograficznych. Wykonywaniem, przetwarzaniem oraz analizą zdjęć lotniczych i satelitarnych zajmuje się **teledetekcja**.

Zdjęcia z powierzchni Ziemi dostarczają innych danych niż zdjęcia lotnicze i satelitarne. Nie pozwalają na wykonywanie precyzyjnych pomiarów, za to dokładnie rejestrują cechy obszarów, np. warunki środowiska przyrodniczego, stan dróg czy rodzaj zabudowy.

Dzieła sztuki źródłem informacji geograficznej

W badaniach zmian zachodzących w środowisku geograficznym czasem wykorzystuje się dzieła sztuki. Dotyczy to zwykle wydarzeń historycznych, o których nie ma informacji z innych źródeł. Szczególnie użyteczne w takich sytuacjach okazuje się malarstwo pejzażowe. Na przykład obraz Philipa Dombecka *Wjazd generała Zajączka do Lublina w 1826 r.* może być wykorzystany do analizy zagospodarowania przestrzennego miasta i jego sąsiedztwa.

Wielu zjawisk i procesów nie da się ukazać na fotografii, a ich opisy byłyby długie i skomplikowane. W takich przypadkach wykorzystuje się różnego rodzaju **schematy** i **ilustracje**, które łatwiej trafiają do wyobraźni odbiorców.



Nawet prosty rysunek może znacznie ułatwić zrozumienie różnych procesów, takich jak przemieszczanie się wydm.

Źródła elektroniczne

Obecnie dynamicznie rozwijają się źródła elektroniczne. Dzięki nim zwiększa się dostępność informacji i danych. W **internecie** są udostępniane np. najnowsze dane statystyczne. Można je uzyskać m.in. ze stron **Głównego Urzędu Statystycznego**, zwłaszcza z serwisu Bank Danych Lokalnych.

Oprócz danych statystycznych w internecie znajdują się także inne informacje. Trzeba z nich jednak korzystać rozsądnie, ponieważ znaczna ich część nie jest przez nikogo weryfikowana. Najlepiej czerpać wiadomości tylko ze stron renomowanych firm i instytucji.

Internet zapewnia również dostęp do **map cyfrowych**. Ich niewątpliwymi zaletami są możliwość powiększania i pomniejszania obrazu, doboru przedstawianych informacji, a także wyświetlania ich na ekranach telefonów komórkowych. Dzięki rozwojowi technologii cyfrowych powstały **systemy informacji geograficznej** – GIS. Zawierają one niezliczone dane o wielu obszarach.

Jedną z funkcji aplikacji Google Earth Pro jest wyświetlanie trójwymiarowych modeli zabudowy. Dzięki temu miasta, np. Warszawa, wyglądają w tej aplikacji bardzo realistycznie.

Źródła multimedialne

Źródła multimedialne łączą kilka form przekazu. Do takich źródeł należą **filmy** popularnonaukowe, **animacje** procesów geograficznych, a także **aplikacje komputerowe**. Wśród tych ostatnich znajduje się Google Earth Pro. Ta aplikacja zapewnia dostęp do zdjęć satelitarnych Ziemi, zdjęć lotniczych, innych fotografii oraz ortofotomap. Dzięki niej można też korzystać z przewodników turystycznych i stron internetowych wielu instytucji.

Zbieranie danych w terenie

Niektóre dane dotyczące elementów środowiska przyrodniczego zbiera się w terenie. Nie uda się przecież zmierzyć temperatury powietrza w jaskini albo przezroczystości wody w jeziorze bez umieszczenia przyrządów pomiarowych w odpowiednim miejscu. Dzięki badaniom terenowym uzyskuje się też cenne dane społeczno-ekonomiczne, np. informacje o poziomie życia w danym regionie i natężeniu hałasu

Prowadzenie badań terenowych bywa trudne i niebezpieczne. Na przykład speleolodzy zbierający dane w Kryształowej Jaskini w Meksyku pracują w temperaturze przekraczającej 57°C.

na autostradzie czy opinie na temat lokalizacji planowanej inwestycji. Wiele badań terenowych można prowadzić samodzielnie i bez specjalistycznego sprzętu, np. rozpoznawać skały występujące na powierzchni, aktualizować mapy i plany czy dowiadywać się, jakie są opinie mieszkańców na dany temat.

Jak poprawnie korzystać z informacji geograficznych?

Równie ważne jak zbieranie danych jest ich weryfikowanie i selekcjonowanie. Dlatego właśnie należy wiedzieć:

- **gdzie zebrano dane** – bez tego nie można ich analizować w konkretnej przestrzeni,
- **kiedy je zebrano** – niektóre dane bardzo szybko stają się nieaktualne (np. dane sprzed 10 lat dotyczące liczby ludności określonego kraju),
- **jak zostały zebrane** – wszystkie pomiary muszą przebiegać zgodnie z metodologią badań geograficznych.

Zadania

1. Podaj dwa źródła informacji geograficznej, z których najczęściej korzystasz.
2. Ustal, co trzeba wiedzieć o danych uzyskanych dzięki pomiarom temperatury powietrza, żeby można je było wykorzystać w badaniach klimatu.
3. Wymień trzy zjawiska lub procesy, które możesz opisać na podstawie danych zebranych samodzielnie w terenie.

2 Metody badań geograficznych

Ważne na tej lekcji!

- ilościowe i jakościowe metody badań geograficznych
- graficzne metody przedstawiania informacji geograficznej
- interpretacja danych liczbowych przedstawionych w postaci tabel i wykresów
- zasady tworzenia kwestionariusza ankiety oraz przeprowadzania wywiadu i opracowywania wyników

Gdzie? to najważniejsze spośród pytań, na które odpowiada geografia. Jednak oprócz wiedzy o położeniu danego obiektu ważne są także inne informacje. Aby do nich dotrzeć, trzeba wykorzystać odpowiednie metody badań.

Ilościowe i jakościowe metody badań

Najczęściej stosowane metody badań geograficznych można podzielić na dwie grupy: metody ilościowe i metody jakościowe. Ponieważ metody ilościowe dostarczają podstawowych informacji, często używa się ich przed zastosowaniem metod jakościowych. Najważniejsze cechy obu metod przedstawiono w poniższej tabeli.

Obecnie większość danych ilościowych uzyskuje się automatycznie. W taki sposób otrzymuje się np. wyniki pomiarów w stacjach meteorologicznych.

Porównanie metod ilościowych z metodami jakościowymi

Kryterium	Metody ilościowe	Metody jakościowe
Pytania, na które najczęściej odpowiadają uzyskane dzięki nim wyniki	*Ile?*	*Jak?*, *Dlaczego?*
Sposób przedstawienia informacji	dane liczbowe	informacje opisowe
Cel	charakterystyka zjawiska, poznanie tendencji, opracowywanie prognoz, szacowanie wielkości lub natężenia zjawiska	zrozumienie zjawiska, poznanie opinii, pogłębienie wiedzy o zjawiskach badanych uprzednio za pomocą metod ilościowych
Grupa badawcza	duża grupa badawcza (wymagają zgromadzenia wielu danych, które następnie analizuje się z wykorzystaniem narzędzi statystycznych)	zazwyczaj nieduża grupa badawcza (ważniejszy jest właściwy dobór tworzących ją osób)
Przykłady zebranych informacji	• wartości temperatury powietrza w określonym miejscu i czasie • liczba samochodów w danym mieście	• odpowiedzi turystów na pytania o cel przyjazdu do danej miejscowości • stopień zadowolenia z poziomu infrastruktury turystycznej

Tabele, wykresy i diagramy

Zebrane dane liczbowe często umieszcza się w **tabelach**. W tej formie często prezentują dane urzędy statystyczne, władze jednostek administracyjnych, organizacje samorządowe czy ośrodki naukowe. Aby właściwie interpretować te dane, należy zwracać uwagę na wszystkie elementy tabeli, także na przypisy.

Często stosowanym sposobem wizualizacji danych są **wykresy** i **diagramy**. Dzięki nim dużo łatwiej dostrzec zależności i tendencje wynikające z danych. Na niektóre trudności związane z odczytywaniem danych z wykresów zwrócono uwagę w samouczku na s. 14.

Ludność wybranych części świata

Wyszczególnienie	Ludność [mln]	
	1970	2020
Ameryka Północna	231	369
Australia i Oceania[a]	20	43
Azja[b]	2142	4641
Europa[c]	657	748

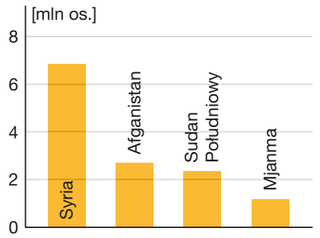
a – bez Hawajów zaliczonych do Ameryki Północnej,
b – łącznie z europejską częścią Turcji,
c – łącznie z azjatycką częścią Rosji.

Źródło: *Mały Rocznik Statystyczny Polski 2022*, GUS, Warszawa 2022.

W przypisach do tabel mogą się znajdować bardzo istotne informacje.

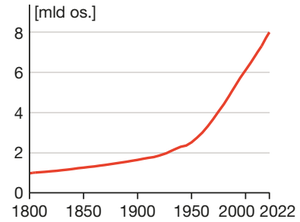
Ważniejsze rodzaje wykresów i diagramów

Wykres słupkowy ukazuje zróżnicowanie danego zjawiska zależnie od wybranego parametru, np. miejsca, daty, płci.



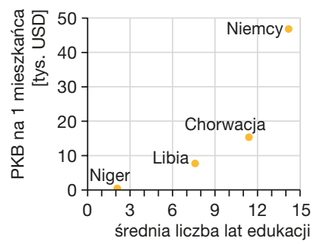
Liczba uchodźców wg kraju pochodzenia w 2021 r.

Wykres liniowy ukazuje najczęściej zmiany wartości danego parametru w czasie.



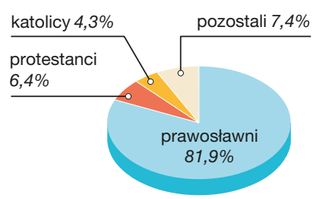
Liczba ludności świata w latach 1800–2022.

Wykres punktowy ukazuje korelację między dwoma parametrami.

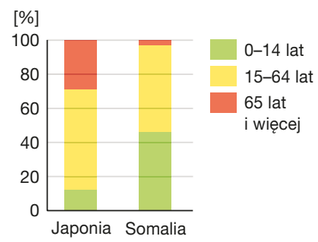


PKB na 1 mieszkańca i średnia liczba lat edukacji w wybranych krajach w 2019 r.

Diagramy strukturalne pokazują procentowy udział części składowych w pewnej całości. Ta całość może mieć formę koła lub słupka.

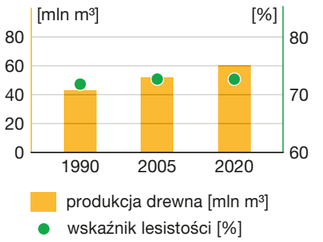


Struktura wyznaniowa ludności Rumunii.



Struktura wieku ludności w wybranych krajach w 2020 r.

Wykres złożony prezentuje przynajmniej dwa zjawiska.



Produkcja drewna i lesistość w Finlandii w wybranych latach.

Odczytywanie informacji z wykresów

Krok po kroku

Uszereguj państwa przedstawione na wykresach w kolejności od tego, w którym emisja dwutlenku węgla na osobę w 2018 r. była najmniejsza, do tego, w którym w podanym roku była ona największa.

1 Przeczytaj podpisy wykresów. Dzięki temu dowiesz się, jakie zjawisko i na jakim obszarze będziesz analizować.

Wykresy przedstawiają emisję dwutlenku węgla na osobę w wybranych państwach Azji i Afryki.

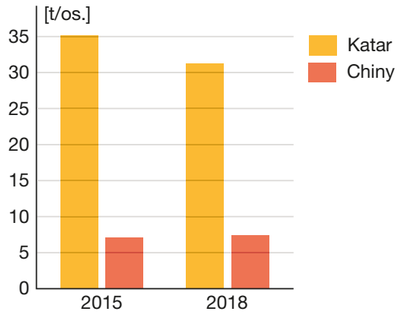
2 Przyjrzyj się osiom wykresów. Ustal, jakie dane i w jakich jednostkach przedstawiono na wykresach.

Pionowe osie wykresów są inaczej wyskalowane. Ponadto dane na wykresie znajdującym się wyżej podano w tonach na osobę, a na tym, który znajduje się niżej – w kilogramach na osobę.

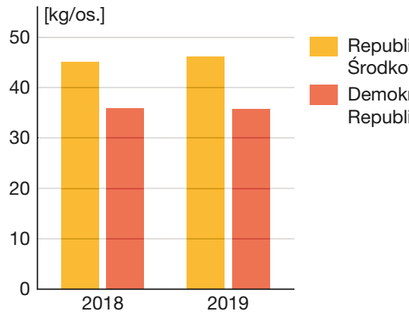
3 Odczytaj z wykresów odpowiednie wartości. Zauważ, że przedstawione dane pochodzą z różnych lat (odpowiednio 2015 i 2018 oraz 2018 i 2019). Polecenie dotyczy roku 2018, zatem musisz wybrać właściwe dane.

Katar – ok. 31 t/os.
Chiny – ok. 8 t/os.
Republika Środkowoafrykańska – ok. 45 kg/os.
Demokratyczna Republika Konga – ok. 36 kg/os.

Odpowiedź: Demokratyczna Republika Konga, Republika Środkowoafrykańska, Chiny, Katar.



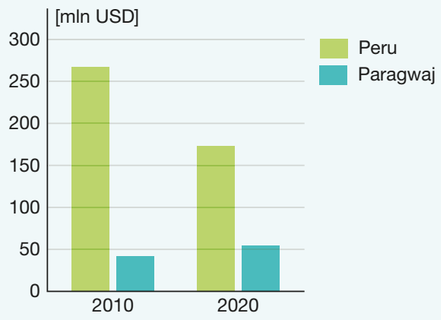
Emisja dwutlenku węgla na osobę w wybranych państwach Azji.



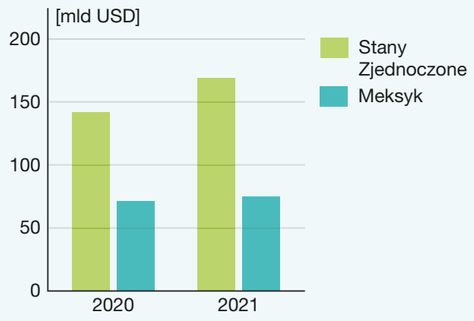
Emisja dwutlenku węgla na osobę w wybranych państwach Afryki.

Rozwiąż samodzielnie

Uszereguj państwa przedstawione na wykresach w kolejności od tego, w którym wartość eksportu wyrobów high-tech w 2020 r. była najniższa, do tego, w którym w podanym roku była ona najwyższa.



Wartość eksportu wyrobów high-tech w wybranych państwach Ameryki Południowej.



Wartość eksportu wyrobów high-tech w wybranych państwach Ameryki Północnej.

Ankiety i wywiady

Ilościową metodą zbierania danych, typową dla geografii społeczno-ekonomicznej oraz innych nauk społecznych, jest **ankietowanie**. Polega ono na zadawaniu pytań na określony temat konkretnej, zazwyczaj dość licznej, grupie ludzi, zliczaniu odpowiedzi, a następnie – na ich opracowywaniu statystycznym. Wskazówki dotyczące przygotowania ankiety znajdują się poniżej.

Do jakościowych metod należy z kolei przeprowadzanie **wywiadu** – rozmowy, w której jedna strona zadaje pytania, a druga na nie odpowiada. Celem wywiadu jest zdobycie informacji albo opinii na dany temat od konkretnej osoby lub od kilku osób, a nie – jak w przypadku ankiety – od dużej grupy ludzi. Ta metoda zbierania danych ma charakter dialogu, jest bardziej naturalna i spontaniczna niż ankietowanie. Pozwala też pogłębić zdobytą wiedzę.

Jak przygotować ankietę?

Ankieta służy zebraniu informacji od wielu osób. Warto ją zatem starannie przygotować. Mogą w tym pomóc poniższe wskazówki.

1 Zastanów się, jakie informacje chcesz zdobyć dzięki przeprowadzeniu ankiety, czyli sprecyzuj cel badania. Bez tego nie uda Ci się dotrzeć do odpowiedniej grupy docelowej (osób, którym będziesz zadawać pytania).

2 Ustal, z kim chcesz przeprowadzić ankietę. Inaczej sformułujesz pytania, gdy respondentami (osobami odpowiadającymi) będą dzieci, a inaczej – pracownicy uczelni. Określenie grupy docelowej jest bardzo ważne, ponieważ to od niej głównie zależy, jakie uzyskasz odpowiedzi.

3 Sformułuj pytania i ułóż je w odpowiedniej kolejności. Pytania zadawane respondentom muszą być zrozumiałe, krótkie i jednoznaczne. Ponadto nie mogą sugerować żadnej odpowiedzi. W ankietach najczęściej stosuje się pytania zamknięte, ponieważ łatwiej na nie odpowiadać, a następnie – opracowywać uzyskane wyniki. W pytaniach zamkniętych należy wybrać odpowiedź (lub kilka odpowiedzi) spośród podanych. Z kolei w pytaniach otwartych trzeba sformułować własną odpowiedź. Jeśli przy pytaniu obok gotowych odpowiedzi istnieje miejsce na wyrażenie własnej opini, jest to pytanie mieszane.

4 Przetestuj ankietę. Poproś o jej wypełnienie kilku znajomych i zapytaj, czy są tam pytania, których nie rozumieją lub co do których mają wątpliwości. Wprowadź potrzebne poprawki.

? *Zastanów się, na jakie tematy związane z geografią społeczno-ekonomiczną warto przeprowadzić ankietę w Twojej okolicy. Podaj kilka propozycji i ustal, wśród których grup mieszkańców należałoby wykonać badania, aby uzyskane dane były przydatne.*

Lokalizacja

Aby właściwie zinterpretować dane, należy określić lokalizację miejsca, w którym zostały zebrane. Współcześnie do tego celu bardzo często wykorzystuje się **nawigację satelitarną**. Wskazówki ułatwiające zapisanie lokalizacji geograficznej w telefonie komórkowym przedstawiono poniżej.

Czy wiesz, że…

Oznaczanie lokalizacji za pomocą współrzędnych geograficznych nie jest łatwe. Dlatego wymyślono nowy sposób adresowania – what3words. Świat podzielono w nim na kwadraty o boku 3 m oznaczone trzema przypadkowymi słowami. Mimo że system powstał niedawno, korzystają z niego m.in. organizacje humanitarne, firmy kurierskie, a nawet poczta w Mongolii.

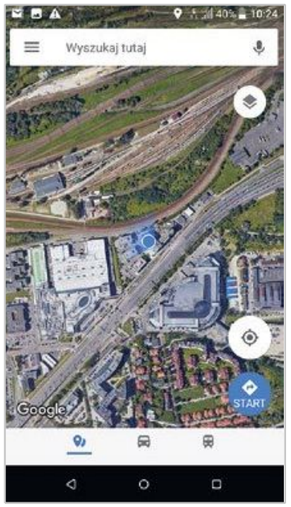
Zapisywanie lokalizacji geograficznej w telefonie

Krok po kroku

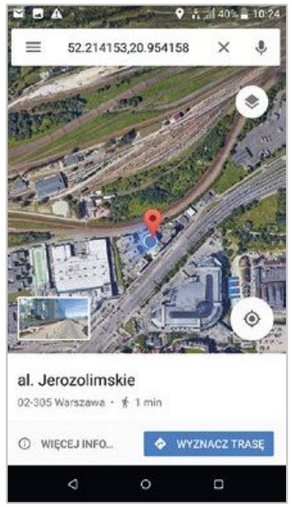
Zapisz w telefonie współrzędne geograficzne miejsca, w którym przebywasz.

1. Włącz lokalizację w telefonie.
2. Uruchom aplikację, np. Mapy Google.
3. Na wyświetlaczu telefonu pojawi się niebieska kropka oznaczająca punkt, w którym się aktualnie znajdujesz (ekran A).
4. Dotknij ekranu w miejscu, w którym zbierasz dane (nie odrywaj palca).
5. Po chwili na ekranie pojawi się tzw. pinezka (ekran B), a w oknie wyszukiwania wyświetlą się współrzędne geograficzne (→ współrzędne geograficzne, s. 20).
6. Możesz zapisać pinezkę. Gdy dotkniesz pola z napisem Więcej informacji, pojawi się menu z opcją Zapisz (ekran C).

Ekran A



Ekran B



Ekran C

Rozwiąż samodzielnie

Zapisz w telefonie lokalizację sklepu, w którym najczęściej robisz zakupy.

Zadania

1. Podaj po dwa przykłady badań ilościowych i jakościowych, bez których nie udałoby Ci się uzasadnić potrzeby utworzenia nowego przystanku autobusowego na trasie wiodącej do Twojej szkoły.
2. Za pomocą aplikacji Mapy Google wyznacz współrzędne geograficzne wejścia do Twojej szkoły.

3 Mapa jako obraz Ziemi

Ważne na tej lekcji!

- skala i jej rodzaje
- mapa i możliwości jej wykorzystania
- współrzędne geograficzne
- określanie położenia geograficznego za pomocą odbiornika GPS

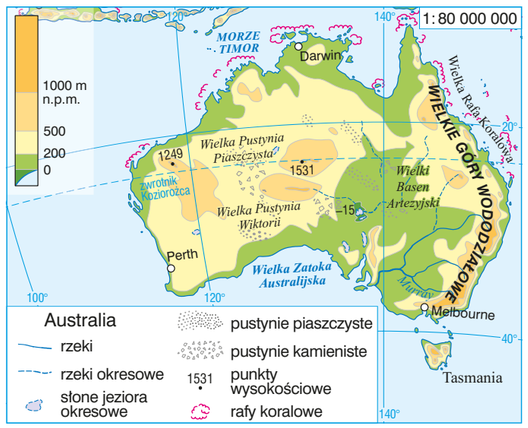
Na wycieczkę po nieznanej okolicy warto zabrać mapę lub plan. Dzięki nim łatwiej zorientować się w terenie i dotrzeć do celu. Można z nich też odczytać wiele innych informacji, takich jak położenie restauracji czy pensjonatów.

Mapa

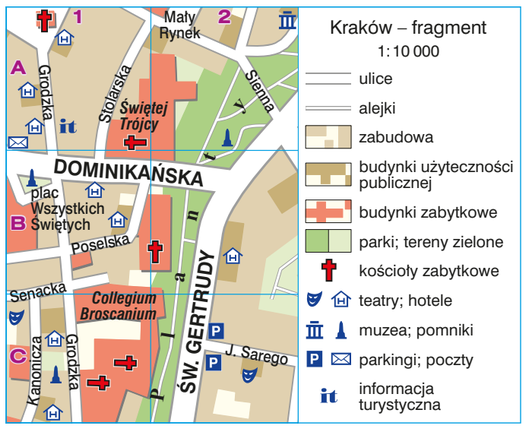
Mapa to uogólniony, graficzny obraz powierzchni Ziemi, innego ciała niebieskiego lub ich fragmentu, wykonany na **płaszczyźnie** w określonym **pomniejszeniu**. Obiekty zlokalizowane na obszarze ukazanym na mapie przedstawia się za pomocą **znaków umownych**. Stosuje się też odpowiednie **odwzorowanie kartograficzne**, czyli matematyczny sposób prezentowania powierzchni kuli na płaszczyźnie. Aby przedstawić niewielki fragment Ziemi, np. część miasta, wykonuje się plan. Czym się on różni od mapy? Najważniejsze różnice między tymi źródłami informacji przedstawiono poniżej.

Mapa a plan

Kiedy duży fragment powierzchni kuli ziemskiej (bryły) jest prezentowany na mapie (płaszczyźnie), powstają zniekształcenia odległości, powierzchni lub kątów. Jeżeli jednak przedstawiany obszar Ziemi jest bardzo mały, można go traktować tak, jakby był płaski. Właśnie w ten sposób fragmenty terenu są przedstawiane na planie.



Mapy wykonuje się dla obszarów na tyle dużych, że trzeba uwzględnić krzywiznę Ziemi. Na mapach umieszcza się południki i równoleżniki. Pierwsze z wymienionych wskazują kierunek północ–południe, a drugie – wschód–zachód.

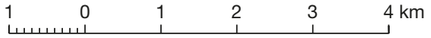


Plany są sporządzane dla niewielkich obszarów, np. dla miast, w dużych skalach (do 1:25 000). Prezentowany obszar dzieli się na prostokąty oznaczone literami i cyframi, co ułatwia odnajdowanie obiektów. Na planach nie przedstawia się rzeźby terenu.

Skala mapy

Istotnym elementem każdej mapy jest **skala**. Informuje ona o tym, w jakim stopniu odległości na mapie zostały pomniejszone w stosunku do odległości w terenie. Wyróżnia się następujące skale:

- **skalę liczbową**, np. 1:100 000,
- **skalę mianowaną**, np. 1 cm – 1 km,
- **podziałkę liniową**, np.



Przedstawione skale oznaczają, że odległość w terenie została pomniejszona na mapie 100 000 razy. Inaczej mówiąc, 1 cm na mapie to 100 000 cm, czyli 1 km w terenie.

Skalę liczbową wyraża się w postaci **ułamka**: w liczniku występuje 1, a w mianowniku – liczba oznaczająca zmniejszenie odległości. Zapis 1:100 000 oznacza $\frac{1}{100\,000}$. Im mniejszy ułamek, tym mniejsza jest skala mapy, a tym samym – jej szczegółowość.

Oprócz odległości zmniejszeniu na mapach ulega także powierzchnia. O tym, ile razy, informuje liczba wyrażająca pomniejszenie odległości podniesiona do kwadratu. Tak więc na mapie w skali 1:10 000 powierzchnia została pomniejszona 100 000 000 razy.

Aby przedstawić stopień zmniejszenia powierzchni, na niektórych mapach umieszcza się **skalę polową**. W jej zapisie stosuje się jednostki powierzchni, np. 1 mm² – 1 000 000 mm².

Wskazówki dotyczące obliczania skali oraz rzeczywistej odległości lub powierzchni w terenie znajdują się poniżej i na s. 19.

Obliczanie odległości w terenie na podstawie skali mapy

Krok po kroku

Na podstawie mapy oblicz odległość w terenie w linii prostej między Świnoujściem a Gorzowem Wielkopolskim.

1 Odczytaj skalę liczbową mapy i zamień ją na skalę mianowaną.

1:2 500 000
1 cm – 2 500 000 cm
1 cm – 25 000 m
1 cm – 25 km

2 Zmierz na mapie odległość w linii prostej między podanymi miejscowościami.

5,8 cm

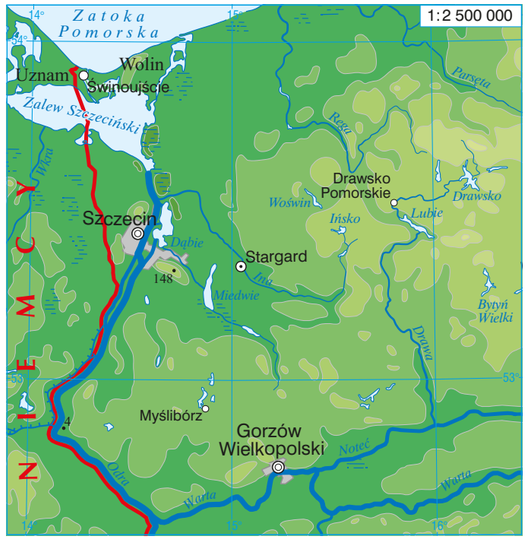
3 Pomnóż uzyskaną liczbę centymetrów przez odległość, która odpowiada jednemu centymetrowi na mapie.

5,8 · 25 km = 145 km

Możesz też ułożyć proporcję:

1 cm – 25 km
5,8 cm – x
x = 5,8 cm · 25 km : 1 cm = 145 km

Odpowiedź: Odległość w terenie w linii prostej między Świnoujściem a Gorzowem Wielkopolskim wynosi 145 km.



Rozwiąż samodzielnie

Oblicz odległość w terenie w linii prostej między Jastarnią a Gdańskiem, jeżeli na mapie wykonanej w skali 1:1 000 000 wynosi ona 4 cm.

Obliczanie powierzchni w terenie na podstawie skali mapy

Krok po kroku

Oblicz powierzchnię, którą zajmuje w terenie obszar zaznaczony na mapie. Wynik podaj w hektarach.

1 Zmierz boki prostokąta zaznaczonego na mapie i oblicz jego powierzchnię.

3 cm · 2 cm = 6 cm²

2 Zamień skalę liczbową mapy na skalę polową.

1:50 000
1 cm – 500 m
(1 cm)² – (500 m)²
1 cm² – 250 000 m²

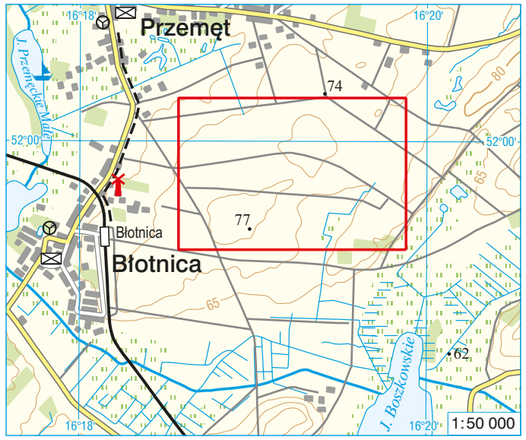
3 Ułóż proporcję i wykonaj obliczenia.

1 cm² – 250 000 m²
6 cm² – x
x = 250 000 m² · 6 cm² : 1 cm² = 1 500 000 m²

4 Przelicz wynik w metrach kwadratowych na wielkość w hektarach.

1 ha – 10 000 m²
y – 1 500 000 m²
y = 1 500 000 m² · 1 ha : 10 000 m² = 150 ha

Odpowiedź: Obszar zaznaczony na mapie ma w terenie powierzchnię 150 ha.



Rozwiąż samodzielnie

Powierzchnia rezerwatu na mapie w skali 1:25 000 wynosi 12 cm². Oblicz powierzchnię rzeczywistą tego rezerwatu. Wynik podaj w hektarach.

Obliczanie skali mapy na podstawie odległości w terenie

Krok po kroku

Oblicz skalę liczbową poniższej mapy, jeżeli odległość w terenie między Dąbrową Górniczą a Radomiem wynosi 180 km.

1 Zmierz na mapie odległość w linii prostej między podanymi miejscowościami.

6 cm

2 Oblicz, jakiej odległości w terenie odpowiada 1 cm na mapie.

6 cm – 180 km
1 cm – x
x = 1 cm · 180 km : 6 cm = 30 km

3 Zamień skalę mianowaną na skalę liczbową.

1 cm – 30 km
1 cm – 3 000 000 cm
1:3 000 000

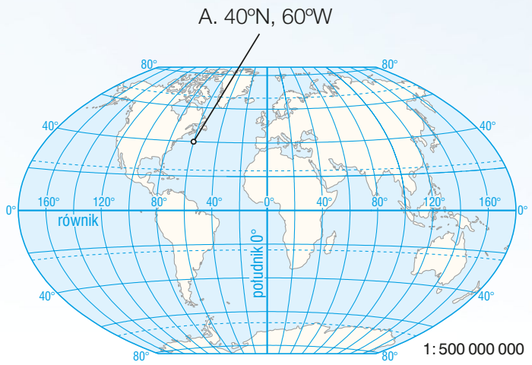
Odpowiedź: Skala liczbowa załączonej mapy to 1:3 000 000.

Rozwiąż samodzielnie

Odległość między dwoma punktami na mapie wynosi 8 cm, a w terenie jest równa 50 km. Oblicz skalę, w której została wykonana mapa.

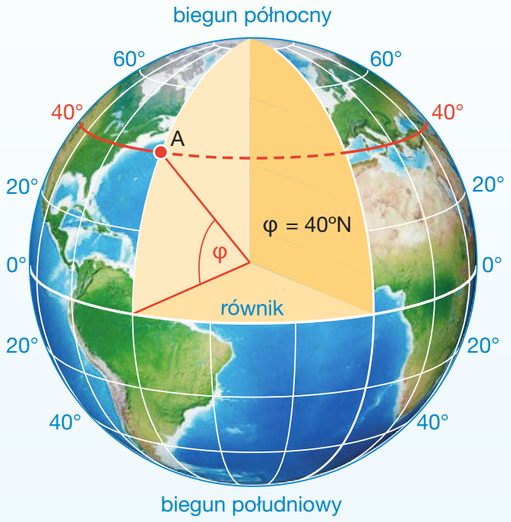
Współrzędne geograficzne

Mapy umożliwiają lokalizację obiektów na podstawie współrzędnych geograficznych. Długość geograficzną i szerokość geograficzną odczytuje się dzięki siatce kartograficznej złożonej z południków i równoleżników. Osiami układu współrzędnych na mapie są równoleżnik 0° (równik) oraz południk 0°, nazywany też południkiem początkowym. Współrzędne geograficzne podaje się w miarach kątowych. Jeden stopień kątowy (1°) dzieli się na 60 minut kątowych (60'), a każda minuta – na 60 sekund kątowych (60'').



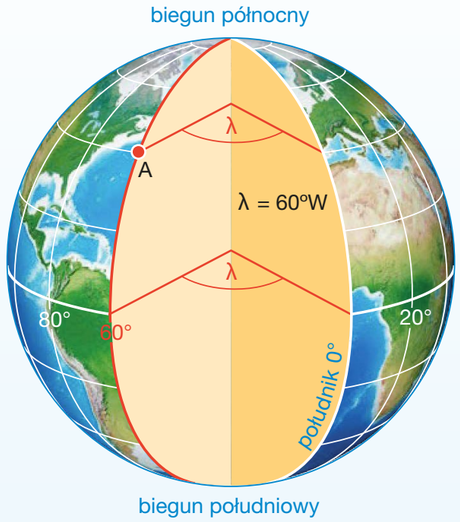
Przykładowa siatka kartograficzna.

Szerokość geograficzna (φ) – kąt zawarty między płaszczyzną równika (0°) a promieniem Ziemi przechodzącym przez dany punkt na jej powierzchni.



Szerokość geograficzna:
- odpowiada wartości równoleżnika przebiegającego przez dany punkt,
- może mieć wartość od 0° na równiku do 90° na biegunach,
- może być północna lub południowa: na półkuli północnej wartości szerokości geograficznej rosną od równika w kierunku północnym, na półkuli południowej zaś – od równika w kierunku południowym.

Długość geograficzna (λ) – kąt zawarty między półpłaszczyzną południka zerowego (0°) a półpłaszczyzną południka przechodzącego przez dany punkt na powierzchni Ziemi.



Długość geograficzna:
- odpowiada wartości południka przebiegającego przez dany punkt,
- może mieć wartość od 0° do 180° na zachód i na wschód od południka 0°.
- może być zachodnia lub wschodnia: na półkuli zachodniej wartości długości geograficznej rosną w kierunku zachodnim (od południka 0° do południka 180°), a na półkuli wschodniej – w kierunku wschodnim.

Odczytywanie współrzędnych geograficznych

Krok po kroku

Odczytaj z mapy współrzędne geograficzne Manaus.

1 Ustal, co ile stopni poprowadzono południki i równoleżniki na mapie.

Południki i równoleżniki poprowadzono co 10°.

2 Odszukaj na mapie Manaus, a następnie sprawdź, w którym kierunku rosną wartości równoleżników i południków znajdujących się najbliżej tego miasta.

Wartości równoleżników rosną w kierunku południowym, a wartości południków – w kierunku zachodnim. Taki układ południków i równoleżników świadczy o tym, że Manaus leży na półkuli południowej i na półkuli zachodniej.

3 Odczytaj wartości równoleżników, między którymi leży Manaus. Następnie oszacuj wartość równoleżnika, na którym znajduje się to miasto.

Manaus leży w 3/10 odległości między równikiem (0°) a równoleżnikiem 10°S, czyli w przybliżeniu na równoleżniku 3°S.

4 Odczytaj wartość południka, na którym leży Manaus.

60°W

Odpowiedź: Współrzędne geograficzne Manaus wynoszą 3°S, 60°W.

Rozwiąż samodzielnie

Odczytaj z mapy współrzędne geograficzne Caracas i Buenos Aires.

Współczesne metody określania położenia geograficznego

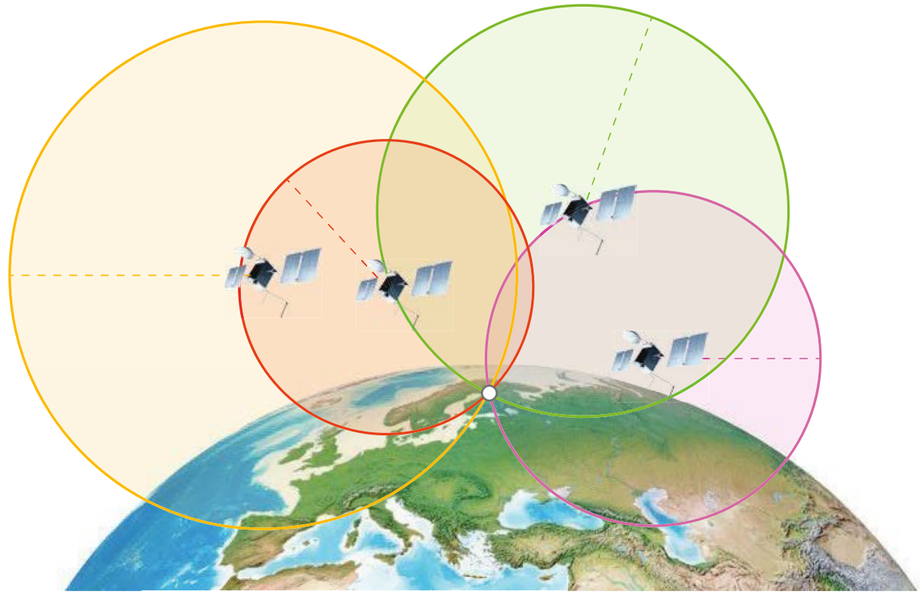
Odczytywanie współrzędnych geograficznych punktów zaznaczonych na mapie lub na globusie nie stwarza zwykle problemów. Zdecydowanie trudniej ustalić współrzędne obiektu, np. statku, samolotu czy konkretnego domu, bez dostępu do mapy. Dawniej wykorzystywano do tego m.in. umiejętności nawigacyjne oraz wiedzę z zakresu astronomii. Dziś najczęściej korzysta się z **systemów nawigacji satelitarnej – GPS**. Skrót GPS pochodzi od nazwy amerykańskiego systemu wojskowego *Global Positioning System*. Ponieważ ten system powstał najwcześniej i jest najpopularniejszy, mianem GPS określa się również inne systemy nawigacji satelitarnej (np. rosyjski Glonass czy europejski Galileo).

Aplikacje wykorzystujące GPS

Istnieje wiele rodzajów aplikacji nawigacyjnych. Oprócz tych, które ułatwiają poruszanie się po drogach kołowych i miejscowościach, istnieją też aplikacje przeznaczone do nawigacji w innym terenie. To właśnie z nich warto korzystać podczas pieszych oraz rowerowych wycieczek po górach i lasach. Umożliwiają one bowiem pobieranie map z zaznaczonymi ścieżkami, szlakami turystycznymi i poziomicami. Te programy zapisują także pokonaną trasę (ang. *track*).

Jak działa GPS?

Wokół Ziemi krążą satelity nawigacyjne. Emitują one sygnał radiowy z zakodowanym numerem i pozycją satelity oraz dokładną godziną wysłania sygnału. Na podstawie czasu, po którym sygnał dotarł do odbiornika, oblicza się odległość odbiornika od satelity. Jeżeli odbiornik znajduje się w zasięgu minimum czterech satelitów, może obliczyć swoją lokalizację (szerokość geograficzną, długość geograficzną oraz wysokość nad poziomem morza). Im więcej satelitów jest w stanie zlokalizować odbiornik GPS, tym dokładniej określi on swoją lokalizację.



Aby każdy punkt na Ziemi znajdował się w zasięgu co najmniej czterech satelitów, wokół naszej planety muszą krążyć minimum 24 satelity (osobne dla każdego systemu nawigacji satelitarnej).

Odbiornik zapamiętuje co pewien czas położenie punktów, w których się znajdował, i zapisuje je jako ślady. Dzięki temu można poznać dokładną długość trasy, czas, w którym została ona przebyta, oraz pokonaną różnicę wysokości. Po tych śladach można też wrócić do początku trasy (ang. *track back*). Aplikacje nawigacyjne pozwalają również zapisywać lokalizację szczególnie interesujących nas obiektów i miejsc, np. schronisk górskich, punktów widokowych i pomników przyrody (zazwyczaj jako POI – ang. *point of interest*).

Zadania

1. Przekształć poniższe skale liczbowe na skale mianowane, a następnie uszereguj je w kolejności od najmniejszej do największej.
   1:2 000 000, 1:500 000, 1:20 000, 1:100 000
2. Oblicz odległość rzeczywistą między dwiema miejscowościami, jeśli na mapie w skali 1:100 000 wynosi ona 12 cm.
3. Sprawdź, z których systemów nawigacji satelitarnej możesz korzystać na swoim telefonie.

4 Metody prezentowania informacji na mapach

Ważne na tej lekcji!

- kartograficzne metody przedstawiania informacji geograficznej i ich zastosowanie
- interpretowanie treści różnych map
- numeryczny model terenu

Informacje geograficzne mogą być przedstawiane za pomocą różnych kartograficznych metod prezentacji. Dzięki dużej liczbie tych metod można na mapach przedstawić bardzo różnorodne zjawiska.

Dobór metod prezentowania informacji na mapach

Wybór metody prezentacji zależy od tematu mapy, jej przeznaczenia i skali. Na przykład gęstość zaludnienia jest ukazywana w inny sposób niż rozmieszczenie upraw zbóż czy wielkość wydobycia ropy naftowej. Jeszcze inaczej pokazuje się na mapach rzeźbę terenu. Niekiedy do sporządzenia jednej mapy wykorzystuje się kilka metod prezentacji. Bez ich poznania nie da się poprawnie analizować i interpretować treści map. Najczęściej stosowane metody przedstawiania informacji na mapach opisano poniżej, a także na s. 24–25.

Metody przedstawiania rzeźby terenu na mapach

Przedstawienie rzeźby terenu na mapie jest szczególnie trudne, ponieważ wymaga pokazania trójwymiarowych obiektów na płaszczyźnie.

Metoda poziomicowa

Ukazuje ukształtowanie powierzchni za pomocą poziomic, czyli linii łączących punkty leżące na tej samej wysokości nad poziomem morza. Aby mapy poziomicowe były łatwiejsze w odczycie, umieszcza się na nich np. sygnatury stromych stoków skalnych i wąwozów, zaznacza wysokości szczytów i podpisuje poziomice.

Metoda hipsometryczna

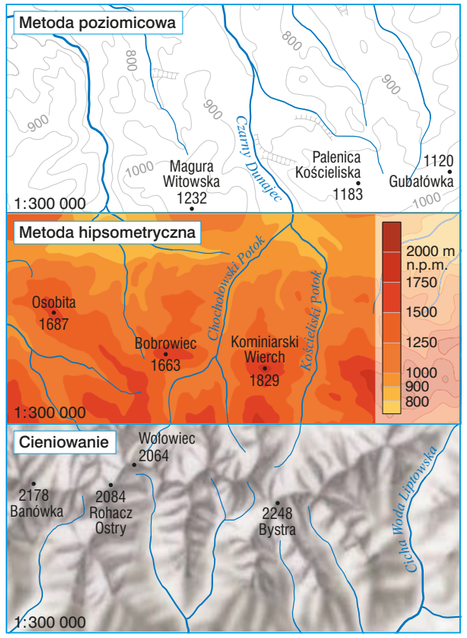
Polega na nakładaniu na mapę poziomicową barw hipsometrycznych w skali, w której poszczególnym zakresom wysokości odpowiadają inne barwy:

- terenom położonym niżej – kolory zimniejsze (zielenie),
- terenom leżącym wyżej – kolory cieplejsze (żółcie, pomarańcze, czerwienie i bordo),

Obszary wodne są przedstawiane w odcieniach niebieskiego.

Cieniowanie

Ten zabieg graficzny sprawia, że mapa staje się bardziej plastyczna. Imituje rzeczywistą sytuację, w której stoki z jednej strony są oświetlone, a z drugiej – nieoświetlone.



Jakościowe i ilościowe metody prezentacji zjawisk na mapach

Do prezentacji zjawisk na mapach wykorzystuje się metody jakościowe i ilościowe. Za pomocą metod jakościowych przedstawia się informacje o rozmieszczeniu obiektów i zjawisk, a za pomocą metod ilościowych – o wielkości i natężeniu zjawisk.

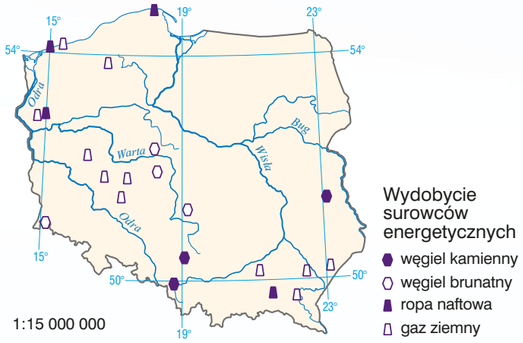
Metody jakościowe

Metoda sygnaturowa

Służy do obrazowania rozmieszczenia danego zjawiska za pomocą umownych znaków – sygnatur. Przedstawiają one na mapie obiekty, których nie można ukazać w danej skali, gdyż są zbyt małe. Wyróżnia się sygnatury:

- punktowe – wskazują miejsce występowania określonych zjawisk lub obiektów. Mogą to być figury geometryczne, litery lub piktogramy naśladujące rzeczywisty wygląd obiektów;
- liniowe – obrazują zjawiska i obiekty o charakterze liniowym (np. drogi, rzeki).

Przykłady: rozmieszczenie surowców mineralnych, przebieg dróg.

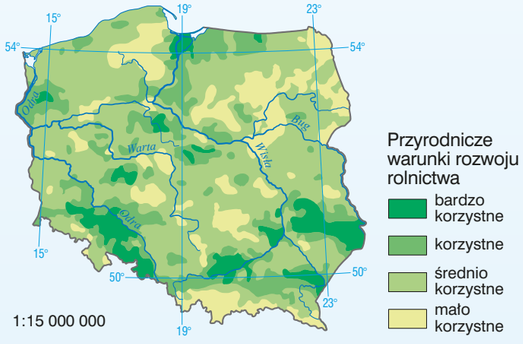


Metoda zasięgów

W tej metodzie obszar występowania danego zjawiska albo określonych obiektów prezentuje się za pomocą linii lub barw. Jeśli kontur zasięgu tworzy pełną figurę w obrębie mapy, mówi się o zasięgu zamkniętym, a jeśli wykracza poza mapę – o otwartym. W tym drugim przypadku, aby pokazać, po której stronie linii występuje zjawisko, wprowadza się czasem dodatkowe oznaczenia, np. trójkąty skierowane na zewnątrz konturu. Metoda zasięgów pozwala przedstawić na mapie kilka nakładających się na siebie zjawisk. Przykłady: występowanie wybranych gatunków zwierząt, rozmieszczenie zbiorników wód podziemnych.

Metoda powierzchniowa

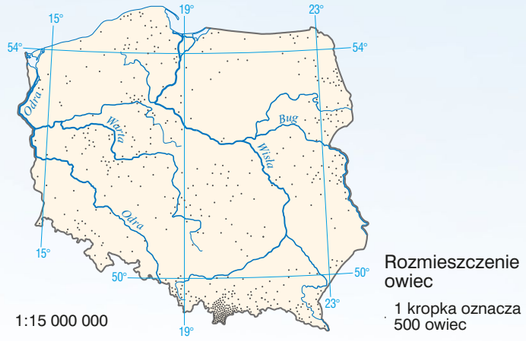
Polega na oznaczaniu barwami powierzchni, na które podzielono większy obszar ze względu na jedną określoną cechę. Taki podział nie uwzględnia charakterystyki ilościowej. Metodę powierzchniową stosuje się wtedy, gdy obszary występowania poszczególnych zjawisk nie nachodzą na siebie. Przykłady: rozmieszczenie gleb, strefy klimatyczne.



Metody ilościowe

Metoda kropkowa

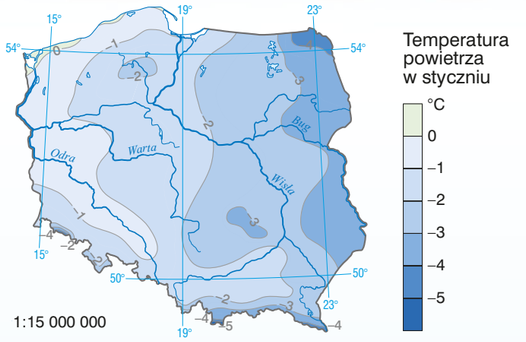
W tej metodzie wielkość zjawiska ukazują kropki (lub inne znaki graficzne) umieszczane w miejscach jego występowania. Każda kropka ma przypisaną wartość liczbową – wagę kropki. Im większe zagęszczenie kropek, tym większe natężenie danego zjawiska.
Przykłady: rozmieszczenie ludności, chów bydła.



Metoda izolinii

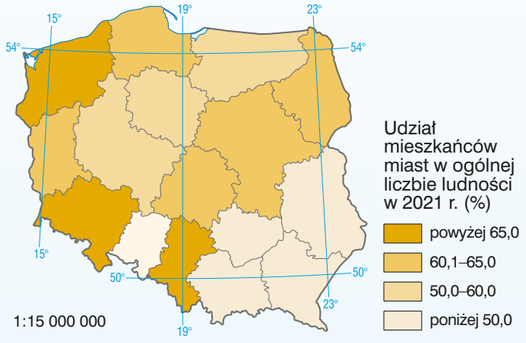
Dzięki niej można przedstawiać zjawiska zmieniające się w przestrzeni w sposób ciągły. Polega na nanoszeniu na mapy linii łączących punkty o takich samych wartościach danego zjawiska, nazywanych izoliniami.
Przykłady izolinii wraz z parametrami, które obrazują, to:

- izohipsy (poziomice) – wysokość nad poziomem morza,
- izobaty – głębokość zbiornika wodnego,
- izotermy – temperatura powietrza,
- izobary – ciśnienie atmosferyczne,
- izohiety – sumy opadów atmosferycznych,
- izoamplitudy – amplitudy, np. temperatury powietrza.



Metoda kartogramu

Polega na przedstawianiu uśrednionej wartości natężenia zjawiska w granicach danego obszaru za pomocą skali barw objaśnionej w legendzie. Podkładami kartogramu są najczęściej jednostki administracyjne (np. województwa, powiaty, gminy) lub państwa. Metodą kartogramu prezentuje się wartości względne.
Przykłady: przyrost naturalny ludności, stopa bezrobocia.

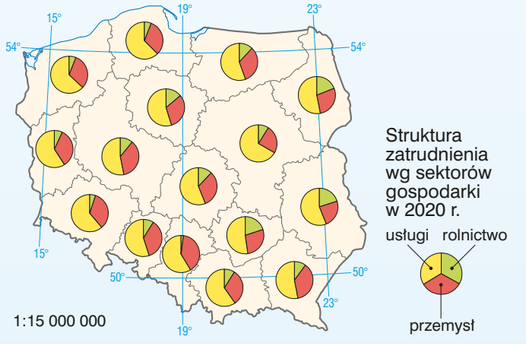


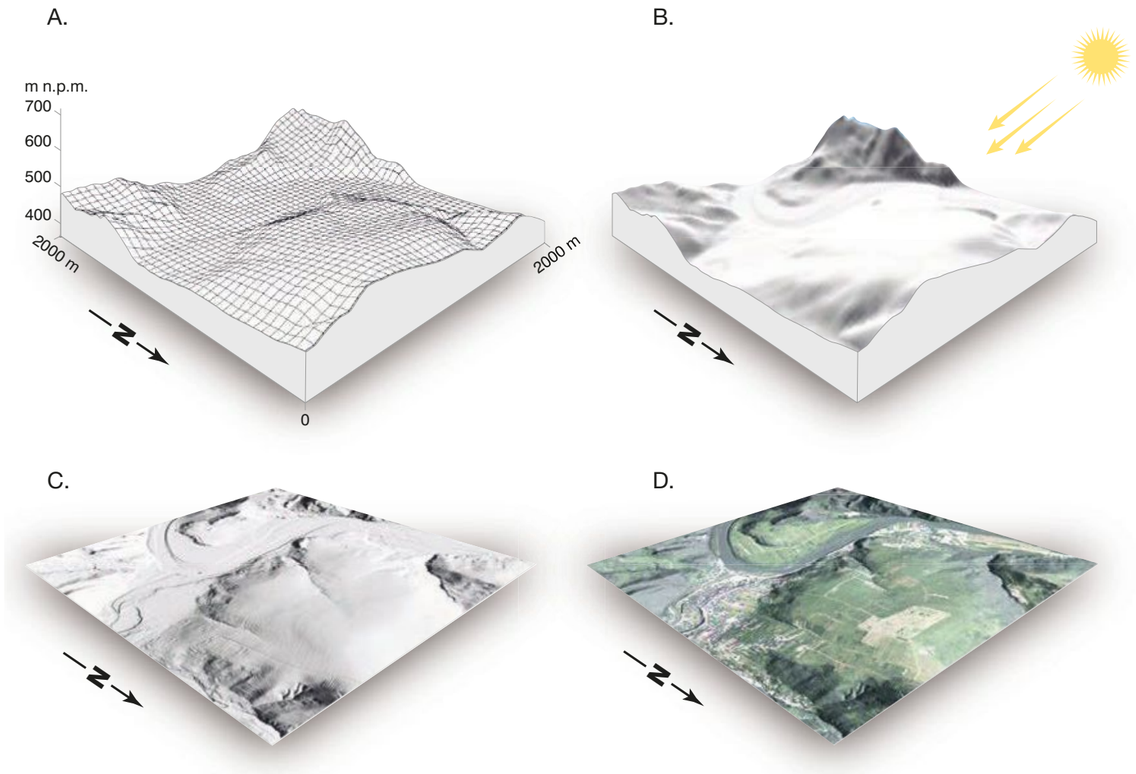
Metoda kartodiagramu

Umożliwia przedstawienie wielkości, struktury lub przebiegu zjawiska za pomocą wykresów i diagramów naniesionych na mapę. Najczęściej dotyczą one:

- punktów (np. miasta),
- powierzchni (np. województwa),
- linii (np. tras kolejowych).

Przykłady: struktura zatrudnienia, liczba ludności.





Numeryczne modele terenu często wykorzystuje się do przedstawiania ukształtowania powierzchni. Na ilustracji A zaprezentowano wizualizację przykładowego modelu z wrysowaną siatką kwadratów o wymiarach 50 m × 50 m, ale faktyczne zagęszczenie punktów tworzących ten model jest większe – 1 m × 1 m. Na ilustracji B przedstawiono sposób, w jaki na modelu terenu powstaje cieniowanie, a na kolejnych ilustracjach – cieniowany model terenu (C) oraz cieniowany model terenu z nałożoną ortofotomapą (D).

Prezentowanie informacji na mapach cyfrowych

Na mapach cyfrowych zazwyczaj wykorzystuje się takie metody prezentowania informacji jak na mapach papierowych. W niektórych przypadkach mapy cyfrowe dają jednak swym twórcom i osobom, które z nich korzystają, więcej możliwości. Takim przykładem jest **numeryczny model terenu**. Składa się on z punktów ułożonych w siatkę kwadratów lub trójkątów. Tym punktom są przypisane trzy parametry: szerokość geograficzna, długość geograficzna oraz wysokość bezwzględna. Dzięki temu można odtworzyć ukształtowanie powierzchni na danym obszarze i wykonać jego trójwymiarowe wizualizacje. Numeryczne modele terenu pozwalają również prowadzić wiele analiz, np. dotyczących spadku terenu, różnic wysokości i ekspozycji stoków. Na taki model można nałożyć mapę topograficzną lub ortofotomapę. Przykład numerycznego modelu terenu przedstawiono powyżej.

Zadania

1. Ustal, która metoda prezentowania zjawisk na mapach jest najodpowiedniejsza do przygotowania mapy przedstawiającej typy klimatów na Ziemi.
2. Wyjaśnij różnicę między kartogramem a kartodiagramem.
3. Podaj trzy przykłady obiektów, które można przedstawić na mapie za pomocą sygnatur punktowych.

5 Jak czytać mapę?

Ważne na tej lekcji!

- posługiwanie się mapą w terenie
- czytanie mapy turystyczno-topograficznej i interpretacja przedstawionych na niej treści
- korzystanie z fotografii i ze zdjęć satelitarnych
- technologie informacyjno-komunikacyjne i geoinformacyjne wykorzystywane do przetwarzania i prezentowania informacji geograficznych

Istnieje wiele rodzajów map. Z innych map korzystają turyści w górach, z innych – zawodowi kierowcy, a z jeszcze innych – geodeci. Nieustanny rozwój technologii powoduje, że coraz większą popularnością cieszą się mapy cyfrowe. Jednak niezależnie od nośnika właściwe korzystanie z map wymaga odpowiednich umiejętności.

Z powyższej mapy leśnej można odczytać m.in. powierzchnię oddziałów i pododdziałów lasu (liczby w mianowniku) oraz ich numery (liczby i litery w liczniku).

Rodzaje map

Mapy najczęściej dzieli się ze względu na treść, skalę i przeznaczenie. Niewielkie obszary, np. parki narodowe, są przedstawiane na mapach **wielkoskalowych**. Należą do nich m.in.:

- **mapy topograficzne** – są bardzo szczegółowe i prezentują większość obiektów znajdujących się na danym obszarze,
- **mapy turystyczne** – przedstawiają głównie obiekty ważne dla turystów, np. szlaki turystyczne, zabytki, restauracje i hotele (po naniesieniu sygnatur tych obiektów na mapę topograficzną powstaje mapa turystyczno-topograficzna),
- **mapy leśne** – są opracowywane dla leśników, zawierają informacje o numerach i granicach fragmentów lasu oraz o dominującym gatunku drzew.

Większe obszary przedstawia się na mapach **średnioskalowych** i **małoskalowych**. Dzięki nim można analizować np. układ mas powietrza czy zasięg stref klimatycznych.

Podział map

ze względu na treść	ze względu na skalę	ze względu na przeznaczenie
• **mapy ogólnogeograficzne** – przedstawiają ogólną charakterystykę powierzchni Ziemi i przestrzenne związki między elementami środowiska geograficznego • **mapy tematyczne** (np. mapy geomorfologiczne i glebowe) – przedstawiają tylko wybrane zjawiska; pozostałe elementy treści, np. zarysy lądów czy sieć rzeczna, służą ogólnej orientacji	• **mapy wielkoskalowe** (w tym topograficzne) – w skalach większych niż 1:200 000 • **mapy średnioskalowe** – w skalach od 1:200 000 do 1:1 000 000 • **mapy małoskalowe** (przeglądowe) – w skalach mniejszych niż 1:1 000 000	np.: • mapy turystyczne • mapy komunikacyjne • mapy wojskowe • mapy szkolne • mapy planistyczne

Krok po kroku

Orientowanie mapy

Aby właściwie korzystać z mapy w terenie, musisz ją zorientować, czyli ustawić tak, aby zaznaczony na niej kierunek północny odpowiadał północy w rzeczywistości.

Wskazówka

Na zdecydowanej większości map kierunek północny znajduje się na górze arkusza. Zawsze trzeba jednak sprawdzić, czy rzeczywiście tak jest.

1. Ułóż mapę poziomo, a następnie połóż na niej kompas lub busolę. Obracaj mapę do momentu, aż kierunek północny na mapie pokryje się z północą wskazywaną przez igłę magnetyczną.
2. Sprawdź, czy mapa jest dobrze zorientowana. Porównaj przebieg lub położenie charakterystycznych obiektów topograficznych (np. drogi, budynków) na mapie z ich przebiegiem lub położeniem w terenie.
3. Wskaż miejsce, w którym się znajdujesz. Najszybciej określisz swoją pozycję wizualnie. Wybierz kilka charakterystycznych punktów zaznaczonych na poprawnie zorientowanej mapie (np. budynek, szczyt góry, skrzyżowanie dróg, zakole rzeki) i odszukaj je w rzeczywistym otoczeniu. Wyobraź sobie linie łączące Cię z tymi punktami w terenie, a następnie – na mapie. Punkt, w którym się znajdujesz, leży w miejscu przecięcia się wyobrażonych linii. Przedstawia to poniższa ilustracja.
4. Jeśli chcesz określić swoją pozycję z większą dokładnością, np. aby przekazać informację o miejscu spotkania w terenie osobom, które nie mają odbiornika GPS, postępuj według tych samych kroków. Nie sprawdzaj jednak kierunku wizualnie, lecz wyznacz azymut na dany obiekt w terenie (→ *Krok po kroku*, s. 29).

Krok po kroku

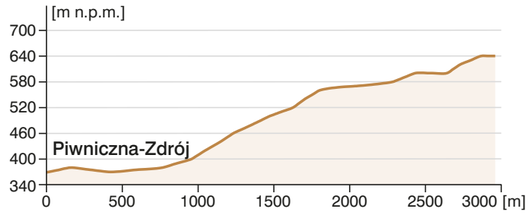
Mapy turystyczno-topograficzne szczegółowo ukazują ukształtowanie powierzchni danego obszaru oraz rozmieszczenie znajdujących się na nim obiektów. Na podstawie tych map można obliczyć odległość między punktami i powierzchnię obiektów w terenie (→ *Krok po kroku*, s. 18–19), odczytać współrzędne geograficzne (→ *Krok po kroku*, s. 21), a także przeprowadzić wiele innych analiz.

Analiza profilu terenu

Profil terenu to wykres w układzie współrzędnych przedstawiający ukształtowanie terenu wzdłuż wybranej linii.

Przykład

Na profilu terenu przedstawiono ukształtowanie powierzchni wzdłuż trasy, którą turysta szedł ze stacji kolejowej Piwniczna-Zdrój (E2) do innego punktu zaznaczonego na mapie.



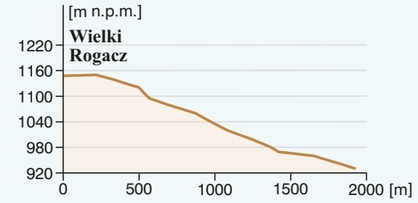
Na podstawie profilu terenu ustal, którym szlakiem turystycznym wędrował turysta.
A. Niebieskim szlakiem do Łomnicy-Zdroju.
B. Żółtym szlakiem do osiedla Zabanie.

1. Zlokalizuj na mapie stację kolejową Piwniczna-Zdrój. Następnie odszukaj przebiegające w pobliżu szlaki turystyczne (niebieski i żółty) oraz obiekty wymienione w punktach A i B.
2. Przeanalizuj układ poziomic wzdłuż obu szlaków. Wskaż odcinki o różnym nachyleniu terenu oraz te, na których trasa prowadzi w górę lub w dół. Niebieski szlak biegnie w górę do wysokości ok. 600 m n.p.m. Następnie dość płaskim grzbietem prowadzi przez szczyt Bucznika, a pod koniec, na niewielkim odcinku – w dół. Z kolei żółty szlak na wymienionym odcinku początkowo biegnie po równym terenie wzdłuż rzeki, a następnie – pod górę (najpierw dość stromo, a potem łagodniej, aż do wysokości ok. 640 m n.p.m.).
3. Zdecyduj, którym szlakiem szedł turysta.

Odpowiedź: Turysta szedł żółtym szlakiem.

Rozwiąż samodzielnie

Turysta wyruszył ze skrzyżowania pod Wielkim Rogaczem (B2). Na podstawie profilu terenu ustal, czy doszedł do przełęczy Obidza, czy do Trześniowego Gronia.



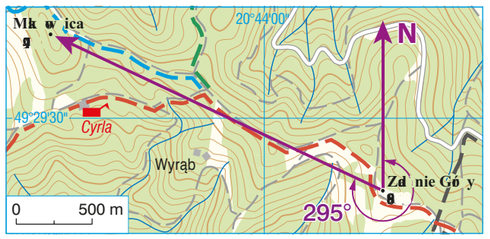
Wyznaczanie azymutu

Azymut to kąt zawarty między kierunkiem północnym a kierunkiem na dany punkt. Przyjmuje wartości od 0° do 360°. Mierzy się go zgodnie z ruchem wskazówek zegara.

Przykład

Ustal, na jaki azymut powinien się kierować turysta, aby dojść ze szczytu Zadnich Gór (F1) do szczytu Makowicy (E1).

1. Znajdź na mapie kierunek północny. Na tej mapie północ znajduje się na górze.
2. Zmierz kąt zawarty między kierunkiem północnym a kierunkiem ze szczytu Zadnich Gór do szczytu Makowicy.



Odpowiedź: Turysta powinien się kierować na azymut 295°.

Rozwiąż samodzielnie

Ustal, na jaki azymut powinien się kierować turysta, aby dojść ze szczytu Radziejowej do pomnika Tysiąclecia Chrztu Polski (B2).

Czytanie mapy turystyczno-topograficznej (cd.)

Krok po kroku

Obliczanie średniego nachylenia terenu

Przykład

Oblicz średnie nachylenie terenu między przełęczą Żłobki a szczytem Radziejowej (B2). Podaj wynik w promilach i procentach.

1. Odczytaj z mapy wysokości bezwzględne wymienionych obiektów geograficznych.
   Przełęcz Żłobki: 1104 m n.p.m.
   Szczyt Radziejowej: 1262 m n.p.m.
2. Oblicz różnicę wysokości (H) między przełęczą Żłobki a szczytem Radziejowej.
   H = 1262 m – 1104 m = 158 m
3. Oblicz odległość między tymi obiektami w poziomie (L).
   Odległość zmierzona na mapie: 1,6 cm
   Skala mapy: 1:50 000
   1 cm – 500 m
   1,6 cm – L
   L = 1,6 cm · 500 m : 1 cm = 800 m
4. Oblicz średnie nachylenie terenu (J). Skorzystaj ze wzoru J = H : L.
   J = 158 m : 800 m = 0,2
5. Pomnóż wynik w postaci niemianowanej przez 100 (otrzymasz wartość w procentach) oraz przez 1000 (otrzymasz wartość w promilach).
   0,2 · 100 = 20%
   0,2 · 1000 = 200‰

Odpowiedź: Średnie nachylenie terenu między przełęczą Żłobki a Radziejową wynosi 20% (200‰).

Rozwiąż samodzielnie

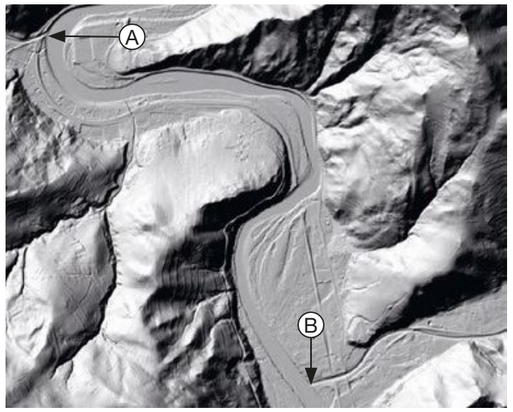
Oblicz średnie nachylenie terenu między leśniczówką koło Zamczyska (D1) a szczytem Makowicy (E1). Podaj wynik w promilach i procentach.

Obliczanie skali modelu terenu (reliefu)

Cieniowany model terenu przedstawiający ukształtowanie powierzchni danego obszaru i elementy jego pokrycia czasami nazywa się reliefem.

Przykład

Oblicz skalę reliefu, który przedstawia fragment obszaru w polach E2 i E3 mapy turystyczno-topograficznej. Skalę liczbową podaj w zaokrągleniu do tysięcy.



1. Wybierz dwa obiekty, które możesz dokładnie zlokalizować zarówno na mapie, jak i na reliefie.
   Punkt A: ujście Czercza do Popradu
   Punkt B: ujście Łomniczanki do Popradu
2. Zmierz odległość między punktem A a punktem B na mapie i na reliefie.
   Odległość na mapie: 3,9 cm
   Odległość na reliefie: 5,8 cm
3. Na podstawie mapy oblicz odległość między tymi punktami w terenie.
   1 cm – 500 m
   3,9 cm – x
   x = 500 m · 3,9 cm : 1 cm = 1950 m
4. Oblicz skalę reliefu.
   5,8 cm – 1950 m
   1 cm – y
   y = 1950 m · 1 cm : 5,8 cm = 336,2 m

Odpowiedź: Skala reliefu to 1:34 000.

Rozwiąż samodzielnie

Oblicz skalę reliefu przedstawiającego fragment obszaru w polach D2 i E2 mapy.

Czytanie mapy turystyczno-topograficznej (cd.)

Krok po kroku

Obliczanie czasu przejścia trasy

Przykład

Oblicz, ile czasu zajmie turyście przejście niebieskim szlakiem od mostku na Popradzie przy stacji kolejowej Piwniczna-Zdrój (E2) do domu wypoczynkowego w Łomnicy-Zdroju (F2), jeśli długość tej trasy na mapie wynosi 7,6 cm. Wynik zaokrąglij do 1 minuty. Przyjmij, że:

- mostek na Popradzie znajduje się na wysokości 370 m n.p.m.,
- dom wypoczynkowy w Łomnicy-Zdroju leży na wysokości 485 m n.p.m.,
- średnia prędkość pieszego na nienachylonym terenie wynosi 4 km/h,
- na każde 100 m podejścia należy doliczyć 10 minut, a na 100 m zejścia – 5 minut.

1. Oblicz długość trasy w terenie (bez uwzględnienia różnic wysokości).
   1 cm – 500 m
   7,6 cm – x
   x = 500 m · 7,6 cm : 1 cm = 3800 m
2. Oblicz czas przejścia trasy (bez uwzględnienia różnic wysokości).
   4000 m – 60 min
   3800 m – y
   y = 60 min · 3800 m : 4000 m = 57 min
3. Oblicz czas, który należy doliczyć z uwagi na podejścia i zejścia. Zauważ, że turysta szedł najpierw w górę na szczyt Bucznika (602 m n.p.m.), a następnie z niego schodził.
   Podejścia: 602 m – 370 m = 232 m
   232 m · 10 min : 100 m = 23,2 min
   Zejścia: 602 m – 485 m = 117 m
   117 m · 5 min : 100 m = 5,85 min
4. Oblicz całkowity czas przejścia trasy.
   57 min + 23,2 min + 5,85 min = 86,05 min

Odpowiedź: Przejście trasy zajmie turyście 86 minut.

Rozwiąż samodzielnie

Oblicz, ile czasu zajmie turyście przejście czerwonym szlakiem od pensjonatu w Suchej Strudze (D1) do szczytu Zadnich Gór (F1). Długość tej trasy na mapie wynosi 10,2 cm. Wynik zaokrąglij do 1 minuty. Przyjmij, że pensjonat w Suchej Strudze znajduje się na wysokości 340 m n.p.m.

Identyfikowanie obiektów na fotografii

Przykład

Ustal, w którym polu mapy znajduje się przedstawiona wieża widokowa: D1 czy B2.

1. Odszukaj na mapie pola D1 i B2. Zauważ, że w legendzie mapy nie ma sygnatury wieży widokowej. To oznacza, że wieża widokowa znajduje się w miejscu oznaczonym jako punkt widokowy. Przeanalizuj położenie punktów widokowych we wskazanych polach.
   W polu D1 punkt widokowy znajduje się na niewielkim wzniesieniu w pobliżu dna doliny, w sąsiedztwie zamku. Z kolei w polu B2 punkt widokowy jest zaznaczony na zalesionym wierzchołku Radziejowej.
2. Przyjrzyj się fotografii. Zauważ, że wieża widokowa znajduje się w borze świerkowym, na wysokim grzbiecie górskim.
3. Zdecyduj, która lokalizacja odpowiada otoczeniu wieży przedstawionej na fotografii.

Odpowiedź: Wieża widokowa przedstawiona na fotografii znajduje się w polu B2.

Rozwiąż samodzielnie

Ustal, który obiekt widać na poniższej fotografii: Bacówkę na Obidzy (B3), dom wypoczynkowy w Kątach (F3) czy schronisko Cyrla (E1).

Czytanie mapy turystyczno-topograficznej (cd.)

Krok po kroku

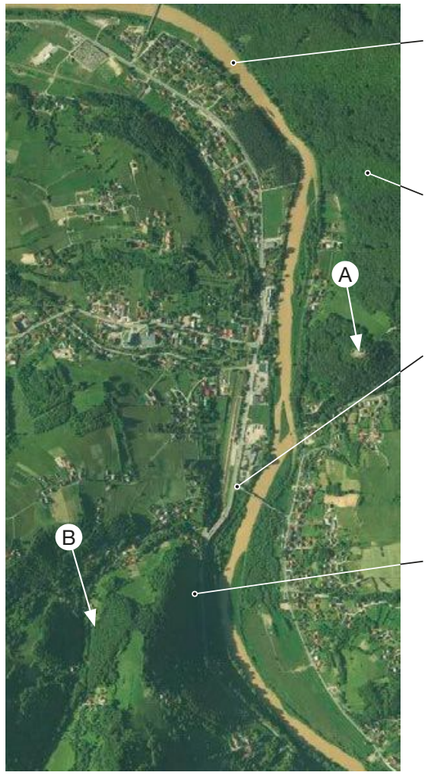
Identyfikowanie obiektów na zdjęciu satelitarnym

Wiele dostępnych obecnie zdjęć satelitarnych to ortofotomapy – obrazy o jednolitej skali na całej powierzchni, wpisane w układ współrzędnych geograficznych.

Przykład

Podaj nazwę obiektu oznaczonego na poniższym zdjęciu satelitarnym literą A i ustal, który szlak turystyczny przebiega przez punkt oznaczony literą B.

1. Odszukaj na mapie obszar przedstawiony na zdjęciu satelitarnym. Skorzystaj z informacji zamieszczonych obok poniższego zdjęcia.
2. Odszukaj na mapie obiekt oznaczony literą A i podaj jego nazwę. Zwróć uwagę, że jest to jedyna budowla na szczycie zalesionego wzgórza znajdującego się nad rzeką.
3. Odszukaj na mapie punkt B. Sprawdź, który szlak turystyczny przez niego przebiega.



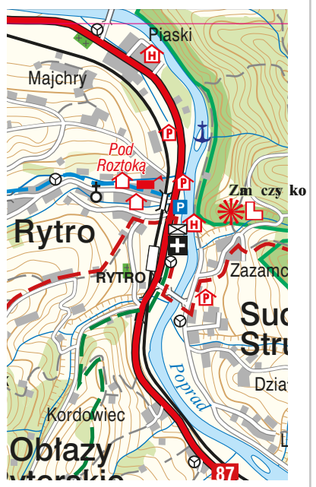
Przyjrzyj się przebiegowi rzeki. Spróbuj odszukać ten sam kształt na mapie. Pamiętaj, że skala zdjęcia może być inna niż skala mapy.

Przyjrzyj się pokryciu terenu, szczególnie rozmieszczeniu większych kompleksów leśnych i obszarów zabudowanych.

Przeanalizuj przebieg dróg i linii kolejowych. Zwróć uwagę na ich położenie względem siebie i względem rzeki. Istotna jest także lokalizacja mostów i skrzyżowań.

Zauważ, że na zdjęciu satelitarnym widać cienie. Dzięki nim łatwiej zidentyfikować formy rzeźby terenu.

Zdjęcia satelitarne mają najczęściej orientację północną, czyli taką jak mapa.

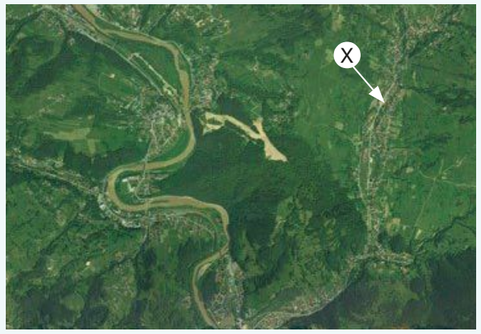


Cieniowanie na zdjęciu sugeruje, że punkt B leży w dolinie o stromych stokach. Zauważ, że na mapie w tym miejscu jest zaznaczona skarpa.

Odpowiedź: A – Zamczysko, B – szlak zielony.

Rozwiąż samodzielnie

Podaj nazwę miejscowości oznaczonej na zdjęciu satelitarnym literą X.



Czytanie mapy turystyczno-topograficznej (cd.)

Krok po kroku

Identyfikowanie obiektów na geokompozycji

Geokompozycją określa się często niestandardowy widok modelu terenu. Tego typu ilustracje pokazują zazwyczaj obszar tak, jakby był oglądany z lotu ptaka – pod stosunkowo niewielkim kątem do powierzchni terenu. W związku z tym na geokompozycji nie ma podanej skali, co może utrudniać jej analizę.

Przykład

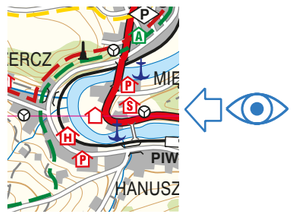
Ustal, które szlaki turystyczne przebiegają przez punkt oznaczony na poniższej geokompozycji literą X.

1. Odszukaj na mapie obszar przedstawiony na geokompozycji. Zauważ, że jej orientacja jest inna niż orientacja mapy. Aby ustalić, w którym kierunku jest zorientowana, przyjrzyj się elementom zaznaczonym na poniższej ilustracji. Ta geokompozycja jest zorientowana w kierunku zachodnim.
2. Odszukaj na mapie punkt X i sprawdź, które szlaki turystyczne przez niego przebiegają.

Wzdłuż mniejszej, lokalnej drogi, przebiegającej po zewnętrznej stronie zakola, ciągną się zabudowania.

W kierunku dalszego planu biegną droga i rzeka – dopływ Popradu.

Linia kolejowa przebiega wzdłuż zewnętrznej strony zakola.



Geokompozycja jest zorientowana w kierunku zachodnim.

Po lewej stronie geokompozycji widać kładkę.

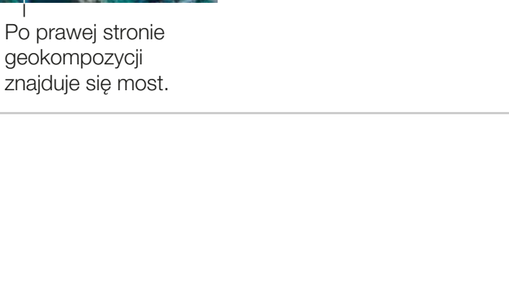
Główna droga prowadzi po wewnętrznej stronie zakola.

Po prawej stronie geokompozycji znajduje się most.

Odpowiedź: Przez punkt X przebiegają szlaki czerwony i zielony.

Rozwiąż samodzielnie

Na geokompozycji przedstawiono most w Rytrze (D1), przez który przebiega czerwony szlak turystyczny. Ustal, czy turysta wybierający się do Chaty Kordowiec (D2) powinien iść w kierunku oznaczonym literą A, czy w kierunku oznaczonym literą B.



Zadania

1. Przedstaw podział map ze względu na skalę.
2. Podaj przykład wykorzystania mapy topograficznej.
3. Wyjaśnij, na czym polega orientowanie mapy.

6 Systemy informacji geograficznej

Ważne na tej lekcji!

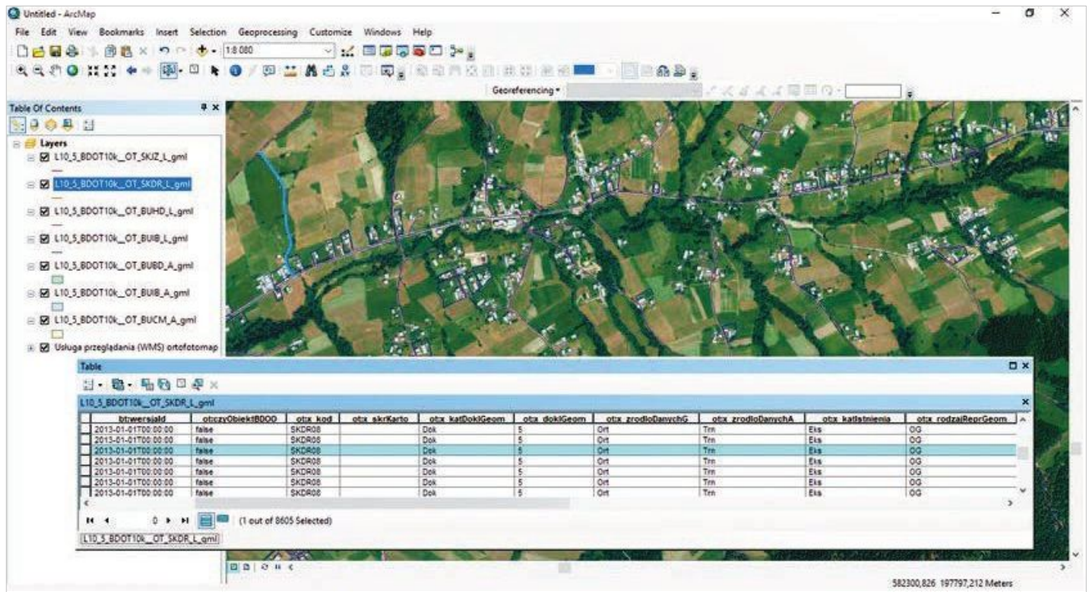
- wykorzystanie narzędzi GIS do analizy przestrzennego zróżnicowania środowiska geograficznego
- wykorzystanie technologii informacyjno-komunikacyjnych i geoinformacyjnych do pozyskiwania, przechowywania, przetwarzania i prezentacji informacji geograficznych

Odnalezienie różnych obiektów lub opisanie ich położenia nie stwarza obecnie większych problemów. Dzięki internetowi, mapom oraz aplikacjom nawigacyjnym z łatwością można poznać ich współrzędne geograficzne. Jednak dotarcie do innych informacji, umożliwiających np. porównywanie dużej liczby obiektów ze względu na konkretną cechę, wciąż jest trudne i czasochłonne. Dlatego właśnie stworzono GIS.

Czym są GIS?

GIS – systemy informacji geograficznej (ang. *Geographical Information Systems*) – to zbiór narzędzi komputerowych służący do gromadzenia, opisu, analizy oraz prezentacji **danych przestrzennych**, czyli informacji o obiektach i zjawiskach zlokalizowanych w przestrzeni.

Dawniej te informacje przedstawiano na rysunkach, a w późniejszym czasie – na mapach. Współcześnie do przetwarzania i analizy danych przestrzennych wykorzystuje się komputery oraz specjalistyczne oprogramowanie. Dzięki temu GIS to nie tylko mapa w komputerze, lecz także potężna **baza danych**. Zawiera bowiem dodatkowe informacje o obiektach nazywane **atrybutami**. Są one zamieszczane w tabelach i dotyczą lokalizacji, wielkości oraz wielu innych cech obiektów (takich jak rodzaj drogi, typ gleby czy lasu). Przykład takiej tabeli znajduje się poniżej.



W GIS do każdego obiektu są przypisane dodatkowe informacje (atrybuty). Na przykład w tabeli dotyczącej fragmentu drogi zaznaczonego niebieskim kolorem znajdują się informacje o jego szerokości, rodzaju nawierzchni czy stanie technicznym. Każdy z tych atrybutów można wykorzystać do osobnej analizy.

GIS – jak to działa?

W GIS do wizualizacji danych przestrzennych wykorzystuje się warstwy tematyczne. Każda z nich dotyczy tylko jednego zagadnienia, np. sieci drogowej. Program komputerowy analizuje te dane i wyszukuje obiekty o określonych przez nas atrybutach poprzez ich dodawanie lub odejmowanie.

1

GIS umożliwiają odnalezienie np. domu jednorodzinnego położonego nie dalej niż 300 m od rzeki i 100 m od granicy lasu, ale z dogodnym dojazdem.

2

Poszukiwania obiektu powinniśmy rozpocząć od odnalezienia w tabeli przypisanej do warstwy Budynki obiektów o atrybucie jednorodzinny.

3, **4**

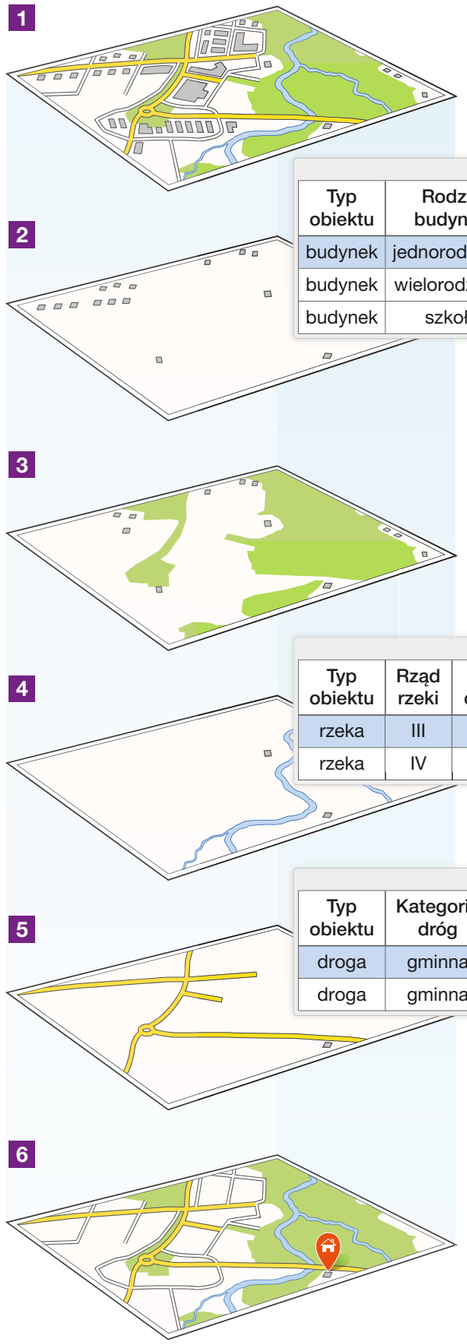
Program komputerowy porówna warstwę Budynki (z zaznaczonymi obiektami o atrybucie jednorodzinny) z warstwami Lasy oraz Sieć hydrograficzna i wybierze tylko te budynki, które znajdują się nie więcej niż 100 m od granicy lasu i 300 m od rzeki.

5

Jeśli nałożymy na wybrane warstwy kolejną – Drogi, będziemy mogli ustalić, który z budynków jednorodzinnych znajduje się najbliżej drogi asfaltowej (zapewniającej dogodny dojazd).

6

Ostatecznie uzyskamy mapę, na której będzie się znajdować wyłącznie obiekt odpowiadający określonym przez nas atrybutom.



Typ obiektu	Rodzaj budynku	Funkcja budynku	Liczba pięter
budynek	jednorodzinny	mieszkaniowa	1
budynek	wielorodzinny	mieszkaniowa	5
budynek	szkoła	edukacyjna	3

Typ obiektu	Siedlisko
las	bór
las	łęg

Typ obiektu	Rząd rzeki	Długość całkowita (km)	Klasa jakości wód
rzeka	III	27	IV
rzeka	IV	12	IV

Typ obiektu	Kategoria dróg	Rodzaj nawierzchni	Szerokość jezdni (m)
droga	gminna	asfaltowa	10
droga	gminna	żwirowa	7

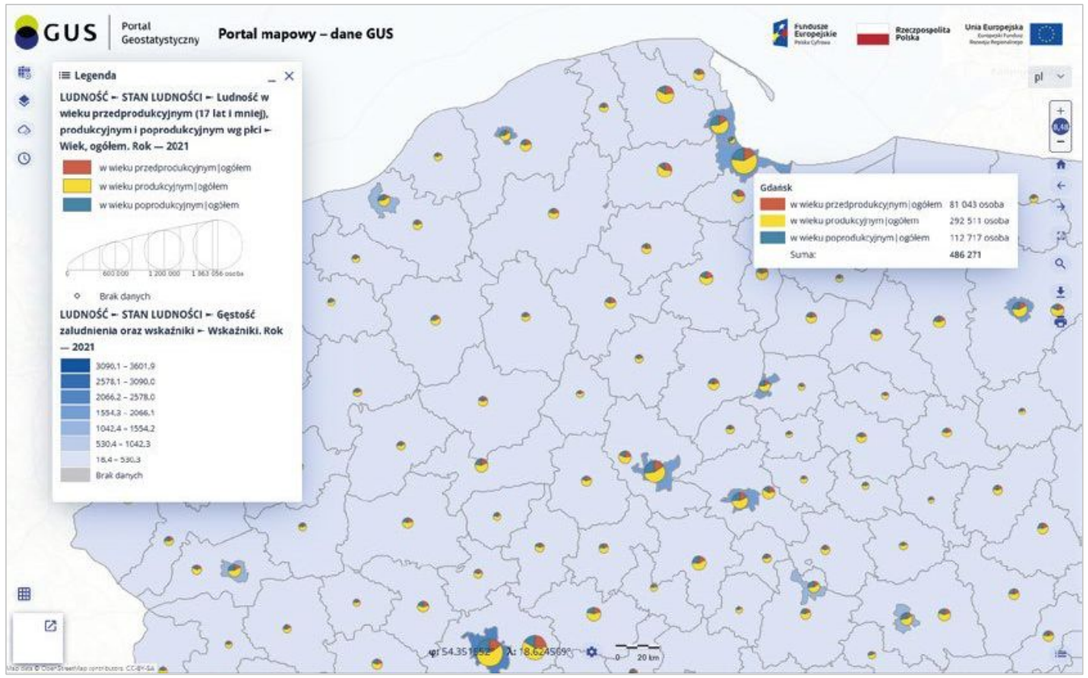
GIS, w przeciwieństwie do tradycyjnych map, pozwalają **umieszczać nieskończenie wiele informacji** o obiektach. Dzięki temu można analizować związki oraz zależności zachodzące w środowisku geograficznym, np. między rodzajem gleby i nachyleniem terenu a typem lasu. GIS mogą również znacznie ułatwiać podejmowanie takich decyzji, jak wybór lokalizacji nowego przedszkola (m.in. na podstawie informacji o miejscach zamieszkania rodzin z małymi dziećmi) czy domu jednorodzinnego, do którego byłby dogodny dojazd mimo położenia w bliskim sąsiedztwie lasu.

? *Wymień informacje o lokalizacji punktu, gdzie znajduje się krzesło, na którym teraz siedzisz: od jego położenia w kosmosie i na Ziemi, poprzez warunki środowiska (np. budowę geologiczną, klimat, strefę roślinną), aż do lokalizacji w miejscowości oraz położenia w budynku szkoły i w sali lekcyjnej.*

Geoportale

Systemy informacji geograficznej są obecnie dostępne dla każdego. Nie trzeba być specjalistą, aby z nich korzystać. Częścią GIS są **geoportale**, czyli strony internetowe prezentujące różnorodne dane przestrzenne. Na przykład w oficjalnym geoportalu rządowym znajdują się m.in. mapy topograficzne, zdjęcia lotnicze i numeryczny model terenu dla całego obszaru Polski.

Większość geoportali umożliwia komponowanie własnych map poprzez włączanie i wyłączanie warstw, które są widoczne na ekranie komputera. Co więcej, niektóre portale oraz liczne programy komputerowe GIS pozwalają prezentować dane przestrzenne za pomocą dowolnie **wybranych metod kartograficznych** (→ metody prezentowania informacji na mapach, s. 23). Umożliwiają także łączenie tych metod na jednej mapie. Przykład takiego rozwiązania znajduje się poniżej.



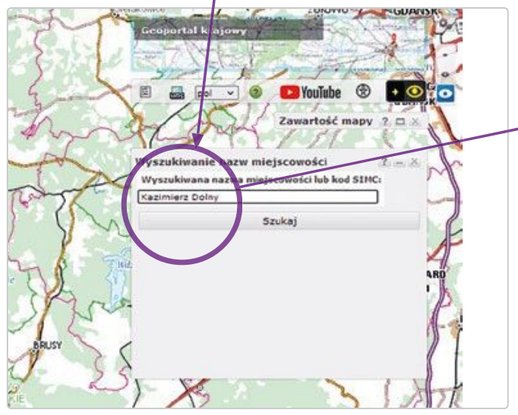
Portal Geostatystyczny udostępnia dane statystyczne Głównego Urzędu Statystycznego i pozwala wykonywać mapy z wykorzystaniem kilku metod kartograficznych. Na powyższym przykładzie metodą kartogramu przedstawiono gęstość zaludnienia w powiatach, a metodą kartodiagramu – strukturę ludności według ekonomicznych grup wieku w tych powiatach.

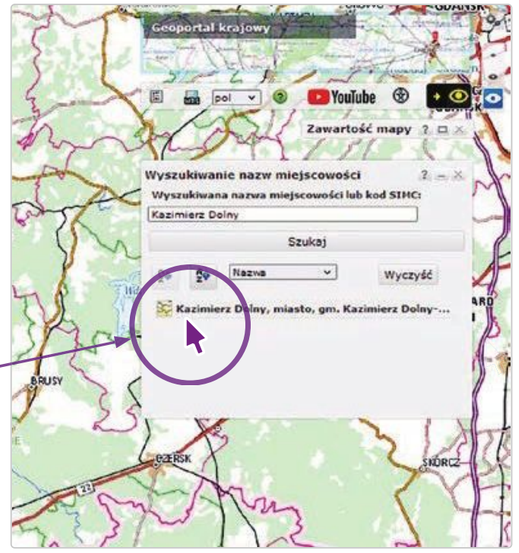
GIS – odkrywanie ukrytej przestrzeni

Podręcznik i komputer z dostępem do internetu – to wszystko, czego potrzebujesz, aby korzystać z systemów informacji geograficznej. Dzięki rządowemu geoportalowi dokonasz analizy zróżnicowania przestrzennego i zależności w środowisku geograficznym na wybranym obszarze, np. w okolicach Kazimierza Dolnego.

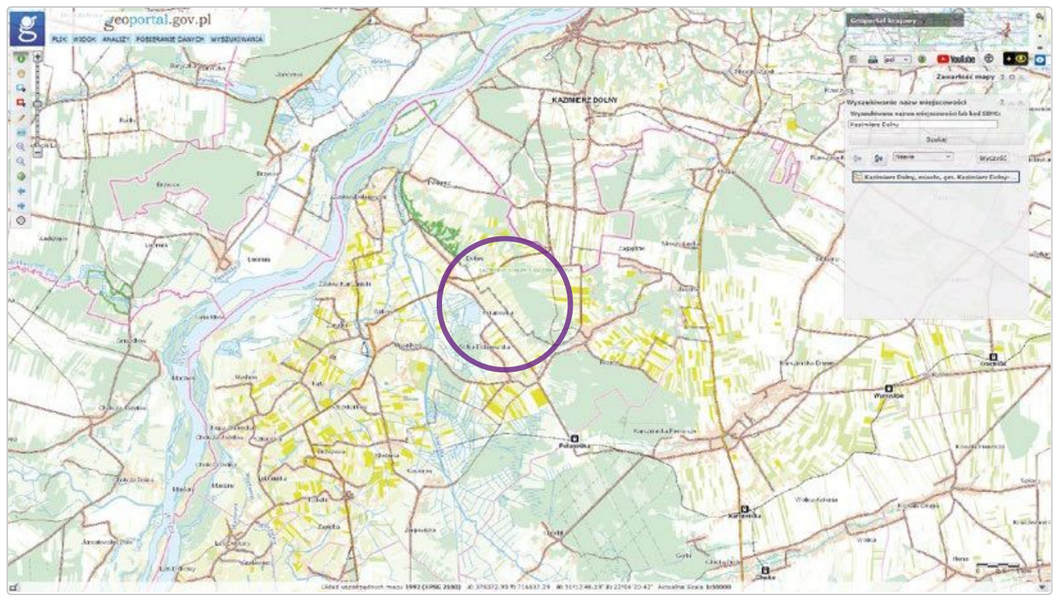
1 Wejdź na stronę **geoportal.gov.pl** i kliknij przycisk Geoportal Krajowy.

2 Gdy na ekranie monitora pojawi się mapa, kliknij przycisk WYSZUKIWANIA, a następnie – Wyszukiwanie nazw miejscowości. W oknie Szukaj wpisz nazwę: Kazimierz Dolny. Następnie kliknij Kazimierz Dolny – miasto...



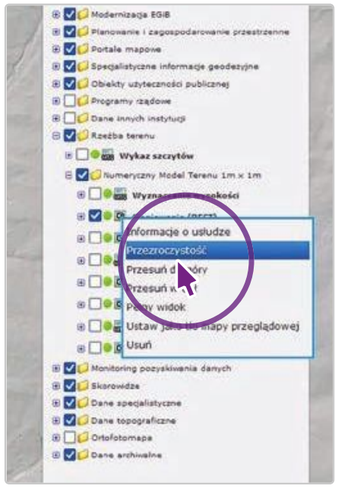


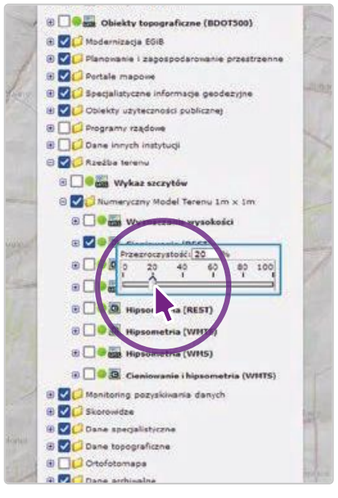
3 Ustaw mapę tak, aby miejscowość Polanówka, położona na południe od Kazimierza Dolnego, znalazła się na środku ekranu. Pamiętaj, że w oknie Zawartość mapy powinna być zaznaczona tylko warstwa Cieniowanie (REST).



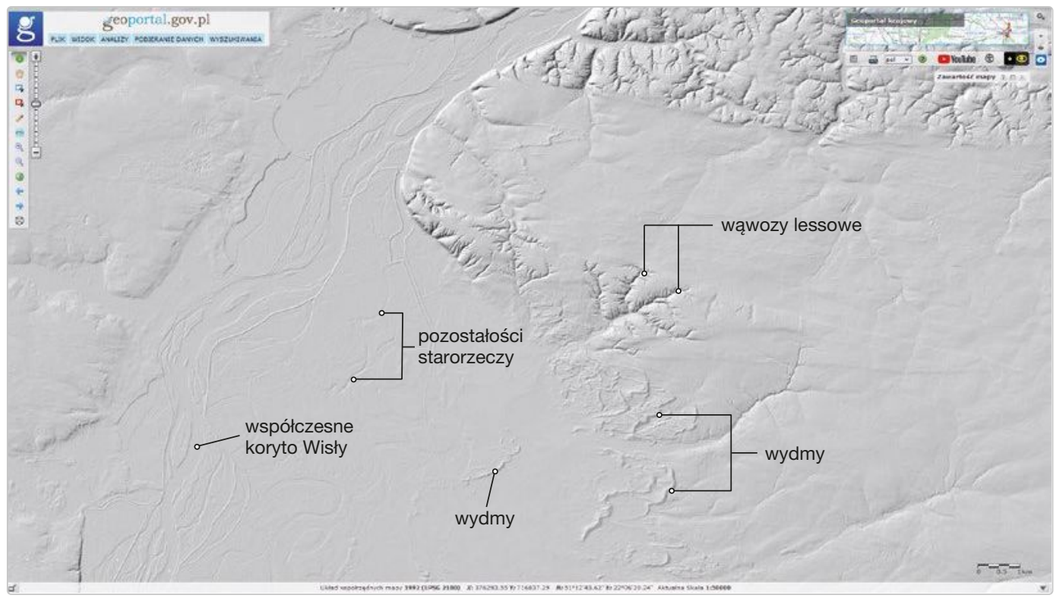
4 Kliknij symbol ▦ i rozwiń menu. Otwórz folder Rzeźba terenu, a następnie – Numeryczny Model Terenu 1 m × 1 m. Wybierz warstwę Cieniowanie (REST).

5 Aby dostrzec charakterystyczne elementy ukształtowania powierzchni tego obszaru, musisz wybrać właściwy parametr przezroczystości warstwy. Kliknij prawym przyciskiem myszy warstwę Cieniowanie (REST), a następnie wybierz wartość przezroczystości, np. 20%.





6 Na uzyskanym numerycznym modelu terenu zwróć uwagę na charakterystyczne elementy krajobrazu zaznaczone poniżej. Pamiętaj, że w oknie Zawartość mapy powinna być zaznaczona tylko warstwa Cieniowanie (REST).



7 Otwórz folder Ortofotomapa i wybierz warstwę Wysokiej rozdzielczości. Możesz ustawić jej przezroczystość i przezroczystość warstwy Cieniowanie (REST) tak, aby obie były dobrze widoczne. Jednoczesna analiza dwóch warstw mapy pozwoli Ci np. dostrzec, że większe kompleksy leśne zachowały się tylko tam, gdzie występują luźne piaski (wydmy) i wąwozy, czyli na terenach niewykorzystywanych rolniczo.

? *Na podstawie strony geoportal.gov.pl wskaż i opisz trzy przykłady zależności między elementami środowiska geograficznego występującymi w Twojej miejscowości.*

Centra zarządzania kryzysowego korzystają z GIS np. podczas wyznaczania najszybszej trasy dojazdu karetki pogotowia do miejsca wypadku.

Dane zebrane w terenie i ich analiza z wykorzystaniem GIS pozwalają rolnikom m.in. dobrać rodzaj upraw do właściwości gleb.

Przykłady wykorzystania GIS

Systemy informacji geograficznej mają zastosowanie w wielu dziedzinach, m.in. w ratownictwie i zarządzaniu kryzysowym. Wspomagają one pracę **służb ratunkowych**, takich jak policja, straż pożarna czy pogotowie ratunkowe. Na przykład GOPR i policja wykorzystują GIS podczas poszukiwań osób zaginionych – analizują zabudowę, pokrycie terenu oraz sieć dróg i ścieżek. GIS znacznie ułatwiają też ocenę ryzyka powstania pożaru lasu oraz walkę z ogniem. Pozwalają bowiem stworzyć symulację rozprzestrzeniania się pożaru na podstawie danych dotyczących m.in. kierunków wiatru, typu lasu, zabudowy czy ukształtowania terenu. Za pomocą GIS opracowuje się również **mapy zagrożenia powodziowego**.

Inną sferą, w której znajdują zastosowanie systemy informacji geograficznej, jest działalność gospodarcza. Wykorzystuje się je do prowadzenia **przestrzennych analiz biznesowych**, które ułatwiają podejmowanie decyzji w marketingu, sprzedaży czy obsłudze klienta. Na przykład gdy niektóre sieci sklepów pytają klientów o kod pocztowy, chcą ustalić, gdzie oni mieszkają i jakie produkty kupują, aby jak najlepiej dostosować ofertę do ich potrzeb. GIS pomagają też podczas podejmowania decyzji o **lokalizacji punktu usługowego**, np. gabinetu stomatologicznego (dzięki nim można przeanalizować wiek mieszkańców poszczególnych części osiedla). Coraz częściej GIS wykorzystuje się także w **turystyce**. Geoportale z atrakcjami turystycznymi, aplikacje na telefon prowadzące w ciekawe miejsca i dostarczające o nich informacji, aplikacje do wyszukiwania połączeń komunikacyjnych – to tylko niektóre przykłady takich zastosowań.

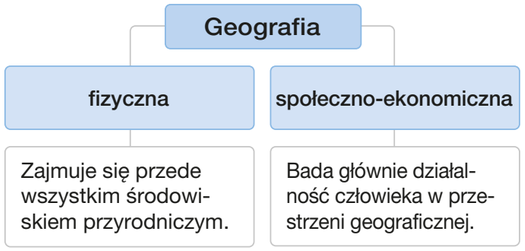
O tym, jak bardzo przydatne do analizy przestrzennej środowiska geograficznego wybranego obszaru mogą być geograficzne systemy informacyjne, przekonasz się dzięki elementowi PoGISujmy zamieszczonemu w wybranych lekcjach podręcznika.

Zadania

1. Wyjaśnij, czym są systemy informacji geograficznej.
2. Wymień pięć przykładów zastosowań GIS w analizie zróżnicowania środowiska geograficznego.
3. Jakie źródła informacji przestrzennych są dostępne w internecie? Zapisz w zeszycie nazwy trzech z nich.
4. Napisz w zeszycie, czym są atrybuty obiektów w GIS i w jaki sposób ułatwiają analizę przestrzenną środowiska geograficznego.
5. * Wykonaj kartogram gęstości zaludnienia w Polsce według województw. W tym celu skorzystaj z Portalu Geostatystycznego.

Podsumowanie

- **Geografia** to nauka zajmująca się przede wszystkim badaniem środowiska przyrodniczego oraz społeczno-gospodarczej działalności człowieka. Istotnym zadaniem geografii jest też analizowanie zależności między elementami środowiska geograficznego. Obejmuje ona zatem całokształt powiązań środowiska przyrodniczego z wytworami działalności człowieka.



- **Środowisko przyrodnicze** składa się z elementów przyrody ożywionej i nieożywionej. Z kolei **środowisko geograficzne** obejmuje całą przyrodę oraz wytwory działalności człowieka.
- **Wiedzę geograficzną** bardzo często wykorzystuje się podczas:
  - wyznaczania kierunków rozwoju regionów oraz państw,
  - opracowywania planów zagospodarowania przestrzennego,
  - wyznaczania najlepszych lokalizacji dla planowanych inwestycji,
  - oceny wpływu przeprowadzonych inwestycji na środowisko.
- Geografia zajmuje się m.in. badaniem powłoki ziemskiej podzielonej na **pięć sfer**.

- Analizy prowadzone obecnie przez geografów mają charakter **interdyscyplinarny**. To oznacza, że coraz częściej wykorzystują oni osiągnięcia naukowców z różnych dziedzin i wypracowane przez nich metody badawcze.

Źródła informacji geograficznej

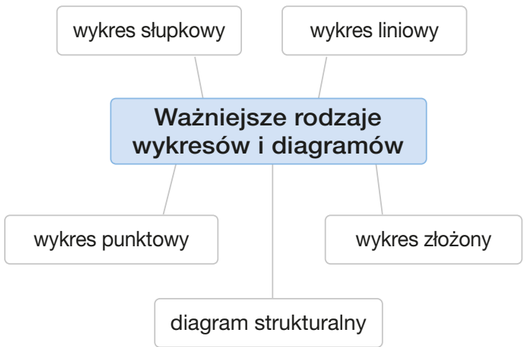
Źródła	Przykłady
tekstowe	• podręczniki • encyklopedie • przewodniki turystyczne
liczbowe	• dane statystyczne • wykresy i diagramy
kartograficzne	• mapy • plany • atlasy geograficzne
graficzne	• zdjęcia • ilustracje
elektroniczne	• strony internetowe • geoportale • GIS
multimedialne	• filmy popularnonaukowe • aplikacje komputerowe

- W procesie **tworzenia map** często wykorzystuje się zdjęcia lotnicze i zdjęcia satelitarne.
- Wykonywaniem, przetwarzaniem i analizą zdjęć lotniczych oraz zdjęć satelitarnych zajmuje się **teledetekcja**.
- Dane statystyczne można zaczerpnąć np. ze stron **Głównego Urzędu Statystycznego**, zwłaszcza z serwisu Bank Danych Lokalnych.
- Wiele **danych zbiera się w terenie**. Dotyczy to np. temperatury powietrza, stopnia zanieczyszczenia rzek czy rodzaju skał.
- Aby dane uzyskane z różnych źródeł były przydatne, trzeba wiedzieć:
  - **gdzie zostały zebrane** – bez tego nie można ich analizować w konkretnej przestrzeni,
  - **kiedy je zebrano** – niektóre dane bardzo szybko stają się nieaktualne (np. dane sprzed 10 lat dotyczące liczby ludności określonego kraju),
  - **w jaki sposób zostały zebrane** – wszystkie pomiary muszą przebiegać zgodnie z metodologią badań geograficznych.

Metody badań geograficznych

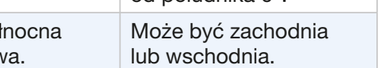
Metody ilościowe	Metody jakościowe
Odpowiadają na pytanie: *Ile?*.	Odpowiadają na pytania: *Jak?*, *Dlaczego?*.
Pozwalają zebrać dane liczbowe, np. wartości temperatury powietrza w określonym miejscu i czasie.	Pozwalają zebrać informacje opisowe, np. stopień zadowolenia z poziomu infrastruktury turystycznej.
Wymagają dużej grupy badawczej.	Wymagają małej grupy badawczej.
Cel to charakterystyka zjawiska, poznanie tendencji, opracowywanie prognoz, szacowanie wielkości lub natężenia zjawiska.	Cel to zrozumienie zjawiska, poznanie opinii, pogłębienie wiedzy o zjawiskach badanych uprzednio za pomocą metod ilościowych.

- **Ankietowanie** to jedna z ilościowych metod zbierania danych. Polega na zadawaniu pytań na określony temat wybranej grupie ludzi, zliczaniu odpowiedzi, a następnie – na ich opracowywaniu statystycznym.
- **Wywiad** należy do metod jakościowych. Dzięki niemu można zdobyć informacje albo opinie na dany temat od konkretnej osoby lub od kilku osób. Ta metoda zbierania danych ma charakter dialogu.



- **Mapa** to uogólniony, graficzny obraz powierzchni Ziemi, innego ciała niebieskiego lub ich fragmentu, wykonany na płaszczyźnie i w określonym pomniejszeniu. Obiekty zlokalizowane na obszarze ukazanym na mapie przedstawia się za pomocą znaków umownych. Stosuje się też odpowiednie odwzorowanie kartograficzne.
- Aby przedstawić niewielki fragment Ziemi, np. część miasta, wykonuje się **plan**. Nie uwzględnia on krzywizny Ziemi. Na planie nie przedstawia się południków i równoleżników, za to prezentowany obszar dzieli się na prostokąty oznaczone literami i cyframi, co ułatwia odnajdowanie obiektów.
- **Skala mapy** informuje o tym, w jakim stopniu odległości na mapie zostały pomniejszone w stosunku do odległości w terenie.

Rodzaje skali

Skala	Przykład
liczbowa	1:100 000
mianowana	1 cm – 1 km
podziałka liniowa	

- Na niektórych mapach umieszcza się **skalę polową**. Służy ona do wyrażania stopnia zmniejszenia powierzchni na mapie, np. 1 mm^2 – 1 000 000 mm^2.
- **Współrzędne geograficzne** wyznacza się na podstawie wartości południka (długość geograficzna) i równoleżnika (szerokość geograficzna) przechodzących przez dany punkt.
- Współrzędne geograficzne są podawane w **miarach kątowych**. Jeden stopień kątowy (1°) dzieli się na 60 minut kątowych (60'), a każda minuta kątowa – na 60 sekund kątowych (60'').

Szerokość geograficzna i długość geograficzna

Szerokość geograficzna	Długość geograficzna
Kąt zawarty między płaszczyzną równika (0°) a promieniem Ziemi przechodzącym przez dany punkt na jej powierzchni.	Kąt zawarty między półpłaszczyzną południka zerowego (0°) a półpłaszczyzną południka przechodzącego przez dany punkt na powierzchni Ziemi.
Odpowiada wartości równoleżnika przebiegającego przez dany punkt.	Odpowiada wartości południka przebiegającego przez dany punkt.
Może mieć wartość od 0° na równiku do 90° na biegunach.	Może mieć wartość od 0° do 180° na wschód i na zachód od południka 0°.
Może być północna lub południowa.	Może być zachodnia lub wschodnia.

- **GPS** to skrót pochodzący od nazwy amerykańskiego systemu nawigacji satelitarnej (*Global Positioning System*). Ponieważ ten system powstał najwcześniej i jest najpopularniejszy, mianem GPS określa się często również inne systemy nawigacji satelitarnych.
- Aby właściwie zinterpretować dane, powinno się określić lokalizację miejsca, w którym zostały one zebrane. Współcześnie do tego celu bardzo często wykorzystuje się **nawigację satelitarną**.
- Do przykładów **izolinii** należą:
  - izohipsy (poziomice) – linie na mapie łączące punkty o jednakowej wysokości bezwzględnej,
  - izobaty – linie na mapie łączące punkty o jednakowej głębokości zbiornika wodnego,
  - izotermy – linie na mapie łączące punkty o jednakowej temperaturze powietrza,
  - izobary – linie na mapie łączące punkty o jednakowej wartości ciśnienia atmosferycznego,
  - izohiety – linie na mapie łączące punkty o jednakowej sumie opadów atmosferycznych,
  - izoamplitudy – linie na mapie łączące punkty o jednakowych amplitudach, np. temperatury powietrza.
- **Numeryczny model terenu** to cyfrowa metoda przedstawiania ukształtowania powierzchni terenu. Ten model składa się z punktów ułożonych w siatkę kwadratów lub trójkątów. Każdemu punktowi są przypisane trzy parametry: szerokość geograficzna, długość geograficzna oraz wysokość bezwzględna. Dzięki temu można odtworzyć ukształtowanie powierzchni na danym obszarze i wykonać jego trójwymiarowe wizualizacje.

Metody prezentowania informacji na mapach

Metody ilościowe

metoda izolinii

Polega na zastosowaniu izolinii, czyli linii łączących punkty o jednakowych wartościach przedstawianego zjawiska. Pozwala przedstawiać zjawiska zmieniające się w przestrzeni w sposób ciągły.

metoda kropkowa

W tej metodzie przedstawia się wielkość danego zjawiska za pomocą kropek (lub innych znaków graficznych). Im większe zagęszczenie kropek, tym większe natężenie danego zjawiska.

metoda kartogramu

Polega na przedstawianiu za pomocą skali barw uśrednionej wartości natężenia zjawiska w granicach danego obszaru (najczęściej w granicach jednostek administracyjnych lub państw).

metoda kartodiagramu

Umożliwia przedstawianie wielkości zjawiska, a niekiedy też jego struktury lub przebiegu, za pomocą wykresów i diagramów naniesionych na mapę (np. diagramów kołowych).

Metody jakościowe

metoda sygnaturowa

Służy do obrazowania rozmieszczenia danego zjawiska za pomocą umownych znaków – sygnatur (punktowych lub liniowych). Przedstawiają one na mapie obiekty, których nie można przedstawić w danej skali, gdyż są zbyt małe.

metoda zasięgów

Polega na oznaczaniu za pomocą linii albo różnych barw obszarów występowania danego zjawiska lub określonych obiektów. Metoda zasięgów pozwala przedstawić na mapie kilka nakładających się na siebie zjawisk.

metoda powierzchniowa

Stosuje się ją do oznaczania barwami powierzchni, na które podzielono większy obszar ze względu na jedną określoną cechę. Za pomocą tej metody przedstawia się zjawiska, których obszary występowania nie nachodzą na siebie.

Metody przedstawiania rzeźby terenu na mapach

metoda poziomicowa	metoda hipsometryczna	cieniowanie
Ukazuje ukształtowanie powierzchni za pomocą poziomic.	Polega na nakładaniu na mapę poziomicową barw hipsometrycznych w skali, w której poszczególnym zakresom wysokości odpowiadają inne barwy.	Imituje rzeczywistą sytuację, w której stoki są oświetlone (jaśniejsze) z jednej strony, a zacienione – z drugiej. Sprawia, że mapa jest bardziej plastyczna.

- Ze względu na treść wyróżnia się:
  – **mapy ogólnogeograficzne** – przedstawiają ogólną charakterystykę powierzchni Ziemi i przestrzenne związki między elementami środowiska przyrodniczego;
  – **mapy tematyczne** – przedstawiają tylko wybrane zjawiska. Pozostałe, nieliczne elementy treści, np. zarysy lądów czy sieć rzeczna, służą jedynie ogólnej orientacji (np. mapy geomorfologiczne, klimatyczne, glebowe).

Podział map ze względu na skalę

Mapy	Zakres skal
wielkoskalowe	powyżej 1:200 000
średnioskalowe	1:200 000 – 1:1 000 000
małoskalowe	poniżej 1:1 000 000

- Ze względu na przeznaczenie wyróżnia się np.:
  – mapy turystyczne,
  – mapy komunikacyjne,
  – mapy wojskowe,
  – mapy szkolne,
  – mapy planistyczne.
- Aby **zorientować mapę**, należy ustawić ją w taki sposób, aby zaznaczony na niej kierunek północny odpowiadał kierunkowi północnemu w rzeczywistości.
- **Ortofotomapy** powstają przez nadanie zdjęciom lotniczym lub satelitarnym jednolitej skali i wpisaniu ich w układ współrzędnych geograficznych.
- **Profil terenu** to wykres w układzie współrzędnych przedstawiający ukształtowanie terenu wzdłuż wybranej linii.

- **Azymut** to kąt zawarty między kierunkiem północnym a kierunkiem na dany punkt. Przyjmuje wartości od 0° do 360°. Mierzy się go zgodnie z ruchem wskazówek zegara.
- **GIS – systemy informacji geograficznej** (ang. *Geographical Information Systems*) to zbiór narzędzi komputerowych służący do gromadzenia, opisu, analizy oraz prezentacji danych przestrzennych, czyli informacji o obiektach i zjawiskach zlokalizowanych w przestrzeni.
- GIS, w przeciwieństwie do tradycyjnych map, pozwalają na **umieszczanie nieskończenie wielu informacji** o obiektach. Dzięki temu można analizować związki oraz zależności zachodzące w środowisku geograficznym.
- Dodatkowe informacje o obiektach w GIS noszą nazwę **atrybutów**. Są one zamieszczane w tabelach i dotyczą lokalizacji, wielkości oraz wielu innych cech obiektów.
- **Geoportale** to strony internetowe prezentujące dane przestrzenne. Większość geoportali pozwala komponować własną mapę poprzez włączanie i wyłączanie warstw widocznych na ekranie komputera.
- Systemy informacji geograficznej mają **zastosowanie w wielu dziedzinach**, m.in.:
– w ratownictwie i zarządzaniu kryzysowym (np. wspomagają pracę policji, straży pożarnej czy pogotowia ratunkowego; wykorzystuje się je podczas opracowywania map zagrożenia powodziowego),
– w działalności gospodarczej (np. do przestrzennych analiz biznesowych, wyznaczania lokalizacji punktów usługowych oraz do tworzenia aplikacji turystycznych).

Sposób na zadania

Przykład 1. (0–1)

Na mapie przedstawiono fragment Gór Stołowych.

Zauważ, że na obszarze Skalnych Grzybów występuje wiele pojedynczych skałek. Teren opada stromo ku północnemu wschodowi, a stoki południowo-zachodnie są bardzo łagodne.

Podaj dokładnie dwie cechy. Jeśli podasz ich więcej, nie zdobędziesz większej liczby punktów, a jeśli podasz ich mniej – nie zdobędziesz żadnego punktu.

Zwróć uwagę, że Dziczy Grzbiet opada ku dolinie Czerwonej Wody stromym urwiskiem i że nie ma na nim pojedynczych skałek.

Podaj dwie cechy środowiska przyrodniczego, którymi różnią się następujące fragmenty Gór Stołowych: Skalne Grzyby i Dziczy Grzbiet.

Czasownik *podaj* oznacza, że w odpowiedzi musisz wymienić odpowiednią liczbę konkretnych informacji dotyczących procesów, zjawisk i obiektów (bez ich opisywania).

Wymień wyłącznie cechy przyrody (ożywionej lub nieożywionej).

Odpowiedź:

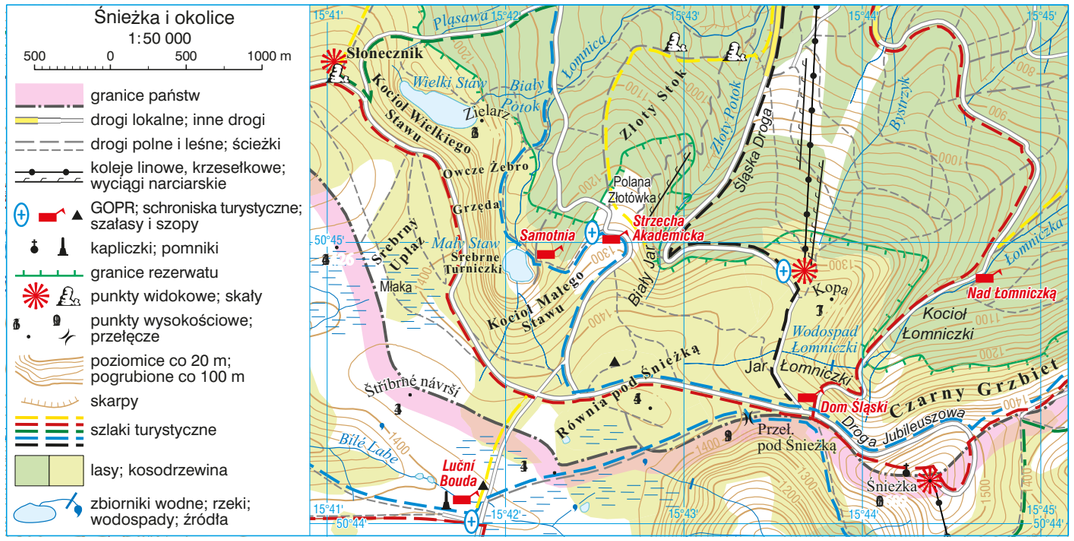
– W obrębie Skalnych Grzybów występuje bardzo dużo pojedynczych skałek, a na Dziczym Grzbiecie ich nie ma.
– Obszar Skalnych Grzybów jest łagodnie nachylony ku dolinie Czerwonej Wody, a Dziczy Grzbiet opada do niej stromym urwiskiem.

Zadanie analogiczne

WYKONAJ W ZESZYCIE

Zadanie 1. (0–1)

Na mapie przedstawiono fragment Karkonoszy.



Podaj trzy cechy środowiska przyrodniczego, którymi różni się główny grzbiet Karkonoszy w okolicach Śnieżki i w okolicach Równi pod Śnieżką.

Zadania powtórzeniowe

WYKONAJ W ZESZYCIE

Zadanie 2.

Na mapie fragmentu Dolomitów zaznaczono przebieg kolei linowej prowadzącej na Punta Rocca – jeden z wierzchołków w masywie Marmolady.

Zadanie 2.1. (0–2)

Oblicz średnie nachylenie terenu wzdłuż kolei linowej na Punta Rocca. Zapisz obliczenia. Wynik podaj w promilach.

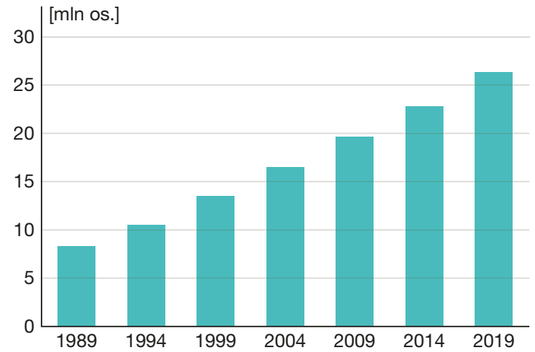
Zadanie 2.2. (0–2)

Na załączonej mapie lodowiec Ghiacciaio della Marmolada zajmuje powierzchnię 7 cm^2.

Oblicz, jaką powierzchnię ma ten lodowiec w terenie. Zapisz obliczenia. Wynik podaj w hektarach.

Zadanie 3.

Na mapie przedstawiono lokalizację Szanghaju, a na wykresie – liczbę ludności tego miasta w wybranych latach. Z kolei na zdjęciach satelitarnych widać Szanghaj w latach 1989 i 2019.



1989

2019

Zadanie 3.1. (0–1)

Na podstawie powyższego materiału ilustracyjnego sformułuj dwa wnioski dotyczące zmian, które zaszły w Szanghaju w latach 1989–2019.

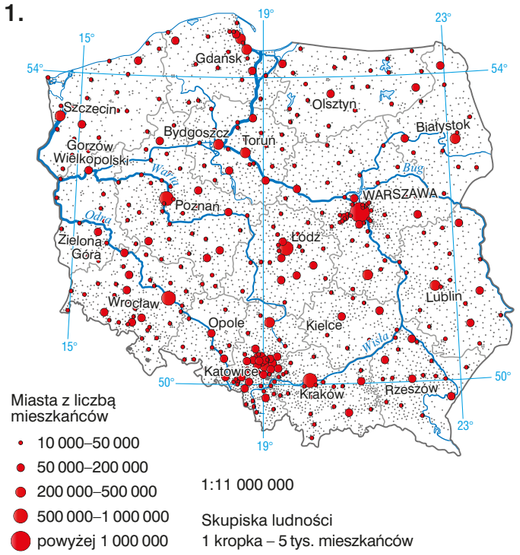
Zadanie 3.2. (0–1)

Podaj jeden czynnik rozwoju Szanghaju. Wyjaśnij, w jaki sposób przyczynił się on do rozwoju tego miasta.

Zadanie 4.

Na mapach przedstawiono rozmieszczenie ludności w Polsce.

1.

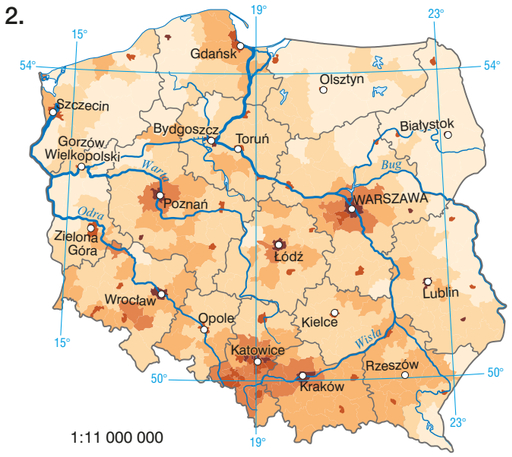


Miasta z liczbą mieszkańców
- 10 000–50 000
- 50 000–200 000
- 200 000–500 000
- 500 000–1 000 000
- powyżej 1 000 000

1:11 000 000

Skupiska ludności
1 kropka – 5 tys. mieszkańców

2.



1:11 000 000

Liczba mieszkańców na 1 km² wg powiatów w 2021 r.
- powyżej 1500
- 501–1500
- 151–500
- 101–150
- 50–100
- poniżej 50

Zadanie 4.1. (0–1)

Podaj nazwy metod kartograficznych, które zastosowano przy tworzeniu powyższych map.

Mapa nr 1 – ?

Mapa nr 2 – ?

Zadanie 4.2. (0–2)

Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Zaznacz P, jeśli informacja jest prawdziwa, albo F – jeśli jest fałszywa.

1.	Mapa nr 2 jest zgeneralizowana względem mapy nr 1.	P	F
2.	Na obu mapach zastosowano metody ilościowe.	P	F
3.	Na obu mapach przedstawiono rozmieszczenie ludności wyrażone w wartościach bezwzględnych.	P	F
4.	Metoda wykorzystana do sporządzenia mapy nr 1 pozwala bardzo dobrze zobrazować takie wskaźniki, jak lesistość.	P	F

Zadanie 4.3. (0–1)

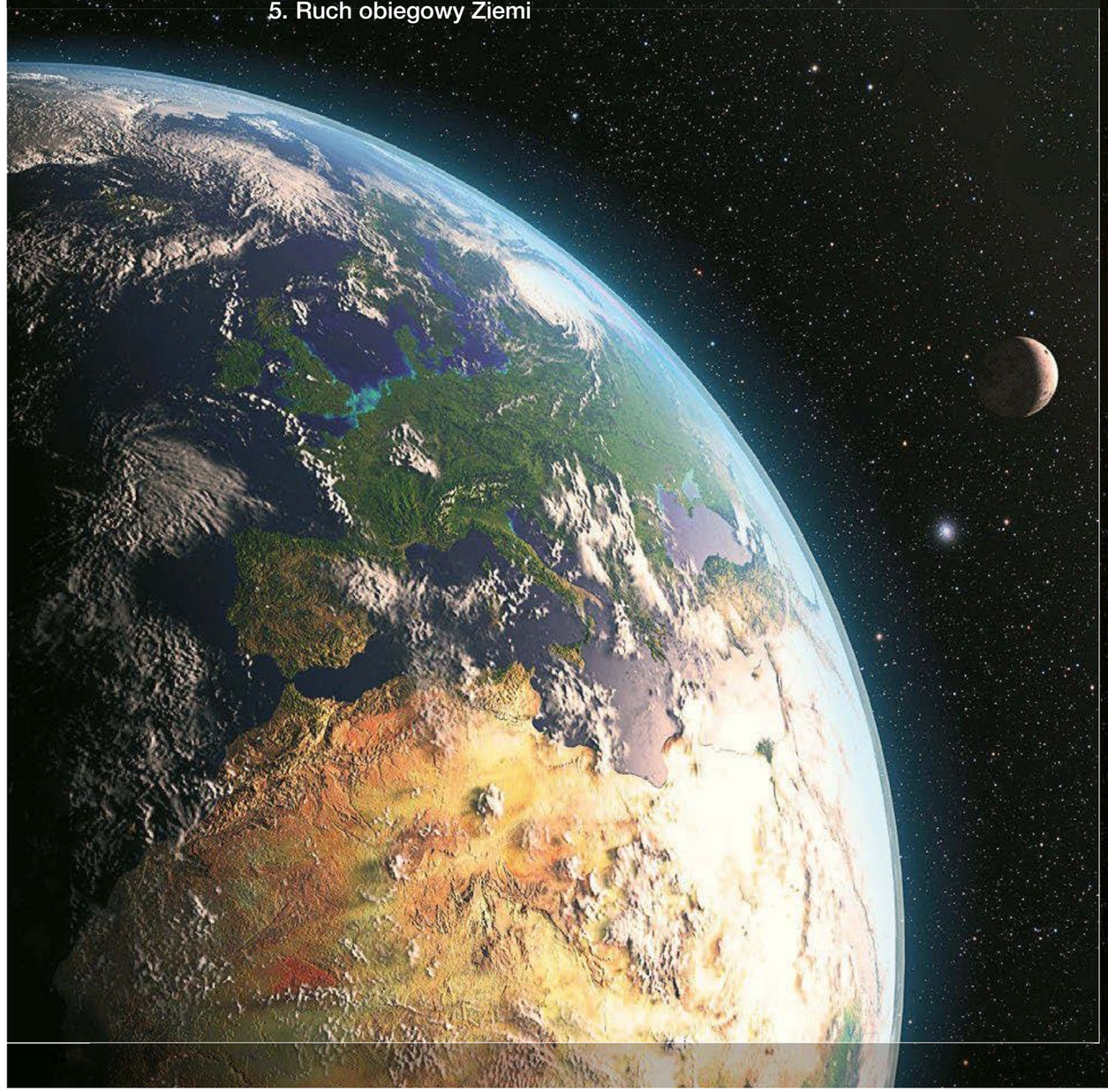
Dokończ zdanie. Wybierz odpowiedź 1, 2 lub 3 oraz jej uzasadnienie A, B lub C.

Obie mapy są przykładami map

1.	małoskalowych,	ponieważ zostały wykonane w skali	A.	1:200 000 i większej.
2.	średnioskalowych,		B.	od 1:200 000 do 1:1 000 000.
3.	wielkoskalowych,		C.	1:1 000 000 i mniejszej.

II. Ziemia we wszechświecie

1. Wszechświat
2. Budowa Układu Słonecznego
3. Ruch obrotowy Ziemi
4. Czas na Ziemi
5. Ruch obiegowy Ziemi



1 Wszechświat

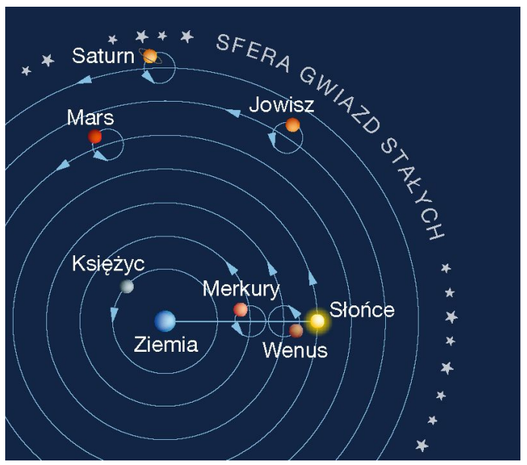
Ważne na tej lekcji!

- obecne i dawne poglądy na temat budowy wszechświata
- stan wiedzy o wszechświecie, znaczenie współczesnych metod badań kosmicznych i osiągnięcia naukowców w poznawaniu wszechświata
- gwiazdozbiory nieba północnego

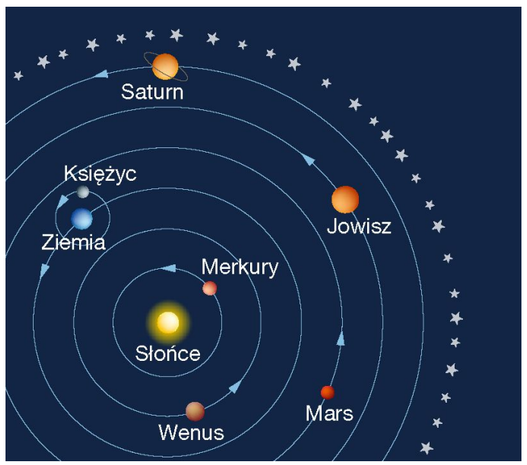
Czym jest wszechświat? Kiedy i w jaki sposób powstał? Jaką ma wielkość? Czy poza Ziemią istnieje życie? Mimo że uczeni i naukowcy próbują odpowiedzieć na te i inne pytania od wieków, wiele tajemnic natury wciąż pozostaje niewyjaśnionych. Dzięki nieustannemu rozwojowi nauki i technologii wiedza o wszechświecie jest jednak coraz większa.

Dawne teorie na temat budowy wszechświata

Pierwsze teorie na temat budowy i powstania wszechświata (kosmosu) formułowano na podstawie obserwacji nieba oraz ciał niebieskich widocznych na nim gołym okiem. Starożytni astronomowie uważali, że Ziemia leży w centrum wszechświata i jest nieruchoma, a Słońce i inne ciała niebieskie krążą wokół niej. Wierzyli też, że granice kosmosu wyznacza sfera, na której znajdują się wszystkie gwiazdy. Była to **geocentryczna teoria** budowy wszechświata. Przełomowa zmiana w tych poglądach nastąpiła dzięki badaniom **Mikołaja Kopernika**. Polski uczony doprowadził do zmiany myślenia o miejscu Ziemi we wszechświecie. W 1543 r. sformułował **teorię heliocentryczną** mówiącą o tym, że Słońce leży w centrum wszechświata, a wokół niego krążą Ziemia i inne znane wówczas planety. Różnice między geocentrycznym a heliocentrycznym modelem wszechświata widać na poniższych ilustracjach.



Geocentryczny model wszechświata.



Heliocentryczny model wszechświata.

Współczesne poglądy na temat budowy wszechświata

Obecnie wiadomo, że we wszechświecie znajdują się niezliczone planety, gwiazdy i inne ciała niebieskie należące do bilionów galaktyk. **Galaktyki** to ogromne skupiska gwiazd i materii międzygwiazdowej poruszające się wokół wspólnego środka masy. Nie są one rozmieszczone równomiernie, lecz tworzą małe grupy lub większe gromady, które wchodzą z kolei w skład supergromad galaktyk. Te powiązania przedstawiono poniżej na przykładzie Drogi Mlecznej.

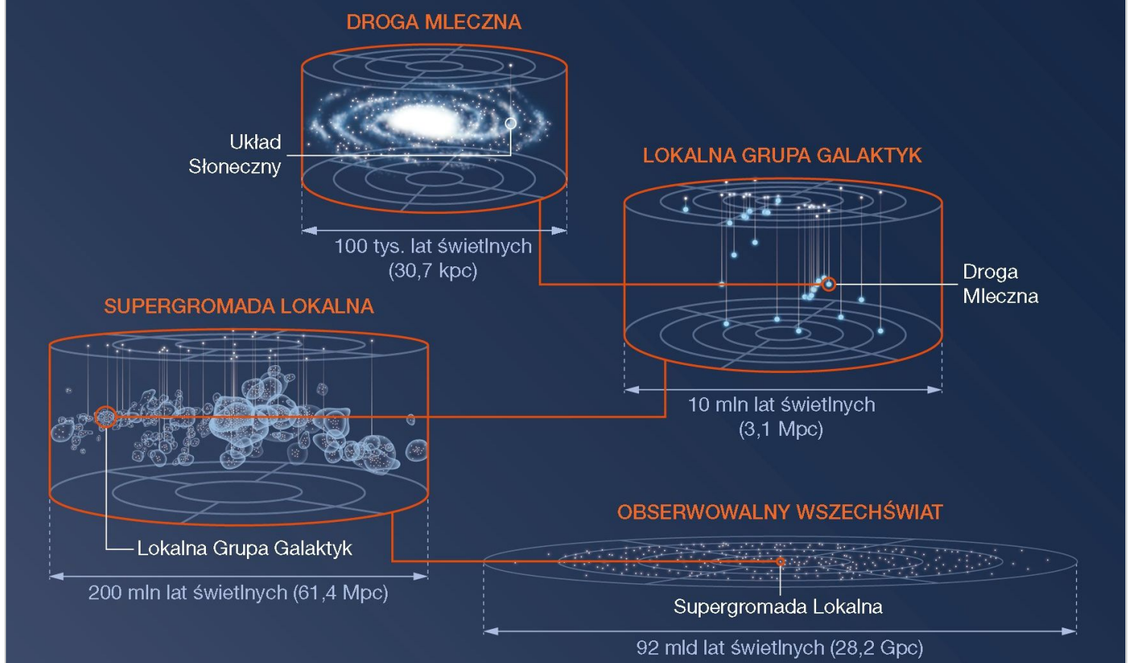
Co ciekawe, współczesne poglądy na temat budowy wszechświata zakładają, że **materia emitująca światło**, czyli taka, którą można obserwować bezpośrednio, stanowi jedynie ok. 5% masy wszechświata. Tak więc składa się on przede wszystkim z **ciemnej materii** i **ciemnej energii**, które są niewidoczne, jednak na ich istnienie wskazują badania ruchu galaktyk oraz obserwacje rozszerzania się wszechświata.

Powstanie wszechświata

Współcześnie uważa się, że wszechświat powstał ok. 13,8 mld lat temu. Według **teorii Wielkiego Wybuchu** (ang. *Big Bang Theory*) materia i energia były początkowo skoncentrowane w jednym punkcie o ogromnej gęstości, a następnie zaczęły się rozszerzać. Ten proces trwa do dziś.

Droga Mleczna w strukturze wszechświata

Droga Mleczna to galaktyka, w której znajduje się Układ Słoneczny. Jest ona jedną z co najmniej 2 bln galaktyk w obserwowalnym wszechświecie. Składa się z niemal 400 mld gwiazd.



Jednostki wykorzystywane w astronomii:

- **jednostka astronomiczna** (ang. *Astronomical Unit*, w skrócie **AU**) – średnia odległość Ziemi od Słońca, czyli 149 597 870 km;
- **rok świetlny** – odległość przebyta przez światło w próżni w ciągu roku; jeden rok świetlny jest równy 63 241 AU;
- **parsek (pc)** – największa z jednostek miary stosowanych w astronomii; 1 pc = 3,26 roku świetlnego, czyli 206 265 AU.

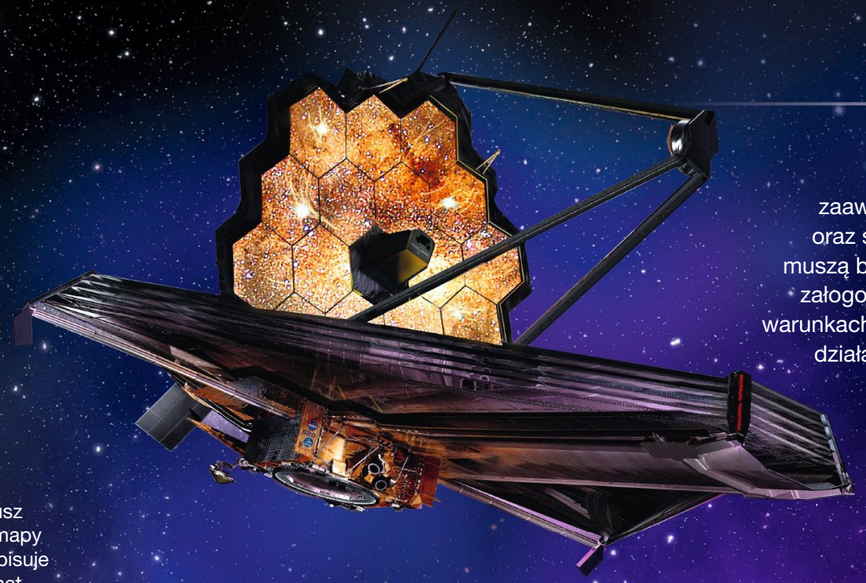
? *Sprawdź w dodatkowych źródłach, jaka odległość dzieli Ziemię od najbliższej gwiazdy (poza Słońcem).*

Poznawanie wszechświata

Wszechświat fascynował ludzi od wieków, jednak aż do wynalezienia teleskopu jego poznawanie ograniczało się do obserwacji gołym okiem i wykonywania na ich podstawie różnych obliczeń. Nieustanny rozwój technologiczny pozwala naukowcom zaglądać w coraz odleglejsze zakątki wszechświata i daje ludzkości nadzieję na odkrywanie jego kolejnych tajemnic.

Kosmiczne technologie

Badania wszechświata wymagają najbardziej zaawansowanych technologii, specjalistycznej wiedzy oraz szczególnych umiejętności. Wszystkie urządzenia muszą być niezwykle czułe i niezawodne, ponieważ misje załogowe i bezzałogowe odbywają się w ekstremalnych warunkach. Dużym utrudnieniem jest też fakt, że większość działań w przestrzeni kosmicznej prowadzi się zdalnie.



Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba od 2022 r. bada najdalsze (czyli najstarsze) obszary wszechświata. To precyzyjne urządzenie przetransportowano złożone na odległość 1,5 mln km od Ziemi i uruchomiono zdalnie.

II w. p.n.e.
Hipparch tworzy pierwszy katalog gwiazd.

1543 r.
Mikołaj Kopernik przedstawia heliocentryczną wizję wszechświata.

XVII w.
Jan Heweliusz sporządza mapy Księżyca, opisuje ok. 400 komet i opracowuje atlas nieba.

1687 r.
Isaac Newton ogłasza teorię grawitacji.

1929 r.
Edwin Powell Hubble odkrywa zjawisko rozszerzania się wszechświata.

1961 r.
Jurij Gagarin jako pierwszy człowiek leci w kosmos.

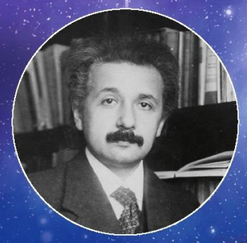
1976 r.
Do powierzchni Marsa docierają lądowniki Viking 1 i Viking 2 – pierwsze, których misja zakończyła się powodzeniem.

2014 r.
Lądownik Philae zostaje osadzony na jądrze komety.

II w. n.e.
Klaudiusz Ptolemeusz opisuje geocentryczną teorię budowy wszechświata.

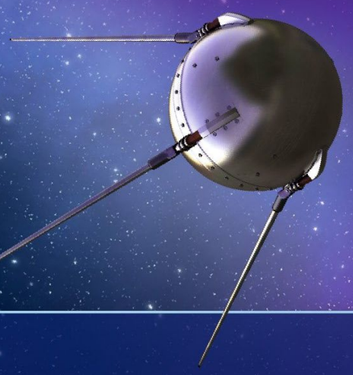
Początek XVII w.
Galileusz odkrywa m.in. plamy na Słońcu, pierścienie Saturna i cztery księżyce Jowisza.

1609–1619
Jan Kepler formułuje trzy prawa opisujące ruch planet wokół Słońca.



1905 r., 1916 r.
Albert Einstein ogłasza kolejno szczególną i ogólną teorię względności.

1957 r.
Pierwszy sztuczny satelita – Sputnik 1 – zostaje wyniesiony na orbitę okołoziemską.



1969 r.
Neil Armstrong jako pierwszy staje na powierzchni Księżyca.

1992 r.
Aleksander Wolszczan odkrywa pierwsze planety spoza Układu Słonecznego.

Metody badań i eksploracji kosmosu

Teleskopy optyczne
Dzięki powiększającym soczewkom lub zwierciadłom pozwalają obserwować odległe ciała niebieskie.

Radioteleskopy
Umożliwiają obserwację obiektów, których nie widać gołym okiem, ale które wysyłają fale radiowe.

Badania meteorytów
Pozwalają określić właściwości fizyczne oraz skład chemiczny pozaziemskich skał i minerałów.

Stacje kosmiczne
Statki załogowe, które są wynoszone na orbitę ziemską. Prowadzone w nich badania trwają wiele lat.

Sondy
Bezzałogowe statki kosmiczne, które zwykle są wysyłane w bardziej oddalone od Ziemi rejony Układu Słonecznego.

Sztuczne satelity
Bezzałogowe statki kosmiczne umieszczane na orbitach planet oraz mniejszych ciał niebieskich. Umożliwiają długoterminowe obserwacje i pomiary.

Lądowniki i łaziki
Części sond lub statków kosmicznych umożliwiające prowadzenie badań na powierzchni różnych ciał niebieskich.

Misje załogowe
Pozwalają przeprowadzić eksperymenty naukowe niemożliwe do wykonania na Ziemi. Dzięki nim zbadano też bezpośrednio powierzchnię Księżyca.

Znaczenie badań kosmicznych

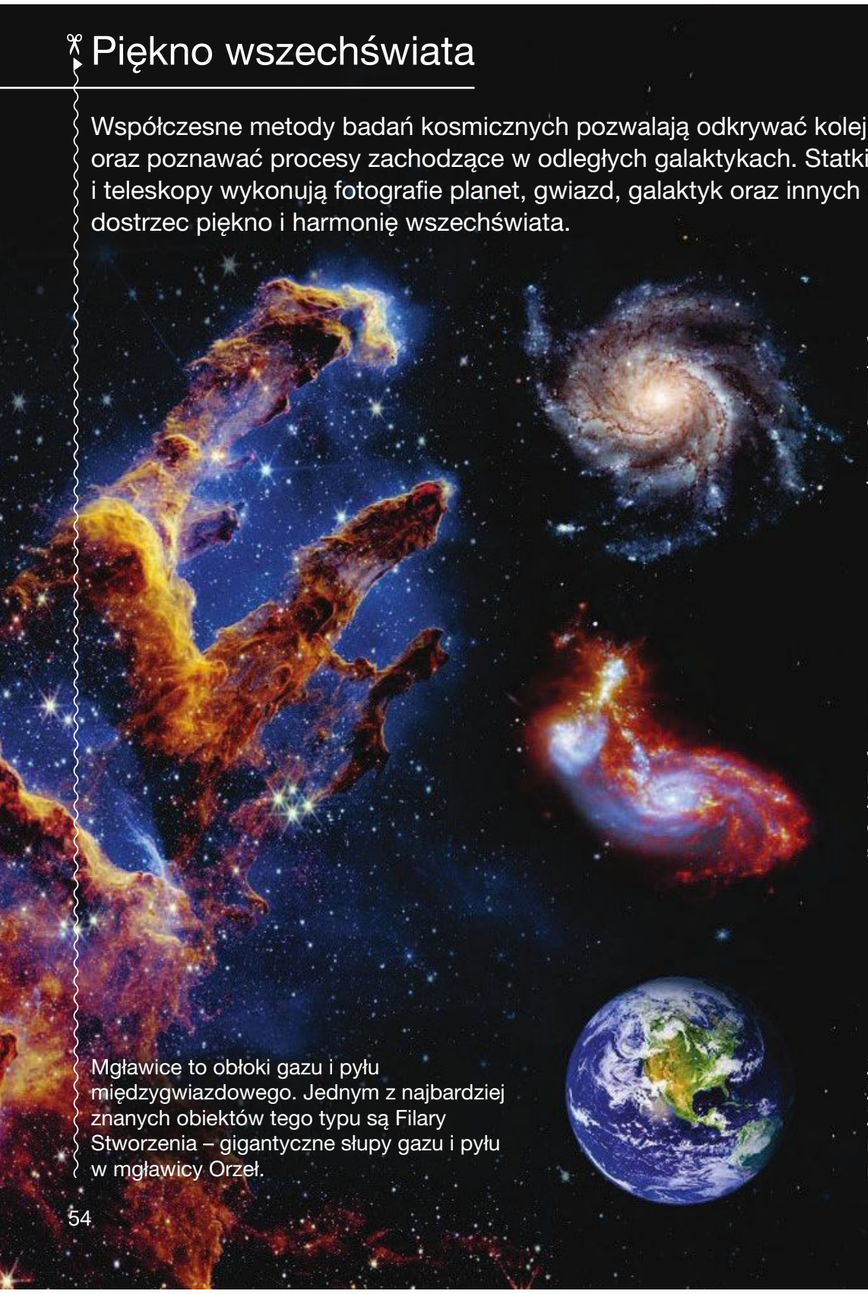
Mimo że badania wszechświata i loty w kosmos są bardzo kosztowne, przynoszą wiele korzyści. Zalicza się do nich np.:

- powstanie i rozwój GPS,
- ułatwienia w tworzeniu map,
- możliwość dokładniejszego prognozowania pogody i ostrzegania przed ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi (np. tornadami),
- zdalne badanie środowiska Ziemi.

Badania wszechświata wynikają także z ludzkiej ciekawości oraz potrzeby zrozumienia procesów zachodzących w środowisku przyrodniczym. Wiele osób ma nadzieję, że badania kosmosu pozwolą odpowiedzieć na pytania dotyczące pochodzenia życia albo sformułować teorię opisującą wszystkie zjawiska fizyczne. Ludzie obserwują wszechświat również ze względu na jego piękno. Niektóre spośród obiektów budzących zachwyt przedstawiono poniżej.

Piękno wszechświata

Współczesne metody badań kosmicznych pozwalają odkrywać kolejne ciała niebieskie oraz poznawać procesy zachodzące w odległych galaktykach. Statki, sondy kosmiczne i teleskopy wykonują fotografie planet, gwiazd, galaktyk oraz innych obiektów. Można na nich dostrzec piękno i harmonię wszechświata.



Mgławice to obłoki gazu i pyłu międzygwiazdowego. Jednym z najbardziej znanych obiektów tego typu są Filary Stworzenia – gigantyczne słupy gazu i pyłu w mgławicy Orzeł.

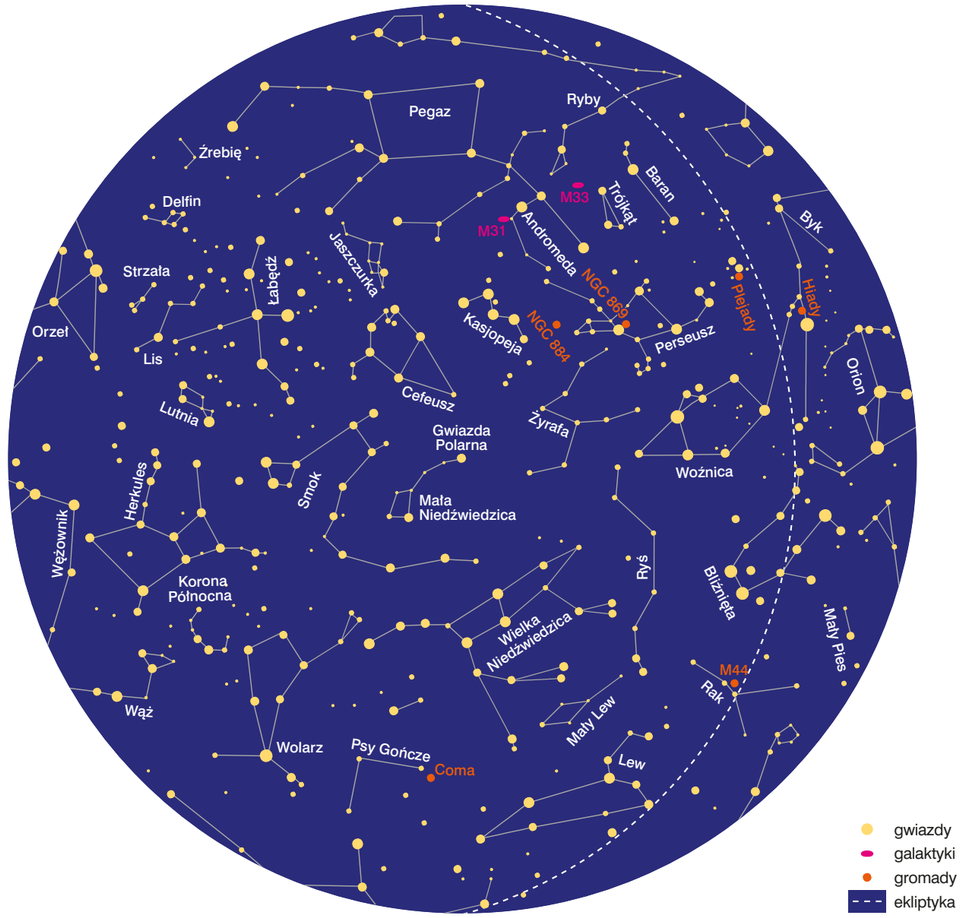
Większość znanych galaktyk to galaktyki spiralne, mające kształt dysku z odchodzącymi od środka ramionami. Przykładem takiej galaktyki jest galaktyka Wiatraczek.

Dzięki ogromnej czułości Kosmicznego Teleskopu Jamesa Webba astronomowie mogli sfotografować niesamowite zjawisko: łączenie się galaktyk oddalonych od Ziemi o 500 mln lat świetlnych.

Z kosmosu można zobaczyć Ziemię w całej okazałości. Ze względu na kolor oceanów nazywa się ją często błękitną planetą.

Gwiazdozbiory nieba północnego

Międzynarodowa Unia Astronomiczna podzieliła sferę niebieską na 88 gwiazdozbiorów – grup gwiazd zajmujących pewien obszar nieba. Z terytorium naszego kraju można oglądać głównie gwiazdozbiory nieba północnego. Aby je rozpoznać, warto zlokalizować wyróżniające się gwiazdy, np. Gwiazdę Polarną (widoczną niemal dokładnie na północy).



? *Odszukaj na mapie sześć gwiazdozbiorów zodiakalnych. Sprawdź w dodatkowych źródłach wiedzy, czym jest zodiak, a następnie podaj wspólną cechę położenia wskazanych gwiazdozbiorów.*

Zadania

1. Porównaj teorię heliocentryczną z teorią geocentryczną. Zapisz wnioski w zeszycie.
2. Podaj przykłady osiągnięć polskich naukowców w poznawaniu wszechświata.
3. Wymień pięć gwiazdozbiorów nieba północnego.
4. Wyjaśnij, jak informacje uzyskiwane dzięki badaniom kosmicznym wpływają na codzienne życie ludzi.

2 Budowa Układu Słonecznego

Ważne na tej lekcji!

- rodzaje ciał niebieskich tworzących Układ Słoneczny
- cechy planet Układu Słonecznego
- fazy Księżyca oraz zaćmienia Słońca i Księżyca

Spośród miliardów gwiazd tworzących Drogę Mleczną jedna ma dla mieszkańców Ziemi szczególne znaczenie. Słońce, bo o nim mowa, było przedmiotem kultu już w starożytności – czcili je m.in. Egipcjanie i Inkowie. Dziś wiemy, że znajduje się ono w centrum Układu Słonecznego oraz że bez jego energii życie na naszej planecie nie byłoby możliwe.

Powstanie Układu Słonecznego

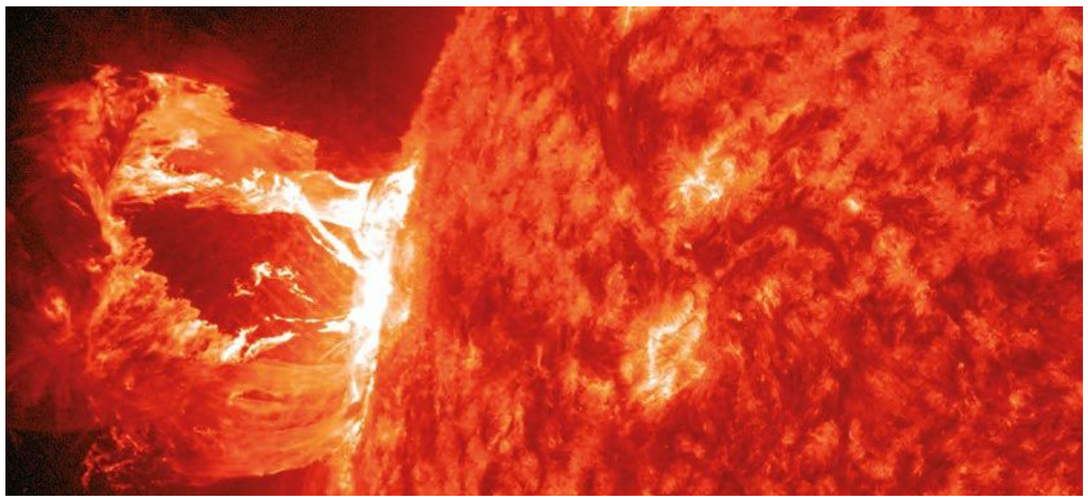
W skład **Układu Słonecznego** wchodzą Słońce, powiązane z nim grawitacyjnie mniejsze ciała niebieskie oraz materia pyłowo-gazowa wypełniająca przestrzeń międzyplanetarną. Układ Słoneczny zaczął się formować ok. 4,6 mld lat temu. Powstał z **obłoku materii międzygwiazdowej** złożonego głównie z atomów wodoru i helu oraz z niewielkiej ilości cięższych pierwiastków. Wraz z kurczeniem się obłoku w jego centrum wzrastała temperatura i zwiększała się gęstość materii. Tak rozpoczął się proces formowania kulistego protosłońca, które – na skutek dalszego kurczenia się oraz wzrostu temperatury – zaczęło świecić.

Słońce

Słońce stanowi aż 99,87% masy Układu Słonecznego. Emituje ono światło i ciepło dzięki **reakcjom termojądrowym** zachodzącym w jego wnętrzu. W wyniku tych reakcji wodór ulega przemianie w hel. Ich efektem jest też bardzo wysoka temperatura. Szacuje się, że na powierzchni Słońca wynosi ona ok. 5500°C, a w jego jądrze – ok. 15 000 000°C.

Czy wiesz, że…

Prędkość światła wynosi ok. 300 tys. km/s. To oznacza, że przebywa ono odległość między Ziemią a Słońcem, liczącą ok. 150 mln km, w zaledwie 8 minut i 20 sekund.



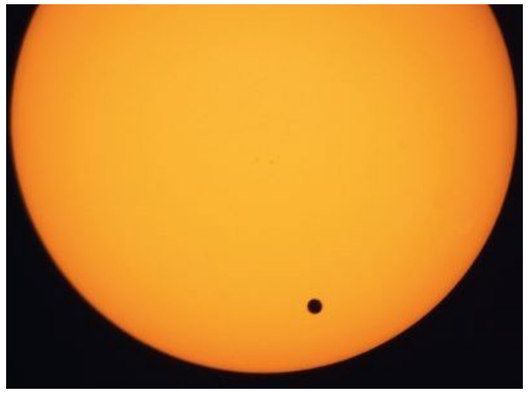
Przejawem aktywności Słońca są rozbłyski słoneczne, czyli wyrzuty ogromnej ilości energii w przestrzeń kosmiczną. Po raz pierwszy zaobserwowano je już w 1859 r.

Planety Układu Słonecznego

W trakcie formowania się Układu Słonecznego wokół protosłońca krążył dysk złożony z pyłu kosmicznego i gazów. Te substancje stopniowo łączyły się w coraz większe obiekty. Po mniej więcej 100 mln lat powstały z nich **planety**. Zgodnie z definicją sformułowaną przez Międzynarodową Unię Astronomiczną planety to ciała niebieskie, które:

- krążą wokół Słońca,
- mają wystarczającą masę, aby dzięki sile grawitacji osiągnąć kulisty lub prawie kulisty kształt,
- oczyściły sąsiedztwo swojej orbity z innych obiektów (nie dzielą jej z żadnym ciałem niebieskim o podobnym rozmiarze).

Blisko Słońca, gdzie temperatura była bardzo wysoka, znajdowały się cięższe pierwiastki i związki chemiczne. Dały one początek skałom, a w konsekwencji – również **planetom grupy ziemskiej**: Merkuremu, Wenus, Ziemi i Marsowi. Z kolei w oddalonych od centrum, znacznie chłodniejszych obszarach Układu Słonecznego powstały **planety olbrzymy**: Jowisz, Saturn, Uran i Neptun. Było to możliwe dzięki kondensacji lżejszych związków i pierwiastków, takich jak woda, metan czy amoniak. Więcej informacji o planetach Układu Słonecznego znajduje się na s. 58–59.



Tranzyt Wenus występuje wtedy, gdy znajduje się ona na tle tarczy Słońca. To zjawisko można zaobserwować, jeśli Słońce, Wenus i Ziemia ustawią się w jednej linii.

Czym są planety karłowate?

Planety karłowate zostały wyodrębnione jako osobna grupa obiektów wchodzących w skład Układu Słonecznego dopiero w 2006 r. Różnią się od planet mniejszymi rozmiarami oraz tym, że nie oczyściły sąsiedztwa swoich orbit z innych obiektów. Do 2022 r. za planety karłowate oficjalnie uznawano jedynie pięć ciał niebieskich. Jednak szacuje się, że podobnych obiektów mogą być w Układzie Słonecznym setki, a może nawet tysiące.

Porównanie wielkości planet karłowatych z wielkością Merkurego i Ziemi.

Planety Układu Słonecznego

W Układzie Słonecznym znajduje się osiem planet. Ze względu na wielkość i budowę dzieli się je na planety grupy ziemskiej, podobne w budowie do Ziemi, i znacznie od nich większe planety olbrzymy, zbudowane głównie z gazów.

Planety grupy ziemskiej

Są to planety skaliste. Ich skorupy i płaszcze składają się w znacznej części z minerałów o wysokiej temperaturze topnienia, takich jak krzemiany, a jądra są zbudowane z metali, głównie z żelaza i niklu. Wenus, Ziemia i Mars mają atmosferę.

Merkury

Najmniejsza planeta Układu Słonecznego. Jej charakterystyczną cechą są największe różnice temperatury między półkulami. Na półkuli oświetlonej przez Słońce temperatura może sięgać 450°C, a na nieoświetlonej spadać poniżej –170°C.

Wenus

Najjaśniejsze po Słońcu i Księżycu ciało niebieskie, które da się zaobserwować gołym okiem na niebie. Gęsta atmosfera, złożona głównie z dwutlenku węgla, wywołuje efekt cieplarniany. Z tego powodu temperatura na powierzchni Wenus sięga 500°C.

Ziemia

Często jest nazywana błękitną planetą. Tę barwę nadają Ziemi oceany i morza zajmujące 71% jej powierzchni. Jest jedyną planetą, na której woda występuje stale w trzech stanach skupienia. Atmosfera Ziemi składa się głównie z azotu i tlenu.

Mars

Najchłodniejsza planeta grupy ziemskiej. Odznacza się dużymi dobowymi zmianami temperatury (od ok. 20°C w dzień do –90°C w nocy). Czerwone zabarwienie zawdzięcza powierzchniowej warstwie pyłu bogatego w tlenki żelaza.

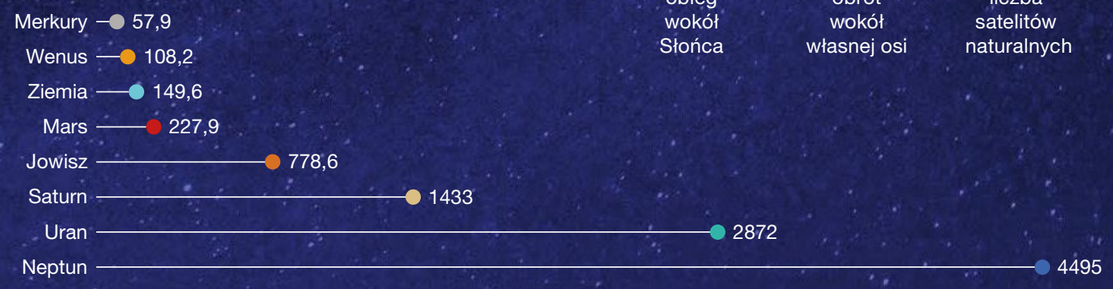
88 dni
58,7 dnia
0

224,7 dnia
243 dni
0

365,25 dnia
23 godz. i 56 min
1

687 dni
24 godz. i 37 min
2

ODLEGŁOŚĆ OD SŁOŃCA w mln km



obieg wokół Słońca
obrót wokół własnej osi
liczba satelitów naturalnych

Planety olbrzymy

Te planety składają się albo w większości z wodoru i helu (Jowisz i Saturn), albo z wody oraz amoniaku i metanu (Uran i Neptun). Wszystkie mają pierścienie, jednak tylko pierścienie Saturna są dość łatwo dostrzegalne z Ziemi.

Jowisz

Największa i najmasywniejsza planeta Układu Słonecznego. Na skutek krótkiego czasu obrotu wokół własnej osi jest wyraźnie spłaszczony na biegunach. W atmosferze Jowisza wieją silne wiatry, przez które chmury układają się w charakterystyczne pasy.

Saturn

Druga pod względem wielkości planeta Układu Słonecznego. Odznacza się najmniejszą średnią gęstością materii ze wszystkich planet Układu Słonecznego. Wyróżnia się też wyraźnymi pierścieniami utworzonymi z miliardów brył lodu i skał.

Uran

Zielonkawoniebieski kolor zawdzięcza metanowi. Średnia temperatura zewnętrznych warstw tej planety wynosi ok. –213°C. Różnice tej wartości między półkulą oświetloną przez Słońce a półkulą nieoświetloną są niewielkie.

Neptun

Zawdzięcza swój kolor metanowi znajdującemu się w atmosferze. Wieją na nim najsilniejsze wiatry w Układzie Słonecznym (do 2200–2500 km/h). Prawdopodobnie wynikają one z różnicy między temperaturą górnej i dolnej warstwy chmur.

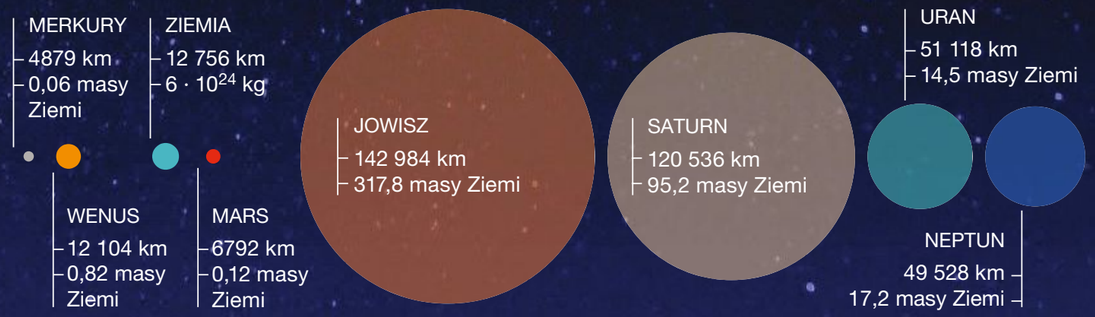
11,9 roku
9 godz. i 55 min
95

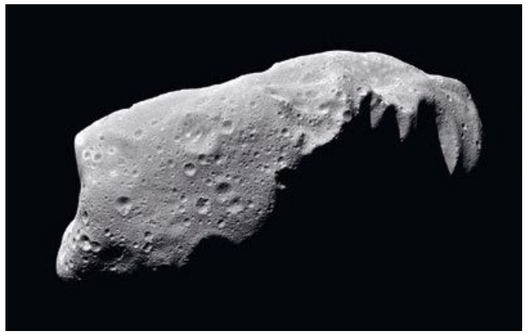
29,4 roku
10 godz. i 39 min
145

83,8 roku
17 godz. i 14 min
27

163,7 roku
16 godz. i 6min
14

ŚREDNICA I MASA





Planetoidy mają najczęściej nieregularny kształt. Jedną z nich jest Ida, która krąży w pasie głównym planetoid.

Największy znaleziony meteoryt – Hoba – ma 3 m długości i waży ok. 60 t. Został znaleziony w Namibii.

Planetoidy

Kolejną grupą ciał niebieskich występujących w Układzie Słonecznym są **planetoidy** – niewielkie obiekty o średnicach nieprzekraczających 1000 km. Większość z nich obiega Słońce po prawie kołowych orbitach w dwóch obszarach:

- w **pasie głównym planetoid**, który znajduje się między orbitą Marsa a orbitą Jowisza,
- w pasie zewnętrznym planetoid, zwanym **Pasem Kuipera**, leżącym poza orbitą Neptuna.

Do 2023 r. poznano ponad 1,3 mln planetoid. Większość z nich to ciała skalne wchodzące w skład pasa głównego. Planetoidy Pasa Kuipera są zbudowane przede wszystkim z lodu.

Komety

Komety – małe ciała niebieskie krążące wokół Słońca – pochodzą z peryferyjnych obszarów Układu Słonecznego. Składają się z lodu wodnego, zamrożonych gazów i okruchów skalnych.

Najsłynniejszą kometą jest kometa Halleya. Pojawia się ona w pobliżu Słońca i Ziemi mniej więcej co 76 lat.

Główną część komety stanowi jądro osiągające średnicę nawet kilkudziesięciu kilometrów. Gdy kometa zbliża się do Słońca, lód zaczyna parować (sublimacja), a uwolnione gazy i pyły tworzą wokół jądra otoczkę nazywaną komą. Od niej ciągnie się charakterystyczny warkocz komety. Ze względu na oddziaływanie wiatru słonecznego (→ pole magnetyczne Ziemi, s. 94) zawsze jest on zwrócony w kierunku przeciwnym do Słońca. Do tej pory odkryto ponad 6 tys. komet.

Meteoroidy

Czasami planetoidy zderzają się ze sobą lub z planetami. Z kolei komety, które przelatują w pobliżu Słońca, ulegają rozpadowi. W efekcie powstają **meteoroidy** – okruchy skalne mające zwykle do 10 m średnicy. Część z nich krąży wokół Słońca, a niektóre wpadają w atmosferę Ziemi i ulegają spaleniu. Są wtedy widoczne na sklepieniu niebieskim jako **meteory** (zwane potocznie spadającymi gwiazdami). Meteoroidy, które docierają do powierzchni naszej planety, noszą nazwę **meteorytów**. Co roku na Ziemię spada ich 3–6 tys. Większość meteorytów to okruchy skalne. Pozostałe zawierają głównie związki żelaza i niklu oraz domieszki innych minerałów.

Księżyce

Księżyce (satelity naturalne) to ciała niebieskie krążące wokół niektórych planet, planet karłowatych lub planetoid. W Układzie Słonecznym najwięcej księżyców mają Jowisz i Saturn. Ziemię obiega jeden naturalny satelita – Księżyc. Informacje o nim znajdują się na s. 61.

Księżyc

Księżyc to jedyny naturalny satelita Ziemi. Jest piątym pod względem wielkości naturalnym satelitą w Układzie Słonecznym, a jego promień stanowi aż 1/4 promienia Ziemi (1740 km). Co ciekawe, pełny obieg Księżyca wokół Ziemi oraz jego pełny obrót wokół własnej osi trwają tyle samo – 27 dni, 7 godzin i 43 minuty. Taka synchronizacja powoduje, że z Ziemi zawsze obserwuje się tę samą jego stronę (tarczę).

Fazy Księżyca

Promienie słoneczne docierają do Księżyca cały czas. Jednak zależnie od jego położenia względem Słońca i Ziemi z powierzchni naszej planety widać inne fragmenty jego oświetlonej części lub nie widać jej wcale.

Zaćmienie Słońca i zaćmienie Księżyca

Zdarza się, że Ziemia, Księżyc i Słońce ustawiają się na krótki czas w jednej linii. Dochodzi wówczas do zaćmienia Słońca lub do zaćmienia Księżyca.

Zaćmienie Słońca następuje wtedy, gdy Księżyc znajduje się między Ziemią a Słońcem. Przyczyną tego zjawiska jest cień rzucany przez Księżyc na naszą planetę

Zaćmienie Księżyca można obserwować wtedy, gdy Ziemia przysłania promienie słoneczne oświetlające Księżyc. To zjawisko jest wywoływane przez cień, który nasza planeta rzuca na powierzchnię Księżyca.

PoGISujmy

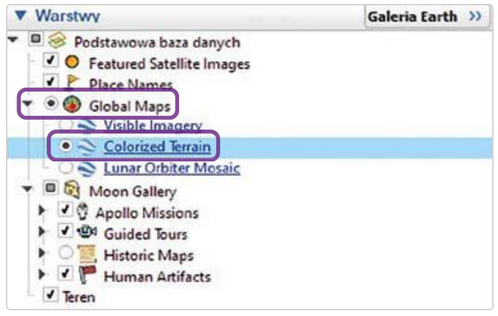
Spacer po Księżycu

Dzięki rozwojowi nowoczesnych technologii wszyscy możemy poznawać wszechświat. Musimy tylko zainstalować odpowiednią aplikację, np. Google Earth Pro. Pozwala ona m.in. obserwować ciała niebieskie oraz przyglądać się powierzchni Księżyca i Marsa.

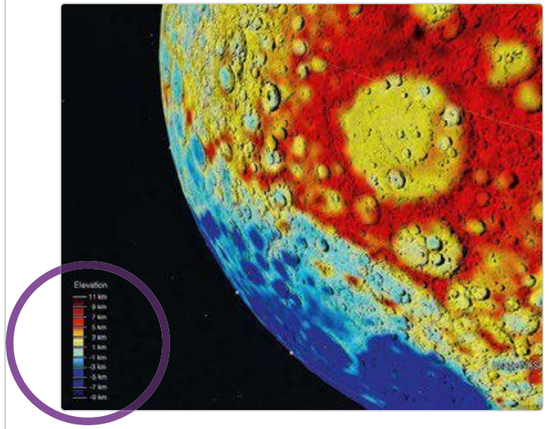
1 Uruchom program Google Earth Pro.

2 Włącz aplikację Google Moon. W tym celu kliknij ikonę z planetą w górnym pasku narzędzi, a następnie wybierz opcję Księżyc.

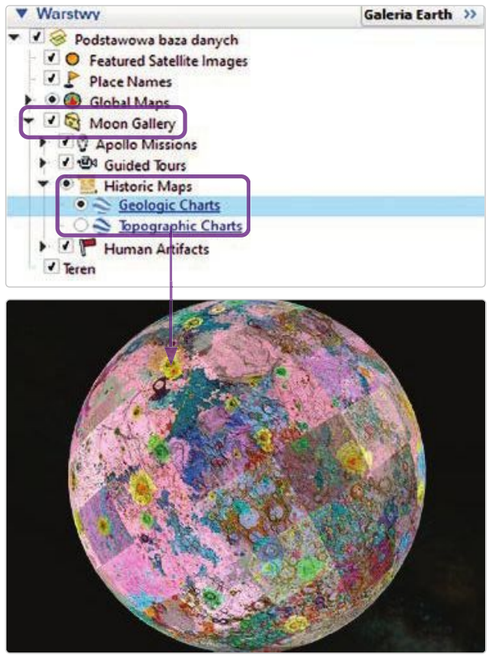
3 Aby zobaczyć ukształtowanie powierzchni Księżyca, włącz mapę hipsometryczną (Colorized Terrain), która znajduje się w folderze Global Maps.



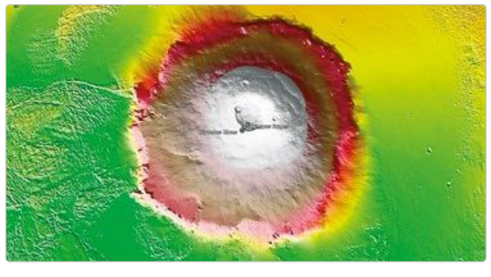
4 Na podstawie skali barw znajdującej się po lewej stronie mapy porównaj wysokość gór na Księżycu z wysokością najwyższych gór na Ziemi.



5 Włącz historyczne mapy Księżyca (Historic Maps) znajdujące się w folderze Moon Gallery: mapę geologiczną (Geologic Charts) lub mapę topograficzną (Topographic Charts). Zauważ, że przedstawiają one tylko obszary położone po jednej stronie naszego satelity.

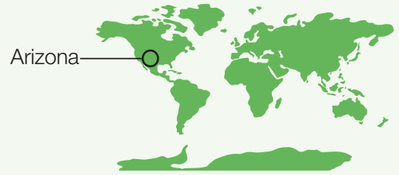


? *Uruchom aplikację Google Mars. Na podstawie mapy hipsometrycznej tej planety oszacuj wysokość najwyższego znanego szczytu w Układzie Słonecznym – Olympus Mons. Przedstawiono go na poniższej ilustracji.*



Spojrzenie z bliska

Meteorytowy Krater Barringera



Jeden z największych na Ziemi kraterów meteorytowych – Krater Barringera – znajduje się w Arizonie, w Stanach Zjednoczonych.

Krater Barringera powstał ok. 20–50 tys. lat temu, gdy w Ziemię uderzył ogromny meteoryt. Zagłębienie powstałe wskutek tego uderzenia ma średnicę 1260 m i ponad 170 m głębokości. Krater odkryto w 1871 r. i uznano za krater wulkaniczny. Dopiero w 1902 r. Daniel Barringer, inżynier z Filadelfii, odkrył, jak naprawdę powstała ta forma. Precyzyjne pomiary wykazały, że meteoryt miał co najmniej 25 m średnicy, ważył blisko 70 tys. t i uderzył w Ziemię z prędkością ok. 69 tys. km/h.

Rozmiary Krateru Barringera najlepiej oddaje widok z lotu ptaka.

W 2011 r. w Chinach, w górach Ałtaj, odkryto jeden z największych meteorytów (o masie ok. 30 t). Tak duże meteoryty docierają do powierzchni Ziemi rzadko (zwykle są to fragmenty o masie od kilku gramów do kilku kilogramów).

Zadania

1. Wymień rodzaje ciał niebieskich tworzących Układ Słoneczny.
2. Podaj trzy najważniejsze różnice między planetami grupy ziemskiej a planetami olbrzymami.
3. Scharakteryzuj wybraną planetę Układu Słonecznego (inną niż Ziemia).

3 Ruch obrotowy Ziemi

Ważne na tej lekcji!

- cechy ruchu obrotowego Ziemi
- następstwa ruchu obrotowego Ziemi
- siła Coriolisa
- powstawanie pływów

Ziemia, niczym karuzela, obraca się wokół własnej osi. Przez to powstaje złudzenie, że wszystkie ciała niebieskie krążą wokół niej. W ciągu dnia można obserwować pozorną wędrówkę Słońca po sklepieniu niebieskim, a nocą – ruch innych ciał niebieskich, takich jak gwiazdy i Księżyc.

Cechy ruchu obrotowego Ziemi

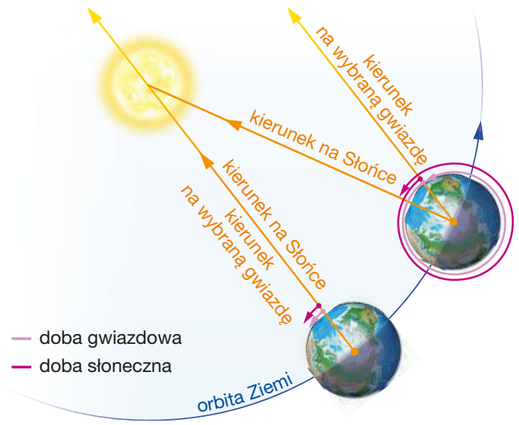
Ruch obrotowy Ziemi (ruch wirowy) odbywa się z zachodu na wschód. Rzeczywisty czas pełnego obrotu Ziemi wynosi 23 godziny, 56 minut i 4 sekundy, czyli **dobę gwiazdową**. Po tym czasie Ziemia wraca do tego samego położenia względem odległych gwiazd. Jednak za podstawę rachuby czasu przyjmuje się średnią **dobę słoneczną**. Trwa ona 24 godziny i odpowiada przybliżonemu czasowi, jaki upływa między dwoma kolejnymi górowaniami Słońca.

Wszystkie punkty na powierzchni Ziemi poruszają się razem z nią i obracają o 360° w czasie 24 godzin. Zatem w ciągu godziny następuje obrót o 15°. Ta prędkość, nazywana **prędkością kątową**, jest stała dla każdego punktu na naszej planecie. Wyjątkiem są jedynie bieguny, które nie zmieniają swego położenia.

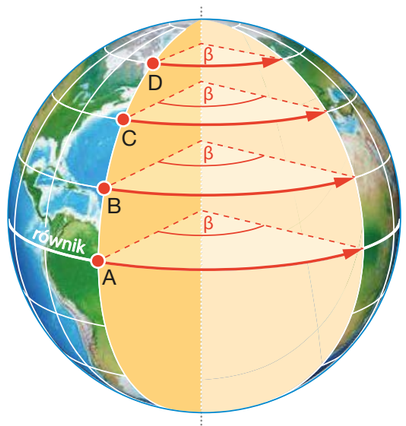
Punkty na powierzchni Ziemi poruszają się również z **prędkością liniową**, która jest zmienna i zależy od szerokości geograficznej. Największą wartość ta prędkość osiąga na równiku, który jest najdłuższym równoleżnikiem (40 075 km). Każdy punkt położony na równiku porusza się z prędkością ok. 1670 km/h. Wynika to z następującego równania:

40 075 km : 24 h = 1670 km/h

Prędkość liniowa maleje w miarę zbliżania się do biegunów. Na nich wynosi ona 0 km/h.



Po upływie doby gwiazdowej Ziemia musi się jeszcze trochę obrócić, aby znaleźć się w tym samym położeniu względem Słońca. To dlatego doba słoneczna jest dłuższa niż doba gwiazdowa.



Prędkość liniowa punktów leżących na powierzchni Ziemi zależy od szerokości geograficznej. Podczas obrotu Ziemi o kąt β najdłuższą drogę pokonuje punkt A, a najkrótszą – punkt D.

Następstwa ruchu obrotowego Ziemi

Obrót naszej planety wokół własnej osi wywołuje wiele konsekwencji. Najważniejszymi spośród nich są:

- występowanie dni i nocy,
- pozorny ruch Słońca i innych ciał niebieskich po sklepieniu niebieskim,
- siła Coriolisa [wym. koriolisa],
- spłaszczenie Ziemi przy biegunach,
- różnice czasu na Ziemi (→ czas na Ziemi, s. 69).

Występowanie dni i nocy

Dni i noce występują dlatego, że oświetlenie Ziemi zmienia się w ciągu doby. Promienie słoneczne padają na kolejne fragmenty powierzchni naszej planety. Na oświetlonej części panuje dzień, a na nieoświetlonej – noc. Następstwo dni i nocy decyduje o **rytmie życia** nie tylko ludzi, lecz także wielu innych organizmów. Wyznacza np. porę aktywności i porę spoczynku.

Pozorny ruch ciał niebieskich

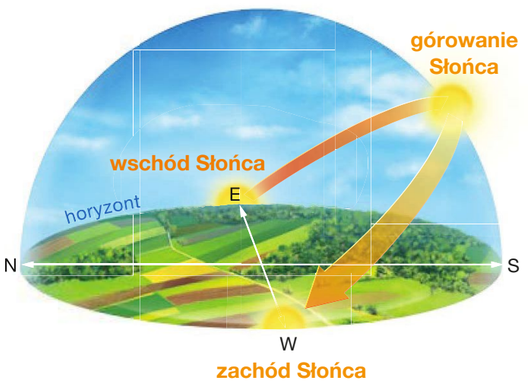
Nasza planeta wykonuje ruch obrotowy. Jednak ludziom obserwującym niebo z jej powierzchni wydaje się, że to Słońce i inne gwiazdy krążą wokół Ziemi. Pozornie poruszają się one po oglądanej od środka sferze, którą nazywa się **sklepieniem niebieskim** lub sferą niebieską. Sklepienie niebieskie jest ograniczane przez

Horyzont ma kształt okręgu. Z kolei widnokrąg jest wyznaczany przez najodleglejsze obiekty krajobrazu widziane przez obserwatora, np. budynki, drzewa i góry.

widnokrąg – linię pozornego styku terenu widzianego przez obserwatora ze sklepieniem niebieskim. Okrąg wyznaczany przez linię przecięcia sklepienia niebieskiego z płaszczyzną, na której stoi obserwator, to **horyzont**. Jak widać na powyższej ilustracji, horyzont często przysłaniają różne obiekty.

Pozorną wędrówkę Słońca nad horyzontem można obserwować niemal w każdym miejscu na Ziemi. Najpierw Słońce **wschodzi**, czyli pojawia się nad horyzontem, a potem stopniowo zwiększa swą wysokość. Trwa to aż do momentu **górowania**, w którym znajduje się najwyżej. Po górowaniu Słońce się obniża i **zachodzi**, czyli znika pod horyzontem.

Pozorny ruch gwiazd widać na zdjęciach wykonanych z długim czasem naświetlania. Niemal nieruchoma jest na nich jedynie Gwiazda Polarna, która leży w pobliżu prostej przechodzącej przez oś Ziemi.



Charakterystyczne momenty pozornej wędrówki Słońca po sklepieniu niebieskim to wschód, górowanie i zachód. Na powyższej ilustracji przedstawiono je w dniu 20 marca w środkowej Polsce.

Siła Coriolisa

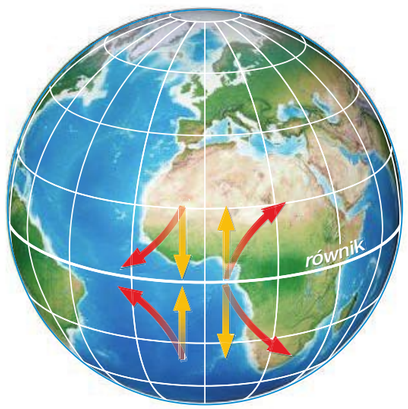
Siła Coriolisa wynika z ruchu obrotowego Ziemi i działa na ciała poruszające się w pobliżu jej powierzchni. Ruch obrotowy powoduje, że obiekty znajdujące się na powierzchni Ziemi poruszają się razem z nią z różną prędkością liniową. Ponieważ ta prędkość zależy od szerokości geograficznej, obiekt przemieszczający się z niższych szerokości geograficznych do wyższych przesuwa się z miejsca, które ma większą prędkość w ruchu obrotowym, do miejsca, które ma mniejszą prędkość. W związku z tym obiekt „wyprzedza" ruch Ziemi, czyli tor jego ruchu odchyla się zgodnie z kierunkiem ruchu obrotowego. Z kolei obiekt przemieszczający się z wyższych szerokości geograficznych do niższych przesuwa się z miejsca, które ma mniejszą prędkość w ruchu obrotowym, do miejsca mającego większą prędkość. Tor jego ruchu odchyla się zatem w kierunku przeciwnym do ruchu obrotowego Ziemi.

Siła Coriolisa powoduje, że **kierunek ruchu ciał jest odchylany**:

- na półkuli północnej w prawo,
- na półkuli południowej w lewo.

Nie działa ona jedynie na obiekty nieruchome i poruszające się po równiku.

Przyrodnicze znaczenie siły Coriolisa jest ogromne. W wyniku jej oddziaływania zmieniają się m.in. **kierunki wiania wiatrów**. Na przykład



Kierunek ruchu ciał jest odchylany w prawo lub lewo w zależności od półkuli, na której się one znajdują.

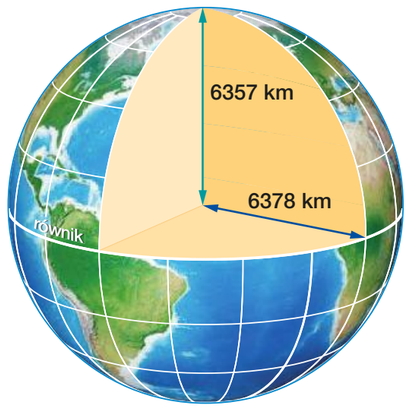
Czy wiesz, że…

Jednym z dowodów na ruch obrotowy Ziemi jest działanie wahadła Foucaulta [wym. fukota] – kuli zawieszonej na długim drucie. Nazwa urządzenia pochodzi od nazwiska fizyka, który zaprezentował je w paryskim Panteonie w 1851 r. Wahadło Foucaulta wprowadzone w ruch zmienia płaszczyznę wahań zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Gdyby Ziemia nie wirowała, płaszczyzna wahań nie ulegałaby zmianom.

pasaty, czyli wiatry stałe wiejące od zwrotników w stronę równika, nie wieją wzdłuż południków, lecz ich kierunek jest odchylany na zachód. Siła Coriolisa wpływa też na **przebieg prądów morskich**.

Spłaszczenie Ziemi przy biegunach

Za **spłaszczenie biegunowe** naszej planety odpowiada **siła odśrodkowa** działająca podczas ruchu obrotowego. Ziemia uległa spłaszczeniu



Ziemia jest spłaszczona przy biegunach. Dlatego promień biegunowy ma mniejszą długość niż promień równikowy.

Czy wiesz, że…

Za najwyższą górę na Ziemi uznaje się Mount Everest, którego szczyt znajduje się na największej wysokości nad poziomem morza. Gdyby jednak wziąć pod uwagę odległość szczytu góry od środka naszej planety, to najwyższy byłby peruwiański wulkan Chimborazo [wym. czimboraso]. Ma on 6310 m n.p.m., ale leży w pobliżu równika, gdzie promień Ziemi jest największy.

wtedy, gdy się formowała (kilka miliardów lat temu). Budująca ją materia była wówczas wystarczająco plastyczna. Spłaszczenie biegunowe powoduje, że promień równikowy Ziemi jest dłuższy od promienia biegunowego o ok. 21 km.

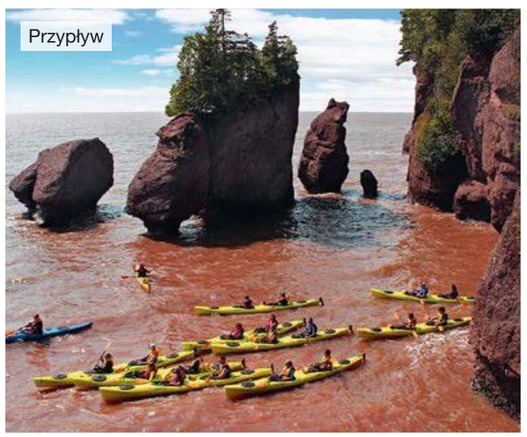
Siła odśrodkowa jest też częściowo odpowiedzialna za nierównomierną grubość troposfery (najniższej warstwy atmosfery). W okolicach równika jest ona grubsza niż na obszarach okołobiegunowych (→ warstwy atmosfery, s. 92).

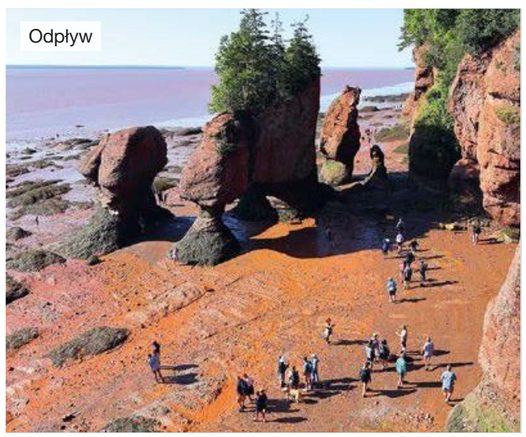
Pływy

Pływy to cykliczne podnoszenie się i opadanie poziomu mórz i oceanów wywołane **oddziaływaniem grawitacyjnym Księżyca i Słońca** oraz ruchem obrotowym Ziemi. **Przypływ** następuje wtedy, gdy poziom wody podnosi się od najniższego do najwyższego, a **odpływ** – gdy ponownie się obniża.

Wartości oraz kierunki sił przyciągania Księżyca i Słońca w poszczególnych punktach na powierzchni naszej planety są różne, ponieważ zależą od odległości danego punktu od tych ciał niebieskich. Poziom oceanu podnosi się najbardziej po stronie Ziemi znajdującej się najbliżej Księżyca i po stronie przeciwnej (skorupa ziemska jest tam przyciągana silniej niż ocean). Dlatego na obszarach położonych najbliżej i najdalej od Księżyca następuje przypływ, a na pozostałych terenach – odpływ. Cykliczność zmian poziomu oceanu w kolejnych miejscach naszej planety wynika z ruchu obrotowego Ziemi.

Różnice między wielkością pływów w różnych miejscach na Ziemi są bardzo duże. Większe pływy występują w morzach głębokich (ze względu na większą ilość wody), wydłużonych równoleżnikowo i mających zatoki, które sprzyjają kumulowaniu się wody. Na otwartym oceanie wielkość pływów nie przekracza metra. Dla porównania rekordowe pływy, w kanadyjskiej zatoce Fundy, wynoszą prawie 20 m.



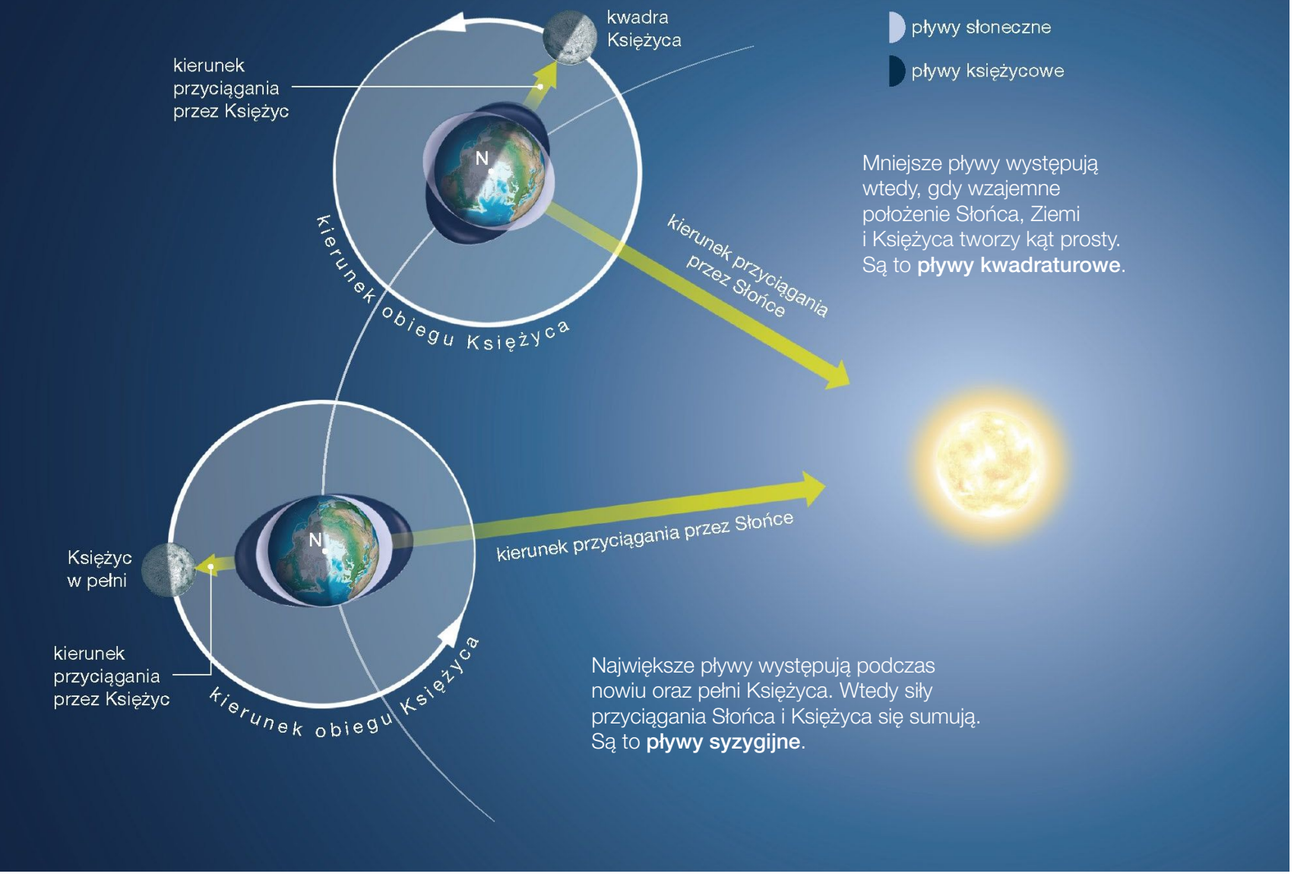


Wybrzeże zatoki Fundy podczas przypływu wygląda zupełnie inaczej niż podczas odpływu.

? *Sprawdź w dodatkowych źródłach informacji, jaka jest wielkość pływów w Morzu Bałtyckim. Wyjaśnij, dlaczego w Zatoce Fińskiej pływy są większe niż np. w Zatoce Botnickiej.*

Rytm pływów

Księżyc znajduje się bliżej Ziemi niż Słońce, dlatego to on wyznacza rytm pływów. Doba księżycowa, czyli czas między dwoma kolejnymi górowaniami Księżyca, trwa 24 godziny i 50 minut. W tym czasie następują dwa przypływy i dwa odpływy, zatem przypływ pojawia się mniej więcej co 12 godzin i 25 minut. Siła przyciągania Słońca decyduje z kolei o wielkości pływów. W zależności od jego położenia względem Ziemi i Księżyca pływy mogą być większe lub mniejsze.



Zadania

1. Podaj kierunek i czas obrotu Ziemi wokół własnej osi.
2. Wyjaśnij różnicę między dobą słoneczną a dobą gwiazdową.
3. Ustal, w którą stronę – w prawo czy w lewo – odchyli się tor ruchu ciała przemieszczającego się od bieguna północnego w stronę koła podbiegunowego północnego. Uzasadnij swoją odpowiedź.
4. Zapisz w zeszycie trzy przykłady skutków oddziaływania siły Coriolisa na środowisko przyrodnicze naszej planety.
5. Wyjaśnij mechanizm powstawania pływów.

4 Czas na Ziemi

Ważne na tej lekcji!

- czas jako następstwo ruchu obrotowego Ziemi
- rodzaje czasu
- międzynarodowa linia zmiany daty
- obliczanie długości geograficznej na podstawie różnicy czasu słonecznego

Pozorna wędrówka Słońca po niebie stała się podstawą rachuby czasu. Co ciekawe, dzięki dalekim podróżom ludzie już przed wiekami odkryli, że czas można wykorzystać także do określania swojego położenia geograficznego.

Czas słoneczny

Czas oparty na pozornym ruchu Słońca to **czas prawdziwy słoneczny**. Obserwacja wędrówki Słońca po sferze niebieskiej pozwala ustalić czas dla danej miejscowości – miejscowy czas słoneczny. Moment górowania Słońca na określonym południku miejscowym, czyli **południe słoneczne**, wyznacza godzinę 12.00. Jednakowy czas słoneczny występuje tylko w miejscach leżących na tym samym południku.

Niejednostajny ruch naszej planety po orbicie i nachylenie osi ziemskiej w stosunku do płaszczyzny orbity powodują, że odstęp czasu między dwoma kolejnymi południami słonecznymi nieznacznie się zmienia. Dlatego wprowadzono pojęcie **czasu średniego słonecznego**. Jest to czas wyznaczany przez tzw. **słońce średnie**, czyli fikcyjny obiekt, którego wyobrażony ruch odbywa się ze stałą prędkością wokół płaszczyzny równika. Słońce średnie góruje dokładnie co 24 godziny, dlatego posługiwanie się czasem średnim słonecznym jest praktyczniejsze.

Do odmierzania czasu prawdziwego słonecznego służą zegary słoneczne. Należą one do najstarszych urządzeń pomiarowych na świecie.

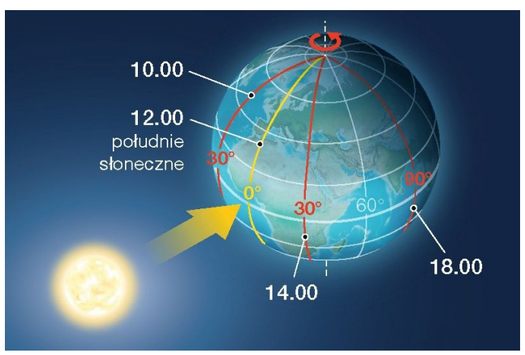
Czas słoneczny a długość geograficzna

Przy założeniu, że pełny obrót Ziemi wokół własnej osi trwa 24 godziny, łatwo obliczyć, że obrót o 1° zajmuje naszej planecie 4 minuty.

360° – 24 godziny
15° – 1 godzina
1° – 4 minuty

Na podstawie różnicy czasu słonecznego między dwoma punktami można obliczyć długość geograficzną dowolnego miejsca na Ziemi.

Podczas obliczeń dotyczących czasu słonecznego należy pamiętać o ważnej zależności: ponieważ Ziemia obraca się z zachodu na wschód, pozorna wędrówka Słońca odbywa się ze wschodu na zachód.



Gdy na południku 0° jest godzina 12.00 (Słońce góruje), to na półkuli wschodniej jest już po południu, a na półkuli zachodniej – jeszcze przed południem.

Obliczanie różnicy czasu słonecznego

Krok po kroku

Oblicz, która godzina czasu słonecznego jest w Bydgoszczy, gdy w Rzeszowie jest 12.00 tego czasu.

1 Odczytaj z mapy długość geograficzną obu miast.

Bydgoszcz: 18°E; Rzeszów: 22°E

2 Oblicz różnicę długości geograficznej między tymi miastami. Ponieważ leżą one na tej samej półkuli, odejmij od siebie wartości ich długości geograficznej.

22° – 18° = 4°

3 Przelicz różnicę długości geograficznej na różnicę czasu. Pamiętaj, że 1° odpowiada 4 minutom.

4 · 4 min = 16 min

4 Oblicz, która godzina jest w Bydgoszczy.

Bydgoszcz leży na zachód od Rzeszowa, więc Słońce góruje tam później niż w Rzeszowie. Z tego powodu obliczoną różnicę czasu trzeba odjąć od godziny, którą podano dla Rzeszowa.

12.00 – 16 min = 11.44

Odpowiedź: W Bydgoszczy jest godzina 11.44 czasu słonecznego.

Rozwiąż samodzielnie

Na podstawie mapy oblicz, która godzina czasu słonecznego jest w Warszawie, gdy w Katowicach jest 14.30.

Obliczanie długości geograficznej na podstawie różnicy czasu słonecznego

Krok po kroku

Oblicz długość geograficzną punktu, w którym jest godzina 7.40 czasu słonecznego w momencie, gdy w Warszawie (21°E) jest 14.00 tego czasu.

1 Oblicz różnicę czasu słonecznego między południkiem miejscowym Warszawy a południkiem, na którym znajduje się szukany punkt.

14.00 – 7.40 = 6 h 20 min = 380 min

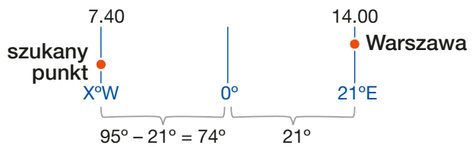
2 Na podstawie różnicy czasu oblicz różnicę długości geograficznej między tymi miejscami. Pamiętaj, że obrót naszej planety o 1° trwa 4 minuty.

4 min – 1°
380 min – x
x = 380 min · 1° : 4 min = 95°

3 Ustal, czy szukany punkt znajduje się na wschód, czy na zachód od Warszawy.

W szukanym punkcie jest wcześniejsza godzina niż w Warszawie, zatem znajduje się on na zachód od stolicy Polski.

4 Oblicz długość geograficzną szukanego punktu. Warszawę od południka 0° dzieli 21° długości geograficznej, zatem szukany punkt znajduje się na półkuli zachodniej.

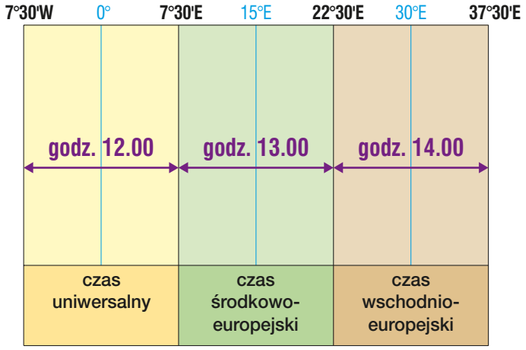


Odpowiedź: Długość geograficzna szukanego punktu to 74°W.

Rozwiąż samodzielnie

Oblicz długość geograficzną punktu, w którym jest godzina 15.20 czasu słonecznego w momencie, gdy w Sewilli (6°W) jest południe słoneczne.

Przebieg południka 0° zaznaczono na terenie Królewskiego Obserwatorium Astronomicznego w Greenwich.



Każda strefa czasowa obejmuje 15° długości geograficznej, a czas w kolejnych strefach różni się o godzinę.

Czas uniwersalny

Na całym świecie za podstawę rachuby czasu w ciągu doby uznaje się **czas uniwersalny koordynowany UTC** (ang. *Universal Time Coordinated*). Liczy się go według czasu średniego słonecznego dla południka 0°, który przebiega przez **Greenwich** – dzielnicę Londynu. Godzinę 12.00 UTC wyznacza moment górowania słońca średniego nad tym południkiem.

Czas strefowy

Czas strefowy oblicza się na podstawie umownego podziału kuli ziemskiej na **24 strefy czasowe**, które obejmują obszary rozciągające się na **15° długości geograficznej**. W każdej z tych stref obowiązuje inny czas strefowy.

Czas strefowy jest ustalany na podstawie czasu UTC strefy, w której znajduje się Greenwich. W strefach czasowych leżących na wschód od Greenwich dodaje się kolejne godziny, a w strefach położonych na zachód – odejmuje.

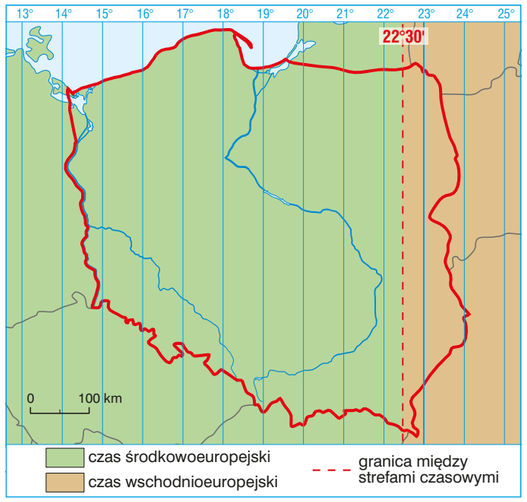
Czas strefowy obowiązujący na większości terytorium Polski jest taki sam jak czas średni słoneczny na południku 15°E. W położonych na nim miejscowościach (np. w Zgorzelcu) czas średni słoneczny pokrywa się z czasem strefowym. W innych miejscach nie ma tej zgodności.

Czas urzędowy

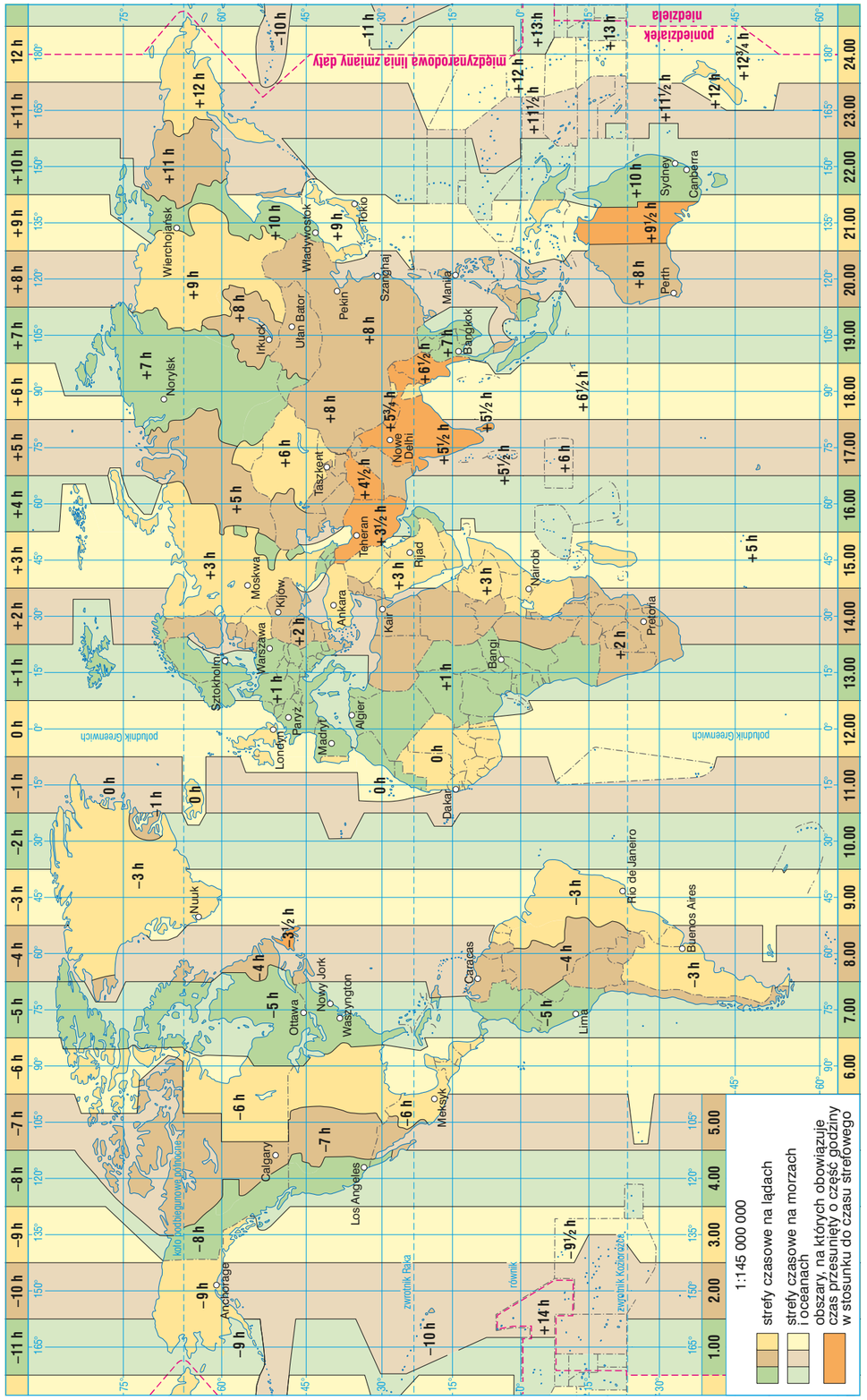
Aby ułatwić posługiwanie się czasem w obrębie danego państwa lub regionu, wprowadza się **czas urzędowy**. Na przykład czas środkowoeuropejski (UTC + 1 h) obowiązuje na obszarach wykraczających daleko poza samą strefę czasową. Dzięki temu w Polsce jest taki sam czas jak w większości krajów europejskich. Czas urzędowy dzieli się na **czas letni** i **czas zimowy**. Różnica między nimi wynosi godzinę. Czas letni w naszym kraju obowiązuje przez pięć miesięcy. Odpowiada on czasowi strefy wschodnioeuropejskiej (UTC + 2 h).

Czy wiesz, że…

Mimo że terytorium Chin leży w obrębie pięciu stref czasowych, na całym obszarze tego kraju obowiązuje jeden czas urzędowy (czas pekiński). Dlatego w niektórych regionach Chin Słońce zachodzi dopiero o północy.



Terytorium Polski leży w dwóch strefach czasowych, jednak w całym kraju obowiązuje jeden czas urzędowy.



Czas urzędowy na świecie. W górnej części mapy podano różnice między czasem danej strefy a czasem UTC, w dolnej zaś – godzinę, którą wskazują zegary w danej strefie, gdy w Greenwich jest 12.00 UTC. Te dane dotyczą pory zimowej. Na większości obszaru Antarktydy obowiązuje czas południka 0°. Jednak niektóre stacje badawcze przyjmują czas odpowiadający strefie czasowej właściwej dla swojego kraju.

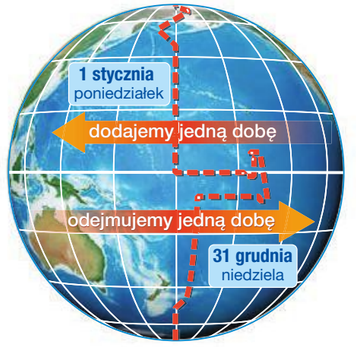
Międzynarodowa linia zmiany daty

Umowną granicę zmiany daty wyznacza **południk 180°**. Różnica czasu po obu jego stronach wynosi 24 godziny. Osoby przekraczające tę granicę samolotem lub statkiem z półkuli wschodniej na półkulę zachodnią muszą odjąć jeden dzień. Na przykład poniedziałek staje się dla nich niedzielą, po której znów następuje poniedziałek. Podczas podróży w kierunku przeciwnym trzeba dodać jeden dzień – niedziela staje się poniedziałkiem.

Ponieważ południk 180° przecina granice kilku państw, międzynarodowa linia zmiany daty nie przebiega dokładnie wzdłuż niego, lecz ulega rozmaitym modyfikacjom. Na przykład przesunięto ją aż do Cieśniny Beringa po to, aby całe terytorium Rosji znalazło się po jej zachodniej stronie. W innym miejscu zmieniono przebieg linii tak, aby Aleuty należące do Stanów Zjednoczonych pozostały w całości po jej wschodniej stronie.

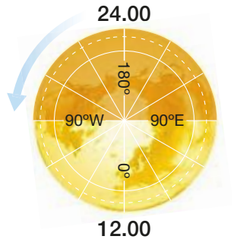
Czy wiesz, że…

Jako pierwsi na kuli ziemskiej każdy kolejny dzień witają mieszkańcy archipelagu Line należącego do państwa Kiribati. Jest ono położone na Pacyfiku w strefie czasowej UTC + 14.

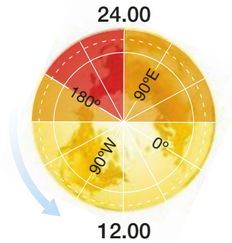


Podróżni przemieszczający się z zachodu na wschód (np. z Tokio do Los Angeles) „zyskują” jeden dzień. Gdy podróż odbywa się w przeciwnym kierunku – „tracą” jeden dzień.

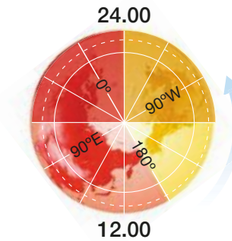
Mechanizm ruchu daty



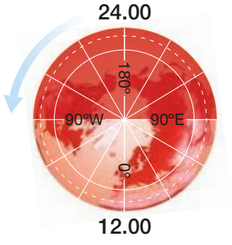
Gdy na południku Greenwich jest południe słoneczne, a na południku 180° – północ, to na całej kuli ziemskiej jest ten sam dzień (np. niedziela). Trwa to bardzo krótko.



W wyniku obrotu Ziemi z każdą sekundą powiększa się obszar, na którym jest nowa data (poniedziałek).



Po ponad 12 godzinach na większości kuli ziemskiej jest nowa data (poniedziałek).



Po 24 godzinach nasza planeta obróci się o 360°. Przez krótki czas ponownie na całej Ziemi będzie jedna data (poniedziałek).

Niedziela: dzień, noc
Poniedziałek: dzień, noc

Zadania

1. Wyjaśnij, dlaczego powszechnie nie stosuje się czasu słonecznego prawdziwego.
2. Oblicz, o jaki kąt obraca się Ziemia w czasie trwania jednej lekcji.
3. Podaj, którą godzinę wskazują zegarki w Tokio, gdy w Londynie jest 15.00.

5 Ruch obiegowy Ziemi

Ważne na tej lekcji!

- cechy i następstwa ruchu obiegowego Ziemi
- obliczanie wysokości górowania Słońca w dniach równonocy i przesileń
- obliczanie szerokości geograficznej

Obrót wokół własnej osi nie jest jedynym ruchem wykonywanym przez naszą planetę. Krąży ona także wokół Słońca. Ten ruch ma wiele ważnych konsekwencji. Należą do nich m.in. występowanie pór roku oraz zmiana długości dni i nocy.

Cechy ruchu obiegowego Ziemi

Ziemia okrąża Słońce po orbicie w kształcie **elipsy**. Na ilustracji zamieszczonej poniżej widać, że Słońce nie znajduje się w środku elipsy, lecz w jednym z jej ognisk, a odległość dzieląca je od naszej planety zmienia się w ciągu roku. Punkt orbity, w którym ta odległość jest najmniejsza, nosi nazwę **peryhelium**. Z kolei punkt, w którym Ziemia znajduje się najdalej od Słońca, to **aphelium**.

Jeden obieg Ziemi dookoła Słońca trwa **rok**. Można go określać jako czas, po którym Ziemia:

- osiąga to samo położenie na orbicie – rok zwrotnikowy (365 dni, 5 godzin, 48 minut i 46 sekund),
- wraca do miejsca, z którego Słońce jest widoczne w tym samym położeniu względem odległych gwiazd – rok gwiazdowy (365 dni, 6 godzin, 9 minut i 10 sekund).

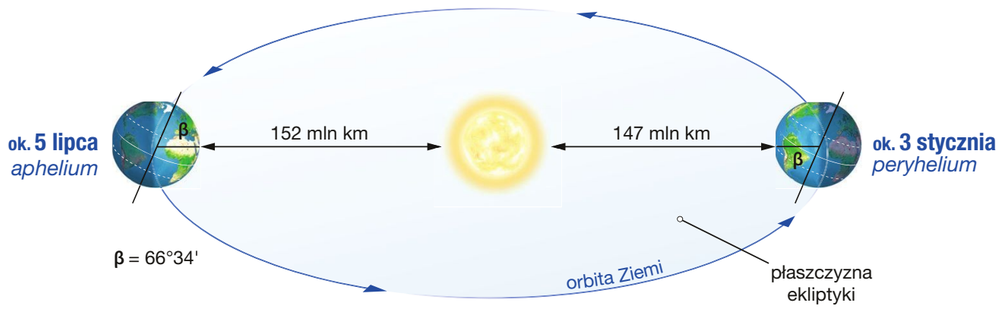
Analiza położenia Słońca na tle gwiazd w ciągu roku pozwala stwierdzić, że przesuwa się ono na sferze niebieskiej po okręgu. Tę pozorną drogę Słońca po niebie nazywa się **ekliptyką**. W płaszczyźnie ekliptyki odbywa się ruch obiegowy Ziemi. Oś ziemska jest ustawiona względem płaszczyzny ekliptyki pod kątem 66°34'. To powoduje, że płaszczyzna ziemskiego równika nie pokrywa się z płaszczyzną ekliptyki, lecz tworzy z nią kąt 23°26' (90° – 66°34').

Następstwa ruchu obiegowego Ziemi

Ruch obiegowy Ziemi i nachylenie osi ziemskiej względem płaszczyzny ekliptyki wywołują kilka ważnych konsekwencji. Należą do nich:

- występowanie astronomicznych pór roku,
- zmiana miejsca wschodu i zachodu Słońca w ciągu roku,
- zmiana długości pozornej wędrówki Słońca nad horyzontem,
- zmiana długości dnia i nocy,
- zmiana wysokości górowania Słońca nad horyzontem,
- występowanie stref oświetlenia Ziemi.

Te następstwa omówiono na s. 75–78.



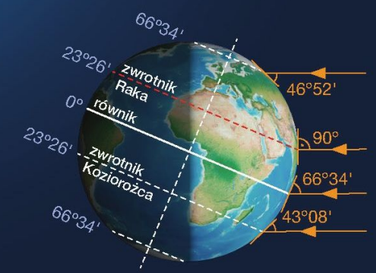
Różnica między najmniejszą a największą odległością Ziemi od Słońca jest względnie mała. Dlatego nie wpływa znacząco na ilość promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni naszej planety.

Astronomiczne pory roku

Wyróżnia się cztery astronomiczne pory roku: wiosnę, lato, jesień i zimę. Są to okresy, w których Słońce przemierza kolejne dziewięćdziesięciostopniowe łuki ekliptyki między czterema charakterystycznymi jej punktami. W tych punktach promienie słoneczne padają pionowo na równik (równonoce), zwrotnik Raka (przesilenie letnie) lub zwrotnik Koziorożca (przesilenie zimowe).

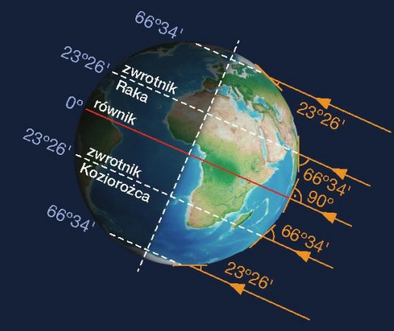
Przesilenie letnie (21 czerwca*)

W południe słoneczne Słońce góruje w zenicie (czyli pod kątem 90°) na zwrotniku Raka. Na półkuli północnej dzień trwa wtedy najdłużej, a noc – najkrócej w roku. Rozpoczyna się tam lato. Za kołem podbiegunowym północnym panuje dzień polarny (Słońce nie zachodzi przez co najmniej 24 godziny). Tego dnia na półkuli południowej zaczyna się zima.



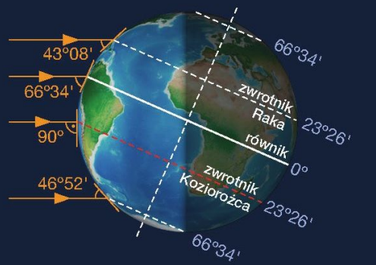
Równonoc wiosenna (20 marca*) i równonoc jesienna (22 września*)

W południe słoneczne Słońce góruje w zenicie na równiku. Na całej kuli ziemskiej dzień i noc trwają po 12 godzin. 20 marca na półkuli północnej rozpoczyna się wiosna, a na półkuli południowej – jesień. W okolicach bieguna północnego zaczyna się wtedy dzień polarny, z kolei w okolicach bieguna południowego – noc polarna.
22 września na półkuli północnej rozpoczyna się jesień, na półkuli południowej zaś – wiosna. W okolicach bieguna północnego zaczyna się noc polarna, a w okolicach bieguna południowego – dzień polarny.



Przesilenie zimowe (21 grudnia*)

W południe słoneczne Słońce góruje w zenicie na zwrotniku Koziorożca. Na półkuli północnej dzień trwa wtedy najkrócej, a noc – najdłużej w roku. Rozpoczyna się tam zima. Za kołem podbiegunowym północnym panuje noc polarna. Tego dnia na półkuli południowej rozpoczyna się lato.



* Przesilenia i równonoce mogą nastąpić dzień wcześniej lub dzień później od podanych dat.

Zmiany pozornej wędrówki Słońca nad horyzontem w ciągu roku

Ruch obrotowy Ziemi powoduje, że w ciągu dnia można obserwować pozorną wędrówkę Słońca po sklepieniu niebieskim. Z kolei ruch obiegowy Ziemi sprawia, że trasa tej wędrówki w poszczególnych porach roku jest inna.

Parametry zmieniające się w ciągu roku

długość pozornej wędrówki Słońca nad horyzontem

wysokość górowania Słońca nad horyzontem

W E miejsce wschodu i zachodu Słońca

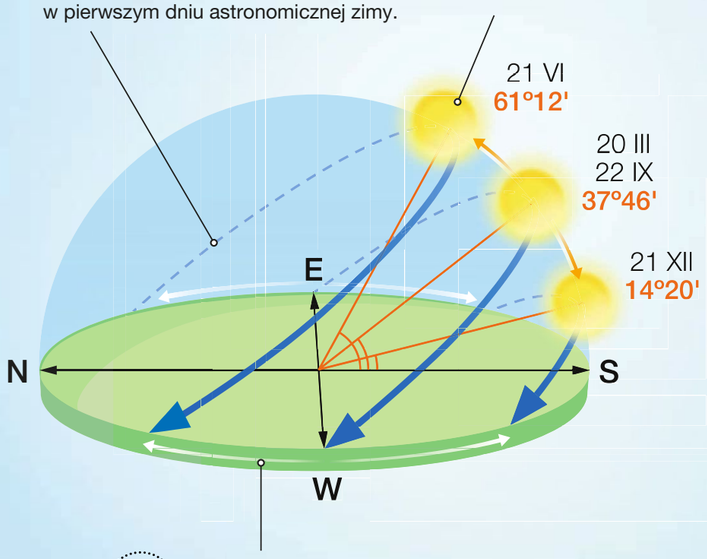
długość trwania dnia i nocy

Zmiany pozornej wędrówki Słońca nad horyzontem na przykładzie Warszawy

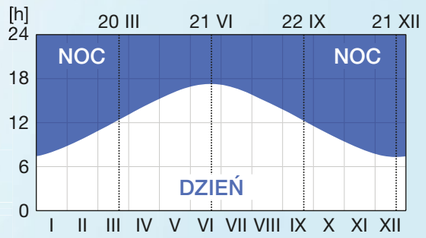
1 **Na równoleżniku, na którym leży Warszawa**, Słońce nigdy nie góruje w zenicie. Nie występują na nim również dni i noce polarne.

Wędrówka Słońca nad horyzontem najdłużej trwa w pierwszym dniu astronomicznego lata, a najkrócej – w pierwszym dniu astronomicznej zimy.

Słońce góruje najwyżej nad horyzontem w dniu przesilenia letniego, najniżej zaś – w dniu przesilenia zimowego.



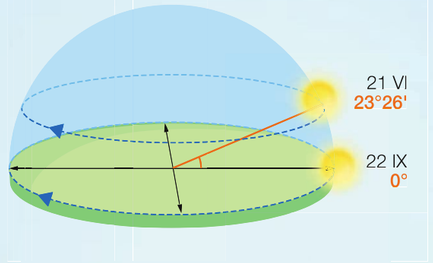
Najdłuższy jest pierwszy dzień astronomicznego lata, a najkrótszy – pierwszy dzień astronomicznej zimy. W dniach równonocy dzień i noc trwają dokładnie po 12 godzin.

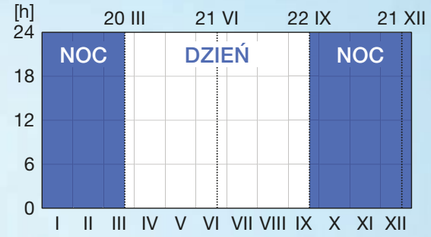


W E W dniach równonocy wschód Słońca następuje dokładnie na wschodzie, a zachód – dokładnie na zachodzie. Wiosną i latem Słońce wschodzi i zachodzi bliżej północy, z kolei jesienią i zimą – bliżej południa.

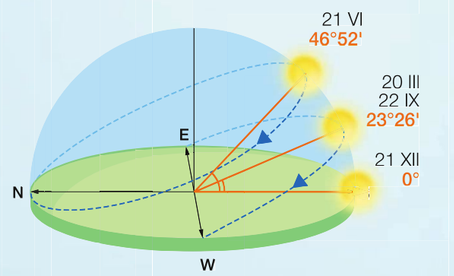
Zmiany pozornej wędrówki Słońca w różnych szerokościach geograficznych

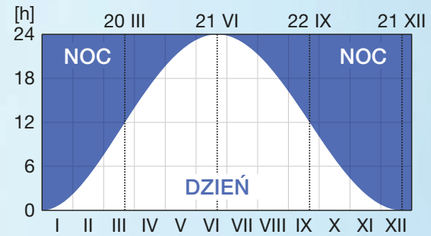
2 **Na biegunie północnym** dzień polarny i noc polarna trwają po pół roku.



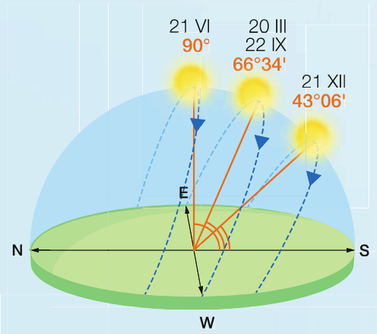


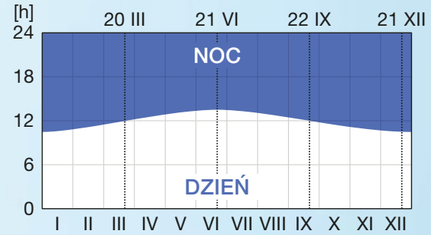
3 **Na kole podbiegunowym północnym** w dniu przesilenia zimowego Słońce góruje dokładnie na linii horyzontu. Podczas przesilenia letniego przez jedną dobę trwa dzień polarny.



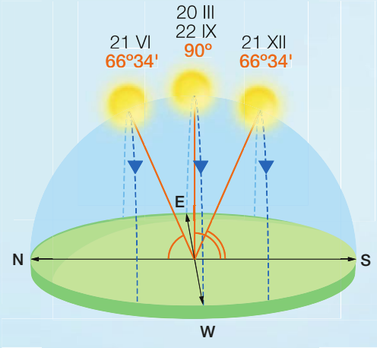


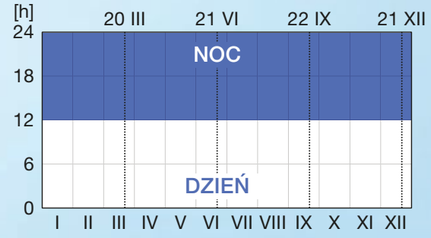
4 **Na zwrotniku Raka** Słońce góruje w zenicie raz w roku. Dzieje się tak w pierwszym dniu astronomicznego lata.





5 **Na równiku** Słońce góruje w zenicie dwa razy w roku (w dniach równonocy). Na tym równoleżniku Słońce wschodzi i zachodzi zawsze o tej samej porze, a dzień i noc trwają dokładnie po 12 godzin.





Strefy oświetlenia Ziemi

Ruch obiegowy Ziemi powoduje, że w ciągu roku zmienia się jej oświetlenie. Wyróżnia się **pięć stref oświetlenia** Ziemi:

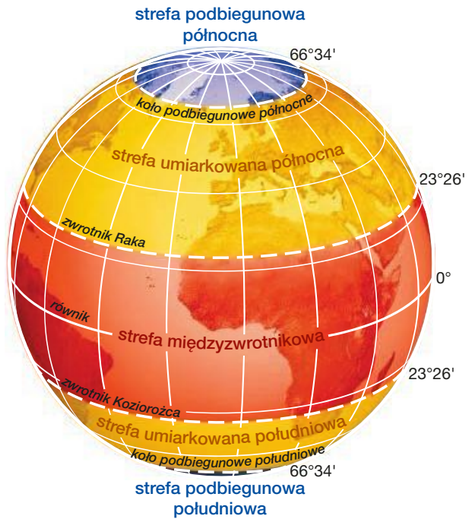
- jedną strefę międzyzwrotnikową,
- dwie strefy umiarkowane,
- dwie strefy podbiegunowe.

Strefa międzyzwrotnikowa obejmuje obszar między zwrotnikiem Raka a zwrotnikiem Koziorożca. Tylko w niej Słońce góruje w zenicie. Następuje to dwa razy w roku, a na zwrotnikach – raz w roku. Długość dnia w strefie międzyzwrotnikowej zmienia się nieznacznie. Najdłuższy dzień trwa ok. 13,5 godziny, a najkrótszy – ok. 10,5 godziny.

Strefy umiarkowane rozciągają się między zwrotnikami a kołami podbiegunowymi. Wysokość górowania Słońca w danym dniu zmniejsza się w nich od zwrotników w kierunku kół podbiegunowych.

Strefy podbiegunowe znajdują się między kołami podbiegunowymi a biegunami. W tych strefach występują zjawiska dnia polarnego i nocy polarnej. W miarę zbliżania się do biegunów dni i noce polarne stają się coraz dłuższe. Na biegunach trwają one po pół roku.

Strefowość oświetlenia wyraźnie wpływa na środowisko przyrodnicze naszej planety, m.in. decyduje o występowaniu stref klimatyczno-roślinno-glebowych (→ strefy roślinne na Ziemi, s. 306). Ponadto przesuwanie się obszaru o zenitalnym kącie padania promieni słonecznych



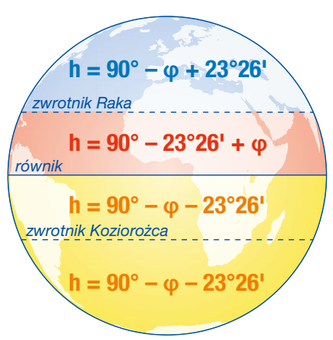
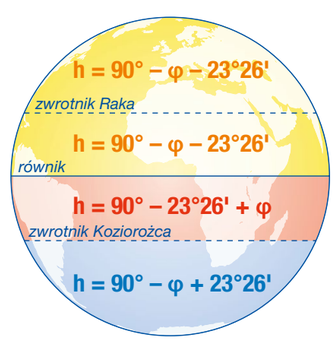
Strefy oświetlenia Ziemi.

w ciągu roku powoduje, że zmienia się położenie równikowej strefy obniżonego ciśnienia (→ globalna cyrkulacja atmosfery, s. 106).

Obliczanie wysokości górowania Słońca nad horyzontem oraz szerokości geograficznej

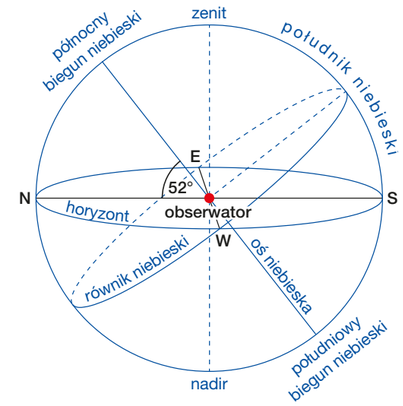
Istnieje kilka metod obliczania wysokości górowania Słońca nad horyzontem w dniach równonocy i przesileń. W geografii najczęściej stosuje się wzory zamieszczone w poniższej tabeli. Przykładowe obliczenia z ich wykorzystaniem zaprezentowano w samouczku na s. 79 (metoda I). Astronomowie do obliczania wysokości górowania Słońca nad horyzontem wykorzystują z kolei

Wzory na obliczanie wysokości górowania Słońca w dniach równonocy i przesileń

Równonoc	Przesilenie letnie	Przesilenie zimowe
h = 90° – φ		

Układ horyzontalny

W astronomii do obliczeń często wykorzystuje się sferyczne układy odniesienia, np. układ horyzontalny. W tym układzie Ziemię przedstawia się jako punkt leżący w samym środku sfery niebieskiej, w którym stoi obserwator. Dokładnie nad tym punktem znajduje się zenit, pod nim zaś – nadir. Przedłużeniem osi ziemskiej jest oś niebieska. Właśnie wokół niej odbywa się pozorny ruch sfery niebieskiej. Na przecięciu osi niebieskiej ze sferą niebieską znajdują się bieguny niebieskie, z kolei na przecięciu płaszczyzny równika ze sferą niebieską leży równik niebieski.



Układ horyzontalny dla szerokości geograficznej Warszawy.

informacje o **szerokości geograficznej miejsca obserwacji** oraz o **deklinacji Słońca**. Deklinacja Słońca to kąt między kierunkiem poprowadzonym od obserwatora do tej gwiazdy a płaszczyzną równika niebieskiego (jego położenie pokazano w powyższej ramce). Przypomina więc szerokość geograficzną, lecz jest wyznaczana na sferze niebieskiej. Deklinacja Słońca zmienia się w ciągu roku. Dla obiektów znajdujących się na równiku niebieskim wynosi 0°, a dla tych, które leżą na biegunie niebieskim, osiąga wartość 90°. Przykład obliczeń wykonanych tą metodą znajduje się na s. 80 (metoda II). W trzeciej metodzie wykorzystuje się informację o odległości kątowej obserwatora od **punktu podsłonecznego**, czyli miejsca, w którym Słońce góruje w zenicie. Tę metodę zaprezentowano na s. 80–81 (metoda III).

Wzory wykorzystywane do obliczania wysokości górowania Słońca nad horyzontem można przekształcić we wzory na obliczanie szerokości geograficznej. Aby ją obliczyć, trzeba jednak znać wysokość górowania Słońca. Przykład takich obliczeń zaprezentowano na s. 81.

Obliczanie wysokości górowania Słońca nad horyzontem

Krok po kroku

Oblicz wysokość górowania Słońca nad horyzontem w Atenach (38°00'N, 23°43'E) i w La Paz (16°30'S, 68°08'W) w dniach równonocy oraz przesilenia letniego i przesilenia zimowego.

METODA I

1 Odczytaj z polecenia, jaka jest szerokość geograficzna (φ) Aten, a jaka – La Paz.

Ateny: φ = 38°00'N

La Paz: φ = 16°30'S

2 Wybierz właściwe wzory z tabeli na poprzedniej stronie.

Wzory dla szerokości geograficznej Aten
- Równonoc: h = 90° – φ
- Przesilenie letnie: h = 90° – φ + 23°26'
- Przesilenie zimowe: h = 90° – φ – 23°26'

Wzory dla szerokości geograficznej La Paz
- Równonoc: h = 90° – φ
- Przesilenie letnie: h = 90° – φ – 23°26'
- Przesilenie zimowe: 90° – 23°26' + φ

3 Wykonaj obliczenia.

Ateny
- Równonoc: h = 90° – 38° = 52°
- Przesilenie letnie: h = 90° – 38° + 23°26' = 75°26'
- Przesilenie zimowe: h = 90° – 38° – 23°26' = 28°34'

La Paz
- Równonoc: h = 90° – 16°30' = 73°30'
- Przesilenie letnie: h = 90° – 16°30' – 23°26' = = 50°04'
- Przesilenie zimowe: h = 90° – 23°26' + 16°30' = = 83°04'

Obliczanie wysokości górowania Słońca nad horyzontem (cd.)

Krok po kroku

METODA II

1 Skorzystaj z poniższych wzorów na wysokość górowania Słońca.

Górowanie Słońca po południowej stronie nieba:
$h_{gS} = 90° - \varphi + \delta$

Górowanie Słońca po północnej stronie nieba:
$h_{gN} = 90° + \varphi - \delta$

φ – szerokość geograficzna, której wartość dla punktów położonych na półkuli północnej zapisuje się jako liczbę dodatnią, a dla punktów znajdujących się na półkuli południowej – jako liczbę ujemną (ze znakiem „–”)
Ateny: $\varphi = 38°00'N$
La Paz: $\varphi = -16°30'S$

δ – deklinacja Słońca przyjmująca w poszczególnych dniach inne wartości, przedstawione w poniższej tabeli

Data	Przesilenie letnie	Równonoc	Przesilenie zimowe
Wartość deklinacji	23°26'	0°	–23°26'

2 Ustal, po której stronie nieba w dniach równonocy oraz przesileń Słońce góruje w Atenach, a po której – w La Paz.

W Atenach w każdym z tych dni Słońce góruje po południowej stronie nieba. W La Paz w dniach równonocy i w dniu przesilenia letniego Słońce góruje po stronie północnej, a w dniu przesilenia zimowego – po południowej.

3 Wybierz odpowiednie wzory na wysokość górowania Słońca.

Ateny
$h_{gS} = 90° - \varphi + \delta$

La Paz
- Równonoc i przesilenie letnie: $h_{gN} = 90° + \varphi - \delta$
- Przesilenie zimowe: $h_{gS} = 90° - \varphi + \delta$

4 Podstaw do wzorów poprawne wartości szerokości geograficznej oraz deklinacji Słońca w odpowiednich dniach.

Ateny
- Równonoc: $h_{gS} = 90° - 38° + 0° = 52°$
- Przesilenie letnie: $h_{gS} = 90° - 38° + 23°26' = 75°26'$
- Przesilenie zimowe: $h_{gS} = 90° - 38° - 23°26' = 28°34'$

La Paz
- Równonoc: $h_{gN} = 90° + (-16°30') - 0° = 73°30'$
- Przesilenie letnie: $h_{gN} = 90° + (-16°30') - 23°26' = 50°04'$
- Przesilenie zimowe: $h_{gN} = 90° + (-16°30') + 23°26' = 83°04'$

METODA III

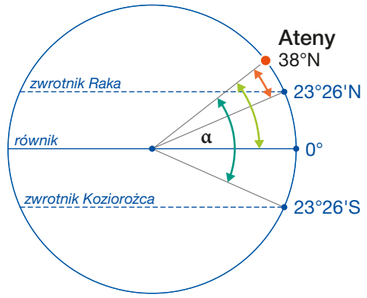
1 Skorzystaj z podanego wzoru.

$h_g = 90° - \alpha$

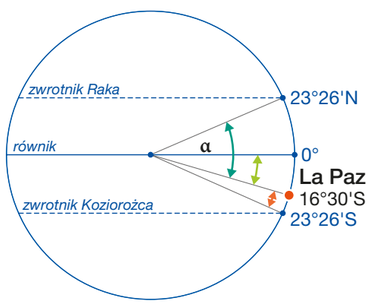
α – odległość obserwatora od punktu podsłonecznego wyrażona miarą kątową

2 Ustal wartości α.

Punkt podsłoneczny w dniach równonocy leży na równiku (0°), w dniu przesilenia letniego – na zwrotniku Raka (23°26'N), a w dniu przesilenia zimowego – na zwrotniku Koziorożca (23°26'S).



Wartości α dla Aten
- Równonoc: 38°
- Przesilenie letnie: 38°– 23°26' = 14°34'
- Przesilenie zimowe: 38° + 23°26' = 61°26'



Wartości α dla La Paz
- Równonoc: 16°30'
- Przesilenie letnie: 16°30' + 23°26' = 39°56'
- Przesilenie zimowe: 23°26' – 16°30' = 6°56'

Obliczanie wysokości górowania Słońca nad horyzontem (cd.)

Krok po kroku

3 Podstaw do wzoru wartości α dla Aten i La Paz w poszczególnych dniach.

Ateny
- Równonoc: $h_g = 90° - 38° = 52°$
- Przesilenie letnie: $h_g = 90° - 14°34' = 75°26'$
- Przesilenie zimowe: $h_g = 90° - 61°26' = 28°34'$

La Paz
- Równonoc: $h_g = 90° - 16°30' = 73°30'$
- Przesilenie letnie: $h_g = 90° - 39°56' = 50°04'$
- Przesilenie zimowe: $h_g = 90° - 6°56' = 83°04'$

Odpowiedź:

W dniach równonocy Słońce góruje w Atenach na wysokości 52°, w trakcie przesilenia letniego – na wysokości 75°26', a podczas przesilenia zimowego – na wysokości 28°34'. Z kolei w La Paz Słońce góruje w dniach równonocy na wysokości 73°30', w trakcie przesilenia letniego – na wysokości 50°04', a podczas przesilenia zimowego – na wysokości 83°04'.

Rozwiąż samodzielnie

Oblicz wybraną metodą wysokość górowania Słońca nad horyzontem w Rach Giá w dniach równonocy i przesileń.

Obliczanie szerokości geograficznej na podstawie wysokości górowania Słońca w dniach równonocy i przesileń

Krok po kroku

W dniu przesilenia letniego w momencie górowania Słońca jacht znajdował się w pewnym punkcie na Oceanie Atlantyckim. Oblicz szerokość geograficzną tego punktu, jeśli górowanie następowało po południowej stronie nieba, a wysokość Słońca nad horyzontem wynosiła wówczas 61°12'.

1 Wskaż równoleżnik, na którym Słońce góruje w podanym dniu w zenicie.

Jest to zwrotnik Raka (23°26'N).

2 Ustal, czy szukany punkt znajduje się na północ, czy na południe od zwrotnika Raka.

Skoro Słońce góruje po południowej stronie nieba, to szukany punkt leży na północ od zwrotnika Raka.

3 Wybierz odpowiedni wzór.

$h = 90° - \varphi + 23°26'$

4 Przekształć wzór i oblicz szerokość geograficzną.

$\varphi = 90° + 23°26' - h$
$\varphi = 90° + 23°26' - 61°12' = 52°14'$

Odpowiedź:

Szerokość geograficzna punktu, w którym znajdował się jacht, wynosi 52°14'N.

Rozwiąż samodzielnie

Oblicz szerokość geograficzną punktu, w którym w dniu przesilenia zimowego Słońce górowało po północnej stronie nieba na wysokości 30°30'.

Zadania

1. Wymień następstwa ruchu obiegowego Ziemi.
2. Oblicz wysokość górowania Słońca w pierwszych dniach astronomicznych pór roku w Buenos Aires (35°S) i w Zakopanem (49°N).
* 3. Wyjaśnij, dlaczego daty równonocy i przesileń w kolejnych latach mogą być inne.

Podsumowanie

Dawne teorie na temat budowy wszechświata

Teoria geocentryczna	Teoria heliocentryczna
Zakładała, że nieruchoma Ziemia znajduje się w centrum wszechświata, a Słońce i inne ciała niebieskie krążą wokół niej.	Zakładała, że Ziemia i inne planety krążą wokół Słońca znajdującego się w centrum wszechświata.
Sformułował ją Klaudiusz Ptolemeusz.	Sformułował ją Mikołaj Kopernik.

- W historii poznawania wszechświata zapisali się m.in.:
  - **Galileusz** (m.in. odkrył pierścienie Saturna oraz cztery księżyce Jowisza),
  - **Jan Kepler** (sformułował prawa opisujące ruch planet wokół Słońca),
  - **Isaac Newton** (stworzył teorię grawitacji),
  - **Jan Heweliusz** (m.in. sporządził atlas nieba i mapy Księżyca),
  - **Albert Einstein** (sformułował ogólną i szczególną teorię względności),
  - **Edwin Powell Hubble** (odkrył zjawisko rozszerzania się wszechświata),
  - **Jurij Gagarin** (był pierwszym człowiekiem w kosmosie),
  - **Neil Armstrong** (jako pierwszy stanął na powierzchni Księżyca),
  - **Aleksander Wolszczan** (odkrył pierwsze planety spoza Układu Słonecznego).
- Zgodnie z obecnymi poglądami **wszechświat** składa się przede wszystkim z ciemnej materii i ciemnej energii, a materia emitująca światło stanowi jedynie ok. 5% jego masy.
- **Teoria Wielkiego Wybuchu** zakłada, że ok. 13,8 mld lat temu cała materia była skoncentrowana w jednym punkcie o ogromnej gęstości, a potem zaczęła się rozszerzać.
- Podstawowymi jednostkami organizacji materii we wszechświecie są **galaktyki**. Wiele z nich należy do małych grup lub większych gromad wchodzących w skład supergromad.
- Galaktyka, w której znajduje się Układ Słoneczny, jest nazywana **Drogą Mleczną**. Składa się ona z niemal 400 mld gwiazd i jest częścią Lokalnej Grupy Galaktyk.
- **Badania wszechświata** przyniosły wiele korzyści. Należą do nich np.:
  - powstanie i rozwój GPS,
  - ułatwienia w tworzeniu map,
  - dokładniejsze prognozowanie pogody.

Obiekty w Układzie Słonecznym

Słońce	planety	planety karłowate
Gwiazda będąca centralnym obiektem Układu Słonecznego. Emituje światło i ciepło dzięki reakcjom termojądrowym zachodzącym w jej wnętrzu.	Ciała niebieskie, które krążą wokół Słońca, mają kulisty lub prawie kulisty kształt i oczyściły sąsiedztwo swojej orbity z innych obiektów podobnych rozmiarów.	Kuliste ciała niebieskie, które nie oczyściły sąsiedztwa swoich orbit z innych obiektów. Są podobne do planet, lecz od nich mniejsze.

planetoidy	księżyce	komety	meteoroidy
Obiekty o średnicach do 1000 km, obiegające Słońce po prawie kołowych orbitach w pasie głównym planetoid oraz w Pasie Kuipera.	Ciała niebieskie krążące wokół niektórych planet, planet karłowatych lub planetoid (naturalne satelity).	Małe ciała niebieskie pochodzące z peryferyjnych obszarów Układu Słonecznego. Składają się z lodu wodnego, zamrożonych gazów oraz okruchów skalnych.	Okruchy skalne o średnicy do 10 m. Meteoroidy, które ulegają spaleniu w atmosferze, to meteory, a te, które spadły na Ziemię – meteoryty.

- Zgrupowania gwiazd zajmujące pewien obszar nieba to **gwiazdozbiory**. Do gwiazdozbiorów nieba północnego należą m.in. Mała Niedźwiedzica, Wielka Niedźwiedzica, Lew i Bliźnięta.
- **Układ Słoneczny** zaczął się formować ok. 4,6 mld lat temu. Powstał z obłoku materii międzygwiazdowej złożonego głównie z atomów wodoru i helu oraz z niewielkiej ilości atomów cięższych pierwiastków. Aż 99,87% masy Układu Słonecznego stanowi **Słońce**. Pozostałą masę tworzą związane z nim grawitacyjnie ciała niebieskie oraz materia pyłowo-gazowa.
- Merkury, Wenus, Ziemia i Mars należą do **planet grupy ziemskiej**. Skorupy i płaszcze tych ciał niebieskich składają się w znacznej części z minerałów o wysokiej temperaturze topnienia, a jądra – z metali. Jowisz, Saturn, Uran i Neptun należą do **planet olbrzymów** zbudowanych przede wszystkim z wodoru i helu albo z wody, amoniaku i metanu.
- Ziemia ma jednego naturalnego satelitę – **Księżyc**. Podczas ruchu obiegowego wokół Ziemi Księżyc jest różnie oświetlany przez Słońce. Z tego powodu wyróżnia się cztery **fazy Księżyca**:
  - nów,
  - pierwszą kwadrę,
  - pełnię,
  - ostatnią kwadrę.
- **Zaćmienie Słońca** występuje wtedy, gdy Księżyc znajduje się między Ziemią a Słońcem i rzuca cień na naszą planetę, a **zaćmienie Księżyca** – gdy Ziemia przysłania promienie słoneczne oświetlające Księżyc. To zjawisko jest wywoływane cieniem rzucanym przez naszą planetę na powierzchnię Księżyca.
- **Ruch obrotowy** (ruch wirowy) Ziemi odbywa się z zachodu na wschód.
- Rzeczywisty czas pełnego obrotu Ziemi wynosi 23 godziny, 56 minut i 4 sekundy, czyli **dobę gwiazdową**. Podstawą rachuby czasu jest średnia **doba słoneczna** – czas między dwoma kolejnymi górowaniami Słońca. Trwa ona 24 godziny.
- Wszystkie punkty na powierzchni Ziemi poruszają się razem z nią i obracają o 360° w ciągu 24 godzin. Ta prędkość, nazywana **prędkością kątową**, jest stała dla każdego punktu na naszej planecie. Punkty na powierzchni Ziemi poruszają się również z **prędkością liniową**, która jest zmienna i zależy od szerokości geograficznej. Największa jest na równiku.

Następstwa ruchu obrotowego Ziemi

- występowanie dni i nocy
- pozorny ruch Słońca i innych ciał niebieskich po sklepieniu niebieskim
- siła Coriolisa
- spłaszczenie Ziemi przy biegunach
- różnice czasu na Ziemi

- Charakterystyczne momenty **pozornej wędrówki Słońca** po sklepieniu niebieskim to:
  - wschód – Słońce pojawia się nad horyzontem,
  - górowanie – Słońce znajduje się najwyżej nad horyzontem,
  - zachód – Słońce znika pod horyzontem.
- **Siła Coriolisa** powoduje, że kierunek ciał poruszających się na półkuli północnej jest odchylany w prawą stronę względem kierunku zapoczątkowanego, a kierunek ciał znajdujących się na półkuli południowej – w lewą stronę.
- Ziemia jest **spłaszczona przy biegunach** – jej promień biegunowy ma mniejszą długość niż promień równikowy. Ta różnica jest efektem działania siły odśrodkowej wynikającej z ruchu obrotowego Ziemi.
- **Pływy** to cykliczne podnoszenie się i opadanie poziomu mórz i oceanów wywoływane przez siły przyciągania Księżyca i Słońca oraz ruch obrotowy Ziemi.

Czas słoneczny

czas prawdziwy słoneczny	czas średni słoneczny
Czas oparty na pozornym ruchu Słońca. Ustala się go dla danego miejsca na podstawie wysokości Słońca nad horyzontem. Moment górowania Słońca, czyli południe słoneczne, wyznacza godzinę 12.00.	Czas wyznaczany przez tzw. słońce średnie – fikcyjny obiekt, którego wyobrażony ruch odbywa się ze stałą prędkością wokół płaszczyzny równika. Słońce średnie góruje dokładnie co 24 godziny.

- **Czas uniwersalny koordynowany** (UTC) jest obliczany według czasu średniego słonecznego dla południka 0°.
- **Czas strefowy** oblicza się na podstawie umownego podziału kuli ziemskiej na 24 strefy czasowe. W kolejnych strefach, obejmujących obszary rozciągające się na 15° długości geograficznej, czas różni się o godzinę.
- **Czas urzędowy** wprowadza się po to, aby ułatwić posługiwanie się czasem w obrębie państwa lub regionu. Wyróżnia się czas letni i czas zimowy. Różnica między nimi wynosi godzinę.
- **Międzynarodową linię zmiany daty** wyznaczono mniej więcej wzdłuż południka 180°. Gdy przekracza się tę granicę z półkuli wschodniej na półkulę zachodnią, odejmuje się jeden dzień, a podczas podróży w kierunku przeciwnym jeden dzień się dodaje.
- **Ruch obiegowy** Ziemi odbywa się po orbicie w kształcie elipsy. **Peryhelium** to punkt orbity, w którym odległość między Ziemią a Słońcem jest najmniejsza. Z kolei punkt, w którym Ziemia znajduje się najdalej od Słońca, to **aphelium**.
- Jeden obieg Ziemi dookoła Słońca trwa **rok**:
  – rok zwrotnikowy – czas, po którym Ziemia osiąga to samo położenie na orbicie,
  – rok gwiazdowy – czas, po którym Ziemia wraca do miejsca, z którego Słońce widać w tym samym położeniu względem odległych gwiazd.
- **Ekliptyka** to pozorna droga, którą przebywa Słońce po sferze niebieskiej w ciągu roku. Oś ziemska jest ustawiona względem płaszczyzny ekliptyki pod kątem 66°34'.

Następstwa ruchu obiegowego Ziemi

- występowanie astronomicznych pór roku
- zmiana miejsca wschodu i zachodu Słońca w ciągu roku
- zmiana długości pozornej wędrówki Słońca nad horyzontem
- zmiana długości dnia i nocy
- zmiana wysokości górowania Słońca nad horyzontem
- występowanie stref oświetlenia Ziemi

- Na równiku **dzień i noc** przez cały rok trwają dokładnie po 12 godzin. Im wyższa szerokość geograficzna, tym większe różnice długości dnia i nocy w ciągu roku.
- Ze względu na zmiany w oświetleniu Ziemi w ciągu roku wyróżnia się **pięć stref oświetlenia**:
  – strefę międzyzwrotnikową (tylko w tej strefie Słońce góruje w zenicie),
  – dwie strefy umiarkowane (wysokość górowania Słońca w danym dniu zmniejsza się w tych strefach od zwrotników w kierunku kół podbiegunowych),
  – dwie strefy podbiegunowe (w tych strefach występują zjawiska dnia polarnego i nocy polarnej).

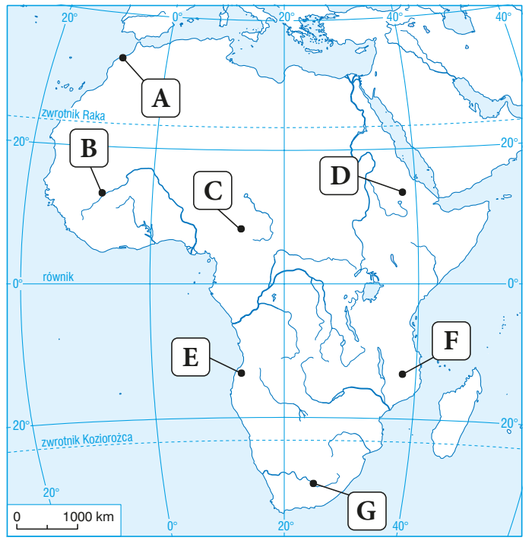
Pierwsze dni astronomicznych pór roku

Równonoc wiosenna	Przesilenie letnie	Równonoc jesienna	Przesilenie zimowe
• Słońce góruje w zenicie na równiku. • Na półkuli północnej rozpoczyna się wiosna, a na półkuli południowej – jesień. • Na całej kuli ziemskiej dzień i noc trwają po 12 godzin. • W okolicach bieguna północnego zaczyna się dzień polarny, a w okolicach bieguna południowego – noc polarna.	• Słońce góruje w zenicie na zwrotniku Raka. • Na półkuli północnej rozpoczyna się lato, a na półkuli południowej – zima. • Na półkuli północnej dzień trwa najdłużej w roku, a noc – najkrócej. • Za kołem podbiegunowym północnym trwa dzień polarny, a za kołem podbiegunowym południowym – noc polarna.	• Słońce góruje w zenicie na równiku. • Na półkuli północnej rozpoczyna się jesień, a na półkuli południowej – wiosna. • Na całej kuli ziemskiej dzień i noc trwają po 12 godzin. • W okolicach bieguna północnego zaczyna się noc polarna, a w okolicach bieguna południowego – dzień polarny.	• Słońce góruje w zenicie na zwrotniku Koziorożca. • Na półkuli północnej rozpoczyna się zima, a na półkuli południowej – lato. • Na półkuli północnej dzień trwa najkrócej w roku, a noc – najdłużej. • Za kołem podbiegunowym północnym trwa noc polarna, a za kołem podbiegunowym południowym – dzień polarny.

Sposób na zadania

Przykład 1. (0–2)

Na mapie Afryki literami A–G zaznaczono wybrane punkty.



Czasownik *oblicz* oznacza, że należy wyliczyć konkretne wartości na podstawie danych zamieszczonych w zadaniu oraz własnej wiedzy.

Oblicz współrzędne geograficzne punktów, w których w dniu przesilenia letniego Słońce góruje na wysokości 80°, a czas miejscowy różni się o 1 godzinę i 32 minuty od czasu środkowoeuropejskiego. Zapisz obliczenia. Podaj litery, którymi oznaczono na mapie punkty spełniające te kryteria.

W zadaniach obliczeniowych często punktuje się nie tylko wynik, lecz także sposób działania, dlatego trzeba zapisywać obliczenia.

Odpowiedź:

Obliczanie szerokości geograficznej:
$h_N = 90° + \varphi_1 - 23°26'$
$h_S = 90° - \varphi_2 + 23°26'$
$\varphi_1 = 80° - 90° + 23°26' = 13°26'N$
$\varphi_2 = 90° + 23°26' - 80° = 33°26'N$

Obliczanie długości geograficznej:
1 godz. i 32 min = 92 min
92 min : 4 min = 23°
15° + 23° = 38°
15° – 23° = –8°
$\lambda_1 = 38°E$
$\lambda_2 = 8°W$

W poleceniu nie napisano, po której stronie nieba góruje Słońce. Dlatego musisz obliczyć dwa warianty szerokości geograficznej.

Aby ustalić, jaka jest długość geograficzna punktu, oblicz, o ile stopni obróci się Ziemia w czasie podanym w zadaniu. Pamiętaj, że w ciągu 4 minut Ziemia obraca się o 1°.

Z treści polecenia nie wynika, czy różnica czasu oznacza godzinę wcześniejszą, czy późniejszą. Dlatego musisz obliczyć dwa warianty długości geograficznej: dodać obliczoną wartość w stopniach do wartości środkowego południka strefy czasu środkowoeuropejskiego (15°E) lub odjąć ją od tej wartości.

Współrzędne punktów spełniających kryteria to: 13°26'N, 38°E; 13°26'N, 8°W; 33°26'N, 38°E; 33°26'N, 8°W.

Punkty na mapie: A, B i D.

Zadanie analogiczne

WYKONAJ W ZESZYCIE

Zadanie 1. (0–2)

Na mapie Ameryki Południowej zaznaczono wybrane miejscowości.

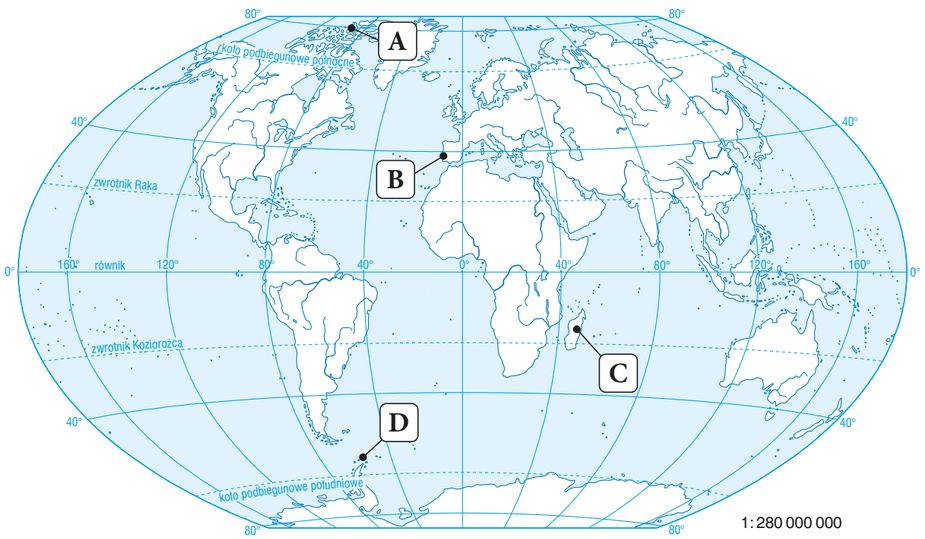
Oblicz współrzędne geograficzne miejscowości, w której w dniu przesilenia zimowego górowanie Słońca można obserwować po północnej stronie nieba na wysokości 86°37' o 4 godziny i 20 minut później niż w Londynie. Zapisz obliczenia i podaj nazwę tej miejscowości.

Zadania powtórzeniowe

WYKONAJ W ZESZYCIE

Zadanie 2.

Na mapie literami A–D oznaczono wybrane punkty.



Zadanie 2.1. (0–1)

Podaj literę, którą oznaczono punkt poruszający się wskutek ruchu obrotowego z największą prędkością liniową. Uzasadnij swoją odpowiedź.

Zadanie 2.2. (0–1)

Poniższe zestawienie fotografii obrazuje zmiany położenia Słońca względem widnokręgu w jednym z punktów oznaczonych na mapie w dniu przesilenia letniego.

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Na fotografiach przedstawiono pozorną wędrówkę Słońca

A. w punkcie A.
B. w punkcie B.
C. w punkcie C.
D. w punkcie D.

Zadanie 3.

Na mapie zaznaczono wybrane porty morskie Ameryki Północnej i Ameryki Południowej.

Zadanie 3.1. (0–2)

Uzupełnij tabelę. Wpisz obok każdej informacji nazwę tego spośród portów zaznaczonych na mapie, którego ona dotyczy.

Lp.	Informacja	Nazwa portu
1.	21 grudnia dzień jest tam najdłuższy.	?
2.	21 grudnia Słońce góruje tam najwyżej.	?
3.	20 marca Słońce góruje tam najwcześniej.	?
4.	Różnica między najkrótszym a najdłuższym dniem roku jest tam największa.	?

Zadanie 3.2. (0–2)

Oblicz szerokość geograficzną portu, w którym w dniu przesilenia letniego Słońce można obserwować po północnej stronie nieba na wysokości 76°34'. Przyjmij, że wartość deklinacji Słońca wynosi 23°26'. Zapisz obliczenia i podaj nazwę tego portu.

Zadanie 4.

Na mapie fragmentu półkuli północnej zaznaczono wybrane miejscowości.

Zadanie 4.1. (0–1)

Oblicz, którego dnia i o której godzinie czasu słonecznego przyleciałby samolot do Jakucka (62°N, 130°E) z Anchorage (61°N, 150°W), gdyby lot trwał 12 godzin, a samolot wystartował 30 maja o 11.20 czasu miejscowego w Anchorage. Zapisz obliczenia.

Zadanie 4.2. (0–1)

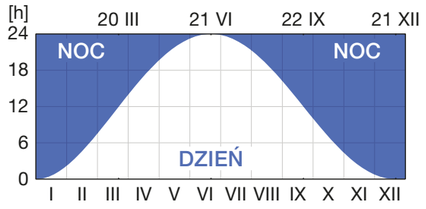
Zaznacz w każdym wierszu tabeli nazwę miejscowości, której dotyczy podana informacja.

Lp.	Informacja	Anchorage	Jakuck	Longyearbyen	Naujaat
1.	21 grudnia wysokość górowania Słońca nad horyzontem wynosi 0°.	?	?	?	?
2.	Dzień polarny i noc polarna trwają najdłużej.	?	?	?	?
3.	Słońce góruje najwcześniej.	?	?	?	?

Zadanie 4.3. (0–1)

Wykres przedstawia długość dnia i nocy w jednej z miejscowości zaznaczonych na mapie.

Podaj nazwę miejscowości, której dotyczy wykres.



III. Atmosfera

1. Skład i budowa atmosfery
2. Temperatura powietrza
3. Ciśnienie atmosferyczne. Cyrkulacja atmosferyczna
4. Opady atmosferyczne. Fronty atmosferyczne
5. Prognozowanie pogody. Ekstremalne zjawiska pogodowe
6. Czynniki klimatotwórcze
7. Klimaty kuli ziemskiej

1 Skład i budowa atmosfery

Ważne na tej lekcji!

- skład atmosfery i jej znaczenie
- budowa atmosfery
- pole magnetyczne Ziemi

Mimo że na co dzień się nad tym nie zastanawiamy, nieustannie przebywamy w atmosferze ziemskiej. To właśnie dzięki niej Ziemia jest jedyną planetą w Układzie Słonecznym, na której mogło powstać życie. Substancje chemiczne, z których składa się atmosfera, umożliwiają rozwój organizmów. Z kolei jej właściwości fizyczne powodują, że chroni naszą planetę m.in. przed szkodliwym promieniowaniem z kosmosu.

Do zmian zawartości gazów w atmosferze przyczynia się m.in. działalność wulkanów. Na przykład szacuje się, że Etna emituje do atmosfery ok. 1 mln t dwutlenku węgla rocznie – nawet wtedy, gdy jest mniej aktywna.

Czym jest atmosfera?

Atmosfera to powłoka Ziemi będąca mieszaniną gazów zwaną **powietrzem atmosferycznym**. Gazy, które wchodzą w skład atmosfery, dzieli się na:

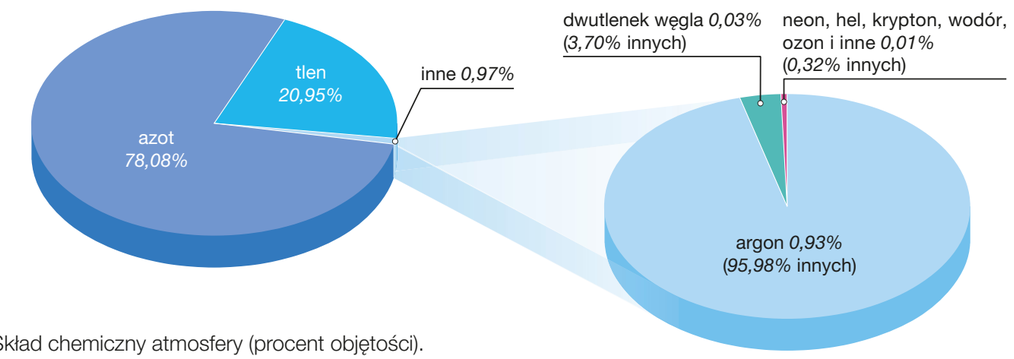
- składniki główne,
- składniki drugorzędne,
- domieszki.

Składniki główne stanowią łącznie 99,99% objętości powietrza. Są to azot, tlen, argon i dwutlenek węgla.

Do **składników drugorzędnych** należą gazy szlachetne (neon, hel, krypton i ksenon) oraz np. wodór. Zawartość składników drugorzędnych w atmosferze – podobnie jak składników głównych (poza dwutlenkiem węgla) – jest stała.

Trzecią grupą są **domieszki**, np. para wodna, ozon, metan i dwutlenek siarki. Ich zawartość w powietrzu zmienia się zarówno w czasie, jak i w przestrzeni.

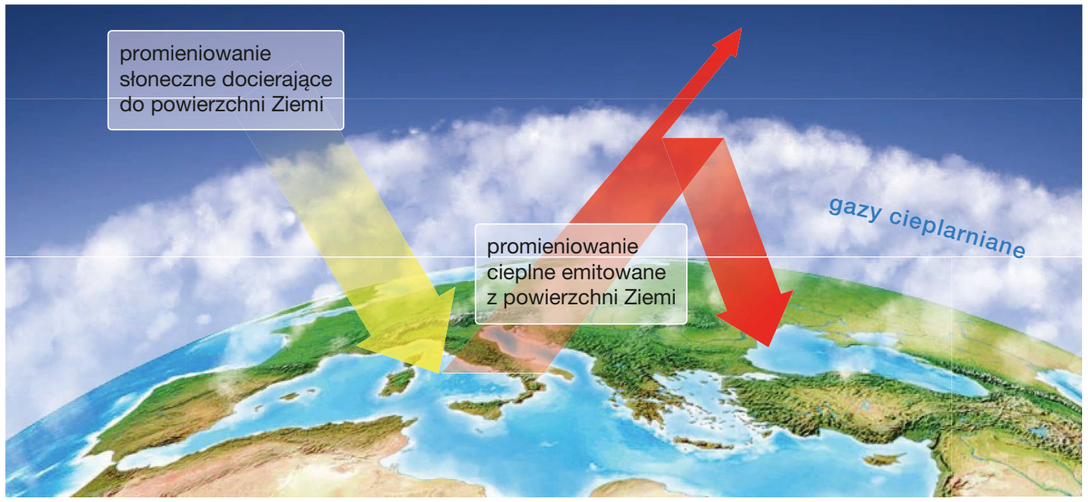
Największym wahaniom ulega zawartość **pary wodnej**. Jest to od 0% objętości atmosfery nad obszarami okołobiegunowymi do 4% nad ciepłymi morzami. Jak już wspomniano, w powietrzu zmienia się też zawartość **dwutlenku węgla**. Największa jest ona w warstwach atmosfery znajdujących się blisko powierzchni.



Skład chemiczny atmosfery (procent objętości).

Efekt cieplarniany

Efekt cieplarniany to naturalny proces polegający na pochłanianiu przez atmosferę znacznej części promieniowania cieplnego emitowanego przez Ziemię ogrzaną promieniami słonecznymi. W efekcie atmosfera się ogrzewa, co tworzy dogodne warunki do życia na naszej planecie.



Atmosfera ziemska, oprócz mieszaniny gazów, zawiera **aerozole atmosferyczne**. Są to zarówno substancje ciekłe, jak i stałe, np. pyłki roślin, bakterie, popioły, kryształki soli morskiej i sadza.

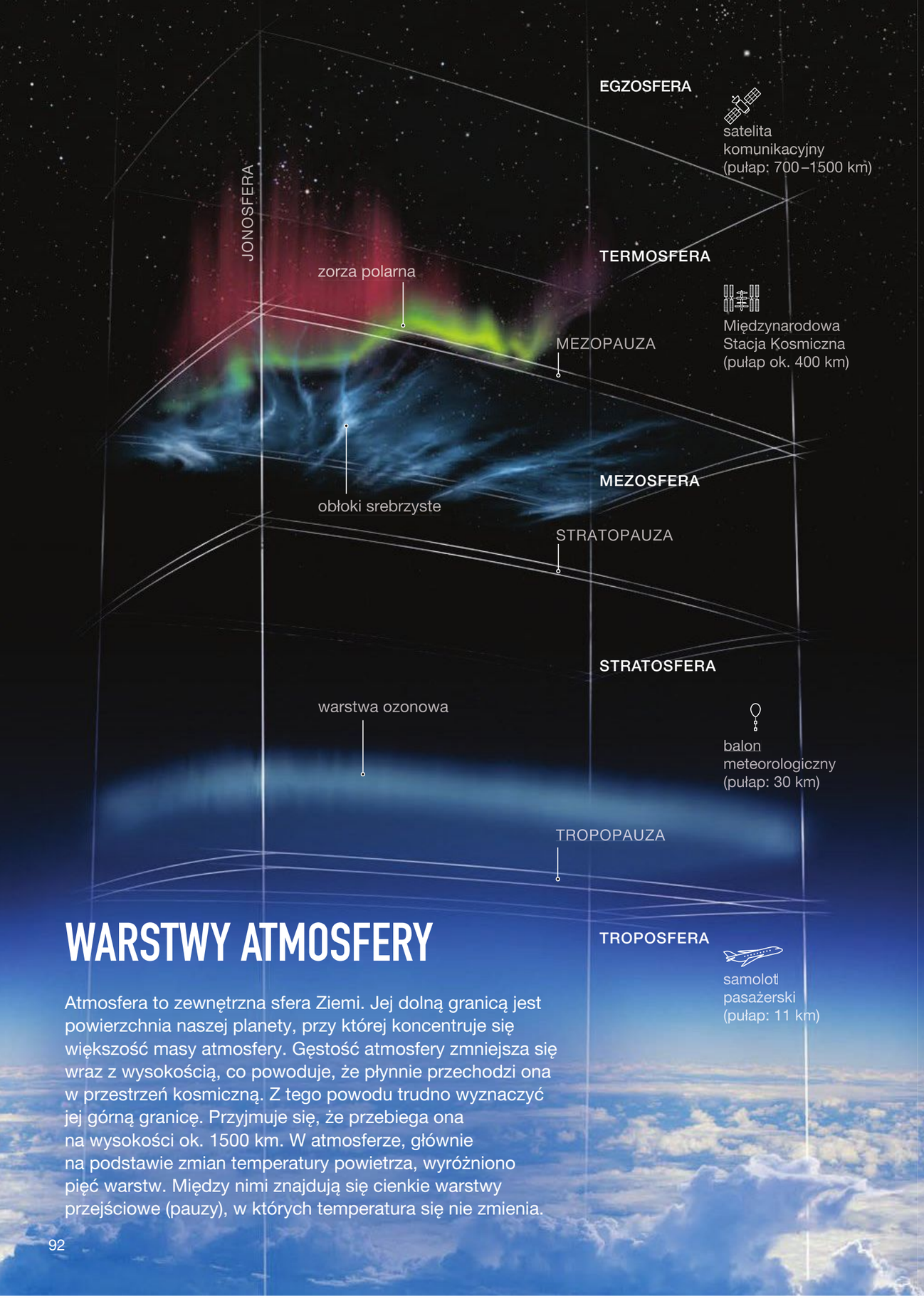
Znaczenie atmosfery

Atmosfera jest najważniejszą powłoką ochronną Ziemi. Zabezpiecza ją przed **szkodliwym promieniowaniem kosmicznym**, czyli strumieniem protonów, elektronów i cięższych jąder atomowych znajdujących się w przestrzeni kosmicznej. Atmosfera chroni naszą planetę także przed **meteoroidami** (większość z nich spala się w górnych warstwach atmosfery) oraz przed **nadmiernym wypromieniowaniem ciepła** w przestrzeń kosmiczną (naturalny efekt cieplarniany). Bez atmosfery – zwłaszcza bez występującego w niej tlenu oraz bez jej zdolności zatrzymywania ciepła i znacznego udziału w obiegu wody – **życie na naszej planecie** nie byłoby możliwe.

Atmosfera wywiera również **wpływ na procesy kształtujące krajobraz**. Na przykład zawarty w niej dwutlenek węgla warunkuje procesy krasowe (→ procesy krasowe, s. 255). Ruch powietrza w atmosferze przyczynia się do powstawania różnorodnych form terenu, np. wydm. Ponadto takie cechy powietrza atmosferycznego, jak temperatura i wilgotność, decydują o typie roślinności występującej na danym obszarze.

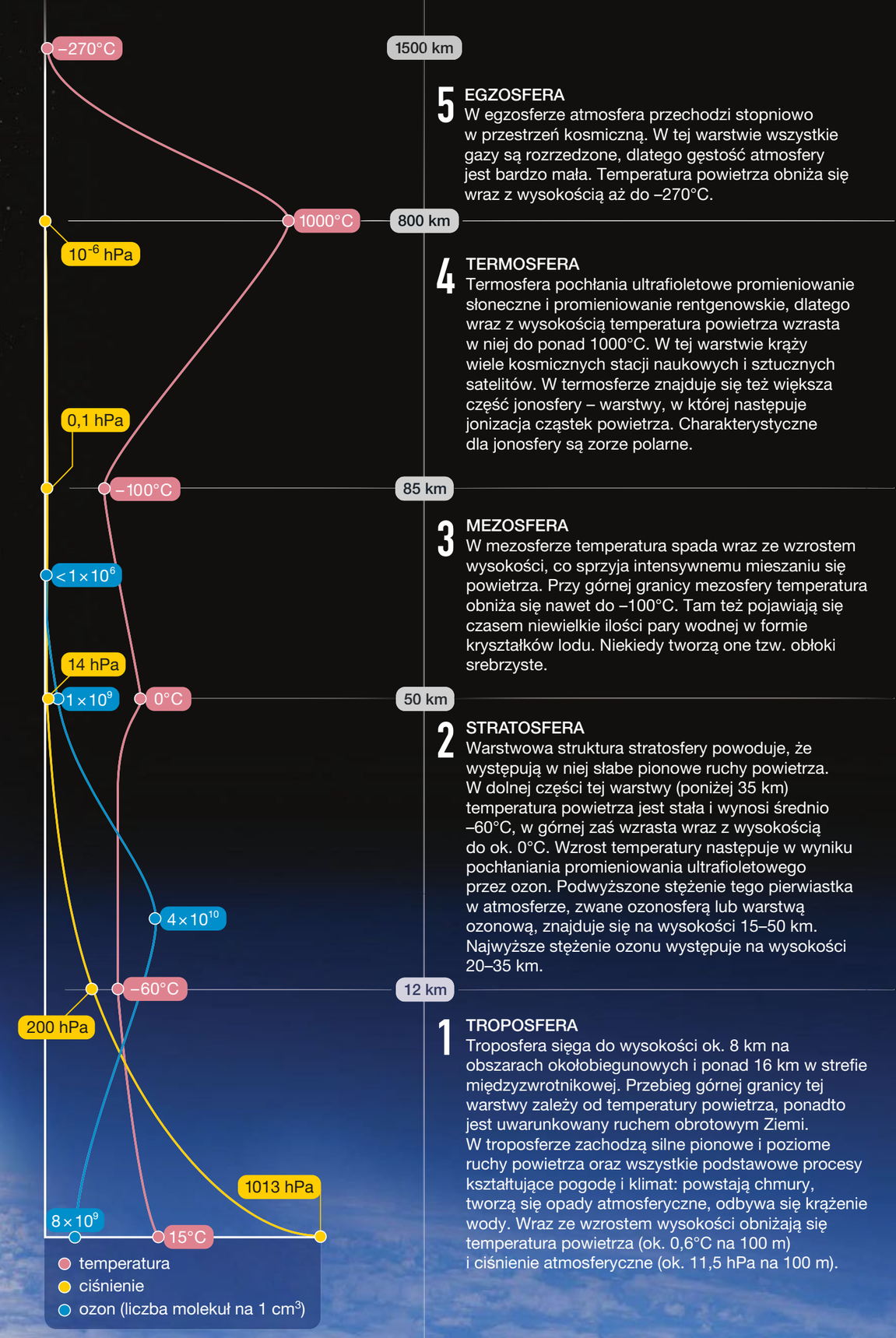
Znaczenie atmosfery

Warunkuje istnienie życia na Ziemi.	Chroni przed szkodliwym promieniowaniem kosmicznym.	Chroni przed meteoroidami.	Chroni przed nadmiernym wypromieniowaniem ciepła.	Wpływa na procesy kształtujące krajobraz.



WARSTWY ATMOSFERY

Atmosfera to zewnętrzna sfera Ziemi. Jej dolną granicą jest powierzchnia naszej planety, przy której koncentruje się większość masy atmosfery. Gęstość atmosfery zmniejsza się wraz z wysokością, co powoduje, że płynnie przechodzi ona w przestrzeń kosmiczną. Z tego powodu trudno wyznaczyć jej górną granicę. Przyjmuje się, że przebiega ona na wysokości ok. 1500 km. W atmosferze, głównie na podstawie zmian temperatury powietrza, wyróżniono pięć warstw. Między nimi znajdują się cienkie warstwy przejściowe (pauzy), w których temperatura się nie zmienia.



5 EGZOSFERA
W egzosferze atmosfera przechodzi stopniowo w przestrzeń kosmiczną. W tej warstwie wszystkie gazy są rozrzedzone, dlatego gęstość atmosfery jest bardzo mała. Temperatura powietrza obniża się wraz z wysokością aż do –270°C.

4 TERMOSFERA
Termosfera pochłania ultrafioletowe promieniowanie słoneczne i promieniowanie rentgenowskie, dlatego wraz z wysokością temperatura powietrza wzrasta w niej do ponad 1000°C. W tej warstwie krąży wiele kosmicznych stacji naukowych i sztucznych satelitów. W termosferze znajduje się też większa część jonosfery – warstwy, w której następuje jonizacja cząstek powietrza. Charakterystyczne dla jonosfery są zorze polarne.

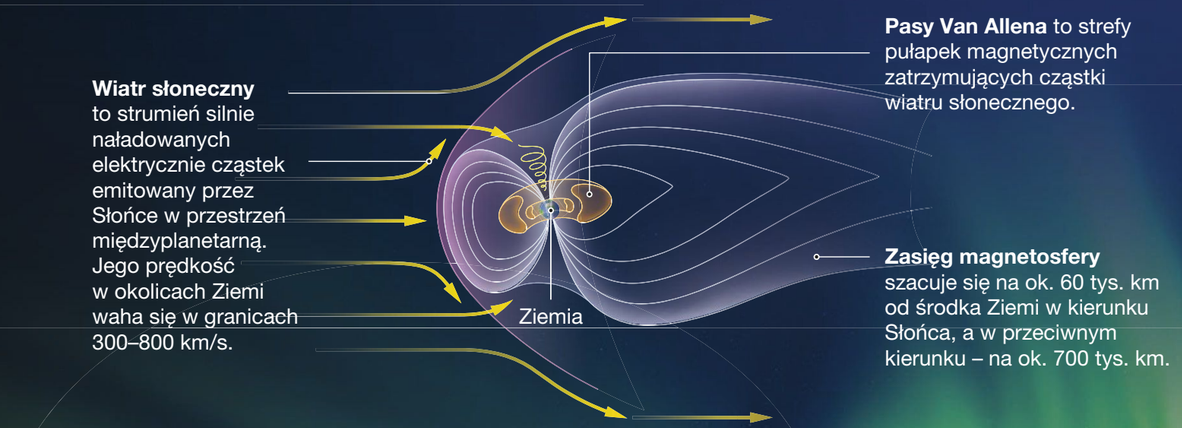
3 MEZOSFERA
W mezosferze temperatura spada wraz ze wzrostem wysokości, co sprzyja intensywnemu mieszaniu się powietrza. Przy górnej granicy mezosfery temperatura obniża się nawet do –100°C. Tam też pojawiają się czasem niewielkie ilości pary wodnej w formie kryształków lodu. Niekiedy tworzą one tzw. obłoki srebrzyste.

2 STRATOSFERA
Warstwowa struktura stratosfery powoduje, że występują w niej słabe pionowe ruchy powietrza. W dolnej części tej warstwy (poniżej 35 km) temperatura powietrza jest stała i wynosi średnio –60°C, w górnej zaś wzrasta wraz z wysokością do ok. 0°C. Wzrost temperatury następuje w wyniku pochłaniania promieniowania ultrafioletowego przez ozon. Podwyższone stężenie tego pierwiastka w atmosferze, zwane ozonosferą lub warstwą ozonową, znajduje się na wysokości 15–50 km. Najwyższe stężenie ozonu występuje na wysokości 20–35 km.

1 TROPOSFERA
Troposfera sięga do wysokości ok. 8 km na obszarach okołobiegunowych i ponad 16 km w strefie międzyzwrotnikowej. Przebieg górnej granicy tej warstwy zależy od temperatury powietrza, ponadto jest uwarunkowany ruchem obrotowym Ziemi. W troposferze zachodzą silne pionowe i poziome ruchy powietrza oraz wszystkie podstawowe procesy kształtujące pogodę i klimat: powstają chmury, tworzą się opady atmosferyczne, odbywa się krążenie wody. Wraz ze wzrostem wysokości obniżają się temperatura powietrza (ok. 0,6°C na 100 m) i ciśnienie atmosferyczne (ok. 11,5 hPa na 100 m).

Pole magnetyczne Ziemi

Wokół Ziemi znajduje się ogromne pole magnetyczne powstające wskutek przemieszczania się płynnej materii budującej jądro Ziemi oraz ruchów wykonywanych przez całą naszą planetę. Przenika ono atmosferę i tworzy przestrzeń nazywaną magnetosferą. Magnetosfera chroni życie na Ziemi przed szkodliwymi cząstkami wiatru słonecznego – odchyla je, dzięki czemu w większości nie docierają do naszej planety. Oddziaływanie wiatru słonecznego powoduje, że magnetosfera jest spłaszczona od strony Słońca i rozciągnięta w przeciwnym kierunku.



Zorza polarna

Cząstki wiatru słonecznego, których nie zatrzyma magnetosfera, docierają do górnych warstw atmosfery. Tam zderzają się z atomami i cząsteczkami tlenu oraz azotu, które pochłaniają energię, a następnie uwalniają ją w postaci światła. Tak powstaje zorza polarna – zjawisko świetlne zachodzące w górnych warstwach atmosfery. Można je obserwować głównie w okresie zimowym.

? *Sprawdź w dostępnych źródłach, z których obszarów na Ziemi można obserwować zorzę polarną.*

Zadania

1. Przedstaw skład powietrza atmosferycznego.
2. Omów zmiany temperatury powietrza w kolejnych warstwach atmosfery.
3. Odszukaj w dodatkowych źródłach przykłady oddziaływania promieniowania kosmicznego na środowisko geograficzne Ziemi.
4. Na podstawie dodatkowych źródeł ustal, czym jest jonosfera. Podaj wysokość, na której się ona znajduje.

2 Temperatura powietrza

Ważne na tej lekcji!

- miary temperatury powietrza
- czynniki wpływające na rozkład temperatury powietrza na Ziemi

Głównym źródłem energii cieplnej na Ziemi jest promieniowanie słoneczne. Tylko nieznaczna ilość ciepła pochodzi z wnętrza naszej planety. To powoduje, że niemal wszystkie organizmy żyjące na Ziemi, także człowiek, są uzależnione od Słońca.

Cząsteczki atmosfery najsilniej rozpraszają światło w kolorze niebieskim. Właśnie dlatego niebo w słoneczny dzień ma błękitną barwę.

Promieniowanie słoneczne

Promienie słoneczne docierają do powierzchni Ziemi w dwóch postaciach:

- **promieniowania bezpośredniego**, gdy światło słoneczne pada bezpośrednio na powierzchnię terenu,
- **promieniowania rozproszonego**, gdy światło słoneczne zmienia kierunek na cząsteczkach aerozoli, gazów lub na kropelkach wody.

Kiedy na niebie nie ma chmur, do powierzchni terenu docierają oba rodzaje promieniowania. Z kolei gdy Słońce znajduje się za chmurami, dociera do niej jedynie promieniowanie rozproszone, a temperatura powietrza przy powierzchni naszej planety jest wyraźnie niższa.

Temperatura powietrza

Temperatura powietrza określa stopień nagrzania atmosfery. Poza **temperaturą aktualną**, czyli zmierzoną w danym momencie, często podaje się również **średnie wartości temperatury powietrza** dla doby, miesiąca i roku. Dane klimatyczne prezentuje się m.in. na mapach klimatycznych i na klimatogramach. Należy jednak pamiętać, że nie są one podawane dla jednego miesiąca czy roku, lecz uśrednione dla wielolecia (np. dla 30 lat).

Do czynników wpływających na rozkład temperatury powietrza na Ziemi należą:

- szerokość geograficzna,
- wysokość nad poziomem morza,
- rzeźba terenu,
- prądy morskie,
- pokrycie terenu,
- cyrkulacja atmosferyczna,
- odległość od mórz i oceanów.

Omówiono je na s. 96–97 oraz na s. 101.

Parametry związane ze średnią temperaturą powietrza

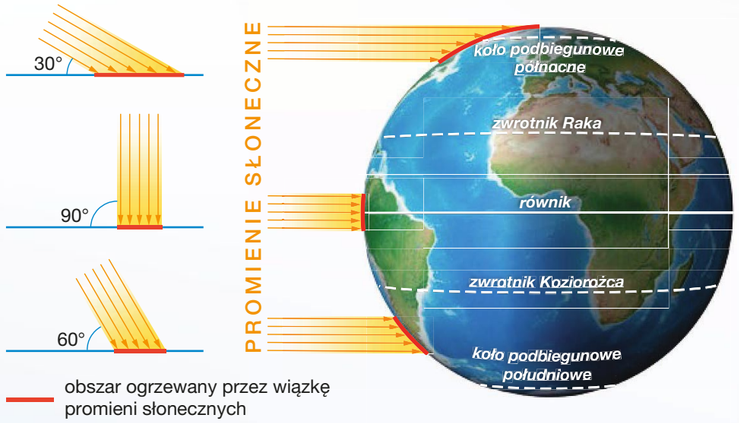
Parametr	Charakterystyka
Średnia dobowa temperatura powietrza	średnia arytmetyczna czterech wartości w ciągu doby: maksymalnej, minimalnej oraz zmierzonej o 7.00 i 19.00 (lub o 8.00 i 20.00 czasu letniego)
Średnia miesięczna temperatura powietrza	średnia arytmetyczna wartości średnich dobowych we wszystkich dniach w miesiącu
Średnia roczna temperatura powietrza	średnia arytmetyczna wartości średnich miesięcznych we wszystkich miesiącach w roku

Czynniki wpływające na rozkład temperatury powietrza na Ziemi

Średnia roczna temperatura powietrza na naszej planecie wynosi ok. 14,5°C. Wartości temperatury są jednak bardzo zróżnicowane przestrzennie, a na ich rozkład wpływa wiele czynników.

Szerokość geograficzna

Kulisty kształt Ziemi oraz wykonywane przez nią ruchy (obiegowy i obrotowy) wpływają na kąt, pod którym promienie słoneczne padają na powierzchnię terenu. W miejscach położonych w różnych szerokościach geograficznych jest on inny – równy wysokości Słońca nad horyzontem. To decyduje o ilości ciepła docierającego do poszczególnych terenów. Ta sama wiązka promieni słonecznych w okolicy biegunów rozkłada się na znacznie większy obszar niż w okolicy równika.

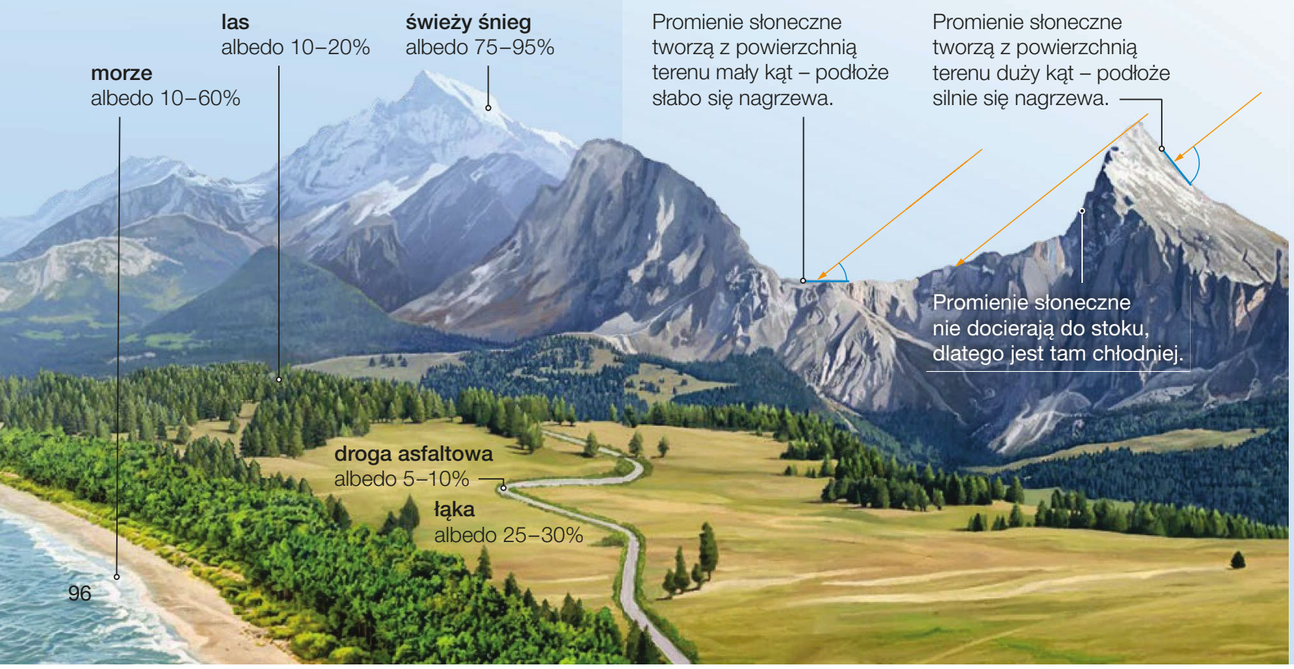


Pokrycie terenu

Każda powierzchnia odbija i pochłania część padającego na nią promieniowania słonecznego. Pochłanianie promieniowania sprawia, że powierzchnia się nagrzewa i oddaje ciepło do atmosfery. Stosunek ilości promieniowania odbitego do promieniowania padającego na daną powierzchnię to albedo. Zależy ono m.in. od barwy podłoża.

Rzeźba terenu

Ekspozycja i nachylenie stoków wpływają na czas ich nasłonecznienia oraz na kąt, który promienie słoneczne tworzą z powierzchnią terenu. Dlatego np. na półkuli północnej cieplejsze są stoki o ekspozycji południowej. Te różnice w mniejszym stopniu dotyczą strefy międzyzwrotnikowej, gdzie Słońce znajduje się raz po północnej, a raz – po południowej stronie nieba.

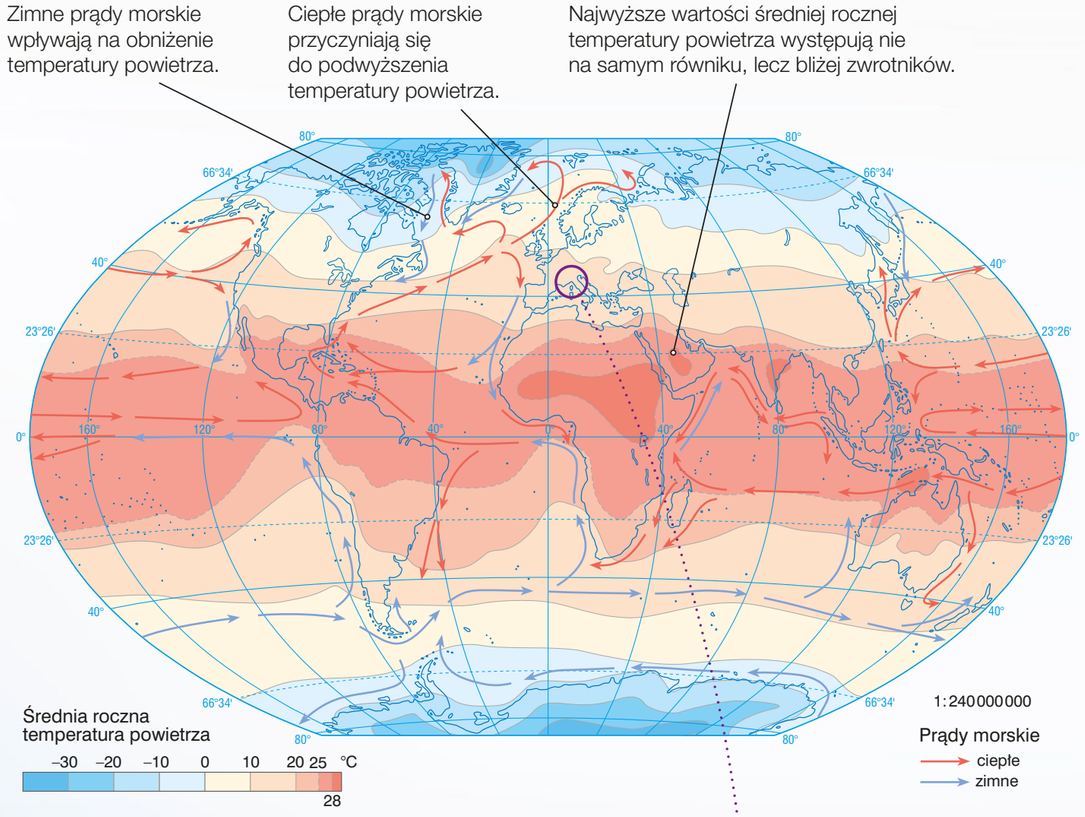


Prądy morskie

Na obszarach, w których pobliżu przepływają prądy morskie, średnia roczna temperatura powietrza może być o kilka stopni Celsjusza wyższa lub niższa niż na innych terenach położonych w podobnych szerokościach geograficznych.

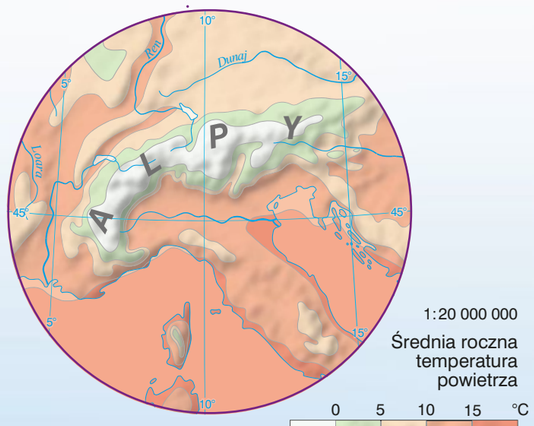
Cyrkulacja atmosferyczna

Cyrkulacja atmosferyczna powoduje, że nad różne obszary przemieszczają się masy powietrza o odmiennej temperaturze. Sprawia też, że w okolicach równika niebo jest zachmurzone, a wokół zwrotników – bezchmurne. Zatem to do okolic zwrotników dociera więcej promieniowania bezpośredniego.

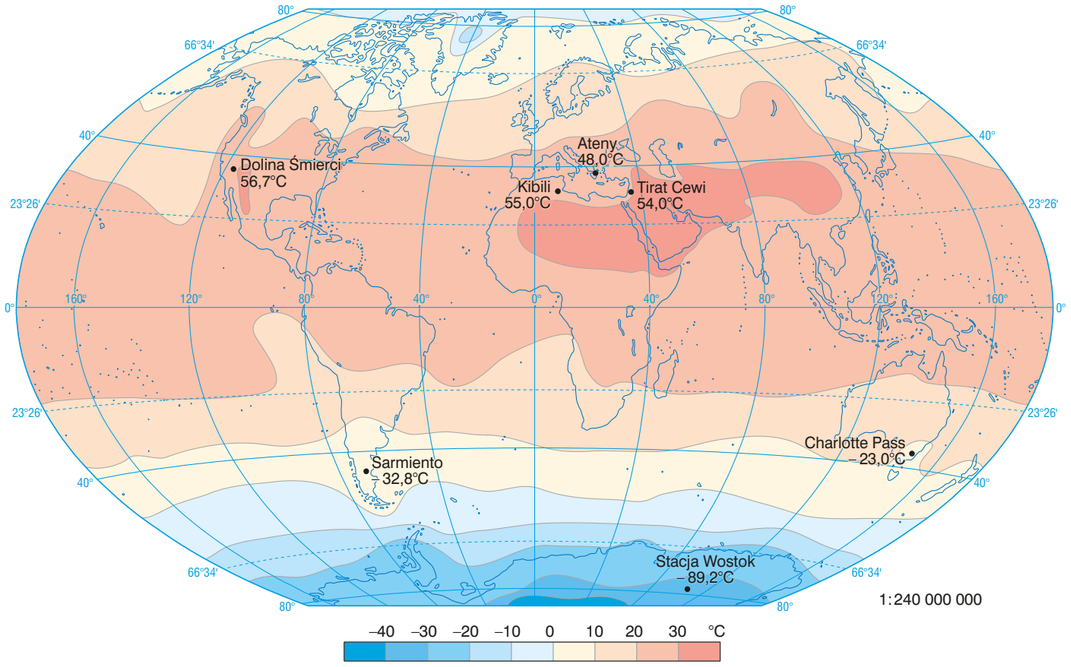


Wysokość nad poziomem morza

Wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza następuje spadek temperatury powietrza. Na mapach wykonanych w małych skalach ta zależność nie jest widoczna, ponieważ zazwyczaj przedstawia się na nich rozkład temperatury powietrza na poziomie morza. Można ją jednak przeanalizować na przykładzie mniejszego obszaru, takiego jak Alpy.

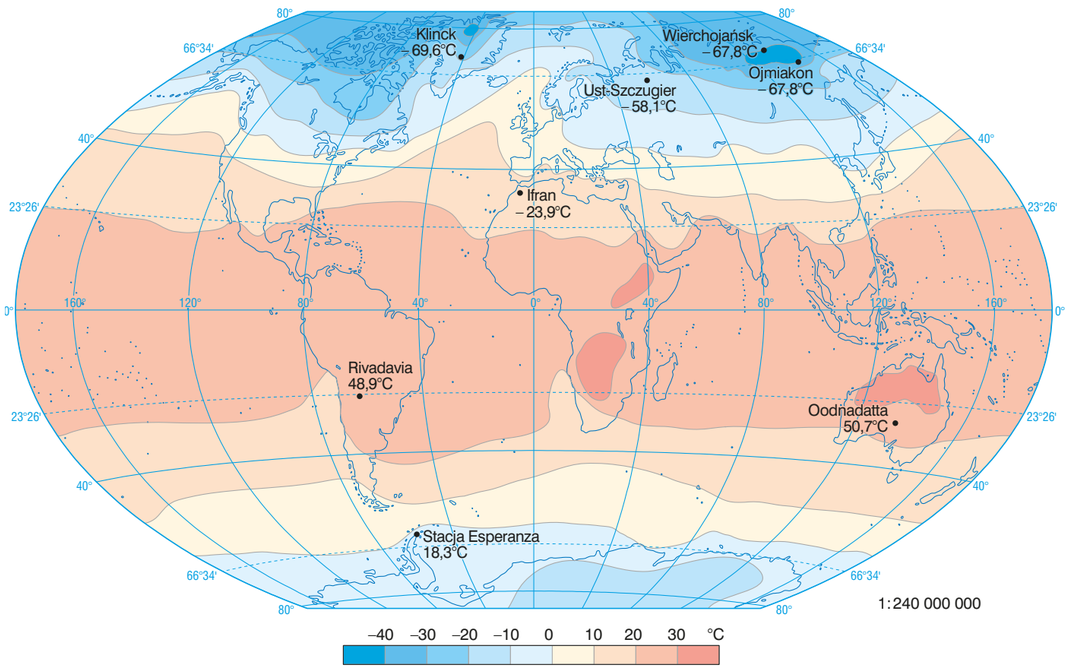


Temperatura powietrza w lipcu



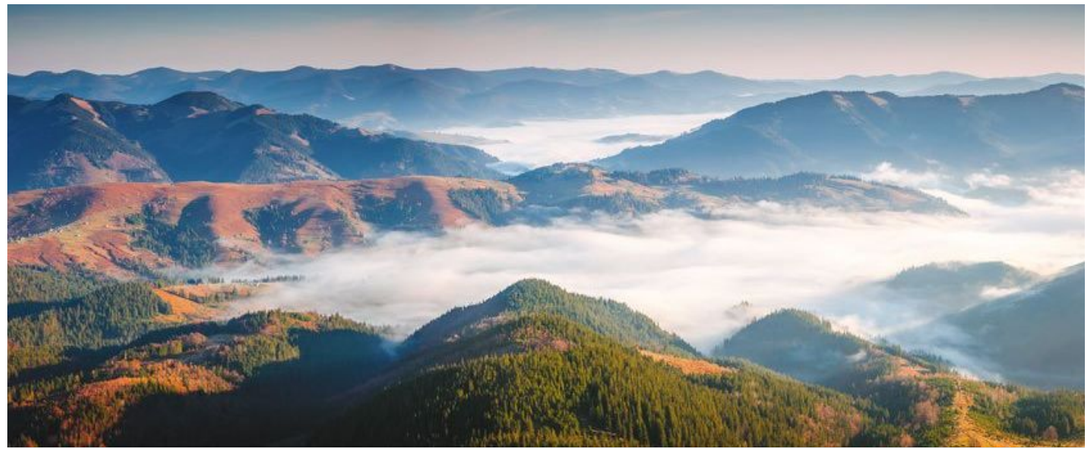
• miejsca, w których odnotowano ekstremalne wartości temperatury powietrza na kontynentach w miesiącach IV–IX

Temperatura powietrza w styczniu



• miejsca, w których odnotowano ekstremalne wartości temperatury powietrza na kontynentach w miesiącach X–III

? *Wskaż najcieplejsze obszary na Ziemi w styczniu. Wyjaśnij, dlaczego w tym czasie występuje na nich najwyższa temperatura powietrza.*



Skutkiem inwersji temperatury może być zaleganie mgły w dolinach górskich.

Zmiany temperatury powietrza wraz z wysokością

Wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza temperatura powietrza spada. Jest to **gradient termiczny**, czyli wielkość określająca zmianę temperatury powietrza przypadającą na jednostkę wysokości. Zwykle powietrze ochładza się średnio o 0,6°C na każde 100 m – jest to **gradient wilgotnoadiabatyczny**. Jednak gdy jest ono bardzo suche, obserwuje się spadek temperatury średnio o 1°C na każde 100 m. Jest to **gradient suchoadiabatyczny**.

Czasami w wyższych warstwach troposfery panuje wyższa temperatura niż w warstwach położonych niżej. Taki stan określa się mianem **inwersji** (odwrócenia). Inwersję najczęściej można zaobserwować w okresie jesienno-zimowym. Występuje ona np. rano w górach, gdy powietrze w dolinach jest wychłodzone, a w okolicach grzbietów szybko się ogrzewa.

Krok po kroku

Obliczanie temperatury powietrza na podstawie gradientu

Oblicz temperaturę powietrza na szczycie Kasprowego Wierchu (1985 m n.p.m.), gdy w Zakopanem (835 m n.p.m.) wynosi ona 20°C.

1 Oblicz różnicę wysokości między Kasprowym Wierchem a Zakopanem.

1985 m – 835 m = 1150 m

2 Oblicz, o ile stopni Celsjusza temperatura powietrza na Kasprowym Wierchu różni się od temperatury w Zakopanem. Do obliczeń przyjmij gradient wilgotnoadiabatyczny, w którym temperatura powietrza obniża się o 0,6°C na 100 m. Ułóż proporcję.

100 m – 0,6°C
1150 m – x
x = 1150 m · 0,6°C : 100 m = 6,9°C

3 Oblicz temperaturę powietrza na szczycie Kasprowego Wierchu. Ponieważ wraz ze wzrostem wysokości następuje spadek temperatury powietrza, odejmij obliczoną wartość od temperatury w Zakopanem.

20°C – 6,9°C = 13,1°C

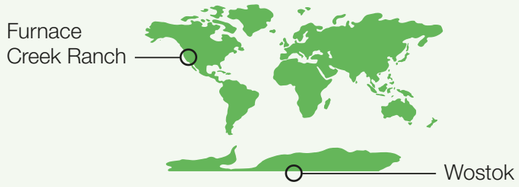
Odpowiedź: Temperatura powietrza na Kasprowym Wierchu wynosi 13,1°C.

Rozwiąż samodzielnie

Oblicz temperaturę powietrza na szczycie Rysów (2499 m n.p.m.), gdy nad Morskim Okiem (1395 m n.p.m.) wynosi ona 12°C.

Spojrzenie z bliska

Termiczne ekstrema



Minimum

Najniższą temperaturę powietrza na Ziemi (–89,2°C) zanotowano 21 lipca 1983 r. na Antarktydzie, w należącej wówczas do ZSRR stacji naukowo-badawczej Wostok. Ta stacja, położona na wysokości 3488 m n.p.m., to najzimniejsze miejsce na Ziemi. Zimą temperatura spada tam zazwyczaj do ok. –65°C.
21 lipca 1983 r. powietrze było bardzo suche. Ponadto odznaczało się dużą przejrzystością oraz niską zawartością tlenu i dwutlenku węgla. Dodatkowo wiał porywisty wiatr o prędkości przekraczającej 20 m/s. Takie warunki sprzyjały bardzo szybkiemu wypromieniowywaniu ciepła. Co ważne, na półkuli południowej była wówczas zima, a na Antarktydzie trwała noc polarna.

Maksimum

Przez wiele lat uważano, że najwyższą temperaturę powietrza odnotowano w 1922 r. w libijskiej miejscowości Al-Azizijja (57,8°C). W 2012 r. Międzynarodowa Organizacja Meteorologiczna uznała jednak, że tamten pomiar był błędny, a prawdziwy rekord ciepła padł 10 lipca 1913 r. w Dolinie Śmierci w Stanach Zjednoczonych (w miejscu o nazwie Furnace Creek Ranch; wym. fernes krik rencz). Temperatura wyniosła tam 56,7°C.

Dolina Śmierci to nie tylko najcieplejsze miejsce na Ziemi, lecz także najsuchszy rejon Ameryki Północnej. Wynika to głównie z położenia w klimacie zwrotnikowym kontynentalnym wybitnie suchym i oddzielenia od Oceanu Spokojnego masywem górskim Sierra Nevada o wysokości przekraczającej 4000 m n.p.m.

Krajobraz lodowej pustyni, np. w okolicach stacji polarnych Wostok i Siple, powstał w bardzo surowych warunkach klimatycznych.

Dolina Śmierci rozciąga się na niemal 8 tys. km^2, a najniższy punkt jej dna leży 86 m p.p.m. Bardzo wysokie wartości temperatury powietrza oraz znikome opady, których roczna suma rzadko przekracza kilkadziesiąt milimetrów, powodują, że jest ona gorącą pustynią.

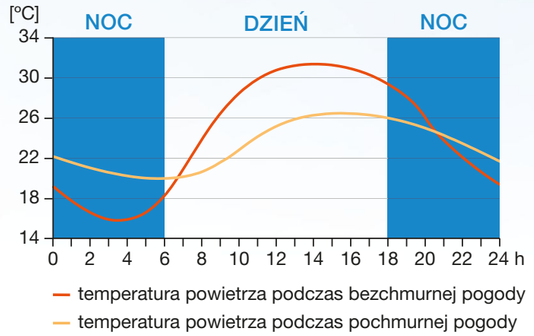
Amplituda temperatury powietrza

Amplituda temperatury powietrza to różnica między maksymalną a minimalną wartością temperatury powietrza w danym okresie.

Dobowa amplituda temperatury powietrza

Dobowa amplituda temperatury powietrza zależy głównie od:
- zachmurzenia – gdy nie ma chmur, powierzchnia terenu szybciej się nagrzewa i wychładza,
- pokrycia terenu – na wilgotniejszych i zalesionych obszarach temperatura powietrza wolniej się zmienia.

Te dwa czynniki powodują, że najwyższe dobowe amplitudy temperatury powietrza (nawet ponad 40°C) występują na obszarach pustynnych w strefie zwrotnikowej. Niebo niemal cały czas jest tam bezchmurne, wilgotność – bardzo niska, a szata roślinna – niezwykle skąpa.



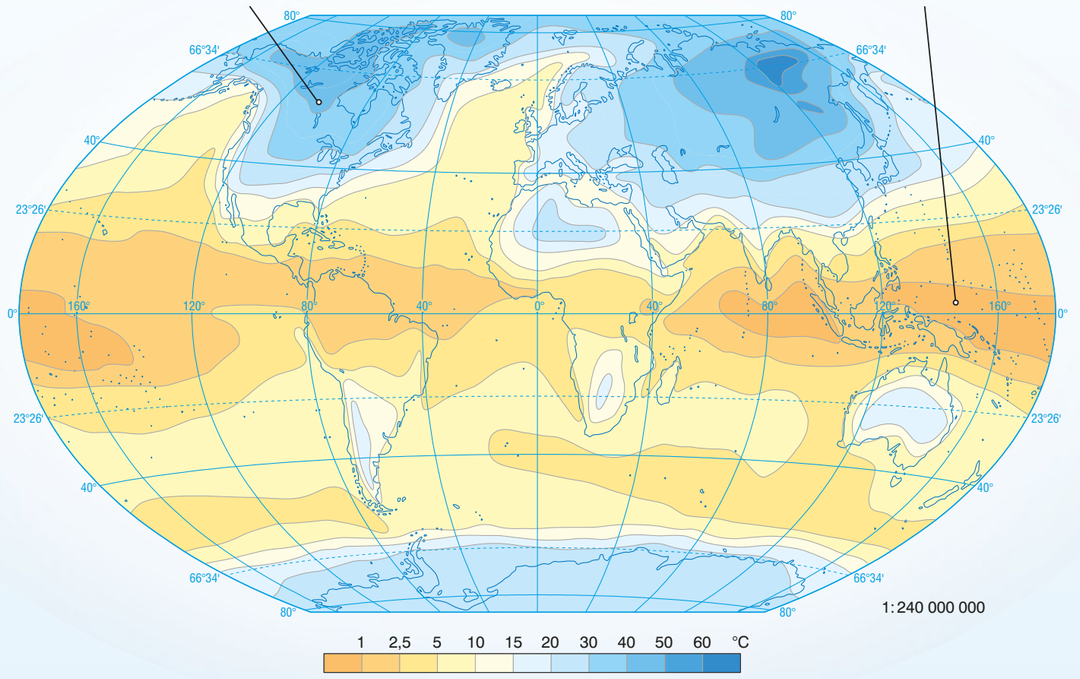
W ciągu dnia temperatura powietrza zwykle stopniowo wzrasta, osiąga maksimum ok. 1–2 godzin od momentu górowania Słońca, a potem spada. Minimalną wartość przyjmuje tuż przed wschodem Słońca.

Roczna amplituda temperatury powietrza

Wartość rocznej amplitudy temperatury powietrza zależy przede wszystkim od odległości od mórz i oceanów. Najmniejszą amplitudę odnotowuje się w okolicach równika.

Ląd nagrzewa się szybciej niż woda i szybciej się wychładza. Im większa odległość dzieli dany obszar od mórz i oceanów, tym ich wpływ na temperaturę (podwyższenie zimą i obniżenie latem) jest mniejszy.

W okolicach równika występują niewielkie różnice w dopływie promieniowania słonecznego w ciągu roku. Ma to związek z dużym zachmurzeniem i niewielkimi zmianami kąta padania promieni słonecznych.



W Twoim regionie

Jak opisać przebieg temperatury powietrza w Twoim regionie w ciągu roku?

Większość z nas sprawdza wartość temperatury powietrza każdego dnia. Jednak tylko nieliczni robią to kilkakrotnie w ciągu doby. Należą do nich obserwatorzy w stacjach meteorologicznych. Dzięki zebranym przez nich danym możesz opisać przebieg temperatury powietrza w swoim regionie.

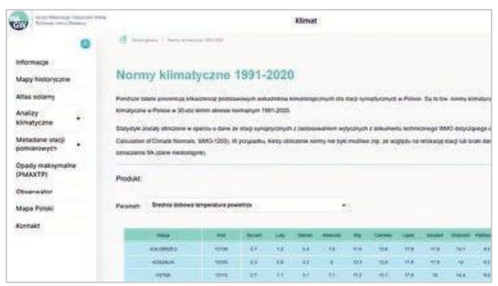
1 Odszukaj dane klimatyczne dla stacji meteorologicznej położonej blisko miejsca, w którym mieszkasz.

Skorzystaj ze strony:
https://klimat.imgw.pl/pl/climate-normals.

Wybierz tę stację leżącą najbliżej Twojego miejsca zamieszkania, w której warunki wykonywania pomiarów są najbardziej zbliżone do występujących w Twojej miejscowości. Przede wszystkim zwróć uwagę na: wysokość nad poziomem morza, odległość od dużych zbiorników wodnych (np. morza, jezior) oraz zagospodarowanie terenu (obszar wiejski lub miejski).

2 Opracuj dane klimatyczne.

Na wskazanej stronie wyświetl parametr Średnia dobowa temperatura powietrza. Wyświetlą się wartości temperatury powietrza dla każdego miesiąca wyliczone na podstawie średnich dobowych. Analizowanie danych dotyczących przebiegu temperatury powietrza w ciągu roku będzie łatwiejsze, jeśli przedstawisz je w formie graficznej, np. na wykresie.



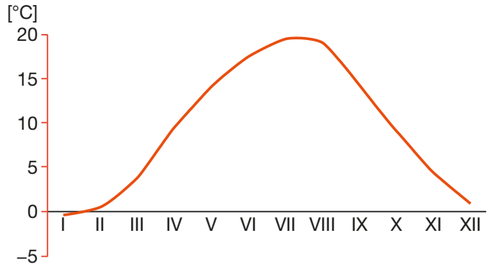
3 Opisz przebieg temperatury powietrza w Twoim regionie w ciągu roku.

Przeanalizuj przebieg temperatury powietrza. Zapisz odpowiedzi na następujące pytania:

- W których miesiącach średnia temperatura powietrza jest dodatnia, a w których – ujemna?
- W których miesiącach temperatura powietrza jest najwyższa, a w których – najniższa?
- Jakie są wartości średniej rocznej temperatury powietrza i średniej rocznej amplitudy temperatury powietrza?

Przykład

Opisz przebieg temperatury powietrza w ciągu roku w Poznaniu.



Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza są dodatnie we wszystkich miesiącach z wyjątkiem stycznia. W tym miesiącu temperatura powietrza wynosi –0,4°C. Najwyższą wartość średniej miesięcznej temperatury powietrza zanotowano w lipcu (19,5°C). Średnia roczna temperatura powietrza wynosi 9,4°C, z kolei średnia roczna amplituda temperatury powietrza to 19,9°C.

Zadania

1. Scharakteryzuj wpływ dwóch wybranych czynników na rozkład temperatury powietrza na kuli ziemskiej.
2. Na podstawie dodatkowych źródeł informacji wyjaśnij, dlaczego najwyższa temperatura powietrza w ciągu doby występuje zazwyczaj ok. 1–2 godzin po górowaniu Słońca.
3. Odszukaj w dodatkowych źródłach wartości rekordów termicznych w Polsce. Zapisz je w zeszycie.

3 Ciśnienie atmosferyczne. Cyrkulacja atmosferyczna

Ważne na tej lekcji!

- rozkład ciśnienia atmosferycznego na Ziemi
- mechanizm cyrkulacji atmosferycznej
- geneza wiatrów stałych, okresowych i lokalnych oraz ich znaczenie dla przebiegu pogody

Mimo że ruch powietrza atmosferycznego odbywa się nieustannie, jesteśmy w stanie dostrzec tylko silniejsze jego przejawy, np. porywy wiatru. Cyrkulacja atmosferyczna ma jednak ogromny wpływ na klimat. Temu zagadnieniu będzie poświęcona niniejsza lekcja.

Czym jest ciśnienie atmosferyczne?

Ciśnienie atmosferyczne (baryczne) to siła, z którą słup powietrza naciska na określoną powierzchnię terenu. Wartość ciśnienia mierzy się w **hektopaskalach** (hPa), przy czym 1 hPa jest równy naciskowi 100 niutonów (N) na 1 m² powierzchni. Za normalną wartość ciśnienia atmosferycznego przyjmuje się **1013,25 hPa** (przy temperaturze powietrza 0°C, na szerokości geograficznej 45°, na poziomie morza).

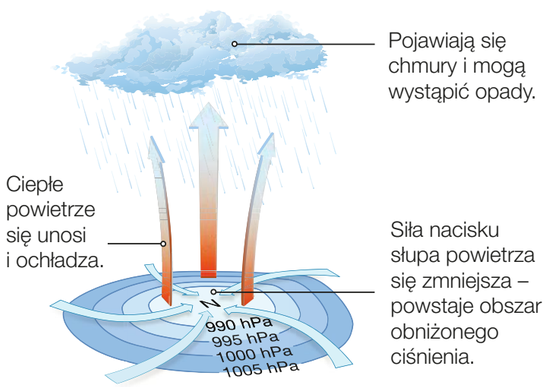
Im wyższy słup powietrza, tym większy nacisk na powierzchnię terenu. Dlatego wartość ciśnienia atmosferycznego maleje wraz ze wzrostem wysokości. Na wysokości 4800 m n.p.m. wynosi ono ok. 500 hPa, z kolei na wierzchołku Mount Everestu – już tylko 300 hPa.

Na mapach ciśnienie atmosferyczne przedstawia się za pomocą **izobar**, czyli linii łączących punkty o jednakowych wartościach ciśnienia atmosferycznego. Dzięki izobarom można dostrzec wyże i niże baryczne. Opisano je poniżej.

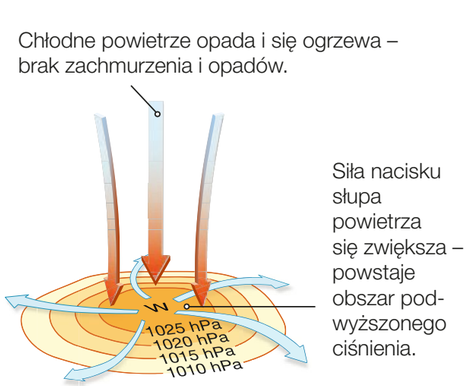
Niże baryczne i wyże baryczne

Niże i wyże to podstawowe układy baryczne. Można je odczytać z map rozkładu ciśnienia atmosferycznego.

Niż baryczny (cyklon) – układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie atmosferyczne maleje w kierunku środka (w centrum układu wartość ciśnienia jest najniższa).



Wyż baryczny (antycyklon) – układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie atmosferyczne wzrasta w kierunku środka (najwyższą wartość osiąga w centrum układu).



Ruch powietrza w atmosferze

wiatr	konwekcja	turbulencja
Poziomy ruch powietrza w dolnej warstwie troposfery, wywołany różnicą ciśnienia atmosferycznego wynikającą z nierównomiernego nagrzewania się powierzchni terenu. Wiatr wieje zawsze od obszarów o wyższym ciśnieniu atmosferycznym do obszarów o niższym ciśnieniu.	Pionowy ruch powietrza spowodowany różnicą gęstości powietrza związaną z jego nierównomiernym nagrzewaniem się. **Prądy wstępujące** powstają nad silnie nagrzanymi obszarami, gdzie powietrze przy powierzchni się rozpręża (jego gęstość maleje, a objętość wzrasta) i unosi. To powoduje, że nad obszarem powstaje niż. **Prądy zstępujące** tworzą się nad obszarami, na których panuje niska temperatura. Opadające zimne i gęste powietrze wywiera duży nacisk na podłoże. W efekcie ciśnienie atmosferyczne wzrasta i powstaje wyż.	Chaotyczny ruch powietrza na niewielkim obszarze. Powstaje zazwyczaj wtedy, gdy przemieszczające się powietrze napotka na swojej drodze niewielkie wzniesienia lub inną barierę. Turbulencje wynikają również z lokalnych różnic w stopniu nagrzania terenu.

Jak porusza się powietrze?

Ruch powietrza wynika ze zróżnicowania jego gęstości oraz odmiennych wartości ciśnienia atmosferycznego. Powietrze może się przemieszczać w różnych kierunkach:

- poziomo (wiatr),
- pionowo (konwekcja),
- nieregularnie (turbulencja).

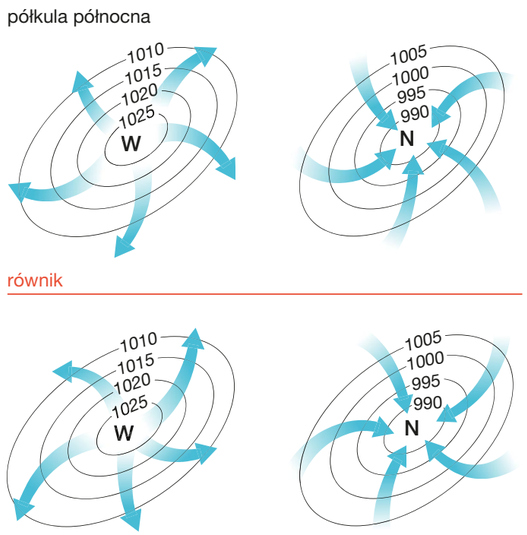
Najważniejsze informacje o wymienionych ruchach powietrza przedstawia schemat zamieszczony powyżej.

Czynniki wpływające na kierunek i prędkość wiatru

Prędkość wiatru zależy od różnicy między wartościami ciśnienia atmosferycznego występującego na sąsiadujących ze sobą obszarach. Im jest ona wyższa, tym większa jest prędkość wiatru. Prędkość wiatru zazwyczaj wyraża się w kilometrach na godzinę (km/h) lub w metrach na sekundę (m/s).

O kierunku wiatru decydują położenie układów wysokiego i niskiego ciśnienia oraz **siła Coriolisa** (→ siła Coriolisa, s. 66). Ta siła na półkuli północnej odchyla kierunek wiatru w prawo, a na półkuli południowej – w lewo. Widać to na ilustracjach, które znajdują się obok. Na zmianę kierunku wiatru i zmniejszenie jego prędkości wpływa też siła tarcia powietrza o podłoże.

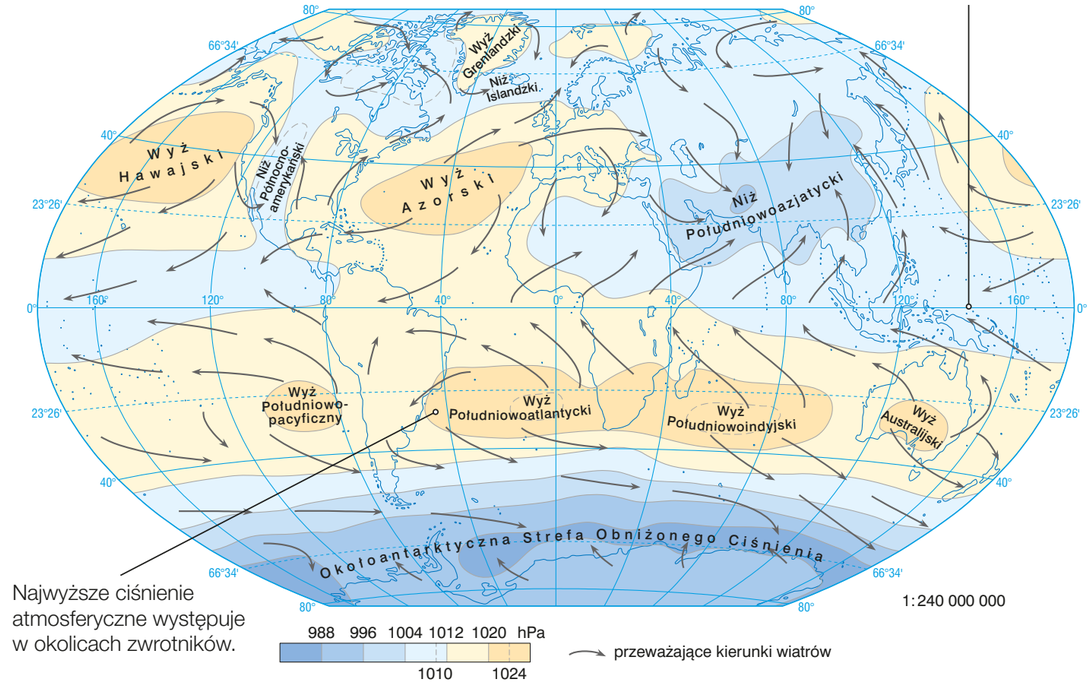
Nazwa wiatru zawsze pochodzi od kierunku, z którego on wieje. Dlatego np. wiatr wiejący z kierunku północnego będzie się nazywał wiatrem północnym.



Wpływ siły Coriolisa na kierunek wiatru w ośrodkach barycznych na półkulach północnej i południowej.

Rozkład ciśnienia atmosferycznego w lipcu

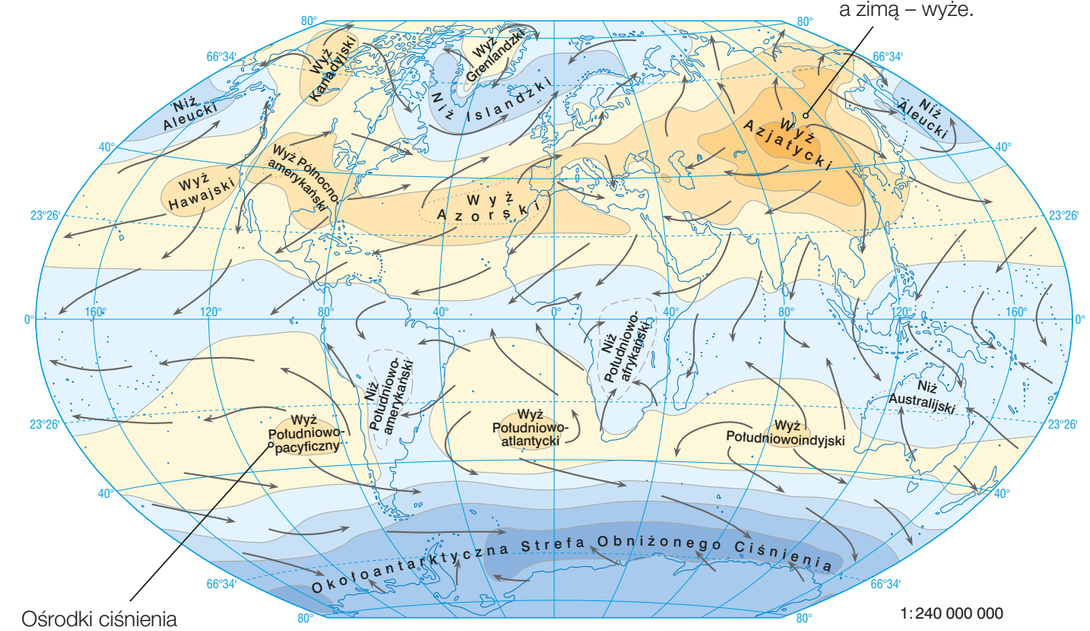
W okolicach równika obniżone ciśnienie utrzymuje się przez cały rok.



Najwyższe ciśnienie atmosferyczne występuje w okolicach zwrotników.

Rozkład ciśnienia atmosferycznego w styczniu

Nad lądami latem tworzą się niże baryczne, a zimą – wyże.

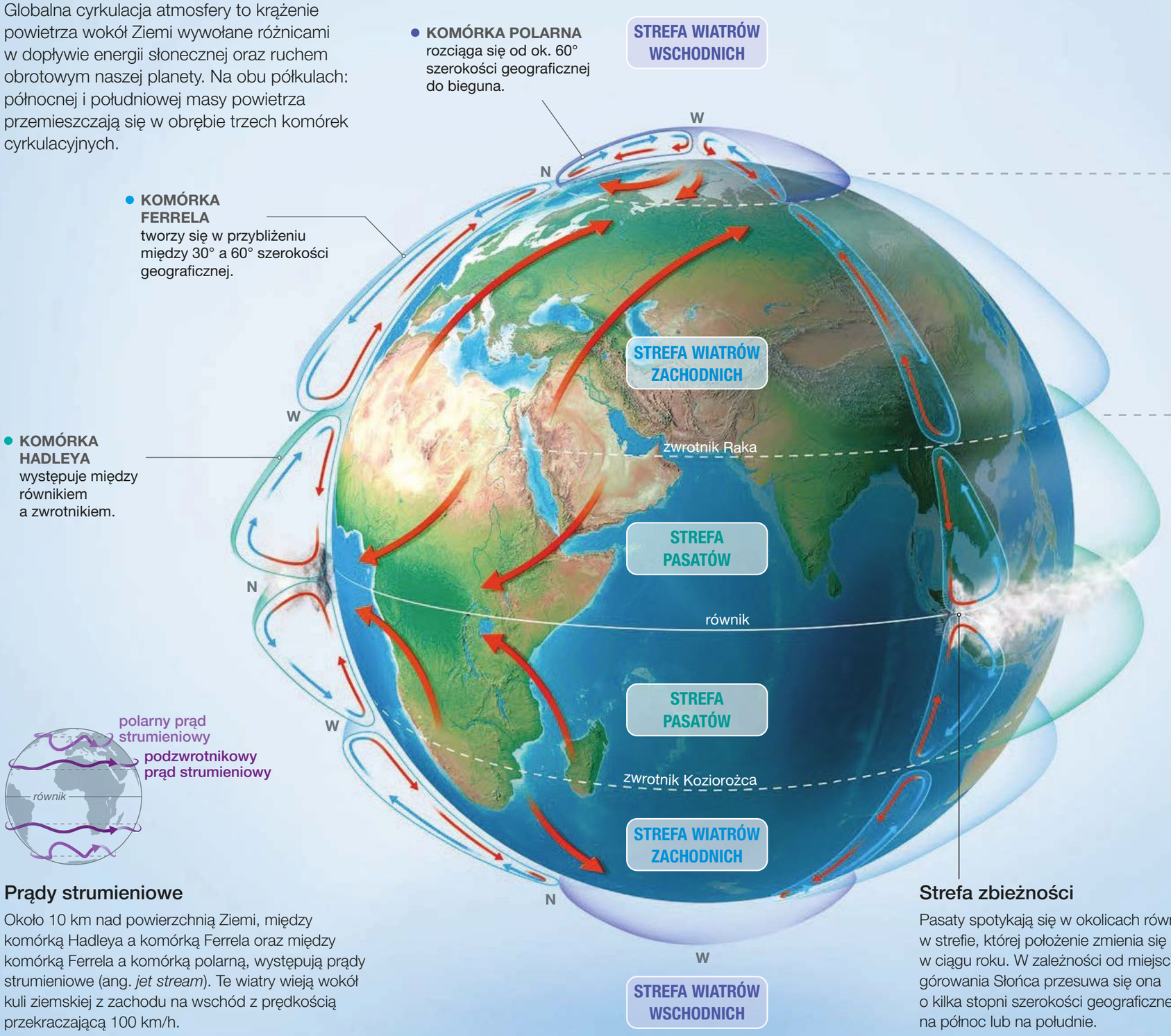


Ośrodki ciśnienia nad oceanami są trwałe (całoroczne).

Globalna cyrkulacja atmosfery

Globalna cyrkulacja atmosfery to krążenie powietrza wokół Ziemi wywołane różnicami w dopływie energii słonecznej oraz ruchem obrotowym naszej planety. Na obu półkulach: północnej i południowej masy powietrza przemieszczają się w obrębie trzech komórek cyrkulacyjnych.

- **KOMÓRKA POLARNA** rozciąga się od ok. 60° szerokości geograficznej do bieguna.
- **KOMÓRKA FERRELA** tworzy się w przybliżeniu między 30° a 60° szerokości geograficznej.
- **KOMÓRKA HADLEYA** występuje między równikiem a zwrotnikiem.



Prądy strumieniowe

Około 10 km nad powierzchnią Ziemi, między komórką Hadleya a komórką Ferrela oraz między komórką Ferrela a komórką polarną, występują prądy strumieniowe (ang. *jet stream*). Te wiatry wieją wokół kuli ziemskiej z zachodu na wschód z prędkością przekraczającą 100 km/h.

Strefa zbieżności

Pasaty spotykają się w okolicach równika w strefie, której położenie zmienia się w ciągu roku. W zależności od miejsca górowania Słońca przesuwa się ona o kilka stopni szerokości geograficznej na północ lub na południe.

Cyrkulacja powietrza w strefach podbiegunowych

Ze względu na niewielki dopływ energii słonecznej powierzchnia terenu jest wychłodzona. Powietrze osiada, co przyczynia się do powstawania stałych ośrodków wyżowych. Chłodne powietrze z wyżów biegunowych przemieszcza się w postaci stałych wiatrów w stronę umiarkowanych szerokości geograficznych.

Cyrkulacja powietrza w strefach umiarkowanych

W okolicach 60°N i 60°S zimne powietrze niesione wiatrami wschodnimi od biegunów miesza się z ciepłym powietrzem przemieszczającym się od zwrotników. Zimne i ciężkie powietrze wypycha ku górze powietrze ciepłe i lżejsze, dlatego przy powierzchni Ziemi tworzy się strefa obniżonego ciśnienia. Nie jest ona ciągła, lecz składa się z pojedynczych ośrodków niżowych przemieszczających się z zachodu na wschód w strefie wędrownych niżów. Charakterystyczne dla tej strefy są częste zmiany kierunków wiatrów.

Cyrkulacja powietrza w strefie międzyzwrotnikowej

Największa ilość energii słonecznej dociera w okolice równika. Nad ogrzewaną powierzchnią powstaje niż i występują obfite opady (deszcze zenitalne), natomiast nad zwrotnikami tworzą się suche i gorące wyże. Siła Coriolisa powoduje, że wiatry stałe wiejące w kierunku równika, czyli pasaty, ulegają odchyleniu. Na półkuli północnej wieją one z północnego wschodu, a na półkuli południowej – z południowego wschodu.

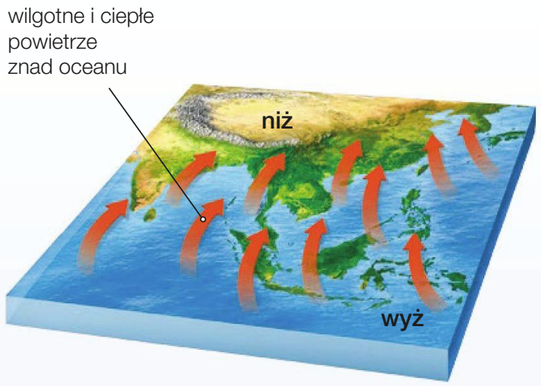
1. Silnie nagrzane, wilgotne powietrze unosi się aż do górnej granicy troposfery. Przy powierzchni Ziemi powstaje niż.
2. Unoszące się powietrze się ochładza, a zawarta w nim para wodna kondensuje. Powstają chmury i pojawiają się deszcze zenitalne.
3. Chłodne i suche powietrze przemieszcza się w kierunku wyższych szerokości geograficznych.
4. Powietrze zagęszcza się i opada grawitacyjnie. Przy powierzchni Ziemi powstają zwrotnikowe strefy podwyższonego ciśnienia.
5. Od wyżów zwrotnikowych w stronę niżu równikowego wieją pasaty.

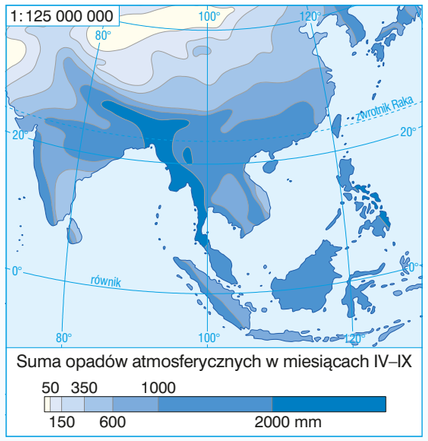
Cyrkulacja monsunowa

Globalna cyrkulacja atmosfery jest w wielu regionach Ziemi modyfikowana przez cyrkulację monsunową. Powstaje ona wskutek nierównomiernego nagrzewania się sąsiadujących ze sobą dużych obszarów oceanicznych i lądowych oraz związanych z tym okresowych zmian kierunku wiatru. Cyrkulacja monsunowa zaznacza się najwyraźniej nad południową i południowo-wschodnią częścią Azji. Monsuny tworzą się również w północnej Australii, środkowo-zachodniej Afryce oraz w Ameryce Środkowej.

Monsun letni

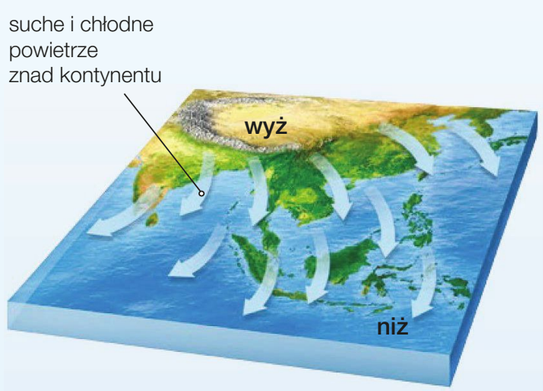
W półroczu letnim powierzchnia kontynentu azjatyckiego jest silnie nagrzana, więc powietrze się ogrzewa i unosi. Nad lądem tworzy się wówczas niż, a nad chłodniejszym oceanem – wyż. Powietrze przemieszcza się zatem znad oceanu nad ląd – wieje monsun letni. Przynosi on wilgotne powietrze i powoduje duże zachmurzenie oraz obfite opady deszczu.

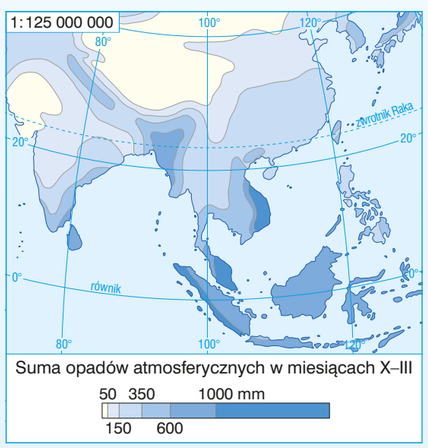




Monsun zimowy

W półroczu zimowym strefa niskiego ciśnienia przesuwa się nad ocean, który długo magazynuje ciepło, a nad szybko wychładzającym się lądem powstaje wyż baryczny. Zatem zimą powietrze przemieszcza się znad kontynentu nad ocean – wieje monsun zimowy. Ten chłodny i suchy wiatr kształtuje słoneczną pogodę.



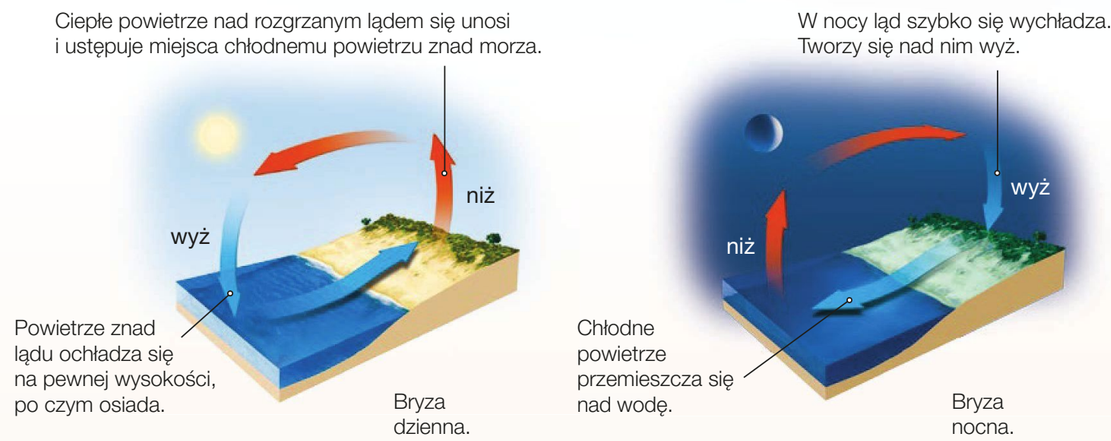


Wiatry lokalne

W poszczególnych regionach świata występują wiatry lokalne, czyli wiejące na niewielkich obszarach. Należą do nich bryza, fen, wiatr górski, wiatr dolinny oraz bora. W poszczególnych regionach mogą one nosić różne nazwy, np. fen występujący w Tatrach to halny.

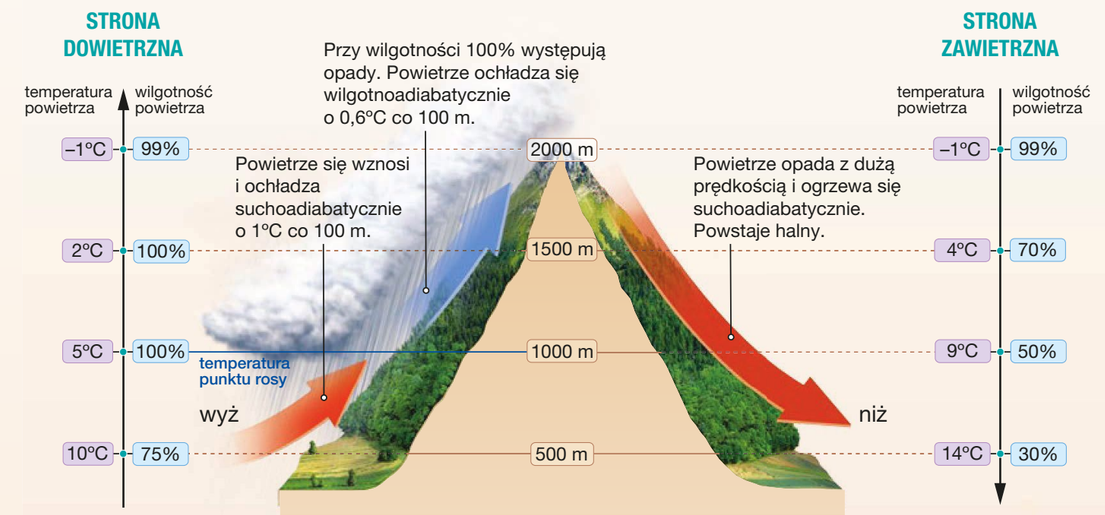
Bryza

Bryza występuje w ciepłej porze roku na wybrzeżach mórz oraz w strefie brzegowej dużych śródlądowych zbiorników wodnych. Powstaje wskutek różnicy między temperaturą lądu a temperaturą wody. Kierunek bryzy zmienia się w cyklu dobowym. Bryza dzienna (morska) wieje znad wody w kierunku lądu, a bryza nocna (lądowa) – od lądu w stronę morza.



Fen

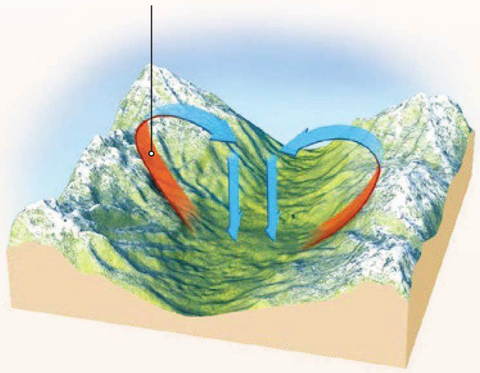
Fen to ciepły, suchy i porywisty wiatr występujący po zawietrznej stronie pasma górskiego. Powstaje, gdy masy powietrza przemieszczające się od wyżu do niżu napotykają barierę górską. Wówczas powietrze wznosi się wzdłuż stoku i ochładza. Para wodna kondensuje i powstają opady.
Po przekroczeniu bariery górskiej suche już powietrze opada grawitacyjnie i szybko się ogrzewa.
Fen wieje najczęściej w chłodnej porze roku. Powoduje gwałtowne ocieplenia i odwilże.



Wiatr górski i wiatr dolinny

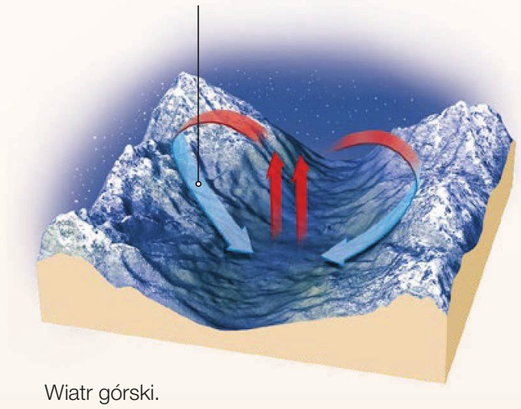
Wiatry górskie i dolinne występują w górach podczas bezchmurnej pogody, a ich kierunek zmienia się w cyklu dobowym. Powstają w wyniku różnic nagrzewania się stoków i den dolin. W ciągu dnia powietrze przylegające do stoków nagrzewa się szybciej, a ponieważ jest lżejsze, się unosi. Na jego miejsce napływa chłodniejsze powietrze z dna doliny. W ten sposób powstaje wiatr dolinny.
W nocy powietrze w wyższych częściach stoków silnie się wychładza, staje się ciężkie i – jako wiatr górski – spływa wzdłuż stoków.

W ciągu dnia powietrze się nagrzewa i unosi wzdłuż stoków.



Wiatr dolinny.

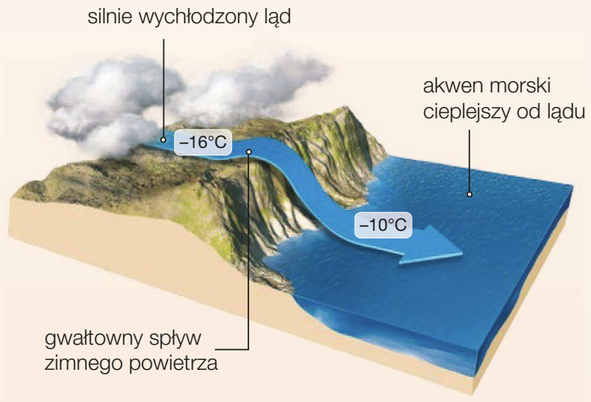
W nocy chłodne powietrze opada wzdłuż stoków.



Wiatr górski.

Bora

Bora to zimny, suchy i porywisty wiatr występujący na obszarach, na których wyżyny lub góry sąsiadują bezpośrednio z dużym zbiornikiem wodnym (np. morzem lub jeziorem). Warunkiem wystąpienia tego wiatru jest silne wychłodzenie lądu i utworzenie się nad nim ośrodka wyżowego. Wówczas zimne i ciężkie powietrze spływa gwałtownie po stokach gór w kierunku cieplejszego morza.
Bora wieje m.in. nad Adriatykiem i Morzem Czarnym.



Zadania

1. Wyjaśnij, dlaczego ośrodki niżowe powstają nad ciepłym podłożem, a ośrodki wyżowe – nad zimnym.
2. Sporządź w zeszycie tabelę, w której podzielisz wymienione niżej wiatry na stałe, okresowe i lokalne.
   bryza, *pasaty*, *bora*, *fen*, *monsuny*, *wiatry wschodnie*
3. Opisz w zeszycie mechanizm powstawania wiatrów zachodnich w umiarkowanych szerokościach geograficznych.
4. Wyjaśnij, dlaczego fen jest ciepły i suchy.
5. Podaj przyczyny cykliczności zmian cyrkulacji monsunowej.

4 Opady atmosferyczne. Fronty atmosferyczne

Ważne na tej lekcji!

- rodzaje chmur
- rozkład opadów atmosferycznych na Ziemi
- zmiany pogody w czasie przemieszczania się frontów atmosferycznych

Opady atmosferyczne to jeden z najważniejszych elementów obiegu wody w przyrodzie. Warunkują one występowanie wody na lądach, a w związku z tym – funkcjonowanie lądowych ekosystemów oraz działalność człowieka.

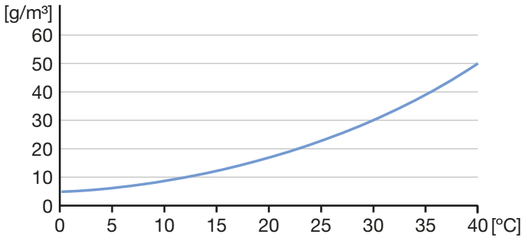
Czym jest wilgotność powietrza?

Wilgotność powietrza to zawartość pary wodnej w powietrzu. Dostaje się ona do atmosfery na skutek **parowania wody** ze zbiorników wodnych, z gleb (ewaporacja) i roślin (transpiracja) oraz w wyniku **sublimacji** (przejścia ze stanu stałego w stan gazowy).

Ilość pary wodnej w powietrzu atmosferycznym zależy przede wszystkim od:

- **temperatury powietrza** – im jest ono cieplejsze, tym może pomieścić więcej pary wodnej,
- **szerokości geograficznej** – generalnie im dalej od równika, tym mniej pary wodnej,
- **odległości od mórz i oceanów** – parowanie z powierzchni lądów jest mniejsze niż ze zbiorników wodnych,
- **pokrycia terenu** – roślinność zwiększa wilgotność powietrza wskutek transpiracji.

Istnieje kilka miar wilgotności powietrza. Najważniejsze z nich opisano w poniższej tabeli.



Zawartość pary wodnej w powietrzu w zależności od temperatury powietrza.

Jak powstają chmury?

Chmury powstają wskutek procesów zachodzących w troposferze:

- **kondensacji** – przejścia wody ze stanu gazowego w ciekły,
- **resublimacji** – przejścia ze stanu gazowego w stały.

Te procesy mogą zajść wtedy, gdy powietrze osiągnie **temperaturę punktu rosy** i wystąpią w nim **jądra kondensacji**. Są to mikroskopijne cząsteczki, stałe lub ciekłe, na których może osadzać się woda. Jądra kondensacji mają pochodzenie naturalne (np. cząstki soli morskiej) lub powstają w wyniku działalności człowieka (np. dymy, pyły). Najważniejsze rodzaje chmur przedstawiono na s. 112–113.

Wybrane miary wilgotności powietrza

Parametr	Charakterystyka	Jednostka
Wilgotność bezwzględna	Masa pary wodnej w jednostce objętości powietrza. To, ile maksymalnie pary wodnej może znajdować się w powietrzu, zależy od jego temperatury. Im cieplejsze powietrze, tym więcej pary wodnej może zawierać.	[g/m³]
Wilgotność względna	Określa stosunek rzeczywistej ilości pary wodnej zawartej w powietrzu do jej maksymalnej zawartości w danej temperaturze.	[%]
Temperatura punktu rosy	Wartość temperatury powietrza, do której powietrze musi się ochłodzić, aby para wodna stała się parą nasyconą (100% wilgotności). Wówczas rozpoczyna się proces przemiany pary wodnej w ciecz lub ciało stałe.	[°C]

Chmury

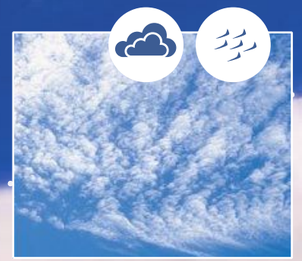
13 km

PIĘTRO WYSOKIE

Chmura to zbiór kropelek wody lub kryształków lodu (albo mieszanina jednych i drugich) swobodnie unoszący się w powietrzu. Chmury powstają na różnych wysokościach i przyjmują różne kształty. Ulegają przy tym nieustannym zmianom.

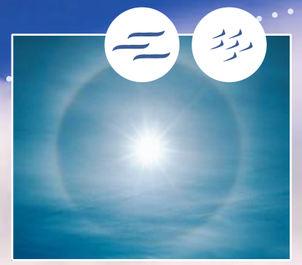
Cirrus
(Ci, chmura pierzasta)

Mają wygląd delikatnych włókien lub pasemek w kształcie płóz sań. Nie rzucają cienia, lekko przesłaniają Słońce.



Cirrocumulus
(Cc, chmura kłębiasto-pierzasta

Tworzą pierzaste, regularnie ułożone kłęby lub płaty. Mają niewielką grubość, przez co są przejrzyste i nie przesłaniają Słońca.



Cirrostratus
(Cs, chmura warstwowo-pierzasta)

Przesłaniają niebo białym welonem, który często pwrzypomina włóczkę. Czasem pojawiają się w nich otoczki wokół Słońca, zwane halo.

7 km

PIĘTRO ŚREDNIE

Altocumulus
(Ac, chmura kłębiasta)

Nie przysłaniają całkowicie Słońca. Mają kłębiastą strukturę oraz wyraźnie zarysowane cienie. Nie dają opadów.

2 km

PIĘTRO NISKIE

Cumulus
(Cu, chmura kłębiasta)

To chmury o rozciągłości pionowej. Mają wyraźnie zarysowane kontury. Ich podstawy są zazwyczaj ciemne, a górne części – rozjaśnione promieniami słonecznymi. Rzadko dają opady deszczu.

Stratocumulus
(Sc, chmura kłębiasto-warstwowa)

Tworzą regularne wały i kłęby ciemniejsze u podstawy. W niektórych miejscach całkowicie przesłaniają Słońce, w innych pojawiają się lokalne prześwity. Dają słabe opady deszczu lub śniegu.

Rodzaje chmur

Ze względu na wysokość występowania wyróżnia się chmury piętra: wysokiego, średniego i niskiego. Z kolei z uwagi na wygląd wyróżnia się 10 podstawowych rodzajów chmur. Wiele o nich mówią nazwy zaczerpnięte z łaciny. Poza określeniami wymienionymi obok do oznaczenia chmur piętra średniego stosuje się też przedrostek *alto-*.

Cirrus pierzaste
Stratus warstwowe
Cumulus kłębiaste
Nimbus deszczowe

Cumulonimbus
(Cb, chmura kłębiasta deszczowa)

Chmury o rozciągłości pionowej. Ich podstawa może się znajdować w piętrze niskim, a górna część – sięgać kilkunastu kilometrów. Są to ciemnoszare chmury burzowe w kształcie kowadła. Przynoszą obfite, lecz krótkotrwałe opady, którym często towarzyszą wyładowania elektryczne.

Altostratus
(As, chmura warstwowa)

Przeważnie pokrywają całe niebo szarą lub bladoniebieską zasłoną. Nie wywołują efektu halo.

Stratus
(St, chmura warstwowa)

Zasnuwają niebo grubą, ciemną warstwą, spoza której nie widać Słońca. Opady z tych chmur mają latem postać mżawki, a zimą – ziarnistego śniegu.

Nimbostratus
(Ns, chmura warstwowo-deszczowa)

Ciemne, niskie chmury z wyraźnie zarysowaną i wyrównaną podstawą. Dają długotrwały opad deszczu. Ponieważ są bardzo grube, nie widać przez nie Słońca.

Czym jest mgła?

Mgła to zawiesina kropelek wody lub (rzadziej) kryształków lodu, która znajduje się w przyziemnej warstwie powietrza i powoduje, że widzialność jest mniejsza niż 1 km. Powstaje albo wtedy, gdy temperatura powietrza spada w kontakcie z podłożem, które się wychłodziło (np. podczas pogodnej nocy), albo gdy cieplejsze powietrze napłynie nad chłodniejszy teren. W tych sytuacjach para wodna zawarta w powietrzu kondensuje.

Mgły w wilgotnych zagłębieniach terenu powstają nocą albo nad ranem – pod warunkiem, że nie wieje wiatr.

Jak powstają opady atmosferyczne?

Opady atmosferyczne powstają na skutek procesów zachodzących w chmurach. Kropelki wody i kryształki lodu, z których składają się chmury, są bardzo małe i dlatego unoszą się swobodnie w powietrzu. Aby pokonać jego opór i spaść na ziemię, muszą zwiększyć objętość i ciężar. Dzieje się to w wyniku:

- łączenia się mniejszych kropel w większe (w chmurach zbudowanych wyłącznie z kropelek wody),
- zamarzania przechłodzonych kropelek wody na kryształkach lodu (w chmurach zbudowanych zarówno z kropelek wody, jak i z kryształków lodu).

Pierwszy proces skutkuje opadem deszczu. W drugim przypadku rodzaj opadu zależy od temperatury powietrza poniżej chmury. Gdy jest ona ujemna, do powierzchni ziemi dociera opad w postaci śniegu, a gdy jest dodatnia – w postaci deszczu.

Czynniki wpływające na rozkład opadów

Wielkość opadów atmosferycznych w poszczególnych regionach Ziemi jest znacznie zróżnicowana. Wpływają na nią m.in.:

- cyrkulacja atmosferyczna,
- wysokość nad poziomem morza,
- ukształtowanie powierzchni,
- odległość od mórz i oceanów,
- prądy morskie,
- pokrycie terenu.

Warto zauważyć, że niektóre spośród tych czynników wymieniono też w części lekcji poświęconej wilgotności powietrza (s. 111).

Występowaniu opadów sprzyja ruch wznoszący powietrza. Powoduje on, że temperatura powietrza się obniża, a wilgotność względna wzrasta i może osiągnąć 100%. Takie sytuacje przedstawia poniższy schemat. Z kolei przestrzenne zróżnicowanie opadów na Ziemi zaprezentowano na s. 115.

Powstawanie opadów atmosferycznych

konwekcyjnych	frontalnych	orograficznych
Nad silnie nagrzanymi obszarami powstaje prąd wstępujący. Powietrze wznosi się i ochładza, wskutek czego występują opady.	W strefie styku dwóch mas powietrza o różnej temperaturze cieplejsze i lżejsze powietrze się unosi i ochładza. W efekcie występują opady.	Przemieszczające się powietrze napotyka barierę górską. Powietrze wznosi się i ochładza, przez co powstają opady.

Rozkład opadów atmosferycznych na Ziemi

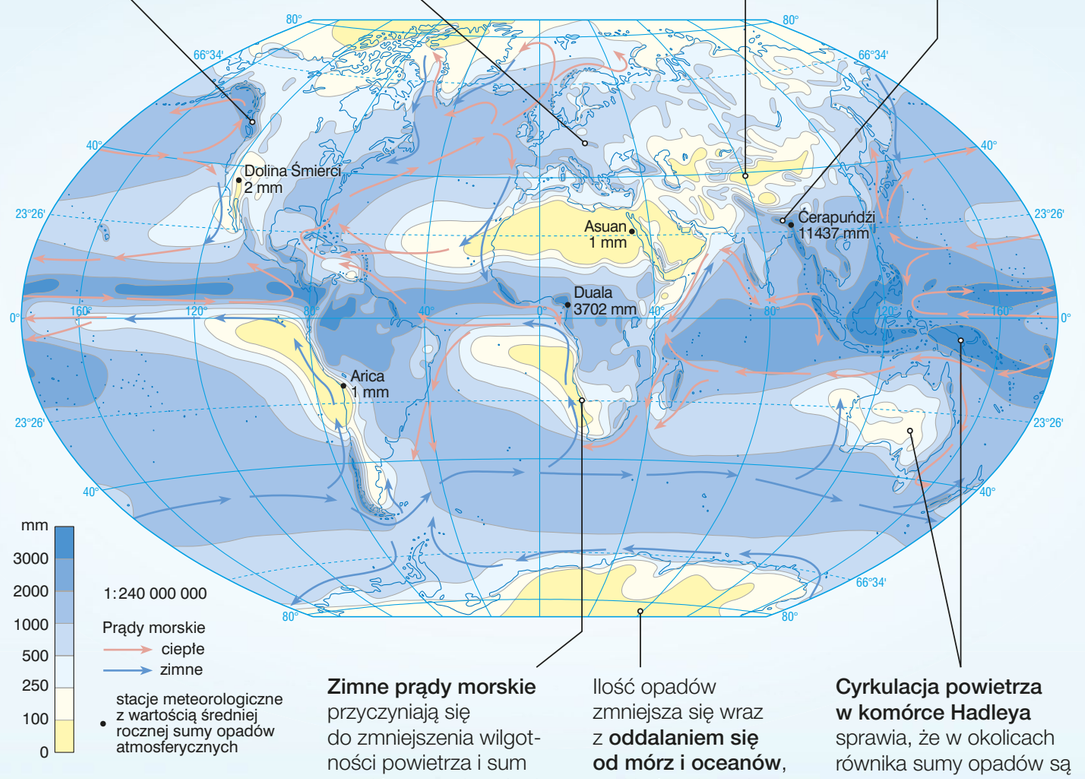
Największe roczne sumy opadów atmosferycznych występują w południowo-wschodniej i południowej Azji oraz na obszarach znajdujących się w sąsiedztwie równika, a najniższe – w okolicach zwrotników i na wybrzeżach opływanych przez zimne prądy morskie.

Ciepłe prądy morskie przyczyniają się do wzrostu wilgotności powietrza i zwiększenia sum opadów atmosferycznych na obszarach, w których sąsiedztwie płyną.

Na **obszarach górskich** sumy opadów są zwykle wysokie. Wraz z wysokością obniża się temperatura powietrza, co sprzyja kondensacji pary wodnej.

Po zawietrznej stronie gór występuje **cień opadowy**. Docierające tam powietrze zawiera mało wilgoci, dlatego opady atmosferyczne są niskie.

Najwyższe roczne sumy opadów odnotowuje się na obszarach objętych oddziaływaniem **cyrkulacji monsunowej**, szczególnie w południowo-wschodniej i południowej Azji.



Zimne prądy morskie przyczyniają się do zmniejszenia wilgotności powietrza i sum opadów na wybrzeżach, które opływają.

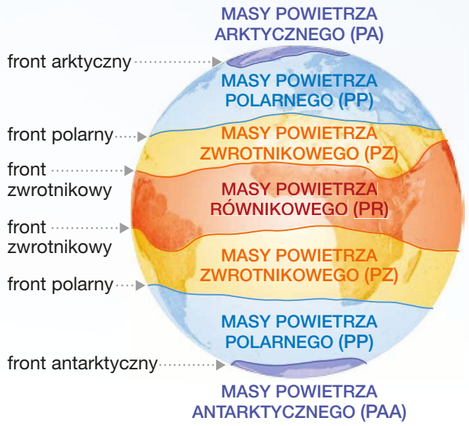
Ilość opadów zmniejsza się wraz z **oddalaniem się od mórz i oceanów**, nad którymi powietrze jest wilgotniejsze.

Cyrkulacja powietrza w komórce Hadleya sprawia, że w okolicach równika sumy opadów są wysokie, a w okolicach zwrotników – niskie.

Zimny prąd morski (Prąd Benguelski) przyczynił się do powstania pustyni Namib w południowej Afryce.

Fronty atmosferyczne

Fronty atmosferyczne to strefy przejściowe rozdzielające odmienne masy powietrza, czyli duże fragmenty troposfery o podobnych właściwościach fizycznych, przede wszystkim temperaturze i wilgotności. Masy powietrza tworzą się najczęściej nad jednolitym podłożem (np. rozległym lądem lub oceanem) i nabierają jego cech. Gdy przemieszczają się nad inne, często odległe tereny, stopniowo zmieniają właściwości.
Fronty atmosferyczne dzieli się ze względu na położenie geograficzne oraz z uwagi na temperaturę mas powietrza i sposób ich przemieszczania się. W tym drugim przypadku wyróżnia się front chłodny, front ciepły i front zokludowany.

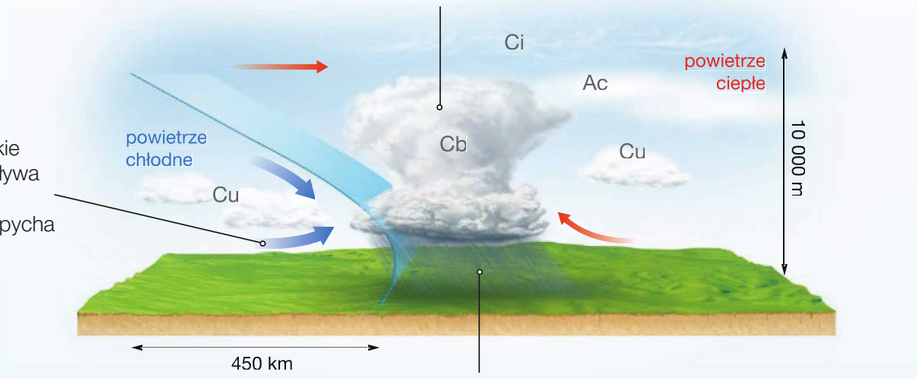


Fronty atmosferyczne wyróżniane ze względu na położenie geograficzne.

Front chłodny

Front chłodny tworzy się wtedy, gdy chłodne masy powietrza napływają nad teren, gdzie powietrze jest cieplejsze.

2 Ciepłe powietrze unosi się i ochładza. Pojawiają się różne odmiany chmur kłębiastych (Cu, Ac), a bezpośrednio na froncie powstają chmury kłębiaste deszczowe (Cb).



1 Chłodne, ciężkie powietrze napływa pod powietrze cieplejsze i wypycha je do góry.

3 Opady związane z frontem chłodnym są intensywne, ale krótkotrwałe. Mogą im towarzyszyć burze.

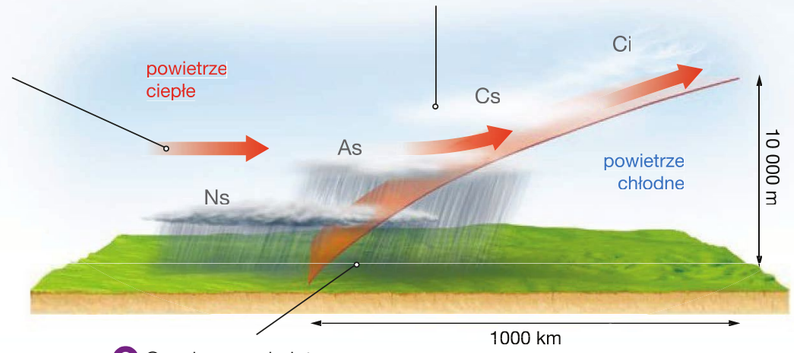
Element pogody	Przed frontem	W czasie przechodzenia frontu	Po przejściu frontu
Ciśnienie atmosferyczne	obniża się	wzrasta	powoli wzrasta
Wiatr	wzrasta prędkość wiatru	wzrasta prędkość wiatru	silny, zmienia kierunek
Temperatura powietrza	obniża się	szybko się obniża	zmienia się nieznacznie lub powoli się obniża
Zachmurzenie	bez zmian	pojawiają się chmury Ac lub As, potem Cb	mogą się pojawić chmury Cu lub Cb
Widoczność	ograniczona	ograniczona	poza strefą opadów dobra

Front ciepły

Front ciepły tworzy się wtedy, gdy ciepłe masy powietrza napływają nad teren, gdzie powietrze jest chłodniejsze.

2 Powietrze ciepłe się ochładza, co prowadzi do kondensacji pary wodnej i formowania się chmur: najpierw Ci, a następnie – Cs i As. Bezpośrednio na froncie powstają chmury Ns.

1 Ciepłe powietrze jako lżejsze napływa nad pozostające niżej powietrze zimne i stopniowo je wypiera.



3 Opady są mało intensywne, ale długotrwałe.

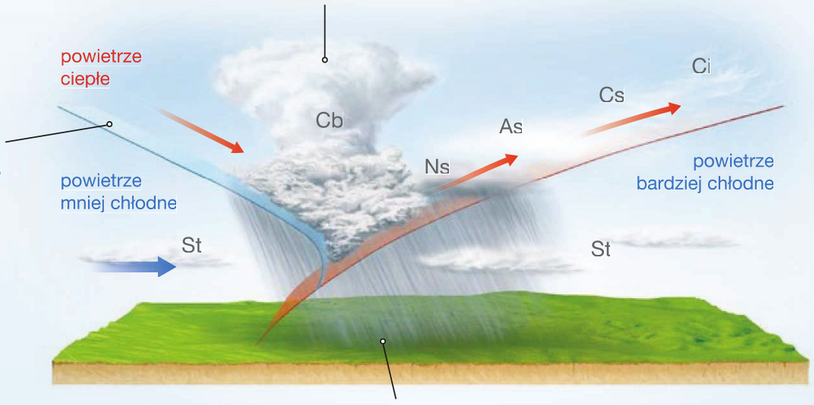
Element pogody	Przed frontem	W czasie przechodzenia frontu	Po przejściu frontu
Ciśnienie atmosferyczne	obniża się	stałe	stałe lub się obniża
Wiatr	silny	chwilowo słabnie	kierunek i prędkość bez zmian
Temperatura powietrza	wzrasta lub bez zmian	powoli wzrasta	zmienia się nieznacznie
Zachmurzenie	pojawiają się chmury Ci, Cs, As	występują niskie chmury Ns	występują chmury St lub Sc
Widoczność	poza strefą opadów bardzo dobra	ograniczona	ograniczona

Front zokludowany

Front zokludowany powstaje, gdy przemieszczający się szybciej front chłodny dogoni front ciepły.

2 Dwie masy chłodniejszego powietrza wypierają ciepłe powietrze ku górze.

1 Front chłodny przemieszcza się szybciej, więc dogania front ciepły. Fronty się łączą – następuje ich okluzja.



3 Długotrwałym opadom atmosferycznym w ciepłej porze roku zazwyczaj towarzyszą burze.

W Twoim regionie

Jak opisać przebieg opadów atmosferycznych w Twoim regionie w ciągu roku?

Pomiarem wielkości opadów zajmują się pracownicy stacji meteorologicznych. Dzięki temu, że publikują oni wyniki swojej pracy m.in. w internecie, możesz samodzielnie opisać przebieg opadów atmosferycznych w ciągu roku w regionie, w którym mieszkasz.

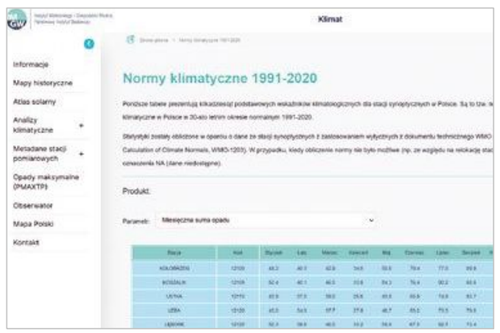
1 Odszukaj dane klimatyczne dla stacji meteorologicznej położonej blisko miejsca, w którym mieszkasz.

Skorzystaj ze strony https://klimat.imgw.pl/pl/climate-normals.

Wybierz tę stację leżącą w pobliżu Twojego miejsca zamieszkania, w której warunki wykonywania pomiarów (m.in. wysokość na poziomem morza oraz odległość od dużych zbiorników wodnych) są najbardziej zbliżone do występujących w Twojej miejscowości.

2 Opracuj dane klimatyczne.

Na wskazanej stronie wyświetl parametr Miesięczna suma opadu. Pojawią się sumy opadów dla każdego miesiąca oraz wartość dla całego roku. Analizowanie danych dotyczących zróżnicowania opadów w ciągu roku będzie łatwiejsze, jeśli przedstawisz je w formie graficznej, np. na wykresie.



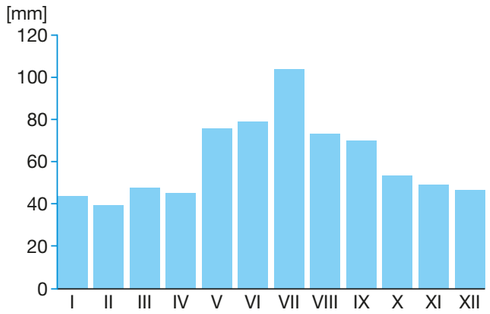
3 Opisz przebieg opadów atmosferycznych w Twoim regionie w ciągu roku.

Przeanalizuj wielkość i rozkład opadów. Zapisz odpowiedzi na następujące pytania:

- W których miesiącach odnotowuje się najwyższe sumy opadów, a w których – najniższe?
- Jakie są minimalne i maksymalne wartości miesięcznych sum opadów?
- Jaka jest wartość średniej rocznej sumy opadów?

Przykład

Opisz przebieg opadów atmosferycznych w ciągu roku w Katowicach.



Opady atmosferyczne w Katowicach są najniższe zimą, z minimum w lutym (39,4 mm), a najwyższe – latem, z wyraźnym maksimum w lipcu (103,8 mm). Średnia roczna suma opadów atmosferycznych wynosi 723,2 mm.

Zadania

1. Wyjaśnij różnicę między wilgotnością względną powietrza a wilgotnością bezwzględną.
2. Scharakteryzuj chmury piętra wysokiego.
3. Opisz zjawiska towarzyszące ciepłym frontom atmosferycznym.
4. Podaj przyczyny występowania dużych sum opadów atmosferycznych w rejonie Archipelagu Malajskiego.

5 Prognozowanie pogody. Ekstremalne zjawiska pogodowe

Ważne na tej lekcji!

- pogoda i jej elementy
- opis stanu pogody i jej prognozowanie na podstawie mapy synoptycznej i zdjęcia satelitarnego
- piękno, potęga oraz dynamika zmian zachodzących w atmosferze

Prognozy pogody odgrywają istotną rolę nie tylko w codziennym życiu ludzi, lecz także w funkcjonowaniu gospodarki, zwłaszcza takich jej działów, jak rolnictwo, transport czy turystyka. Dzięki prognozowaniu pogody łatwiej również przewidzieć ekstremalne zjawiska atmosferyczne.

Czym jest pogoda?

Pogoda to chwilowy stan atmosfery w danym miejscu. Określa ją zespół **elementów meteorologicznych** (elementów pogody), do których należą:

- temperatura powietrza,
- ciśnienie atmosferyczne,
- wiatr,
- wilgotność powietrza,
- zachmurzenie,
- usłonecznienie (czas dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego do powierzchni Ziemi),
- opady i osady atmosferyczne,
- inne zjawiska atmosferyczne, np. tęcza.

Osady atmosferyczne

Nazwa	Charakterystyka
Rosa	Krople wody na wychłodzonej powierzchni terenu. Powstają w wyniku kondensacji pary wodnej zawartej w powietrzu.
Szron	Kryształki lodu powstające w efekcie resublimacji pary wodnej.
Szadź	Kryształki lodu, które powstają wskutek zamarzania przechłodzonych kropel mgły na powierzchni terenu o ujemnej temperaturze.
Gołoledź	Przezroczysta warstwa lodu, która tworzy się wtedy, gdy deszcz zamarza na powierzchni terenu o ujemnej temperaturze.

Obserwacje i pomiary meteorologiczne

Podstawę zdobywania informacji o pogodzie stanowią obserwacje i pomiary meteorologiczne. Są one wykonywane według tych samych zasad na całym świecie, dzięki czemu mogą być ze sobą porównywane. W Polsce badaniem pogody zajmuje się **Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej** (IMGW). Dysponuje on siecią pomiarową, w której skład wchodzą stacje oraz posterunki meteorologiczne.

W **stacjach meteorologicznych** systematycznie dokonuje się obserwacji i pomiarów wszystkich wymienionych wcześniej elementów meteorologicznych. Przeprowadza się je co najmniej osiem razy na dobę, o stałych godzinach: 3.00, 6.00, 9.00, 12.00, 15.00, 18.00, 21.00 i 24.00 UTC, a w niektórych stacjach – nawet co godzinę.

Na **posterunkach meteorologicznych** monitoruje się tylko niektóre elementy meteorologiczne. Pomiary odbywają się trzy razy w ciągu doby: o 6.00, 12.00 i 18.00 UTC.

Ogródek meteorologiczny to płaski, ogrodzony, porośnięty trawą teren w kształcie kwadratu o boku długości 15 m. Przyrządy do pomiaru temperatury i wilgotności powietrza znajdują się w klatce meteorologicznej umieszczonej na wysokości 2 m nad poziomem gruntu.

Informacje z naziemnych stacji i posterunków uzupełnia się danymi z **satelitów meteorologicznych**. Ze zdjęć satelitarnych można odczytać m.in. układ frontów atmosferycznych, zasięg mas powietrza i pokrywy śnieżnej oraz stopień zachmurzenia. Dzięki specjalistycznym urządzeniom satelity dostarczają również innych danych, np. dotyczących temperatury powierzchni oceanów oraz wilgotności powietrza.

Prognozowanie pogody

Prognozowaniem pogody zajmuje się **synoptyka**. Polega ono na przewidywaniu przebiegu pogody na podstawie:

- aktualnego stanu jej elementów,
- informacji o warunkach pogodowych występujących w przeszłości.

Szczegółowe dane dotyczące zmian pogody, które zaszły dawniej w określonych warunkach, pozwalają bowiem przypuszczać, że jeśli się one powtórzą, to pogoda będzie się kształtować podobnie. Im więcej analogii do minionych okresów, tym dokładniejsza prognoza. Należy jednak pamiętać, że procesy zachodzące w atmosferze są zbyt złożone, by móc je prognozować ze stuprocentową pewnością.

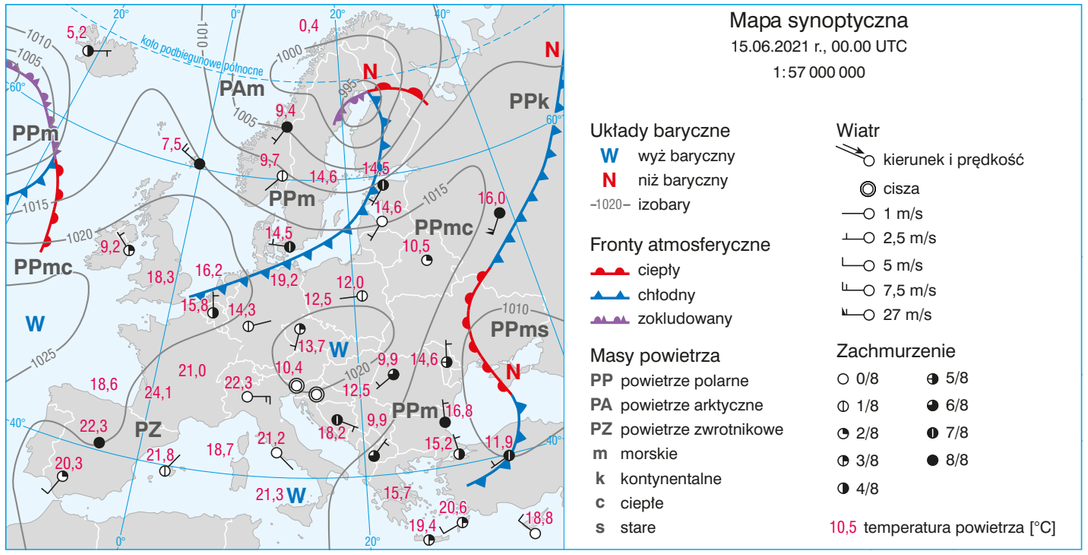
Do prognozowania pogody wykorzystuje się dane meteorologiczne, mapy i zdjęcia satelitarne. Coraz częściej stosuje się również specjalne modele matematyczne. Zawierają one równania, które opisują wszystkie parametry kształtujące stan atmosfery i są obliczane komputerowo. Na ich podstawie powstaje **numeryczna prognoza pogody**.

Prognozy pogody publikuje się np. w postaci **map synoptycznych**. Przedstawiają one stan pogody w określonym momencie za pomocą międzynarodowych oznaczeń meteorologicznych. Najbardziej wiarygodne są **krótkoterminowe prognozy pogody**. Te, które opracowano na jeden, dwa lub trzy dni, sprawdzają się mniej więcej w 90%. Natomiast **prognozy długoterminowe** (np. dwutygodniowe) sprawdzają się maksymalnie w 60–70%.

Krok po kroku

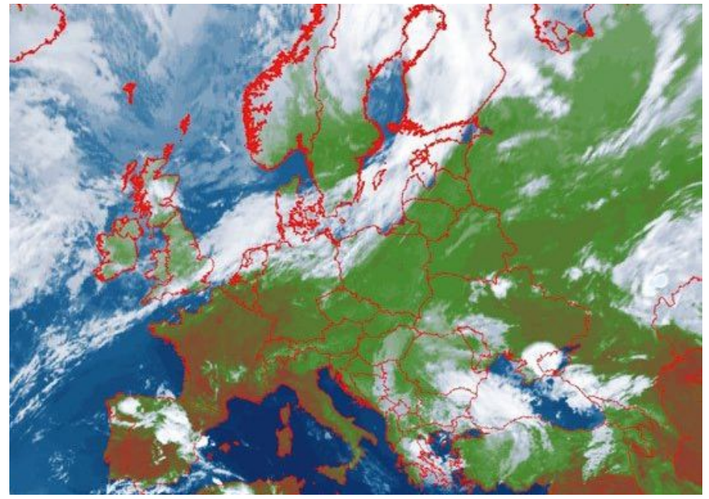
Opisywanie stanu pogody i prognozowanie pogody na podstawie mapy synoptycznej i zdjęcia satelitarnego

Na podstawie mapy synoptycznej i zdjęcia satelitarnego z 15 czerwca 2021, z godziny 0.00 UTC, opisz przedstawiony na nich stan pogody oraz opracuj prognozę pogody dla Polski na dalszą część dnia.



Krok po kroku

Opisywanie stanu pogody i prognozowanie pogody na podstawie mapy synoptycznej i zdjęcia satelitarnego (cd.)



1 Przyjrzyj się mapie synoptycznej i przeczytaj jej legendę. Następnie przedstaw stan pogody w Polsce.

15 czerwca 2021 r. o godzinie 2.00 (czas letni) temperatura powietrza w Polsce wynosiła ok. 12°C, a ciśnienie atmosferyczne miało wartość ok. 1020 hPa. Na większości obszaru zachmurzenie było niewielkie oraz wiał słaby wiatr zachodni (ok. 1 m/s).

2 Przeanalizuj układ ośrodków barycznych, frontów atmosferycznych i mas powietrza nad Europą.

W czasie przedstawionym na mapie nad centralną Europą znajdował się ośrodek wysokiego ciśnienia (większość Polski była pod jego wpływem). Wyraźne ośrodki niskiego ciśnienia ukształtowały się nad Półwyspem Skandynawskim i Półwyspem Krymskim. Nad Morzem Bałtyckim i północnymi Niemcami przechodził zimny front atmosferyczny, który oddzielał masy powietrza polarnego morskiego (PPm) od mas powietrza polarnego morskiego ciepłego (PPmc).

3 Przypomnij sobie, jak ciepłe i chłodne fronty atmosferyczne wpływają na pogodę.

Front ciepły wywołuje długotrwałe, ale mało intensywne opady. Przed jego przejściem występuje silny wiatr. Z kolei front chłodny wywołuje intensywne, ale krótkotrwałe opady, którym towarzyszy silny wiatr zmieniający kierunek.

4 Przyjrzyj się zdjęciu satelitarnemu. Zwróć uwagę na układ chmur.

Obszary występowania chmur w znacznej części pokrywały się z obszarami, nad którymi przechodziły fronty atmosferyczne. Zachmurzenie w północno-zachodniej części Polski wynikało ze zbliżania się frontu chłodnego.

5 Przeanalizuj rozkład izobar na mapie synoptycznej.

Nad większością kontynentu izobary znajdują się w dość dużej odległości od siebie, więc różnice ciśnienia atmosferycznego nie były znaczne. W związku z tym wiatr nie osiągał dużych prędkości.

6 Na podstawie mapy synoptycznej i zdjęcia satelitarnego sformułuj prognozę pogody dla Polski.

W dalszej części dnia nad terytorium Polski napłynie chłodny front atmosferyczny. W związku z tym wzrośnie zachmurzenie i pojawią się intensywne opady deszczu, którym mogą towarzyszyć wyładowania atmosferyczne. Zwiększy się też prędkość wiatru. Strefa opadów będzie się przesuwać w kierunku południowo-wschodnim. Po przejściu frontu temperatura powietrza się obniży.

Rozwiąż samodzielnie

Na podstawie mapy synoptycznej i zdjęcia satelitarnego opracuj prognozę pogody dla Irlandii na dalszą część dnia 15 czerwca 2021 r.

Piękne i groźne

Groźne, potężne, ale piękne... Takie właśnie są ekstremalne zjawiska atmosferyczne. Burze, trąby powietrzne czy sztormy wzbudzają zwykle obawę, a nawet przerażenie, jednak patrzy się na nie z fascynacją i zachwytem. Te zjawiska uświadamiają ludziom, jak potężna i nieujarzmiona może być przyroda, oraz uczą pokory, ponieważ mimo nieustannego rozwoju technologii wciąż nie można nad nimi zapanować.

Burze

Burze to jedne z najczęściej występujących gwałtownych zjawisk atmosferycznych. Wielkie i groźnie wyglądające chmury, które zapowiadają nadejście burzy, są jednocześnie „prądnicą" i „akumulatorem" dla piorunów. To właśnie wewnątrz burzowej chmury w wyniku zderzeń małych cząstek lodu powstaje ładunek elektryczny.

Większość piorunów ma długość ok. 5–6 km, ale szerokość zaledwie kilku centymetrów. Powietrze otaczające wyładowanie jest ponad trzy razy cieplejsze niż powierzchnia Słońca i ma temperaturę ok. 20 tys. stopni Celsjusza. Iskra elektryczna przemierza powietrze z prędkością ok. 100 tys. km/s.

Trąby powietrzne

Trąba powietrzna to wirująca kolumna powietrza rozciągająca się między chmurą burzową a powierzchnią gruntu. Trąbom powietrznym najczęściej towarzyszą intensywne opady deszczu lub gradu. Wielu z nas te wiry kojarzą się z egzotycznymi krajami. Tymczasem kilka razy w roku, najczęściej latem, trąby powietrzne występują także w Polsce. Zazwyczaj mają prędkość do 300 km/h.

Trąba powietrzna przechodząca przez Bory Tucholskie w 2012 r. połamała drzewa w pasie o szerokości niemal 200 m.

Szkwały

Krótkotrwały, ale gwałtowny i osiągający bardzo dużą prędkość wiatr jest nazywany szkwałem. Powstaje wtedy, gdy stykające się masy powietrza znacznie różnią się temperaturą. Szkwał wieje najczęściej w sąsiedztwie chmur burzowych. Odmianę tego wiatru stanowi biały szkwał. Jest on również gwałtowny, ale nie zapowiadają go chmury burzowe. Nazwa *biały szkwał* nawiązuje do grzyw fal, które pojawiają się na wodzie mimo pogodnego nieba. To one ostrzegają żeglarzy przed zbliżającym się uderzeniem gwałtownego wiatru.

Szkwał, który wystąpił na Mazurach w sierpniu 2007 r., był związany z przechodzeniem chmur burzowych. Wiał zaledwie 15 minut z maksymalną prędkością 130 km/h i wywołał fale sięgające 3 m wysokości. Ten szkwał spowodował śmierć 12 osób i przewrócił ok. 60 łodzi.

Zadania

1. Wyjaśnij, na czym polega prognozowanie pogody.
2. Podaj trzy przykłady zastosowania prognozy pogody w gospodarce.
3. Przedstaw wybrane ekstremalne zjawisko pogodowe oraz jego skutki na plakacie lub w prezentacji multimedialnej.

6 Czynniki klimatotwórcze

Ważne na tej lekcji!

- klimat
- czynniki klimatotwórcze decydujące o zróżnicowaniu klimatu na Ziemi
- prawidłowości w rozmieszczeniu zjawisk i procesów atmosferycznych
- klimat lokalny i mikroklimat

Systematyczne obserwacje i pomiary elementów pogody na określonym obszarze pozwalają scharakteryzować jego klimat. Dane rejestrowane w stacjach meteorologicznych znajdujących się w różnych miejscach dowodzą dużego zróżnicowania klimatycznego naszej planety. Jest ono skutkiem oddziaływania wielu czynników klimatotwórczych.

Ulewne deszcze występujące latem w Azji Południowo-Wschodniej są uwarunkowane cyrkulacją monsunową.

Klimat i czynniki klimatotwórcze

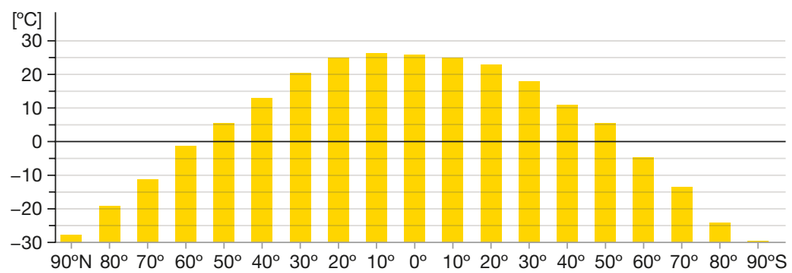
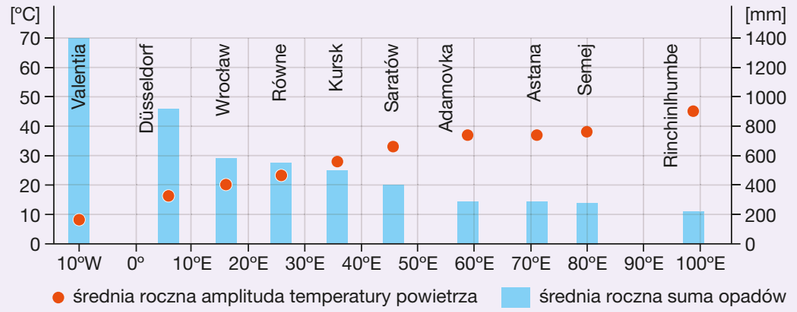
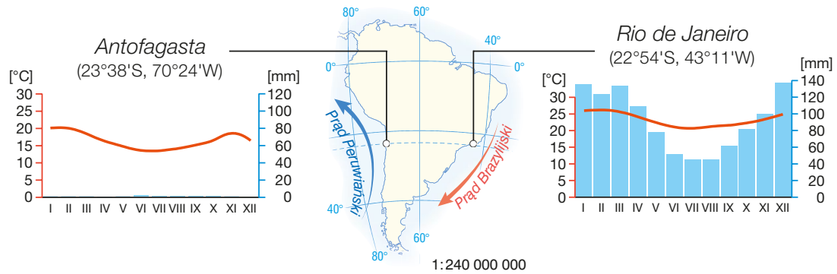
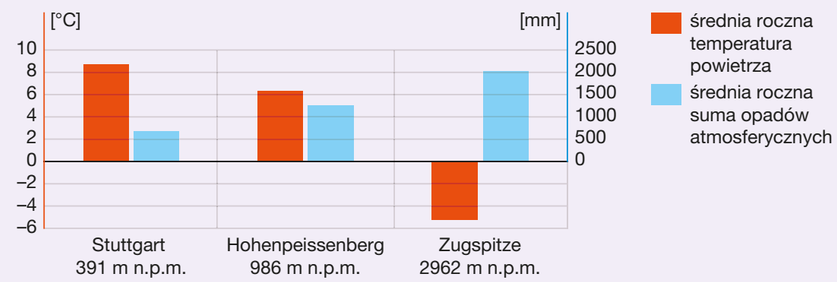
Klimat to układ warunków pogodowych o typowej zmienności w ciągu roku, charakterystyczny dla danego obszaru i określony na podstawie wieloletnich obserwacji. O zróżnicowaniu klimatycznym Ziemi decydują **czynniki klimatotwórcze**.

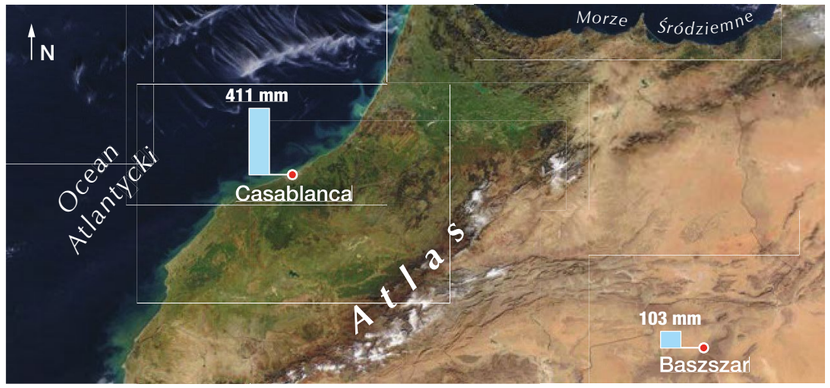
Wyróżnia się czynniki meteorologiczne (cyrkulacyjne) i czynniki niemeteorologiczne (geograficzne). **Czynniki meteorologiczne** są związane z procesami zachodzącymi w samej atmosferze. Należą do nich:

- rozmieszczenie ośrodków barycznych,
- rodzaje napływających mas powietrza,
- rozkład frontów atmosferycznych.

Czynniki niemeteorologiczne, zarówno **strefowe**, jak i **astrefowe** wynikają z innych uwarunkowań geograficznych. Opisano je poniżej.

Niemeteorologiczne czynniki klimatotwórcze

Czynniki klimatotwórcze	Wpływ na klimat
strefowe	
Szerokość geograficzna	Szerokość geograficzna decyduje o ilości energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi. To z kolei wpływa na rozkład temperatury powietrza.  Średnie roczne wartości temperatury powietrza na wybranych równoleżnikach.
astrefowe	
Rozmieszczenie lądów i mórz	Powierzchnie lądowe i wodne nagrzewają się i ochładzają w różnym tempie. To prowadzi do zróżnicowania temperatury oraz wilgotności mas powietrza, które się nad nimi kształtują. Kontynentalne masy powietrza są suchsze, a masy formujące się nad morzami i oceanami zawierają więcej wilgoci.  Wpływ lądów i mórz na wybrane dane klimatyczne odnotowane w niektórych stacjach meteorologicznych położonych w pobliżu równoleżnika 51°N.
Prądy morskie	Ciepłe prądy morskie przyczyniają się do podwyższenia temperatury powietrza oraz zwiększenia sum opadów atmosferycznych na obszarach, w których sąsiedztwie przepływają. Natomiast zimne prądy morskie sprawiają, że temperatura powietrza się obniża, a opady się zmniejszają.  Szerokość geograficzna Rio de Janeiro i Antofagasty jest taka sama. Prądy morskie powodują jednak, że klimat tych miast znacznie się różni.
Wysokość nad poziomem morza	Wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza następuje spadek ciśnienia atmosferycznego oraz temperatury powietrza, a w efekcie – wzrost ilości opadów atmosferycznych.  W południowych Niemczech średnia roczna temperatura powietrza i średnia roczna suma opadów atmosferycznych zależą od wysokości nad poziomem morza.

Czynniki klimatotwórcze	Wpływ na klimat
astrefowe	
Rzeźba terenu	Obszary nizinne umożliwiają swobodny przepływ mas powietrza, natomiast góry stanowią dla nich barierę. Jeżeli przemieszczające się powietrze musi ją pokonać, to po obu stronach pasma górskiego występują inne sumy opadów. Na stokach dowietrznych są one znacznie większe niż na stokach zawietrznych.  W północno-zachodniej Afryce roczne sumy opadów nie są wysokie, jednak między ich sumami po obu stronach gór Atlas istnieją wyraźne różnice.
Pokrycie terenu	Warunki klimatyczne są modyfikowane przez szatę roślinną, pokrywę śnieżną i lodową oraz zabudowę miejską. Na przykład w lasach latem jest chłodniej niż obszarach pozbawionych roślinności, a zimą – cieplej. Z kolei rozgrzane zabudowania i nawierzchnie dróg powodują wzrost temperatury powietrza na terenach miejskich.

Klimat lokalny i mikroklimat

W tabeli omówiono wpływ czynników klimatotwórczych na duże obszary. Aby scharakteryzować klimat niewielkiego terenu, należy uwzględnić dodatkowo wiele czynników lokalnych. Im mniejszy obszar, tym większa ich rola.

Klimat występujący np. w niedużym mieście, na osiedlu, w małej dolinie rzecznej czy w śródgórskiej kotlinie to **klimat lokalny**. Do najważniejszych spośród kształtujących go czynników należą wysokość nad poziomem morza, położenie względem zbiorników wodnych oraz ukształtowanie powierzchni i pokrycie terenu. Jeżeli na danym obszarze panują jednorodne warunki (np. jest on w całości nizinny i rozciąga się w dużej odległości od jeziora), to klimat lokalny może obejmować większy teren, taki jak powiat.

Znacznie mniejszy zasięg ma **mikroklimat**. Obejmuje on zwykle warstwę powietrza sięgającą do wysokości kilku metrów. Przykładami mogą być mikroklimat ściany lasu, zacienionej strony budynku czy dna doliny potoku. Mikroklimatem mogą charakteryzować się również pomieszczenia, np. sala lekcyjna czy biuro.

Różnicę między klimatem lokalnym a mikroklimatem dobrze obrazuje porównanie do supermarketu. Dzięki regulowanemu systemowi wentylacji temperatura powietrza, jego wilgotność i przepływ są zbliżone na całej powierzchni sklepu. Dlatego w obrębie budynku panuje określony klimat lokalny. Jednak w poszczególnych częściach supermarketu występują odrębne mikroklimaty. Na przykład przy lodówkach z mięsem i nabiałem jest zimniej, obok miejsca, w którym wypieka się pieczywo – cieplej, a przy stoisku z rybami – wilgotniej, gdyż lód, w którym trzyma się ryby, przechodzi w parę.

Innym przykładem jest las. Na całym obszarze, który porasta, występuje jeden klimat lokalny. Jednak na mniejszych jego fragmentach, takich jak granica lasu i łąki, teren osłonięty przez dorosłe drzewa czy zagajnik, będą panowały inne mikroklimaty.

W Twoim regionie

Czynniki wpływające na mikroklimat szkoły

Czynniki warunkujące mikroklimat są podobne do tych, które kształtują klimat lokalny, ale ich wpływ dotyczy mniejszego obszaru. Przeanalizuj czynniki wpływające na mikroklimat terenu znajdującego się za oknami sali, w której najczęściej masz lekcje.

1 Usłonecznienie (ilość energii cieplnej).

Ustal, jaką eskpozycję względem kierunków geograficznych mają okna sali, w której najczęściej masz lekcje. Do okien znajdujących się od południa dociera więcej energii słonecznej niż do okien o ekspozycji północnej. Zwróć również uwagę na to, czy obszar za oknami nie jest zacieniany przez inny budynek, drzewo lub wzgórze.

2 Wiatr.

Sprawdź, czy obszar, który widzisz za oknami, jest wystawiony na wiatr, czy też od niego osłonięty. Silny przepływ powietrza wpływa bowiem na obniżenie temperatury i wilgotności powietrza.

3 Pokrycie terenu.

Tereny zadrzewione mają łagodniejszy mikroklimat. Wilgotność powietrza jest na nich wyższa, a temperatura powietrza – latem niższa, zimą zaś – wyższa. Z kolei obszary trawiaste są zwykle chłodniejsze od pokrytych asfaltem i betonem, ponieważ słabiej się nagrzewają.

4 Topografia terenu.

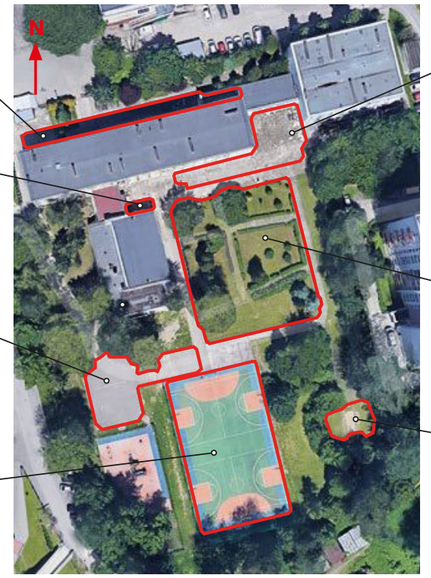
Jeśli Twój obszar badawczy znajduje się w obniżeniu terenu, zimą i nad ranem często zalega tam zimniejsze powietrze. Natomiast jeżeli znajduje się na wzniesieniu, przyjmuje więcej energii słonecznej, ale jest też bardziej wystawiony na działanie wiatru.

Ten fragment terenu jest zawsze zacieniony i odsłonięty od zachodu, skąd najmocniej wieje wiatr.

Wskazana część obszaru jest zawsze zacieniona i osłonięta od wiatru, a w związku z tym – najchłodniejsza i najwilgotniejsza.

Ten fragment jest nasłoneczniony i nieosłonięty od wiatru, jednak cieplejszy od boiska ze względu na pokrycie asfaltem.

Boisko szkolne pokryte jasnozielonym tartanem znajduje się w nasłonecznionej i nieosłoniętej od wiatru części obszaru.



To najcieplejsza część terenu: znajduje się przy nasłonecznionej południowej ścianie szkoły (na wzrost temperatury wpływa dodatkowo duża liczba okien odbijających promienie słoneczne) i jest osłonięta od wiatru.

Tę część terenu pokrywa trawa. Dlatego, mimo dużego nasłonecznienia i osłonięcia od wiatru, nie jest tam bardzo gorąco.

To nasłoneczniona, osłonięta od wiatru przez liczne krzewy i porośnięta trawą część obszaru. Dzięki temu panują tam warunki sprzyjające odpoczynkowi.

Zadania

1. Wymień trzy czynniki astrefowe, które według Ciebie najsilniej wpływają na klimat Twojej miejscowości.
2. Wyjaśnij różnicę między mikroklimatem a klimatem lokalnym.
3. Na podstawie dodatkowych źródeł ustal, który zbiornik wodny silniej wpływa na klimat w Polsce: Morze Bałtyckie czy Ocean Atlantycki.

7 Klimaty kuli ziemskiej

Ważne na tej lekcji!

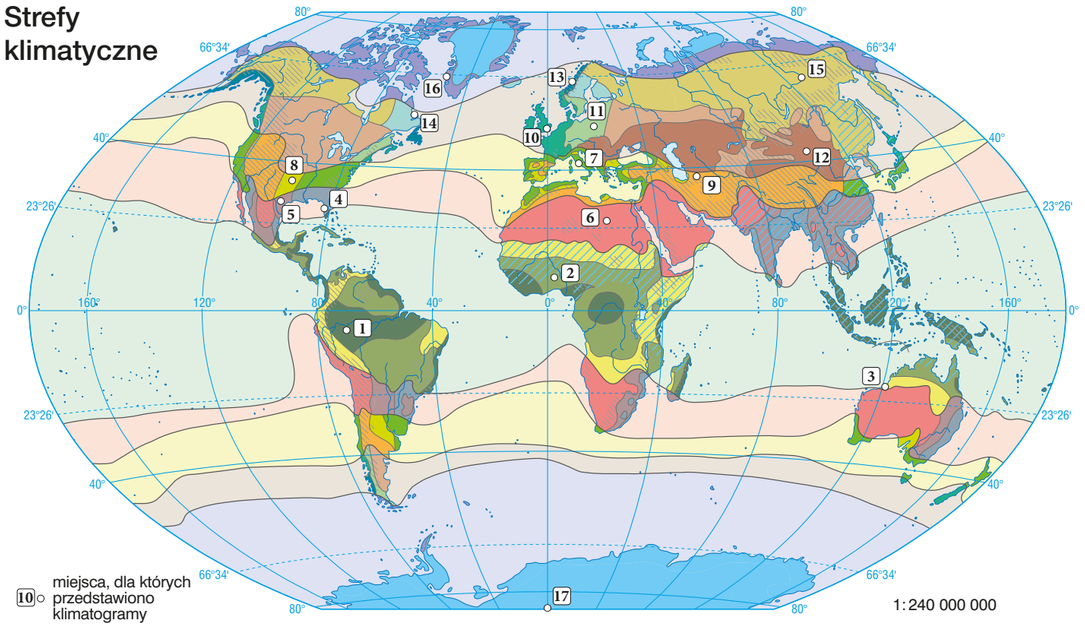
- strefy klimatyczne na Ziemi
- typy klimatów i klimaty astrefowe
- rozpoznawanie stref klimatycznych i typów klimatów na podstawie rocznego przebiegu temperatury powietrza i sum opadów atmosferycznych

Klimaty na kuli ziemskiej układają się strefowo. Złożoność elementów kształtujących klimat sprawia jednak, że istnieje kilka jego klasyfikacji. W Polsce najczęściej stosuje się podział Wincentego Okołowicza, uwzględniający typ krajobrazu, wartości temperatury powietrza oraz ilość opadów atmosferycznych.

Strefy klimatyczne i typy klimatów

W podziale W. Okołowicza istnieje **dziewięć stref klimatycznych**: jedna strefa równikowa oraz po dwie strefy zwrotnikowe, podzwrotnikowe, umiarkowane i okołobiegunowe. Ich rozmieszczenie przedstawiono na poniższej mapie oraz na wklejce na końcu podręcznika.

Strefy klimatyczne



W każdej ze stref klimatycznych występuje kilka typów klimatu. Należą do nich m.in.:

- **klimaty wilgotne**, charakteryzujące się wysokimi rocznymi sumami opadów,
- **klimaty suche**, o niewielkich sumach opadów,
- **klimaty morskie**, cechujące się niewielkimi dobowymi i rocznymi amplitudami temperatury powietrza oraz dużymi opadami rozłożonymi równomiernie w ciągu roku,
- **klimaty kontynentalne**, które odznaczają się dużymi dobowymi i rocznymi amplitudami temperatury powietrza oraz niewielkimi opadami przypadającymi na miesiące letnie,
- **klimaty pośrednie** i **przejściowe**, mające cechy klimatów wilgotnych i suchych lub morskich i kontynentalnych.

Dla klimatu kontynentalnego skrajnie suchego typowy jest krajobraz pustynny. Występuje on np. na południu Kazachstanu.

Klasyfikacja klimatyczna

Nazwa strefy	Typ klimatu	Charakterystyka	Przykładowe klimatogramy
STREFA KLIMATÓW RÓWNIKOWYCH	równikowy wybitnie wilgotny	• średnia roczna temperatura powietrza powyżej 20°C • roczna amplituda temperatury powietrza poniżej 5°C • roczna suma opadów atmosferycznych od 2000 mm do 3000 mm • brak dominującej pory deszczowej	1 *Benjamin Constant* (4°23'S, 70°02'W) [°C] [mm] I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII
	równikowy wilgotny (podrównikowy wilgotny)	• średnia roczna temperatura powietrza powyżej 20°C • roczna amplituda temperatury powietrza powyżej 5°C • roczna suma opadów atmosferycznych od 1000 mm do 2000 mm • jedna pora deszczowa lub dwie pory deszczowe	2 *Parakou* (9°21'N, 2°37'E) [°C] [mm] I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII
	równikowy suchy (podrównikowy suchy)	• roczna amplituda temperatury powietrza powyżej 10°C • roczna suma opadów atmosferycznych od 500 mm do 1000 mm • jedna pora deszczowa	3 *Mandora* (19°45'S, 120°51'E) [°C] [mm] I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII

Nazwa strefy	Typ klimatu	Charakterystyka	Przykładowe klimatogramy
STREFA KLIMATÓW ZWROTNIKOWYCH	zwrotnikowy wilgotny	• temperatura powietrza w lecie powyżej 25°C, w zimie do 20°C • roczna suma opadów atmosferycznych od 1000 mm do 2000 mm • opady głównie latem • w odmianie monsunowej suma opadów powyżej 2000 mm; najobfitsze opady związane z monsunem letnim; zima sucha i ciepła	4 *Tampa* (27°57'N, 82°28'W)
	zwrotnikowy pośredni	• roczna suma opadów atmosferycznych od 300 mm do 1000 mm • duże dobowe amplitudy temperatury powietrza	5 *San Antonio* (29°26'N, 98°30'W)
	zwrotnikowy skrajnie suchy	• duże dobowe amplitudy temperatury powietrza • opady sporadyczne lub brak opadów	6 *Al-Kufra* (24°14'N, 23°20'E)
STREFA KLIMATÓW PODZWROTNIKOWYCH	podzwrotnikowy morski (śródziemno-morski)	• średnia roczna temperatura powietrza powyżej 15°C • lato gorące, zima łagodna • roczna suma opadów atmosferycznych od 500 mm do 900 mm • opady deszczu głównie zimą	7 *Rzym* (12°30'E, 41°54'N)
	podzwrotnikowy pośredni i kontynentalny	• duże dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza • lato bardzo gorące; zimą średnia miesięczna temperatura powietrza może spaść nawet poniżej 0°C	8 *El Reno* (35°32'N, 97°58'W)
	podzwrotnikowy kontynentalny suchy	• duże dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza • zimą dobowa temperatura powietrza nawet poniżej 0°C • niewielkie opady	9 *Aszchabad* (37°58'N, 58°20'E)

Nazwa strefy		Typ klimatu	Charakterystyka	Przykładowe klimatogramy
STREFA KLIMATÓW UMIARKOWANYCH	Klimat umiarkowany ciepły	umiarkowany ciepły morski	• roczna amplituda temperatury powietrza poniżej 20°C • lato chłodne, zima łagodna • roczna suma opadów atmosferycznych od 600 mm do 1000 mm • opady całoroczne z przewagą jesienno-zimowych	10 *Londyn* (51°28'N, 0°27'W)
		umiarkowany ciepły przejściowy	• duża zmienność stanów pogody w zależności od kierunku napływających mas powietrza • roczna amplituda temperatury powietrza do 25°C • opady całoroczne z przewagą w porze letniej, zimą śnieg	11 *Warszawa* (52°10'N, 21°02'E)
		umiarkowany ciepły kontynentalny i kontynentalny suchy	• roczna amplituda temperatury powietrza do 45°C • upalne lato i mroźna zima • niewielkie opady, głównie latem	12 *Erenhot* (43°39'N, 111°59'E)
	Klimat umiarkowany chłodny	umiarkowany chłodny morski	• roczna amplituda temperatury powietrza do ok. 15°C • lata chłodne, zimy łagodne • opady całoroczne z przewagą jesienno-zimowych, dochodzące do 1000 mm	13 *Trondheim* (63°20'N, 10°21'E)
		umiarkowany chłodny przejściowy	• duża zmienność stanów pogody w zależności od kierunku napływających mas powietrza • roczna amplituda temperatury powietrza powyżej 25°C • opady całoroczne z przewagą w porze letniej	14 *Hopedale* (55°28'N, 62°12'W)
		umiarkowany chłodny kontynentalny	• roczna amplituda temperatury powietrza ponad 45°C • lato krótkie i chłodne, zima długa i mroźna • roczna suma opadów atmosferycznych do 250 mm	15 *Jakuck* (62°02'N, 129°44'E)

Nazwa strefy	Typ klimatu	Charakterystyka	Przykładowe klimatogramy
STREFA KLIMATÓW OKOŁOBIEGUNOWYCH	subpolarny	• średnia temperatura najcieplejszego miesiąca nieznacznie powyżej 0°C • roczna suma opadów atmosferycznych do 250 mm, opady głównie w postaci śniegu	16 *Nuuk* (64°17'N, 51°45'W)
	polarny	• średnia temperatura powietrza najcieplejszego miesiąca poniżej 0°C • roczna suma opadów atmosferycznych do 150 mm, opady wyłącznie w postaci śniegu lub brak opadów	17 *Amundsen–Scott* (90°00'S)

Krok po kroku

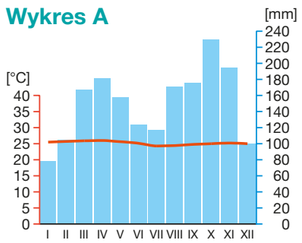
Rozpoznawanie strefy klimatycznej i typu klimatu na podstawie klimatogramu

Aby rozpoznać strefę klimatyczną oraz typ klimatu na podstawie klimatogramu, przeanalizuj kolejno wartości temperatury powietrza i wielkość opadów atmosferycznych w poszczególnych miesiącach. Następnie wyciągnij wnioski dotyczące rocznego przebiegu temperatury i opadów.

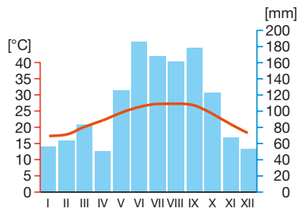
Przykład

Poniżej zamieszczono klimatogramy sporządzone dla pięciu miejscowości znajdujących się w różnych strefach klimatycznych. Podaj nazwy tych stref oraz typów klimatu.

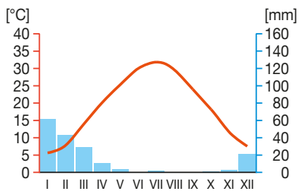
Wykres A



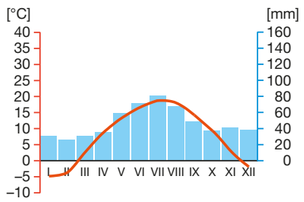
Wykres B



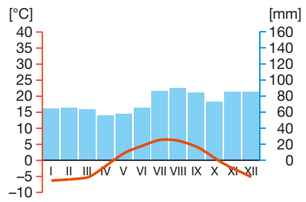
Wykres C



Wykres D



Wykres E



Krok po kroku

Rozpoznawanie strefy klimatycznej i typu klimatu na podstawie klimatogramu (cd.)

1 Przeanalizuj na kolejnych wykresach dane dotyczące temperatury powietrza. Zwróć uwagę na jej wartości w poszczególnych miesiącach, przebieg w ciągu roku oraz różnicę między średnią temperaturą powietrza w najcieplejszym i najzimniejszym miesiącu (czyli średnią roczną amplitudę temperatury powietrza).

Wykres A. Wyrównany przebieg temperatury powietrza (ok. 25°C) przez cały rok, z niewielką amplitudą, świadczy o stałym dopływie energii słonecznej. Takie warunki panują jedynie w **strefie równikowej**.

Wykres B. Bardzo wysokie wartości temperatury powietrza (nawet ponad 25°C) występują niemal przez cały rok – chłodniejszych jest tylko kilka miesięcy. Takie cechy wskazują na **strefę zwrotnikową**.

Wykres C. Wartości temperatury powietrza przez cały rok przekraczają 0°C. Wyraźnie zarysowuje się podział na pory roku (z gorącym latem i znacznie chłodniejszą zimą), a roczna amplituda temperatury powietrza jest wysoka. Takie cechy są charakterystyczne dla **strefy podzwrotnikowej**.

Wykres D. Wartości temperatury powietrza w miesiącach letnich osiągają maksymalnie 20°C, a w miesiącach zimowych – ok. 0°C lub nieco mniej. Taki roczny przebieg temperatury powietrza jest charakterystyczny dla **strefy umiarkowanej**.

Wykres E. Temperatura powietrza przez większą część roku (lub cały rok) wynosi poniżej 0°C. To cecha **strefy okołobiegunowej**.

2 Przeanalizuj na wykresach dane dotyczące opadów atmosferycznych: ich ilość w poszczególnych miesiącach oraz przebieg w ciągu roku. Te dane pozwalają ustalić, czy klimat jest bardziej wilgotny (np. morski), czy bardziej suchy (np. kontynentalny).

Wykres A. Bardzo duże i mało zróżnicowane opady w ciągu roku są charakterystyczne dla klimatu równikowego (deszcze zenitalne). Tak wysokie sumy opadów jak przedstawione na klimatogramie wskazują na klimat **równikowy wybitnie wilgotny**.

Wykres B. Wyraźny podział na porę suchą i porę deszczową, ze znacznym zróżnicowaniem wysokości opadów w poszczególnych miesiącach, występuje w **klimacie zwrotnikowym wilgotnym**. Uwaga: w strefie zwrotnikowej znajdują się także wielkie pustynie, na których prawie nie ma opadów.

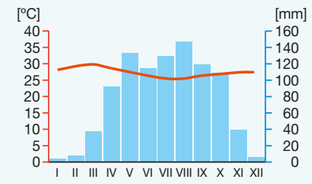
Wykres C. Niewielka ilość opadów na diagramie C wskazuje na silny kontynentalizm klimatu. Trzeba pamiętać, że duże odległości od mórz powodują, że masy powietrza są bardzo suche. Stacja, dla której dane przedstawiono na klimatogramie C, znajduje się więc w **klimacie podzwrotnikowym suchym**.

Wykres D. W klimacie umiarkowanym przejściowym przez cały rok występują niezbyt wysokie opady. Większe opady latem są w strefie umiarkowanej wskaźnikiem kontynentalizmu, a znaczne opady zimą – efektem wpływu klimatu morskiego. Im bliżej morza, tym bardziej wyrównane opady w ciągu roku. Z kolei im dalej od morza w głąb lądów, tym opady są mniejsze zimą, a większe – latem. Na klimatogramie D przedstawiono zatem dane dla klimatu **umiarkowanego ciepłego przejściowego**.

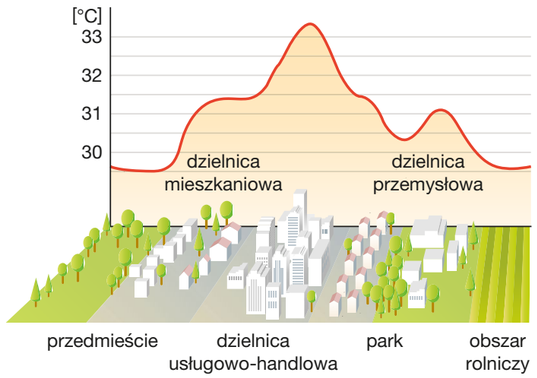
Wykres E. W strefie okołobiegunowej większe opady występują w klimacie podbiegunowym (subpolarnym), a w klimacie biegunowym (polarnym) są znikome lub nie ma ich wcale. Klimatogram E sporządzono więc dla stacji położonej w **klimacie podbiegunowym**. Przez kilka miesięcy w roku temperatura powietrza jest w nim dodatnia.

Rozwiąż samodzielnie

Poniższy klimatogram przedstawia dane klimatyczne dla pewnego miejsca. Ustal, w której strefie klimatycznej i w jakim typie klimatu się ono znajduje.



O zmianach warunków klimatycznych wraz z wysokością może świadczyć występowanie pokrywy śnieżnej tylko w wyższych partiach gór.



Temperatura powietrza w centrum dużego miasta może być nawet o kilka stopni Celsjusza wyższa niż na otaczających je terenach.

Klimaty astrefowe

Na całej kuli ziemskiej, niezależnie od stref klimatycznych, występują **klimaty astrefowe**. Wśród nich wyróżnia się klimat górski, klimat monsunowy oraz klimat miejski.

Klimat górski charakteryzują:

- spadek temperatury powietrza i ciśnienia atmosferycznego wraz ze wzrostem wysokości,
- zwiększanie się opadów atmosferycznych (tylko do pewnej wysokości) i średniej prędkości wiatru wraz ze wzrostem wysokości,
- wzrost natężenia promieniowania słonecznego wraz ze wzrostem wysokości,
- duża zmienność warunków pogodowych,
- duża zależność poszczególnych elementów pogodowych od ekspozycji stoków oraz układu dolin i grzbietów górskich,
- częste występowanie inwersji temperatury powietrza.

Klimat monsunowy występuje tam, gdzie istnieje cyrkulacja monsunowa. Charakteryzuje się występowaniem dwóch pór roku: ciepłej i chłodnej. W porze ciepłej znad oceanu napływa ciepłe i wilgotne powietrze. Wieje wówczas monsun letni, który wywołuje bardzo obfite opady. Natomiast w porze chłodnej opady nie występują. Przykładowe klimatogramy dla miejsc położonych w klimatach górskim i monsunowym znajdują się na wklejce na końcu podręcznika.

Klimat miejski występuje w dużych miastach. Odznaczają się one znacznie większym zanieczyszczeniem atmosfery gazami i pyłami niż ich otoczenie. W związku z tym zalegające nad nimi masy powietrza zawierają dużą ilość jąder kondensacji, które zwiększają zachmurzenie i sumę opadów. Ponadto w miastach występuje zjawisko **miejskiej wyspy ciepła**. Polega ono na tym, że średnia roczna temperatura powietrza w centrum miasta jest wyższa niż na terenach podmiejskich. Przyczyniają się to tego m.in.:

- przewaga betonowej zabudowy i asfaltowych nawierzchni ulic, które szybko akumulują energię słoneczną w ciągu dnia i oddają zgromadzone ciepło w nocy,
- emisja ciepła pochodzącego ze spalania paliw oraz z ogrzewania budynków,
- zanieczyszczenia atmosferyczne, które utrudniają wypromieniowywanie ciepła nocą.

Zadania

1. Wskaż trzy różnice między klimatem morskim a klimatem kontynentalnym.
2. Na podstawie map klimatycznych w atlasie geograficznym scharakteryzuj klimaty występujące na Nizinie Amazonki, Pustyni Libijskiej, półwyspie Floryda, Półwyspie Skandynawskim oraz na Islandii.
3. * Ustal, jaki typ klimatu występuje w Twoim regionie. Opisz charakterystyczne cechy tego klimatu i rozstrzygnij, czy wykazuje on więcej cech klimatu kontynentalnego, czy morskiego.

Podsumowanie

- **Atmosfera** to powłoka Ziemi stanowiąca mieszaninę gazów (powietrze atmosferyczne).
- Gazy budujące atmosferę dzieli się na:
  - **składniki główne** – azot, tlen, argon, dwutlenek węgla (99,99% objętości powietrza),
  - **składniki drugorzędne** – m.in. neon, hel, krypton, ksenon i wodór (śladowe ilości),
  - **domieszki** – np. para wodna, ozon i metan.
- Zawartość składników głównych (poza CO_2) i drugorzędnych w atmosferze jest stała, a domieszek zmienia się w czasie i przestrzeni.
- **Aerozole atmosferyczne** to zarówno substancje ciekłe, jak i stałe, takie jak pyłki roślin, bakterie, popioły, kryształki soli morskiej i sadza.
- **Efekt cieplarniany** polega na ogrzewaniu się atmosfery w wyniku pochłaniania przez nią znacznej części promieniowania cieplnego emitowanego przez Ziemię ogrzaną promieniami słonecznymi.
- Atmosfera jest **powłoką ochronną Ziemi**. Zabezpiecza ją przed promieniowaniem kosmicznym, meteoroidami i nadmiernym wypromieniowywaniem ciepła w przestrzeń kosmiczną. Dzięki niej na naszej planecie może istnieć życie.
- **Magnetosfera** chroni życie na Ziemi przed szkodliwymi cząstkami wiatru słonecznego.

Budowa atmosfery

Egzosfera – wszystkie gazy są rozrzedzone. Temperatura powietrza obniża się wraz z wysokością aż do –270°C.

Termosfera – pochłania promieniowanie ultrafioletowe, temperatura wzrasta w niej do ponad 1000°C. W termosferze znajduje się większa część jonosfery – warstwy, w której następuje jonizacja cząstek powietrza.

Mezosfera – temperatura powietrza obniża się wraz z wysokością nawet do –100°C.

Stratosfera – w dolnej części temperatura powietrza jest stała (ok. –60°C), a w górnej wzrasta do ok. 0°C, ponieważ promieniowanie ultrafioletowe jest pochłaniane przez ozon. W stratosferze występuje warstwa ozonowa.

Troposfera – zachodzą w niej wszystkie podstawowe procesy kształtujące pogodę i klimat. Wraz ze wzrostem wysokości obniżają się temperatura powietrza i ciśnienie atmosferyczne.

- **Temperatura powietrza** określa stopień nagrzania atmosfery.

Najważniejsze czynniki wpływające na rozkład temperatury powietrza

Czynnik	Wpływ na temperaturę powietrza
Szerokość geograficzna	W różnych szerokościach geograficznych promienie słoneczne padają na powierzchnię terenu pod różnym kątem, a to decyduje o ilości docierającego do nich ciepła.
Cyrkulacja atmosferyczna	Cyrkulacja atmosferyczna sprawia np., że w okolicach równika niebo jest zachmurzone, a wokół zwrotników – bezchmurne. Zatem to do okolic zwrotników dociera więcej promieniowania bezpośredniego.
Prądy morskie	Ciepłe prądy morskie przyczyniają się do podwyższenia temperatury powietrza na obszarach, w których pobliżu przepływają, a zimne prądy morskie – do jej obniżenia.
Rzeźba terenu	Ukształtowanie powierzchni sprawia, że na stoki o odmiennym nachyleniu promienie słoneczne padają pod różnym kątem, a niektóre stoki mogą być zacienione.
Pokrycie terenu	Od barwy pokrycia terenu zależy albedo, czyli stosunek ilości promieniowania odbitego do promieniowania padającego na daną powierzchnię.
Wysokość nad poziomem morza	Wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza następuje spadek temperatury powietrza.
Odległość od mórz i oceanów	Duże zbiorniki wodne wolno się nagrzewają i wolno ochładzają, dlatego w ich sąsiedztwie wahania temperatury są mniejsze niż w głębi lądu.

- Głównym źródłem energii świetlnej i cieplnej na Ziemi jest **promieniowanie słoneczne** (bezpośrednie i rozproszone).
- **Gradient termiczny** to wielkość określająca zmianę temperatury powietrza przypadającą na jednostkę wysokości. Wyróżnia się:
  – gradient wilgotnoadiabatyczny, gdy powietrze ochładza się średnio o 0,6°C na każde 100 m,
  – gradient suchoadiabatyczny, gdy powietrze ochładza się średnio o 1°C na każde 100 m.
- **Inwersja** to sytuacja, kiedy w wyższych warstwach troposfery temperatura powietrza jest wyższa niż w warstwach położonych niżej.
- Różnicę między maksymalną a minimalną wartością temperatury powietrza w ciągu doby określa się mianem **dobowej amplitudy temperatury powietrza**. Jej wartość zależy głównie od:
  – zachmurzenia,
  – pokrycia terenu.
- Różnica między średnią temperaturą powietrza najcieplejszego miesiąca w roku a średnią temperaturą powietrza najchłodniejszego miesiąca to **średnia roczna amplituda temperatury powietrza**. Na jej wartość wpływają głównie:
  – odległość od mórz i oceanów,
  – położenie względem równika.
- **Ciśnienie atmosferyczne** to siła, z jaką słup powietrza naciska na określoną powierzchnię na Ziemi. Wartość ciśnienia mierzy się w hektopaskalach (1 hPa jest równy naciskowi 100 N na 1 m^2 powierzchni). Za normalną wartość ciśnienia atmosferycznego przyjmuje się 1013,25 hPa.
- **Izobary** to linie łączące punkty o jednakowych wartościach ciśnienia atmosferycznego.
- **Wiatr** to poziomy ruch powietrza w dolnej warstwie troposfery, wywołany różnicą ciśnienia atmosferycznego. Wiatr wieje od wyżu do niżu.

Podstawowe układy baryczne

niż baryczny	wyż baryczny
Układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie atmosferyczne maleje w kierunku środka.	Układ zamkniętych izobar, w którym ciśnienie atmosferyczne wzrasta w kierunku środka.

- **Konwekcja** to pionowy ruch powietrza atmosferycznego spowodowany różnicą gęstości powietrza wynikającą z jego nagrzewania się.

Konwekcja

prądy wstępujące	prądy zstępujące
Powstają nad silnie nagrzanymi obszarami, gdzie powietrze przy powierzchni się rozpręża (jego gęstość maleje, a objętość wzrasta) i unosi. To powoduje, że nad obszarem tworzy się niż.	Tworzą się nad obszarami, na których panuje niska temperatura. Opadające zimne i gęste powietrze wywiera duży nacisk na podłoże. W efekcie ciśnienie atmosferyczne wzrasta i powstaje wyż.

- **Turbulencja** to chaotyczny ruch powietrza na niewielkim obszarze. Powstaje zazwyczaj wtedy, gdy przemieszczające się powietrze napotka na swojej drodze niewielkie wzniesienia lub inną barierę.
- **Globalna cyrkulacja atmosfery** to krążenie powietrza wokół Ziemi wywołane różnicami w dopływie energii słonecznej oraz ruchem obrotowym naszej planety.

Globalna cyrkulacja atmosfery

komórka Hadleya	komórka Ferrela	komórka polarna
Do okolic równika dociera najwięcej energii słonecznej, więc tworzy się tam niż. Powietrze się unosi i padają deszcze zenitalne. W okolicach zwrotników tworzy się natomiast wyż. Od zwrotników w kierunku równika wieją stałe wiatry – pasaty.	W okolicach 60°N i 60°S mieszają się masy powietrza napływające z południa i z północy. Tworzy się strefa obniżonego ciśnienia złożona z pojedynczych ośrodków niżowych przemieszczających się z zachodu na wschód (strefa wędrownych niżów).	Powierzchnia terenu jest wychłodzona, więc powstają stałe ośrodki wyżowe. Chłodne powietrze z wyżów biegunowych przemieszcza się w postaci stałych wiatrów w stronę umiarkowanych szerokości geograficznych.

Wiatry lokalne

bryza	fen	wiatr dolinny i wiatr górski	bora
Występuje w ciepłej porze roku na wybrzeżach. Powstaje w wyniku nierównomiernego nagrzewania się lądu i wody. Bryza dzienna wieje znad morza w kierunku lądu, a bryza nocna – od lądu w stronę morza.	Jest ciepłym, suchym i porywistym wiatrem występującym po zawietrznej stronie pasma górskiego. Powstaje, gdy masy powietrza przemieszczające się z wyżu do niżu napotykają barierę górską. Przykładem fenu jest halny.	Występują w górach podczas bezchmurnej pogody w wyniku różnic nagrzewania się stoków i den dolin. W ciągu dnia powietrze nagrzewa się i unosi wzdłuż stoków, a nocą chłodne powietrze wzdłuż stoków opada.	Jest to zimny, suchy i porywisty wiatr, który wieje znad wychłodzonego obszaru górskiego lub wyżynnego w stronę nagrzanego morza lub dużego jeziora.

- **Cyrkulacja monsunowa** powstaje wskutek nierównomiernego nagrzewania się sąsiadujących ze sobą dużych obszarów oceanicznych i lądowych. Najwyraźniej zaznacza się w południowej i południowo-wschodniej Azji.

Monsuny

monsun letni	monsun zimowy
Nad nagrzanym lądem tworzy się niż, a nad chłodniejszym oceanem – wyż. Wiatr wieje znad oceanu w stronę lądu i przynosi wilgotne powietrze, a to wywołuje obfite opady deszczu.	Nad oceanem, który długo magazynuje ciepło, powstaje niż, a nad wychłodzonym lądem – wyż. Chłodny i suchy wiatr wieje od lądu w stronę oceanu.

- **Wilgotność powietrza** to zawartość pary wodnej w powietrzu. Dostaje się ona do atmosfery na skutek parowania wody ze zbiorników wodnych, z gleb i roślin oraz w wyniku sublimacji.
- **Ilość pary wodnej w powietrzu** zależy od:
  – temperatury powietrza – im jest ono cieplejsze, tym może pomieścić więcej pary wodnej,
  – szerokości geograficznej – generalnie im dalej od równika, tym mniej pary wodnej,
  – odległości od mórz i oceanów – parowanie z powierzchni lądów jest mniejsze niż ze zbiorników wodnych,
  – pokrycia terenu – tam, gdzie występuje roślinność, wilgotność powietrza jest większa (to efekt transpiracji).
- Do ważniejszych **miar wilgotności powietrza** należą:
  – **wilgotność bezwzględna** – masa pary wodnej w jednostce objętości powietrza,
  – **wilgotność względna** – stosunek rzeczywistej ilości pary wodnej zawartej w powietrzu do jej maksymalnej zawartości w danej temperaturze,
  – **temperatura punktu rosy** – wartość temperatury powietrza, do której powietrze musi się ochłodzić, aby para wodna stała się parą nasyconą (aby jej wilgotność względna wynosiła 100%).
- **Chmura** to zbiór kropelek wody lub kryształków lodu (albo mieszanina jednych i drugich), swobodnie unoszący się w powietrzu.
- **Mgła** to zawiesina kropelek wody lub (rzadziej) kryształków lodu, która znajduje się w przyziemnej warstwie powietrza i powoduje, że widoczność jest mniejsza niż 1 km.
- Na **wielkość opadów atmosferycznych** wpływają m.in.:
  – cyrkulacja atmosferyczna,
  – wysokość nad poziomem morza,
  – rzeźba terenu,
  – odległość od mórz i oceanów,
  – prądy morskie,
  – pokrycie terenu.
- Najniższe **roczne sumy opadów** występują w okolicach zwrotników oraz na obszarach opływanych przez zimne prądy morskie, a najwyższe – w Azji Południowo-Wschodniej, na obszarach objętych oddziaływaniem cyrkulacji monsunowej.

Fronty atmosferyczne

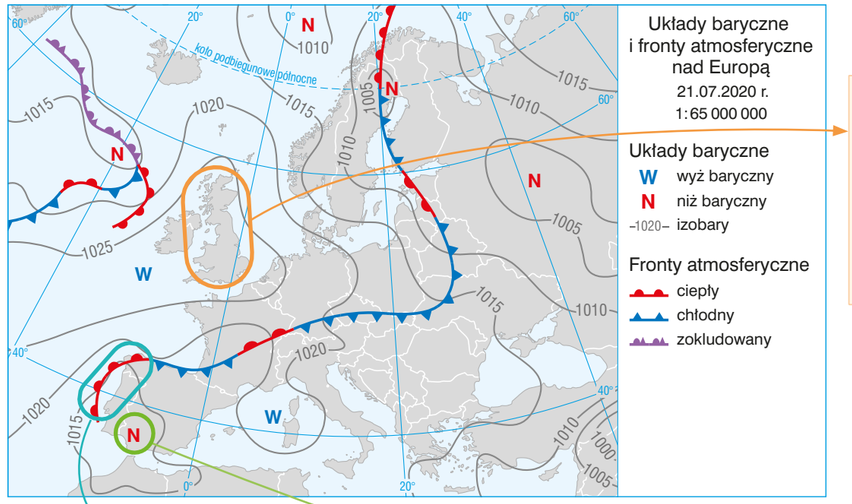
front chłodny	front ciepły	front zokludowany
Tworzy się wtedy, gdy chłodne, ciężkie masy powietrza wsuwają się pod powietrze cieplejsze i wypychają je do góry. Powstają wówczas cumulonimbusy i pojawiają się obfite, krótkotrwałe opady. Często występują burze.	Powstaje, gdy napływające cieplejsze powietrze wślizguje się na masę chłodną. Ciepłe powietrze się ochładza, a zawarta w nim para wodna kondensuje. Tworzą się chmury warstwowo-deszczowe dające długotrwałe opady.	Gdy przemieszczający się szybciej front chłodny dogoni front ciepły, to fronty nachodzą na siebie. Dwie chłodne masy powietrza stykają się ze sobą, a masa ciepła unosi się ponad nimi. Powstają długotrwałe opady, którym mogą towarzyszyć burze.

- **Masa powietrza** to duży fragment troposfery charakteryzujący się określonymi właściwościami fizycznymi, przede wszystkim podobną temperaturą i wilgotnością. Masy powietrza są rozdzielone strefami przejściowymi, nazywanymi **frontami atmosferycznymi**.
- **Pogodą** nazywamy chwilowy stan atmosfery w danym miejscu. Określa ją zespół elementów meteorologicznych, do których należą:
  – temperatura powietrza,
  – ciśnienie atmosferyczne,
  – wiatr,
  – wilgotność powietrza,
  – zachmurzenie,
  – usłonecznienie (czas dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego do powierzchni Ziemi),
  – opady i osady atmosferyczne,
  – inne zjawiska atmosferyczne, np. tęcza.
- W **stacjach meteorologicznych** obserwacje i pomiary wszystkich elementów meteorologicznych prowadzi się co najmniej osiem razy na dobę. Natomiast na **posterunkach meteorologicznych** monitoruje się niektóre elementy meteorologiczne trzy razy na dobę.
- **Prognozowanie pogody** polega na przewidywaniu jej przebiegu na podstawie:
  – aktualnego stanu elementów meteorologicznych,
  – informacji o warunkach pogodowych występujących w przeszłości.
- **Klimat** to układ warunków pogodowych o typowej zmienności w ciągu roku, charakterystyczny dla danego obszaru i określony na podstawie wieloletnich obserwacji.
- Klimat kształtują **czynniki klimatotwórcze**. Wyróżnia się:
  – **czynniki meteorologiczne** (cyrkulacyjne), takie jak rozmieszczenie ośrodków barycznych, rodzaje napływających mas powietrza i rozkład frontów atmosferycznych,
  – **czynniki niemeteorologiczne** (geograficzne), do których należą szerokość geograficzna, rozmieszczenie lądów i mórz, prądy morskie, wysokość nad poziomem morza oraz rzeźba i pokrycie terenu.
- **Klimat lokalny** występuje np. w niedużym mieście, na osiedlu, w małej dolinie rzecznej czy w śródgórskiej kotlinie.
- **Mikroklimat** obejmuje zwykle warstwę powietrza sięgającą do wysokości kilku metrów. Mikroklimatem mogą charakteryzować się np. pomieszczenia, takie jak sala lekcyjna czy biuro.
- Wyróżnia się dziewięć **stref klimatycznych** (wg W. Okołowicza): jedną strefę równikową, dwie strefy zwrotnikowe, dwie strefy podzwrotnikowe, dwie strefy umiarkowane oraz dwie strefy okołobiegunowe.
- Do **klimatów astrefowych** należą:
  – **klimat górski**, którego cechami są m.in. duża zmienność warunków pogodowych oraz następujące wraz ze wzrostem wysokości zmiany temperatury powietrza, wysokości opadów i średniej prędkości wiatru,
  – **klimat monsunowy**, występujący na obszarach objętych cyrkulacją monsunową,
  – **klimat miejski**, charakteryzujący się większym zachmurzeniem i wyższą średnią roczną temperaturą powietrza niż sąsiednie obszary (miejska wyspa ciepła).

Sposób na zadania

Przykład 1. (0–2)

Na mapie przedstawiono rozkład ciśnienia atmosferycznego w Europie 21 lipca 2020 r. oraz przechodzące nad nią w tym dniu fronty atmosferyczne.



Zauważ, że nad Wielką Brytanią ukształtował się ośrodek baryczny, w którym wartość ciśnienia atmosferycznego wzrasta w kierunku centrum – wyż.

Na mapie widać, że w podanym dniu w pobliżu wybrzeża Portugalii znajdował się ciepły front atmosferyczny.

Nad południowo-zachodnią częścią Półwyspu Iberyjskiego powstał układ izobar, w którym ciśnienie maleje w kierunku centrum. Jest to niż baryczny.

Uzasadnij dwoma argumentami, że 21 lipca 2020 r. wystąpienie opadów atmosferycznych było bardziej prawdopodobne w Portugalii niż w Wielkiej Brytanii.

Czasownik *uzasadnij* oznacza, że należy wykazać słuszność, prawdziwość podanego twierdzenia. W odpowiedzi trzeba podać argumenty, czyli fakty przemawiające za twierdzeniem. Muszą się one odwoływać do materiału źródłowego lub do posiadanej wiedzy.

Aby uzyskać komplet punktów, należy podać dwa argumenty.

Odpowiedź:

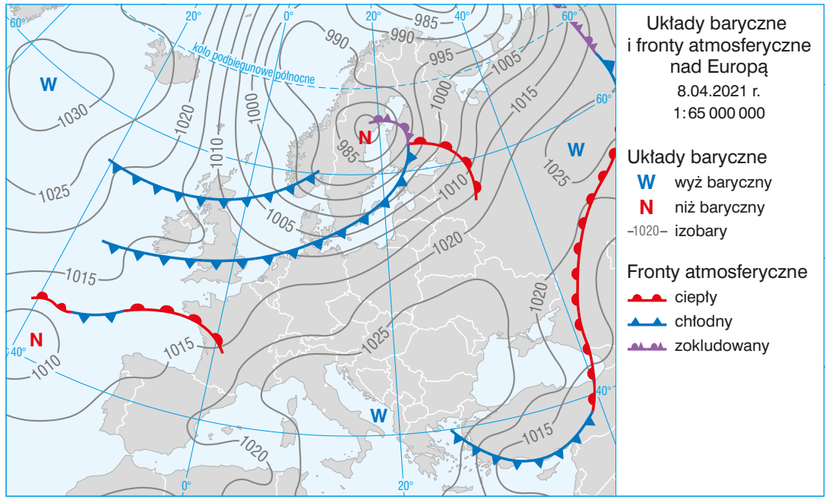
1. 21 lipca 2020 r. Portugalia znajdowała się w zasięgu niżu barycznego, a Wielka Brytania – w zasięgu wyżu. Charakterystyczny dla niżu jest ruch wstępujący powietrza. Powoduje on, że powietrze się ochładza, a para wodna kondensuje i powstają chmury, które mogą dawać opady. W wyżu powietrze opada. Jego temperatura wzrasta, a wilgotność względna maleje, więc nie ma opadów.
2. W pobliżu wybrzeża Portugalii w danym dniu znajdował się ciepły front atmosferyczny wywołujący długotrwałe opady. Nad Wielką Brytanią nie przechodziły fronty atmosferyczne.

Zadanie analogiczne

WYKONAJ W ZESZYCIE

Zadanie 1. (0–1)

Na mapie przedstawiono rozkład ciśnienia atmosferycznego w Europie 9 kwietnia 2021 r. oraz przechodzące nad nią w tym dniu fronty atmosferyczne.



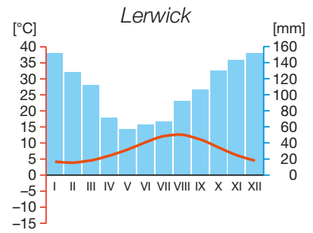
Uzasadnij, że 9 kwietnia 2021 r. lepsze warunki pogodowe do zwiedzania (pod względem prawdopodobieństwa wystąpienia opadów) panowały w Rzymie niż w Londynie.

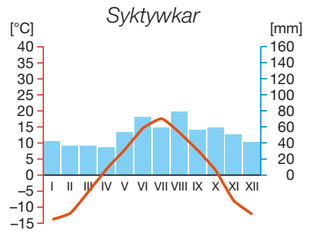
Zadania powtórzeniowe

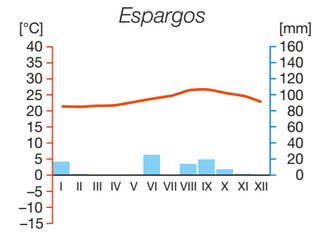
WYKONAJ W ZESZYCIE

Zadanie 2.

Na mapie zaznaczono miasta Lerwick, Syktywkar i Espargos, a na wykresach zamieszczono dane klimatyczne dla tych miast.







Zadanie 2.1. (0–1)

Wyjaśnij, dlaczego w Lerwick średnia roczna amplituda temperatury powietrza jest niższa niż w Syktywkarze. W odpowiedzi odnieś się do położenia geograficznego tych miejscowości.

Zadanie 2.2. (0–1)

Wyjaśnij, dlaczego w Espargos, mimo położenia na wyspie, występuje niewielka roczna suma opadów atmosferycznych. Uwzględnij oddziaływanie właściwego niemeteorologicznego czynnika klimatotwórczego.

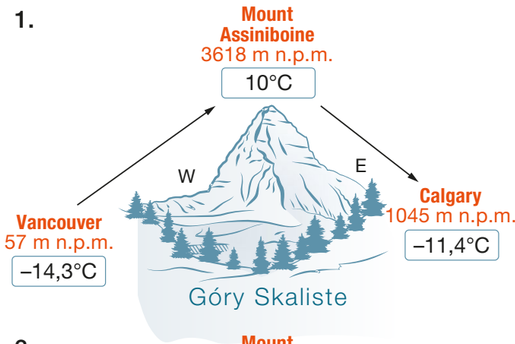
Zadanie 3.

W Kanadzie, na stokach Gór Skalistych, występuje wiatr typu fenowego – chinook. Wieje on z zachodu na wschód.

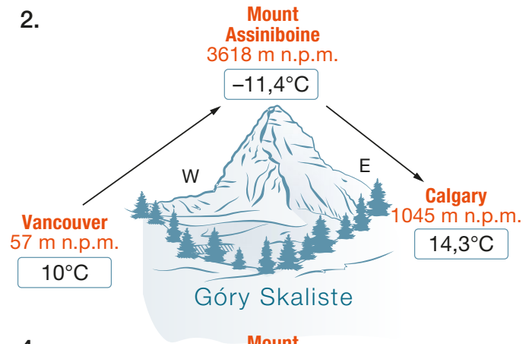
Zadanie 3.1. (0–1)

Zaznacz numer rysunku, na którym przedstawiono zmiany temperatury powietrza zachodzące wtedy, gdy wieje chinook. Uzasadnij swój wybór.

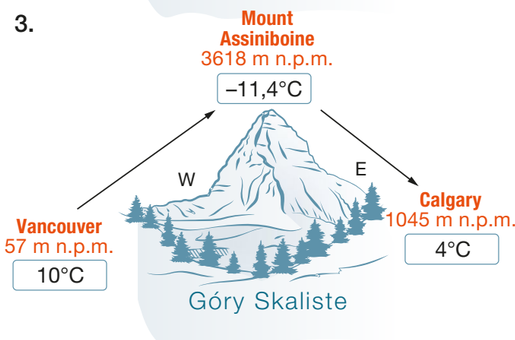
1.



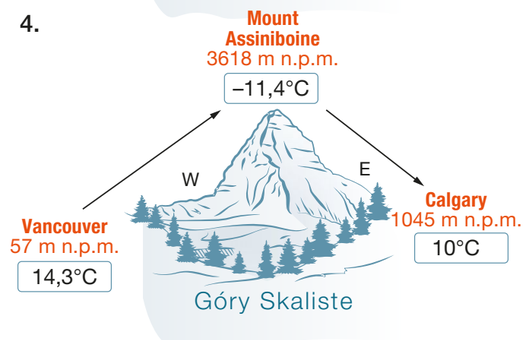
2.



3.



4.

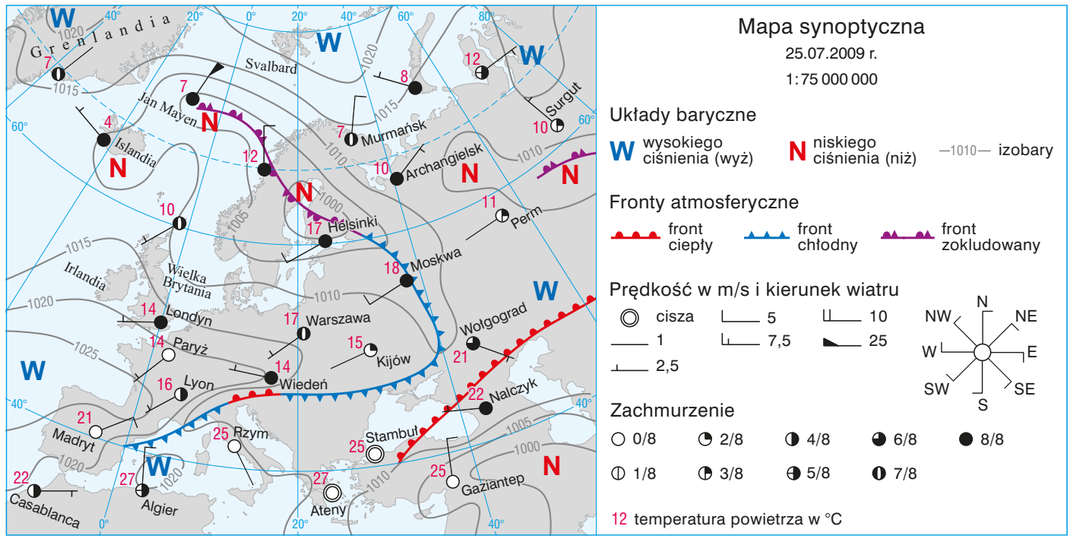


Zadanie 3.2. (0–1)

Wymień dwie cechy fenu. Do każdej z nich dopisz po jednym przykładzie konsekwencji, którą w związku z tą cechą może wywołać wiatr.

Zadanie 4.

Na mapie synoptycznej przedstawiono sytuację baryczną i pogodową z 25 lipca 2009 r.



Zadanie 4.1. (0–1)

Na podstawie mapy wyjaśnij, dlaczego 25 lipca 2009 r. zachmurzenie w Moskwie było większe niż w Rzymie.

Zadanie 4.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz odpowiedź A lub B oraz jej uzupełnienie 1 albo 2.

Jeśli przedstawiony na mapie kierunek wiania wiatru się utrzyma, w ciągu kolejnych godzin temperatura w Lyonie

A.	wzrośnie,	ponieważ nad Francję napłynie powietrze	1.	z północnego wschodu.
B.	spadnie,		2.	z południowego zachodu.

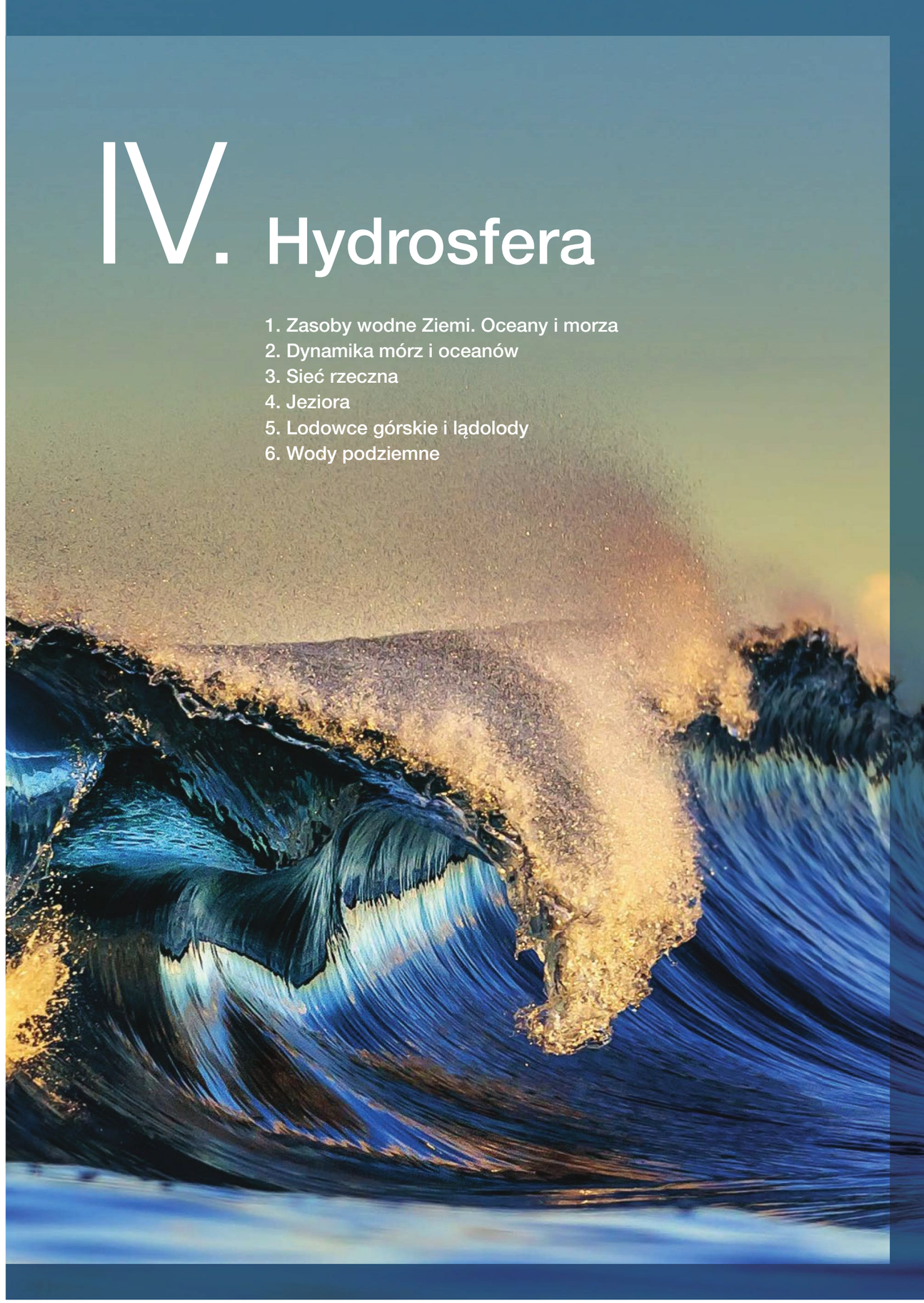
Zadanie 4.3. (0–1)

Wstaw znak X przy nazwie miejscowości, której dotyczy podana informacja.

Lp.	Informacja	Helsinki	Madryt
1.	Niższe ciśnienie	?	?
2.	Większe zachmurzenie	?	?
3.	Położenie w zasięgu wyżu	?	?

IV. Hydrosfera

1. Zasoby wodne Ziemi. Oceany i morza
2. Dynamika mórz i oceanów
3. Sieć rzeczna
4. Jeziora
5. Lodowce górskie i lądolody
6. Wody podziemne



1 Zasoby wodne Ziemi. Oceany i morza

Ważne na tej lekcji!

- zróżnicowanie zasobów wodnych Ziemi oraz własnego regionu
- fizyczne i chemiczne cechy wód morskich
- zanieczyszczenie wód morskich

Woda występuje stale w trzech stanach skupienia: stałym, ciekłym i gazowym jedynie na naszej planecie. Fizyczne i chemiczne właściwości wody kształtują wygląd Ziemi oraz oddziałują na jej klimat. Przede wszystkim jednak dzięki wodzie, tak jak dzięki powietrzu atmosferycznemu, na naszej planecie istnieje życie.

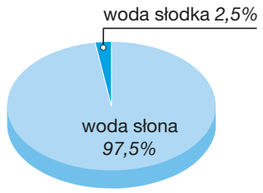
Woda na Ziemi

Wodna powłoka naszej planety to **hydrosfera**. Woda występuje na powierzchni Ziemi i przenika do jej pozostałych sfer. Całkowita objętość wód znajdujących się na naszej planecie wynosi ok. 1,386 mld km^3, z czego aż 96,5% to wody mórz i oceanów. Pozostałą część (3,5%) stanowią wody zgromadzone w lodowcach górskich i lądolodach, pod ziemią, w wieloletniej zmarzlinie, jeziorach, glebie, atmosferze, bagnach, rzekach oraz w organizmach (woda biologiczna).

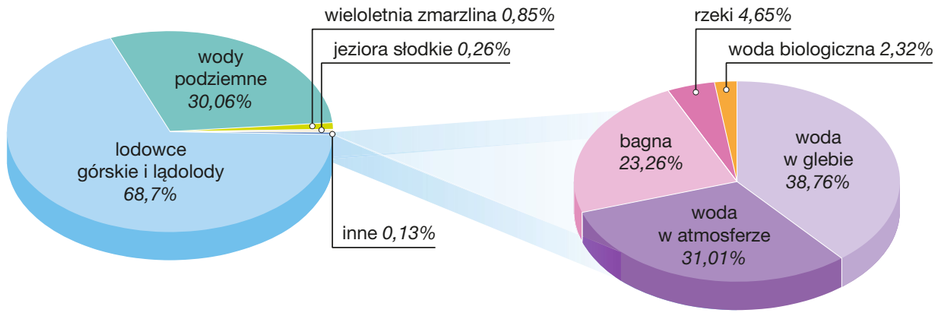
Przyjmuje się, że ilość wody w hydrosferze jest stała. Co prawda w wyniku naturalnych procesów, m.in. wskutek działalności wulkanicznej, każdego roku przybywa jej ok. 0,3 km^3, ale w górnych warstwach atmosfery cząsteczki wody uciekają w przestrzeń kosmiczną.

Zasoby hydrosfery

Na Ziemi przeważają wody słone. Stanowią one aż 97,5% objętości hydrosfery. Zalicza się do nich wody mórz i oceanów, część wód podziemnych oraz wody słonych jezior. Wody słodkie występują przede wszystkim pod postacią śniegu i lodu. Znaczna część wód słodkich znajduje się też pod ziemią.



Zasoby wodne Ziemi (procent objętości).



Zasoby wód słodkich na Ziemi (procent objętości).

W Twoim regionie

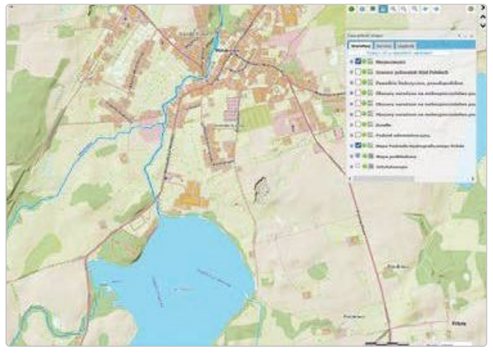
Jak opisać zasoby wód powierzchniowych w Twoim regionie?

Rzeki, potoki, strumienie, jeziora czy stawy znajdują się w każdym regionie naszego kraju. Cieki i zbiorniki wodne stanowią nie tylko źródła wody pitnej, lecz także miejsca rekreacji – chętnie w nich pływamy i spacerujemy nad ich brzegami. Jak możemy opisać wody powierzchniowe występujące w naszym regionie?

1 Wejdź na stronę Hydroportalu: https://www.isok.gov.pl/hydroportal.html.
Wybierz Portal publiczny. W odpowiedzi na pytanie *Jaki profil użytkownika reprezentujesz?* kliknij Obywatel.

2 Odszukaj dane hydrologiczne dotyczące wód powierzchniowych znajdujących się w Twoim regionie.

- Odszukaj na mapie region, w którym mieszkasz, i powiększ go.
- Nazwy rzek i jezior odczytasz bezpośrednio z mapy.



- Aby wyświetlić dane o obiektach hydrograficznych, kliknij w panelu znajdującym się u góry po prawej stronie ikonę Identyfikacja.

Następnie kliknij dany obiekt lewym przyciskiem myszy i odczytaj dane wyświetlone w dodatkowym oknie.

Wskazówka
Jeżeli ilość informacji znalezionych przez Ciebie w Hydroportalu jest niewystarczająca, skorzystaj z innych źródeł.

Przykład

Opisz wody powierzchniowe występujące w okolicach Miłakowa.

Miłakowo leży na północy Pojezierza Iławskiego. W południowej części tej miejscowości znajduje się jezioro Mildzie o powierzchni 1,12 km^2. Przez miasto płyną rzeki Naria (przepływająca przez jezioro Mildzie i mająca 8,9 km długości) i Miłakówka, która jest lewym dopływem Pasłęki i liczy 29,2 km. W zachodniej części miasta znajduje się kilkanaście sztucznych zbiorników wodnych, a na jego północnym zachodzie rozciągają się mokradła.

Wszechocean i jego podział

Wszechocean, nazywany również oceanem światowym, zajmuje aż 71% powierzchni Ziemi. Tworzy go pięć oceanów:

- Ocean Spokojny (Pacyfik),
- Ocean Atlantycki (Atlantyk),
- Ocean Indyjski,
- Ocean Arktyczny,
- Ocean Południowy.

Granice między oceanami są umowne. Nietypowa jest północna granica Oceanu Południowego. Ze względu na zróżnicowanie temperatury wód i kierunków ich przemieszczania się przebiega ona wzdłuż równoleżnika 60°S.

Największą powierzchnię **zlewiska**, czyli obszaru lądowego, z którego wody spływają do jednego zbiornika wodnego, ma Ocean Atlantycki. Uchodzą do niego wody powierzchniowe z niemal połowy obszarów lądowych świata. Zlewiska innych oceanów stanowią ok. 30% lądów, a **obszary bezodpływowe**, których wody nie zasilają żadnego z oceanów – ok. 20%.

W obrębie wszechoceanu wyróżnia się także mniejsze części, takie jak morza, zatoki i cieśniny. Scharakteryzowano je w tabeli zamieszczonej poniżej.

Części wszechoceanu

Nazwa	Charakterystyka
Morze	Przybrzeżna część oceanu oddzielona od otwartych wód oceanicznych łańcuchami wysp, półwyspami lub podwodnymi progami. Wyróżnia się m.in.: • morza przybrzeżne – przylegające do kontynentu i oddzielone od otwartego oceanu wyspami lub półwyspami, • morza śródziemne – otoczone lądem i połączone z otwartym oceanem lub innym morzem tylko wąskimi cieśninami, • morza międzywyspowe – położone między wyspami lub archipelagami.
Zatoka	Część oceanu, morza lub jeziora, która wcina się głęboko w ląd i odznacza swobodną wymianą wód ze zbiornikiem wodnym.
Cieśnina	Zwężenie powierzchni wodnej między lądami łączące dwa akweny.

Południową granicę Oceanu Południowego stanowi wybrzeże Antarktydy, a północną – równoleżnik 60°S.

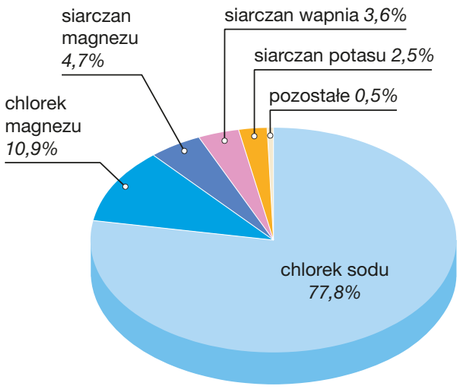
Cechy wody morskiej

Woda morska jest **roztworem** składającym się ze wszystkich znanych pierwiastków chemicznych. Wynika to ze stałego kontaktu wszechoceanu z litosferą i atmosferą oraz z dostarczania związków chemicznych przez rzeki, które spływają do oceanów.

Podstawowymi składnikami wody morskiej są cztery pierwiastki:

- **tlen** i **wodór**, budujące cząsteczki wody,
- **chlor** i **sód**, które tworzą sól morską.

Pozostałe pierwiastki występują w niewielkich ilościach.



Do soli rozpuszczonych w wodzie morskiej należą głównie chlorki oraz siarczany.

Wśród związków chemicznych rozpuszczonych w wodzie morskiej największy udział mają sole. Zawartość soli w wodzie to **zasolenie**. Jego stopień zwykle wyraża się w promilach (‰).

Ważnymi składnikami wód morskich są rozpuszczone w nich **gazy**. Pochodzą one z atmosfery ziemskiej i podmorskich wulkanów lub powstają na skutek procesów chemicznych i biologicznych zachodzących w wodzie. Do najważniejszych gazów należą **tlen**, **azot** oraz **dwutlenek węgla**. Rozpuszczalność gazów w wodzie morskiej zmniejsza się wraz ze wzrostem zasolenia i temperatury. Więcej informacji o zróżnicowaniu temperatury i zasolenia wód morskich i oceanicznych znajduje się poniżej oraz na s. 148.

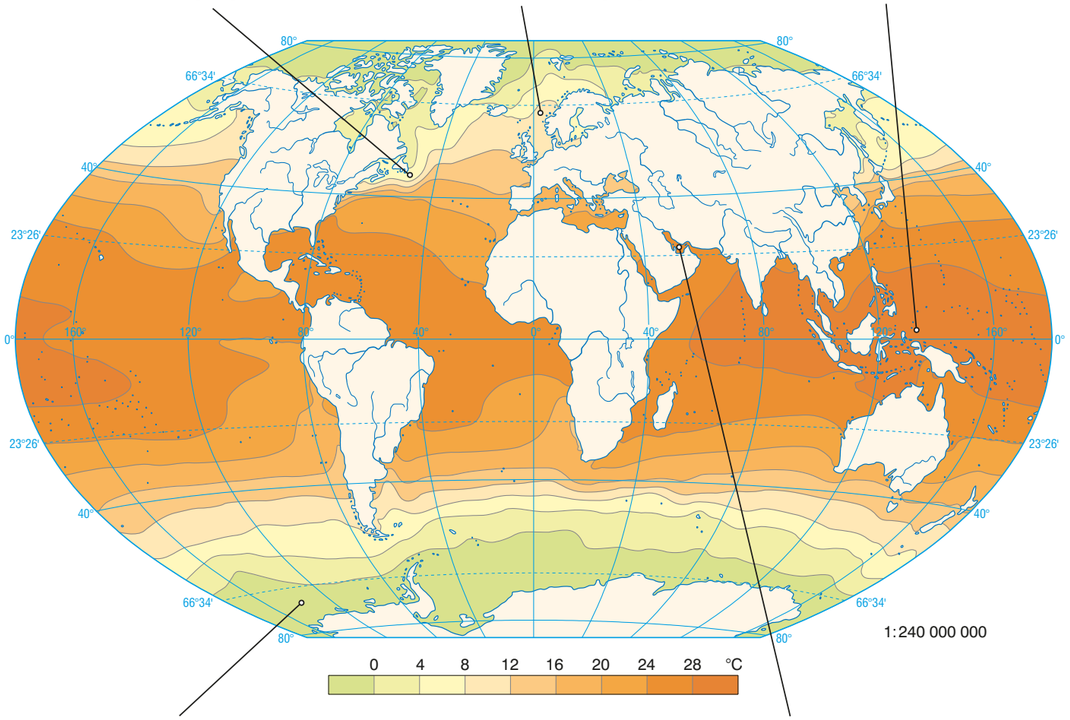
Zróżnicowanie temperatury wód oceanicznych

Na poziome zróżnicowanie wartości temperatury wód oceanicznych wpływa przede wszystkim szerokość geograficzna. To od niej zależy bowiem ilość energii słonecznej docierającej do powierzchni naszej planety. Średnia roczna temperatura wód powierzchniowych wynosi 17,4°C. Poniżej głębokości ok. 1500 m temperatura wody jest niemal stała. We wszystkich szerokościach geograficznych wynosi ona od 0°C do 4°C.

Zimne prądy morskie przenoszą wodę o niższej temperaturze do niższych szerokości geograficznych.

Ciepłe prądy morskie przenoszą wodę o wyższej temperaturze do wyższych szerokości geograficznych.

Najwyższą temperaturę mają wody w **okolicach równika** (od 24°C do 30°C).



Najniższą temperaturę mają wody w **strefach podbiegunowych** (ok. −1°C).

W odizolowanych akwenach w okolicach zwrotników temperatura wody może przekraczać 30°C. Na tę wartość wpływają bardzo wysoka temperatura powietrza, duże usłonecznienie oraz niewielka wymiana wód z otwartym oceanem.

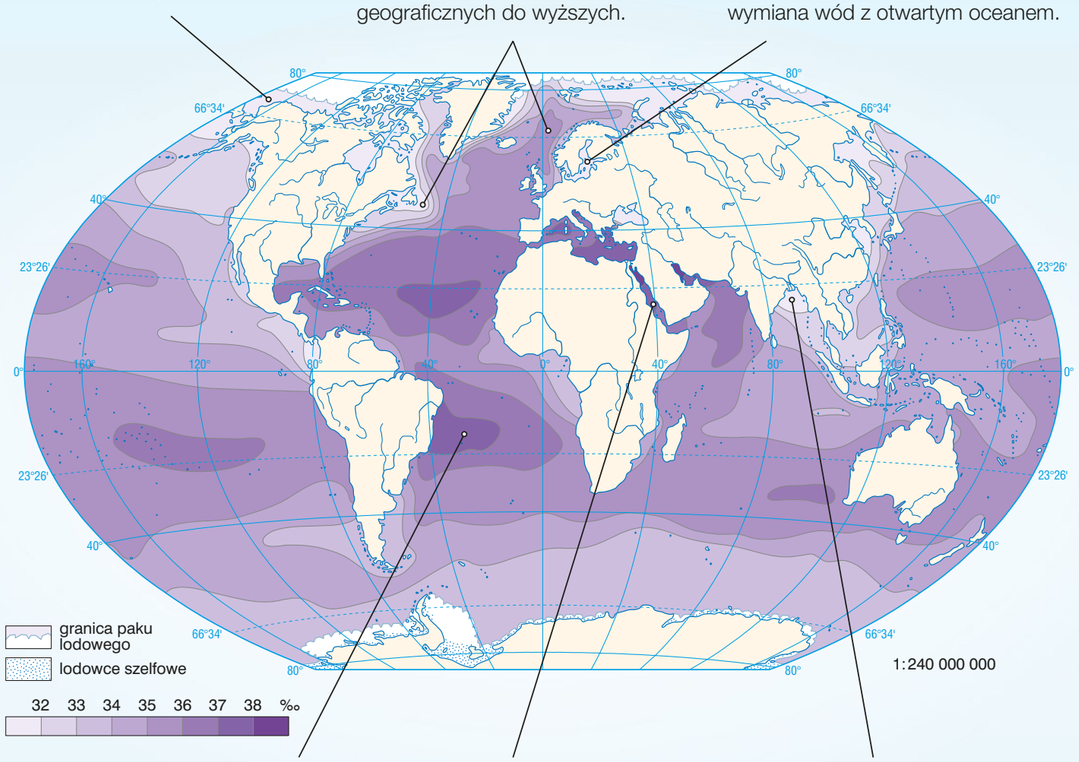
Zróżnicowanie zasolenia wody w morzach i oceanach

Średnie zasolenie powierzchniowych wód oceanicznych wynosi 35‰, jednak jest zróżnicowane przestrzennie. Poziom zasolenia zależy przede wszystkim od intensywności parowania (uwarunkowanej temperaturą wody i powietrza) oraz dostaw wody słodkiej (głównie z opadów i rzek).

W strefach podbiegunowych zasolenie jest niewielkie (ok. 25‰). Wynika to z częstego zamarzania wody i topnienia lodu oraz z niewielkiego parowania.

Prądy morskie przenoszą wodę o mniejszym zasoleniu z wyższych szerokości geograficznych do niższych, a wodę o większym zasoleniu – z niższych szerokości geograficznych do wyższych.

Morza śródlądowe w wysokich szerokościach geograficznych są słabo zasolone. Decydują o tym małe parowanie, duże dostawy wody słodkiej z rzek oraz utrudniona wymiana wód z otwartym oceanem.



Największe zasolenie otwartych wód oceanicznych występuje nie przy równiku, lecz w okolicach **zwrotników** (ok. 36‰). Opady są tam niewielkie, a wysoka temperatura powietrza skutkuje intensywnym parowaniem.

Największe zasolenie (ok. 40‰) mają wody **mórz śródlądowych leżących w okolicach zwrotników**. Wynika to z intensywnego parowania, niewielkich opadów, małej liczby rzek i niewielkiej wymiany wód z otwartym oceanem.

Mniejsze zasolenie przybrzeżnych wód oceanów jest charakterystyczne dla okolic **ujść wielkich rzek** niosących duże ilości wody słodkiej.

Sól z wody morskiej uzyskuje się w salinach. Znajdują się one zwykle w strefach przybrzeżnych mórz o dużym zasoleniu, np. Morza Śródziemnego.

Zanieczyszczenie mórz i oceanów

Zanieczyszczenie wód morskich i oceanicznych to jeden z ważniejszych problemów współczesnego świata. Głównymi źródłami zanieczyszczeń są:

- rzeki niosące ścieki komunalne, odpady przemysłowe oraz nawozy i pestycydy stosowane w rolnictwie,
- statki usuwające odpady na pełnym morzu,
- awarie zbiornikowców transportujących np. ropę naftową lub skroplony gaz ziemny,
- awarie platform wiertniczych i ropociągów.

Stare sieci rybackie, plastikowe butelki i inne odpady są rozprowadzane przez prądy morskie po całej kuli ziemskiej. W ten sposób powstały pływające wyspy śmieci, np. na Morzu Karaibskim.

20 kwietnia 2010 r. w Zatoce Meksykańskiej doszło do katastrofy na platformie wiertniczej Deepwater Horizon. Do morza wyciekło wówczas ok. 700 tys. t ropy naftowej.

Każdego roku do oceanów trafia ok. 50 tys. t plastikowych toreb. Żółwie morskie często mylą je z meduzami, które stanowią ich główny pokarm.

Zadania

1. Omów przyczyny zróżnicowania zasolenia powierzchniowych wód morskich na Ziemi.
2. Podaj trzy czynniki wpływające na temperaturę wód powierzchniowych w oceanach.
3. Wypisz po trzy nazwy cieśnin znajdujących się w obrębie każdego z kontynentów.
* 4. Wyjaśnij, dlaczego chłodne morza są najbogatszymi łowiskami.

2 Dynamika mórz i oceanów

Ważne na tej lekcji!

- upwelling i downwelling
- prądy morskie oraz ich wpływ na życie i gospodarkę człowieka
- mechanizm falowania wód morskich
- Oscylacja Południowa El Niño i jej wpływ na środowisko geograficzne

Woda w morzach i oceanach nieustannie się porusza – zarówno w pionie, jak i w poziomie. To sprawia, że oddziałuje na inne sfery Ziemi, np. na zróżnicowanie klimatu czy rozmieszczenie organizmów morskich. Dynamika mórz i oceanów wpływa również na gospodarczą działalność człowieka.

Pionowe ruchy wody morskiej

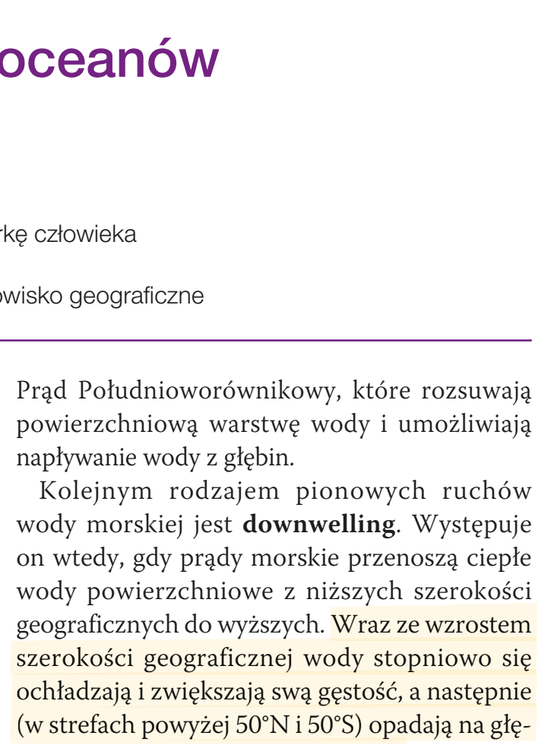
Do pionowych ruchów wody morskiej zalicza się pływy, upwelling [wym. apfeling] i downwelling [wym. dałnfeling]. **Pływy** to cykliczne wznoszenie się i opadanie poziomu morza wywołane grawitacyjnym oddziaływaniem Księżyca i Słońca oraz ruchem obrotowym Ziemi (→ pływy, s. 67).

Upwelling polega na powolnym wynoszeniu na powierzchnię oceanu zimnych wód głębinowych. Najintensywniej zachodzi on u zachodnich wybrzeży kontynentów w strefach występowania pasatów. Te wiatry powodują, że ciepłe wody powierzchniowe odpływają od wybrzeży w kierunku otwartego oceanu i są zastępowane przez wody głębinowe. Mechanizm opisanego ruchu wody, określanego mianem **upwellingu przybrzeżnego**, przedstawiono poniżej. Nieco inaczej przebiega **upwelling równikowy**. Wywołują go Prąd Północnorównikowy oraz Prąd Południoworównikowy, które rozsuwają powierzchniową warstwę wody i umożliwiają napływanie wody z głębin.

Kolejnym rodzajem pionowych ruchów wody morskiej jest **downwelling**. Występuje on wtedy, gdy prądy morskie przenoszą ciepłe wody powierzchniowe z niższych szerokości geograficznych do wyższych. Wraz ze wzrostem szerokości geograficznej wody stopniowo się ochładzają i zwiększają swą gęstość, a następnie (w strefach powyżej 50°N i 50°S) opadają na głębokość nawet kilku tysięcy metrów.

Ruchy wody morskiej

pionowe	poziome
• pływy • upwelling • downwelling	• prądy morskie • falowanie



Powstawanie upwellingu przybrzeżnego.

Prądy morskie

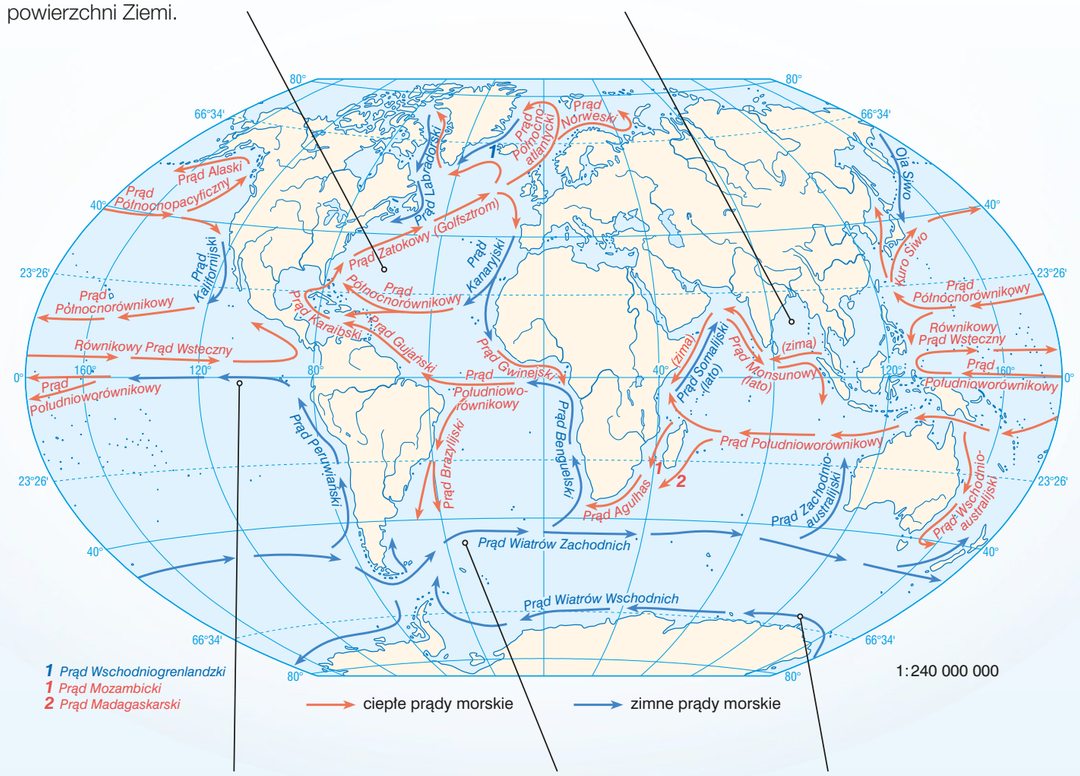
Prądy morskie to poziome ruchy wód morskich wywoływane występowaniem stałych wiatrów w dolnych partiach troposfery, różnicami gęstości wód oceanicznych i zróżnicowaniem ich poziomu. Kierunki prądów morskich nie zawsze pokrywają się z kierunkami wiatrów. Jest to spowodowane działaniem siły Coriolisa, rozmieszczeniem lądów oraz ukształtowaniem dna oceanu. Warstwa wody, w której występują prądy morskie, zazwyczaj sięga głębokości ok. 200 m. Wyróżnia się prądy ciepłe oraz prądy zimne.

Prądy morskie

ciepłe	zimne
• Niosą wody cieplejsze od wód, które je otaczają. • Płyną najczęściej od niższych szerokości geograficznych ku wyższym. • Przykłady: Prąd Zatokowy, Prąd Brazylijski.	• Niosą wody zimniejsze od wód, które je otaczają. • Płyną najczęściej od wyższych szerokości geograficznych ku niższym. • Przykłady: Prąd Kanaryjski, Prąd Peruwiański.

Prądy morskie układają się na oceanach w zamknięte **kręgi cyrkulacyjne**. Krążenie wód w tych kręgach nawiązuje do układu stałych wiatrów wiejących przy powierzchni Ziemi.

W północnej części Oceanu Indyjskiego kierunek prądów morskich zmienia się sezonowo, zgodnie z **cyrkulacją monsunową**.



W okolicach równika większość prądów morskich płynie na zachód – zgodnie z kierunkiem wiania **pasatów**.

W umiarkowanych szerokościach geograficznych znajduje się **strefa wiatrów zachodnich**. Z tego powodu większość prądów morskich płynie na wschód.

W wysokich szerokościach geograficznych znajduje się **strefa wiatrów wschodnich**, zatem prądy morskie płyną na zachód.

Prądy morskie a gospodarka na północnym Atlantyku

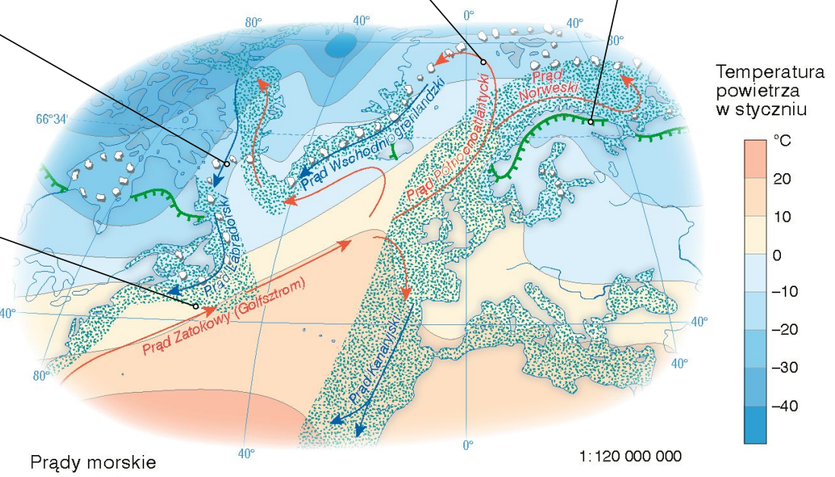
Ciepłe prądy morskie przyczyniają się do zwiększenia temperatury powietrza w zachodniej Europie, a prądy zimne obniżają temperaturę powietrza we wschodniej części Ameryki Północnej. Ma to ogromny wpływ na gospodarkę na tych obszarach oraz na Atlantyku.

Zimny Prąd Labradorski ogranicza możliwości żeglugi, ponieważ niesie z północy kry i góry lodowe.

Ciepłe prądy morskie: Prąd Północnoatlantycki i Prąd Norweski powodują, że porty morskie w północnej Europie nie zamarzają.

Dzięki ciepłym prądom morskim północna granica działalności rolniczej w Europie znajduje się na północ od koła podbiegunowego.

Ciepłe wody Prądu Zatokowego na niektórych obszarach mieszają się z zimnymi wodami Prądu Labradorskiego i Prądu Wschodnio-grenlandzkiego. W tych częściach oceanu znajdują się bogate łowiska.



Wpływ prądów morskich na życie i gospodarkę człowieka

Prądy morskie są ważnym czynnikiem kształtującym klimat. Z tego powodu mają istotne znaczenie dla życia i gospodarki człowieka. Ciepłe prądy morskie przyczyniają się do wzrostu temperatury powietrza oraz sumy opadów na wybrzeżach, które opływają. Takie warunki sprzyjają rozwojowi roślinności, a tym samym – prowadzeniu działalności rolniczej. Z kolei prądy zimne decydują o spadku temperatury powietrza i zmniejszeniu opadów, co utrudnia lub uniemożliwia gospodarowanie.

Prądy morskie istotnie wpływają na **rybołówstwo**. Najbardziej wydajne łowiska świata znajdują się bowiem tam, gdzie wody prądów zimnych mieszają się z wodami prądów ciepłych. Rozkład prądów morskich oddziałuje również na **żeglugę**. Ciepłe prądy morskie sprawiają, że woda w niektórych portach położonych w wysokich szerokościach geograficznych nie zamarza. Z kolei prądy zimne mogą nieść z obszarów okołobiegunowych góry lodowe zagrażające transportowi morskiemu.

Oscylacja Południowa El Niño

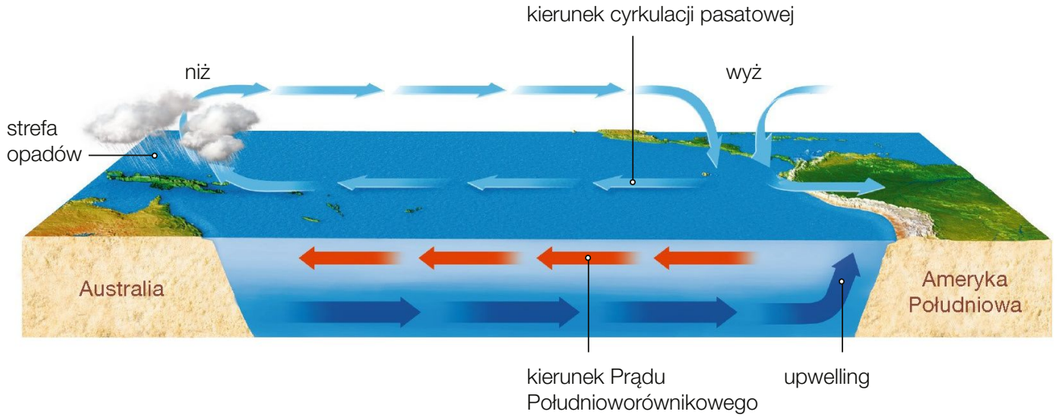
W strefie okołorównikowej, między zachodnią a wschodnią częścią Oceanu Spokojnego, cyklicznie zachodzi specyficzna cyrkulacja oceaniczno-atmosferyczna, nazywana Oscylacją Południową El Niño (ang. *El Niño Southern Oscillation*, w skrócie ENSO). Jest to cykl zjawisk znanych pod nazwami **La Niña** [wym. la ninia] i **El Niño** [wym. el ninio]. ENSO wywołuje anomalie pogodowe na całym świecie. Jego mechanizm przedstawiono na s. 153.

Mechanizm ENSO

ENSO obejmuje dwie przeciwstawne fazy: zimną i ciepłą. Odznaczają się one odmiennym rozkładem temperatury wód powierzchniowych oceanu oraz innym układem ciśnienia atmosferycznego.

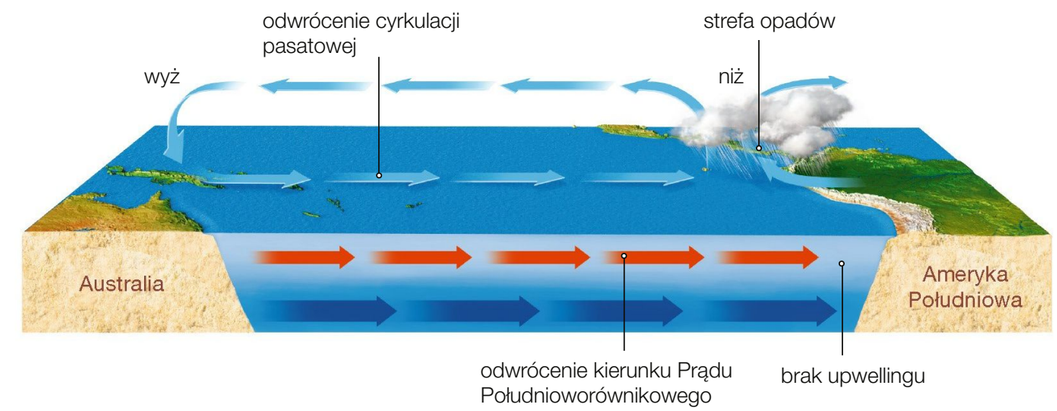
Zimna faza ENSO – La Niña

W zimnej fazie u wschodnich wybrzeży Australii oraz Indonezji tworzy się ośrodek niskiego ciśnienia, a u zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej – ośrodek wysokiego ciśnienia. To sprawia, że masy powietrza znad wschodnich wybrzeży Pacyfiku przemieszczają się ku jego zachodnim wybrzeżom. Wraz z południowo-wschodnim pasatem powierzchniowe warstwy wody odpływają od wybrzeży Ameryki Południowej w kierunku Azji. W ich miejsce na powierzchnię oceanu są wynoszone zimne wody głębinowe (upwelling). Zimna faza ENSO jest nazywana La Niña (z hiszp. ‘dziewczynka’).



Ciepła faza ENSO – El Niño

Co pewien czas (2–7 lat) następuje pełne odwrócenie cyrkulacji wód oceanicznych. Następuje wówczas ciepła faza ENSO. Nosi ona nazwę El Niño (z hiszp. ‘dzieciątko’), gdyż pojawia się w okolicy świąt Bożego Narodzenia. W zachodniej części Oceanu Spokojnego tworzy się wyż baryczny, a w części wschodniej – niż. Prowadzi to do zmiany typowej cyrkulacji pasatowej i osłabienia lub zaniku upwellingu.



Oscylacja Południowa El Niño wpływa bezpośrednio na krążenie wód w Pacyfiku, a także na pogodę w Oceanii oraz w zachodniej części Ameryki Południowej. Naukowcy udowodnili, że pośrednio oddziałuje ona na klimat całej kuli ziemskiej.

Szczególnie zauważalne są **anomalie pogodowe** będące następstwem ciepłej fazy ENSO. Zalicza się do nich m.in.:

- ulewne deszcze w Ameryce Południowej,
- susze występujące jednocześnie np. w Australii, Indonezji i na Filipinach oraz wywołane nimi pożary lasów,
- silniejsze niż zazwyczaj zimowe burze i wiatry w Kalifornii,
- susze w Indiach w okresie, w którym powinny trwać deszcze monsunowe,
- huragany we wschodniej części Pacyfiku.

Ponieważ ENSO (zwłaszcza jego ciepła faza) oddziałuje na środowisko przyrodnicze, wpływa także na życie i gospodarkę człowieka. Przyczynia się m.in. do wyraźnego **zmniejszenia połowów ryb** na wschodnim Pacyfiku oraz do **obniżenia plonów** w południowo-wschodniej części Azji, a także w Australii, Ameryce Północnej i w Afryce.

Falowanie

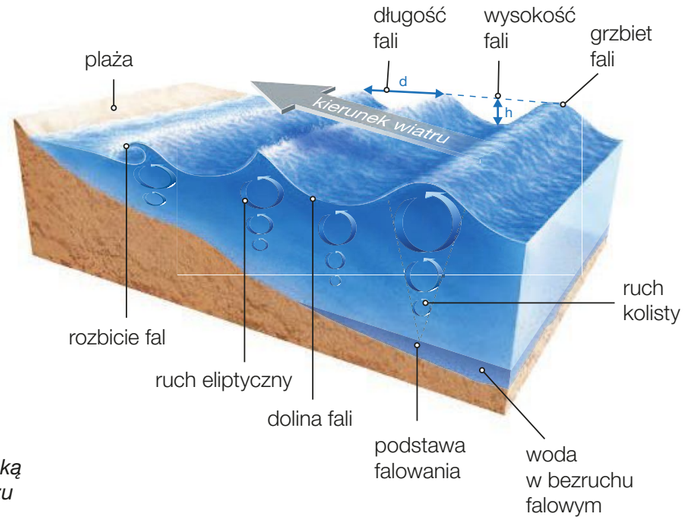
Falowanie to poziomy ruch wody morskiej wywoływany głównie przez **wiatr**. Mechanizm tego procesu przedstawiono poniżej. Kierunek rozchodzenia się fal pokrywa się z kierunkiem wiania wiatru, z kolei intensywność falowania zależy od prędkości wiatru. Im jest ona większa, tym dłuższe i wyższe są fale. Mogą one mieć wysokość nawet ponad dwudziestu metrów i długość kilkuset metrów. Stan powierzchni morza opisuje trzynastostopniowa **skala Beauforta** (→skala Beauforta, s. 339).

Tsunami

Tsunami to szczególny rodzaj fal, najczęściej wywoływany podwodnymi trzęsieniami ziemi lub wybuchami podwodnych wulkanów. Na otwartym oceanie tsunami ma małą wysokość (1–2 m), znaczną długość (100–200 km) i przemieszcza się z ogromną prędkością, sięgającą kilkuset kilometrów na godzinę. Gdy dociera do brzegu, jego czoło wyhamowuje, wskutek czego wysokość fali gwałtownie wzrasta (nawet do kilkudziesięciu metrów). Tsunami wdziera się głęboko w ląd. Często niszczy budynki i powoduje śmierć ludzi.

Mechanizm falowania

Podczas falowania ruch wody morskiej ma charakter oscylacyjny – odbywa się po torach kołowych. Dopiero przy brzegu, w końcowej fazie załamywania się fali, woda przemieszcza się ruchem postępowym. Tworzą się wówczas fale przyboju, które wdzierają się na plażę, a następnie się z niej wycofują.



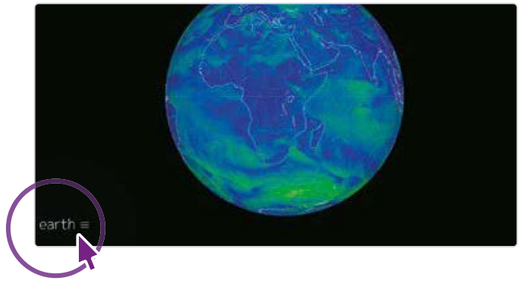
? *Sprawdź w dodatkowych źródłach, jaką wysokość mogą osiągać fale na Morzu Bałtyckim podczas sztormu.*

PoGISujmy

Prądy morskie i falowanie na kuli ziemskiej

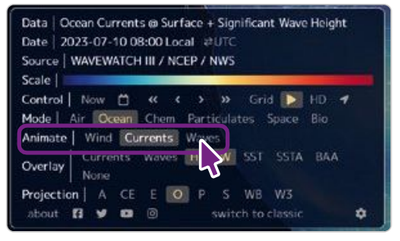
Wizualizację ruchów wody we wszechoceanie, m.in. falowania i prądów morskich, możesz obserwować w internecie. Pozwalają na to nowoczesne modele matematyczne opracowywane np. przez naukowców pracujących w NASA (ang. *National Aeronautics and Space Administration*).

1 Wejdź na stronę **https://earth.nullschool.net**, a następnie kliknij w lewym menu przycisk earth.



2 W oknie, które się otworzyło, w menu Mode kliknij przycisk Ocean.

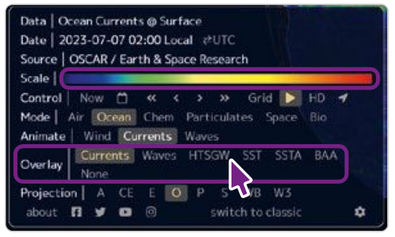
3 Aby zaobserwować ruch prądów morskich, kliknij w menu Animate przycisk Currents (prądy morskie), a żeby dostrzec ruch fal morskich – przycisk Waves (fale).



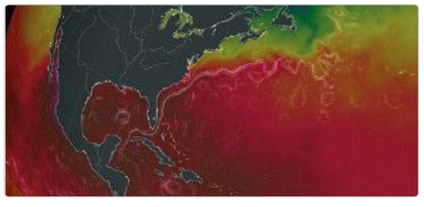
4 W menu Overlay możesz wybrać, co ma być tłem dla animowanych prądów morskich lub fal:

- Currents – prędkość prądów morskich,
- Waves – okres fali, czyli czas upływający pomiędzy przejściami dwóch kolejnych grzbietów fal,
- HTSGW – średnia wysokość fali,
- SST – aktualna temperatura powierzchni morza,
- SSTA – anomalia temperatury powierzchni morza, czyli różnica między zmierzoną temperaturą powierzchni morza a średnią temperaturą powierzchni morza obliczoną dla dłuższego okresu.

Zauważ, że każde przełączenie tła powoduje zmianę skali w legendzie (Scale).



5 Powiększ interesujący Cię obszar za pomocą rolki myszy. Spróbuj dostrzec prawidłowości w cyrkulacji oceanu światowego.



? *Podaj aktualną temperaturę powierzchni morza, anomalię temperatury powierzchni morza oraz średnią wysokość fali w Zatoce Gdańskiej.*

Zadania

1. Wyjaśnij, jaki wpływ na życie i gospodarkę człowieka mają prądy morskie.
2. Przedstaw wpływ mechanizmu ENSO na środowisko przyrodnicze.
3. Wyjaśnij mechanizm upwellingu przybrzeżnego.
* 4. Wymień możliwości wykorzystania ruchów wody morskiej w energetyce.

3 Sieć rzeczna

Ważne na tej lekcji!

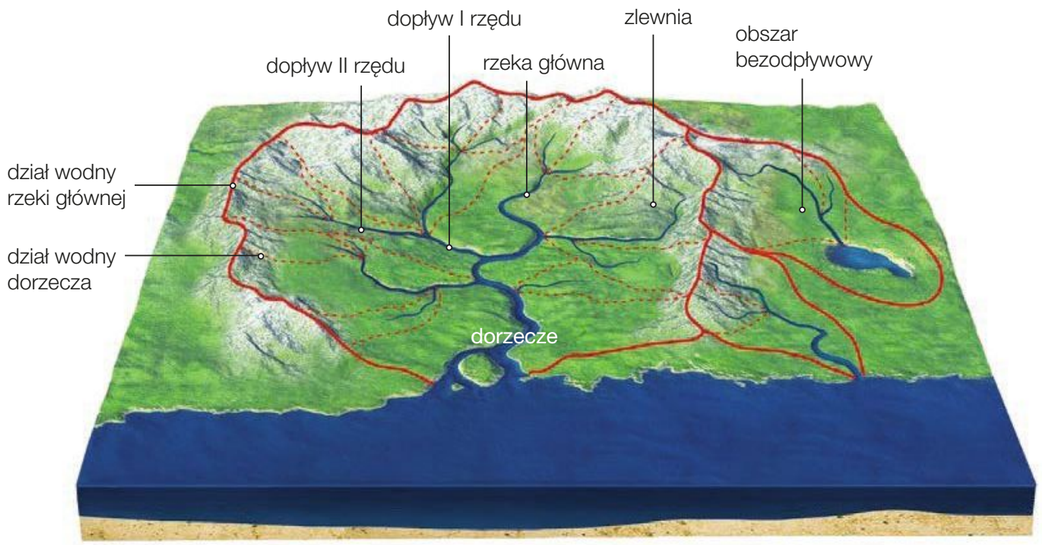
- elementy systemu rzecznego
- zróżnicowanie sieci rzecznej na Ziemi
- cechy ustrojów rzecznych

Rzeki mają duże znaczenie dla rozwoju społeczeństw. Odgrywały znaczącą rolę w powstawaniu starożytnych cywilizacji. Babilon mógł się rozwijać dzięki Eufratowi i Tygrysowi, Egipt – dzięki Nilowi, a Chiny – dzięki Huang He i Jangcy. Nad rzekami budowano też największe miasta. Dlatego np. aż pięć stolic europejskich państw leży nad Dunajem – drugą pod względem długości rzeką kontynentu.

Rzeka i jej dorzecze

Rzeka to duży ciek wodny, który płynie utworzonym przez siebie korytem po powierzchni ziemi pod wpływem siły grawitacji. Oprócz rzek na Ziemi istnieją też niewielkie cieki wodne. Te o dużym spadku to **potoki**, a te o małym spadku – **strumienie**.

Początkiem cieku wodnego najczęściej jest **źródło**, czyli miejsce naturalnego wypływu wód podziemnych na powierzchnię (→ powstawanie źródeł, s. 178), ale rzeki mogą też wypływać z lodowców i jezior. **Ujście** to miejsce, w którym wody rzeki wpływają do zbiornika wodnego lub innej rzeki. Gdy rzeka uchodzi bezpośrednio do morza lub innego zbiornika wodnego, jest określana mianem **rzeki głównej**. Rzeka główna wraz ze swoimi dopływami tworzy **system rzeczny**. Obszar odwadniany przez ten system to **dorzecze**. Z kolei mniejsze obszary odwadniane przez poszczególne dopływy nazywa się **zlewniami**. Wszystkie dorzecza, z których wody spływają do jednego morza, składają się na jego **zlewisko**. Granicę między dwoma sąsiadującymi ze sobą dorzeczami lub zlewiskami stanowi **dział wodny** (inaczej wododział). Jeśli wody nie są odprowadzane z danego obszaru do morza lub oceanu, to nazywa się go **obszarem bezodpływowym**.



System rzeczny wraz z dorzeczem.

Podział rzek ze względu na ciągłość zasilania

rzeki stałe	rzeki okresowe (periodyczne)	rzeki epizodyczne
• Są zasilane w sposób ciągły i prowadzą wodę w korycie przez cały rok. • Występują w klimatach, w których opady są większe niż parowanie.	• Prowadzą wodę regularnie, ale tylko w porze deszczowej. • Występują w klimatach, w których zaznaczają się pory suche i deszczowe.	• Prowadzą wodę tylko po sporadycznych opadach deszczu, ich koryta zwykle są suche (w Afryce zwane wadi). • Występują w klimacie zwrotnikowym suchym, np. na pustyniach i półpustyniach.

Zróżnicowanie sieci rzecznej

Sieć rzeczna na Ziemi jest bardzo zróżnicowana. Na naszej planecie istnieją zarówno obszary o bardzo gęstej sieci rzecznej, jak i tereny, na których nie ma rzek. Do głównych przyczyn tego zróżnicowania zalicza się:

- warunki klimatyczne,
- ukształtowanie powierzchni,
- budowę geologiczną, przede wszystkim przepuszczalność podłoża.

Gęsta sieć rzeczna występuje tam, gdzie opady są wysokie i częste, np. na obszarach o klimacie równikowym wybitnie wilgotnym. Dużo rzek płynie też zazwyczaj w górach. Oprócz wysokich opadów często przyczyniają się do tego słabo przepuszczalne lub nieprzepuszczalne skały występujące płytko pod powierzchnią.

Słabo wykształconą siecią rzeczną odznaczają się tereny leżące w klimatach suchych, gdzie parowanie wody jest większe od jej dopływu. Mniejsza gęstość sieci rzecznej występuje też na obszarach zbudowanych ze skał węglanowych (np. wapieni). Woda rozpuszcza takie skały i częściowo płynie pod ziemią wydrążonymi w nich korytarzami.

Ustrój rzeczny

Każda rzeka ma określony **ustrój** (reżim rzeczny). Jest to ustalony na podstawie wieloletnich obserwacji rytm zmian przepływów rzeki oraz stanów wody, związany z rodzajem zasilania i zlodzeniem. Mianem **przepływu** określa się ilość wody przepływającej przez przekrój poprzeczny koryta w jednostce czasu. Przepływ rzeki jest podawany w kilometrach sześciennych na rok (km^3/rok), metrach sześciennych na sekundę (m^3/s) lub litrach na sekundę (l/s). Z kolei **stan wody** to wysokość zwierciadła wody w korycie rzeki względem umownie przyjętego poziomu odniesienia.

Koryto rzeki Kuiseb znajdujące się na pustyni Namib w Afryce to przykład wadi. Woda płynie nim raz na kilka lat.

Przy wysokich stanach wody zwiększa się ryzyko powodzi. W Polsce jedna z najtragiczniejszych powodzi wystąpiła w 2010 r.

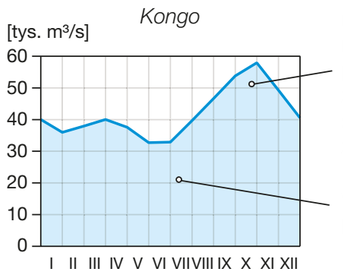
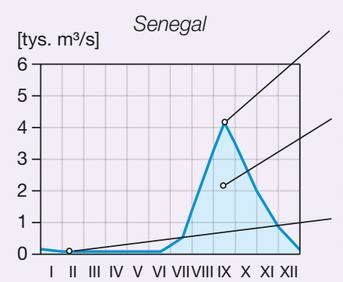
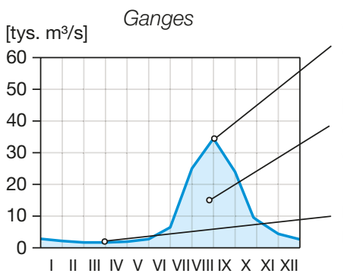
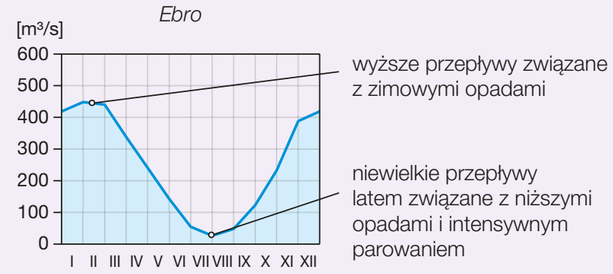
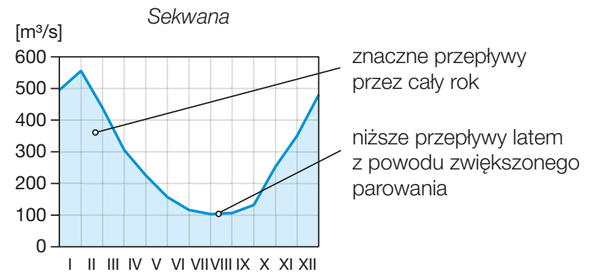
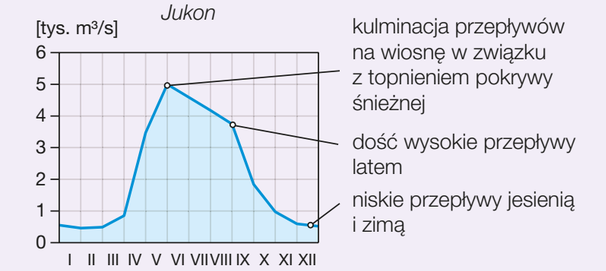
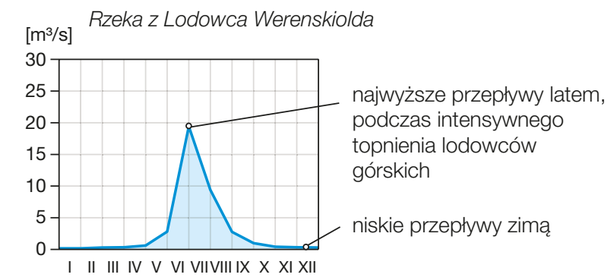
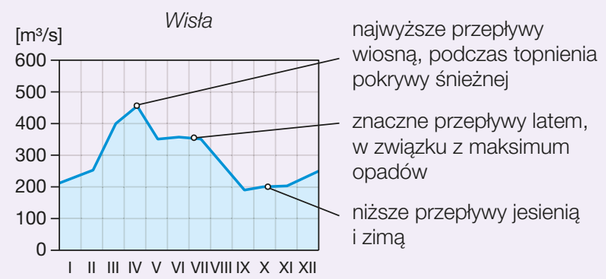
Na wielkość przepływu w rzece oddziałują głównie warunki klimatyczne. Mniejszą rolę odgrywają rzeźba terenu, budowa geologiczna i pokrywa roślinna. Wraz ze zmianami przepływu zmienia się stan wody w rzece. Małym przepływom odpowiadają niskie stany wód, czyli **niżówki**, dużym zaś – wysokie stany wód zwane **wezbraniami**. Szczególnie wysokie wezbrania, podczas których wody rzek rozlewają się na okolicznych terenach, powodują straty materialne oraz stwarzają zagrożenie dla ludności, to **powodzie**.

Rzeki są zasilane głównie przez:

- wody opadowe,
- wody roztopowe (powstałe wskutek topnienia śniegu lub lodu),
- wody podziemne,
- wody jezior.

W zależności od sposobu zasilania rzek, wyróżnia się różne rodzaje ustrojów rzecznych. Gdy dominuje jeden rodzaj zasilania, rzeka ma **ustrój prosty** (np. deszczowy), natomiast gdy jest zasilana z kilku źródeł – **ustrój złożony** (np. śnieżno-deszczowy).

Rodzaje ustrojów rzecznych

Rodzaj ustroju	Występowanie	Cechy charakterystyczne
Ustrój deszczowy równikowy	Znaczna część dorzecza znajduje się w klimacie równikowym wybitnie wilgotnym. Przykłady: Kongo, Amazonka.	
Ustrój deszczowy podrównikowy	Na obszarach o klimacie podrównikowym, gdzie występują pora sucha i pora deszczowa. Przykłady: Niger, Senegal.	
Ustrój deszczowy monsunowy	W klimatach monsunowych, szczególnie w Azji Południowej i Azji Południowo-Wschodniej. Przykłady: Ganges, Jangcy, Huang He.	
Ustrój deszczowy śródziemnomorski	W klimacie śródziemnomorskim, głównie w Europie Południowej. Przykłady: Ebro, Tyber, Tag.	
Ustrój deszczowy oceaniczny	W klimatach morskich strefy umiarkowanej, gdzie opady są dość wysokie przez cały rok. Przykłady: Sekwana, Loara, Tamiza.	
Ustrój śnieżny	W wysokich szerokościach geograficznych, gdzie występuje rozległa i gruba pokrywa śnieżna. Przykłady: Ob, Jenisej, Jukon, Mackenzie.	
Ustrój lodowcowy	Na obszarach, na których rzeki wypływają z lodowców. Przykłady: Inn, Amu-daria, rzeka z Lodowca Werenskiolda.	
Ustrój złożony	Ustroje złożone są najczęstsze. Wyróżnia się m.in. ustroje: deszczowo-śnieżny, śnieżno-lodowcowy i deszczowo-śnieżno-lodowcowy. Przykłady: Wisła, Odra (ustrój śnieżno-deszczowy).	

W Twoim regionie

Jak opisać ustrój rzeki płynącej w pobliżu Twojej szkoły?

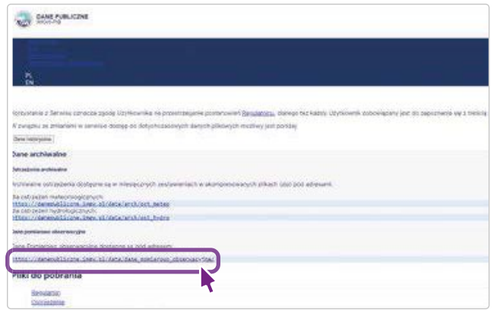
Aby scharakteryzować ustrój rzeki płynącej najbliżej Twojej szkoły, musisz zdobyć dane liczbowe dotyczące stanu wód tej rzeki lub wielkości jej przepływu. Są one dostępne dzięki pomiarom dokonywanym w stacjach hydrologicznych. Analiza tych danych pozwoli Ci ustalić, czy najwięcej wody przybywa w rzece w związku z zasilaniem jej przez opady, czy np. w wyniku topnienia śniegu.

1 Odszukaj stację hydrologiczną położoną najbliżej Twojej szkoły.

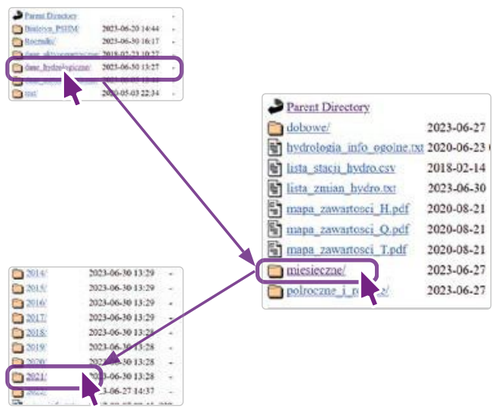
Skorzystaj np. z mapy znajdującej się na stronie **https://hydro.imgw.pl**.

2 Znajdź dane hydrologiczne pochodzące z tej stacji.

Wejdź na stronę internetową Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej: **https://dane.imgw.pl**. Kliknij link: **https://danepubliczne.imgw.pl/data/dane_pomiarowo_obserwacyjne/**.



Na następnych ekranach wybierz kolejno: dane hydrologiczne > miesięczne > 2021.

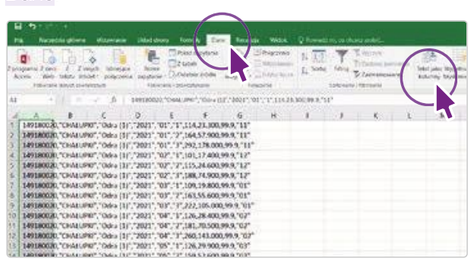


3 Przygotuj dane do opracowania i analizy.

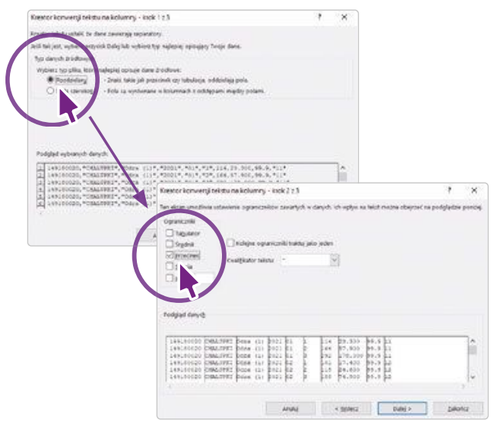
Wykorzystaj wiedzę zdobytą podczas lekcji informatyki w szkole podstawowej i przejdź kolejne kroki do uzyskania właściwych danych.

- Pobierz plik mies_2021.zip.

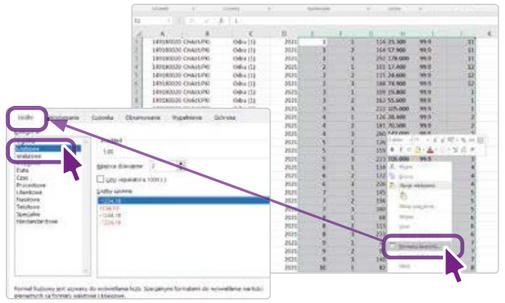
- Rozpakuj pobrany plik.
- Otwórz plik w arkuszu kalkulacyjnym.
- Zauważ, że pobrane dane nie są rozdzielone – wszystkie znajdują się w pierwszej kolumnie kolejnych wierszy. Zaznacz pierwszą kolumnę, a następnie rozdziel dane za pomocą narzędzia Tekst jako kolumny, które znajduje się w menu Dane.



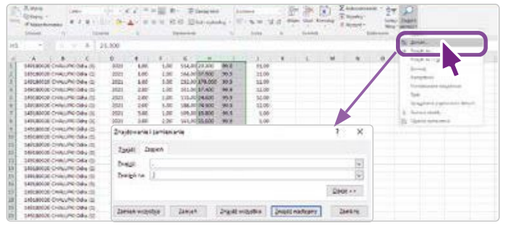
- Jako ogranicznika użyj przecinka.



- We wszystkich komórkach tabeli znajdują się dane tekstowe. Sformatuj tabelę tak, aby stały się one danymi liczbowymi. Zaznacz wszystkie komórki z danymi liczbowymi. Kliknij prawym przyciskiem myszy i wybierz polecenie Formatuj komórki. Następnie z menu Liczby wybierz kategorię Liczbowe.

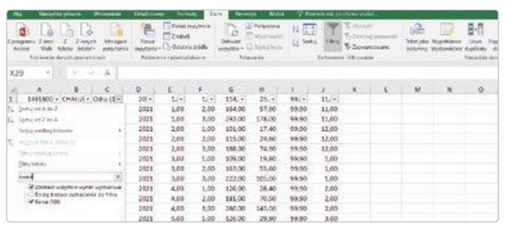


- W komórkach tabeli, w których dane liczbowe są ułamkami dziesiętnymi, zamień kropki na przecinki.



- Przefiltruj dane w następujących kolumnach:
  – C (wybierz interesującą Cię rzekę),
  – B (wybierz interesujący Cię posterunek pomiarowy),
  – F (wybierz wartość 3, która oznacza maksymalną wartość przepływu).

  Aby przefiltrować dane, zaznacz pierwszy wiersz tabeli. Następnie użyj narzędzia filtrowania z menu Dane.



W tabeli pozostanie dwanaście wierszy – po jednym dla każdego miesiąca. Zwróć uwagę, że pobrane dane dotyczą roku hydrologicznego, więc pierwszy wiersz tabeli zawiera dane z listopada poprzedniego roku.

4 Opracuj dane hydrologiczne.

Analizowanie pozyskanych danych dotyczących wielkości przepływu będzie łatwiejsze, jeśli przedstawisz je w formie graficznej, np. na wykresie. Sporządź wykres (liniowy lub słupkowy) na podstawie danych znajdujących się w kolumnie H. Przedstawiają one maksymalne miesięczne wartości przepływu w metrach sześciennych na sekundę (m^3/s).

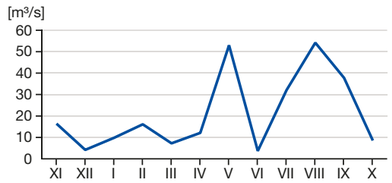
5 Opisz zmiany wielkości przepływu na wybranej rzece w ciągu roku.

Przeanalizuj wielkość przepływu. Zapisz odpowiedzi na następujące pytania:

- Jakie są minimalne i maksymalne wielkości przepływu?
- W których miesiącach (porach roku) odnotowano najwyższe wielkości przepływu, a w których – najniższe?
- O jakim zasilaniu świadczy rozkład przepływów?

Przykład

Opisz ustrój Kwisy na posterunku wodowskazowym w Gryfowie Śląskim w 2021 r.



W roku hydrologicznym 2021 najniższe wartości przepływu zanotowano w czerwcu (zaledwie 3,7 m^3/s), a najwyższe – w sierpniu (54,2 m^3/s). Stosunkowo wysokie przepływy (ponad 30 m^3/s) wystąpiły też w maju, lipcu i wrześniu. Rozkład przepływów świadczy o tym, że w 2021 r. Kwisa była zasilana głównie wiosennymi i letnimi opadami deszczu.

Zadania

1. Wyjaśnij znaczenie terminów: *dorzecze*, *dział wodny*, *rzeka epizodyczna*.
2. Podaj główne przyczyny zróżnicowania sieci rzecznej na Ziemi.
3. Wskaż różnice między ustrojem lodowcowym a ustrojem śnieżnym.
* 4. Na podstawie dodatkowych źródeł informacji wymień trzy przyczyny powodzi.

4 Jeziora

Ważne na tej lekcji!

- jeziora i warunki ich powstawania
- typy genetyczne jezior
- rozmieszczenie jezior na Ziemi

Jeziora są ozdobą krajobrazu i odgrywają ważną rolę w gospodarce. Stanowią źródło wody pitnej, dostarczają pożywienia, pełnią funkcję dróg wodnych, a w okresach ulewnych deszczów czy roztopów magazynują wodę i zmniejszają ryzyko powodzi. Ponadto obszary, na których występują, cieszą się zwykle dużą popularnością wśród turystów.

Warunki powstawania jezior

Jeziora to naturalne zagłębienia terenu wypełnione wodą i pozbawione swobodnej wymiany wód z wszechoceanem. Nie należą zatem do nich zbiorniki sztuczne, które zostały utworzone przez człowieka, choć w ich nazwach często pojawia się słowo *jezioro*, np. Jezioro Solińskie czy Jezioro Włocławskie. Badaniem jezior zajmuje się **limnologia**.

Jeziora mogą być zasilane przez opady atmosferyczne, wody powierzchniowe, wody podziemne, a czasem – na obszarach polarnych lub wysokogórskich – przez dostawę mas lodowych. Niektóre jeziora są zasilane także wodami morskimi wlewającymi się do nich podczas przypływu.

Powstawanie jezior zależy od:

- procesów rzeźbiących powierzchnię Ziemi, w których wyniku dochodzi do utworzenia zagłębienia, czyli misy jeziornej,
- warunków klimatycznych regulujących wypełnianie zagłębienia wodą,
- rodzaju skał budujących podłoże (warunkuje on zatrzymanie wody w zagłębieniu).

Zróżnicowanie jezior na Ziemi jest ogromne. Dotyczy ono m.in. ich genezy, powierzchni, głębokości, ciągłości zasilania, zasolenia oraz ilości substancji odżywczych występujących w wodzie. Genetyczną klasyfikację jezior przedstawiono na s. 163–165, a inne klasyfikacje – na s. 166.

Zbiorniki sztuczne

Zbiorniki sztuczne (antropogeniczne) zostały utworzone przez ludzi, np. wskutek przegrodzenia doliny rzecznej zaporą. Pełnią m.in. funkcje energetyczne, przeciwpowodziowe i rekreacyjne. Służą też do zaopatrywania w wodę miast, wsi oraz zakładów przemysłowych. Takimi zbiornikami są np. Jezioro Solińskie na Sanie, Jezioro Nasera na Nilu i Jezioro Brackie na Angarze. Antropogeniczną genezę mają także stawy rybne i zbiorniki powstałe po zalaniu wyrobisk.

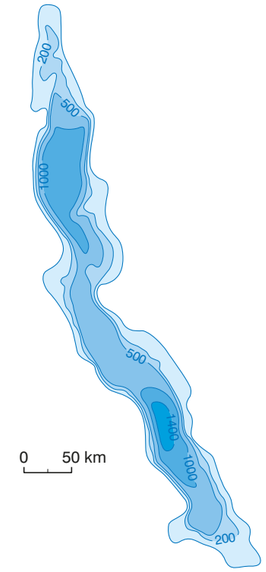
Sztuczny zbiornik Kurobe znajduje się w Japonii. Nosi taką samą nazwę jak rzeka, na której powstał.

Genetyczne typy jezior

Jednym z najczęściej stosowanych kryteriów podziału jezior jest pochodzenie misy jeziornej. Procesy zachodzące pod powierzchnią naszej planety (wewnętrzne) są odpowiedzialne za powstawanie jezior tektonicznych, wulkanicznych i reliktowych. Natomiast wskutek procesów działających na powierzchni (zewnętrznych) tworzą się jeziora polodowcowe, deltowe, przybrzeżne, krasowe, meteorytowe oraz starorzecza.

Jeziora tektoniczne

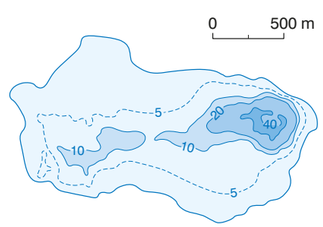
Występują w zagłębieniach powstałych wskutek ruchów skorupy ziemskiej. Misy jezior znajdujących się w obniżeniach tektonicznych na równinach (np. Jeziora Górnego i Ładogi) cechują się względnie płaskim dnem. Natomiast jeziora powstałe w rowach tektonicznych (np. Bajkał, Tanganika) są długie i wąskie. Jeziora tektoniczne to najgłębsze jeziora na świecie.



Tanganika

Jeziora wulkaniczne

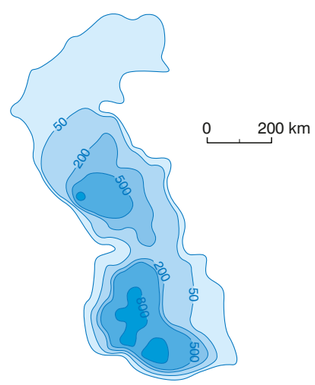
Powstają w kraterach i kalderach nieczynnych wulkanów. Mają zwykle niewielką powierzchnię i dość dużą głębokość, a ich źródłem zasilania są opady deszczu. Dzięki podłożu bogatemu w rozpuszczalne związki chemiczne wody tych jezior są mocno zmineralizowane i czasem mają nietypowe zabarwienie (np. zielone lub czerwonawe). Do przykładów jezior wulkanicznych należą Medicine Lake w Stanach Zjednoczonych, Jezioro Bolsena we Włoszech oraz Towada w Japonii.



Medicine Lake

Jeziora reliktowe

Utworzyły się w wyniku odcięcia części dawnych mórz przez powolne podnoszenie się skorupy ziemskiej lub obniżanie się poziomu morza. Przykładami są Morze Kaspijskie i Jezioro Aralskie.



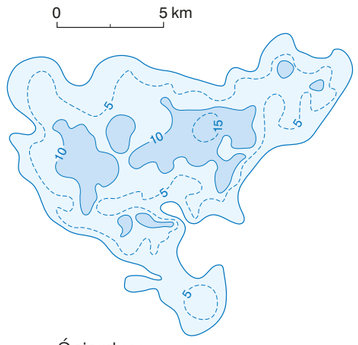
Morze Kaspijskie

Jeziora polodowcowe

Występują na obszarach, które były niegdyś zlodowacone. Ich geneza wiąże się zatem z działalnością lodowców górskich lub lądolodów.

Jeziora morenowe

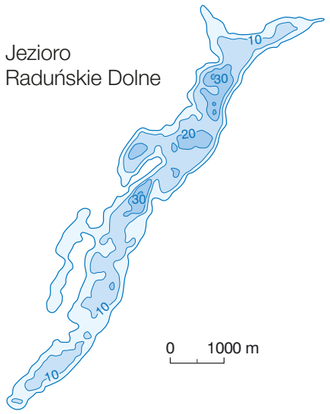
Powstają wskutek nierównomiernej akumulacji materiału skalnego przez lądolód. Mogą się tworzyć w obrębie moreny dennej (np. Śniardwy) lub sąsiadować z moreną czołową (np. Mamry). Są to duże, dość płytkie jeziora o urozmaiconych kształtach, licznych zatokach, półwyspach i wyspach, a także łagodnych i płaskich brzegach.



Śniardwy

Jeziora rynnowe

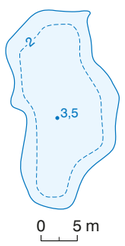
Powstały w wyniku wymywania skał w podłożu przez wody płynące pod lądolodem. Charakteryzują się urozmaiconą rzeźbą dna oraz stromymi brzegami. Są wąskie i długie, mają też znaczną głębokość. Jeziorami rynnowymi są m.in. Gopło, Jeziorak, Jezioro Raduńskie Dolne i Hańcza (najgłębsze jezioro w Polsce).



Jezioro Raduńskie Dolne

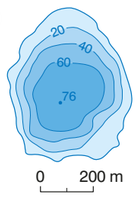
Oczka polodowcowe

Powstały w zagłębieniach utworzonych po wytopieniu się brył lodu pozostawionych przez cofający się lądolód. Te jeziora mają kolisty kształt, są małe i dość płytkie. Często wypełniają zagłębienia bezodpływowe i szybko zarastają.



Jeziora cyrkowe (karowe)

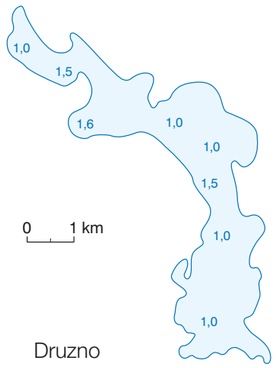
Powstały w górach w wyniku wypełnienia wodą kotłów lodowcowych (nieckowatych zagłębień ograniczonych z trzech stron stromymi zboczami). Mają kolisty lub owalny kształt i dużą głębokość. Przykładami tego typu zbiorników są najgłębsze jeziora Tatr.



Czarny Staw pod Rysami

Jeziora deltowe

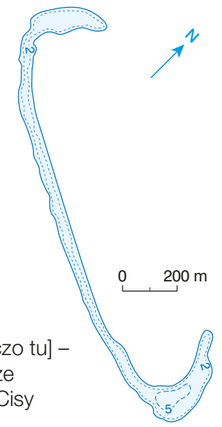
Tworzą się w zagłębieniach w obrębie delt rzecznych. Są płytkie i szybko zarastają. W Polsce należą do nich Druzno (delta Wisły) i Dąbie (delta Odry).



Druzno

Starorzecza (jeziora zakolowe)

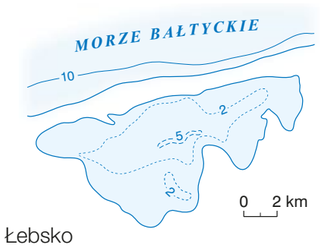
Powstają we fragmentach koryt rzecznych odciętych od głównego nurtu rzeki. Charakteryzują się wydłużonym, podkowiastym kształtem. Występują w obrębie dolin dużych meandrujących rzek, np. Dunaju, Wisły i Cisy.



Kacsa-tó [wym. kaczo tu] – starorzecze w dolinie Cisy

Jeziora przybrzeżne

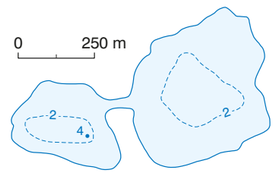
Powstają na niskich wybrzeżach wskutek odcięcia zatoki morskiej przez mierzeję. Charakteryzują się dość dużą powierzchnią, niewielką głębokością oraz płaskimi bagnistymi brzegami. Do tego typu jezior w Polsce należą m.in. Łebsko i Gardno.



Łebsko

Jeziora krasowe

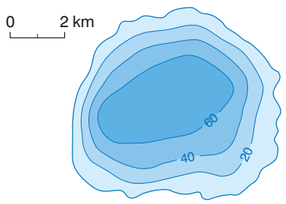
Utworzyły się w obniżeniach krasowych na obszarach zbudowanych ze skał wapiennych lub gipsowych. Jeziorami krasowymi są np. Perespa i Uścwierz na Polesiu Lubelskim, Jeziora Plitwickie w Chorwacji oraz Eicher See [wym. ajsier zi] w Niemczech.



Perespa

Jeziora meteorytowe

Jeziora meteorytowe znajdują się w kraterach, które powstały wskutek uderzenia meteorytów w powierzchnię Ziemi. Przykładami są jezioro Bosumtwi w Ghanie i jeziora znajdujące się w rezerwacie Meteoryt Morasko w Poznaniu.



Bosumtwi

Inne klasyfikacje jezior

Kryterium klasyfikacji	Rodzaje jezior
Ciągłość zasilania	• **Jeziora stałe** – ich misy jeziorne są stale wypełnione wodą. • **Jeziora okresowe** – wypełniają się wodą tylko w określonej porze roku. • **Jeziora epizodyczne** – istnieją krótko i pojawiają się nieregularnie, po obfitych opadach.
Sposób zasilania i odprowadzania wody	• **Jeziora odpływowe** – wypływają z nich rzeki, np. z afrykańskiego jeziora Tana wypływa Nil Błękitny. • **Jeziora przepływowe** – woda jest dostarczana do jeziora jednym ciekiem wodnym lub kilkoma ciekami, a następnie z niego odprowadzana (najczęściej jednym korytem). Do tej grupy zalicza się większość jezior polodowcowych. • **Jeziora bezodpływowe** – jeziora, z których nie wypływają żadne cieki wodne, a dopływ wody jest równoważony przez parowanie. Do przykładów należy największe pod względem powierzchni jezioro świata – Morze Kaspijskie.
Zawartość soli w wodzie	• **Jeziora słodkie** – gromadzą wodę słodką, czyli taką, w której całkowita zawartość rozpuszczonych soli nie przekracza 0,5 g/l. Należy do nich większość jezior na kuli ziemskiej. • **Jeziora słone** – występują niemal wyłącznie na obszarach bezodpływowych w klimacie suchym. Stężenie soli w wodach jezior słonych wynosi ponad 35‰, jednak czasami może przekroczyć 300‰ (np. Morze Martwe na pograniczu Izraela i Jordanii). • **Jeziora słonawe** – odznaczają się niewielkim stężeniem soli w wodzie (0,5–35‰). Przykładem jest Jamno leżące na Wybrzeżu Słowińskim.
Warunki rozwoju życia oraz ilość substancji odżywczych występujących w wodzie	• **Jeziora oligotroficzne** – akweny, których wody są ubogie w substancje odżywcze, dobrze natlenione oraz mają niską temperaturę. Dna tych jezior są skaliste lub żwirowe. Przykładami tego typu jezior są tatrzańskie jeziora cyrkowe, np. Czarny Staw pod Rysami. • **Jeziora eutroficzne** – zawierają dużo substancji odżywczych, a to sprzyja intensywnemu rozwojowi glonów i roślin wodnych (stały deficyt tlenu występuje jedynie w warstwie przydennej). Ich wody są mało przejrzyste i mają zielony lub żółtozielony kolor. Do tej grupy zalicza się większość jezior na polskich pojezierzach, np. Mamry. • **Jeziora dystroficzne** – to najczęściej niewielkie i płytkie jeziora występujące w lasach, charakteryzujące się brunatną lub żółtawą barwą wody. Są silnie zakwaszone i zawierają mało tlenu, dlatego życie organiczne jest w nich ubogie. Jeziora tego typu szybko zarastają. Należy do nich np. Rybie Oko w Borach Tucholskich.

Rozmieszczenie jezior na kuli ziemskiej

Na świecie istnieje kilka milionów jezior. Zajmują one ok. 2,5 mln km^2 (1,7% powierzchni lądów) i są rozmieszczone nierównomiernie. Występują we wszystkich strefach klimatycznych i w niemal wszystkich środowiskach.

Szczególnie dużo jezior znajduje się na obszarach objętych ostatnim zlodowaceniem, czyli w znacznej części Ameryki Północnej, w Ameryce Południowej (w Patagonii) i północnej Europie. W środkowej i we wschodniej Afryce oraz w środkowej Azji występują wielkie jeziora utworzone w rowach tektonicznych. Najuboższa w jeziora, poza Antarktydą, jest Australia – większość z tysiąca jezior znajdujących się w jej granicach to jeziora okresowe.

Czy wiesz, że…

Na Antarktydzie, pod powierzchnią lądolodu, znajduje się kilkaset słodkowodnych jezior. Największe z nich – Wostok – leży prawie 4 km pod lodem. Ma ono ponad 15 tys. km^2 powierzchni.

Państwem z największą liczbą jezior jest Kanada. Na jej terytorium znajduje się ok. 60% wszystkich jezior świata.

Spojrzenie z bliska

Jeziora Kelimutu

Na indonezyjskiej wyspie Flores znajduje się wiele czynnych wulkanów. Nie odstrasza to jednak turystów. Wręcz przeciwnie – przyjeżdżają oni tam tłumnie m.in. po to, aby oglądać trzy kraterowe jeziora na wulkanie Kelimutu.

Jak większość jezior wulkanicznych jeziora Kelimutu mają niewielką powierzchnię, ale znaczną głębokość (do 958 m). Tym, co je wyróżnia, jest barwa wody. W jednym zbiorniku znajduje się woda o zabarwieniu oliwkowozielonym, w drugim – turkusowym, a w trzecim – ciemnoczerwonym. Różnica w kolorze wynika z odmiennego składu mineralnego wód każdego z jezior. Za zielony odcień odpowiadają uchodzące z krateru gazy: siarkowodór i chlorowodór, natomiast za ciemnoczerwoną barwę – nagromadzone na dnie zbiornika związki żelaza. Zabarwienie wody nie jest stałe. Geolodzy, którzy odkryli Kelimutu w 1914 r., widzieli wody jezior w kolorze niebieskim, białym i czerwonym.

Wulkan Kelimutu (1640 m n.p.m.) to wielka atrakcja turystyczna wyspy Flores. Nazwy jezior znajdujących się w jego kraterze mają niezwykłe znaczenia: Tiwoe Alta Polo oznacza ‘jezioro zaczarowanych ludzi’, Tiwoe Morei Kooh Fai – ‘jezioro młodych mężczyzn i dziewic’, a Tiwoe Alta Mboepoe – ‘jezioro zaczarowanych roślin’.

Zadania

1. Opisz w zeszycie, jak powstają jeziora polodowcowe.
2. Na podstawie dodatkowych źródeł ustal, jaka jest geneza pięciu najgłębszych jezior świata.
3. Wyjaśnij różnicę między jeziorem słonym a słonawym.
* 4. Przygotuj prezentację na temat znaczenia jezior w życiu i działalności gospodarczej człowieka.

5 Lodowce górskie i lądolody

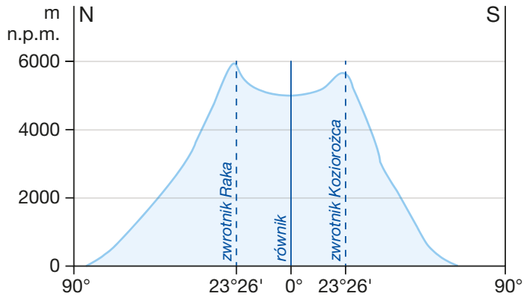
Ważne na tej lekcji!

- powstawanie lodowców
- występowanie lodowców górskich i lądolodów na Ziemi
- skutki zaniku pokrywy lodowej na obszarach okołobiegunowych

Lodowce pokrywają ok. 11% obszarów lądowych Ziemi. Występują na wszystkich kontynentach oprócz Australii, a zgromadzona w nich woda stanowi aż 68% zasobów wody słodkiej. Ocenia się, że stopienie wszystkich lodów na Ziemi podniosłoby poziom wszechoceanu o 66 m.

Warunki powstawania lodowców

Lodowiec to trwała masa lodu powstała na lądzie z przeobrażenia dużych ilości śniegu i pozostająca w stałym powolnym ruchu. Lodowce tworzą się powyżej **granicy wiecznego śniegu**, czyli tam, gdzie w ciągu roku więcej śniegu przybywa, niż ubywa. Wysokość, na której przebiega ta granica, zależy od klimatu, dlatego zmienia się wraz z szerokością geograficzną. Najniżej znajduje się ona na obszarach podbiegunowych (na poziomie morza), a najwyżej – w okolicach zwrotników (ok. 6000 m n.p.m.), gdzie opady są najmniejsze.



Granica wiecznego śniegu w różnych szerokościach geograficznych

Do czynników warunkujących powstawanie lodowców należą:

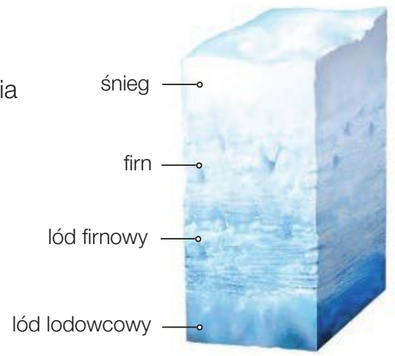
- **niska temperatura powietrza**,
- występowanie **opadów śniegu**,
- **rzeźba terenu** sprzyjająca gromadzeniu się śniegu.

Ze względu na budowę i lokalizację lodowce dzieli się na **lodowce górskie** i **lądolody**.

Powstawanie lodu lodowcowego

Lód tworzący lodowce nie jest po prostu zamarzniętą wodą. Proces jego powstawania zajmuje zwykle wiele lat.

1. Na powierzchni terenu gromadzi się śnieg.
2. Pod wpływem wielokrotnego zamarzania (nocą) i odmarzania (w dzień) płatki śniegu zamieniają się w ziarenka lodu – firn.
3. Pod wpływem nacisku kolejnych warstw śnieg topnieje, a spływająca woda zamarza i spaja lodowe ziarna w lód firnowy.
4. Coraz większy nacisk kolejnych warstw i wzrastające ciśnienie prowadzą do powstania lodu lodowcowego. Ma on właściwości masy plastycznej i może się powoli przesuwać.



Lodowce górskie

Lodowce górskie mają stosunkowo niewielkie rozmiary i zajmują głównie obniżenia terenu. Ruch lodu w tych lodowcach jest uwarunkowany nachyleniem i rzeźbą podłoża. **Pole firnowe**, czyli obszar gromadzenia się mas śnieżnych, znajduje się zazwyczaj w górnej części doliny górskiej. Podczas sukcesywnej dostawy śniegu lód lodowcowy występuje z pola firnowego, a następnie przemieszcza się w dół doliny w postaci **jęzora lodowcowego**.

Lodowce górskie zajmują tylko ok. 1% powierzchni lodowej na Ziemi. Najrozleglejsze z nich leżą w górach Alaski oraz w Azji (w Himalajach, Tienszanie i Karakorum). Występują też m.in. w Kordylierach, Andach, Alpach, Górach Skandynawskich czy na Kaukazie.

Czy wiesz, że…

W związku z globalnym ociepleniem klimatu do końca XXI w. z alpejskich lodowców może zniknąć 70–90% lodu. Niepokoi to nie tylko turystów, lecz także rolników. Woda z lodowców zasila bowiem rzeki płynące przez znaczną część kontynentu. Regresję lodowców górskich próbuje się spowolnić np. poprzez przykrywanie ich białymi płachtami zwiększającymi albedo.

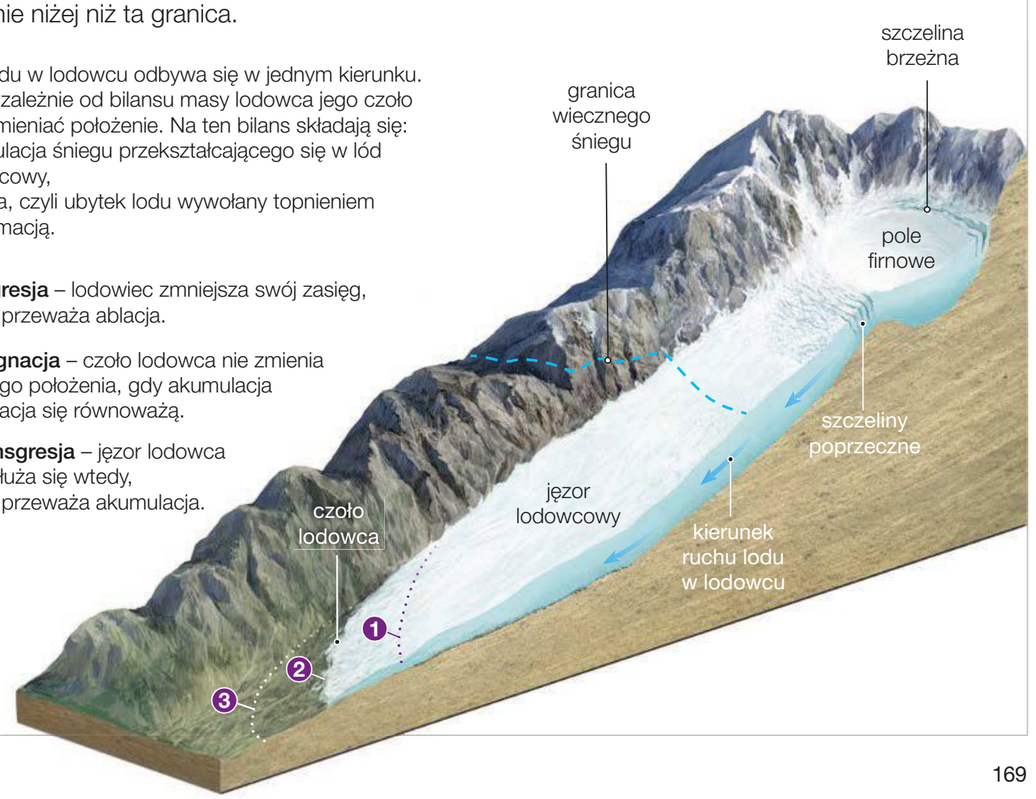
Budowa i ruch lodowca górskiego

Głównymi elementami lodowca górskiego są pole firnowe i jęzor lodowcowy. Aby lodowiec mógł istnieć, obszar jego zasilania musi się znajdować powyżej granicy wiecznego śniegu. Jęzor lodowcowy może spływać na tereny położone znacznie niżej niż ta granica.

Ruch lodu w lodowcu odbywa się w jednym kierunku. Jednak zależnie od bilansu masy lodowca jego czoło może zmieniać położenie. Na ten bilans składają się:

- akumulacja śniegu przekształcającego się w lód lodowcowy,
- ablacja, czyli ubytek lodu wywołany topnieniem i sublimacją.

1. **Regresja** – lodowiec zmniejsza swój zasięg, gdy przeważa ablacja.
2. **Stagnacja** – czoło lodowca nie zmienia swego położenia, gdy akumulacja i ablacja się równoważą.
3. **Transgresja** – jęzor lodowca wydłuża się wtedy, gdy przeważa akumulacja.

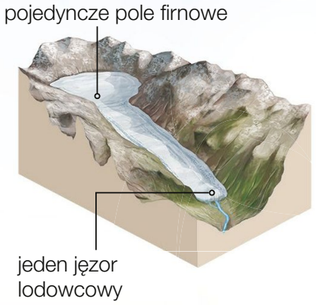


Typy lodowców górskich

Lodowce górskie, w zależności od ukształtowania powierzchni oraz od ilości opadów, przyjmują odmienne kształty i mają różne rozmiary. Na tej podstawie wyróżnia się kilka ich typów.

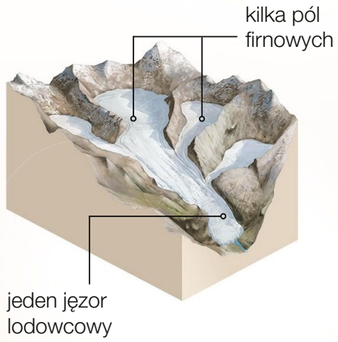
Lodowiec alpejski (dolinny)

Ma jedno pole firnowe i jeden długi język lodowcowy. Przykładem lodowca alpejskiego jest Glacier des Bossons [wym. glasie de bossą] znajdujący się w Alpach we Francji (fot.).



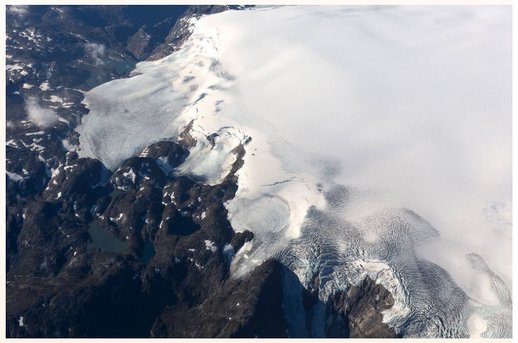
Lodowiec himalajski (dendrytyczny)

Powstaje z połączenia kilku mniejszych lodowców mających własne pola firnowe. Lodowce tego typu występują w Himalajach (fot.), Karakorum i Pamirze.



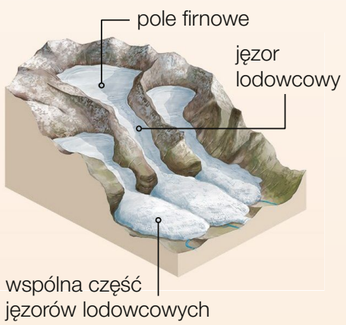
Lodowiec fieldowy (norweski)

Składa się z czapy lodowej i wypływających z niej krótkich języków lodowcowych. Lodowce fieldowe występują m.in. w Górach Skandynawskich (fot.).



Lodowiec piedmontowy (podgórski)

Powstaje na przedpolu gór w wyniku połączenia kilku języków lodowcowych wypływających z odrębnych pól firnowych. Przykładem lodowca piedmontowego jest Elephant Foot Glacier na Grenlandii (fot.).



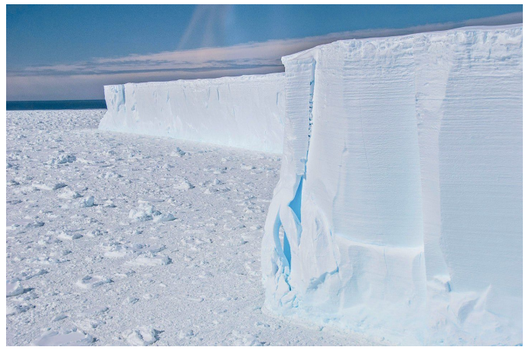
Lądolody

W odróżnieniu od lodowców górskich **lądolody** (lodowce kontynentalne) zajmują ogromne powierzchnie i tworzą olbrzymie, lekko wypukłe czasze lodowe. Śnieg gromadzi się głównie w centralnej ich części, a topnieje na obrzeżach. Lód przemieszcza się promieniście we wszystkich kierunkach od centrum lądolodu.

W plejstocenie, epoce, która zakończyła się ok. 11 tys. lat temu, na Ziemi istniały ogromne lądolody. Na przykład lądolód kanadyjski obejmował znaczną część Ameryki Północnej i sięgał maksymalnie do równoleżnika 40°N, a lądolód skandynawski, występujący na północy Europy – do równoleżnika 50°N.

Obecnie na Ziemi znajdują się dwa lądolody – na Antarktydzie i na Grenlandii. **Lądolód antarktyczny** zajmuje obszar ok. 14 mln km^2 i przykrywa niemal cały kontynent. Jego miąższość (grubość) dochodzi do 4,5 km. Lądolód antarktyczny skupia w sobie aż 90% światowych zasobów lodu. **Lądolód grenlandzki** jest znacznie mniejszy od lądolodu antarktycznego. Zajmuje powierzchnię 1,7 mln km^2, a jego maksymalna grubość dochodzi do 3,5 km. Skupia on w sobie ok. 9% światowych zasobów lodu.

Lądolody pokrywają nie tylko ląd. Po dotarciu do brzegu przemieszczają się po dnie, a następnie unoszą się na powierzchni wody. W taki sposób tworzą się **lodowce szelfowe** zakończone stromą ścianą – **barierą lodową**. U czoła lodowca szelfowego fragmenty lodu się odłamują (jest to tzw. cielenie się lodowca) i płyną jako **góry lodowe** niesione prądami morskimi ku niższym szerokościom geograficznym.



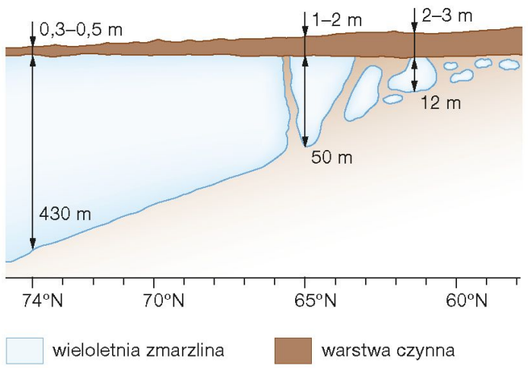
Jedną z największych i najwyższych barier lodowych (ponad 50 m wysokości) jest Bariera Lodowa Rossa. Bywa ona nazywana bramą Antarktydy.

Pokrywa lodowa na oceanach

W okolicach bieguna północnego Ocean Arktyczny pokrywają duże połacie dryfującego lodu tworzące **wielki pak polarny**. Grubość pokrywy lodowej waha się tam od 2 m do 5 m. Powierzchnia tej pokrywy lodowej zmienia się od ok. 14 mln km^2 zimą do 4–5 mln km^2 latem, ale z roku na rok jest coraz mniejsza. Wiąże się to z wieloma konsekwencjami. Opisano je na s. 172.

Czym jest wieloletnia zmarzlina?

Wieloletnia zmarzlina występuje na obszarach, na których w ciągu roku długo utrzymuje się ujemna temperatura powietrza, np. na Syberii i na Alasce. Jest to warstwa trwale zamarzniętego gruntu o grubości do kilkuset metrów. W ciepłej porze roku topnieje jedynie powierzchniowa warstwa wieloletniej zmarzliny (warstwa czynna). Woda nie może wsiąkać, więc grunt jest przesiąknięty wodą.



Miąższość (grubość) wieloletniej zmarzliny i warstwy czynnej w różnych szerokościach geograficznych.

Skutki zaniku pokrywy lodowej

Z obserwacji prowadzonych regularnie z wykorzystaniem satelitów od końca lat 70. XX w. wynika, że zasięg lodowców na obu półkulach się zmniejsza. Jest to spowodowane stopniowym wzrostem temperatury powietrza atmosferycznego w dolnych warstwach troposfery. Zanik pokrywy lodowej wywołuje wiele skutków ekologicznych, społecznych i gospodarczych.

Mieszkańcy Arktyki przez setki lat polowali na zwierzęta, których środowiskiem życia są kry, np. na foki. Zanik pokrywy lodowej przyczynia się do zmniejszenia populacji wielu gatunków i zmusza ludzi do przenoszenia się do miast w poszukiwaniu innych źródeł utrzymania.

Topnienie lodowców i coraz mniejsze zlodzenie Oceanu Arktycznego powodują, że szlaki morskie biegnące przez Arktykę stają się bardziej dostępne. Dzięki temu statki mogą płynąć ze wschodnich wybrzeży Ameryki Północnej do Azji drogą krótszą o ok. 4 tys. km.

Topnienie lodu na Oceanie Arktycznym zwiększa dostęp do surowców mineralnych zalegających pod dnem tego akwenu. Według szacunków znajdujące się tam złoża ropy naftowej mogą stanowić nawet 30% światowych zasobów tego surowca.

Zadania

1. Wymień trzy czynniki warunkujące powstawanie lodowców górskich.
2. Omów proces przekształcania śniegu w lód lodowcowy.
3. Podaj dwie różnice między lodowcem górskim a lądolodem.
* 4. Na podstawie dodatkowych źródeł informacji wyjaśnij, jakie zmiany w środowisku przyrodniczym może wywołać zanikanie pokrywy lodowej.

6 Wody podziemne

Ważne na tej lekcji!

- warunki występowania wód podziemnych
- rodzaje wód podziemnych
- powstawanie źródeł
- znaczenie gospodarcze wód podziemnych

Wody, które występują pod powierzchnią ziemi, a także te, które wypełniają pory i szczeliny skalne oraz wolne przestrzenie między skałami, określa się wspólnym mianem **wód podziemnych**. Stanowią one aż 30% zasobów wody słodkiej na naszej planecie.

Warunki występowania wód podziemnych

Wody podziemne pochodzą z opadów atmosferycznych, topniejącego śniegu i lodu oraz z pary wodnej zawartej w powietrzu. Pod wpływem grawitacji wsiąkają lub spływają szczelinami w coraz to niższe miejsca litosfery. Ponadto zalegają na różnych głębokościach i mają odmienne właściwości fizykochemiczne. Ilość wód podziemnych, ich jakość oraz sposób zalegania zależą od:

- wielkości opadów atmosferycznych,
- gęstości sieci wód powierzchniowych,
- rodzaju skał i ich ułożenia.

Wody podziemne czasami gromadzą się w zbiornikach wewnątrz jaskiń, np. w Sistema Dos Ojos [wym. sistema dos ohos] w Meksyku.

Od ostatniego z wymienionych czynników zależy **infiltracja**, czyli grawitacyjne przemieszczanie się wód z powierzchni terenu w głąb. Woda najlepiej infiltruje przez skały luźne: piaski i żwiry. Niektóre skały (np. iły) chłoną wodę, ale są nieprzepuszczalne. Skały lite (np. granit) ani nie chłoną wody, ani jej nie przepuszczają. Woda może się gromadzić jedynie w ich szczelinach.

Podział wód podziemnych ze względu na pochodzenie

Wody	Charakterystyka
infiltracyjne	Tworzą się na skutek przesiąkania do ziemi wód opadowych, roztopowych i powierzchniowych (znajdujących się w rzekach i jeziorach).
juwenilne	Powstają na obszarach aktywnych wulkanicznie na skutek kondensacji pary wodnej zawartej w magmie. Odznaczają się bardzo wysoką temperaturą i są silnie zmineralizowane. Na powierzchnię wydostają się tylko czasami – mają wtedy postać gejzerów i gorących źródeł.
kondensacyjne	Powstają w wyniku kondensacji pary wodnej na powierzchni ziemi lub w glebie. Zwykle mają niewielki udział w zasobach wód podziemnych danego obszaru. Mogą stanowić do 50% ogólnej ilości wód podziemnych jedynie na obszarach suchych, o dużych dobowych wahaniach temperatury powietrza.
reliktowe	Zgromadziły się w minionych epokach geologicznych (pozostały po istniejących niegdyś morzach lub jeziorach). Występują na znacznych głębokościach, dlatego nie biorą udziału w cyklu hydrologicznym.

Strefa aeracji i strefa saturacji

Bezpośrednio pod powierzchnią ziemi znajduje się **strefa aeracji**. Tworzy ją warstwa skał przepuszczalnych, przez którą woda przesącza się i wypełnia tylko niewielką część wolnych przestrzeni – w pozostałych znajduje się powietrze atmosferyczne. Ze strefy aeracji woda przenika głębiej. Zatrzymuje się wtedy, gdy natrafia na warstwę skał nieprzepuszczalnych. Wówczas wypełnia wszystkie wolne przestrzenie w skałach powyżej tej warstwy i tworzy **strefę saturacji – warstwę wodonośną**. Zależnie od rodzaju przestrzeni wypełnianych przez wodę w warstwie wodonośnej wyróżnia się:

- **wody porowe**, wypełniające przestrzenie między ziarnami skał, np. żwirów i piasków,
- **wody szczelinowe,** które znajdują się w spękaniach skał (szczelinach),
- **wody krasowe**, wypełniające pustki w skałach podlegających procesom krasowym,
- **wody złożone**, np. porowo-szczelinowe.

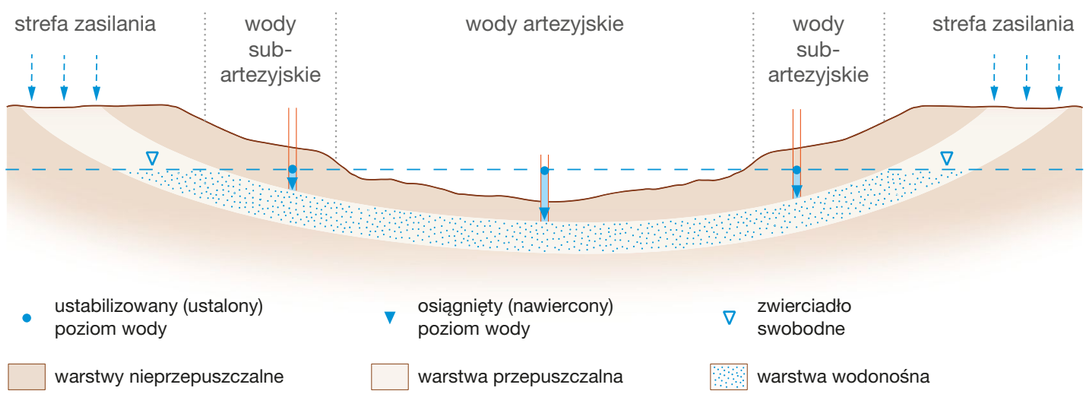
Górną granicę warstwy wodonośnej stanowi **zwierciadło wód podziemnych**. Może być ono:

- **swobodne** – nieograniczone od góry warstwą nieprzepuszczalną,
- **napięte** – ograniczone od góry warstwą nieprzepuszczalną, która uniemożliwia podniesienie się poziomu zwierciadła wody.

Wody artezyjskie i subartezyjskie

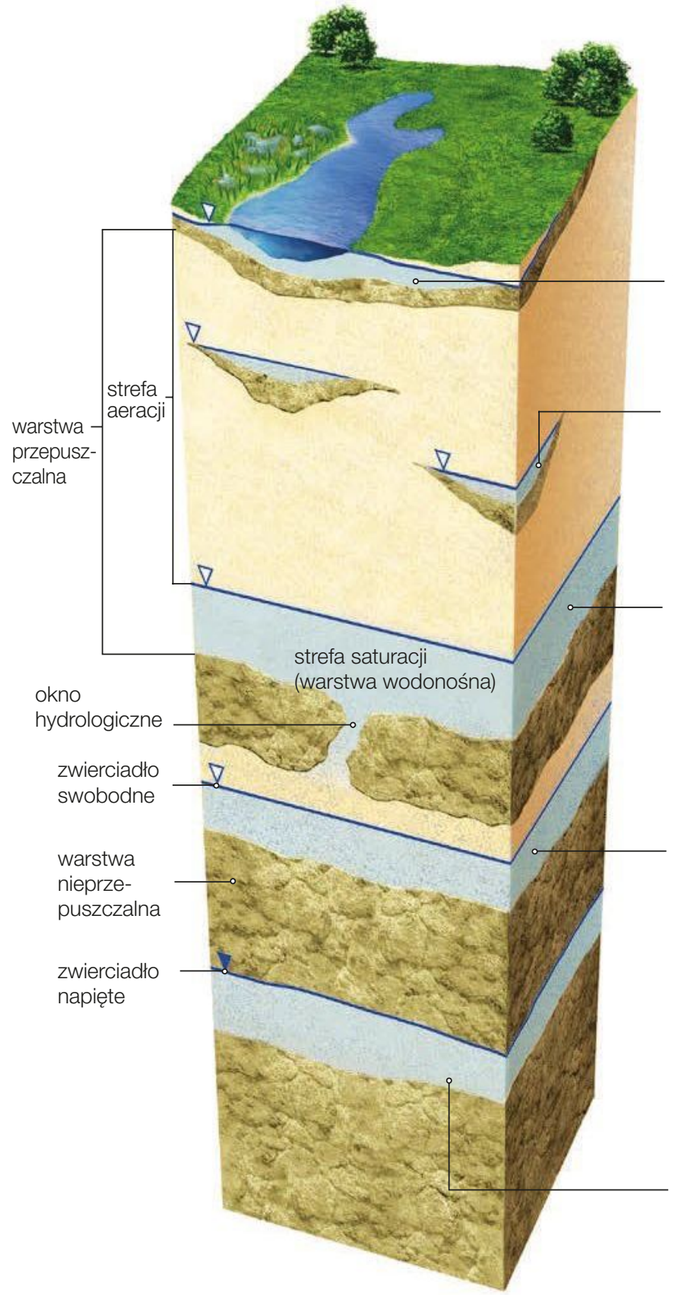
Na obszarach, na których warstwa wodonośna znajduje się pomiędzy nieckowato ułożonymi warstwami skał nieprzepuszczalnych, występują wody artezyjskie. Są one zasilane wodami opadowymi na obszarach położonych wyżej niż dno niecki, dlatego w warstwie wodonośnej występuje wysokie ciśnienie hydrostatyczne. To ono sprawia, że po przewierceniu skały nieprzepuszczalnej i wywierceniu studni wody artezyjskie wypływają samoczynnie na powierzchnię. Gdy poziom wody w studni się podnosi, ale woda nie wypływa na powierzchnię, mówi się o wodach subartezyjskich.

Największe obszary występowania wód artezyjskich znajdują się w Australii. Nazywa się je tam basenami artezyjskimi.



Wody podziemne na różnych głębokościach

Wody podziemne zalegają na różnych głębokościach. Z tego względu dzieli się je na wody przypowierzchniowe (zaskórne), wody gruntowe, wody wgłębne i wody głębinowe.



Wody przypowierzchniowe (zaskórne) występują płytko pod powierzchnią ziemi, dlatego pozostają pod bezpośrednim wpływem warunków pogodowych (temperatury powietrza i opadów atmosferycznych). Lokalnie mogą tworzyć zabagnienia. Często są silnie zanieczyszczone rozkładającymi się substancjami organicznymi i nie nadają się do celów spożywczych.

wody zawieszone

Wody gruntowe są oddzielone od powierzchni terenu strefą aeracji, dlatego czynniki atmosferyczne wywierają na nie niewielki wpływ. Mają zazwyczaj swobodne zwierciadło wykazujące znaczne wahania okresowe, szczególnie po długotrwałych opadach lub suszy. Wody gruntowe podczas przesiąkania przez warstwę skał przepuszczalnych ulegają naturalnemu oczyszczeniu, co sprawia, że mogą być wykorzystywane do celów spożywczych. Występują nawet kilkadziesiąt metrów pod ziemią.

Wody wgłębne znajdują się w warstwach wodonośnych przykrytych skałami nieprzepuszczalnymi, przez co ich zasilanie najczęściej odbywa się w miejscach, gdzie dana warstwa sięga powierzchni. Mogą być one także zasilane wodami spływającymi przez tzw. okna hydrologiczne, czyli przerwy w warstwach skał nieprzepuszczalnych. Czasami wody wgłębne znajdują się pod ciśnieniem hydrostatycznym.

Wody głębinowe zalegają bardzo głęboko pod powierzchnią ziemi i są od niej całkowicie odizolowane wieloma warstwami skał nieprzepuszczalnych. To na ogół wody reliktowe, które nie biorą udziału w cyklu hydrologicznym. Należą do wód nieodnawialnych, a ich ilość jest stała.

W Twoim regionie

Jak opisać wody podziemne występujące w Twoim regionie?

Badaniem zasobów wód podziemnych występujących na danym obszarze zajmują się hydrogeolodzy. Dzięki ich pracy możesz opisać wody podziemne występujące w Twojej okolicy. Niezbędne informacje znajdziesz np. na stronie Państwowego Instytutu Geologicznego.

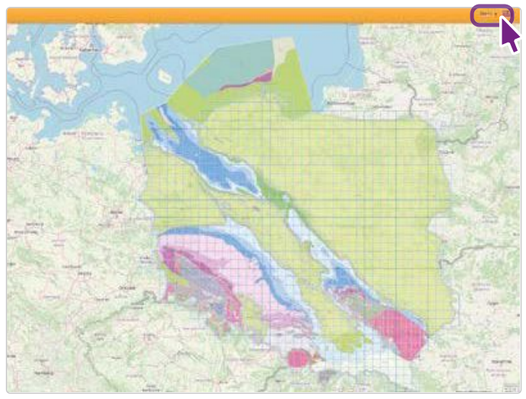
1 Zastanów się, jakie informacje będą Ci potrzebne, aby opisać wody podziemne.

Skorzystaj z zamieszczonej instrukcji, a następnie odpowiedz na poniższe pytania.

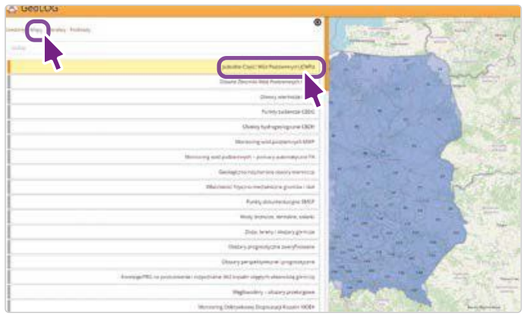
- Ile warstw wodonośnych występuje w Twoim regionie?
- Jakie rodzaje wód podziemnych występują w warstwach wodonośnych?
- Na jakiej głębokości występują wody podziemne w poszczególnych warstwach wodonośnych?
- Jakiego rodzaju zwierciadło wody występuje w poszczególnych warstwach wodonośnych?
- W jakich skałach (rodzaj i wiek geologiczny) znajdują się kolejne warstwy wodonośne?
- Ile wody pobiera się rocznie w Twoim regionie (m.in. dla ludności i przemysłu)?
- Jak duże są zasoby wód podziemnych, którymi można gospodarować? W jakim stopniu się je wykorzystuje?
- Jaki jest stan ilościowy i jakościowy wód podziemnych w Twoim regionie?

2 Odszukaj dane hydrogeologiczne.

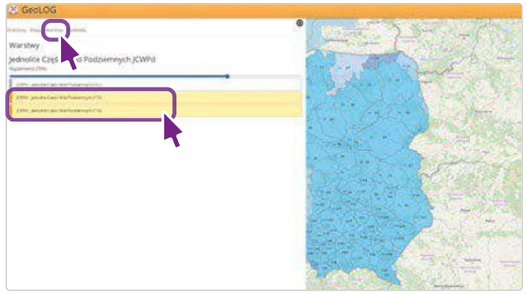
- Wejdź na stronę **https://geolog.pgi.gov.pl/**. Kliknij przycisk Menu, a następnie – Konfiguracja.



- Wybierz zakładkę Mapy i zaznacz Jednolite Części Wód Podziemnych JCWPd. Odznacz pozostałe mapy.



- Wybierz zakładkę Warstwy. Zaznacz JCWPd – Jednolite Części Wód Podziemnych (172) oraz JCWPd – Jednolite Części Wód Podziemnych (174). Przejdź do mapy.



- Znajdź na mapie miejsce, w którym mieszkasz. Kliknij w nie lewym przyciskiem myszy, a następnie – szybko prawym. Dotrzesz do plików PDF z danymi z lat 2016–2021 oraz 2022–2027. Dzięki informacjom z obu źródeł możesz dokładnie opisać wody podziemne w Twoim regionie.

3 Przeanalizuj dane hydrologiczne z lat 2016–2021.

W dokumencie (karcie informacyjnej) znajdziesz wiele danych dotyczących wód podziemnych.

- Z części *Hydrogeologia* dowiesz się, ile warstw wodonośnych występuje w Twoim regionie ① i czym się one charakteryzują. Zdobędziesz informacje dotyczące przede wszystkim:
  - rodzaju wód podziemnych znajdujących się w poszczególnych warstwach ②,
  - głębokości, na której występują w nich wody podziemne ③,
  - rodzaju zwierciadła wody (swobodne lub napięte) ④,
  - rodzaju skał, w których znajduje się dana warstwa wodonośna ⑤,
  - okresu geologicznego, z którego te skały pochodzą ⑥.

Obszar bilansowy	G-7 Fryba; G-6 Brda; G-5 Struga Toruńska; G-4 Zielona Struga; G-3 Drwęca			
Region hydrogeologiczny (Paczyński, 1995)	I – mazowiecki, V – pomorski, VI - wielkopolski			
Zagospodarowanie terenu (źródło: warstwa Corin Land Cover)				
% obszarów antropogenicznych	26,42			
% obszarów rolnych	35,38			
% obszarów leśnych i zielonych	31,99			
% obszarów podmokłych	0,00			
% obszarów wodnych	6,20			
HYDROGEOLOGIA				
① Liczba pięter wodonośnych	3			
Charakterystyka pięter wodonośnych (od powierzchni terenu)				
⑥ Stratygrafia	⑤ Litologia	Charakterystyka wodonośca	②	
czwartorzęd	piaski+żwiry	porowy		
④ Charakter zwierciadła wody	Głębokość występowania warstw wodonośnych poziomu; od – do [m]		③	
częściowo napięte	0.5-50			
Parametry hydrogeologiczne warstwy wodonośnej				
Piętro czwartorzędowe	miąższość od –do	wsp. filtracji od -do	przewodność	odsączalność/ zasobność sprężysta średnia
	[m]	[m/h]	[m²/h]	
	1-40	0,83-1,25	8.33-62.5	bd
Typy chemiczne wód podziemnych (naturalne/ odbiegające od typów naturalnych)				
Typy naturalne: HCO_3-Ca (wody wodorowęglanowo -wapniowe) Typy odbiegające od naturalnych: HCO_3-Na (wody wodorowęglanowo -sodowe) HCO_3-SO_4-Ca-Na (wody wodorowęglanowo –siarczanowo-wapniowo-sodowe), HCO_3-SO_4-Cl-Ca-Na (wody wodorowęglanowo –siarczanowo-chlorkowo-wapniowo-sodowe)				
Piętro neogeńskie	Stratygrafia	Litologia	Charakterystyka wodonośca	
	neogen	żwiry, piaski średnioziarniste, piaski drobnoziarniste, piaski pylowate	porowy	
	Charakter zwierciadła wody	Głębokość występowania warstw wodonośnych poziomu; od – do [m]		
	napięte	10-90		
	Parametry hydrogeologiczne warstwy wodonośnej			
	miąższość od –do	wsp. filtracji od -do	przewodność	odsączalność/ zasobność sprężysta średnia
	[m]	[m/h]	[m²/h]	
	3-60	0.042-1.167	0.833-20.83	bd

- W końcowej części dokumentu (*Antropopresja*) znajdziesz informacje dotyczące np.:
  - ilości wody pobieranej rocznie w Twoim regionie (dla ludności, przemysłu i do innych celów) ⑦,
  - zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania ⑧ i stopnia ich wykorzystania ⑨,
  - oceny stanu ilościowego i jakościowego wód podziemnych w Twoim regionie ⑩.

Antropopresja		
Leje depresji (lej regionalny-lokalny) związane z poborem wód podziemnych, odwodnieniami kopalnianymi, wpływem aglomeracji itp. (źródło: Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000. Aktualizacja warstw informacyjnych bazy danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski "hydrodynamika głównego użytkowego poziomu wodonośnego (GUPW) i pierwszego poziomu wodonośnego (PPW)", 2012.)	Leje depresji związane z poborem wód podziemnych oraz wpływem aglomeracji - mają one charakter lokalny	
Ingresja lub ascenzja wód słonych do wód podziemnych	Brak	
Sztuczne odnawianie zasobów	Brak	
Pobór wód [tys m³ rok] – pobór rejestrowany-2011 r.		
dla zaopatrzenia ludności w wodę, przemysłu i inne ⑦	11 737,71	
z odwodnienia kopalnianego	-	
Zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania [m³/d]		
zasoby ⑧	53360	
% wykorzystania zasobów ⑨	60,3	
Obszarowe źródła zanieczyszczeń		
Obszary szczególnie narażone na zanieczyszczenia azotanami pochodzenia rolniczego (źródło: warstwa GIS – OSN (Obszary Szczególnie Narażone))	Brak	
Obszary zurbanizowane	Miasta o liczbie mieszkańców od 10 tys. do 50 tys.	Solec Kujawski
	Miasta o liczbie mieszkańców od 50 tys. do 200 tys.	-
	Miasta o liczbie mieszkańców powyżej 200 tys.	Toruń, Bydgoszcz
Ocena stanu JCWPd, 2012r.		
Stan ilościowy ⑩	dobry	
Stan chemiczny	dobry	
Ogólna ocena stanu JCWPd	dobry	

4 Aby zapoznać się z najnowszymi danymi, przeanalizuj plik PDF dotyczący lat 2022–2027.

Nie ma w nim wszystkich informacji z pliku dla lat 2016–2021, jednak zawiera on m.in. najnowszą ocenę stanu wód podziemnych oraz dane o ich poborze.

2. OCENA STANU JCWPd	
Czy JCWPd jest monitorowana?	Tak
Ocena stanu (2019) wg Rozporządzenia MGMiŚ z dnia 11.10.2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2019 poz. 2148)	
Stan chemiczny	dobry
Stan ilościowy	dobry
Stan JCWPd	dobry
Wskaźniki determinujące stan JCWPd	
Stan chemiczny	nie dotyczy
Stan ilościowy	nie dotyczy

Przykład

Opisz wody podziemne występujące w rejonie Krynicy Morskiej.

W rejonie Krynicy Morskiej występuje jedna warstwa wodonośna. Zwierciadło wód podziemnych w tej warstwie jest swobodne. Występują tam wody porowe zalegające na głębokości od 1 m do 10 m. Warstwa wodonośna znajduje się w piaskach pochodzących z holocenu i plejstocenu. Na potrzeby ludności (dla przemysłu i do innych celów) w 2011 r. pobrano w tym rejonie 333,66 tys. m^3 wody, a zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania wynoszą 5676 m^3 na dobę (wykorzystuje się średnio 16,1% z nich). Stan ilościowy wód podziemnych w rejonie Krynicy Morskiej jest dobry, lecz ich jakość – słaba.

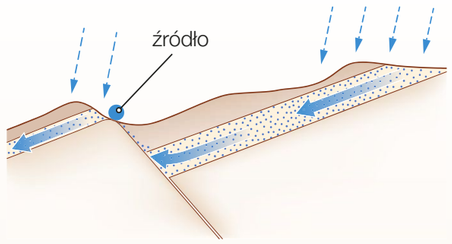
Powstawanie źródeł

Źródła to miejsca, w których wody podziemne wypływają na powierzchnię. Ten wypływ może być spowodowany siłą grawitacji lub ciśnieniem hydrostatycznym. W pierwszym przypadku woda spływa w miejsca położone niżej (źródła zstępujące), a w drugim jest wypychana ku górze (źródła wstępujące). W zależności od rodzaju przewodów wyprowadzających wodę na powierzchnię terenu wyróżnia się źródła uskokowe, warstwowe, krasowe i szczelinowe.

Źródła krasowe odznaczają się dużą wydajnością. Jednym z najwydajniejszych jest wywierzysko Vaucluse [wym. voklyz] we Francji – ok. 120 m^3/s.

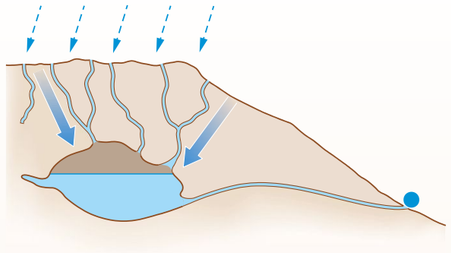
Źródła uskokowe

Powstają, gdy obsunięta warstwa skał nieprzepuszczalnych ograniczy ruch wód podziemnych. Woda wypływa na powierzchnię szczeliną uskoku pod wpływem ciśnienia hydrostatycznego.



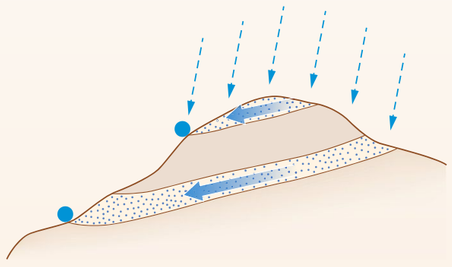
Źródła krasowe

Powstają w skałach podlegających krasowieniu przez przesiąkające i krążące w nich wody. Źródła krasowe o dużej wydajności, które dają początek ciekom powierzchniowym, nazywa się wywierzyskami.



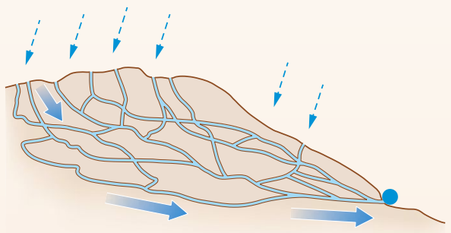
Źródła warstwowe

Powstają na granicy warstwy przepuszczalnej i nieprzepuszczalnej, w miejscu przecięcia się tych warstw z powierzchnią terenu.



Źródła szczelinowe

Woda wypływa ze szczelin pod wpływem siły grawitacji lub ciśnienia hydrostatycznego, zależnie od układu szczelin.



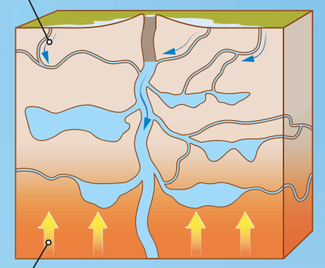
? *Wyjaśnij, dlaczego w górach występuje wiele źródeł.*

Gejzery

Gejzery to szczególne rodzaje źródeł. Występują na obszarach czynnych wulkanicznie, m.in. w Stanach Zjednoczonych, Nowej Zelandii, na Islandii oraz na Kamczatce. Na takich obszarach ogniska magmowe podgrzewają wodę gromadzącą się w podziemnych komorach. Wrząca woda i para wodna są wyrzucane pod ciśnieniem na wysokość nawet kilkudziesięciu metrów w regularnych odstępach czasu.

1 Woda na większej głębokości szybko się podgrzewa. Ponieważ jednak znajduje się pod ciśnieniem wysokiego słupa wody, nie wrze mimo temperatury przekraczającej 110°C.

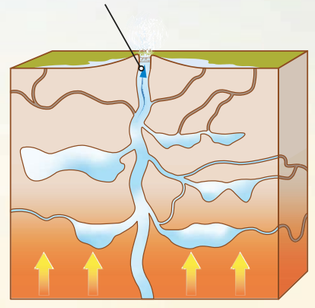
Po każdym wybuchu gejzeru schłodzona woda spływa do podziemnych komór szczelinami.



Ciepło jest nieustannie dostarczane z ogniska magmowego.

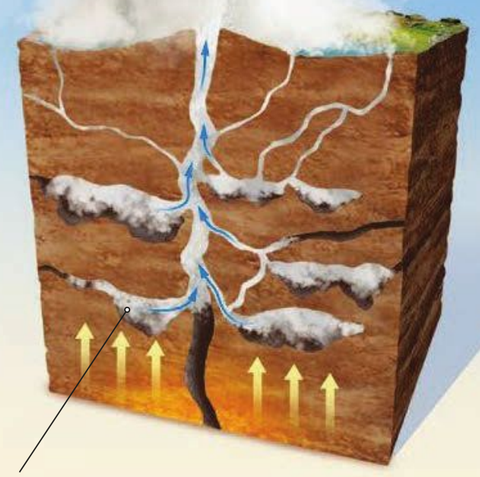
2 Woda w górnej części gejzeru jest podgrzewana wolniej niż w jego dolnej części. Gdy jednak osiągnie temperaturę wrzenia, zaczyna wypływać na powierzchnię, a ciśnienie w przewodzie gejzeru się obniża.

Wrząca woda i para wodna zaczynają wydostawać się na powierzchnię.



3 Spadek ciśnienia sprawia, że woda w głębszych komorach szybko zamienia się w parę wodną i gwałtownie wypycha znajdującą się wyżej wrzącą wodę na powierzchnię.

Słup wrzącej wody i gorącej pary wodnej tworzy efektowną fontannę, osiągającą nieraz 70 m wysokości.



W podziemnych komorach woda podczas przechodzenia ze stanu ciekłego w gazowy zwiększa swoją objętość, dlatego jej wyrzut jest tak gwałtowny.

Rodzaje wód mineralnych

Nazwa	Związki chemiczne
Wody siarczanowe i siarczkowe	siarczki lub siarczany sodu i wapnia oraz siarkowodór
Szczawy	dwutlenek węgla, wodorowęglany wapnia i sodu (szczawy alkaliczne) lub związki żelaza (szczawy żelaziste)
Solanki	sól kamienna w ilości ponad 15 g/l, sole magnezu, jodu oraz bromu
Wody radoczynne	niewielkie ilości pierwiastków promieniotwórczych

Mineralizacja wód podziemnych

Wody podziemne zawsze zawierają pewną ilość związków mineralnych. Jeżeli w 1 l wody podziemnej znajduje się co najmniej 1 g rozpuszczonych związków mineralnych, mówi się o **wodach mineralnych**. W zależności od rodzaju rozpuszczonych związków noszą one inne nazwy. Przedstawia to powyższa tabela.

Do określenia zawartości węglanu wapnia i węglanu magnezu w wodzie używa się terminu **twardość wody**. Wody podziemne zawierające mniej niż 0,08 g/l tych związków to **wody miękkie**, te zaś, które zawierają ponad 0,2 g/l – **wody twarde**. Woda o wysokiej twardości używana do gotowania pozostawia na naczyniach wapienny osad.

Temperatura wód podziemnych

Wody podziemne mają różną temperaturę – od ok. 0°C wysoko w górach do ponad 100°C na obszarach wulkanicznych. Dobowe i roczne zmiany temperatury są typowe dla płytko zalegających wód podziemnych. Podczas mroźnych zim mogą one nawet zamarzać. Wody zalegające głębiej wykazują jedynie niewielkie roczne wahania temperatury.

Właściwości wód termalnych islandzkiego basenu Bláa Lónið [wym. blała lonid] sprawiają, że wykorzystuje się je nie tylko do kąpieli, lecz także do produkcji energii elektrycznej oraz ogrzewania mieszkań.

Temperatura wód podziemnych wzrasta o 1°C na każde 35 m głębokości. Jeżeli temperatura wód wypływających na powierzchnię przewyższa średnią roczną temperaturę powietrza na danym obszarze, nazywa się je **wodami termalnymi**. Wypływają one ze źródeł termalnych – **term** (inaczej cieplic).

Gospodarcze znaczenie wód podziemnych

Wody podziemne mają duże znaczenie gospodarcze. Wody słodkie znajdują zastosowanie zarówno w gospodarstwach domowych, jak i w przemyśle. Wody mineralne służą **do celów spożywczych**, np. do produkcji napojów. Mają też **właściwości lecznicze**. W uzdrowiskach wykorzystuje się je nie tylko do picia, lecz także do kąpieli oraz inhalacji.

Do **celów grzewczych i energetycznych** używa się z kolei wód termalnych. Najwięcej energii uzyskują z nich Stany Zjednoczone. Znaczną część energii wytwarza się w ten sposób również w Islandii, zwłaszcza w Reykjavíku. Aż 98% mieszkań w tym mieście jest ogrzewanych za pomocą energii pochodzącej z **elektrociepłowni geotermalnych**.

Zadania

1. Opisz w zeszycie pochodzenie wód reliktowych i wymień ich główne cechy.
2. Wyjaśnij mechanizm funkcjonowania gejzerów.
3. Podaj trzy przykłady zastosowania wód podziemnych w gospodarce.

Podsumowanie

- Wodna powłoka naszej planety to **hydrosfera**. Tworzą ją wody atmosferyczne, wody powierzchniowe i wody podziemne.
- Około 96,5% wszystkich **zasobów wodnych Ziemi** stanowią wody mórz i oceanów. Oprócz mórz i oceanów woda jest zgromadzona: w lodowcach, pod ziemią, w wieloletniej zmarzlinie, jeziorach, glebie, atmosferze, w bagnach i rzekach oraz w organizmach.
- **Wszechocean** (ocean światowy) zajmuje 71% powierzchni Ziemi. Tworzy go pięć oceanów:
  – Ocean Spokojny (Pacyfik),
  – Ocean Atlantycki (Atlantyk),
  – Ocean Indyjski,
  – Ocean Arktyczny,
  – Ocean Południowy.
- **Morze** to przybrzeżna część oceanu, która jest oddzielona od otwartych wód oceanicznych łańcuchem wysp, półwyspem lub podwodnym progiem.
- **Zatoka** to część oceanu, morza lub jeziora wcinająca się głęboko w ląd i odznaczająca się swobodną wymianą wód ze zbiornikiem wodnym.
- **Cieśniną** nazywa się zwężenie powierzchni wodnej między lądami łączące dwa akweny.
- Podstawowymi **składnikami wody morskiej** są:
  – tlen i wodór, budujące cząsteczki wody,
  – chlor i sód, które tworzą sól morską.
- **Temperatura powierzchniowych wód oceanicznych** zależy głównie od szerokości geograficznej.
- **Zasolenie** to zawartość soli w wodzie. Solami rozpuszczonymi w wodzie morskiej są głównie chlorki oraz siarczany. Przeciętne zasolenie powierzchniowych wód oceanów wynosi 35‰. Jego zróżnicowanie przestrzenne zależy głównie od intensywności parowania (uwarunkowanej temperaturą wody i powietrza) oraz dostaw wody słodkiej (głównie z opadów i rzek).
- Głównymi źródłami **zanieczyszczenia wody** w morzach i oceanach są:
  – rzeki, które odprowadzają zanieczyszczenia pochodzące z lądu,
  – statki usuwające odpady na pełnym morzu,
  – awarie zbiornikowców,
  – awarie platform wiertniczych i ropociągów.
- **Upwelling** polega na powolnym wynoszeniu na powierzchnię zimnych wód głębinowych. Opadanie ciepłych wód powierzchniowych w głąb nosi nazwę **downwellingu**.

Upwelling

przybrzeżny	równikowy
Jest najintensywniejszy w strefach występowania pasatów, które powodują, że wody powierzchniowe odpływają od wybrzeży i są zastępowane przez wody głębinowe.	Wywołują go Prąd Północnorównikowy i Prąd Południoworównikowy, które rozsuwają powierzchniową warstwę wody i umożliwiają napływanie wody z głębin.

- **Prądy morskie** to poziome ruchy wód morskich wywoływane:
  – występowaniem stałych wiatrów w dolnych partiach troposfery,
  – różnicami gęstości wód oceanicznych,
  – zróżnicowaniem poziomu wód oceanicznych.

Prądy morskie

Prądy ciepłe	Prądy zimne
Niosą wody cieplejsze od wód, które je otaczają.	Niosą wody zimniejsze od wód, które je otaczają.
Płyną zwykle od niższych szerokości geograficznych ku wyższym.	Płyną zwykle od wyższych szerokości geograficznych ku niższym.
Powodują wzrost temperatury powietrza oraz ilości opadów na wybrzeżach, które opływają.	Przyczyniają się do obniżenia temperatury powietrza i zmniejszenia ilości opadów atmosferycznych.

- Prądy morskie istotnie wpływają **na gospodarczą działalność człowieka**, np. na żeglugę, rybołówstwo i rolnictwo.
- **Oscylacja Południowa El Niño** to specyficzna cyrkulacja oceaniczno-atmosferyczna zachodząca w strefie okołorównikowej. ENSO obejmuje dwie przeciwstawne fazy:
  – zimną (La Niña),
  – ciepłą (El Niño).

- ENSO wpływa pośrednio na **klimat całej kuli ziemskiej**, a tym samym – na środowisko przyrodnicze oraz na życie i gospodarkę człowieka.
- **Falowanie** to poziomy ruch wody morskiej wywoływany głównie przez wiatr. Kierunek rozchodzenia się fal pokrywa się z kierunkiem wiania wiatru, a intensywność falowania zależy od jego prędkości.
- **Tsunami** to rodzaj fali, która powstaje najczęściej wskutek podwodnego trzęsienia ziemi. Na otwartym oceanie tsunami ma małą wysokość, znaczną długość i dużą prędkość. Gdy dociera do brzegu, jego czoło wyhamowuje, wskutek czego wysokość fali gwałtownie wzrasta.
- **Rzeka** to duży ciek wodny, który płynie utworzonym przez siebie korytem po powierzchni ziemi pod wpływem siły grawitacji.
- Początkiem rzeki jest zwykle **źródło** – miejsce naturalnego wypływu wód podziemnych na powierzchnię. Rzeka kończy się **ujściem**, czyli miejscem, w którym wody rzeki wpływają do zbiornika wodnego lub do innej rzeki.
- Rzeka, która uchodzi bezpośrednio do morza lub do innego zbiornika wodnego, to **rzeka główna**. Rzeka główna wraz ze swoimi dopływami tworzy **system rzeczny**.
- Obszar odwadniany przez system rzeczny to **dorzecze**. Wszystkie dorzecza, z których wody spływają do jednego morza, składają się na jego **zlewisko**.
- Granicę między dwoma sąsiadującymi ze sobą dorzeczami lub zlewiskami stanowi **dział wodny** (wododział).

Podział rzek ze względu na ciągłość zasilania

Nazwa	Charakterystyka
Rzeki stałe	Są zasilane w sposób ciągły i prowadzą wodę w korycie przez cały rok.
Rzeki okresowe (periodyczne)	Prowadzą wodę regularnie, ale tylko w porze deszczowej.
Rzeki epizodyczne	Prowadzą wodę tylko po sporadycznych opadach deszczu, ich koryta zwykle są suche.

- Na **zróżnicowanie sieci rzecznej** na Ziemi wpływają przede wszystkim warunki klimatyczne, ukształtowanie powierzchni oraz budowa geologiczna.
- Mianem **przepływu** określa się ilość wody przepływającej przez przekrój poprzeczny koryta w jednostce czasu.
- **Stan wody** w rzece to wysokość zwierciadła wody w korycie rzeki względem umownie przyjętego poziomu odniesienia. Niski stan wody w rzece to **niżówka**, a wysoki – **wezbranie**.
- **Ustrój rzeki** to ustalony na podstawie wieloletnich obserwacji rytm wahań jej przepływów oraz stanów wody. Jest on związany z rodzajem zasilania i zlodzeniem.

Ustroje rzeczne

ustrój prosty deszczowy	ustrój prosty śnieżny	ustrój prosty lodowcowy	ustrój złożony
Zasilanie odbywa się głównie poprzez wody opadowe. Wahania stanów wody zależą od rocznego rytmu opadów atmosferycznych.	Kulminacja przepływów występuje na wiosnę, gdy topnieje pokrywa śnieżna. Latem przepływy maleją, a najniższe są jesienią.	Najwyższe stany wody oraz wysokie przepływy występują latem, podczas intensywnego topnienia lodowców górskich.	Znaczący udział w zasilaniu rzeki mają co najmniej dwa źródła, np. opady i topnienie pokrywy śnieżnej.

ustrój deszczowy równikowy	ustrój deszczowy podrównikowy	ustrój deszczowy monsunowy	ustrój deszczowy śródziemnomorski	ustrój deszczowy oceaniczny
Wysokie przepływy utrzymują się przez cały rok.	Wysokie przepływy występują w porze deszczowej, a niskie – w suchej.	Wysokie przepływy występują podczas monsunu letniego, a niskie – zimowego.	Wyższe przepływy (ze względu na większe opady) występują zimą.	Zwiększone parowanie sprawia, że mniejsze przepływy występują latem.

Typy genetyczne jezior

jeziora tektoniczne	jeziora reliktowe	jeziora polodowcowe	jeziora meteorytowe
Tworzą się w zagłębieniach powstałych wskutek ruchów skorupy ziemskiej, np. w rowach tektonicznych.	Tworzą się w wyniku odcięcia części dawnych mórz wskutek uniesienia się fragmentu skorupy ziemskiej lub obniżania się poziomu morza.	Powstają w zagłębieniach utworzonych w wyniku działalności lodowców górskich i lądolodów lub wód roztopowych.	Znajdują się w kraterach powstałych wskutek uderzenia meteorytów w powierzchnię Ziemi.

jeziora wulkaniczne	jeziora deltowe	starorzecza	jeziora przybrzeżne	jeziora krasowe
Występują w kraterach i kalderach nieczynnych wulkanów.	Tworzą się w zagłębieniach w obrębie delt rzecznych.	Są fragmentami dawnych koryt rzecznych odciętych od głównego nurtu rzeki.	Powstają wskutek odcięcia zatoki morskiej przez mierzeję.	Występują w zagłębieniach utworzonych w krasowiejących skałach.

- **Jezioro** to naturalne zagłębienie terenu wypełnione wodą i pozbawione swobodnej wymiany wód z wszechoceanem.
- **Powstawanie jezior** zależy od:
  - procesów kształtujących powierzchnię Ziemi, w których wyniku dochodzi do utworzenia misy jeziornej,
  - warunków klimatycznych regulujących wypełnianie zagłębienia wodą,
  - rodzaju skał budujących podłoże (warunkuje on zatrzymywanie wody w zagłębieniu).
- Najbardziej zróżnicowaną grupą jezior są **jeziora polodowcowe**. Zalicza się do nich:
  - **jeziora morenowe** – powstałe wskutek nierównomiernej akumulacji materiału skalnego przez lądolód,
  - **jeziora rynnowe** – utworzone w wyniku wymywania skał w podłożu przez wody płynące pod lądolodem,
  - **oczka polodowcowe** – powstałe w zagłębieniach utworzonych po wytopieniu się brył lodu pozostawionych przez cofający się lądolód,
  - **jeziora cyrkowe** – powstałe na obszarach górskich w wyniku wypełnienia wodą kotłów lodowcowych.
- **Lodowiec** to trwała masa lodu powstała na lądzie z przeobrażenia dużych ilości śniegu i pozostająca w powolnym ruchu.
- **Granica wiecznego śniegu** to poziom, powyżej którego w ciągu roku więcej śniegu przybywa, niż ubywa.
- Do czynników warunkujących **powstawanie lodowców** należą:
  - niska temperatura powietrza,
  - występowanie opadów śniegu,
  - rzeźba terenu sprzyjająca gromadzeniu się śniegu.
- Kolejne fazy, które przechodzi lód znajdujący się w lodowcu, to śnieg, firn, lód firnowy i lód lodowcowy.
- **Ablacja** to ubytek śniegu i lodu wywołany głównie topnieniem i sublimacją.
- Powiększanie się lodowca określa się mianem **transgresji**, a zmniejszanie się jego zasięgu – mianem **regresji**.
- Lodowce dzieli się na:
  - **lodowce górskie** – są stosunkowo niewielkie, zajmują zwykle doliny górskie i składają się zazwyczaj z **pola firnowego** (obszaru gromadzenia się mas śnieżnych) oraz **jęzora lodowcowego**, a ruch lodu jest w nich uwarunkowany rzeźbą terenu,
  - **lądolody** (lodowce kontynentalne) – zajmują ogromne powierzchnie, a lód przemieszcza się w nich promieniście od środka we wszystkich kierunkach.

Typy lodowców górskich

Nazwa	Charakterystyka
Lodowiec alpejski (dolinny)	Ma jedno pole firnowe i jeden jęzor lodowcowy.
Lodowiec himalajski (dendrytyczny)	Powstaje z połączenia kilku mniejszych lodowców mających własne pola firnowe.
Lodowiec fieldowy (norweski)	Składa się z czapy lodowej i wypływających z niej krótkich jęzorów lodowcowych.
Lodowiec piedmontowy (podgórski)	Powstaje na przedpolu gór w wyniku połączenia kilku jęzorów lodowcowych.

- Obecnie na naszej planecie istnieją dwa lądolody: **lądolód antarktyczny** i **lądolód grenlandzki**.
- **Zanik pokrywy lodowej** wywołuje wiele skutków ekologicznych, społecznych i gospodarczych.
- **Wody podziemne** wypełniają pory i szczeliny skalne oraz wolne przestrzenie między skałami.
- **Ilość wód podziemnych**, ich jakość oraz sposób zalegania pod powierzchnią ziemi są uzależnione przede wszystkim od:
  – wielkości opadów atmosferycznych,
  – gęstości sieci wód powierzchniowych,
  – rodzaju skał i ich ułożenia.
- **Warstwa wodonośna** to warstwa skał przepuszczalnych, w której wszystkie wolne przestrzenie wypełnia woda.
- Górną granicę warstwy wodonośnej stanowi **zwierciadło wód podziemnych**. W zależności od warunków geologicznych jest ono swobodne lub napięte.
- Na obszarach, na których warstwa wodonośna zalega w nieckowato ułożonych warstwach skalnych i jest ograniczona od dołu i od góry warstwami nieprzepuszczalnymi, występują **wody artezyjskie**. Znajdują się one pod ciśnieniem hydrostatycznym i po nawierceniu studni samoczynnie wypływają na powierzchnię.
- W zależności od rodzaju przestrzeni wypełnianych przez wodę w warstwie wodonośnej wyróżnia się:
  – **wody porowe** – wypełniają przestrzenie między ziarnami skał, np. żwirów czy piasków,
  – **wody szczelinowe** – wypełniają spękania w skale,
  – **wody krasowe** – wypełniają pustki w skałach podlegających procesom krasowym,
  – **wody złożone** – wypełniają różne przestrzenie w skałach.
- Wody podziemne zalegają na różnych głębokościach. Według tego kryterium dzieli się je na:
  – **wody przypowierzchniowe** (zaskórne) – występują płytko pod powierzchnią ziemi,
  – **wody gruntowe** – od powierzchni terenu oddziela je strefa aeracji,
  – **wody wgłębne** – znajdują się w warstwach wodonośnych, które są przykryte skałami nieprzepuszczalnymi,
  – **wody głębinowe** – zalegają bardzo głęboko pod powierzchnią ziemi i są od niej całkowicie odizolowane wieloma warstwami skał nieprzepuszczalnych.
- Jeżeli temperatura wód wydostających się na powierzchnię jest wyższa od średniej rocznej temperatury powietrza na danym obszarze, to te wody nazywa się **wodami termalnymi**.
- **Wody mineralne** zawierają co najmniej 1 g związków mineralnych rozpuszczonych w 1 l wody.
- Ze względu na rodzaj przewodów wyprowadzających wodę na powierzchnię terenu wyróżnia się **źródła**:
  – szczelinowe,
  – uskokowe,
  – warstwowe,
  – krasowe.
- **Gejzer** to rodzaj źródła, którym gorąca woda oraz para wodna gwałtownie wydobywają się na powierzchnię w regularnych odstępach czasu.

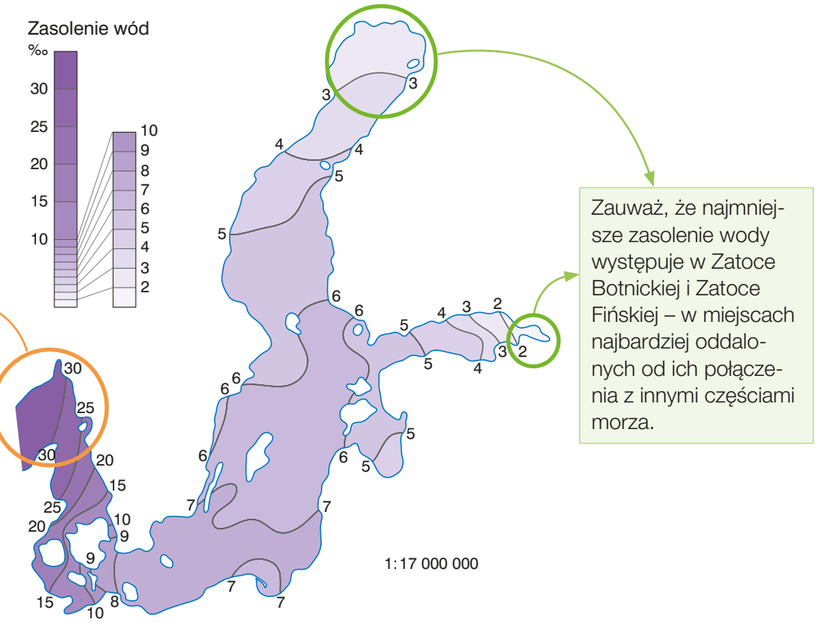
Podział wód podziemnych ze względu na pochodzenie

wody infiltracyjne	wody juwenilne	wody kondensacyjne	wody reliktowe
Tworzą się na skutek przesiąkania do podłoża wód opadowych, roztopowych i powierzchniowych.	Powstają na obszarach aktywnych wulkanicznie na skutek kondensacji pary wodnej zawartej w magmie.	Powstają w wyniku kondensacji pary wodnej na powierzchni ziemi lub w glebie.	Są pozostałością po morzach lub jeziorach istniejących w dawnych epokach geologicznych.

Sposób na zadania

Przykład 1. (0–1)

Na mapie przedstawiono zasolenie powierzchniowych wód Morza Bałtyckiego.



Na mapie widać, że zasolenie wody jest największe w pobliżu Cieśnin Duńskich. Łączą one Morze Bałtyckie z Morzem Północnym.

Zauważ, że najmniejsze zasolenie wody występuje w Zatoce Botnickiej i Zatoce Fińskiej – w miejscach najbardziej oddalonych od ich połączenia z innymi częściami morza.

Na podstawie mapy sformułuj prawidłowość dotyczącą zasolenia wód powierzchniowych Morza Bałtyckiego.

Nawet jeśli masz wystarczającą wiedzę, aby odpowiedzieć na zadane pytanie bez analizowania mapy, to i tak się jej przyjrzyj. W poleceniu wyraźnie wskazano, że sformułowana prawidłowość ma być wynikiem analizy mapy. Może się okazać, że odczytasz z niej inne informacje, niż zakładasz.

Polecenie *sformułuj prawidłowość* wymaga odnalezienia powtarzalnego związku występującego w środowisku geograficznym. Aby odnaleźć prawidłowość, najlepiej zacząć od wskazania obszarów o skrajnych wartościach danego parametru, a następnie zidentyfikować cechy obszarów, na których te wartości występują.

Wykorzystaj konstrukcję *Im…, tym…* albo *Wraz z/ze... następuje… .*

Odpowiedź:

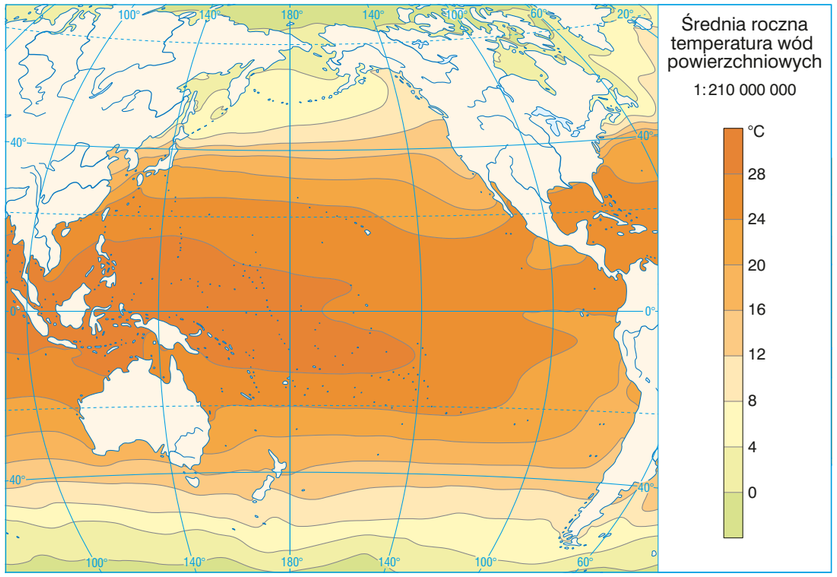
Im dalej od połączenia z Morzem Północnym, tym mniejsze zasolenie wód powierzchniowych Morza Bałtyckiego.

Zadanie analogiczne

WYKONAJ W ZESZYCIE

Zadanie 1. (0–1)

Na mapie przedstawiono temperaturę powierzchniowych wód Oceanu Spokojnego.



Na podstawie mapy sformułuj prawidłowość dotyczącą temperatury wód powierzchniowych Oceanu Spokojnego.

Zadania powtórzeniowe

WYKONAJ W ZESZYCIE

Zadanie 2. (0–2)

Na fotografiach satelitarnych oznaczonych numerami 1–3 przedstawiono jeziora reprezentujące różne typy genetyczne. Pod każdym zdjęciem podano maksymalną głębokość jeziora.

1.

45 m

2.

3 m

3.

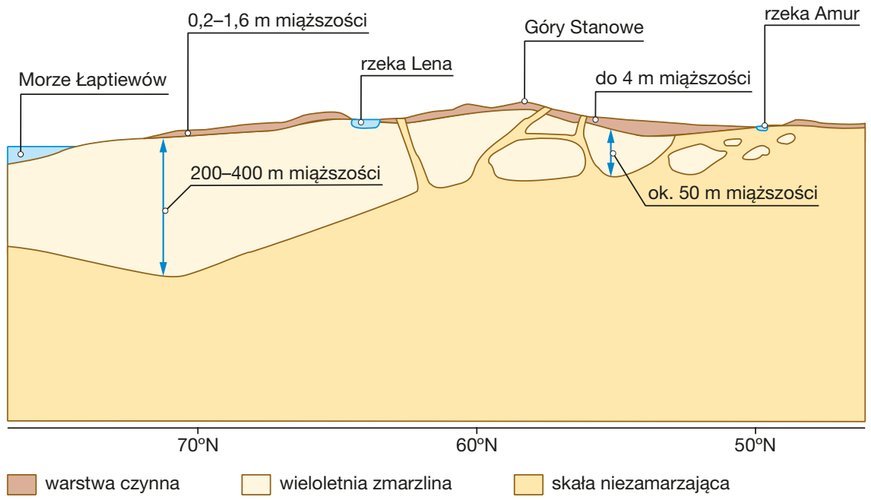
706 m

Przyporządkuj fotografiom właściwe typy genetyczne jezior wybrane spośród podanych. Uzasadnij swój wybór.

jezioro cyrkowe, *jezioro morenowe*, *jezioro rynnowe*, *jezioro przybrzeżne*, *jezioro tektoniczne*, *starorzecze*

Zadanie 3.

Na ilustracji przedstawiono przekrój przez strefę wieloletniej zmarzliny na Syberii, a na fotografiach – problemy, z którymi zmagają się mieszkańcy tego regionu.



Zadanie 3.1. (0–1)

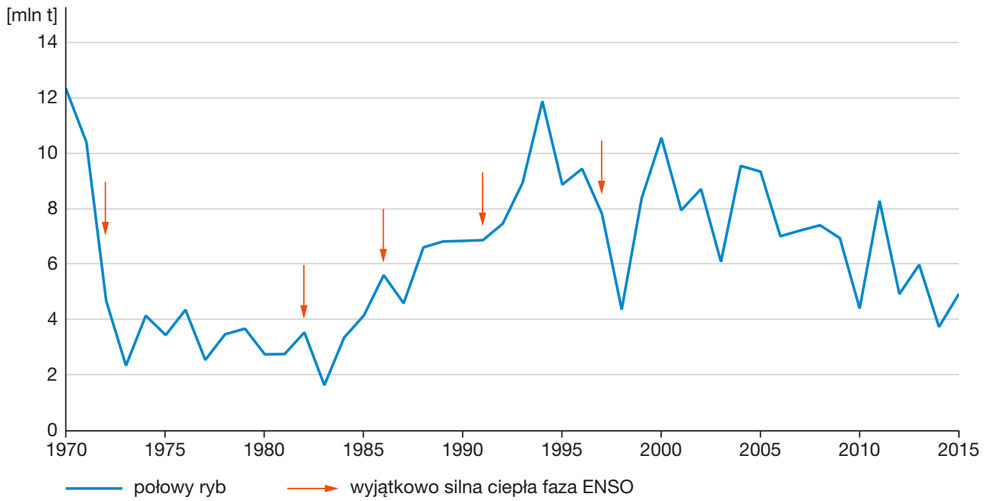
Wyjaśnij, dlaczego na obszarach objętych wieloletnią zmarzliną tworzą się bagna.

Zadanie 3.2. (0–1)

Na podstawie fotografii podaj dwa problemy, z którymi borykają się mieszkańcy obszarów objętych wieloletnią zmarzliną.

Zadanie 4.

Na wykresie przedstawiono wielkość rocznych połowów ryb w Peru w latach 1970–2015 oraz wybrane okresy występowania ciepłej fazy Oscylacji Południowej El Niño (ENSO).



Zadanie 4.1. (0–1)

Podaj zależność między występowaniem wyjątkowo silnej ciepłej fazy ENSO a wielkością połowów ryb w Peru.

Zadanie 4.2. (0–1)

Uzupełnij schemat literami tak, aby przedstawiał ciąg przyczynowo-skutkowy dotyczący występowania ciepłej fazy ENSO.

A. Mniejsze połowy ryb u zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej.
B. Osłabienie lub zanik upwellingu.
C. Powstanie wyżu barycznego w zachodniej części Oceanu Spokojnego.
D. Zmiana typowej cyrkulacji pasatowej.

Zadanie 4.3. (0–2)

Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Zaznacz P, jeśli informacja jest prawdziwa, albo F – jeśli jest fałszywa.

1.	Ciepła faza ENSO pojawia się w okolicy świąt Bożego Narodzenia.	P	F
2.	Zimna faza ENSO jest nazywana El Niño.	P	F
3.	W czasie ciepłej fazy ENSO w zachodniej części Pacyfiku występują huragany.	P	F
4.	ENSO wpływa pośrednio na klimat całej kuli ziemskiej.	P	F

V. Wnętrze Ziemi. Procesy endogeniczne

1. Budowa wnętrza Ziemi
2. Minerały i skały
3. Tektonika płyt litosfery
4. Ruchy górotwórcze
5. Plutonizm i wulkanizm
6. Trzęsienia ziemi, ruchy epejrogeniczne i izostatyczne
7. Wielkie formy ukształtowania lądów i dna oceanicznego
8. Odtwarzanie i datowanie dziejów Ziemi
9. Kronika dziejów Ziemi

1 Budowa wnętrza Ziemi

Ważne na tej lekcji!

- cechy warstw budujących wnętrze Ziemi
- badania sejsmiczne
- stopień geotermiczny

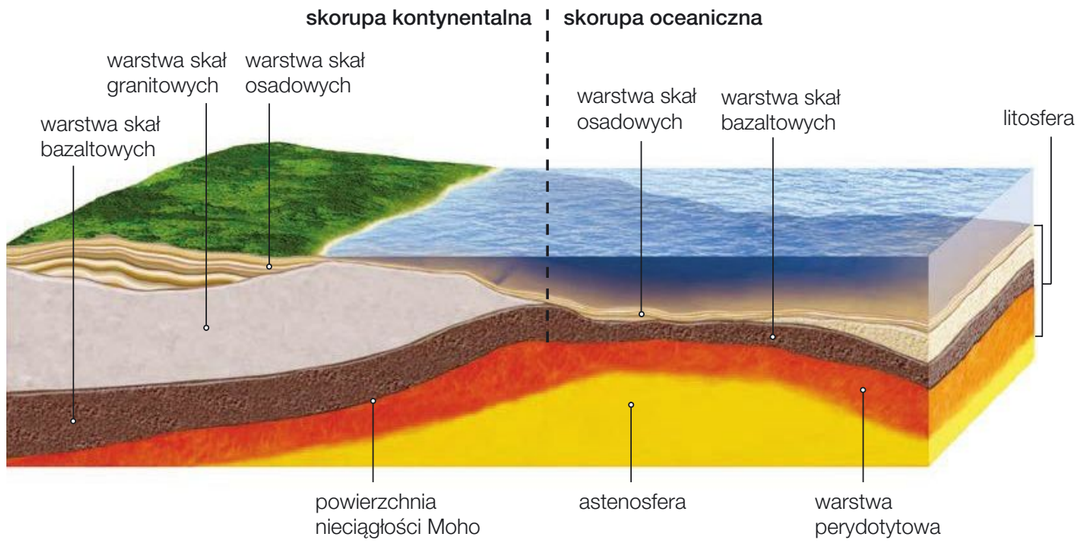
Wysoka temperatura i ogromne ciśnienie utrudniają badanie wnętrza naszej planety. Najgłębsze wykonane dotychczas wiercenia sięgają zaledwie kilkunastu kilometrów (do 15 km na Sachalinie). To, że ludzie nie są w stanie dotrzeć do warstw znajdujących się w głębi Ziemi, nie oznacza jednak, że nie mają o nich żadnej wiedzy. Dzięki nowoczesnym technologiom naukowcy zdobywają bowiem coraz dokładniejsze informacje o wnętrzu naszej planety.

Jak jest zbudowana Ziemia?

Ziemia składa się z kilku warstw. Jej zewnętrzna powłoka to **skorupa ziemska**. Składa się ona głównie ze związków krzemu i glinu, przy czym jej budowa w obrębie kontynentów i oceanów jest inna (te różnice omówiono poniżej). Dolną granicę skorupy ziemskiej stanowi **powierzchnia nieciągłości Moho**. Skorupa ziemska wraz z zewnętrzną warstwą górnego płaszcza – warstwą perydotytową – tworzą **litosferę**.

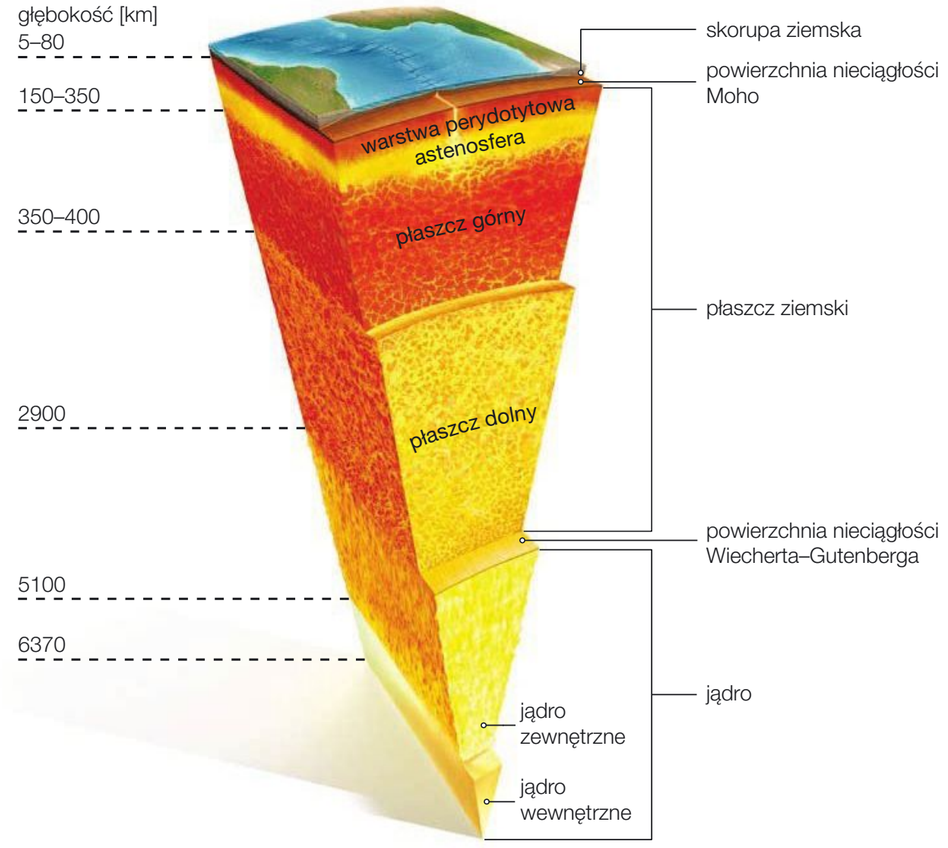
Budowa skorupy ziemskiej

Skorupę ziemską budują skały magmowe, osadowe i metamorficzne. Grubość skorupy ziemskiej nie jest we wszystkich miejscach jednakowa. Wynosi ona od kilku kilometrów na obszarach oceanicznych do kilkudziesięciu kilometrów w obrębie kontynentów (maksymalną grubość – ok. 80 km – osiąga pod Himalajami). Wynika to z odmiennej budowy skorupy oceanicznej i skorupy kontynentalnej.



Warstwy Ziemi

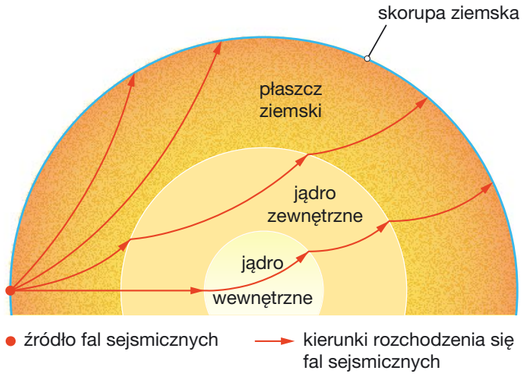
W budowie naszej planety wyróżnia się trzy główne warstwy: skorupę ziemską, płaszcz ziemski i jądro. Płaszcz ziemski dzieli się dodatkowo na płaszcz górny i płaszcz dolny, a jądro – na jądro zewnętrzne i jądro wewnętrzne.



Poniżej skorupy ziemskiej znajduje się **płaszcz ziemski**, który stanowi aż 83% objętości naszej planety i 68% jej masy. Wyodrębnia się w nim płaszcz górny oraz płaszcz dolny. W **płaszczu górnym** wyróżnia się warstwę perydotytową, wykazującą cechy ciała stałego, i położoną pod nią półplastyczną **astenosferę**. Właściwości astenosfery wynikają z temperatury budujących ją skał – jest ona bliska temperaturze ich topnienia. Płaszcz górny tworzą głównie krzemiany oraz tlenki magnezu, żelaza, wapnia i glinu (aluminium). Z kolei **płaszcz dolny** składa się przede wszystkim z krzemu, magnezu, żelaza i tlenu. Poniżej płaszcza ziemskiego rozciąga się **powierzchnia nieciągłości Wiecherta–Gutenberga**.

Najgłębiej znajduje się **jądro**. Stanowi ono 16% objętości Ziemi i 31% jej masy. Wyróżnia się jądro zewnętrzne i jądro wewnętrzne. **Jądro zewnętrzne** występuje w stanie ciekłym i składa się z żelaza (z domieszką tlenu lub siarki) oraz z niklu. **Jądro wewnętrzne** zaś wykazuje cechy ciała stałego, ma temperaturę ok. 6000°C i prawdopodobnie jest zbudowane z żelaza i niklu.

Informacje o warunkach panujących w głębi Ziemi zdobywa się m.in. dzięki badaniom pochodzącej stamtąd lawy.



Analiza rozchodzenia się fal sejsmicznych dostarcza wielu informacji. Pozwala np. stwierdzić, gdzie znajdują się powierzchnie nieciągłości.

Metody badań wnętrza Ziemi

Wśród metod badania wnętrza Ziemi można wymienić m.in.:

- głębokie wiercenia geologiczne,
- badania zróżnicowania pola magnetycznego Ziemi,
- badania przebiegu fal sejsmicznych.

W tej ostatniej metodzie rejestruje się przebieg zarówno naturalnych fal sejsmicznych wywołanych przez trzęsienia ziemi, jak i fal wzbudzonych sztucznie przez człowieka. Takie badania są prowadzone przez **sejsmologów**. Analizują oni, z jaką prędkością fale sejsmiczne docierają do kolejnych stacji badawczych rozmieszczonych w różnych miejscach na kuli ziemskiej. Ta prędkość zależy od ośrodka, przez który przechodzą fale. Inną prędkość mają fale sejsmiczne w warstwach sztywnych, inną – w warstwach plastycznych, a jeszcze inną – w warstwach płynnych. Zarejestrowane prędkości porównuje się z prędkościami zmierzonymi w skałach występujących na powierzchni. Dzięki temu można określić rodzaj i gęstość skał znajdujących się na badanym poziomie głębokości kuli ziemskiej. Powierzchnie, na których skokowo zmienia się prędkość fal sejsmicznych i ich kierunek, to **powierzchnie nieciągłości**. Stanowią one granice między poszczególnymi warstwami wyróżnianymi w budowie naszej planety.

Właściwości fizyczne wnętrza Ziemi

Wraz z głębokością we wnętrzu Ziemi wzrasta temperatura. Tempo tego wzrostu jest opisywane za pomocą **stopnia geotermicznego**. Odpowiada on liczbie metrów, o którą należy się przesunąć w głąb Ziemi, aby temperatura podniosła się o 1°C. Stopień geotermiczny dla całej skorupy ziemskiej wynosi średnio 33 m. Przyjmuje się, że temperatura rośnie w ten sposób do głębokości ok. 100 km. Głębiej wzrost temperatury jest wolniejszy.

W wielu miejscach na Ziemi wartość stopnia geotermicznego odbiega od średniej. W Republice Południowej Afryki dochodzi ona do 117 m, więc górnicy mogą pracować w tamtejszych kopalniach nawet na głębokości 3 tys. m. Na terenie Polski stopień geotermiczny wynosi 47,2 m, a na greckiej wyspie Santoryn – już tylko 7 m. Wraz ze wzrostem głębokości we wnętrzu Ziemi wzrastają również ciśnienie i gęstość skał.

Zadania

1. Wymień metody badań wnętrza Ziemi.
2. Opisz zmiany temperatury, ciśnienia i gęstości zachodzące we wnętrzu Ziemi wraz ze wzrostem głębokości.
3. Na podstawie wiadomości zdobytych podczas lekcji oraz innych źródeł wyjaśnij, czym jest sejsmologia.
4. Sporządź w zeszycie tabelę, w której porównasz skorupę oceaniczną ze skorupą kontynentalną.

2 Minerały i skały

Ważne na tej lekcji!

- właściwości minerałów i główne minerały skałotwórcze
- klasyfikacja skał ze względu na genezę
- rozpoznawanie wybranych rodzajów skał
- gospodarcze zastosowanie skał

Skorupa ziemska jest zbudowana z minerałów i składających się z nich skał. Zarówno minerały, jak i skały różnią się m.in. właściwościami i częstością występowania, a ogromna liczba zastosowań skał sprawia, że stanowią one podstawę funkcjonowania współczesnej gospodarki.

Minerały

Minerały to podstawowe i jednocześnie najmniejsze z geologicznego punktu widzenia składniki skorupy ziemskiej. Są to pierwiastki i związki chemiczne powstałe w sposób naturalny, czyli w wyniku procesów zachodzących we wnętrzu Ziemi lub na jej powierzchni. Minerały mają określony skład chemiczny i mogą występować jako:

- **pierwiastki rodzime**, czyli takie, które w przyrodzie występują w stanie wolnym, np. siarka rodzima (S), złoto rodzime (Au),
- **związki chemiczne**, np. halit (NaCl), kwarc (SiO_2), kalcyt ($CaCO_3$).

Niektóre minerały, np. ametyst, mogą występować pod postacią tzw. szczotek krystalicznych. Są to skupienia kryształów różnej wielkości, które narastają blisko siebie i tworzą charakterystyczne słupki.

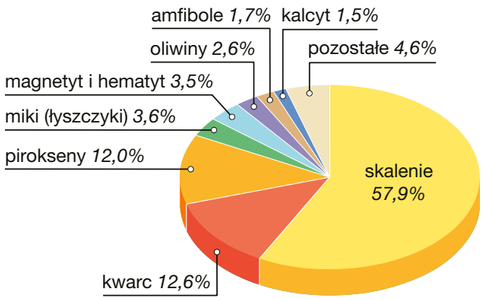
Odznaczają się również określonymi właściwościami fizycznymi. Najważniejsze z nich przedstawiono w poniższej tabeli. Charakterystyczną cechą minerałów jest **budowa krystaliczna**. To oznacza, że atomy są w nich ułożone w uporządkowany sposób.

Ważniejsze właściwości fizyczne minerałów

Właściwość	Charakterystyka
Twardość	Opór stawiany przez minerał przy próbie zarysowania go innym minerałem. Twardość podaje się w skali Mohsa, w której zestawiono dziesięć minerałów wzorcowych – każdy kolejny twardszy od poprzedniego (→ skala Mohsa, s. 346).
Kształt i wielkość kryształów	Kryształy mogą przybrać postać np. słupków, pręcików czy igieł o rozmiarach mikroskopijnych lub sięgających kilku metrów.
Barwa	Minerały mogą być bezbarwne, zabarwione lub barwne.
Łupliwość	Zdolność minerałów do pękania pod wpływem uderzenia wzdłuż ich płaszczyzn. Niektóre minerały, np. mika, mają bardzo dobrą łupliwość, inne, takie jak kwarc, nie są łupliwe.
Połysk	Sposób, w jaki powierzchnia minerału odbija promienie świetlne. Połysk może być np. tłusty, szklisty, perłowy lub metaliczny.
Gęstość	Masa jednostki objętości kryształu. Większość minerałów ma gęstość wynoszącą ok. 2,5–3,5 g/cm^3, jednak w niektórych przypadkach przekracza ona 20 g/cm^3.

Główne minerały skałotwórcze

Spośród ok. 4 tys. rozpoznanych minerałów tylko nieliczne odgrywają znaczącą rolę w budowie skorupy ziemskiej. Są one nazywane minerałami skałotwórczymi.



Udział ważniejszych grup minerałów w budowie skorupy ziemskiej.

W budowie granitu można wyróżnić trzy główne minerały.

Skały

Skała to naturalne skupisko jednego minerału lub wielu minerałów. Skały najczęściej klasyfikuje się ze względu na sposób powstania. Na tej podstawie wyróżnia się:

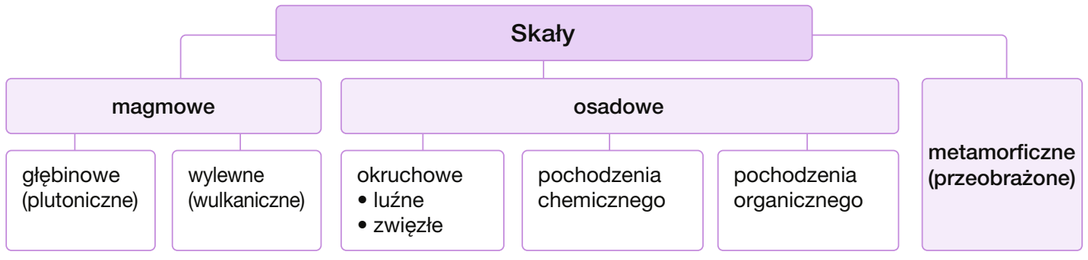
- skały magmowe,
- skały osadowe,
- skały metamorficzne (przeobrażone).

Dokładniejszy podział skał przedstawiono na poniższym schemacie. Ich charakterystyka i przykłady znajdują się zaś na s. 195–198.

Jako pierwsze na Ziemi powstały skały magmowe. Znacznie później, w wyniku różnorodnych procesów, utworzyły się skały osadowe i skały metamorficzne.

Czy wiesz, że…

Kamienie szlachetne to minerały i skały wykorzystywane w jubilerstwie i zdobnictwie. Są wartościowe, ponieważ występują rzadko i wyróżniają się np. przezroczystością, intensywnym połyskiem lub efektownym zabarwieniem. Do najdroższych z nich należą diament, rubin i jadeit (fot.).



Skały magmowe

Skały magmowe tworzą się, kiedy magma krzepnie i krystalizuje we wnętrzu Ziemi albo kiedy lawa zastyga na jej powierzchni. Zależnie od miejsca powstania dzieli się je na skały głębinowe i skały wylewne. O strukturze skał magmowych decydują temperatura i ciśnienie panujące podczas krystalizacji magmy.

Skały głębinowe (plutoniczne)

Skały głębinowe powstają, gdy krystalizacja następuje głęboko pod powierzchnią ziemi. Ten proces trwa długo, dlatego wykształcają się duże minerały. Skały głębinowe mają strukturę jawnokrystaliczną – poszczególne ziarna minerałów można w nich zobaczyć gołym okiem.

W strukturze **granitu** wyraźnie widać tworzące go minerały: kwarc, mikę i skalenie.

Gabro to skała gruboziarnista zbudowana z dużych minerałów, np. skaleni i piroksenów.

Sjenit składa się ze skaleni, amfiboli, piroksenów i miki.

Inne przykłady skał głębinowych: dioryt, tonalit.

Skały głębinowe powstają głęboko pod ziemią, ale w wyniku różnych procesów mogą zostać wyniesione na powierzchnię. Jako skały odporne na niszczenie często tworzą wówczas wysokie masywy górskie, takie jak masyw Mont Blanc w Alpach.

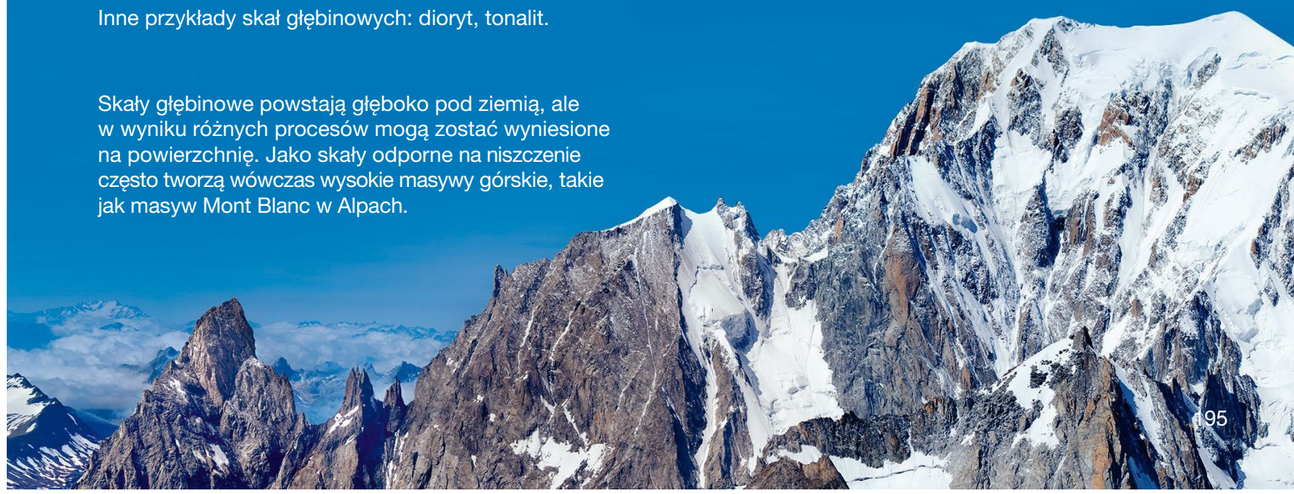
Skały wylewne (wulkaniczne)

Skały wylewne powstają na powierzchni ziemi lub płytko pod nią, kiedy krzepnięcie lawy zachodzi gwałtownie. Mają strukturę skrytokrystaliczną – ze względu na niewielkie rozmiary minerałów nie można ich rozróżnić gołym okiem.

Powszechną skałą wylewną jest **bazalt**. Ma on czarną barwę i składa się z mikroskopijnych kryształów skaleni, piroksenów, magnetytu i oliwinu.

Niektóre skały wylewne, np. **porfiry**, mają strukturę porfirową – składają się z dużych minerałów spojonych skrytokrystaliczną masą skalną, nazywaną ciastem skalnym. W takich skałach kryształy zaczęły się formować w głębi skorupy ziemskiej, jednak magma wydostała się na powierzchnię ziemi i zastygła w postaci ciasta skalnego.

Inne przykłady skał wylewnych: andezyt, riolit.



Skały osadowe

Skały osadowe powstają w wyniku osadzania się (sedymentacji) na lądzie lub w morzu okruchów skalnych, szczątków roślin i zwierząt oraz związków chemicznych wytrącających się z roztworów.

Skały okruchowe

Skały okruchowe składają się z okruchów skalnych, które powstały z rozpadu innych skał. Można je podzielić ze względu na frakcję (rozmiar okruchów) oraz spoistość. Pod względem spoistości skały okruchowe dzieli się na luźne i zwięzłe. W skałach luźnych okruchy nie są ze sobą połączone. Do ich zespolenia i powstania skał zwięzłych dochodzi w wyniku diagenezy, czyli ściśnięcia nadległymi warstwami lub scementowania spoiwem mineralnym.

Podział skał okruchowych ze względu na frakcję

Frakcja	Średnica okruchów [mm]
głazy	powyżej 25
żwir	2–25
piasek	0,1–2
pył (muł)	0,01–0,1
ił	poniżej 0,01

Skały luźne

Piasek to skała luźna. Zazwyczaj składa się z ziaren kwarcu.

Żwir jest skałą luźną, zbudowaną z zaokrąglonych okruchów skalnych.

Gruz ma frakcję żwiru, ale tworzące go fragmenty skał mają ostre krawędzie.

Skały zwięzłe

Piaskowiec powstaje w wyniku scementowania ziaren kwarcu spoiwem mineralnym.

Zlepieniec (konglomerat) powstaje w wyniku scementowania żwiru spoiwem mineralnym.

Brekcja to scementowany gruz.

Glina składa się z ziaren różnych frakcji: iłu, pyłu i piasku, a czasem – także ze żwiru i z głazów. Gdy jest wilgotna, staje się plastyczna.

Skały pochodzenia chemicznego

Te skały powstają najczęściej w płytkich zbiornikach morskich lub słonych jeziorach, gdzie na skutek intensywnego parowania zmniejsza się objętość wody i wzrasta stężenie rozpuszczonych w niej związków chemicznych. W konsekwencji te związki się wytrącają i osadzają na dnie.

Dolomit może powstawać w wyniku sedymentacji minerału o tej samej nazwie. W jego składzie znajdują się wapień i magnez.

Sól kamienna (halityt) składa się głównie z minerału zwanego halitem (NaCl).

W suchych, pustynnych warunkach powstają niezwykłe formy zbudowane z gipsu, tzw. **róże pustyni**.

Inne przykłady skał pochodzenia chemicznego: sól potasowa, anhydryt, fosforyt.

Skały pochodzenia organicznego

Skały pochodzenia organicznego powstają z nagromadzenia szczątków roślinnych lub zwierzęcych. Ich sedymentacja zazwyczaj odbywa się w zbiornikach morskich. Do tego typu skał zalicza się wiele cennych surowców energetycznych.

Wapienie powstają w wyniku nagromadzenia wapiennych szkieletów i muszli skorupiaków na dnie zbiorników morskich.

Szczątki roślin lądowych w warunkach beztlenowych ulegają stopniowemu uwęgleniu. Dzieje się to pod wpływem wysokiej temperatury i ogromnego ciśnienia nadległych warstw osadów. Zależnie od zawartości węgla powstają w ten sposób różne skały.

Zawartość węgla [%]:

65 — 75 — 92 — 97

Torf	Węgiel brunatny	Węgiel kamienny	Antracyt

Białe klify zdobiące południowe wybrzeże Wielkiej Brytanii mają nawet 160 m wysokości. Te formy powstały z **kredy** – skały węglanowej utworzonej ze szczątków mikroskopijnych organizmów (kokkolitów).

Skały metamorficzne

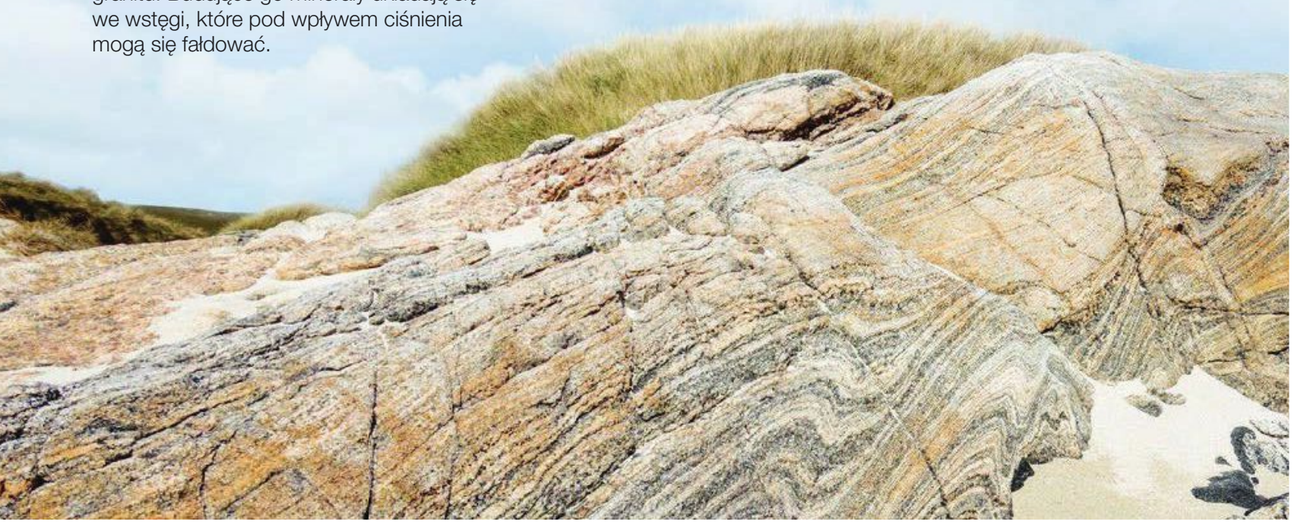
Skały metamorficzne (przeobrażone) powstają wtedy, gdy na skutek bardzo wysokiej temperatury i ogromnego ciśnienia następuje zmiana budowy wewnętrznej, składu mineralnego, a niekiedy – składu chemicznego istniejących skał magmowych lub osadowych. Ten proces może zachodzić w trakcie ruchów górotwórczych, na obszarach wulkanicznych oraz tam, gdzie występują aktywne uskoki.

W wapieniu pod wpływem bardzo wysokiej temperatury powstają nowe kryształy kalcytu. Tworzą one zbitą skałę – **marmur**.

Kwarcyt powstaje z przeobrażenia piaskowca.

Inne przykłady skał metamorficznych: fyllit, eklogit, łupek krystaliczny, hornfels.

Gnejs najczęściej powstaje z przeobrażenia granitu. Budujące go minerały układają się we wstęgi, które pod wpływem ciśnienia mogą się fałdować.



Gospodarcze zastosowanie skał

Ludzie wykorzystywali skały i ich fragmenty od początku dziejów. Mieszkali w skalnych jaskiniach, wzniecali ogień dzięki krzemiennemu krzesiwu, a ostrych fragmentów niektórych skał używali jako broni i narzędzi.

Dziś świat jest uzależniony od **surowców mineralnych**. Tym terminem określa się skały i minerały wydobywane, przetwarzane, a następnie wykorzystywane do zaspokajania potrzeb człowieka lub do dalszej produkcji. Obecnie są one podstawą funkcjonowania gospodarki. Istnieje kilka podziałów surowców mineralnych. Jeden z nich, ze względu na sposób wykorzystywania, przedstawiono w tabeli zamieszczonej na s. 199.

Najpopularniejszymi na świecie paliwami służącymi do **produkcji energii** są ropa naftowa i węgiel. Ważną rolę odgrywają również skały zawierające złoża gazu ziemnego oraz te,

Podział surowców mineralnych ze względu na ich wykorzystywanie

Grupa surowców		Przykłady surowców
Surowce energetyczne		węgiel kamienny, węgiel brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny, rudy uranu
Surowce metaliczne		rudy żelaza, rudy miedzi, rudy cynku i ołowiu, metale szlachetne (złoto, srebro, platyna), mangan
Surowce chemiczne		ropa naftowa, węgiel kamienny i brunatny, siarka, fosforyty, sól kamienna, sól potasowa
Surowce skalne	budowlane	żwir, piasek, granit, bazalt, gips, wapień, margiel
	szklarskie i ceramiczne	piasek kwarcowy, glina, ił

w których znajdują się pierwiastki promieniotwórcze (np. rudy uranu). Dzięki surowcom energetycznym można korzystać z urządzeń zasilanych energią elektryczną.

Niemal wszystkie urządzenia, z których ludzie korzystają codziennie, zawierają **metalowe elementy**. Z metali wytwarza się m.in. silniki spalinowe i elektryczne oraz elementy konstrukcyjne pojazdów i wielu wysokich budynków (np. drapaczy chmur). Skały, w których występują metale, nazywa się rudami metali (np. rudy żelaza, rudy cynku i ołowiu).

Ze skał uzyskuje się też **substancje chemiczne** niezbędne w gospodarstwach domowych oraz w procesach produkcyjnych. Sól kuchenna, farby, nawozy, asfalt, kwas siarkowy, sztuczne włókna to tylko niewielka część substancji wytwarzanych z surowców chemicznych występujących w skałach.

Do produkcji urządzeń zaawansowanych technologicznie, np. smartfonów, wykorzystuje się wiele rzadko występujących metali.

Wiele skał ma zastosowanie w **budownictwie**. Wykorzystuje się je zarówno jako bezpośredni budulec, jak i surowiec do produkcji materiałów budowlanych. Na przykład wapień jest surowcem do produkcji cementu, a glina – cegieł.

Przykłady zastosowania surowców mineralnych

Surowiec mineralny	Przykłady zastosowania
Węgiel kamienny	produkcja energii, tworzyw sztucznych, barwników i lekarstw
Gaz ziemny	produkcja energii i nawozów sztucznych
Ropa naftowa	produkcja benzyny, oleju napędowego i opałowego, smarów oraz asfaltu
Rudy żelaza	produkcja elementów konstrukcyjnych, elementów urządzeń, narzędzi
Rudy miedzi	produkcja przewodów, silników, procesorów, pokryć dachowych, instalacji wodociągowych
Sól kamienna	produkcja żywności, chloru, kwasu solnego
Siarka	produkcja nawozów mineralnych, środków ochrony roślin, barwników
Fosforyty	produkcja nawozów mineralnych
Wapienie	produkcja cementu i tynków; materiał budowlany
Piasek	materiał budowlany; produkcja szkła
Glina	produkcja cegieł, dachówek
Granity, bazalty i marmury	budownictwo drogowe; materiał dekoracyjny

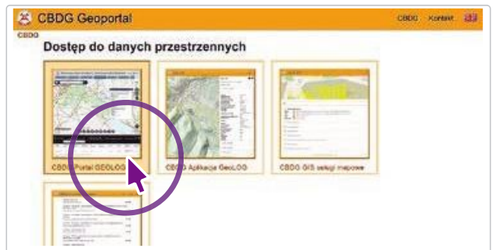
PoGISujmy

Rodzaje skał

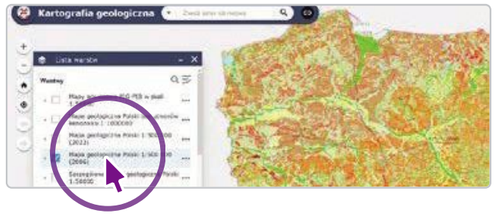
Informacje o rodzajach skał występujących w Twojej okolicy możesz uzyskać ze stron Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego. Zamieszczono na nich mapy geologiczne opracowane dla całego obszaru Polski.

1 Wejdź na stronę **baza.pgi.gov.pl**, a następnie kliknij przycisk Geoportal.

2 Wybierz CBDG Portal GEOLOGIA.



3 W menu po lewej stronie znajdź warstwę Mapa geologiczna Polski 1:500 000 (2006). Zaznacz ją, aby była widoczna i aktywna.



4 Zaznacz na mapie interesujący Cię obszar i go powiększ. Gdy klikniesz wybrane wydzielenie na mapie, w dodatkowym oknie wyświetlą się o nim dodatkowe informacje.

5 U góry ekranu możesz także wybrać zakładkę Surowce mineralne. Dzięki zamieszczonej tam mapie dowiesz się, jakie surowce mineralne występują w Twoim regionie.

? *Podaj nazwy utworów geologicznych zalegających pod obszarem, na którym znajduje się Twoja miejscowość.*

Zadania

1. Wyjaśnij różnicę między minerałem a skałą.
2. Wymień nazwy pięciu minerałów skałotwórczych.
3. Sporządź w zeszycie tabelę, w której porównasz skały głębinowe ze skałami wylewnymi. Uwzględnij sposób powstawania skał i ich strukturę.
4. Na podstawie dodatkowych źródeł informacji scharakteryzuj wybraną skałę osadową.
5. Podaj trzy przykłady gospodarczego wykorzystywania surowców budowlanych.

3 Tektonika płyt litosfery

Ważne na tej lekcji!

- związek między budową wnętrza Ziemi a ruchem płyt litosfery
- procesy zachodzące na granicach płyt litosfery
- wpływ płytowej budowy litosfery na ukształtowanie powierzchni lądów i dna oceanicznego

Wydaje się, że zewnętrzna powłoka naszej planety – litosfera – jest jednolita, sztywna i nieruchoma. Jednak w rzeczywistości składa się z ogromnych fragmentów, które nieustannie się przesuwają. Wskutek tego ruchu powstają m.in. wysokie góry i głębokie rowy oceaniczne.

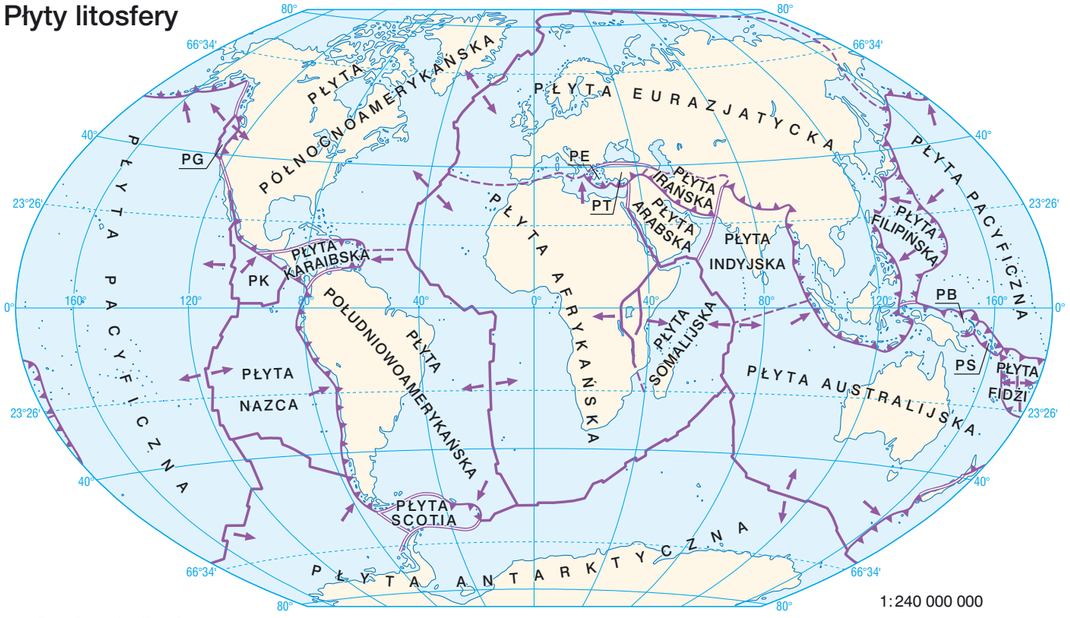
Teoria tektoniki płyt litosfery

Teoria tektoniki płyt litosfery zakłada podział litosfery na siedem dużych i kilkanaście mniejszych fragmentów. Sformułowano ją na podstawie badań dna oceanicznego prowadzonych od końca lat 40. XX w. do początku lat 60. XX w.

Część płyt litosfery jest zbudowana wyłącznie ze skorupy oceanicznej, a część – zarówno ze skorupy oceanicznej, jak i z kontynentalnej (→ budowa skorupy ziemskiej, s. 190).

Płyty litosfery przesuwają się po plastycznej astenosferze w tempie od kilku do kilkunastu centymetrów na rok. Ten ruch wywołują **prądy konwekcyjne** – strumienie gorącej materii występujące w płaszczu ziemskim. Przesuwanie się płyt w różnych kierunkach powoduje, że na ich granicach zachodzą złożone procesy geologiczne. Więcej informacji o prądach konwekcyjnych i o tych procesach znajduje się na s. 202–203.

Płyty litosfery



1:240 000 000

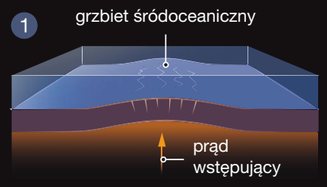
Granice płyt litosfery
- rozbieżne (strefy ryftowe)
- zbieżne (strefy subdukcji i strefy kolizji)
- transformujące
- przypuszczalne granice płyt litosfery
- kierunki przemieszczania się płyt litosfery

PB – płyta Bismarcka
PE – płyta egejska
PG – płyta Gorda
PK – płyta kokosowa
PS – płyta Salomona
PT – płyta turecka

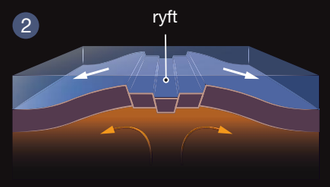
RUCH PŁYT LITOSFERY

Prądy konwekcyjne w płaszczu ziemskim powodują, że płyty litosfery stale się przemieszczają. Na ich granicach zachodzą m.in. spreding i subdukcja. Spreding jest związany z rozrastaniem się litosfery, a subdukcja polega na podsuwaniu się jednej płyty pod drugą.

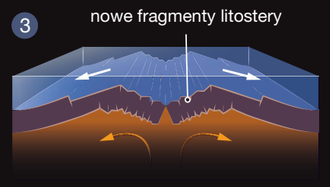
SPREDING



Gdy w płaszczu ziemskim powstaje prąd konwekcyjny wstępujący, to w strefie położonej bezpośrednio nad tym prądem skorupa ziemska się unosi. W tym miejscu formuje się grzbiet śródoceaniczny.



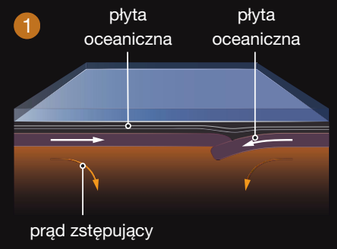
Przy górnej granicy płaszcza ziemskiego prąd konwekcyjny rozgałęzia się na dwa strumienie. Ponieważ każdy strumień wywołuje ruch litosfery w przeciwnym kierunku, dochodzi do jej rozerwania. Powstaje rozpadlina nazywana ryftem.



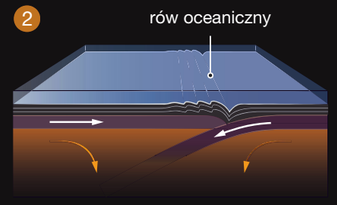
Wolne przestrzenie między rozsuwającymi się płytami litosfery natychmiast wypełnia materiał pochodzący z płaszcza ziemskiego. Jest to lawa bazaltowa, która po zastygnięciu tworzy nowy fragment litosfery.

Przykład: granica płyty południowoamerykańskiej z płytą afrykańską, na której wypiętrzył się Grzbiet Południowoatlantycki.

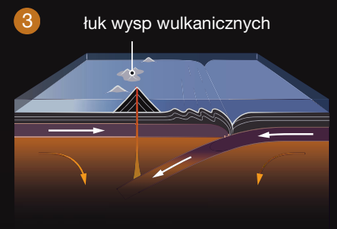
SUBDUKCJA NA GRANICY DWÓCH PŁYT OCEANICZNYCH



Tam, gdzie występują prądy konwekcyjne zstępujące, kierunki ruchu sąsiadujących ze sobą płyt litosfery są zbieżne. W takim przypadku jedna płyta zaczyna się podsuwać pod drugą. Płyta oceaniczna ma większą gęstość niż płyta kontynentalna, więc w strefie zbieżności tych płyt to ona ulega subdukcji.



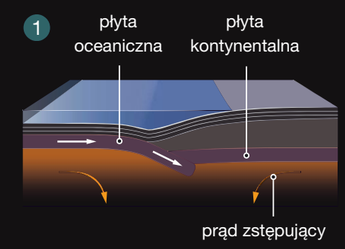
W miejscu, w którym jedna płyta litosfery podsuwa się pod drugą, powstaje wąskie, długie i głębokie obniżenie – rów oceaniczny. Osady na płycie oceanicznej ulegającej subdukcji są zdzierane i fałdowane.

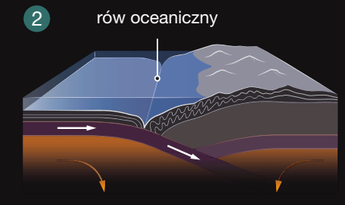


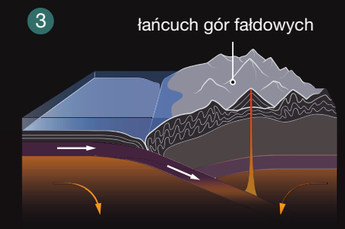
Płyta oceaniczna zanurzająca się w głąb płaszcza w wyniku ogromnego ciśnienia i wysokiej temperatury się topi. Towarzyszą temu wybuchy wulkanów. W przypadku subdukcji płyty oceanicznej pod płytę kontynentalną ze sfałdowanych osadów tworzy się łańcuch górski. Z kolei na granicy dwóch płyt oceanicznych powstają łuki wysp wulkanicznych.

Przykład: granica płyty pacyficznej z płytą filipińską, gdzie znajdują się archipelag Mariany i Rów Mariański.

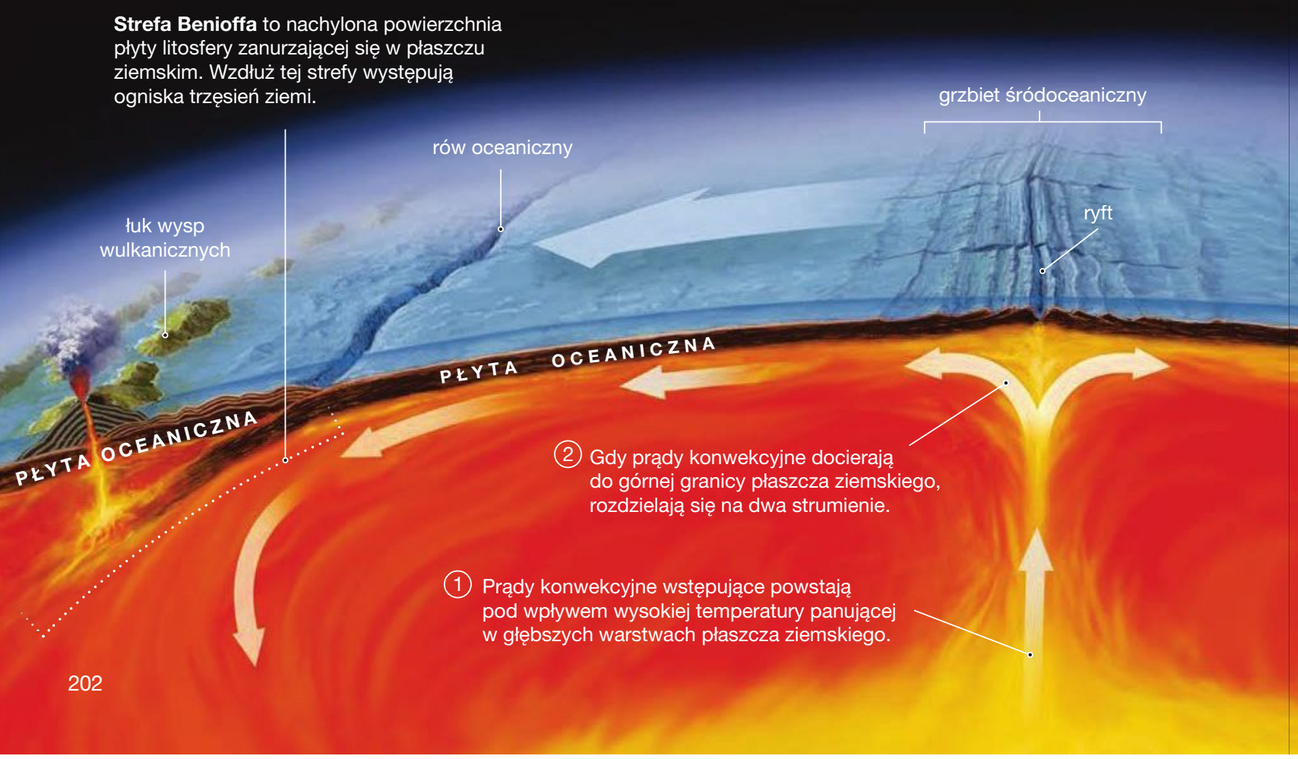
SUBDUKCJA NA GRANICY PŁYTY OCEANICZNEJ Z PŁYTĄ KONTYNENTALNĄ

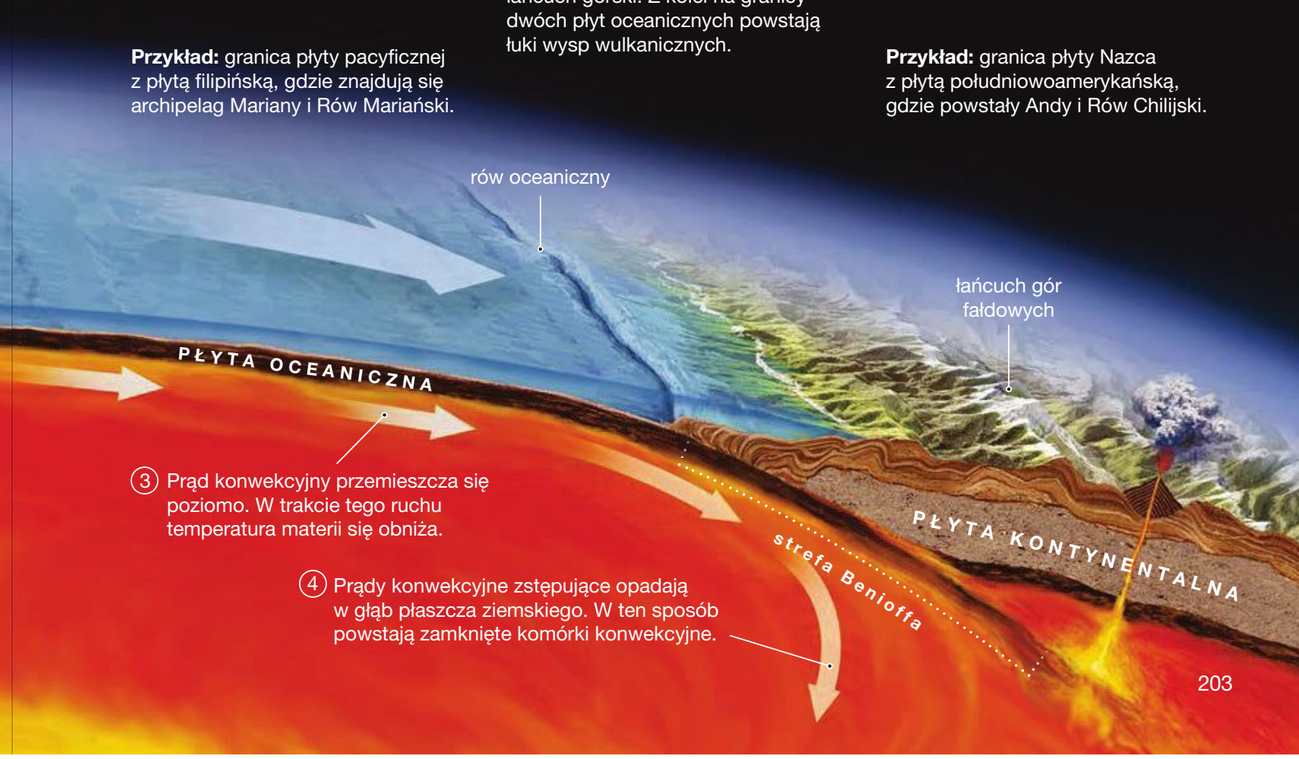






Przykład: granica płyty Nazca z płytą południowoamerykańską, gdzie powstały Andy i Rów Chilijski.





Typy granic płyt litosfery

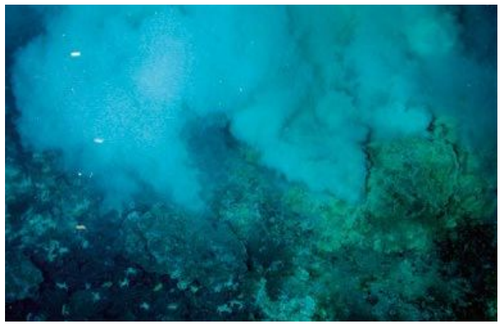
Ze względu na dominujący ruch płyt w strefie ich kontaktu wyróżnia się granice rozbieżne, granice zbieżne oraz granice transformujące.

Granice rozbieżne

Na granicach rozbieżnych płyty litosfery **odsuwają się od siebie**. Powstającą między nimi szczelinę wypełnia lawa, która po zastygnięciu tworzy nowe fragmenty litosfery. Granice rozbieżne występują głównie w obrębie oceanów. W miejscach, przez które przebiegają, znajdują się **grzbiety śródoceaniczne**. Niewielkie części grzbietów śródoceanicznych wystają nad powierzchnię oceanu w postaci wysp wulkanicznych. Jedną z nich jest Islandia. Niektóre granice rozbieżne znajdują się w obrębie kontynentów. Taki przypadek przedstawiono poniżej.

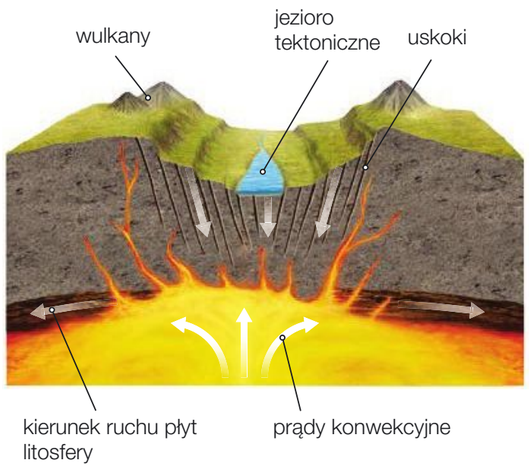
Czy wiesz, że…

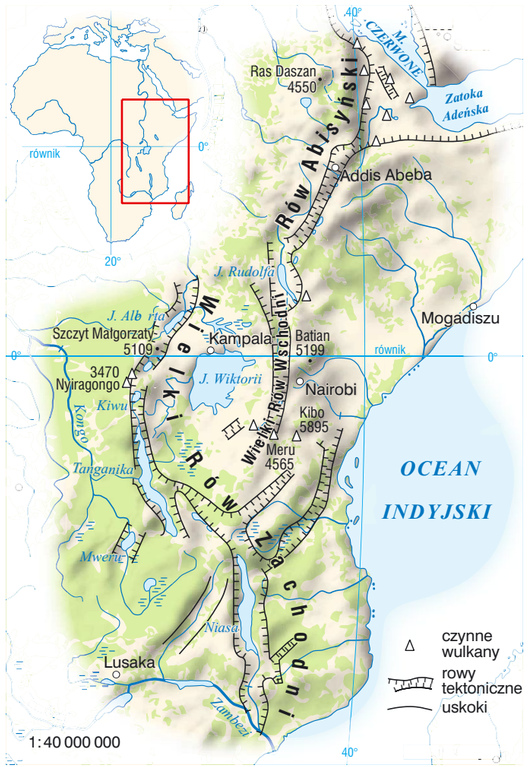
W dolinach ryftowych występują kominy hydrotermalne. Są to ujścia gorącej (ok. 400°C), zawierającej różnorodne związki chemiczne wody morskiej. Dzięki kominom hydrotermalnym na dnie oceanu tworzą się bogate ekosystemy, które nie są zależne od dopływu energii słonecznej. Według niektórych hipotez to właśnie w takim środowisku mogło powstać życie na Ziemi.



Wielkie Rowy Afrykańskie

We wschodniej Afryce znajdują się Wielkie Rowy Afrykańskie. Ten system rowów tektonicznych powstał na granicy rozbieżnej w obrębie skorupy kontynentalnej. W formującej się tam dolinie ryftowej obecnie znajdują się jeziora (np. Tanganika i Niasa), jednak według prognoz w przyszłości kontynent afrykański podzieli się na dwie części, między którymi powstanie ocean.



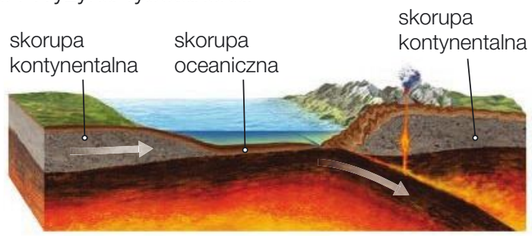


? *Granica płyt litosfery przebiegająca przez Afrykę ciągnie się dalej na północ przez Morze Czerwone. Oceń, czy powierzchnia tego morza będzie się w przyszłości zmniejszać, czy powiększać.*

Kolizja płyt kontynentalnych

Na granicach zbieżnych płyt zbudowanych ze skorupy kontynentalnej nie zachodzi subdukcja, ale fragment jednej z płyt może się płasko podsunąć pod drugą, wskutek czego powstają wysokie góry i wyżyny. W taki sposób powstały np. Himalaje i Wyżyna Tybetańska.

1 Kolizję dwóch fragmentów skorupy kontynentalnej poprzedza etap, w którym oddziela je fragment skorupy oceanicznej. Wówczas zachodzi subdukcja płyty oceanicznej pod płytę kontynentalną.



2 W miarę zbliżania się kontynentów powierzchnia oceanu się zmniejsza, a osady na jego dnie coraz bardziej się fałdują.

3 Gdy nastąpi kolizja dwóch fragmentów skorupy kontynentalnej, subdukcja ustaje. Fragmenty płyt się zgniatają i mogą się częściowo na siebie nasunąć. W tych miejscach litosfera staje się grubsza.

Granice zbieżne

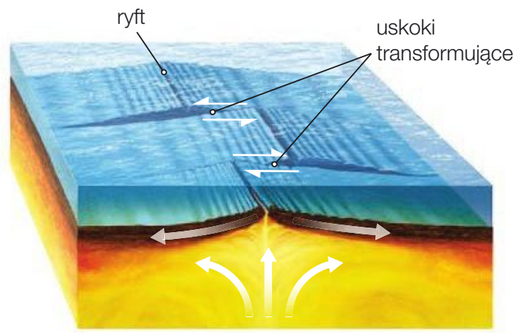
Na granicach zbieżnych płyty litosfery **zbliżają się do siebie**. Jeżeli choć jedna z tych płyt jest płytą oceaniczną, to zachodzi **subdukcja**. Gdy w tym procesie uczestniczą **dwie płyty oceaniczne**, wzdłuż granicy występują rowy oceaniczne i łuki wysp. Z kolei gdy **płyta kontynentalna sąsiaduje z płytą oceaniczną**, powstają rowy oceaniczne i łańcuchy gór fałdowych.

Subdukcja nie zachodzi jedynie w przypadku kolizji dwóch płyt kontynentalnych. Taką sytuację opisano w powyższej ramce.

Granice transformujące

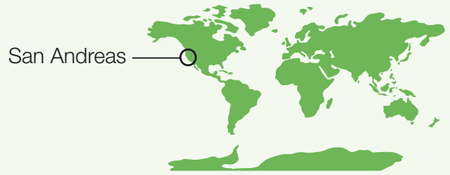
Na granicach transformujących płyty litosfery **przesuwają się równolegle do siebie**. Takie granice znajdują się zarówno w obrębie oceanów, jak i kontynentów. Charakterystyczne dla nich są silne trzęsienia ziemi. Co ważne, wzdłuż granicy transformującej litosfera nie jest ani dobudowywana, ani niszczona.

Systemy uskoków transformujących towarzyszą też granicom rozbieżnym. Są to uskoki przesuwcze (→ uskok, s. 209), które przebiegają poprzecznie do ryftu, tak jak na poniższej ilustracji.



Uskoki transformujące na granicy rozbieżnej.

Spojrzenie z bliska

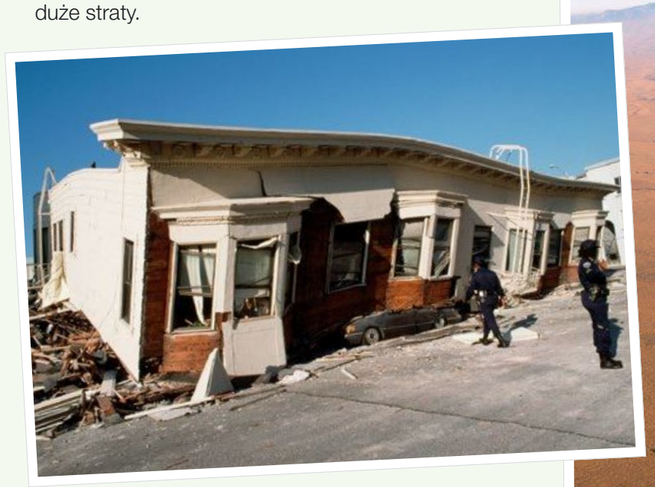


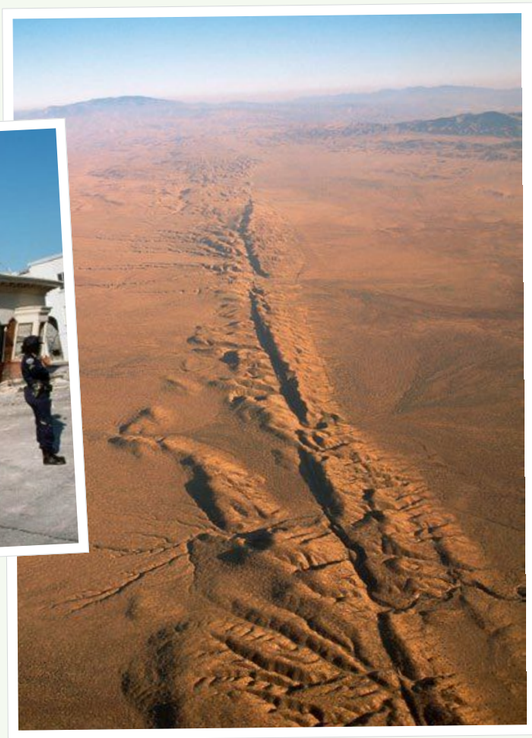
Uskok San Andreas

Uskok San Andreas – jeden z najaktywniejszych sejsmicznie obszarów na Ziemi – znajduje się w Stanach Zjednoczonych, w Kalifornii. Powstał ok. 20 mln lat temu na granicy transformującej.

Uskok San Andreas oddziela dwie przesuwające się w przeciwnych kierunkach płyty litosfery: pacyficzną i północnoamerykańską. Ciągnie się przez ponad 1300 km w zachodniej części Stanów Zjednoczonych, gdzie znajdują się takie wielkie miasta, jak Los Angeles, San Francisco, San Diego i Santa Cruz. Występujące na tym obszarze liczne i silne wstrząsy są spowodowane szybkim tempem przesuwania się płyt litosfery (ok. 5 cm/rok). Naukowcy ustalili, że trzęsienia ziemi o magnitudzie przekraczającej 6 pojawiają się tam co 22 lata. Najpotężniejsze z nich (o magnitudzie 7,9) odnotowano w 1857 r., jednak według naukowców w rejonie uskoku San Andreas dojdzie do silniejszych wstrząsów.

Kalifornię nawiedza rocznie ponad 10 tys. trzęsień ziemi. Większość z nich jest rejestrowana tylko przez sejsmografy, jednak niektóre powodują duże straty.





W obrębie uskoku znajduje się pęknięcie mające ponad 300 km długości i 15 km głębokości. Powstało ono podczas trzęsienia ziemi w 1857 r.

Zadania

1. Wyjaśnij znaczenie terminów: *ryft*, *spreding*, *subdukcja*, *prądy konwekcyjne*.
2. Wskaż na mapie miejsca na Ziemi, w których współcześnie przyrasta litosfera.
3. * Na podstawie mapy płyt litosfery ustal, w których miejscach w przyszłości mogą powstawać nowe oceany i góry. Przyjmij, że kierunki ruchu płyt litosfery się nie zmienią.
4. Opisz krótko ruch płyt litosfery na granicach rozbieżnych, zbieżnych i transformujących.

4 Ruchy górotwórcze

Ważne na tej lekcji!

- procesy endogeniczne
- przebieg procesów prowadzących do powstawania gór
- najważniejsze orogenezy w dziejach Ziemi
- typy genetyczne gór

Badania geologów wykazały, że szczytowe partie Mount Everestu są zbudowane ze skał osadowych powstałych na dnie głębokiego oceanu. Wyniesienie skał na wysokość wielu tysięcy metrów jest możliwe dzięki tym samym procesom, które powodują, że płyty litosfery się poruszają.

Czym są ruchy górotwórcze?

Jak wspomniano podczas poprzedniej lekcji, energia cieplna wnętrza Ziemi sprawia, że w płaszczu ziemskim powstają prądy konwekcyjne, które oddziałują na litosferę. Wszystkie procesy kształtujące powierzchnię naszej planety wywołane procesami zachodzącymi w jej wnętrzu określa się mianem **procesów endogenicznych** (wewnętrznych).

Do tej grupy należą m.in. **ruchy górotwórcze**, czyli procesy, w których efekcie powstają łańcuchy górskie. W historii Ziemi zachodziły one z różną intensywnością. Okresy wzmożonej działalności górotwórczej nazywa się **orogenezami**. Wyróżnia się ich kilka, jednak wyraźny wpływ na ukształtowanie powierzchni naszej planety miały te, które występowały w ciągu ostatnich ok. 540 mln lat. Były to kolejno orogenezy: **kaledońska**, **hercyńska** oraz **alpejska**. Najważniejsze informacje o nich przedstawia poniższy schemat.

Jak powstają góry?

Wskutek procesów wewnętrznych w skorupie ziemskiej często powstają naprężenia. Jeśli są one niewielkie, nie powodują widocznych zmian w skałach, ale jeśli są silne – prowadzą do zmian układu warstw skalnych, czyli **deformacji tektonicznych**. To właśnie w wyniku niektórych z nich mogą powstać góry. Najważniejsze rodzaje deformacji tektonicznych omówiono na s. 208–209.

Orogenezy

orogeneza kaledońska	orogeneza hercyńska (waryscyjska)	orogeneza alpejska
Nazwa orogenezy pochodzi od Gór Kaledońskich w Wielkiej Brytanii. Podczas tej orogenezy powstały łańcuchy górskie nazywane kaledonidami. Należą do nich m.in. Grampiany, Góry Skandynawskie, Ałtaj, Tienszan i Sajany. W Polsce w tym okresie wypiętrzyły się fragmenty Gór Świętokrzyskich oraz znaczna część Sudetów Zachodnich.	Nazwa orogenezy pochodzi od niemieckich gór Harzu, a wszystkie łańcuchy górskie powstałe w tym okresie są nazywane hercynidami (waryscydami). Należą do nich np. Wogezy, Ardeny, Rudawy oraz Masyw Czeski. W Polsce są to części Sudetów i Gór Świętokrzyskich.	Nazwa orogenezy pochodzi od Alp. W orogenezie alpejskiej zostały wypiętrzone najwyższe góry świata: Himalaje, a także Karakorum, Kordyliery, Andy, Kaukaz, Zagros, Pireneje i Góry Dynarskie. Łańcuchy górskie powstałe w tym okresie nazywa się alpidami. Na obszarze naszego kraju są nimi Karpaty.

Deformacje tektoniczne

Deformacje tektoniczne tworzą się wskutek naprężeń występujących w skorupie ziemskiej. Zależnie od rodzaju odkształceń w skałach oraz sposobu ich powstania dzieli się je na:

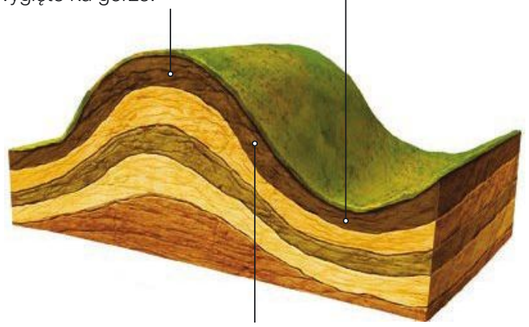
- deformacje ciągłe, w których nie doszło do przerwania ciągłości warstw skalnych,
- deformacje nieciągłe, w których ciągłość warstw uległa przerwaniu.

Fałd

Fałd jest najczęstszą deformacją ciągłą. To wygięcie warstw skalnych powstałe wskutek ich ściskania. Tworzy się wtedy, gdy skały są dość plastyczne.

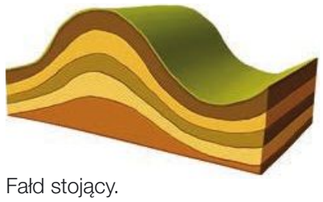
W **antyklinie** warstwy skalne są wygięte ku górze.

W **synklinie** warstwy skalne są wygięte ku dołowi.

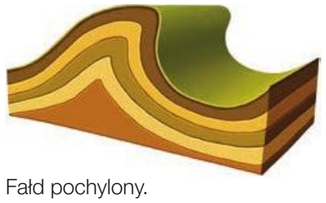


Skrzydło to zespół warstw skalnych nachylonych w jednym kierunku i będących częścią antykliny lub synkliny.

W zależności od stopnia ściśnięcia warstw skalnych fałdy przybierają różne kształty.



Fałd stojący.



Fałd pochylony.

Fałd leżący.

Monoklina

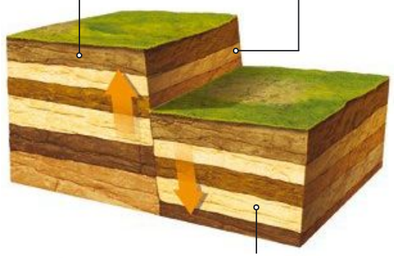
Monoklina to zespół słabo zaburzonych warstw skalnych nachylonych w jednym kierunku pod mniej więcej stałym, niewielkim kątem. Powstaje stosunkowo rzadko, gdy rozległy obszar o budowie płytowej jest wynoszony z jednej strony trochę bardziej niż z drugiej.

Uskok

Uskok to najczęstsza deformacja nieciągła. Powstaje, gdy w wyniku naprężeń mało plastyczne skały przemieszczają się wzdłuż pęknięcia, którego powierzchnia jest pionowa lub pochylona.

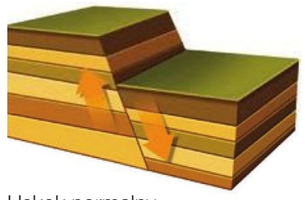
Skrzydło wiszące to część warstw skalnych, które przemieściły się w górę względem skrzydła zrzuconego.

Skały przemieszczają się wzdłuż **powierzchni uskokowej**.

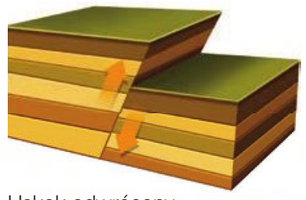


Skrzydło zrzucone jest częścią warstw skalnych, które przemieściły się w dół względem skrzydła wiszącego.

W zależności od kierunku przemieszczania się skał wyróżnia się kilka rodzajów uskoków.



Uskok normalny.

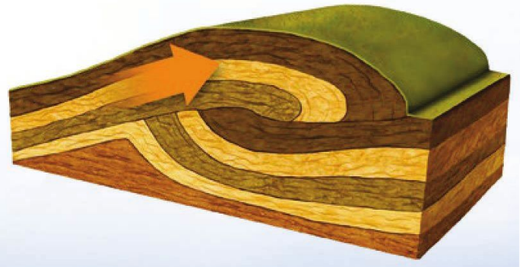


Uskok odwrócony.

Uskok przesuwczy.

Płaszczowina

Płaszczowina jest szczególnym typem deformacji – ma cechy zarówno deformacji ciągłych, jak i nieciągłych. To zespół skał oderwanych od podłoża i przesuniętych na znaczną odległość w taki sposób, że nachodzą na inne skały. Często powstaje wskutek przekształcenia fałdu.



Budowę płaszczowinową mają np. Beskidy.

Typy genetyczne gór

Ze względu na sposób powstawania wyróżnia się góry fałdowe, góry zrębowe oraz góry wulkaniczne. Na niektórych obszarach występują wszystkie typy gór.

Góry fałdowe

Większość łańcuchów górskich na Ziemi ma budowę fałdową. Fałdowanie osadów morskich tworzących łańcuchy górskie następuje w sąsiedztwie zbieżnych granic płyt litosfery. Może się to odbywać w wyniku:

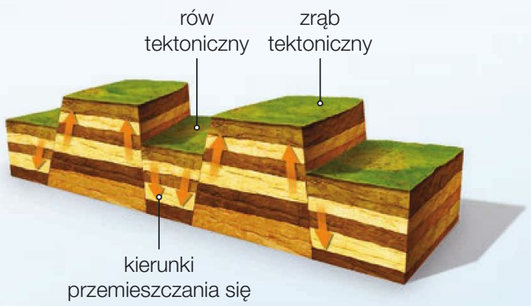
- subdukcji płyty oceanicznej pod płytę kontynentalną (np. Andy),
- kolizji płyt kontynentalnych (np. Himalaje).

Do gór fałdowych należą również m.in. Kordyliery, Karakorum, Kaukaz, Atlas, Alpy, Karpaty, Pireneje i Góry Dynarskie.

Sfałdowane warstwy skalne w Górach Dynarskich.

Góry zrębowe

Góry zrębowe formują się w wyniku powstawania uskoków. Masy skalne mogą zostać przesunięte nawet o setki kilometrów w poziomie oraz kilka kilometrów w pionie. Wypiętrzany blok litosfery zachowuje swoją wewnętrzną strukturę. Skały nie są fałdowane – mogą się jedynie pochylić wskutek nierównomiernego wypiętrzania poszczególnych części bloku. Do gór zrębowych należą m.in. Sudety, Harz, Wogezy i Schwarzwald w Europie oraz Góry Smocze w Afryce.

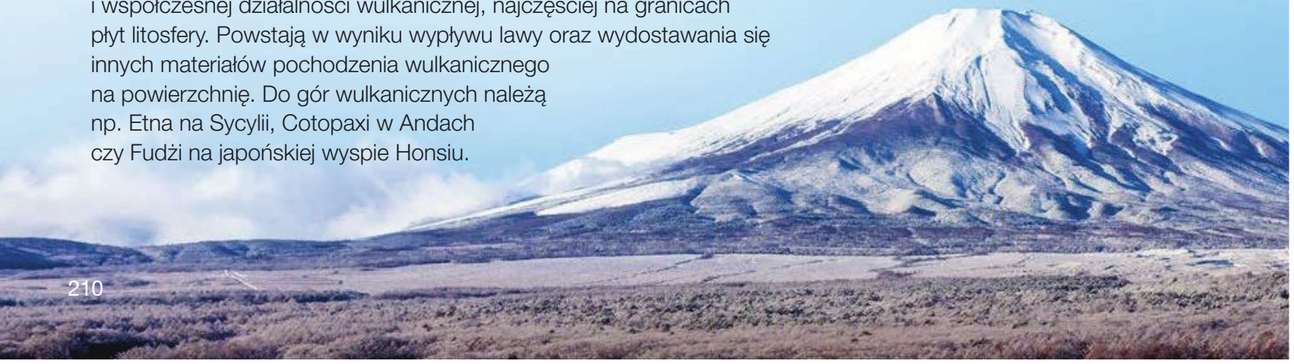


Poziomo ułożone warstwy skalne w Górach Smoczych.

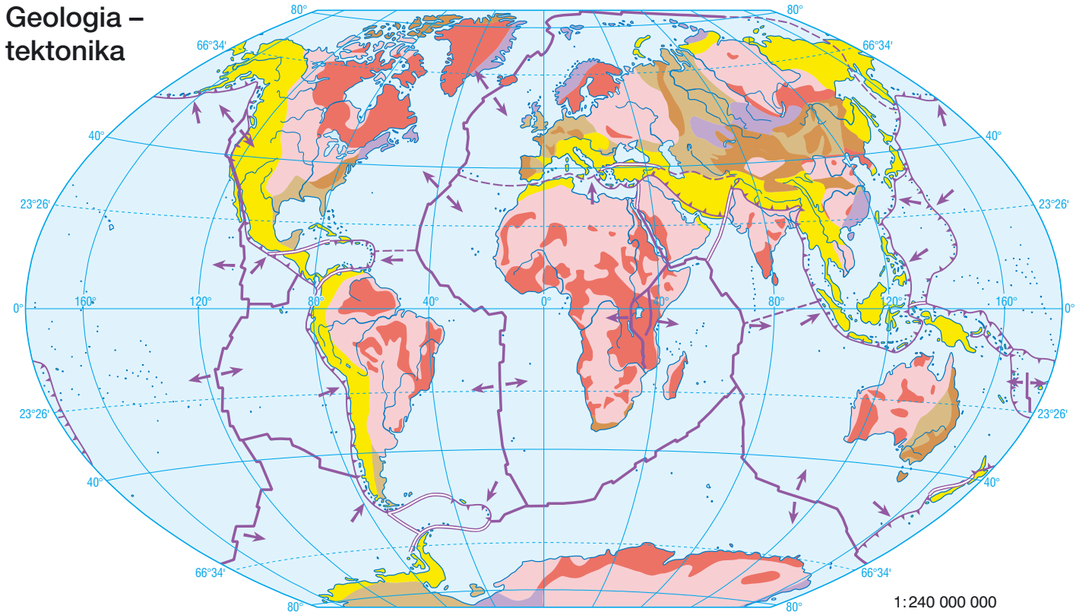
Góry wulkaniczne

Góry wulkaniczne tworzą się na lądach lub wystają ponad powierzchnię oceanów w postaci wysp. Występują na obszarach dawnej i współczesnej działalności wulkanicznej, najczęściej na granicach płyt litosfery. Powstają w wyniku wypływu lawy oraz wydostawania się innych materiałów pochodzenia wulkanicznego na powierzchnię. Do gór wulkanicznych należą np. Etna na Sycylii, Cotopaxi w Andach czy Fudżi na japońskiej wyspie Honsiu.

Charakterystyczny kształt stożka wulkanu Fudżi.



Geologia – tektonika



Gdzie występują góry?

Rozmieszczenie gór na Ziemi przedstawiono na powyższej mapie. Widać na niej, że największy zasięg mają obszary fałdowań alpejskich. Łańcuchy górskie powstałe w czasie tej orogenezy układają się w dwa wielkie **systemy górskie** – jeden ciągnie się od Ameryki Północnej po Antarktydę, a drugi – od południowej Europy i północnej Afryki po Archipelag Malajski.

Poza obszarami fałdowań znaczne powierzchnie na kontynentach zajmują **platformy prekambryjskie**. Ich płytowa budowa jest dwudzielna – składają się z krystalicznego cokołu i leżących na nim niesfałdowanych warstw osadów. Obszary, na których skały krystaliczne występują bezpośrednio na powierzchni, to **tarcze prekambryjskie**.

Czy wiesz, że…

Płyty litosfery nieustannie się przesuwają, a orogeneza alpejska wciąż trwa. To oznacza, że wiele łańcuchów górskich na świecie ciągle się wypiętrza. Ten ruch jest jednak bardzo powolny. Na przykład Himalaje, które rosną rekordowo szybko, wypiętrzają się w tempie kilku milimetrów na rok. Naukowcy szacują, że nawet 90% tego przyrostu niwelują procesy erozji.

Zadania

1. Wyjaśnij, czym są deformacje tektoniczne.
2. Podaj cechy gór zrębowych.
3. Sformułuj zależność między wysokością gór a orogenezą, w której zostały wypiętrzone.

5 Plutonizm i wulkanizm

Ważne na tej lekcji!

- powstawanie intruzji magmowych
- wulkany oraz erupcje wulkaniczne i ich skutki
- rozmieszczenie wulkanów na Ziemi

Głęboko pod powierzchnią, w skorupie ziemskiej lub w górnym płaszczu Ziemi, w wyniku oddziaływania wysokiej temperatury może dojść do lokalnego upłynnienia skał i powstania ciekłego stopu skalnego – **magmy**. Jej temperatura wynosi 700–900°C.

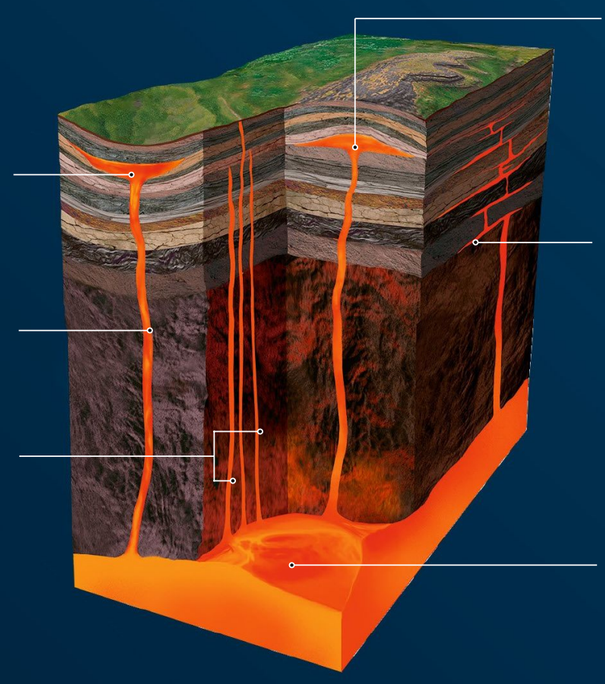
Ogół procesów związanych z powstawaniem magmy, jej przemianami, przemieszczaniem się, gromadzeniem oraz krystalizacją jest nazywany **magmatyzmem**. Jeżeli te procesy zachodzą we wnętrzu Ziemi, nazywa się je **plutonizmem**, a jeśli przebiegają na jej powierzchni – **wulkanizmem**.

Plutonizm

Plutonizm obejmuje procesy zachodzące w skorupie ziemskiej. W ich wyniku mogą powstawać **intruzje magmowe**, czyli skały powstałe na skutek krzepnięcia magmy w otoczeniu starszych skał. Przedstawiono je poniżej.

Typy intruzji magmowych

Intruzje magmowe występują do kilkudziesięciu kilometrów pod powierzchnią ziemi. Wśród nich wyróżnia się m.in. lopolity, lakolity, dajki, sille i batolity.



Lopolit
Intruzja o kształcie odwróconego bochenka. Zaburza warstwy leżące poniżej, ale nie narusza warstw nadległych.

Dajki
Intruzje w formie żył przecinających w poprzek warstwy skalne.

rój dajek

Lakolit
Intruzja o kształcie grzyba lub bochenka, która wypycha w górę wyżej położone warstwy.

Sille
Intruzje powstałe wskutek wniknięcia magmy między dwie warstwy skalne. Ich grubość sięga kilkudziesięciu metrów, a długość może przekraczać 100 km.

Batolit
Intruzja o ogromnej miąższości, której górna powierzchnia zaburza skały nadległe, dolna zaś rozszerza się do głębokości niedostępnych dla badań geologicznych.

Intruzje magmowe zaczynają się tworzyć wtedy, gdy różnica gęstości i ciśnienia między magmą a otoczeniem skalnym umożliwia magmie przemieszczanie się ku powierzchni. W trakcie tego ruchu magma przepala i przetapia warstwy skał leżące powyżej i wypełnia przestrzenie międzywarstwowe. Następnie ulega ochłodzeniu oraz całkowitej lub częściowej krystalizacji.

Wulkany i erupcje wulkaniczne

Miejsce wydobywania się magmy na powierzchnię nazywa się **wulkanem**. Wydostająca się na zewnątrz magma staje się **lawą**, z kolei proces wydobywania się lawy oraz substancji stałych i gazowych na powierzchnię to **erupcja**.

Erupcje następują na powierzchni lądów lub na dnach mórz i oceanów. Wyróżnia się:

- **erupcje centralne**, podczas których produkty erupcji wulkanicznych wydobywają się punktowo, przez krater (jak np. w przypadku Etny na Sycylii),
- **erupcje linijne**, gdy lawa wypływa przez podłużne szczeliny (jak np. na Islandii, która leży w strefie ryftowej).

W zależności od składu chemicznego lawy erupcja może mieć charakter gwałtowny, czyli eksplozywny, lub spokojny – efuzywny. W **erupcjach eksplozywnych** biorą udział lepkie (gęste) lawy kwaśne. Zdarza się, że taka lawa zastyga już w górnej części komina wulkanicznego i tamuje jego ujście. To prowadzi do wzrostu ciśnienia, a następnie – do eksplozji, która może rozerwać górną część stożka. Tworzy się wówczas koliste zagłębienie – **kaldera**. Może ono powstać także na skutek zapadnięcia się stropu komory magmowej. Erupcje eksplozywne powodują największe zniszczenia. Inny charakter mają **erupcje efuzywne**. Biorą w nich udział mało lepkie lawy zasadowe, które mogą się rozlewać na dużych przestrzeniach.

Kaldera leżącego we wschodniej Turcji wulkanu Nemrut ma ponad 7 km średnicy.

Produkty erupcji wulkanicznych

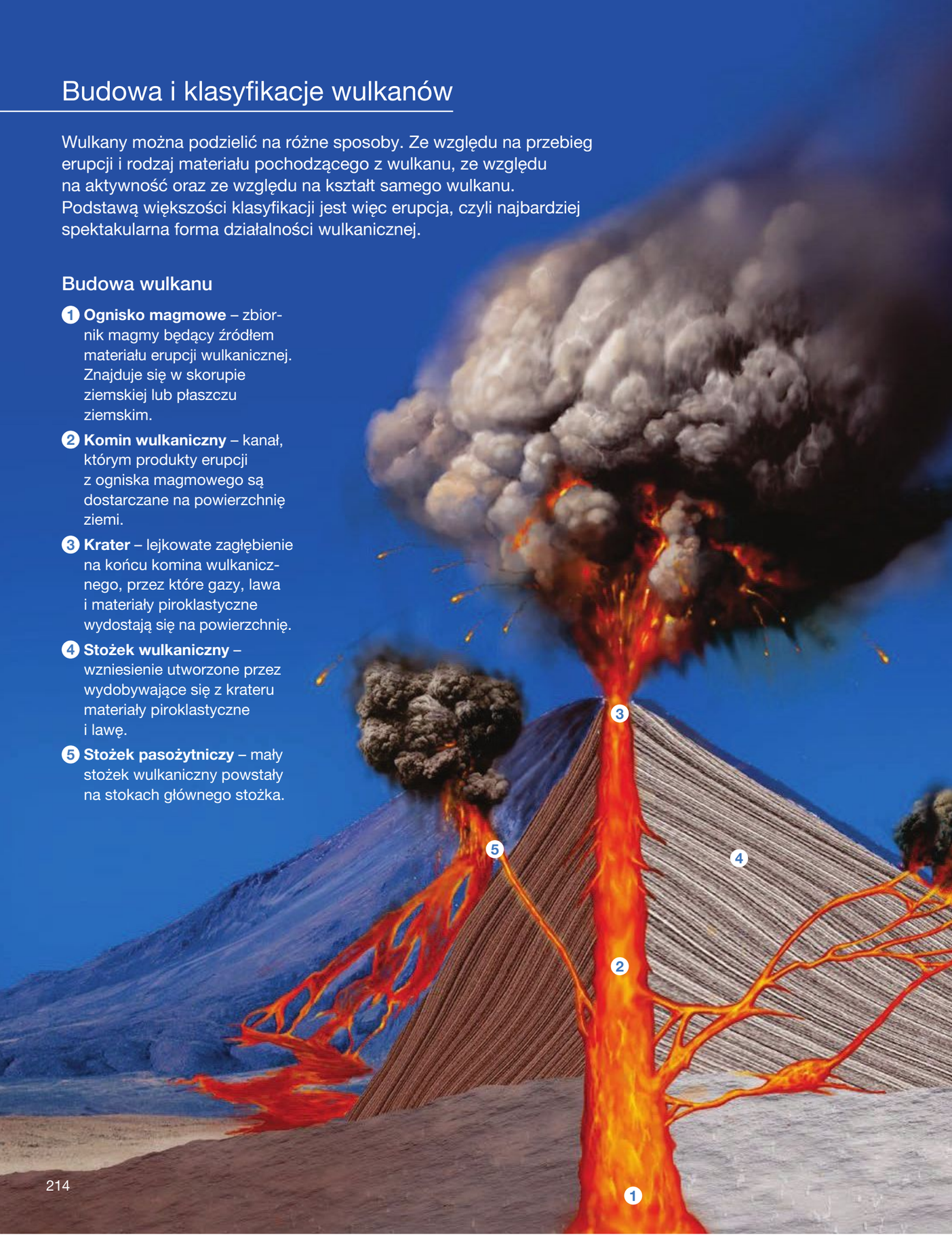
lawa	materiały piroklastyczne	gazy
ciekły stop skalny (magma, która wydostała się na powierzchnię)	stałe produkty erupcji wulkanicznej powstałe wskutek rozdrobnienia zakrzepłej lawy wyrzuconej w powietrze lub oderwane z wulkanu przez magmę wędrującą ku górze	głównie para wodna, dwutlenek węgla, tlenek węgla, siarkowodór i metan
• **lawa kwaśna** – lepka, zawiera znaczną ilość krzemionki (SiO_2) • **lawa zasadowa** – mało lepka, uboga w krzemionkę	• **bomby wulkaniczne** – duże okruchy skalne powstałe wskutek zastygnięcia lawy w powietrzu • **lapille** – okruchy skalne o wielkości do ok. 6 cm, powstałe z rozdrobnionej lawy lub rozkruszonych starszych skał wulkanicznych • **popiół wulkaniczny** – drobne okruchy skalne (o średnicy do 2 mm) powstałe z lawy krzepnącej w powietrzu lub z rozdrobnionych skał stożka wulkanicznego (osadzone na lądzie tworzą skały – tufy) • **pumeks** – fragmenty lawy odznaczające się występowaniem licznych pęcherzyków powstałych w wyniku wydobywania się gazów w trakcie jej stygnięcia	• **fumarole** (o temperaturze 200–800°C) • **solfatary** (100–200°C) • **mofety** (poniżej 100°C)

Budowa i klasyfikacje wulkanów

Wulkany można podzielić na różne sposoby. Ze względu na przebieg erupcji i rodzaj materiału pochodzącego z wulkanu, ze względu na aktywność oraz ze względu na kształt samego wulkanu. Podstawą większości klasyfikacji jest więc erupcja, czyli najbardziej spektakularna forma działalności wulkanicznej.

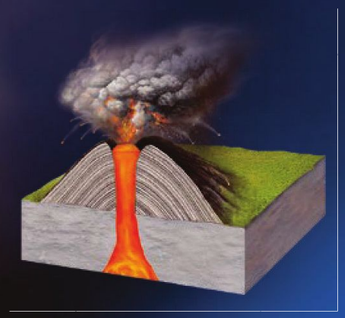
Budowa wulkanu

1. **Ognisko magmowe** – zbiornik magmy będący źródłem materiału erupcji wulkanicznej. Znajduje się w skorupie ziemskiej lub płaszczu ziemskim.
2. **Komin wulkaniczny** – kanał, którym produkty erupcji z ogniska magmowego są dostarczane na powierzchnię ziemi.
3. **Krater** – lejkowate zagłębienie na końcu komina wulkanicznego, przez które gazy, lawa i materiały piroklastyczne wydostają się na powierzchnię.
4. **Stożek wulkaniczny** – wzniesienie utworzone przez wydobywające się z krateru materiały piroklastyczne i lawę.
5. **Stożek pasożytniczy** – mały stożek wulkaniczny powstały na stokach głównego stożka.



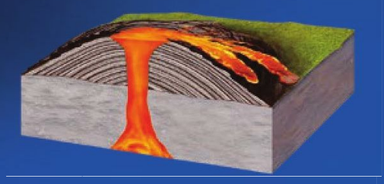
Podział wulkanów ze względu na przebieg erupcji i rodzaj materiału

W zależności od rodzaju erupcji i wyrzucanego w jej trakcie materiału wulkany dzieli się na eksplozywne, efuzywne i stratowulkany.

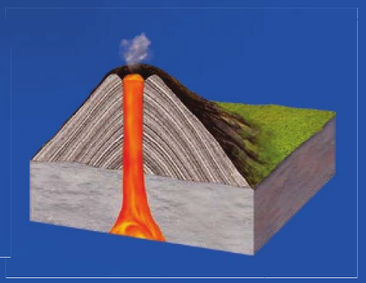


Wulkany eksplozywne (stożki żużlowe) podczas erupcji gwałtownie wyrzucają głównie materiał piroklastyczny i gazy. Ich stożki wulkaniczne mają zwykle niewielkie rozmiary. Wulkanów tego typu jest niewiele. Jednym z nich jest Paricutín, który znajduje się w Meksyku.

? *Rozpoznaj po kształcie stożka, jaki typ wulkanu został przedstawiony na ilustracji.*



Z **wulkanów efuzywnych** podczas erupcji wydobywa się tylko lawa. W wypadku płynnej, rozlewającej się szybko lawy zasadowej powstają wulkany tarczowe o łagodnych stokach (np. Mauna Loa na Hawajach). Natomiast z law kwaśnych, zastygających w pobliżu krateru, tworzą się kopuły lawowe o stromych stokach. Przykładem jest wulkan Merapi na Jawie.



W przypadku **stratowulkanów** – wulkanów mieszanych – gwałtowne erupcje materiałów piroklastycznych są przeplatane spokojnymi wylewami lawy. Dlatego stożki wulkaniczne stratowulkanów są zbudowane z występujących na przemian warstw popiołów wulkanicznych oraz lawy. Tego typu budowę ma większość wulkanów na kuli ziemskiej, np. Wezuwiusz i Etna.

Podział wulkanów ze względu na aktywność

Ze względu na stopień aktywności wyróżnia się trzy grupy wulkanów. Są to:

- **wulkany czynne** – zalicza się do nich wulkany wybuchające obecnie lub te, które wybuchały za ludzkiej pamięci, np. Etnę. Każdego roku w stanie aktywności jest średnio 40–60 wulkanów;
- **wulkany drzemiące** – w kronikach i zapiskach historycznych odnotowano ich erupcję, ale od pewnego czasu (od dziesiątek, a nawet setek lat) nie wykazują aktywności, np. Fudżi w Japonii. Po okresie długotrwałego uśpienia wulkany drzemiące mogą gwałtownie wybuchać (np. wulkan Pinatubo wybuchł w 1991 r. po niemal 500 latach uśpienia);
- **wulkany wygasłe** – wulkany, które nie były aktywne w czasach historycznych, np. Kilimandżaro w Afryce.

Klasyfikacja wulkanów

ze względu na rodzaj produktów erupcji	ze względu na aktywność	ze względu na kształt wulkanu
• eksplozywne (materiał piroklastyczny) • efuzywne (lawa) • stratowulkany (typ mieszany)	• czynne • drzemiące • wygasłe	• linearne (szczelinowe) • tarczowe • stożkowe

Najwyższy wulkan na Ziemi – Ojos del Salado [wym. ohos del salado] – znajduje się w Andach, w strefie subdukcji płyty oceanicznej pod płytę kontynentalną. Szczyt tego drzemiącego stratowulkanu sięga 6893 m n.p.m.

Przez Islandię przebiega ryft, dlatego na jej obszarze znajduje się wiele wulkanów. Ich erupcje, np. wulkanu Fagradalsfjall [wym. fagradalsfjatl] w 2021 r., mają często charakter linijny.

Występowanie wulkanów

Trudno określić, ile wulkanów znajduje się na Ziemi, gdyż wiele z nich to wulkany podmorskie. Niektóre źródła podają, że spośród kilku tysięcy wulkanów ponad 600 stanowią wulkany czynne.

Jak widać na poniższej mapie, rozmieszczenie wulkanów na Ziemi wiąże się ściśle z przebiegiem **granic płyt litosfery**. Najwięcej czynnych wulkanów znajduje się wokół wybrzeży Oceanu Spokojnego, gdzie tworzą **Ognisty Pierścień Pacyfiku**. Większe ich skupiska występują także w basenach Morza Śródziemnego, Morza Czerwonego i Morza Karaibskiego oraz w sąsiedztwie Wielkich Rowów Afrykańskich (→ Wielkie Rowy Afrykańskie, s. 204) i grzbietów śródoceanicznych w strefach spredingu. Ponadto wulkany tworzą się nad **plamami gorąca**. Informacje na temat tych miejsc zamieszczono na s. 217.

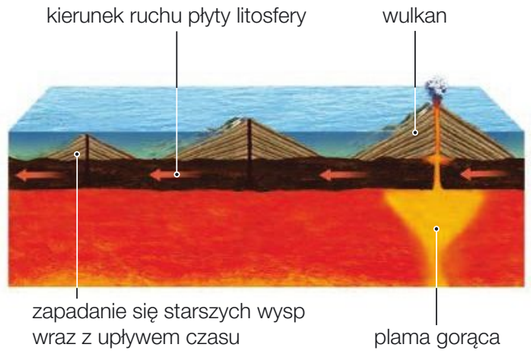
Rozmieszczenie wulkanów

Wulkany
- czynne i drzemiące wulkany lądowe
- niektóre czynne wulkany podmorskie

Granice płyt litosfery
- rozbieżne (ryfty śródoceaniczne i śródkontynentalne)
- zbieżne (strefy subdukcji i strefy kolizji)
- transformujące
- przypuszczalne granice płyt litosfery
- kierunki przemieszczania się płyt litosfery

Czym są plamy gorąca?

Plamy gorąca (ang. *hot spots*) to miejsca poza granicami płyt litosfery, gdzie strumień gorącej materii płynie z płaszcza ziemskiego ku górze. W efekcie powstaje komora magmowa, z której magma wydostaje się szczelinami na powierzchnię. Wskutek ruchu płyty litosfery nad plamą gorąca mogą powstawać wyspy wulkaniczne leżące w przybliżeniu na jednej linii.



Powstawanie wysp wulkanicznych nad plamą gorąca.

Nad plamą gorąca powstały np. Hawaje.

? *Hawaje leżą w obrębie płyty pacyficznej. Ustal, w którym kierunku się ona przesuwa.*

Skutki erupcji wulkanicznych

Zjawiska wulkaniczne często **zmieniają rzeźbę terenu i krajobraz**. Na przykład na skutek silnych erupcji powstają lub są niszczone wyspy. Przypuszcza się, że nadmierna ilość pyłów wulkanicznych emitowanych do atmosfery mogła się przyczynić do **zmian klimatu** w odległych epokach geologicznych.

Zjawiska wulkaniczne mogą pozytywnie wpływać na gospodarkę człowieka. Z popiołów i tufów wulkanicznych wykształcają się bardzo **żyzne gleby**. Skały wulkaniczne stanowią cenny **surowiec budowlany i drogowy**. Grys bazaltowy jest najlepszym wypełniaczem mas asfaltowych używanych m.in. do budowy autostrad. W otoczeniu czynnych wulkanów powstają **złoża wielu surowców mineralnych**, w tym siarki rodzimej i rudy miedzi. Widowiskowość erupcji niektórych wulkanów sprawia, że stają się one **atrakcjami turystycznymi** na skalę światową.

Nie można jednak zapominać, że wybuchy wulkanów mogą niszczyć budynki, drogi i inne elementy infrastruktury oraz powodować śmierć tysięcy ludzi. Ponadto w następstwie erupcji podmorskich wulkanów często powstają **tsunami** (→ tsunami, s. 154), które również mają niszczycielskie skutki.

Żyzne gleby wulkaniczne przyczyniły się do rozwoju rolnictwa na Jawie. Obecnie jest ona najgęściej zaludnioną indonezyjską wyspą.

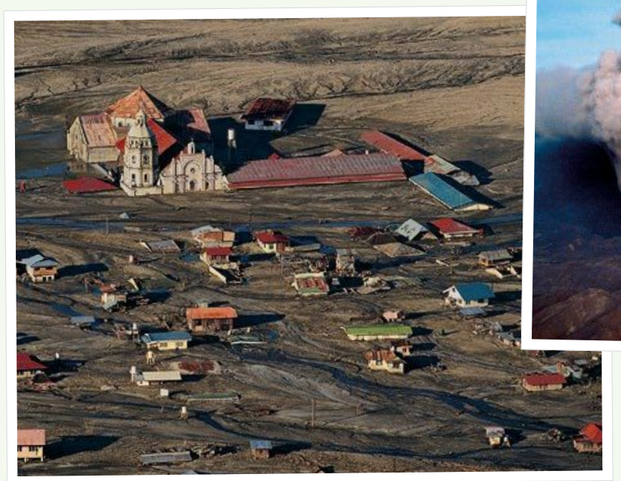
Spojrzenie z bliska

Katastrofalne skutki wybuchu wulkanu Pinatubo

Archipelag Filipiński, położony w obrębie Ognistego Pierścienia Pacyfiku, odznacza się występowaniem wielu wulkanów. Jednym z nich jest Pinatubo, który znajduje się na wyspie Luzon.

Historyczne zapiski mówią o wybuchu Pinatubo w 1315 r. Od tego czasu uznawano wulkan za wygasły. To założenie niestety było błędne, o czym przekonano się w 1991 r. Doszło wtedy do jednej z najtragiczniejszych w skutkach erupcji w czasach historycznych. Rozpoczęła się ona 9 czerwca i składała z serii ponad 20 wybuchów, którym towarzyszyły trzęsienia ziemi. Kulminacja, czyli największa eksplozja, nastąpiła 15 czerwca. Jej siła była tak ogromna, że doprowadziła do rozerwania wierzchołka wulkanu oraz utworzenia kaldery o głębokości 600 m i średnicy 2,5 km. Na skutek wybuchu Pinatubo zginęło ponad 800 mieszkańców wyspy, a wiele osób zostało rannych. Produkty erupcji zalały i zasypały ponad 100 km^2 obszaru rozciągającego się wokół wulkanu. W wyniku wybuchu do atmosfery przedostało się ok. 20 mln t dwutlenku siarki. Odnotowano także duży spadek zawartości ozonu nad Antarktydą oraz spadek średniej temperatury powietrza na Ziemi w 1992 r. o ok. 0,5°C.

Podczas erupcji Pinatubo z krateru wydostało się ok. 10 mln m^3 materiału piroklastycznego. Potoki błotnistej lawy zniszczyły m.in. miejscowość Bacolor.



Wydobywające się z krateru Pinatubo gazy i pyły utworzyły chmurę o wysokości niemal 35 km.

Zadania

1. Wyjaśnij, czym są intruzje magmowe.
2. Przedstaw budowę stratowulkanu.
3. Wymień po trzy przykłady negatywnych i pozytywnych skutków zjawisk wulkanicznych.
* 4. Opisz działania, które mogą zapobiec szkodom powodowanym przez wybuchy wulkanów.

6 Trzęsienia ziemi, ruchy epejrogeniczne i izostatyczne

Ważne na tej lekcji!

- przyczyny i skutki trzęsień ziemi
- ruchy epejrogeniczne i izostatyczne

Ruchom płyt litosfery towarzyszy wiele zjawisk i procesów. Niektóre z nich zachodzą gwałtownie i bywają bardzo niebezpieczne, a inne są niemal niezauważalne. Do tych pierwszych można zaliczyć trzęsienia ziemi, do drugich zaś – ruchy epejrogeniczne i izostatyczne.

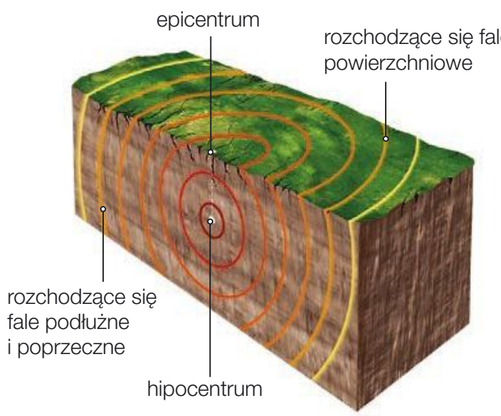
Trzęsienia ziemi

Trzęsienia ziemi to krótkotrwałe drgania skorupy ziemskiej wywołane nagłym przemieszczeniem się mas skalnych. Najczęstszą przyczyną trzęsień ziemi jest ruch płyt litosfery. Zachodzi on bardzo powoli, przy czym nie odbywa się płynnie, lecz skokowo. Przez dłuższy czas płyty są nieruchome, a w skałach kumulują się naprężenia. Rozładowują się one podczas gwałtownego ruchu skał. Wyzwala się wtedy znaczna ilości energii i następują drgania, które rozchodzą się w postaci **fal sejsmicznych**. Wyróżnia się trzy ich rodzaje. **Fale podłużne** i **fale poprzeczne** powstają w miejscu uwolnienia się energii w głębi Ziemi. Gdy dotrą do powierzchni, wzbudzają **fale powierzchniowe**.

Miejsce uwolnienia naprężeń i emisji fal sejsmicznych jest nazywane ogniskiem trzęsienia ziemi lub **hipocentrum**. Punkt na powierzchni ziemi, do którego fale sejsmiczne docierają najwcześniej i w którym wstrząsy są najsilniejsze, to **epicentrum** (ośrodek trzęsienia ziemi). W miarę oddalania się od epicentrum siła wstrząsów maleje. Ocenia się ją na podstawie:

- **skali Mercallego** – dwunastostopniowej skali zamkniętej opierającej się na charakterystyce zniszczeń wywołanych wstrząsami;
- **skali Richtera** – skali otwartej, w której wielkość trzęsienia ziemi – magnitudę – określa się m.in. na podstawie amplitudy drgań wstrząsów sejsmicznych. W skali Richtera każdy kolejny stopień oznacza trzydziestokrotny wzrost energii trzęsienia, przy czym w praktyce nie notuje się wstrząsów o magnitudzie większej niż 9,5.

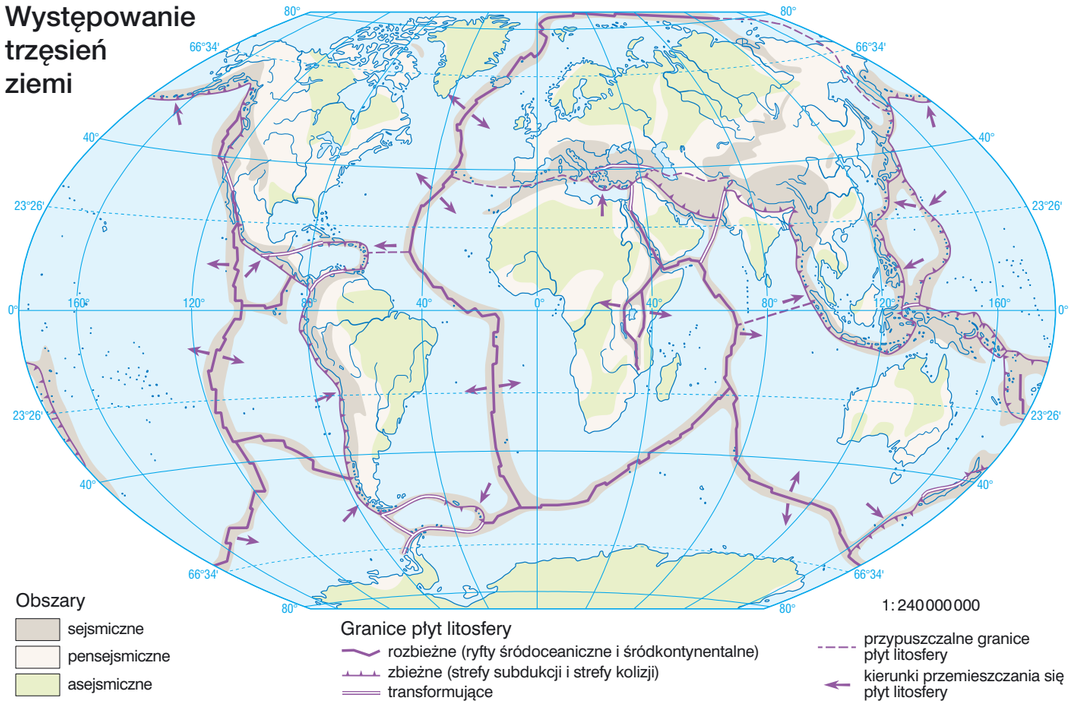
Fale sejsmiczne rejestruje się za pomocą **sejsmografów**. Uzyskany dzięki nim zapis drgań – **sejsmogram** – pozwala określić czas, miejsce oraz siłę wstrząsów.



Rozchodzenie się fal sejsmicznych.

Sejsmograf i sejsmogram.

Występowanie trzęsień ziemi



? *Wskaż kontynenty, na których trzęsienia ziemi występują najrzadziej.*

Klasyfikację trzęsień ziemi można przeprowadzić na podstawie ich genezy. Wyróżnia się wówczas trzęsienia:

- **tektoniczne** – powstają w wyniku ruchu płyt litosfery. Są to najczęstsze i najsilniejsze trzęsienia (ok. 90% wszystkich trzęsień ziemi);
- **wulkaniczne** – wiążą się z erupcjami wulkanów (ok. 7% trzęsień ziemi);
- **zapadliskowe** – powstają w efekcie zapadania się stropów jaskiń na obszarach krasowych lub chodników kopalnianych na obszarach eksploatowanych górniczo (ok. 3% trzęsień ziemi).

Występowanie trzęsień ziemi

Rozmieszczenie zjawisk sejsmicznych na Ziemi jest nierównomierne. Zależnie od częstotliwości i siły wstrząsów wyróżnia się obszary:

- **sejsmiczne**, gdzie wstrząsy są częste i silne,
- **pensejsmiczne**, na których wstrząsy pojawiają się bardzo rzadko i są słabe,
- **asejsmiczne**, gdzie trzęsienia ziemi w ogóle nie występują.

Te trzy rodzaje obszarów przedstawiono na powyższej mapie. Warto zwrócić uwagę, że obszary sejsmiczne układają się wzdłuż granic płyt litosfery. Większość wstrząsów występuje na obszarze Ognistego Pierścienia Pacyfiku.

Skutki trzęsień ziemi

Dokładne przewidywanie trzęsień ziemi nie jest możliwe. Dlatego należą one do najtragiczniejszych w skutkach kataklizmów. Często przyczyniają się do **śmierci wielu ludzi** oraz powodują ogromne **straty materialne**. W wyniku trzęsień ziemi zniszczeniu ulegają budynki, linie energetyczne, gazociągi i ropociągi, a także sieć komunikacyjna.

Straty materialne i liczba zabitych zależą nie tylko od magnitudy trzęsienia ziemi, lecz także od gęstości zaludnienia i poziomu urbanizacji w rejonie epicentrum. Dlatego tak wiele ofiar pochłonęły trzęsienia ziemi w Turcji czy w Chinach. Na słabo zaludnionych obszarach górskich Azji wstrząsy o podobnej magnitudzie wywołały znacznie mniejsze zniszczenia.

Wybrane trzęsienia ziemi

Data	Region	Magnituda	Liczba zabitych [tys.]
22.05.1960	południowe Chile	9,5	1,7
26.12.2004	Sumatra (Indonezja)	9,1	300
4.11.1952	Kamczatka (Rosja)	9,0	–
11.03.2011	środkowa Japonia	9,0	20
27.02.2010	środkowe Chile	8,8	0,3
23.01.1556	Shaanxi (Chiny)	8,0	830
16.12.1920	Gansu (Chiny)	7,8	200
6.02.2023	południowa Turcja i Syria	7,8	60
17.07.1999	Izmir (Turcja)	7,6	17,1
12.01.2010	Haiti	7,0	222,6

Trzęsienia ziemi, oprócz strat w ludziach i szkód materialnych, powodują powstawanie głębokich szczelin w skorupie ziemskiej. Wzdłuż nich często dochodzi do: przemieszczeń warstw skalnych w pionie i poziomie, osuwisk i obrywów, podniesienia lub obniżenia poziomu wód gruntowych, zmiany położenia koryt rzecznych oraz powstawania tsunami.

Trzęsienie ziemi w Turcji i Syrii w lutym 2023 r. objęło gęsto zaludnione obszary. Dlatego spowodowało śmierć dziesiątek tysięcy osób i ogromne straty materialne, szacowane na ponad 100 mld USD.

Ruchy epejrogeniczne

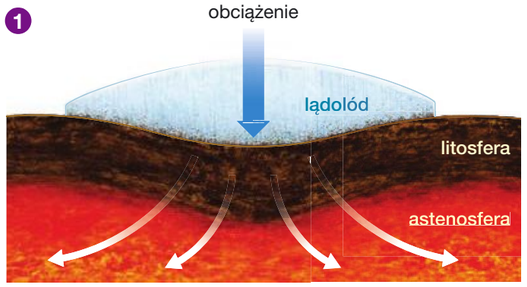
Zupełnie inny charakter niż trzęsienia ziemi mają **ruchy epejrogeniczne** (lądotwórcze). Te powolne, długotrwałe, pionowe ruchy skorupy ziemskiej obejmują bardzo duże powierzchnie, ale nie wywołują na ogół większych deformacji warstw skalnych. Głównymi przyczynami tych ruchów są:

- przemieszczanie się magmy w dolnej części litosfery,
- naprężenia związane ze ściskaniem płyt litosfery w strefach ich kolizji,
- przemiany materii na granicy litosfery i astenosfery.

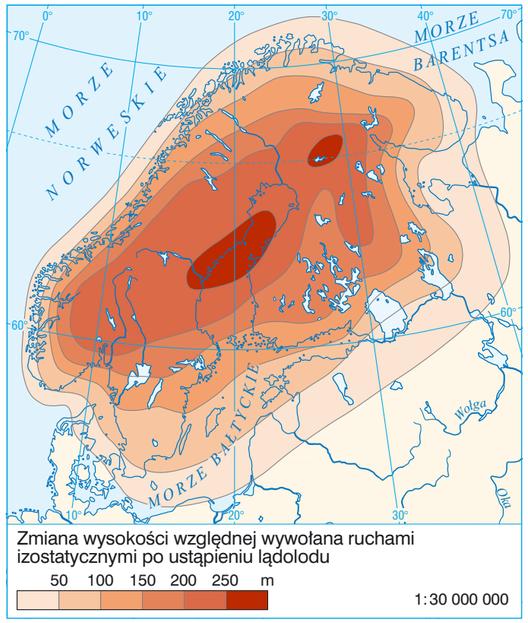
Do ruchów epejrogenicznych należą zarówno ruchy obniżające, jak i wznoszące. Fragmenty skorupy ziemskiej objęte **ruchami obniżającymi** zanurzają się w plastycznym podłożu. Wskutek tego może nastąpić **transgresja morska**, czyli zalanie lądu przez morze. **Ruchy wznoszące** prowadzą zaś do podniesienia mniejszych lub większych fragmentów płyt litosfery, co może się wiązać z wynurzeniem obszarów położonych poniżej powierzchni morza. Efektem tego ruchu jest **regresja morska**, czyli wycofanie się morza z lądu.

W dziejach Ziemi transgresje i regresje morskie zachodziły wielokrotnie. Wywoływały je także zmiany objętości wody w oceanie światowym. Tak było np. w plejstocenie. Olbrzymie masy wód zostały wtedy uwięzione w lądolodach, przez co nie trafiały do oceanów.

O zmianach poziomu morza świadczą m.in. ślady żerowania organizmów morskich na kolumnach starożytnej świątyni Serapisa wznoszącej się nad Zatoką Neapolitańską.



Ruchy izostatyczne związane z powstaniem i zanikiem lądolodu.



Ruchy izostatyczne na Półwyspie Skandynawskim po ustąpieniu lądolodu.

Obecnie ruchy obniżające występują m.in. na wybrzeżu Holandii oraz w Polsce, w okolicach Zatoki Gdańskiej. Z kolei ruchy wznoszące zachodzą np. we Włoszech, w pobliżu Zatoki Neapolitańskiej. Ich występowania dowodzą dokładne pomiary geodezyjne.

Ruchy izostatyczne

Płyty litosfery poruszające się po plastycznej astenosferze dążą do osiągnięcia równowagi grawitacyjnej. Efektem tego są powolne pionowe ruchy litosfery nazywane **ruchami izostatycznymi**. Podstawowa różnica między ruchami epejrogenicznymi a ruchami izostatycznymi polega na tym, że te pierwsze całkowicie zależą od procesów wewnętrznych, a drugie są warunkowane również procesami zewnętrznymi.

Płyty litosfery mogą być czasowo obciążone lub odciążone. Z tego powodu pogrążają się w astenosferze albo się z niej wynurzają, a bezwzględna wysokość lądów bądź ich fragmentów maleje lub rośnie.

Masę obciążającą może stanowić np. **lądolód** albo **warstwa skał osadowych** o znacznej miąższości powstała w procesie sedymentacji. Gromadzenie się lodu lub osadów sprawia, że płyta litosfery staje się coraz cięższa i powoli zanurza się w astenosferze. Natomiast zanik lądolodu oraz erozja skał powodują stopniowe wynurzanie się płyty i wzrost wysokości bezwzględnej terenu. Ten ruch trwa jeszcze bardzo długo po ustąpieniu czynnika, który go wywołał. Na przykład Półwysep Skandynawski jest nadal wynoszony, mimo że lądolód ustąpił z niego ponad 10 tys. lat temu.

Zadania

1. Omów rodzaje trzęsień ziemi.
2. Wyjaśnij, czym są ruchy epejrogeniczne.
* 3. Na podstawie dodatkowych źródeł informacji wymień działania pomagające zmniejszyć liczbę ofiar trzęsień ziemi i ograniczyć powodowane przez nie straty materialne.

7 Wielkie formy ukształtowania lądów i dna oceanicznego

Ważne na tej lekcji!

- ukształtowanie powierzchni Ziemi jako skutek procesów geologicznych
- wielkie formy ukształtowania lądów i dna oceanicznego

Procesy wewnętrzne wyraźnie oddziałują na wygląd naszej planety. W ich wyniku zmienia się zarówno ukształtowanie poziome Ziemi, czyli rozmieszczenie lądów i mórz oraz ich kształt, jak i ukształtowanie pionowe – występowanie form wklęsłych i wypukłych w budowie kontynentów oraz dna oceanicznego.

Ukształtowanie poziome

Obszary wodne zajmują 361,1 mln km^2 (71% powierzchni Ziemi), lądy zaś – 149 mln km^2 (29%). W obrębie wszechoceanu wyodrębniono **pięć oceanów** (→ wszechocean i jego podział, s. 146). Z kolei obszary lądowe pod względem fizycznogeograficznym (oraz kulturowym w przypadku granicy między Europą a Azją) podzielono na **siedem kontynentów**. W ich podłożu znajduje się rozbudowana warstwa granitowa nazywana cokołem kontynentalnym. Większość lądów znajduje się na półkuli północnej. Największym zwartym blokiem lądowym jest Eurazja.

Ukształtowanie pionowe

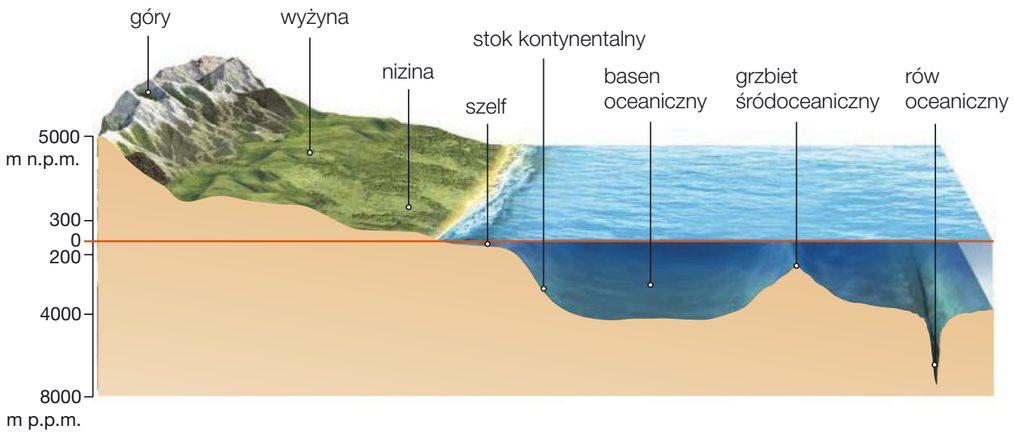
W budowie dna oceanicznego i kontynentów wyróżniono **wielkie formy**. Są to obszary o znacznych rozmiarach oraz specyficznej budowie wewnętrznej i zewnętrznej, występujące zazwyczaj na określonej wysokości lub głębokości. Przedstawiono je na ilustracji znajdującej się u dołu strony.

Wielkie formy dna oceanicznego

W obrębie dna oceanicznego wyróżnia się:

- szelfy,
- stoki kontynentalne,
- baseny oceaniczne,
- grzbiety śródoceaniczne,
- rowy oceaniczne.

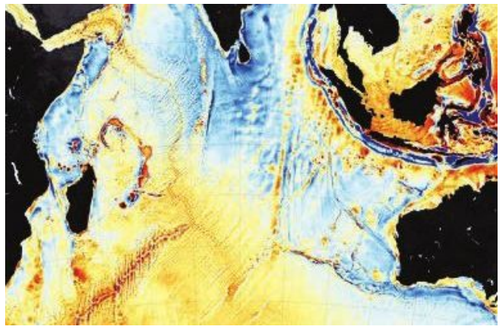
Szelfy to przybrzeżne, najpłytsze strefy dna oceanicznego. Sięgają zwykle do głębokości 200 m p.p.m. i są częścią bloku kontynentalnego. Tam, gdzie góry schodzą do morza (Andy, Kordyliery), szerokość szelfów jest niewielka. Z kolei w sąsiedztwie nizin bywa ona bardzo



Wielkie formy ukształtowania lądów i dna oceanicznego.

Czy wiesz, że…

Niektórzy twierdzą, że o dnach oceanów na Ziemi wiemy mniej niż o powierzchni Księżyca czy Marsa. To dlatego, że głębiny spowija mrok. Na szczęście ukształtowanie powierzchni ma wpływ na pole grawitacyjne, a jego zróżnicowanie można odczytać za pomocą satelitów. Ten sposób zobrazowania dna oceanów nie tylko ułatwia nawigację, lecz także pomaga naukowcom badać ruch płyt litosfery.



duża. Obszarem szelfowym jest np. całe Morze Północne. Szelfy zajmują 7,8% powierzchni oceanów.

Stoki kontynentalne to najbardziej strome fragmenty dna oceanicznego, położone zwykle na głębokości 200–3000 m p.p.m. Zajmują 18,1% powierzchni dna oceanów i znajdują się między szelfami a basenami oceanicznymi.

Baseny oceaniczne leżą na głębokości 3000–6000 m p.p.m. i zajmują przeważającą część dna oceanicznego. Większość tych terenów stanowią rozległe równiny zwane równinami abisalnymi. W ich obrębie znajdują się też podwodne wzniesienia i góry powstałe np. nad plamami gorąca.

Grzbiety śródoceaniczne to systemy podmorskich gór ciągnące się przez tysiące kilometrów. W ich osiach występują głębokie doliny ryftowe (→granice rozbieżne, s. 204).

Rowy oceaniczne to wydłużone zagłębienia, których szerokość wynosi zazwyczaj kilkadziesiąt kilometrów, a głębokość może przekraczać 10 000 m p.p.m. (najgłębszym rowem oceanicznym jest Rów Mariański – 10 916 m p.p.m.). Rowy oceaniczne powstają w miejscach, gdzie jedna płyta litosfery podsuwa się pod drugą. Zajmują najmniejszy fragment dna oceanicznego (1%).

Wielkie formy ukształtowania lądów

Ukształtowanie lądów to efekt działania sił wewnętrznych i zewnętrznych. Pierwsze z wymienionych stopniowo wynoszą formy na lądach, natomiast drugie nieustannie dążą do ich zrównania. Ze względu na zróżnicowanie pionowe wśród wielkich form ukształtowania powierzchni lądów wyodrębniono:

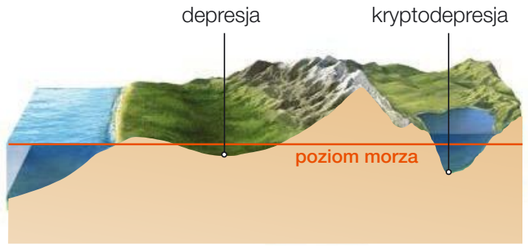
- niziny,
- wyżyny,
- góry.

Niziny sięgają do wysokości 200–300 m n.p.m. Zajmują ponad 30% powierzchni lądowej naszej planety. Zróżnicowanie ich rzeźby powoduje, że są dzielone na:

- płaskie, odznaczające się mało urozmaiconą rzeźbą terenu,
- faliste, na których występują wzniesienia nieprzekraczające 30 m,
- pagórkowate, na których przeważa rzeźba erozyjna, a wysokości względne dochodzą do 60 m.

Obszary nizinne mają największy udział w powierzchni Europy (72%), a najmniejszy – w powierzchni Antarktydy (6%). W obrębie nizin mogą występować **depresje**, czyli fragmenty terenu położone poniżej poziomu morza, oraz **kryptodepresje** – dna jezior śródlądowych leżące poniżej poziomu morza.

Depresje i kryptodepresje zajmują jedynie 0,5% powierzchni lądów. Największe obszary depresyjne znajdują się na Nizinie Nadkaspijskiej leżącej w południowo-wschodniej Europie. Najgłębszą spośród depresji jest brzeg Morza Martwego (436 m p.p.m.). Z kolei najniżej położoną kryptodepresję tworzy dno jeziora Bajkał (1165 m p.p.m.).



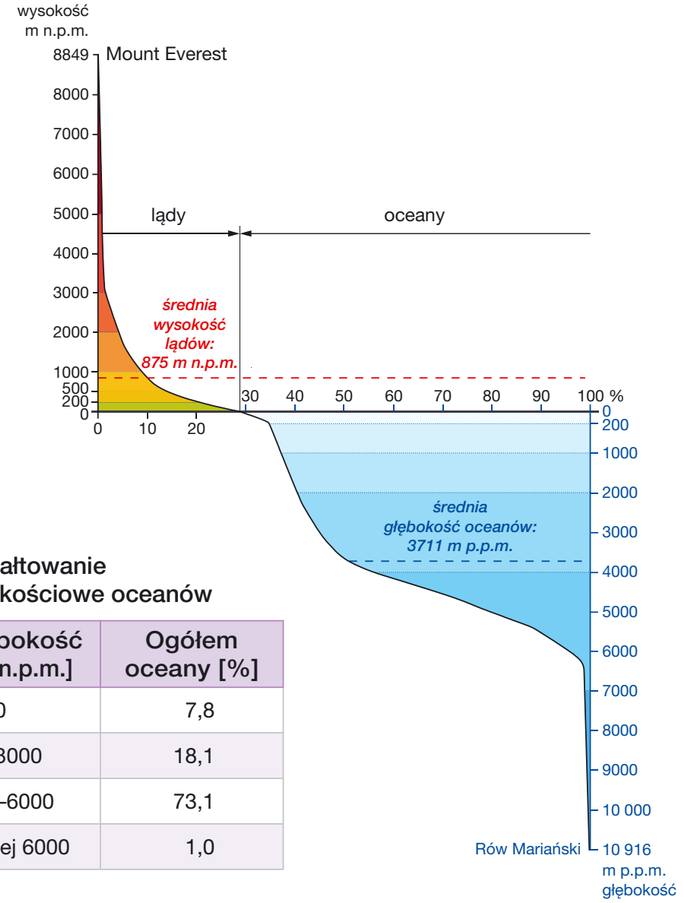
Depresja i kryptodepresja.

Wyżyny to obszary o wysokościach przekraczających zazwyczaj 300 m n.p.m., charakteryzujące się mało urozmaiconą rzeźbą terenu. Niektóre tereny wyżynne leżą kilka tysięcy metrów nad poziomem morza, jednak nie zalicza się ich do gór ze względu na zbyt małe deniwelacje (różnice wysokości względnej). Najwyżej położoną wyżyną na Ziemi jest Wyżyna Tybetańska, która znajduje się na wysokości ponad 4000 m n.p.m. Wyżyny powstają najczęściej w wyniku pionowych ruchów skorupy ziemskiej. Obszary o wysokości od 300 do 1000 m n.p.m. zajmują 38% powierzchni lądów. Największym udziałem wyżyn odznacza się Afryka (55%), a najmniejszym – Antarktyda (5%).

Góry różnią się od wyżyn bardzo urozmaiconą rzeźbą terenu oraz występowaniem stromych stoków i znacznych wysokości względnych. Góry zajmują ok. 8% powierzchni naszej planety, a obszary przekraczające 1000 m n.p.m. stanowią ponad 28% powierzchni lądów. Największy udział mają w powierzchni Antarktydy (88%) i Azji (30%), a najmniejszy – Australii (3%) i Europy (5%).

Krzywa hipsograficzna

Zróżnicowanie wysokościowe lądów oraz głębokościowe mórz i oceanów obrazuje krzywa hipsograficzna. Można z niej odczytać, jaki odsetek powierzchni Ziemi zajmują tereny położone w określonych przedziałach wysokości na lądach oraz głębokości w oceanach. Pozwala także odczytać średnią wysokość lądów (875 m n.p.m.) i średnią głębokość oceanów (3711 m p.p.m.). Krzywe hipsograficzne sporządza się nie tylko dla oceanów i kontynentów, lecz także dla regionów czy państw.



Ukształtowanie pionowe lądów

Wysokość [m n.p.m.]	Ogółem lądy [%]
poniżej 0	0,6
0–300	33,5
300–1000	37,6
1000–3000	25,3
powyżej 3000	3,0

Ukształtowanie głębokościowe oceanów

Głębokość [m n.p.m.]	Ogółem oceany [%]
0–200	7,8
200–3000	18,1
3000–6000	73,1
poniżej 6000	1,0

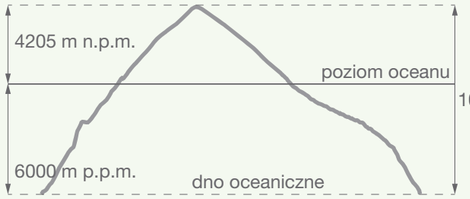
? *Sprawdź, jaki odsetek powierzchni Ziemi zajmują obszary położone wyżej niż wysokość, na której znajduje się Twoja szkoła.*

Spojrzenie z bliska

Mauna Kea – najwyższa góra na Ziemi?

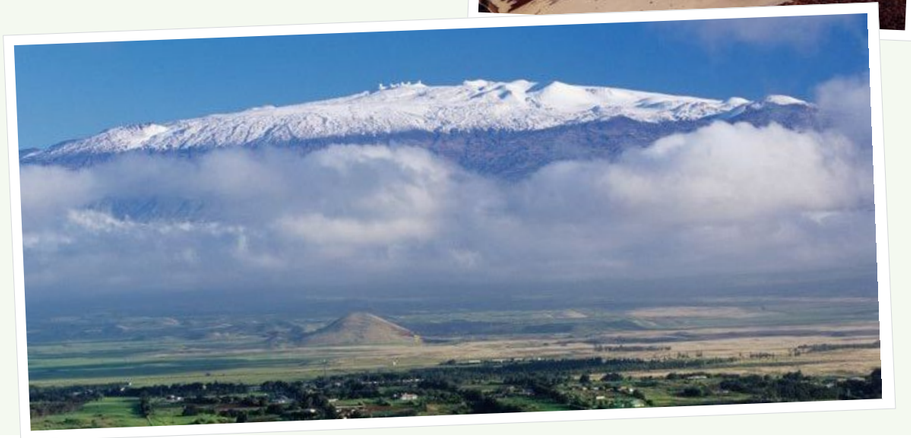
Większość osób zapytana o to, jaką nazwę nosi najwyższa góra na Ziemi, bez wahania odpowie, że Mount Everest (8849 m n.p.m.). Tymczasem jest to prawda jedynie wtedy, gdy pod uwagę bierze się wysokość bezwzględną – liczoną od poziomu morza.

Okazuje się, że gdy za kryterium przyjmie się wysokość względną, to najwyższą górą na Ziemi jest znajdujący się na Hawajach drzemiący wulkan – Mauna Kea. Jak to możliwe, skoro z reguły wysokości bezwzględne gór są większe niż ich wysokości względne? Wysokość względna góry może przekraczać wysokość bezwzględną wtedy, gdy góra, której podnóżem jest dno morza, wystaje ponad powierzchnię wody i tworzy wyspę. Jednym z takich kolosów jest właśnie Mauna Kea. Jej wysokość mierzona od poziomu morza to 4205 m, jednak fragment dna oceanu, z którego się wznosi, leży na głębokości prawie 6000 m p.p.m. W związku z tym wysokość względna najwyższej góry Hawajów wynosi niemal 10 200 m, czyli ponad 1300 m więcej niż wysokość bezwzględna Mount Everestu.



Mauna Kea – profil pokazany od dna oceanicznego do najwyższego wierzchołka.

Na szczycie wulkanu Mauna Kea znajduje się obserwatorium astronomiczne.



Mimo że Mauna Kea leży w pobliżu zwrotnika Raka, ze względu na znaczną wysokość jej wierzchołek przez część roku jest pokryty śniegiem. Stąd właśnie pochodzi nazwa szczytu, która w miejscowym języku oznacza białą górę.

Zadania

1. Podaj nazwę wielkiej formy ukształtowania dna oceanicznego, która powstaje w strefie subdukcji. Wymień formy tego typu występujące w obrębie Oceanu Atlantyckiego.
2. Na podstawie dodatkowych źródeł opisz próby dotarcia do najgłębszego miejsca na dnie oceanicznym.
3. Wyjaśnij, dlaczego obszar Tybetu uznaje się za wyżynę, a nie za góry.

8 Odtwarzanie i datowanie dziejów Ziemi

Ważne na tej lekcji!

- ustalanie wieku względnego i bezwzględnego skał oraz wydarzeń geologicznych
- podział dziejów Ziemi
- analizowanie przekroju geologicznego i odkrywki geologicznej

Narodziny naszej planety oraz jej najstarsze dzieje do dziś pozostają nie do końca wyjaśnioną tajemnicą. Naukowcy przypuszczają, że Układ Słoneczny zaczął się tworzyć 4,6 mld lat temu z pyłowo-gazowej materii. Planety, w tym Ziemia, powstały dopiero 100 mln lat później.

Odtwarzanie dziejów Ziemi

Powstaniem i ewolucją skorupy ziemskiej oraz świata organicznego w przeszłości geologicznej zajmuje się **geologia historyczna**. W jej skład wchodzą m.in.:

- paleogeografia – nauka zajmująca się odtwarzaniem warunków geograficznych występujących na Ziemi w przeszłości geologicznej, np. rozmieszczeniem lądów i mórz,
- stratygrafia – nauka badająca wiek skał oraz ich występowanie w czasie i przestrzeni,
- paleontologia – nauka zajmująca się organizmami żyjącymi w minionych epokach geologicznych.

W badaniach przeszłości Ziemi powszechnie wykorzystuje się **zasadę aktualizmu geologicznego**. Wyraża ją hasło „Teraźniejszość jest kluczem do przeszłości". Tłumaczy się je tak, że procesy geologiczne zachodzące w przeszłości we wnętrzu Ziemi i na jej powierzchni można rekonstruować na podstawie obserwacji procesów zachodzących współcześnie. Ponadto badania skał oraz sposobu ich ułożenia pozwalają określać wiek zdarzeń geologicznych. Podczas stosowania zasady aktualizmu geologicznego należy pamiętać, że procesy zachodzące we wczesnych etapach dziejów Ziemi (ze względu na inny skład atmosfery oraz wyższą temperaturę) znacząco różniły się od procesów, które trwają obecnie.

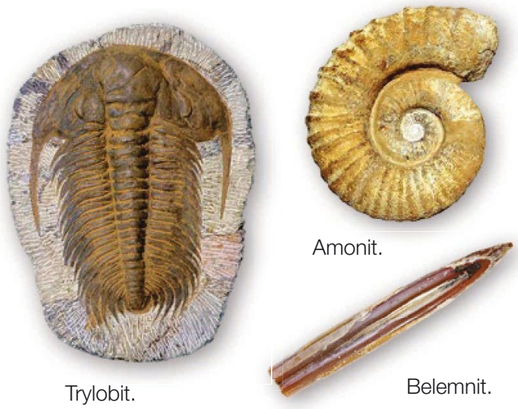
Metody określania wieku skał i wydarzeń geologicznych

Aby określić wiek skał albo wydarzeń geologicznych, stosuje się różne metody. Odnoszą się one do dwóch pojęć wieku:

- **wieku względnego**, który ustala się w odniesieniu do wieku innych skał lub wydarzeń geologicznych, a więc określa się tylko, czy np. dana skała jest starsza czy młodsza od innej skały,
- **wieku bezwzględnego**, podawanego w latach wskazujących na to, ile czasu upłynęło od danego wydarzenia.

Ważniejsze metody określania wieku skał i wydarzeń geologicznych

metody określania wieku względnego	metody określania wieku bezwzględnego
• metoda paleontologiczna • metoda stratygraficzna • metoda tektoniczna	• metoda izotopowa • metoda dendrochronologiczna • metoda sedymentologiczna



Trylobit. Amonit. Belemnit.

Trylobity są skamieniałościami przewodnimi ery paleozoicznej, a amonity i belemnity – ery mezozoicznej.

Metoda paleontologiczna

Metoda paleontologiczna pozwala ustalić wiek skał na podstawie znajdujących się w nich **skamieniałości**. Są to szczątki roślin i zwierząt z minionych okresów geologicznych, a także pozostawione przez nie ślady.

Bardzo dużą rolę w datowaniu skał tą metodą odgrywają **skamieniałości przewodnie**. Są to szczątki organizmów, które w geologicznej skali czasu żyły krótko, występowały powszechnie oraz odznaczały się cechami pozwalającymi na ich jednoznaczną identyfikację. Dzięki skamieniałościom przewodnim można się dowiedzieć, jakie zwierzęta i rośliny żyły dawniej, oraz odtworzyć warunki ich bytowania.

Niestety, w takiej formie zachowały się tylko organizmy żyjące w środowisku sprzyjającym powstawaniu skamieniałości oraz te, które miały trwałe elementy, np. szkielet, muszlę lub pancerz. Szacuje się, że w postaci skamieniałej przetrwał zaledwie jeden na kilkanaście tysięcy gatunków żyjących w danym okresie.

Metoda stratygraficzna

Metoda stratygraficzna pozwala oszacować wiek warstw skalnych na podstawie ich wzajemnego ułożenia. Ważną rolę odgrywa w niej **zasada superpozycji** (nadległości warstw). Zgodnie z nią warstwy skalne położone głębiej są starsze od warstw leżących płycej. Ta zasada może być jednak stosowana jedynie na obszarach niezaburzonych tektonicznie.

Jak powstają skamieniałości?

Martwa ryba *Priscacara liops* opada na dno płytkiego ciepłego morza.

Bakterie częściowo rozkładają martwą rybę. Z czasem szczątki zostają przykryte warstwą drobnoziarnistych osadów morskich.

Kolejne warstwy osadów sprzyjają rozpoczęciu procesów chemicznych powodujących fosylizację, czyli skamienienie. Skamieniały szkielet pod wpływem ciśnienia ulega sprasowaniu.

Po ustąpieniu morza powierzchnia skał jest poddawana procesom erozyjnym.

Postępujące procesy erozyjne niszczą kolejne warstwy skał i odsłaniają skamieniałą rybę.

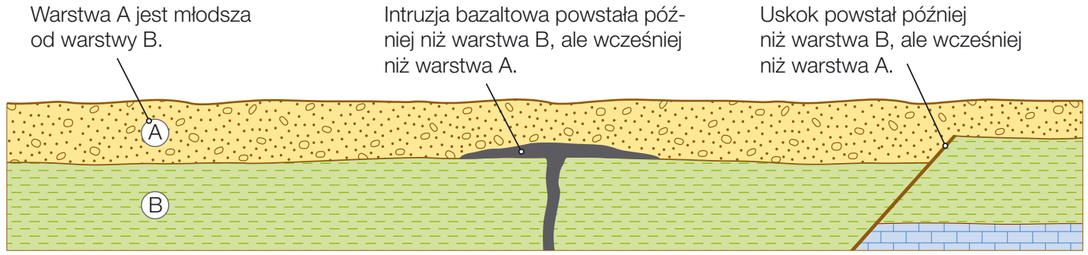
Jak ustalić wiek względny skał i wydarzeń geologicznych?

Wiek względny można ustalić bez wykorzystania skamieniałości – na podstawie układu warstw skalnych i ich deformacji. Wystarczy pamiętać o kilku zasadach.

1 Najmłodsze warstwy znajdują się najwyżej (zasada superpozycji).

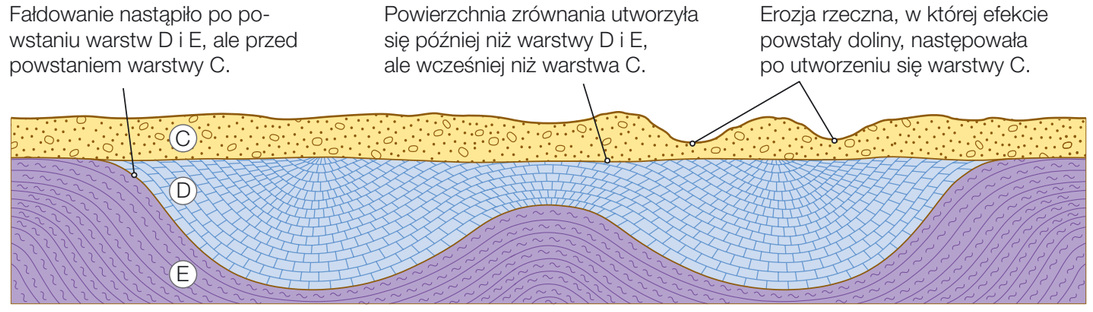
2 Intruzja magmowa jest młodsza niż warstwy, które przecina.

3 Uskok powstał później niż warstwy, które przecina.



4 Fałdowanie warstw skalnych nastąpiło później niż ich powstanie.

5 Procesy erozyjne nastąpiły później, niż powstały skały, które im uległy. Na przykład powierzchnia zrównania (wyrównanie powierzchni terenu wskutek długotrwałych procesów erozyjnych) utworzyła się później niż skały, które przecina.



Metoda tektoniczna

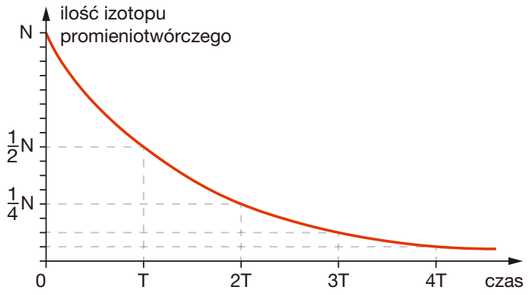
Metoda tektoniczna polega na analizie niezgodności w ułożeniu warstw skalnych. Chronologię procesów geologicznych na danym obszarze można odtworzyć dzięki założeniu, że deformacje skał i intruzje magmowe są młodsze od skał, które przecinają.

Metoda izotopowa

Metoda izotopowa wykorzystuje zjawisko naturalnego rozpadu **izotopów promieniotwórczych** niektórych pierwiastków, prowadzące do powstania izotopów niepromieniotwórczych.

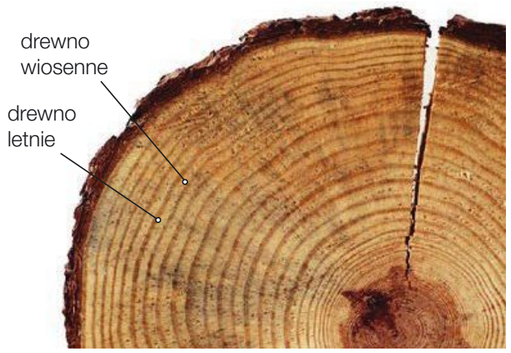
Każdy izotop promieniotwórczy ma inny **okres połowicznego rozpadu**, czyli czasu, po którym z pierwotnej ilości izotopu pozostaje połowa. Na podstawie okresu połowicznego rozpadu izotopu promieniotwórczego oraz jego obecnego stosunku ilościowego do produktu rozpadu można określić czas rozpoczęcia tego procesu. Najczęściej pokrywa się on z wiekiem skały, w której występują te pierwiastki, lub z wiekiem procesu geologicznego. Ważniejszymi metodami izotopowymi są:

- metoda uranowo-ołowiowa,
- metoda radiowęglowa.



T – okres połowicznego rozpadu
N – pierwotna ilość izotopu promieniotwórczego

Za każdym razem, gdy upłynie okres połowicznego rozpadu, pierwiastka promieniotwórczego pozostaje dwa razy mniej.



Słój drewna powstały w ciągu jednego roku składa się z jasnego pasma drewna wiosennego i ciemniejszego pasma drewna letniego.

W **metodzie uranowo-ołowiowej** wykorzystuje się izotop uranu ^{238}U. W wyniku jego rozpadu powstaje ołów ^{206}Pb. Czas połowicznego rozpadu tego izotopu jest bardzo długi i wynosi aż 4,5 mld lat. Tę metodę stosuje się do określania wieku skał oraz zdarzeń z odległej przeszłości geologicznej.

W **metodzie radiowęglowej** wykorzystuje się promieniotwórczy izotop ^{14}C. Stosunek tego izotopu do węgla ^{12}C podczas całego życia organizmów jest stały. Kiedy jednak organizm obumiera, ilość izotopu ^{14}C zaczyna maleć. Po 5570 latach jest już go tylko połowa, a po 11 140 latach – zaledwie 1/4. Na podstawie proporcji $^{14}C/^{12}C$ w drewnie, kościach bądź skórze można określić wiek śmierci rośliny czy zwierzęcia. Jeżeli badane szczątki zostały znalezione w skale, nie może być ona od nich starsza.

Datowanie izotopowe opiera się na zjawisku rozpadu promieniotwórczego, dlatego wymaga stosowania skomplikowanej aparatury.

Ze względu na dość krótki okres połowicznego rozpadu ta metoda pozwala na datowanie wydarzeń, które nie są starsze niż 60 tys. lat.

Metoda dendrochronologiczna

Metoda dendrochronologiczna polega na ustalaniu wieku badanego obiektu lub zjawiska przyrodniczego na podstawie **rocznych przyrostów słojów drzew**. Rosnące drzewa każdego roku wytwarzają nową warstwę tkanki odkładającą się w postaci pierścienia zwanego słojem. Zliczanie słojów i porównywanie uzyskanego wyniku z istniejącymi wzorcami pozwala określić czas, w którym rosło drzewo. Z kolei dzięki analizie szerokości i gęstości przyrostów można odtworzyć warunki klimatyczne istniejące w przeszłości. Ze względu na krótki zakres czasowy (do ok. 10 tys. lat) stosowanie tej metody jest ograniczone głównie do badań archeologicznych i klimatycznych.

Metoda sedymentologiczna

Metoda sedymentologiczna pozwala określać wiek osadów w zbiornikach wodnych poprzez badanie rocznego tempa ich przyrostu. Na przykład warstwa iłów o grubości 2–3 cm osadza się w Morzu Bałtyckim w ciągu ok. 100 lat. Na podstawie grubości osadu i tempa sedymentacji można ustalić, kiedy zaczął powstawać osad. Jednak wyniki uzyskane za pomocą tej metody należy traktować orientacyjnie, gdyż tempo sedymentacji, zależne od wielu czynników, mogło być w przeszłości inne niż obecnie.

Podział dziejów Ziemi

Badania geologiczne pozwoliły odtworzyć ważniejsze wydarzenia z geologicznej historii Ziemi i ułożyć z nich **tabelę stratygraficzną**. Głównymi jednostkami podziału dziejów Ziemi są:

- **eony** – zostały wyznaczone na podstawie obecności życia na Ziemi. Wyróżnia się trzy eony:
  - archaik, w którym nie istniało życie,
  - proterozoik, z ukrytym życiem (nie zachowały się skamieniałości),
  - fanerozoik, w którym dominowało jawne życie (potwierdzone skamieniałościami);
- **ery** – wyznaczono je na podstawie okresów masowego wymierania roślin i zwierząt;
- **okresy** – zostały wydzielone na podstawie zmian zachodzących w świecie organicznym, a także w rozkładzie lądów i mórz;
- **epoki** – wyróżniono je na podstawie wielkich ruchów górotwórczych.

Aby wyobrazić sobie długość trwania er czy okresów, najlepiej porównać czas, który upłynął od powstania Ziemi, do roku liczącego 365 dni. W tej skali jeden dzień oznacza 12,6 mln lat, a jeden miesiąc – prawie 380 mln lat. Na przykład człowiek pojawiłby się na Ziemi dopiero 31 grudnia ok. godziny 21.00.

Tabela stratygraficzna

Eon	Era	Okres	Epoka	Wiek – dolna granica [mln lat]
Fanerozoik	kenozoiczna	czwartorzęd	holocen	0,012
			plejstocen	2,58
		neogen	pliocen	5,33
			miocen	23,03
		paleogen	oligocen	33,9
			eocen	55,8
			paleocen	65,5
	mezozoiczna	kreda		145,5
		jura		199,6
		trias		251,0
	paleozoiczna	perm		299,0
		karbon		359,2
		dewon		416,0
		sylur		443,7
		ordowik		488,3
		kambr		542,0
Proterozoik				2500
Archaik				4600

Krok po kroku

Analiza odkrywki geologicznej na podstawie fotografii

Na podstawie fotografii wymień dwa wydarzenia geologiczne, które zaszły w okresie między powstaniem warstwy B a powstaniem warstwy A.

1 Przeanalizuj cechy warstw skalnych A i B.

Warstwa A zalega mniej więcej poziomo, a warstwa B – pod dużym kątem. Warstwa B jest starsza od warstwy A, ponieważ znajduje się głębiej.

2 Ustal, kiedy została zdeformowana warstwa B.

Ustawienie warstwy B pod dużym kątem nastąpiło na skutek deformacji ciągłej, czyli w wyniku fałdowania. Musiało do tego dojść przed powstaniem warstwy A, która nie jest zdeformowana.

3 Ustal, dlaczego fałdy nie są widoczne w całości.

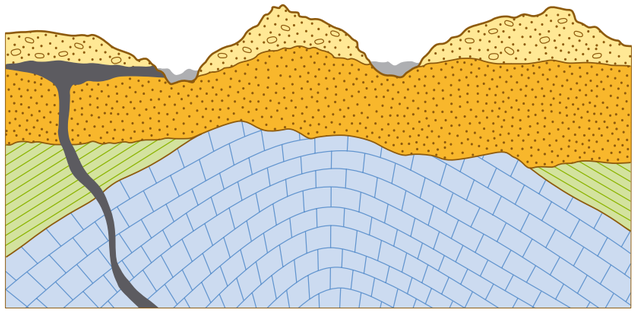
Warstwa B została częściowo zerodowana (zniszczona), zanim powstała warstwa A.

Odpowiedź: W czasie, który minął od powstania warstwy B do powstania warstwy A, zaszły fałdowanie i erozja.

Analiza przekroju geologicznego

Krok po kroku

Na podstawie przekroju geologicznego uporządkuj podane wydarzenia w kolejności chronologicznej.
A. Ruchy górotwórcze.
B. Wkroczenie lądolodu.
C. Erozja i akumulacja rzeczna.
D. Powstanie intruzji magmowej.
E. Transgresja morska i powstanie skał węglanowych.



1 Zdecyduj, które z wydarzeń jest najstarsze.

Na przekroju geologicznym najstarsze skały znajdują się zazwyczaj najgłębiej. Ta zasada nie dotyczy jednak intruzji magmowych, a zatem najstarszymi skałami są wapienie górnojurajskie. Ich powstanie wiąże się z transgresją morską (E). Z tą warstwą oraz z marglami i wapieniami kredy jest związane również inne wydarzenie – ruchy górotwórcze (A). Doprowadziły one do sfałdowania warstw skalnych, ale nie mogły nastąpić przed powstaniem tych warstw.

2 Ustal wiek względny intruzji magmowej (D).

Intruzję tworzą bazalty, czyli skały magmowe wylewne. To oznacza, że w momencie powstania intruzji magma wydostała się na powierzchnię. Intruzja przecina skały z okresów jury, kredy i miocenu, więc powstała później niż one. Jest jednak młodsza od skał plejstoceńskich i holoceńskich.

3 Zidentyfikuj genezę utworów plejstoceńskich.

Utwory plejstoceńskie to gliny, piaski i żwiry. Materiał skalny wielu frakcji wskazuje na obecność lądolodu (B), który transportuje różnorodne skały z różnych miejsc, ale ich nie sortuje.

4 Ustal, kiedy trwała działalność rzek (C).

Erozja i akumulacja rzeczna to wydarzenia najmłodsze. Po pierwsze, rzeki wycięły swe doliny w utworach lodowcowych, a zatem te utwory musiały powstać wcześniej. Po drugie, osady rzeczne są wieku holoceńskiego, a holocen jest ostatnią epoką w dziejach Ziemi.

Odpowiedź: E – A – D – B – C

Rozwiąż samodzielnie

Na podstawie powyższego przekroju geologicznego ustal, czy osady morskie miocenu powstały wcześniej niż intruzja magmowa, czy później.

Zadania

1. Podaj różnicę między wiekiem względnym a wiekiem bezwzględnym.
2. Wyjaśnij, na czym polega zasada aktualizmu geologicznego.
3. Opisz znaczenie skamieniałości przewodnich w odtwarzaniu dziejów Ziemi.
4. Wymień kryteria podziału dziejów Ziemi na ery i okresy.

9 Kronika dziejów Ziemi

Ważne na tej lekcji!

- wiek Ziemi
- najważniejsze wydarzenia geologiczne oraz dotyczące rozwoju organizmów w dziejach Ziemi

Uczeni dyskutowali o czasie i sposobie powstania Ziemi już wieki temu. Jednak historię naszej planety udało się poznać dokładniej dopiero dzięki rozwojowi naukowych metod określania wieku skał oraz wydarzeń geologicznych.

Wiek Ziemi

Pierwsze próby określenia wieku naszej planety podejmowano na podstawie interpretacji przekazów biblijnych. W XVII w. irlandzki biskup James Ussher (1581–1656) ogłosił publicznie, że Ziemia i wszechświat powstały 23 października 4004 r. p.n.e. To twierdzenie przetrwało niemal dwa stulecia, do 1841 r., kiedy to twórca nowoczesnej geologii Charles Lyell wyraził pogląd, że wiek Ziemi trzeba liczyć w milionach lat. Kolejnego rozszerzenia skali czasu geologicznego dokonał William Thompson, znany jako lord Kelvin. Oszacował on wiek Ziemi na kilkadziesiąt milionów lat.

Przełomowe dla ustalania rzeczywistego wieku naszej planety okazało się odkrycie w 1896 r. przez Henriego Becquerela zjawiska naturalnej promieniotwórczości. Dzięki temu w 1907 r. Bertram Boltwood mógł zbadać stosunek izotopu uranu ^{238}U do izotopu ołowiu ^{206}Pb i określić wiek najstarszych skał na ponad 400 mln lat. Z końcem lat 50. XX w. ustalono wiek Ziemi na ponad 4,5 mld lat.

Czy wiesz, że…

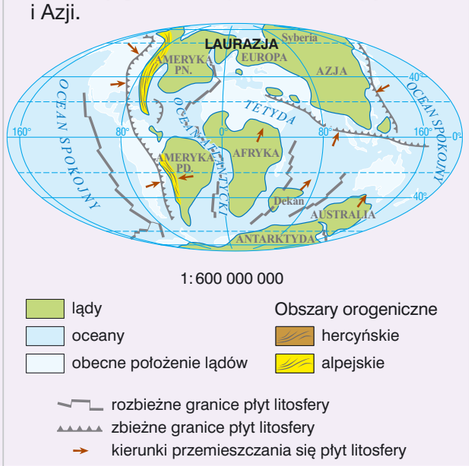
Najstarsze odkryte skały (pokłady amfibolitu) znajdują się w Kanadzie, w pasmie Nuvvuagittuq leżącym na wschodnim brzegu Zatoki Hudsona. Szacuje się, że pochodzą one sprzed ok. 4,28 mld lat.

Wybrane wydarzenia geologiczne oraz dotyczące rozwoju organizmów w dziejach Ziemi

Eon	Era	Okres	Wybrane wydarzenia geologiczne	Wybrane orogenezy	Wybrane wydarzenia ze świata organizmów	Wiek – dolna granica [mln lat]
FANEROZOIK	KENOZOIK	Czwartorzęd	• W plejstocenie rozprzestrzeniają się lądolody. Kilkakrotnie przykrywają one północne obszary Europy, Azji i Ameryki Północnej. • Wskutek uwięzienia ogromnych ilości wody w lodzie poziom wód oceanicznych obniża się o ponad 100 m. Dzięki temu kontynent azjatycki zyskuje połączenie lądowe z Ameryką Północną. Z kolei topnienie lądolodów z końcem plejstocenu powoduje, że poziom oceanu światowego znacznie się podnosi. • Ok. 12 tys. lat temu rozpoczyna się holocen – epoka polodowcowa trwająca do dziś. Powstaje Morze Bałtyckie.	OROGENEZA ALPEJSKA	• Pod koniec plejstocenu w Afryce spośród ssaków łożyskowych wyodrębnia się człowiek rozumny (*Homo sapiens*).	2,58

FANEROZOIK	KENOZOIK	Neogen	• Kształtuje się współczesny rozkład kontynentów i oceanów. • Pokrywa lodowa Grenlandii powiększa się wskutek ochłodzenia klimatu.	• Świat organiczny wczesnego neogenu jest bardzo zbliżony do świata współczesnego. Na lądach panują ssaki, głównie łożyskowe.	23,03
		Paleogen	• Fragmenty dawnej Gondwany – Dekan i Afryka – zderzają się z Eurazją. W efekcie nasilają się alpejskie ruchy górotwórcze. Wynoszą one skały osadowe dawnego oceanu Tetyda na wysokość kilku tysięcy metrów.	• W świecie zwierzęcym dominują ssaki, a w świecie roślinnym – m.in. rośliny widłakowe, skrzypowe, paprociowe i szpilkowe. • Pojawiają się pierwsze ssaki kopytne (np. konie, wielbłądy, nosorożce i jelenie) oraz naczelne (np. małpy).	65,5
	MEZOZOIK	Kreda	• Laurazja i Gondwana dzielą się na znane współcześnie kontynenty. • Ameryka Południowa odrywa się od Afryki, która systematycznie zbliża się do Europy. • We wczesnej kredzie następuje silna transgresja morska. W jej efekcie powierzchnia lądów znacznie się zmniejsza, a na dnie mórz powstają osady. • Pod koniec kredy te osady są fałdowane i wypiętrzane – zaczynają powstawać łańcuchy górskie na południu Europy i Azji.	• W ciepłych morzach rozwijają się m.in. koralowce, małże oraz otwornice (ze szczątków tych zwierząt utworzyły się złoża kredy piszącej). • Na lądach dominują dinozaury. • Pojawiają się pierwsze rośliny okrytonasienne (np. buk, brzoza, wierzba). • Pod koniec kredy gwałtownie wymierają organizmy roślinne (wymarło wiele roślin lądowych) i zwierzęce (wymarły wszystkie dinozaury, a w morzach – prymitywne ryby oraz bezkręgowce, takie jak amonity i belemnity).	145,5
		Jura	• Pangea rozpada się na Gondwanę i Laurazję. • Oba kontynenty powoli zaczyna zalewać morze (transgresja morska obejmująca w późnej jurze niemal wszystkie lądy). • Rozpoczyna się wczesna faza orogenezy alpejskiej, która pod koniec okresu doprowadziła do cofnięcia się wód morskich (regresji morskiej).	• Na lądzie dominują rośliny nagonasienne (m.in. sagowce, miłorzębowe) oraz dinozaury. • Pod koniec okresu pojawia się pierwszy ptak – archeopteryks. • W morzach rozwijają się amonity i belemnity oraz gady – drapieżne ichtiozaury, plezjozaury, a także krokodyle i żółwie.	199,6

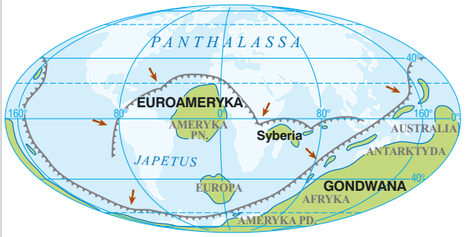
OROGENEZA ALPEJSKA



FANEROZOIK	MEZOZOIK	Trias	• Rozpoczyna się podział Pangei, wskutek czego zwiększa się zasięg oceanu Tetyda.	• Na lądach intensywnie rozwijają się rośliny iglaste. Pojawiają się dinozaury, a także pierwsze prymitywne ssaki. • W morzach pojawiają się gady morskie.	251,0
		Perm	• Powstaje gigantyczny kontynent rozciągający się od bieguna północnego do bieguna południowego – Pangea. Oblewają go dwa oceany: Panthalassa i Tetyda.	• Skrzypy i paprocie drzewiaste wskutek zmian klimatycznych zostają wyparte przez rośliny nagonasienne (iglaste, sagowce, miłorzębowe). • Rozwijają się ramienionogi. • Pod koniec permu następuje wielki kryzys świata organicznego – wymiera ok. 90% gatunków zwierząt.	299,0
	PALEOZOIK	Karbon	• Kontynenty intensywnie się przemieszczają, wskutek czego następują główne fazy orogenezy hercyńskiej. Na dzisiejszych obszarach zachodniej i południowej Europy, północnej Afryki oraz wschodniej i południowej części Ameryki Północnej powstają łańcuchy górskie. • Większość kontynentów skupia się w strefie równikowej i zwrotnikowej.	• Następuje bujny rozwój flory lądowej, zwłaszcza widłaków, skrzypów i paproci (osiągały one ogromne rozmiary). Ze szczątków tych roślin powstaną później złoża węgla, głównie kamiennego. • Pojawiają się pierwsze latające owady. • W późnym karbonie pojawiają się pierwsze gady.	359,2
		Dewon	• Kontynenty wciąż się przemieszczają. • Kończy się orogeneza kaledońska, a rozpoczyna orogeneza hercyńska.	• W ciepłych i płytkich morzach strefy zwrotnikowej trwa bujny rozwój życia (m.in. koralowców i ryb, w tym ryb trzonopłetwych). • Na lądach pojawiają się widłaki, skrzypy i paprocie. Dzięki temu rozwijają się pierwsze zwierzęta lądowe, dla których te rośliny są pokarmem. • W późnym dewonie część populacji roślin i zwierząt z niewyjaśnionych przyczyn wymiera.	416,0
		Sylur	• Przemieszczaniu się kontynentów towarzyszą silne kaledońskie ruchy górotwórcze.	• W morzach pojawiają się pierwsze ryby, a na lądzie – pierwsze rośliny naczyniowe (psylofity).	443,7

OROGENEZA HERCYŃSKA

OROGENEZA KALEDOŃSKA

FANEROZOIK	PALEOZOIK	Ordowik	• Kontynenty zmieniają swoje położenie i wkraczają w różne strefy klimatyczne. W efekcie na powierzchni dzisiejszych kontynentów półkuli południowej rozwijają się lądolody, których późniejsze topnienie spowodowało znaczne zmiany poziomu wód w morzach i oceanach.  	OROGENEZA KALEDOŃSKA	• Ewolucja organizmów, które powstały w kambrze. • Skamieniałości przewodnie z tego czasu to graptolity i konodonty.	488,3
		Kambr	• Na dnach oceanów powstają osady, które zostają później sfałdowane i wypiętrzone w wyniku kaledońskich ruchów górotwórczych.		• Następuje kambryjska eksplozja życia – nagłe (w geologicznej skali czasu) pojawienie się wszystkich znanych współcześnie typów zwierząt bezkręgowych. Najbardziej rozpowszechnione są stawonogi, głównie trylobity (dziś skamieniałości przewodnie tego okresu).	542,0
PROTEROZOIK			• Wskutek procesów sedymentacji zachodzących na dnie długich i wąskich obniżeń w skorupie ziemskiej powstają warstwy skał osadowych. Zostają one sfałdowane, a następnie – wypiętrzone. W ten sposób powstają pierwsze łańcuchy górskie.		• Życie występuje tylko w morzach i oceanach. • Pod koniec proterozoiku pojawiają się zwierzęta tkankowe: jamochłony, pierścienice i stawonogi. Te ostatnie w późniejszym czasie wytworzyły twarde elementy szkieletu.	2500
ARCHAIK			• Formuje się pierwotna skorupa ziemska – krzepnie magma pokrywająca powierzchnię naszej planety. • Powstają fundamenty dzisiejszych kontynentów. • Około 3,8 mld lat temu, gdy temperatura na powierzchni Ziemi spada poniżej 100°C, zaczynają się tworzyć pierwsze oceany.		• W oceanach pojawiają się pierwsze prymitywne organizmy. Dzięki temu, że przeprowadzają fotosyntezę, stopniowo wzbogacają atmosferę w tlen.	4600

Zadania

1. Podaj nazwę eonu, ery oraz okresu, w których zaczęły się tworzyć złoża węgla kamiennego, oraz tych, w których pojawił się człowiek.
2. Wyjaśnij, dlaczego dopiero w paleozoiku, po ponad 4 mld lat od powstania naszej planety, zaczęło pojawiać się wiele organizmów.
3. Podaj nazwę dwóch wydarzeń geologicznych, które Twoim zdaniem najsilniej wpłynęły na ukształtowanie powierzchni Europy. Uzasadnij swoją opinię.

* 4. Na podstawie dodatkowych źródeł ustal, w jakim okresie żyły mamuty. Wyjaśnij przyczyny ich wyginięcia.

Podsumowanie

- **Wnętrze Ziemi** nie ma jednolitej budowy, lecz składa się z kilku odmiennych warstw. Różnią się one właściwościami fizycznymi, m.in. stanem skupienia materii, gęstością, temperaturą, ciśnieniem oraz składem chemicznym.

Budowa wnętrza Ziemi

skorupa ziemska
- sztywna warstwa zbudowana głównie ze związków krzemu i glinu

płaszcz ziemski
- płaszcz górny składający się głównie z krzemianów oraz tlenków magnezu, żelaza, wapnia i glinu
- płaszcz dolny zbudowany głównie z krzemu, magnezu, żelaza i tlenu

jądro
- jądro zewnętrzne występujące w stanie ciekłym, zbudowane głównie z żelaza (z niewielką ilością tlenu lub siarki) i niklu
- jądro wewnętrzne o cechach ciała stałego i temperaturze ok. 6000°C; prawdopodobnie składa się z żelaza i niklu

- W obrębie skorupy ziemskiej wydziela się:
  - **skorupę oceaniczną**, zbudowaną głównie z warstwy bazaltowej (w przeważającej części przykrytej warstwą skał osadowych),
  - **skorupę kontynentalną**, w której budowie wyróżnia się dodatkowo warstwę granitową (cokół kontynentalny).
- Zewnętrzną część płaszcza górnego stanowi **warstwa perydotytowa**. Ta warstwa wykazuje cechy ciała stałego i wraz ze skorupą ziemską tworzy **litosferę**. Poniżej warstwy perydotytowej znajduje się półplastyczna **astenosfera**.
- W płaszczu górnym występują **prądy konwekcyjne**, czyli ruchy płynnej materii wywoływane energią cieplną wnętrza Ziemi.
- Do metod **badania wnętrza Ziemi** zalicza się m.in. głębokie wiercenia geologiczne, badania przebiegu fal sejsmicznych oraz pomiary zróżnicowania pola magnetycznego Ziemi.
- Badania sejsmiczne polegają na analizie przebiegu fal sejsmicznych. Powierzchnie, na których skokowo zmieniają się prędkość fal sejsmicznych i ich kierunek, to **powierzchnie nieciągłości**.

Powierzchnie nieciągłości

powierzchnia nieciągłości Moho	powierzchnia nieciągłości Wiecherta–Gutenberga
Wyznacza granicę między skorupą ziemską a płaszczem ziemskim.	Wyznacza granicę między płaszczem ziemskim a jądrem.

- **Stopień geotermiczny** odpowiada liczbie metrów, o którą należy się przesunąć w głąb Ziemi, aby temperatura podniosła się o 1°C. Średni stopień geotermiczny dla skorupy ziemskiej wynosi 33 m.
- **Minerały** to najmniejsze z geologicznego punktu widzenia składniki skorupy ziemskiej, które powstały w sposób naturalny.
- Minerały różnią się **składem chemicznym** oraz **właściwościami fizycznymi**, takimi jak:
  – twardość,
  – kształt i wielkość kryształów,
  – barwa,
  – łupliwość,
  – połysk,
  – gęstość.
  Niemal wszystkie minerały mają **budowę krystaliczną**.
- **Minerały skałotwórcze** odgrywają znaczącą rolę w budowie skorupy ziemskiej. Należą do nich przede wszystkim skalenie, kwarc, pirokseny, miki, magnetyt i hematyt, oliwiny, amfibole i kalcyt.
- **Skała** to naturalne skupisko jednego minerału lub wielu minerałów. Jako pierwsze na Ziemi powstały skały magmowe. Znacznie później pojawiły się skały osadowe i skały metamorficzne (przeobrażone).
- **Skały magmowe** tworzą się w wyniku krzepnięcia i krystalizacji magmy we wnętrzu Ziemi lub zastygania lawy na powierzchni.

Skały magmowe

Skały głębinowe (plutoniczne)	Skały wylewne (wulkaniczne)
Powstają wtedy, gdy proces krystalizacji przebiega głęboko pod powierzchnią ziemi.	Powstają w wyniku szybkiego krzepnięcia lawy na powierzchni ziemi lub płytko pod nią.
Mają strukturę jawnokrystaliczną, co oznacza, że poszczególne ziarna minerałów można w nich zobaczyć gołym okiem.	Mają strukturę skrytokrystaliczną. Składają się z niewielkich minerałów, których nie można rozróżnić gołym okiem.
Przykłady: granit, gabro, sjenit.	Przykłady: bazalt, andezyt, riolit.

- **Skały osadowe** utworzyły się w procesie sedymentacji. Polega on na osadzaniu się na lądzie lub w morzu okruchów skalnych oraz szczątków roślin i zwierząt, a także na osadzaniu się na dnie zbiorników morskich związków chemicznych wytrącających się z roztworów.
- Wyróżnia się skały osadowe:
  - **okruchowe**, złożone z okruchów skalnych, które pochodzą z mechanicznego rozpadu innych skał (np. piaskowiec, żwir),
  - **pochodzenia chemicznego**, powstające na skutek wytrącania się związków chemicznych z wody (np. gips, sól kamienna),
  - **pochodzenia organicznego**, powstające wskutek nagromadzenia szczątków roślinnych lub zwierzęcych (np. wapień).
- Skały osadowe okruchowe dzieli się dodatkowo ze względu na **frakcję**, czyli rozmiar okruchów budujących skałę (głazy, żwir, piasek, pył, ił).
- Wyróżnia się skały osadowe:
  - **luźne** – ziarna skalne nie są spojone (np. żwir),
  - **zwięzłe** – składają się ze spojonych ziaren skalnych (np. zlepieniec).
- **Skały metamorficzne** powstają w wyniku przeobrażenia skał osadowych i magmowych pod wpływem wysokiej temperatury i ogromnego ciśnienia (np. marmur, gnejs).
- **Surowce mineralne** to skały i minerały wydobywane, a następnie przetwarzane w celu zaspokojenia potrzeb człowieka. Wyróżnia się:
  - **surowce energetyczne** (np. węgiel kamienny),
  - **surowce metaliczne** (np. rudy żelaza, rudy miedzi, rudy cynku i ołowiu),
  - **surowce chemiczne** (np. ropa naftowa, siarka),
  - **surowce skalne** (np. piasek, glina, wapień).
- **Teoria tektoniki płyt litosfery** zakłada, że litosfera składa się z fragmentów, które są w nieustannym ruchu spowodowanym prądami konwekcyjnymi występującymi w płaszczu ziemskim.
- Płyty tektoniczne mogą się od siebie oddalać. Wówczas powstaje między nimi pęknięcie nazywane **ryftem**. W procesie **spredingu**, w wyniku wylewania się lawy przez szczeliny między płytami, formuje się nowe dno oceaniczne.
- W miejscach, gdzie płyty litosfery na siebie napierają, może dojść do **kolizji** lub do **subdukcji**, czyli podsuwania się jednej płyty pod drugą.

Granice płyt litosfery

- **zbieżne**
  - **subdukcja płyty oceanicznej pod płytę oceaniczną**
    - Powstają rowy oceaniczne i łuki wysp wulkanicznych.
  - **subdukcja płyty oceanicznej pod płytę kontynentalną**
    - Powstają rowy oceaniczne i łańcuchy gór fałdowych.
  - **kolizja płyt kontynentalnych**
    - Nie zachodzi subdukcja, lecz w wyniku fałdowania osadów i zwiększenia grubości litosfery powstają wysokie góry i wyżyny.
- **rozbieżne**
  - **w obrębie oceanów**
    - Powstają grzbiety śródoceaniczne, w których tworzą się ryfty.
  - **w obrębie kontynentów**
    - Powstają systemy rowów tektonicznych.
- **transformujące**
  - Płyty litosfery przesuwają się równolegle do siebie. Litosfera nie jest ani dobudowywana, ani niszczona.

Najważniejsze orogenezy

Nazwa	Czas trwania	Przykłady gór na świecie	Przykłady gór w Polsce
Orogeneza alpejska	od triasu do teraz	Himalaje, Karakorum, Kordyliery, Andy, Alpy	Karpaty
Orogeneza hercyńska (waryscyjska)	od dewonu do triasu	Wogezy, Ardeny, Rudawy	części Sudetów i Gór Świętokrzyskich
Orogeneza kaledońska	od kambru do dewonu	Góry Kaledońskie, Góry Skandynawskie, Ałtaj, Tienszan	fragmenty Gór Świętokrzyskich i część Sudetów Zachodnich

- **Deformacje tektoniczne** powstają wskutek naprężeń występujących w skorupie ziemskiej. Dzieli się je na:
  - **deformacje ciągłe**, w których nie doszło do przerwania ciągłości warstw skalnych (np. fałdy),
  - **deformacje nieciągłe**, w których ciągłość warstw skalnych została przerwana (np. uskoki).
- Ze względu na sposób powstawania wyróżnia się **góry**:
  - **fałdowe**, utworzone w wyniku fałdowania warstw skalnych (np. Alpy, Andy, Kordyliery, Karpaty, Himalaje),
  - **zrębowe**, formują się w wyniku powstawania uskoków (np. Sudety, Harz, Schwarzwald, Góry Smocze),
  - **wulkaniczne**, powstałe w wyniku działalności wulkanicznej (np. Etna, Hawaje).
- Ogół procesów związanych z powstawaniem magmy, jej przemianami, przemieszczaniem się, gromadzeniem oraz krystalizacją jest nazywany **magmatyzmem**. Gdy te procesy zachodzą we wnętrzu Ziemi, określa się je mianem **plutonizmu**, a gdy na powierzchni – **wulkanizmu**.
- W wyniku plutonizmu powstają **intruzje magmowe**, czyli skały powstałe wskutek krzepnięcia magmy w otoczeniu starszych skał.
- **Erupcja** to proces wydobywania się lawy oraz substancji stałych i gazowych na powierzchnię ziemi. Wyróżnia się erupcje:
  - **centralne**, podczas których produkty erupcji wulkanicznych wydostają się przez krater,
  - **linijne**, gdy lawa wypływa przez szczeliny.
- **Produktami erupcji wulkanicznej** są:
  - **lawa**, czyli magma (ciekły stop skalny), która wydostała się na powierzchnię,
  - **materiały piroklastyczne**, czyli stałe produkty erupcji powstałe wskutek rozdrobnienia zakrzepłej lawy wyrzuconej w powietrze lub oderwane z wulkanu przez magmę przemieszczającą się ku górze,
  - **gazy** (głównie para wodna, dwutlenek węgla, tlenek węgla, siarkowodór i metan).
- **Rozmieszczenie wulkanów** na Ziemi wiąże się z przebiegiem granic płyt litosfery oraz z występowaniem plam gorąca. Największe skupiska czynnych wulkanów znajdują się wokół wybrzeży Oceanu Spokojnego (Ognisty Pierścień Pacyfiku).
- Do pozytywnych **skutków wybuchów wulkanów** należą np. powstawanie żyznych gleb i możliwość wykorzystania skał wulkanicznych jako surowców budowlanych i drogowych. Negatywnymi skutkami są śmierć ludzi i straty materialne.

Podział wulkanów ze względu na przebieg erupcji i rodzaj wydobywającego się materiału

wulkany eksplozywne	wulkany efuzywne	stratowulkany
Gwałtownie wyrzucają materiał piroklastyczny i gazy. Ich stożki wulkaniczne są niewielkie.	Wydobywa się z nich lawa. Jeśli jest zasadowa, to powstają wulkany tarczowe o łagodnych stokach, a jeśli kwaśna – kopuły lawowe o stromych stokach.	Gwałtowne erupcje przeplatają się ze spokojnymi wypływami lawy. Stratowulkany są zbudowane z warstw popiołów wulkanicznych i lawy.

- **Trzęsienie ziemi** to drgania skorupy ziemskiej, których przyczyną jest najczęściej rozładowanie naprężeń powstałych wskutek gwałtownego ruchu skał w litosferze.
- Naprężenia w trakcie trzęsień ziemi uwalniają się w miejscu nazywanym ogniskiem trzęsienia ziemi lub **hipocentrum**. Bezpośrednio nad nim, na powierzchni ziemi, leży **epicentrum**.
- Zależnie od częstotliwości i siły wstrząsów wyróżnia się obszary:
  – **sejsmiczne** (z częstymi wstrząsami),
  – **pensejsmiczne** (z rzadkimi wstrząsami),
  – **asejsmiczne** (pozbawione wstrząsów).
- Do **skutków trzęsień ziemi**, oprócz strat w ludziach i szkód materialnych, należą m.in. tsunami oraz powstawanie głębokich szczelin w skorupie ziemskiej.
- **Ruchy epejrogeniczne** (lądotwórcze) to powolne, długotrwałe, pionowe ruchy skorupy ziemskiej. Obejmują one duże powierzchnie i nie wywołują większych deformacji warstw skalnych.
- **Transgresja morska** oznacza zalanie lądu przez morze, a **regresja morska** – jego wycofanie się z lądu.
- **Ruchy izostatyczne** wynikają z dążenia płyt litosfery do osiągnięcia równowagi grawitacyjnej. Obciążona płyta (np. przez lądolód) zapada się w plastycznej astenosferze, a odciążona się unosi.
- **Skamieniałości** to szczątki roślin i zwierząt z minionych okresów geologicznych, a także pozostawione przez nie ślady.

Wielkie formy ukształtowania lądów i dna oceanicznego

Nazwa	Charakterystyka
Szelfy	Przybrzeżne, najpłytsze strefy dna oceanicznego, sięgające zwykle do głębokości 200 m p.p.m.
Stoki kontynentalne	Najbardziej strome fragmenty dna oceanicznego, położone zwykle na głębokości 200–3000 m p.p.m.
Baseny oceaniczne	Rozległe, zwykle równinne części dna oceanicznego, znajdujące się na głębokości 3000–6000 m p.p.m.
Grzbiety śródoceaniczne	Systemy podmorskich gór ciągnących się przez tysiące kilometrów.
Rowy oceaniczne	Wydłużone zagłębienia, których głębokość może przekraczać 10 000 m p.p.m.
Niziny	Obszary lądowe sięgające do wysokości 200–300 m n.p.m.
Wyżyny	Obszary o wysokościach ponad 300 m n.p.m. i mało urozmaiconej rzeźbie terenu.
Góry	Obszary o wysokościach ponad 300 m n.p.m. i bardzo urozmaiconej rzeźbie terenu.

- Głównymi **jednostkami podziału dziejów Ziemi** są eony, ery, okresy i epoki.

Metody określania wieku skał i wydarzeń geologicznych

wiek względny

metoda paleontologiczna
Do ustalania wieku skał wykorzystuje skamieniałości.

metoda stratygraficzna
Pozwala oszacować wiek warstw skalnych na podstawie ich wzajemnego ułożenia.

metoda tektoniczna
Wykorzystuje niezgodności w ułożeniu warstw skalnych, np. uskoki, fałdowania i intruzje magmowe.

wiek bezwzględny

metoda izotopowa
Wykorzystuje zjawisko naturalnego rozpadu izotopów promieniotwórczych, prowadzące do powstania izotopów niepromieniotwórczych.

metoda dendrochronologiczna
Wykorzystuje roczne przyrosty słojów drzew.

metoda sedymentologiczna
Polega na określaniu wieku osadów zgromadzonych w zbiornikach wodnych na podstawie badania rocznego tempa ich przyrostu.

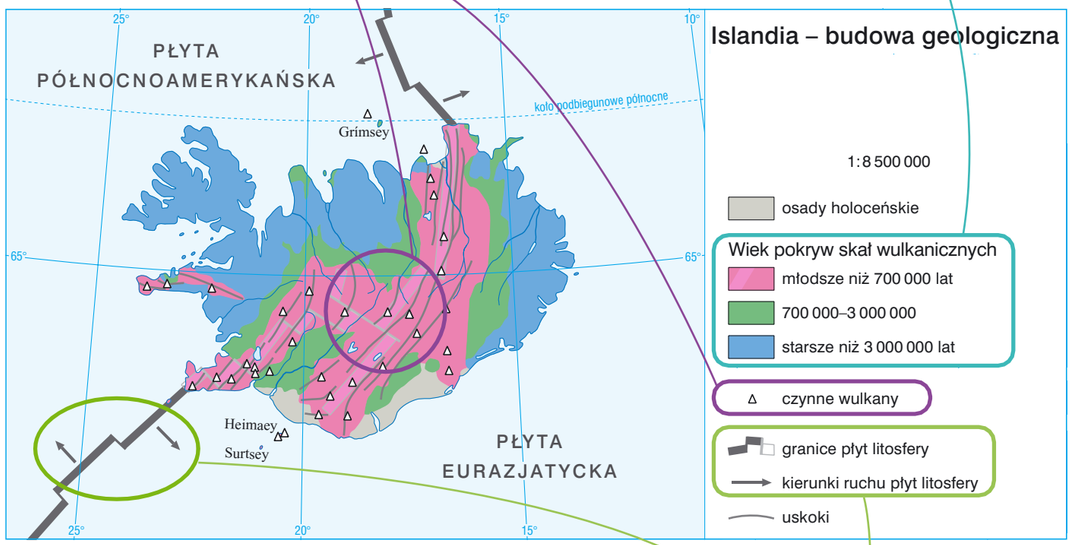
Sposób na zadania

Przykład 1. (0–1)
Na mapie przedstawiono budowę geologiczną Islandii.

Zwróć uwagę, że Islandia leży w północnej części Atlantyku i jest fragmentem grzbietu śródoceanicznego wystającym ponad powierzchnię oceanu.

Na mapie widać, że w środkowej części wyspy znajdują się czynne wulkany, czyli miejsca, w których współcześnie lawa wydobywa się na powierzchnię.

Zauważ, że im bliżej środka wyspy, tym młodsze są skały. To oznacza, że nowe skały powstają w środkowej części Islandii.



Wyjaśnij, dlaczego powierzchnia Islandii stale się powiększa.

Czasownik *wyjaśnij* oznacza, że w krótkiej odpowiedzi należy nie tylko wskazać przyczynę jakiegoś zjawiska, lecz także opisać ciąg powiązań i zależności, które prowadzą od przyczyny do przedstawionego skutku. W odpowiedzi musi się zatem znaleźć informacja o procesie przyrastania skorupy ziemskiej w miejscu, w którym znajduje się ryft.

W odpowiedzi odnieś się do przyczyny przedstawionego zjawiska.

Zwróć uwagę, że przez Islandię przebiega rozbieżna granica płyt litosfery. Na takiej granicy płyty litosfery się od siebie odsuwają.

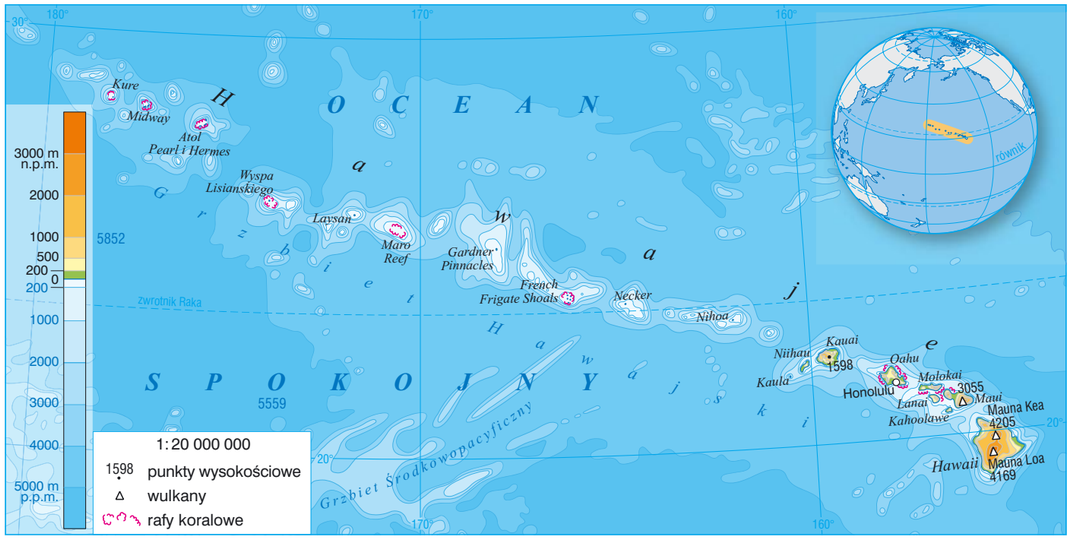
Odpowiedź:
Islandia jest fragmentem grzbietu śródoceanicznego, który powstał na granicy dwóch płyt litosfery. W wyniku oddalania się od siebie płyt litosfery powstał ryft. Przez szczeliny w ryfcie wydobywa się lawa bazaltowa pochodząca z płaszcza ziemskiego. Wypełnia ona ryft i krzepnie. W efekcie skorupa ziemska po obu stronach ryftu nieustannie przyrasta, a powierzchnia Islandii się powiększa.

Zadanie analogiczne

WYKONAJ W ZESZYCIE

Zadanie 1. (0–1)

Na mapie przedstawiono Grzbiet Hawajski na Oceanie Spokojnym.



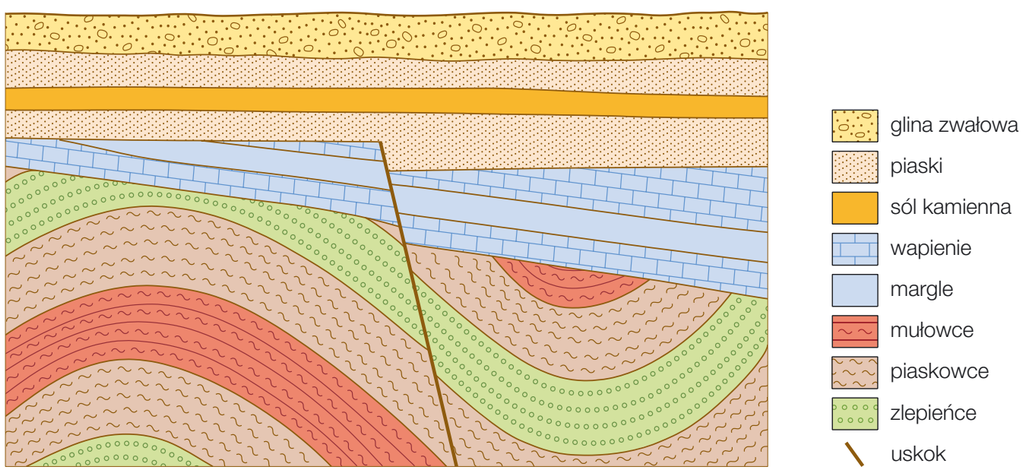
Wyjaśnij, dlaczego góry wulkaniczne tworzące Grzbiet Hawajski leżą w przybliżeniu w jednej linii.

Zadania powtórzeniowe

WYKONAJ W ZESZYCIE

Zadanie 2. (0–1)

Na rysunku przedstawiono przekrój geologiczny fragmentu terenu.



Uzupełnij schemat tak, aby ilustrował wydarzenia geologiczne, które zaszły na obszarze przedstawionym na przekroju geologicznym, w kolejności od najstarszego do najmłodszego. Wpisz właściwe litery w odpowiednich miejscach.

A. Deformacja skał osadowych okruchowych w wyniku ruchów górotwórczych.
B. Intensywne parowanie w płytkim zbiorniku morskim.
C. Powstanie intruzji magmowej.
D. Ochłodzenie klimatu i nasunięcie się lądolodu.
E. Powstanie monokliny.
F. Powstanie uskoku.

najstarsze wydarzenie — najmłodsze wydarzenie

Zadanie 3.

Na fotografiach A i B przedstawiono dwa wulkany: Mauna Kea i Pico del Teide, które mierzone od dna oceanicznego do wierzchołka są odpowiednio najwyższą i trzecią pod względem wysokości górą świata. Z kolei na fotografiach 1–3 zaprezentowano trzy skały.

A. Mauna Kea, Hawaje

B. Pico del Teide, Wyspy Kanaryjskie

1.

2.

3.

Zadanie 3.1. (0–1)

Podaj nazwę skały, z której w dużej części są zbudowane Mauna Kea i Pico del Teide, oraz numer fotografii, na której ta skała została przedstawiona. Nazwę skały wybierz spośród podanych.

bazalt, *granit*, *łupek krystaliczny*, *marmur*, *wapień*

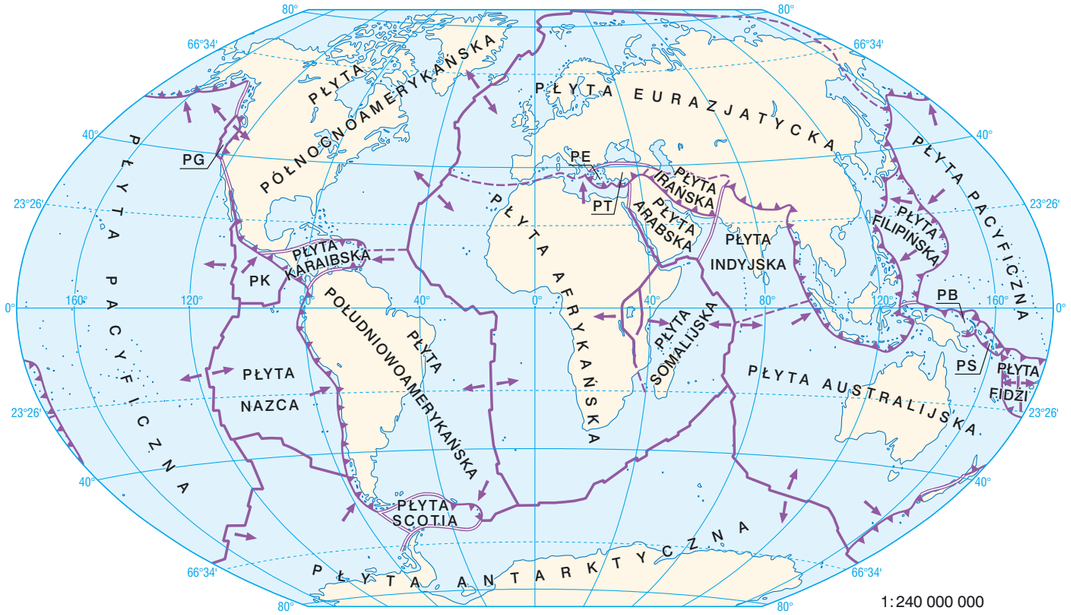
Zadanie 3.2. (0–2)

Oceń, czy poniższe informacje są zgodne z prawdą. Zaznacz P, jeśli informacja jest prawdziwa, albo F – jeśli jest fałszywa.

1.	Wulkan przedstawiony na fotografii oznaczonej literą A powstał w strefie subdukcji.	P	F
2.	Skała widoczna na fotografii oznaczonej numerem 1 ma budowę skrytokrystaliczną.	P	F
3.	Skamieniałość przewodnia ukazana na fotografii oznaczonej numerem 3 powstała w erze mezozoicznej.	P	F

Zadanie 4.

Na mapie przedstawiono rozmieszczenie płyt litosfery, a na rysunkach oznaczonych literami A–C – wybrane typy granic płyt litosfery.



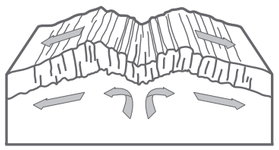
1:240 000 000

Granice płyt litosfery

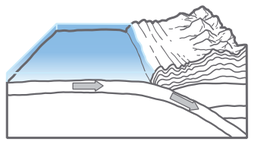
- rozbieżne (strefy ryftowe)
- zbieżne (strefy subdukcji i strefy kolizji)
- transformujące
- przypuszczalne granice płyt litosfery
- kierunki przemieszczania się płyt litosfery

PB – płyta Bismarcka
PE – płyta egejska
PG – płyta Gorda
PK – płyta kokosowa
PS – płyta Salomona
PT – płyta turecka

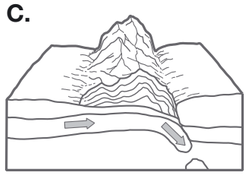
A.



B.



C.



Zadanie 4.1. (0–1)

Podaj literę odpowiadającą ilustracji, która przedstawia typ granicy płyt litosfery przebiegającej w miejscu powstania Himalajów.

Zadanie 4.2. (0–1)

Wyjaśnij, jak powstały Himalaje.

Zadanie 4.3. (0–1)

Oceń, czy poniższe informacje są zgodne z prawdą. Zaznacz P, jeśli informacja jest prawdziwa, albo F – jeśli jest fałszywa.

1.	Na granicach płyt litosfery przedstawionych na ilustracji B występują zjawiska wulkaniczne.	P	F
2.	Na granicach płyt litosfery przedstawionych na ilustracji A następuje przyrost skorupy ziemskiej.	P	F
3.	Rowy oceaniczne powstają m.in. na granicach płyt litosfery przedstawionych na ilustracji C.	P	F

VI. Procesy egzogeniczne

1. Wietrzenie skał
2. Ruchy masowe
3. Procesy krasowe
4. Rzeźbotwórcza działalność rzek
5. Rzeźbotwórcza działalność lodowców górskich i lądolodów
6. Rzeźbotwórcza działalność morza
7. Rzeźbotwórcza działalność wiatru

1 Wietrzenie skał

Ważne na tej lekcji!

- procesy egzogeniczne
- fizyczne i chemiczne wietrzenie skał
- produkty i formy powstałe w wyniku wietrzenia
- intensywność wietrzenia a klimat

Ukształtowanie powierzchni naszej planety nieustannie się zmienia. Wpływają na to nie tylko procesy endogeniczne (wewnętrzne), o których była mowa w rozdziale piątym, lecz także procesy egzogeniczne (zewnętrzne). To właśnie one zostaną opisane w tym rozdziale.

Procesy egzogeniczne

Procesy egzogeniczne to procesy rzeźbotwórcze, które oddziałują na skorupę ziemską z zewnątrz. Wywołują je takie czynniki, jak energia słoneczna, woda, wiatr, lód i grawitacja. Główne procesy zewnętrzne przedstawiono na poniższym schemacie.

Podczas gdy procesy wewnętrzne, m.in. ruchy górotwórcze i wulkanizm, prowadzą zazwyczaj do urozmaicenia powierzchni naszej planety, to procesy zewnętrzne często powodują jej wyrównywanie. W ich wyniku wzniesienia ulegają obniżeniu, a zagłębienia wypełniają się osadami.

Obniżanie i wyrównywanie wypukłych form terenu określa się mianem **denudacji**. Następuje ona wskutek wietrzenia, erozji i ruchów masowych.

Czym jest wietrzenie?

Wietrzenie to proces, w którym skały rozpadają się na mniejsze fragmenty lub ulegają rozkładowi chemicznemu. Przyczyną wietrzenia jest oddziaływanie czynników atmosferycznych oraz organizmów na skały występujące na powierzchni ziemi. Produktem wietrzenia jest **zwietrzelina**, czyli zewnętrzna część skały o przekształconych właściwościach chemicznych lub fizycznych.

Wyróżnia się dwa główne typy wietrzenia:

- **wietrzenie mechaniczne** (fizyczne),
- **wietrzenie chemiczne**.

Dla podkreślenia znaczenia organizmów w przyspieszaniu procesów wietrzenia czasem wyróżnia się także **wietrzenie biologiczne**.

Wietrzenie mechaniczne (fizyczne)

Wietrzenie mechaniczne polega na **rozpadzie skał na mniejsze fragmenty** bez zmiany ich składu chemicznego. Wietrzenie mechaniczne prowadzi do sukcesywnego rozdrabniania skał znajdujących się na powierzchni ziemi na coraz mniejsze fragmenty – od dużych bloków po ziarna pyłu.

Procesy egzogeniczne

wietrzenie	ruchy masowe	erozja	transport	akumulacja
rozpad skał na mniejsze fragmenty lub ich rozkład chemiczny	przemieszczanie się po stoku skał lub zwietrzeliny w wyniku działania siły ciężkości	niszczenie skał przez wodę, wiatr i lodowce	przenoszenie materiału skalnego przez wodę, wiatr i lodowce	osadzanie materiału skalnego przez wodę, wiatr i lodowce

? *Wyjaśnij, jak woda może rzeźbić powierzchnię naszej planety.*

Do rozpadu skał prowadzą przede wszystkim:

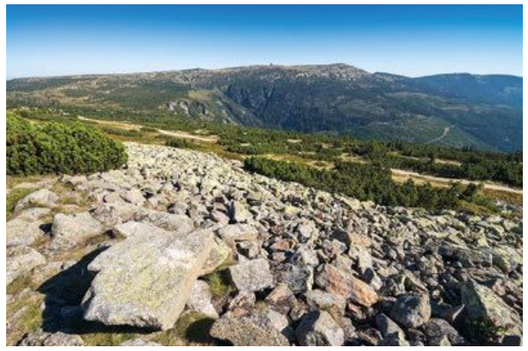
- zmiany objętości substancji znajdujących się w próżniach skalnych – wietrzenie solne oraz wietrzenie mrozowe,
- zmiany temperatury powierzchni skał – wietrzenie termiczne,
- zmiany wilgotności skał – wietrzenie ilaste.

Wietrzenie solne

Wietrzenie solne jest powodowane pęcznieniem kryształów soli obecnych w porach i szczelinach skalnych. Zmiany objętości soli są skutkiem wytrącania się jej z roztworu wodnego oraz wahań temperatury i wilgotności. Spęczniałe kryształy wywierają większy nacisk na ściany szczelin i prowadzą do rozpadu skały. Ten typ wietrzenia występuje głównie na obszarach odznaczających się suchym klimatem.

Wietrzenie mrozowe

Wietrzenie mrozowe (inaczej zamróz) zachodzi na skutek powtarzającego się zamarzania i rozmarzania wody w porach i szczelinach skalnych. Przebieg tego procesu przedstawiono na poniższych ilustracjach. W jego efekcie powstają duże bloki skalne – jest to **rozpad blokowy**. Wietrzenie mrozowe najintensywniej zachodzi tam, gdzie temperatura powietrza często oscyluje



Rumowiska skalne występują np. na stokach Śnieżki w Karkonoszach.

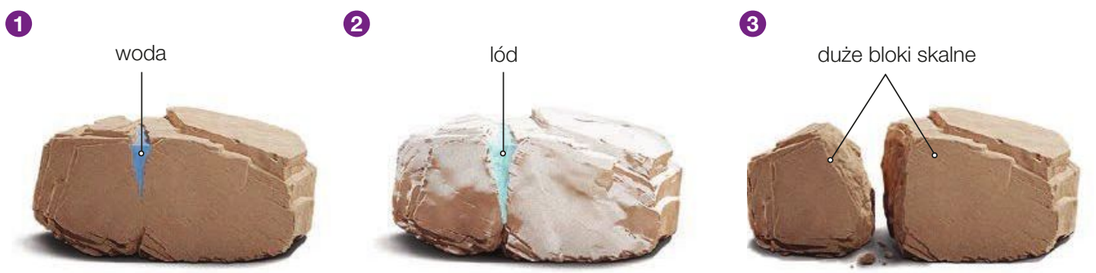
wokół 0°C, czyli na obszarach położonych w klimacie subpolarnym i w klimacie umiarkowanym chłodnym oraz w wysokich górach. Efektem wietrzenia mrozowego są **rumowiska skalne** (nazywane również gołoborzami). Występują one także na obszarach, które w plejstocenie sąsiadowały z lądolodem, np. w Górach Świętokrzyskich.

Wietrzenie termiczne

Wietrzenie termiczne (insolacyjne) następuje wskutek znacznych zmian temperatury powierzchni skał. Minerały podczas nagrzewania się w ciągu dnia zwiększają swą objętość, a w nocy, gdy jest chłodno – się kurczą.

Etapy wietrzenia mrozowego

Woda zamarzająca w szczelinach skalnych zwiększa swoją objętość. Powstały lód rozpycha szczeliny i z czasem rozsadza skałę.



1. Woda wnika w istniejące szczeliny skalne.
2. W wyniku ochłodzenia (poniżej 0°C) woda zamarza i zwiększa swą objętość, przez co powiększa szczelinę.
3. Wielokrotne zamarzanie i rozmarzanie wody doprowadza z czasem do pęknięcia i rozpadu skały.

Łuszczenie powoduje, że ostre krawędzie bloków skalnych się zaokrąglają. Formy skalne o kształcie zbliżonym do kuli występują np. w Australii.

W skałach ilastych, wskutek pęcznienia i kurczenia się minerałów, powstają szczeliny. Głębokość szczelin, które występują na Atakamie, miejscami przekracza 1 m.

Skały zbudowane z minerałów o różnych rozmiarach i barwach nagrzewają się nierównomiernie. Ciemne minerały pochłaniają więcej ciepła niż jasne, dlatego ulegają większemu rozszerzaniu. Wskutek wielokrotnych zmian objętości minerały tracą spoistość, co prowadzi do **rozpadu ziarnistego**, czyli rozsypania się skały na pojedyncze ziarna mineralne.

Ze względu na słabe przewodnictwo cieplne skał zmianom termicznym podlega jedynie ich zewnętrzna, nasłoneczniona część. To sprawia, że od skały oddzielają się fragmenty o grubości od kilku milimetrów do kilkudziesięciu centymetrów. Ten proces określa się mianem **łuszczenia** (eksfoliacji). Wietrzenie insolacyjne jest szczególnie intensywne na obszarach z dużymi dobowymi wahaniami temperatury powietrza: na pustyniach, obszarach stepowych i w górach.

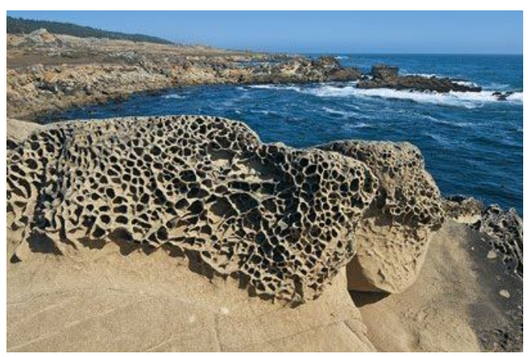
Wietrzenie ilaste

Wietrzenie ilaste to efekt pęcznienia i kurczenia się skał pod wpływem wody. Temu procesowi ulegają przede wszystkim skały ilaste oraz skały zawierające dużą domieszkę iłu. Gdy wzrasta wilgotność skał, np. po opadach atmosferycznych, minerały ilaste pęcznieją i zwiększają swą objętość. Z kolei gdy wilgotność skał zmniejsza się wskutek parowania, minerały się kurczą. W następstwie tych procesów skała rozpada się na drobne okruchy.

Wietrzenie chemiczne

Wietrzenie chemiczne obejmuje procesy rozkładu polegające na **zmianie składu chemicznego skał**. Te zmiany zachodzą pod wpływem wody i rozpuszczonych w niej związków chemicznych, głównie dwutlenku węgla, oraz powietrza atmosferycznego, zwłaszcza tlenu. Wietrzenie chemiczne następuje m.in. na skutek:

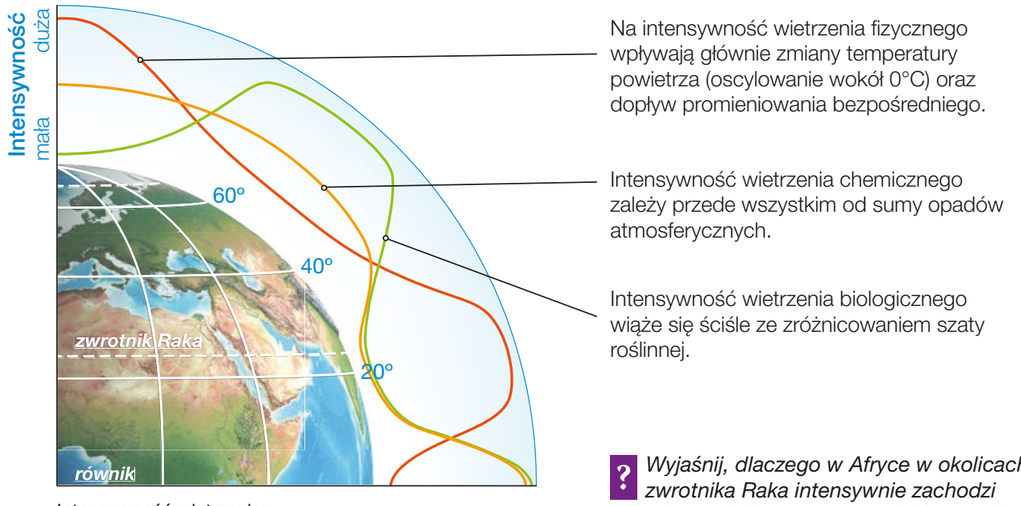
- **rozpuszczania** – minerały pod wpływem wody tworzą roztwór. Najbardziej podatne na rozpuszczanie są chlorki (np. sól kamienna), węglany i siarczany (np. gips);
- **utleniania** – niektóre składniki mineralne (głównie żelazo) wchodzą w reakcję z tlenem atmosferycznym. W efekcie zmienia się barwa minerałów lub powstają nowe minerały (np. piryt przechodzi w siarczan żelaza);



Na skutek wietrzenia chemicznego mogą powstawać tafoni – zagłębienia przypominające plastry miodu. Występują one np. na wybrzeżu Kalifornii.

Intensywność wietrzenia

Skały ulegają wietrzeniu na całej kuli ziemskiej, jednak charakter oraz intensywność tego procesu na poszczególnych obszarach znacznie się od siebie różnią. Decydują o tym np. budowa geologiczna i ukształtowanie terenu. Intensywność wietrzenia zależy w dużym stopniu od klimatu i roślinności, dlatego jest zróżnicowana strefowo.



? *Wyjaśnij, dlaczego w Afryce w okolicach zwrotnika Raka intensywnie zachodzi wietrzenie fizyczne, a w pobliżu równika – wietrzenie chemiczne i biologiczne.*

- **uwadniania** – cząsteczki wody przyłączają się do minerału. Przykładami tego procesu są przeobrażenie hematytu w limonit oraz anhydrytu w gips;
- **uwęglanowienia** – na skały działa kwas węglowy powstający w wyniku rozpuszczania dwutlenku węgla w wodzie. Ten proces, określany mianem krasowienia, prowadzi do rozpuszczania niektórych związków tworzących skały, np. węglanu wapnia (→krasowienie, s. 255).

Wietrzenie biologiczne

Rozwój organizmów i ich aktywność wpływają na fizyczne i chemiczne właściwości skał. Zwierzęta kopiące nory i korytarze lub przemieszczające się w glebie (np. krety, świstaki, mrówki) oraz rosnące korzenie drzew mogą przyczyniać się do rozkruszania skał. Ponadto substancje wydzielane przez systemy korzeniowe roślin i odchody zwierząt oraz powstające wskutek działania bakterii mogą zmieniać ich skład chemiczny.

Zadania

1. Wymień procesy egzogeniczne.
2. Wyjaśnij, dlaczego intensywność wietrzenia fizycznego jest duża zarówno na obszarach okołozwrotnikowych, jak i okołobiegunowych.
3. Przedstaw proces powstawania rumowisk skalnych.
4. Podaj trzy przykłady wietrzenia chemicznego.

2 Ruchy masowe

Ważne na tej lekcji!

- wpływ czynników przyrodniczych i działalności człowieka na ruchy masowe
- rodzaje ruchów masowych
- sposoby zapobiegania ruchom masowym oraz minimalizowania ich następstw
- ograniczenia w zakresie zagospodarowania terenu wynikające z ruchów masowych

Grawitacja oddziałuje na wszystko, co znajduje się na kuli ziemskiej. Jednak zwykle zaczynamy zdawać sobie z tego sprawę dopiero wtedy, gdy np. upuścimy jakiś przedmiot. Podobnie wpływ siły ciężkości na środowisko przyrodnicze najłatwiej dostrzec podczas występowania gwałtownych procesów, takich jak obrywanie czy osuwanie się skał.

Mechanizm ruchów masowych

Ruchy masowe polegają na przemieszczaniu się materiału skalnego pod wpływem siły ciężkości. Największy wpływ na przebieg, charakter i skalę ruchów masowych ma **nachylenie stoku**, czyli pochyłej powierzchni łączącej wierzchołek wzniesienia lub grzbiet z jego podnóżem. Stoki wklęsłych form terenu, np. dolin, nazywa się również zboczami.

Innymi czynnikami warunkującymi ruchy masowe są: rodzaj skał budujących stok, układ warstw skalnych, głębokość zalegania wód gruntowych oraz ilość opadów atmosferycznych.

Ruchy masowe często występują tam, gdzie niedbała zabudowa przeciąża podłoże, a ulewne deszcze zaburzają równowagę stoku. Takimi obszarami są np. dzielnice nędzy w Brazylii.

Stok, na którym utrzymuje się luźny materiał skalny, znajduje się w równowadze. Ruchy masowe występują wtedy, gdy **równowaga stoku zostaje zaburzona**. Może to być spowodowane czynnikami naturalnymi lub działalnością człowieka. Ważniejsze przyczyny ruchów masowych wymieniono poniżej.

Przyczyny ruchów masowych

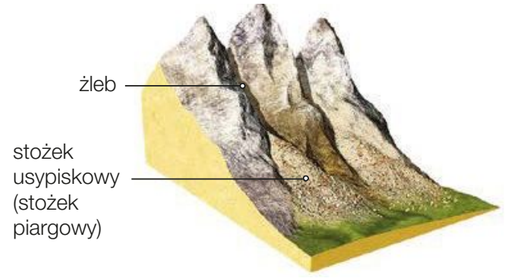
naturalne	antropogeniczne
• wietrzenie skał powodujące zmniejszenie ich spoistości • nasiąknięcie zwietrzeliny wodą opadową lub roztopową prowadzące do zmniejszenia jej spoistości i zwiększenia masy • podcięcie stoku, np. przez rzekę, fale morskie lub lodowiec • trzęsienie ziemi • wybuch wulkanu	• podcięcie stoku spowodowane pracami budowlanymi, np. budową drogi • obciążenie stoku zabudową • wycinka drzew (ich korzenie przyczyniają się do utrwalenia zwietrzeliny na stoku) • nieodpowiednia orka (wzdłuż stoków) • drgania gruntu wywołane np. przez przejeżdżające pojazdy • detonacje ładunków, np. w kamieniołomach

Rodzaje ruchów masowych

Ruchy masowe mogą przebiegać gwałtownie i zmieniać rzeźbę dużych obszarów w kilka sekund. Mogą także zachodzić powoli – są wówczas trudne do zauważenia. Do podstawowych rodzajów ruchów masowych należą: odpadanie, obrywanie, osuwanie, spływanie oraz spełzywanie. Warto jednak pamiętać, że w tym podziale nie ma wyraźnych granic. Na przykład osuwisko w wyniku upłynnienia mas skalnych tworzy spływ gruzowo-błotny, a obryw skalny w dolnej części stoku może się przekształcić w osuwisko.

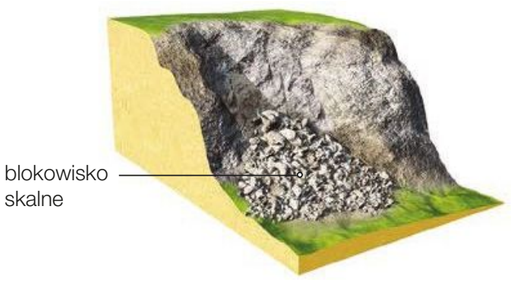
Odpadanie

Następuje na stromych stokach i ścianach skalnych. Polega na odrywaniu się i swobodnym spadaniu pojedynczych okruchów skał. Odłamki skalne często odbijają się od stoku. W ten sposób żłobią w nim podłużną rynnę zwaną żlebem. Z materiału skalnego nagromadzonego u wylotu żlebu powstaje stożek usypiskowy.



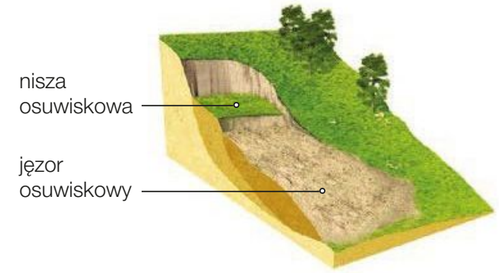
Obrywanie

Polega na nagłym odrywaniu się dużych mas skalnych i gromadzeniu się ich u podnóża stoku, wskutek czego tworzy się blokowisko skalne. Obrywanie przebiega podobnie do odpadania – materiał skalny przebywa część drogi w powietrzu. Różnica polega na ilości przemieszczających się skał.



Osuwanie

Jest to gwałtowne zsuwanie się zwietrzeliny lub luźnych skał w dół stoku. W efekcie powstaje osuwisko. W jego górnej części tworzy się nisza osuwiskowa, a u podnóża – jęzor osuwiskowy. Częstymi przyczynami powstawania osuwisk są przesiąknięcie zwietrzeliny wodą oraz trzęsienia ziemi.

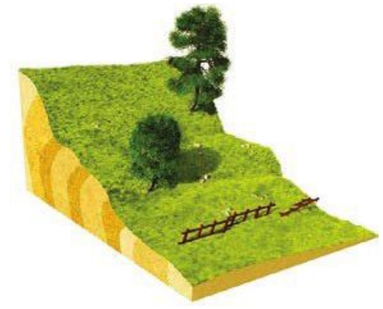


Spływanie

Ten proces zachodzi pod wpływem intensywnych opadów deszczu. Przemieszczająca się z dużą prędkością zwietrzelina jest przesiąknięta wodą i przemieszana tak, że traci swoją pierwotną strukturę (inaczej niż w przypadku osuwiska). W zależności od składu zwietrzeliny wyróżnia się m.in. spływy błotne i spływy gruzowe.

Spełzywanie

Polega na powolnym przesuwaniu się zwietrzeliny w dół stoku. Zachodzi na stokach o stosunkowo niewielkim nachyleniu. Oprócz siły ciężkości na spełzywanie wpływa przesiąkanie skał wodą. Oznakami tego procesu są powyginane pnie drzew, a także pochylone słupy lub płoty.



Ruchy masowe w różnych strefach klimatycznych

Siła ciężkości to nie jedyny czynnik warunkujący występowanie ruchów masowych. Istotnie wpływa też na nie nasączenie zwietrzeliny wodą pochodzącą z opadów deszczu lub śniegu, a także z topniejącego lodu. Dlatego właśnie w różnych strefach klimatycznych te procesy przebiegają w inny sposób i z różną intensywnością. Tę zależność dobrze obrazuje przykład spełzywania.

Na obszarach o zimnym klimacie powierzchniowa warstwa wieloletniej zmarzliny latem rozmarza. Jest ona silnie nasączona wodą i pod wpływem siły ciężkości powoli (do kilku centymetrów na rok) spływa po zalegającej głębiej, wciąż jeszcze zamarzniętej warstwie. Ten proces to **soliflukcja**. W jego efekcie na stoku tworzą się **języki soliflukcyjne**.

W klimacie gorącym i wilgotnym, w którym opady deszczu są wyjątkowo wysokie, silnie nasączona wodą jest bardzo gruba warstwa zwietrzeliny. To sprawia, że spełzywanie następuje znacznie głębiej niż w innych strefach klimatycznych. Odbywa się ono nawet pod gęstą pokrywą roślinną, poniżej strefy korzeniowej. Ten proces nosi nazwę **cieczenia**.

Wpływ rzeźby terenu i ruchów masowych na działalność człowieka

Ukształtowanie terenu istotnie wpływa na możliwości gospodarowania człowieka na danym obszarze. Znacznie trudniej wytyczyć drogę lub wybudować budynek na stoku o dużym

Zabezpieczanie dróg zagrożonych ruchami masowymi wymaga kosztownych prac geotechnicznych. Podczas ich wykonywania często stosuje się techniki alpinistyczne.

nachyleniu niż na płaskim obszarze. Takie prace są też kosztowniejsze i obarczone większym ryzykiem. Mała zwięzłość skał, ich kruchość lub podatność na rozpuszczanie czy osuwanie dodatkowo zmniejszają stabilność konstrukcji. Dlatego wszystkie inwestycje na takich obszarach wymagają współpracy geologów, inżynierów, planistów i innych ekspertów. Badanie właściwości skał w różnych warunkach jest tak istotne, że zajmuje się nimi osobna dziedzina wiedzy – **mechanika gruntu**.

Mimo wielu trudności na terenach górskich i zagrożonych wystąpieniem ruchów masowych wciąż powstają budynki i budowle. Do stabilizowania stoków stosuje się **siatki geotechniczne**, **specjalną roślinność**, **kotwy gruntowe** czy **tarasowanie**. Z kolei budowle są zabezpieczane przed procesami masowymi m.in. **palisadami** i **zadaszeniami**.

Każda droga wybudowana w poprzek stromego stoku jest narażona na wystąpienie ruchów masowych.

W miejscach, w których występują ruchy masowe, np. w Alpach, nad drogami buduje się specjalne osłony.

PoGISujmy

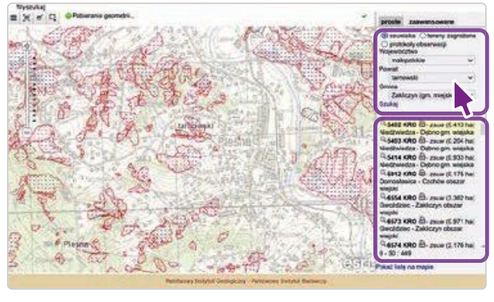
System Osłony Przeciwosuwiskowej (SOPO)

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy realizuje projekt, którego celem jest rozpoznanie i udokumentowanie wszystkich osuwisk i terenów potencjalnie zagrożonych ruchami masowymi w Polsce. W ramach tego projektu powstała aplikacja zawierająca ogólnodostępną mapę tych obiektów. Dzięki niej łatwiej wykonywać miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego i zapobiegać stratom wywoływanym przez osuwiska.

1 Wejdź na stronę **http://osuwiska.pgi.gov.pl**, a następnie kliknij przycisk Aplikacja znajdujący się po lewej stronie ekranu.

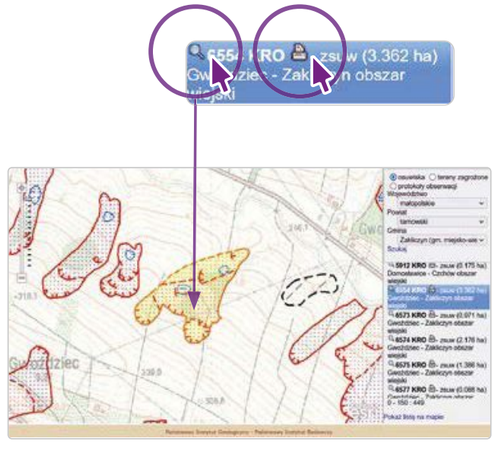
2 Na kolejnym ekranie kliknij przycisk pod mapą: Wejście do aplikacji.

3 W nowej zakładce wyświetli się mapa, na której zaznaczono osuwiska i tereny zagrożone ich wystąpieniem. Aby odnaleźć dane dotyczące obszaru, który Cię interesuje, wybierz odpowiednie województwo, powiat i gminę. Gdy klikniesz przycisk Szukaj, w panelu po prawej stronie pojawi się lista obiektów na zdefiniowanym obszarze.



4 Kliknij przycisk Pokaż listę na mapie. Dzięki temu mapa przesunie się tak, że zobaczysz wszystkie obiekty znajdujące się na wyświetlonej liście.

5 Przy każdym wyszukanym obiekcie znajdują się dwie ikony. Ikona lupy umożliwia przesunięcie widoku w oknie mapy do zasięgu wybranego osuwiska lub terenu zagrożonego ruchami masowymi, a ikona drukarki – wydrukowanie mapy tego obiektu.



Sprawdź, które osuwiska lub tereny zagrożone ich wystąpieniem znajdują się najbliżej Twojego miejsca zamieszkania.

Spojrzenie z bliska

Osuwisko z wyspy Leyte

Ruchy masowe mogą mieć katastrofalne skutki. Do jednego z najtragiczniejszych osuwisk w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat doszło na filipińskiej wyspie Leyte.

Rankiem 17 lutego 2006 r. ogromne zwały skał spłynęły na miejscowość Guinsaugon leżącą u podnóża góry Mount Can-abag. Osunięcie się ziemi poprzedzały blisko dwutygodniowe intensywne opady, podczas których spadło ok. 2000 mm deszczu. Tuż przed osunięciem odnotowano także niewielkie trzęsienie ziemi. W wyniku drgań i dużego nasączenia skał wodą opadową po stoku ześlizgnęły się zwały ziemi, gruzu i błota, które ostatecznie zasypały całe podnóże góry. Miasteczko Guinsaugon przestało istnieć – zostało całkowicie przykryte materiałem skalnym o grubości od 9 m do 30 m. Język osuwiska miał blisko kilometr szerokości. W wyniku katastrofy zginęło 1450 osób.

Oprócz ulewnych opadów i trzęsienia ziemi do katastrofy na Leyte przyczyniła się nieracjonalna działalność człowieka. Wycięcie lasów ze stoków góry Mount Can-abag pozbawiło ludzi naturalnej bariery ochronnej.

Tragedię przeżyło jedynie 57 mieszkańców Guinsaugon. Zostali oni odkopani przez służby ratownicze.

Zadania

1. Wymień przyczyny ruchów masowych.
2. Podaj różnicę między odpadaniem a obrywaniem.
3. Wyjaśnij, dlaczego występowanie ruchów masowych zależy od klimatu.
4. * Przygotuj prezentację multimedialną dotyczącą metod zabezpieczania budynków i szlaków komunikacyjnych przed skutkami ruchów masowych.

3 Procesy krasowe

Ważne na tej lekcji!

- krasowienie i czynniki wpływające na jego intensywność
- formy krasu powierzchniowego i krasu podziemnego

Woda potrafi rozpuścić wiele substancji: nie tylko cukier i sól, lecz także niektóre skały. Pomagają jej w tym inne związki chemiczne, zwłaszcza dwutlenek węgla. W efekcie tych procesów powstają różnorodne formy terenu. Występują one zarówno na powierzchni ziemi, jak i pod ziemią.

Pojęcie krasu pochodzi od nazwy płaskowyżu Kras. Znajduje się on na pograniczu Słowenii i Włoch.

Krasowienie

Niektóre skały występujące na Ziemi łatwo **krasowieją**, czyli ulegają rozpuszczeniu przez wodę zawierającą dwutlenek węgla. Należą do nich przede wszystkim **skały węglanowe** (np. wapienie, dolomity, marmury i margle). Ten proces odbywa się przy udziale roztworu kwasu węglowego, czyli H_2CO_3, który powstaje w wyniku rozpuszczenia dwutlenku węgla w wodzie:

$$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$$

Głównym składnikiem skał węglanowych jest **węglan wapnia**: $CaCO_3$. Ten związek chemiczny reaguje z kwasem węglowym, w rezultacie czego powstaje wodorowęglan wapnia $Ca(HCO_3)_2$, który łatwo rozpuszcza się w wodzie:

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

Poza skałami węglanowymi zjawiska krasowe zachodzą m.in. w **skałach siarczanowych**, takich jak gips, oraz w **skałach chlorkowych**, np. w soli kamiennej.

Czynniki wpływające na intensywność krasowienia

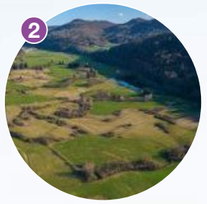
ilość wody opadowej	ilość dwutlenku węgla rozpuszczonego w wodzie	temperatura wody
Im wyższe są sumy opadów, tym intensywniej zachodzą procesy krasowe.	Im więcej dwutlenku węgla znajduje się w wodzie, tym intensywniej zachodzi krasowienie.	Im niższa temperatura wody, tym więcej dwutlenku węgla może się w tej wodzie rozpuścić.

rodzaj skały	ukształtowanie powierzchni	pokrywa roślinna i glebowa
Cechy skał, m.in. ich skład i stopień spękania, decydują o podatności na krasowienie.	Im bardziej płaski jest obszar, tym więcej wody opadowej wsiąka w jego podłoże.	Dostarcza dodatkowego dwutlenku węgla do wód opadowych wsiąkających w głąb ziemi.

Rzeźba krasowa

Woda opadowa działa na powierzchni ziemi i pod nią. Dlatego na skutek procesów krasowych powstają formy powierzchniowe i podziemne. Mają one nie tylko fantazyjne kształty, lecz także bardzo różne rozmiary. Formami krasowymi są zarówno żłobki krasowe o długości zaledwie kilkunastu centymetrów, jak i polja zajmujące niekiedy powierzchnię kilkuset kilometrów kwadratowych.

Okrągłe zagłębienia terenu powstałe w wyniku intensywnego rozpuszczania skał na powierzchni lub zapadania się podziemnych pustek krasowych to **leje krasowe**. Z połączenia kilku lejów krasowych powstają **uwały**.



Polja to płaskodenne kotliny krasowe otoczone stromymi wapiennymi zboczami.

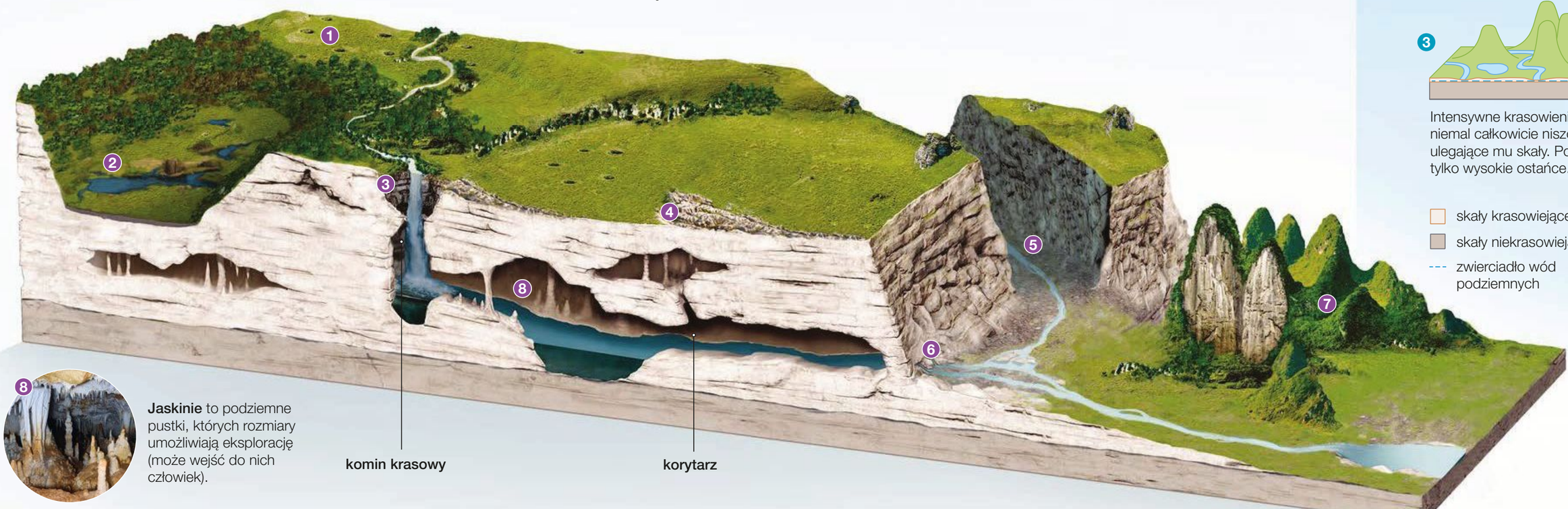
Zagłębienie, którym wody przedostają się pod powierzchnię ziemi, to **ponor**.

Na powierzchni skał wapiennych występują **żłobki krasowe** – niewielkie podłużne bruzdy wyżłobione przez spływającą wodę opadową. Gdy są one głębokie, powstają między nimi grzbiety nazywane **żebrami krasowymi**.

Rzeki na obszarach krasowych często płyną **kanionami krasowymi**, czyli głęboko wciętymi dolinami o stromych zboczach.

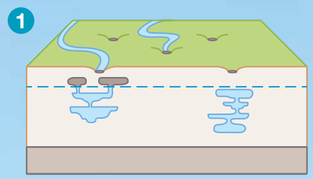
Wywierzysko to źródło, którym podziemny ciek krasowy wypływa na powierzchnię. Wywierzyska charakteryzują się znaczną wydajnością.

Wapienne wzniesienia i skałki wznoszące się ponad powierzchnię zrównaną przez procesy krasowe to **ostańce krasowe**. W wilgotnych i ciepłych klimatach są wysokie i przypominają kształtem wieże. Takie ostańce często nazywa się **mogotami**.

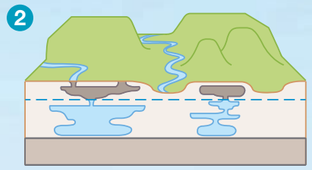


Jaskinie to podziemne pustki, których rozmiary umożliwiają eksplorację (może wejść do nich człowiek).

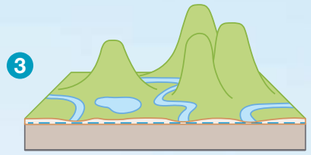
Powstawanie mogotów



Na obszarach o ciepłym i wilgotnym klimacie w szybkim tempie powstają leje krasowe, a woda spływa ponorami do szczelin w skałach.



Wody podziemne rozbudowują system jaskiń, a wskutek działalności wód rzecznych i opadowych powiększają się doliny i kotliny. Zapadają się też podziemne pustki.



Intensywne krasowienie niemal całkowicie niszczy ulegające mu skały. Pozostają tylko wysokie ostańce.

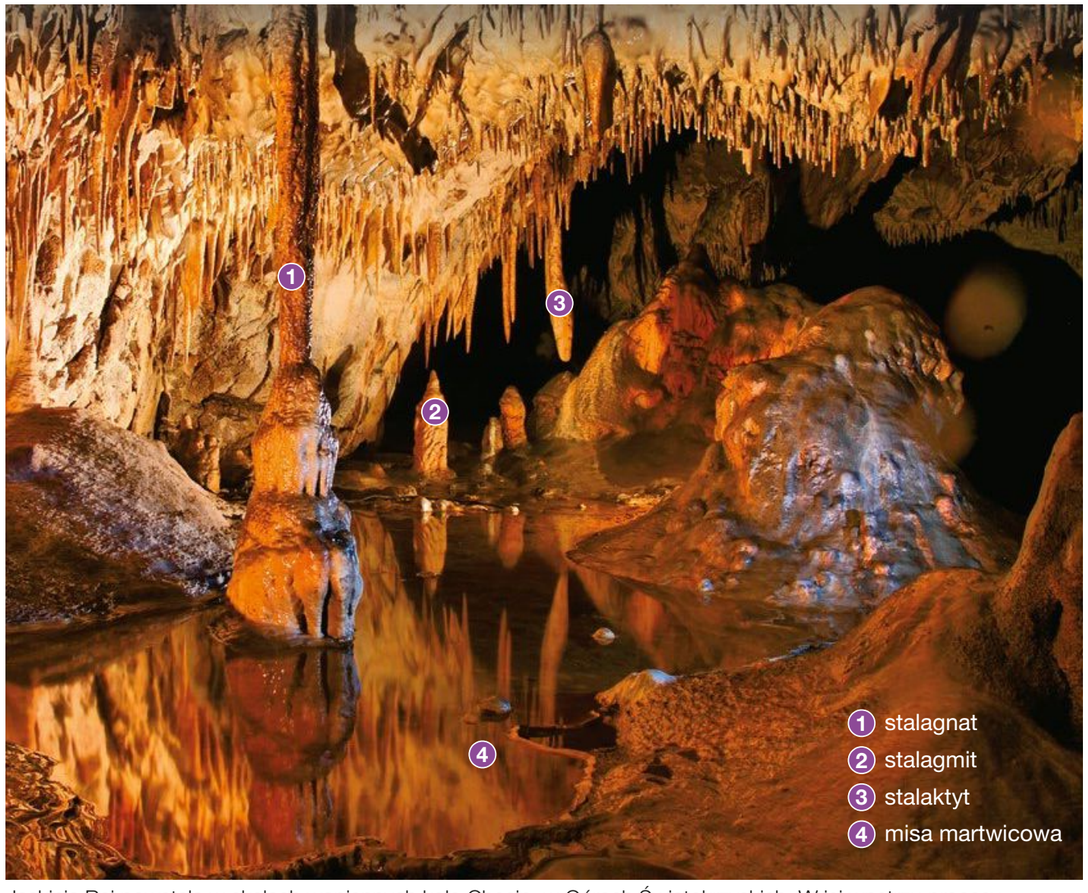
- skały krasowiejące
- skały niekrasowiejące
- zwierciadło wód podziemnych

Nacieki i osady jaskiniowe

Niektóre formy krasowe powstają w wyniku wytrącania się węglanu wapnia z wody, w której został on wcześniej rozpuszczony. Należą do nich nacieki powstające w **jaskiniach**.

Gdy woda spływa powoli po stropie jaskini, tworzą się nacieki w kształcie sopli nazywane **stalaktytami**. Niektóre stalaktyty, szczególnie długie i cienkie, mają puste wnętrza, którymi spływa woda z rozpuszczonym w niej węglanem wapnia. Określa się je mianem **makaronów**. Woda kapiąca ze stropu na dno jaskini kształtuje rosnące ku górze **stalagmity**. Kiedy stalaktyty połączą się ze stalagmitami, powstają kolumny skalne – **stalagnaty**. Gdy woda sączy się po nachylonej powierzchni ścian i spływa z występów skalnych, narastają **draperie** – nacieki przypominające wyglądem zasłony. U podnóży ścian tworzą się misy naciekowe. W wypełnionych wodą zagłębieniach – **misach martwicowych** – powstają niekiedy **perły jaskiniowe**. Jest to skutek odkładania się kolejnych warstw węglanu wapnia wokół mineralnego ziarna. Niektóre formy krasu podziemnego zostały przedstawione na poniższej fotografii.

Oprócz form naciekowych we wnętrzach wielu jaskiń występują osady zwane **namuliskami**. Mogą one wypełniać komory oraz korytarze jaskiniowe aż po strop. W skład namulisk wchodzi głównie osad mineralny. Czasami znajdują się w nich także szczątki żyjących tam niegdyś zwierząt.



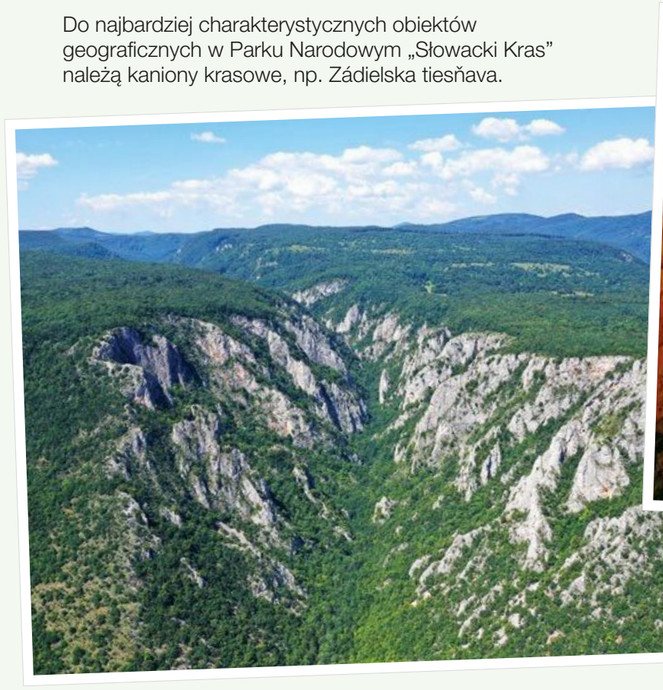
Jaskinia Raj powstała w skałach wapiennych koło Chęcin, w Górach Świętokrzyskich. W jej wnętrzu procesy krasowe utworzyły rozległą komorę z bogatą szatą naciekową. Szacuje się, że tempo przyrostu stalaktytów wynosi średnio ok. 1 mm na rok. Jaskinia Raj była schronieniem dla naszych praprzodków. Świadczą o tym odnalezione w niej prymitywne narzędzia oraz kości zwierząt z epoki lodowcowej.

Spojrzenie z bliska

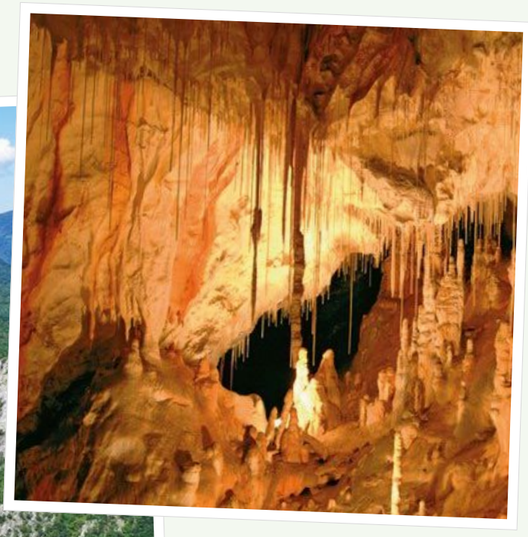
Słowacki Kras

Słowacki Kras leżący w południowo-wschodniej Słowacji to jeden z największych i najpiękniejszych obszarów krasowych w Europie.

W krajobrazie Słowackiego Krasu dominują równiny oraz płaskowyże zbudowane ze skał wapiennych i z dolomitów. Przecinają je głębokie doliny wcinające się w podłoże nawet na kilkaset metrów. Strome wapienne ściany osiągają wysokość ponad 200 m. Najwyżej położony punkt, Jelení vrch, ma zaledwie 947 m n.p.m., jednak rzeźba terenu jest dość urozmaicona. Na płaskowyżach występują studnie krasowe, np. Čertova diera [wym. czertowa djera] i Brázda (odpowiednio 186 m i 181 m głębokości), a także liczne leje krasowe, uwały i pola żeber krasowych. Rzeki i strumienie płynące w Słowackim Krasie często giną w ponorach albo wypływają malowniczymi wywierzyskami. Główną atrakcją krajobrazową Słowackiego Krasu są jaskinie krasowe: Domica, Jaskinia Gombasecka, Jaskinia Jasowska oraz Jaskinia Ochtińska Aragonitowa. W 1995 r. wpisano je na *Listę światowego dziedzictwa UNESCO*.



Do najbardziej charakterystycznych obiektów geograficznych w Parku Narodowym „Słowacki Kras" należą kaniony krasowe, np. Zádielska tiesňava.



Jedną z najciekawszych jaskiń Słowackiego Krasu jest Jaskinia Gombasecka. Słynie ona ze zwisających ze stropu cienkich i pustych w środku form nazywanych makaronami.

Zadania

1. Omów czynniki, od których zależy tempo krasowienia.
2. Podaj nazwy głównych form krasu powierzchniowego i krasu podziemnego.
3. * Wyjaśnij, dlaczego formy krasowe mogą stanowić zagrożenie dla działalności gospodarczej człowieka.

4 Rzeźbotwórcza działalność rzek

Ważne na tej lekcji!

- erozyjna, transportowa i akumulacyjna działalność rzek
- formy terenu powstające w wyniku działalności wód płynących
- typy ujść rzecznych

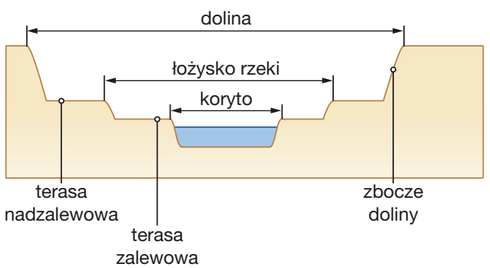
Woda płynąca w rzekach ma wielką siłę. Potrafi niszczyć nawet bardzo odporne skały i przenosić materiał skalny na setki kilometrów. Jednak aby można było dostrzec skutki tej działalności, musi minąć dużo czasu. Na przykład rzeka Kolorado drąży jeden z najsłynniejszych kanionów na świecie już miliony lat.

Budowa doliny rzecznej

W profilu podłużnym rzeki wyróżnia się trzy odcinki: bieg górny, bieg środkowy i bieg dolny. W poszczególnych odcinkach dominują inne procesy rzeźbotwórcze, lecz w każdej dolinie rzecznej można wyróżnić te same elementy:

- **koryto rzeki**, którym płynie woda,
- **terasy zalewowe**, czyli płaskie fragmenty doliny rzecznej, na które rozlewa się woda w czasie wezbrań (znajdują się one po jednej stronie koryta lub po obu jego stronach),
- **łożysko rzeki**, obejmujące koryto rzeki i terasy zalewowe.

W górnym biegu dolina jest wąska, a w środkowym i dolnym jej szerokość może sięgać wielu kilometrów. W tych dwóch odcinkach oprócz łożyska występują **terasy nadzalewowe**.



Elementy doliny rzecznej.

Rzeźbotwórcza działalność wód płynących

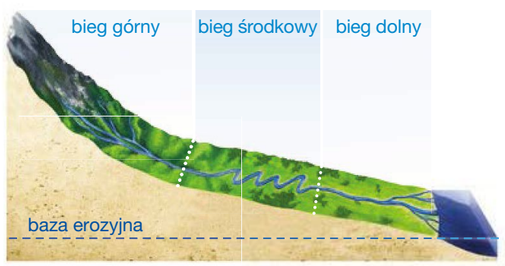
Rzeźbotwórcza działalność rzeki polega na niszczeniu brzegów i podłoża, po którym rzeka płynie, oraz na transporcie i akumulacji niesionego przez nią materiału skalnego, nazywanego **rumowiskiem rzecznym**. Intensywność procesów rzeźbotwórczych zachodzących w wyniku działalności rzek zależy m.in. od:

- spadku rzeki,
- wielkości przepływu i prędkości wody,
- odporności skał podłoża na niszczenie,
- warunków klimatycznych (→ ustrój rzeki, s. 157).

Głębokość, do której rzeki mogą niszczyć podłoże, jest określana mianem **bazy erozyjnej**. Za ogólną bazę erozyjną przyjmuje się poziom morza, jednak lokalnie może się ona znajdować np. na wysokości ujścia do innej rzeki.

Górny bieg rzeki

Górny odcinek rzeki odznacza się **dużym spadkiem**. Mimo że w korycie rzeki jest mniej wody niż w kolejnych odcinkach, to płynie ona ze znaczną prędkością. Dzięki temu transportuje sporą ilość materiału skalnego, nawet głazy



Profil podłużny rzeki.

? *Sprawdź, co stanowi bazę erozyjną Wisły, a co – Warty.*

W górnym biegu profil poprzeczny dolin rzecznych, np. na Kaukazie, przypomina kształtem literę V.

Erozja wsteczna zachodząca w obrębie wodospadu powoduje, że wodospad się cofa.

(szczególnie gdy rzeka wzbiera po dużych opadach). Materiał skalny uderza w podłoże i silnie je żłobi – zachodzi **erozja wgłębna**. Tak kształtuje się **dolina V-kształtna**, która ma wąskie dno i równomiernie nachylone, zwykle strome zbocza. W kształtowaniu zboczy dolin V-kształtnych duży udział mają ruchy masowe.

Tam, gdzie rzeka napotyka bardziej odporne skały, tworzą się **wodospady** – strome progi, z których woda spada bez kontaktu z podłożem. Opadająca woda może podcinać próg skalny od dołu. Ten proces to **erozja wsteczna**. W jego efekcie górna część progu się obrywa i cały wodospad się cofa. Widać to na powyższej ilustracji. Woda spływająca z progu niesie duże okruchy skalne, które uderzają o dno koryta i je pogłębiają. Czasem poniżej progu wodospadu tworzą się też **kotły eworsyjne**. Są to cylindryczne zagłębienia wyżłobione przez rumowisko rzeczne obracające się w trakcie ruchu wirowego wody. W górnym biegu rzeki materiał skalny jest intensywnie rozdrabniany i obtaczany. Tak powstają okruchy skalne o zaokrąglonych krawędziach, nazywane **otoczakami**.

Czym jest kaptaż?

Erozja wsteczna zachodzi niekiedy również w pobliżu źródła cieku wodnego. Woda powiększa otwór źródłowy, z którego wypływa, przez co źródło może się cofać, a koryto rzeki – wydłużać. Kaptaż następuje wtedy, gdy w wyniku tego ruchu rzeka przecina dział wodny i przejmuje rzekę o mniejszej sile erozyjnej.

Środkowy bieg rzeki

W środkowym biegu rzeka niesie więcej wody niż w biegu górnym. Jednocześnie **maleje spadek rzeki**, a tym samym – prędkość wody oraz jej siła transportowa. Dlatego też rzeka niesie mniejsze okruchy skalne, np. piaski i żwiry.

W środkowym biegu w rzece wyraźnie zaznacza się **nurt**, czyli struga wody o największej prędkości. Nurt przemieszcza się od jednego brzegu do drugiego i nieustannie je niszczy (podmywa). Ten proces to **erozja boczna**. W jej efekcie powstają **meandry**, czyli zakola rzeczne. Etapy ich tworzenia się przedstawiono poniżej.

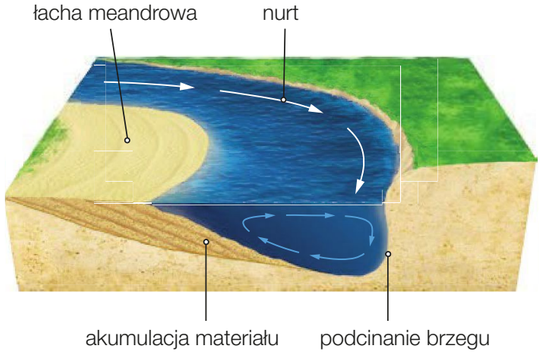
Na półkuli północnej w wyniku działania siły Coriolisa bardziej podmywane są prawe brzegi rzeki, a na półkuli południowej – lewe. Widać to zwłaszcza wtedy, gdy rzeka płynie południkowo (→ siła Coriolisa, s. 66).

Dolny bieg rzeki

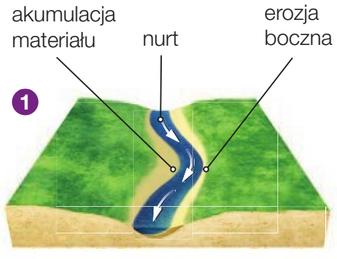
W dolnym odcinku rzeka płynie wolno i spokojnie. Jej siła transportowa znacznie maleje, co skutkuje **akumulacją** niesionego materiału skalnego. Osady nagromadzone na dnie rzeki lub przy jej brzegach są nazywane **aluwiami**. Wiele rzek ma w tym odcinku szersze, ale stosunkowo płytkie koryta. W miejscach, w których woda płynie wolniej, tworzą się **łachy śródkorytowe**, czyli piaszczyste wyspy wystające nieznacznie nad poziom wody w rzece. Te formy są nietrwałe – mogą się przemieszczać lub zanikać przy wysokich stanach wody.

Powstawanie meandrów i starorzeczy

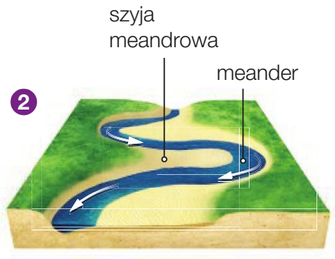
Ruch wody w rzece nie jest prostoliniowy. Nurt zbliża się do jednego z brzegów i go niszczy. Po przeciwnej stronie rzeki woda ma mniejszą prędkość i akumuluje niesiony materiał skalny w formie łachy meandrowej. W rezultacie cały odcinek rzeki powoli się przesuwa i powstaje meander. Stałe niszczenie brzegu sprawia, że meander się wydłuża, a jego nasada – szyja meandrowa – się zwęża. Z czasem dochodzi do jej przerwania, a oderwane od głównego koryta zakole staje się jeziorem nazywanym starorzeczem.



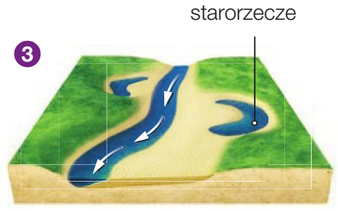
Ruch wody w korycie meandrowym.



Woda płynąca w nurcie podmywa raz jeden, a raz – drugi brzeg rzeki.



Wskutek erozji jednego brzegu i akumulacji materiału na drugim brzegu tworzą się meandry.



Erozja boczna prowadzi do przerwania meandra. W ten sposób powstają starorzecza.

Łachy śródkorytowe widać szczególnie podczas niskich stanów wody. Takie formy tworzą się nawet na dużych i głębokich rzekach, takich jak Wisła.

W większości delt występują żyzne gleby – mady. To dlatego Delta Nilu na zdjęciach satelitarnych wyraźnie odróżnia się od otaczającej ją pustyni.

Grubszy materiał zwykle gromadzi się tylko w korycie rzecznym, ale materiał drobnoziarnisty podczas wezbrań jest wynoszony na terasy zalewowe. W efekcie w dolinach rzecznych powstają kolejne warstwy osadów. Na nich rozwijają się żyzne gleby – **mady** (→ mady, s. 301).

Typy ujść rzecznych

Większość rzek kończy się **ujściem**, czyli miejscem, w którym rzeka wpływa do morza, jeziora lub do innej rzeki. Przy ujściu proces akumulacji osadów aluwialnych zachodzi najszybciej. Wyróżnia się dwa główne typy ujść rzecznych:

- deltę,
- estuarium (ujście lejkowate).

Delta

Delta tworzy się tam, gdzie morze, do którego uchodzi rzeka, jest płytkie i nie występują w nim silne prądy przybrzeżne (rzeka przynosi więcej materiału niż mogą usunąć fale i prądy przybrzeżne). Osady delty stanowią przeszkodę dla wód rzecznych. Dlatego rzeka rozgałęzia się na liczne ramiona rozpościerające się wachlarzowato w kierunku zbiornika wodnego. Kształt delty zależy przede wszystkim od zarysu linii brzegowej, a jej wielkość – głównie od ilości osadów niesionych przez rzekę oraz od ukształtowania dna zbiornika. Rzekami, które utworzyły delty, są na przykład Missisipi, Amazonka, Eufrat z Tygrysem, Orinoko, Wołga i Wisła.

Czym jest delta wsteczna?

Delta wsteczna powstaje w lagunie lub zalewie i narasta w kierunku przeciwnym do spływu wód rzecznych. Tworzy się w wyniku akumulacji materiału nanoszonego podczas sztormów, gdy wody z otwartego morza wpływają do zatoki (następuje cofka). Taka delta utworzyła się np. na Świnie w kierunku Zalewu Szczecińskiego.

Delta Świny na zdjęciu satelitarnym.

Estuarium

Estuarium powstaje w miejscach, gdzie zbiornik, do którego uchodzi rzeka, odznacza się stromo opadającym dnem i występowaniem dużych pływów lub silnych prądów przybrzeżnych. Takie ruchy wody morskiej nie pozwalają na akumulację osadów rzecznych. Woda morska wdziera się głęboko w górę koryta rzeki i stale je poszerza. Fala odpływu zabiera niesiony przez rzekę materiał skalny i wynosi go daleko w głąb morza lub oceanu.

Typowe estuaria mają m.in. Rzeka Świętego Wawrzyńca, Parana z Urugwajem, Garonna oraz Tamiza. Często w lejku, który stanowi całe ujście rzeki, wody słodkie (rzeczne) mieszają się z wodami słonymi (morskimi).

Największym estuarium na świecie jest La Plata – lejkowate ujście Parany i Urugwaju do Oceanu Atlantyckiego. Ma ono długość ponad 300 km.

Rzeźbotwórcza działalność rzek a zmiany bazy erozyjnej

Odmienny kształt doliny rzecznej w poszczególnych odcinkach wynika z różnej intensywności procesów rzeźbotwórczych. Erozja wgłębna pogłębia koryto, a erozja boczna poszerza dno doliny. Rodzaj i intensywność procesów zależą od **zmian położenia bazy erozyjnej**. Gdy jej poziom się obniża, nasila się erozja wgłębna, a gdy się podnosi, rzeka akumuluje więcej materiału skalnego. Zmiany położenia bazy erozyjnej rzeki mogą być spowodowane np. ruchami górotwórczymi lub zmianą poziomu morza. W efekcie tych zmian powstają **terasy rzeczne** – płaskie fragmenty dawnego dna rzeki, które mają różną szerokość i ciągną się wzdłuż doliny. Powstawanie teras rzecznych opisano poniżej.

Powstawanie teras rzecznych

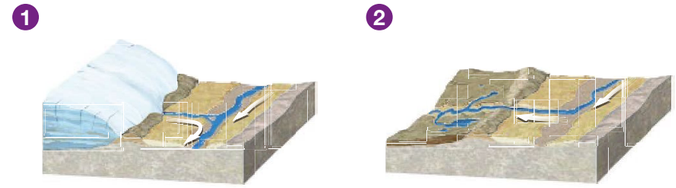
Terasy rzeczne to formy terenu występujące w środkowym i dolnym biegu rzeki. Powstają wskutek zmian położenia bazy erozyjnej rzeki.

1. Obniżenie bazy erozyjnej nasila erozję wgłębną. Rzeka rozcina wówczas podłoże.
2. Nowym dnem doliny są terasy zalewowe. Fragmenty starego dna doliny stają się terasami nadzalewowymi.
3. Baza erozyjna ponownie się obniża, więc dno znów zostaje rozcięte. Kształtują się kolejne terasy nadzalewowe.

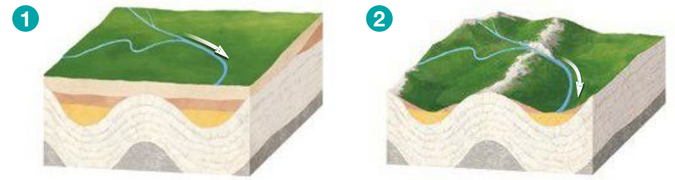
Jak powstają przełomy rzeczne?

Przełomy rzeczne to odcinki doliny o stromych zboczach znajdujące się między odcinkami o zboczach łagodnie nachylonych. W tych miejscach rzeka przepływa np. przez wyżynę, pasmo górskie lub wał moreny czołowej. Jak to możliwe, że woda pokonuje takie przeszkody? Przełomy mogą powstawać na kilka sposobów.

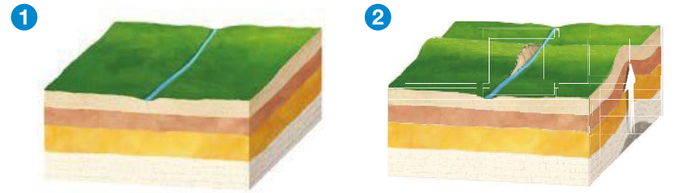
Przełom odziedziczony tworzy się zazwyczaj w miejscu, w którym dawniej wody roztopowe wypływające z lądolodu przecinały wał moreny czołowej.



Przełom epigenetyczny powstaje wtedy, gdy bardziej odporne skały są przykryte warstwą osadów. Rzeka stopniowo pogłębia swoją dolinę, wycinając ją jednocześnie w osadach i w twardszych skałach.



Przełom antecedentny powstaje w trakcie ruchów górotwórczych. Rzeka systematycznie żłobi dolinę w górach wypiętrzających się powoli na obszarze, przez który płynie.



Rzeźbotwórcza działalność wód opadowych

Woda opadowa spływająca po powierzchni gruntu spłukuje zwietrzelinę. Dzieje się tak nawet na słabo nachylonych stokach. Ten proces nazywa się **ablacją deszczową**. Gdy woda spływa strugami, powstają bruzdy, rozcięcia, rynny, a z czasem – również większe formy terenu, takie jak **wąwozy**. Są to doliny suche, co oznacza, że nie płynie nimi żadna rzeka. Wąwozy mają wąskie dno i strome zbocza.

Wąwozy występują np. w okolicach Kazimierza Dolnego.

Zadania

1. Wymień główne formy terenu powstałe w wyniku niszczącej i budującej działalności rzeki.
2. Omów powstawanie meandrów i starorzeczy.
3. Wyjaśnij, dlaczego niektóre rzeki mają ujście deltowe, a inne – ujście lejkowate.

5 Rzeźbotwórcza działalność lodowców górskich i lądolodów

Ważne na tej lekcji!

- erozyjna, transportowa i akumulacyjna działalność lodowców
- formy terenu powstające w wyniku działalności lodowców górskich i lądolodów

Lodowce górskie i lądolody powstają powyżej granicy wiecznego śniegu (→ warunki powstawania lodowców, s. 168). Przesuwające się masy lodu niszczą podłoże, transportują materiał skalny i go osadzają, niekiedy daleko od miejsca pochodzenia. W wyniku działalności lodowców powstają **formy glacjalne**. Można je odnaleźć zarówno na nizinach, jak i w górach.

Powierzchnię lodowców górskich zazwyczaj pokrywają odłamki skalne pochodzące ze zboczy dolin.

Niszcząca działalność lodowców

Intensywność **erozji lodowcowej** zależy przede wszystkim od:

- grubości lodowca,
- ilości transportowanego materiału skalnego,
- odporności podłoża na niszczenie,
- ukształtowania powierzchni.

Podstawowe rodzaje erozyjnej działalności lodowców przedstawiono na poniższym schemacie.

Do form terenu powstałych w wyniku niszczącej działalności lodowców należą m.in. wygłady lodowcowe, barańce, kotły lodowcowe, doliny U-kształtne i doliny zawieszone. Te formy, związane przede wszystkim z działalnością lodowców górskich, zostały opisane na infografice na s. 268–269.

Działalność transportowa lodowców

Lodowiec transportuje materiał skalny różnej wielkości. Ten materiał, nazywany **moreną**, pochodzi z niszczenia podłoża lub opada na powierzchnię lodowca w wyniku wietrzenia i ruchów masowych zachodzących na zboczach górskich dolin. Morena może być transportowana na powierzchni lodowca, wtopiona w masy lodu oraz spychana przez czoło lodowca. Podczas transportu materiał morenowy jest rozdrabniany i szlifowany, lecz nie ulega segregacji i obtoczeniu (pozostaje ostrokrawędzisty).

Rodzaje erozji lodowcowej

detrakcja (wyorywanie)	detersja (ścieranie)	egzaracja (zdzieranie)
wyrywanie z podłoża okruchów skalnych lub bloków skalnych o długości nawet kilkunastu metrów i włączanie ich w przemieszczający się lodowiec	wygładzanie i polerowanie podłoża skalnego przez fragmenty skalne, które znajdują się w dolnej części przemieszczającej się masy lodowej, czyli w spągu	deformowanie podłoża i przesuwanie niezespojonych skał

Akumulacyjna działalność lodowców

Materiał morenowy przetransportowany przez lodowce jest następnie osadzany. Część powstałych w ten sposób form terenu wiąże się z działalnością i lądolodu, i lodowca górskiego. Są to:

- **morena denna** – płaska lub falista powierzchnia zbudowana z osadów, które wytopiły się podczas ustępowania lodowca;
- **morena czołowa** – wał usypany przed czołem lodowca z materiału skalnego wytapiającego się z lodu. Powstaje wtedy, gdy czoło lodowca pozostaje przez dłuższy czas w jednym miejscu.

W górach powstają dodatkowo:

- **morena boczna** – wał osadów morenowych biegnący wzdłuż zboczy doliny, utworzony wskutek wytapiania się materiału skalnego na bokach jęzora lodowcowego,
- **morena środkowa** – wał biegnący środkiem dawniej zlodowaconej doliny, powstały z połączenia wałów moren bocznych dwóch jęzorów lodowcowych.

Formami powstałymi w wyniku działalności lądolodów są z kolei:

- **drumliny** – niewielkie wzgórza o obłym kształcie zbudowane z gliny, piasków oraz ze żwirów, występujące w grupach nazywanych polami drumlinowymi,
- **głazy narzutowe** (eratyki) – duże bloki skalne przetransportowane przez lądolód w miejsca znacznie oddalone od obszarów występowania danej skały.

Wyraźna morena boczna ciągnie się np. wzdłuż jęzora lodowca Ngozumpa w Himalajach.

Rzeźbotwórcza działalność wód wypływających z lodowców

Lód tworzący lodowiec topi się zarówno na jego powierzchni (pod wpływem promieniowania słonecznego i wyższej temperatury powietrza), jak i pod nim (w wyniku tarcia o podłoże). W związku z tym wody roztopowe przemieszczają się po powierzchni lodowca, w szczelinach w jego wnętrzu, pod lodowcem, a także wypływają na jego przedpole. Odgrywają one ważną rolę w procesach rzeźbotwórczych związanych z istnieniem lodowców. Wskutek działalności wód roztopowych powstają **formy erozyjne**, przede wszystkim pradoliny i rynny podlodowcowe, oraz **formy akumulacyjne**, takie jak sandry, ozy i kemy. Większość tych form, nazywanych **formami fluwioglacjalnymi** (wodnolodowcowymi), jest efektem działalności lądolodu. Z tego powodu opisano je na s. 270–271.

Głazy narzutowe występują licznie w północnej i środkowej części Polski. Jednym z nich jest Diabelski Kamień leżący nad Jeziorem Kamiennym na Pojezierzu Pomorskim.

Wody wypływające z lodowców (np. na Grenlandii) często nie mają jednego stałego koryta. Rozlewają się na dużych obszarach i pokrywają je piaskiem oraz żwirem.

RZEŹBOTWÓRCZA DZIAŁALNOŚĆ LODOWCÓW GÓRSKICH

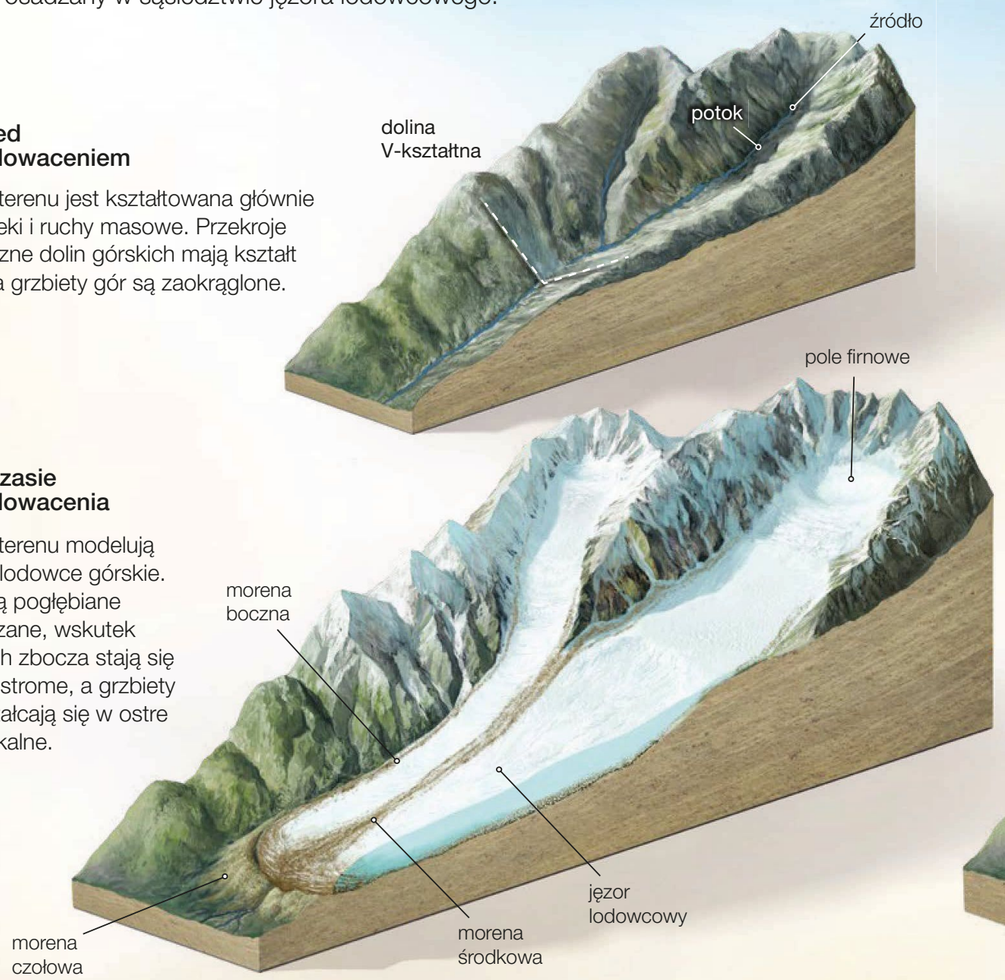
Lodowce górskie występują zazwyczaj w dolinach górskich. Pogłębiają je i poszerzają, a materiał morenowy transportują w dół. Jest on osadzany w sąsiedztwie jęzora lodowcowego.

1 Przed zlodowaceniem

Rzeźba terenu jest kształtowana głównie przez rzeki i ruchy masowe. Przekroje poprzeczne dolin górskich mają kształt litery V, a grzbiety gór są zaokrąglone.

2 W czasie zlodowacenia

Rzeźbę terenu modelują głównie lodowce górskie. Doliny są pogłębiane i poszerzane, wskutek czego ich zbocza stają się bardziej strome, a grzbiety przekształcają się w ostre granie skalne.



3 Po zlodowaceniu

Przekroje poprzeczne dolin mają kształt litery U. Ich dna pokrywa materiał morenowy, który znajdował się w lodowcu. Na zboczach i dnach dolin widać wygładzone i porysowane skały, a w górnych ich częściach znajdują się koliste zagłębienia. W niektórych spośród tych zagłębień powstały jeziora.

Kocioł lodowcowy (cyrk, kar lodowcowy) – nieckowate zagłębienie otoczone z trzech stron stromymi ścianami skalnymi, utworzone w obrębie pola firnowego lodowca górskiego. Po wytopieniu się lodowca często powstają w nich jeziora cyrkowe.

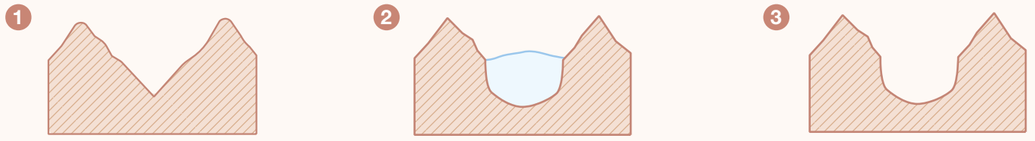
Dolina zawieszona – dolina boczna, której dno znajduje się wyżej niż dno doliny głównej, ponieważ znajdujący się w niej lodowiec był mniejszy i słabiej erodował podłoże.

Baraniec (muton) – wygładzony pagórek, który ma jeden stok łagodny, a drugi – stromy. Powstaje wskutek detersji skał o różnej odporności na erozję.

Wygłady lodowcowe – powierzchnie skał wyszlifowane w wyniku detersji.

Doliny U-kształtne (żłoby lodowcowe)

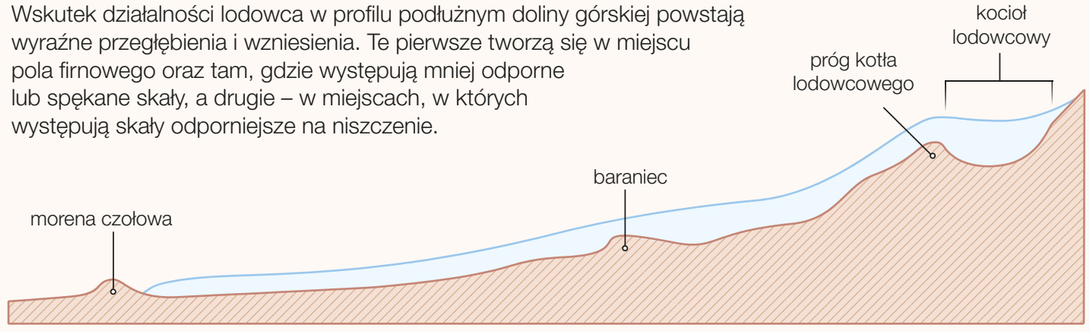
Doliny U-kształtne powstają w wyniku poszerzania i pogłębiania dolin rzecznych (V-kształtnych) przez jęzory lodowcowe w procesach detrakcji i egzaracji. Przekrój poprzeczny żłobów lodowcowych ma kształt litery U.



1. W wyniku erozyjnej działalności rzeki powstaje dolina V-kształtna.
2. Lodowiec górski poszerza i pogłębia dolinę rzeczną.
3. Po wytopieniu się lodowca górskiego pozostaje dolina U-kształtna.

Profil podłużny doliny

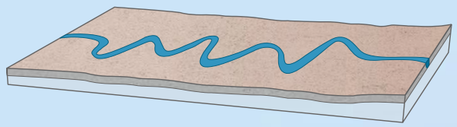
Wskutek działalności lodowca w profilu podłużnym doliny górskiej powstają wyraźne przegłębienia i wzniesienia. Te pierwsze tworzą się w miejscu pola firnowego oraz tam, gdzie występują mniej odporne lub spękane skały, a drugie – w miejscach, w których występują skały odporniejsze na niszczenie.



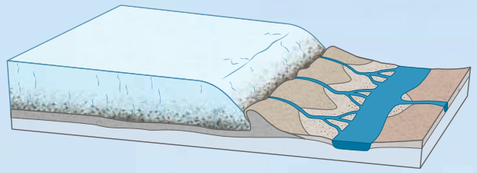
Rzeźbotwórcza działalność lądolodów

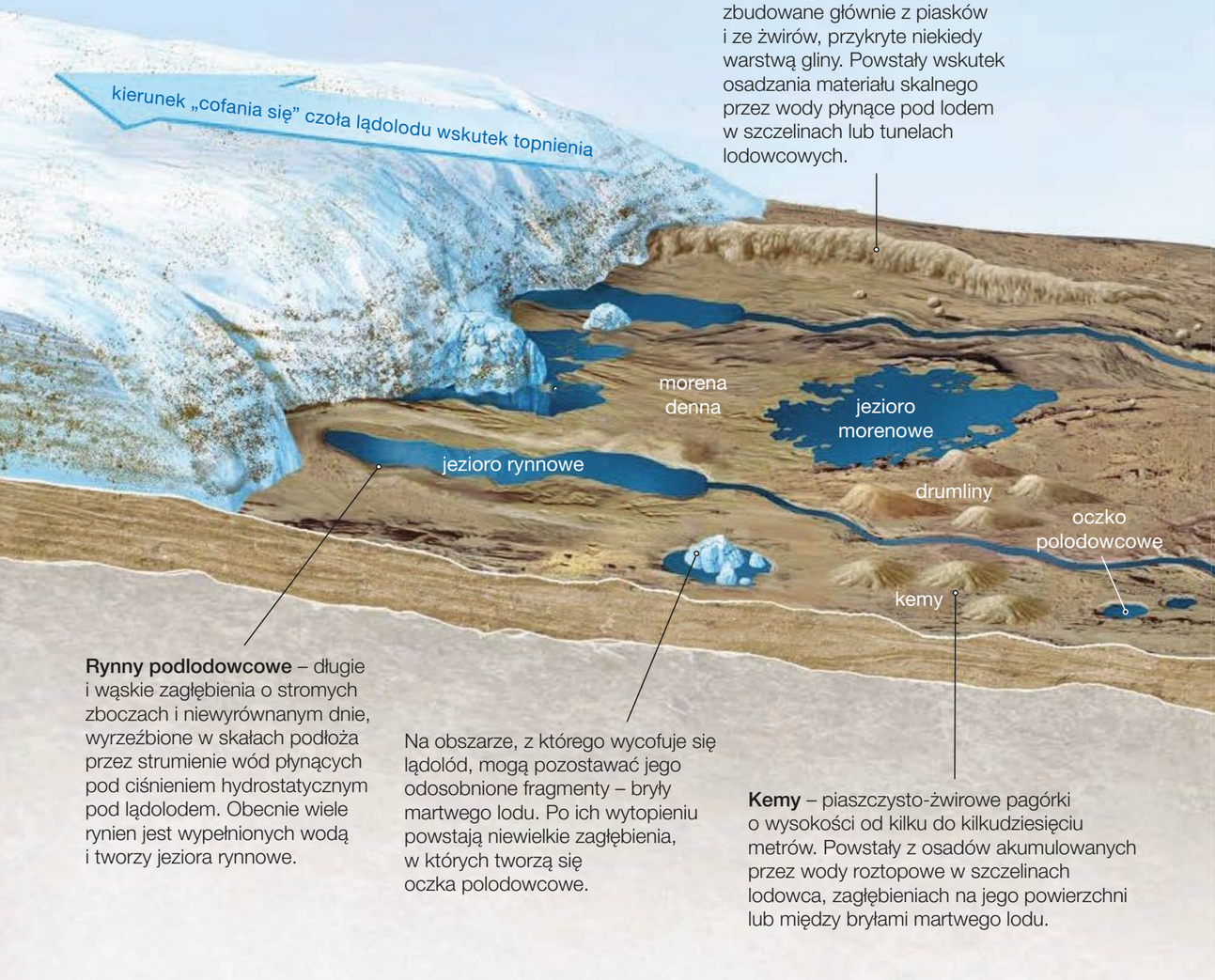
Lądolody, podobnie jak lodowce górskie, niszczą podłoże, a następnie transportują materiał skalny i go osadzają. Duże znaczenie mają również wody, które wypływają z lądolodu i przekształcają rzeźbę terenów znajdujących się daleko przed jego czołem.

OBSZAR PRZED ZLODOWACENIEM



OBSZAR W TRAKCIE ZLODOWACENIA





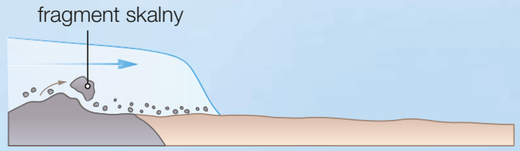
Ozy – długie, wąskie i kręte wały zbudowane głównie z piasków i ze żwirów, przykryte niekiedy warstwą gliny. Powstały wskutek osadzania materiału skalnego przez wody płynące pod lodem w szczelinach lub tunelach lodowcowych.

Rynny podlodowcowe – długie i wąskie zagłębienia o stromych zboczach i niewyrównanym dnie, wyrzeźbione w skałach podłoża przez strumienie wód płynących pod ciśnieniem hydrostatycznym pod lądolodem. Obecnie wiele rynien jest wypełnionych wodą i tworzy jeziora rynnowe.

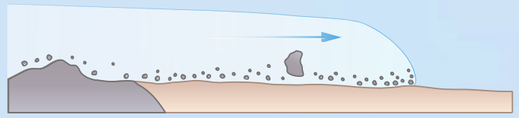
Na obszarze, z którego wycofuje się lądolód, mogą pozostawać jego odosobnione fragmenty – bryły martwego lodu. Po ich wytopieniu powstają niewielkie zagłębienia, w których tworzą się oczka polodowcowe.

Kemy – piaszczysto-żwirowe pagórki o wysokości od kilku do kilkudziesięciu metrów. Powstały z osadów akumulowanych przez wody roztopowe w szczelinach lodowca, zagłębieniach na jego powierzchni lub między bryłami martwego lodu.

POWSTAWANIE GŁAZÓW NARZUTOWYCH



1 Lądolód odrywa od podłoża fragment skalny i włącza go w masę lodową.



2 Fragment skalny może być transportowany wraz z lodem na odległość nawet kilkuset kilometrów.

3 Gdy lądolód się wytapia, fragment skalny zostaje osadzony jako głaz narzutowy.

Formy powstałe w wyniku rzeźbotwórczej działalności lądolodu znajdują się m.in. na północy Ameryki Północnej, Azji i Europy (również w Polsce). Lądolód rozprzestrzenił się na tych obszarach w plejstocenie.

Pradoliny – szerokie doliny biegnące równolegle do czoła lądolodu. Zostały wyżłobione przez wody, które wypływały z lądolodu w trakcie topnienia, oraz przez wody rzek płynących w jego kierunku z obszarów niezlodowaconych.

Sandry – wielkie stożki napływowe (czyli stożki zbudowane z osadów naniesionych przez wody płynące) uformowane ze żwirów i z piasków na przedpolu lądolodu. Czasem łączą się w rozległe równiny sandrowe.

Krajobraz młodoglacjalny i krajobraz staroglacjalny

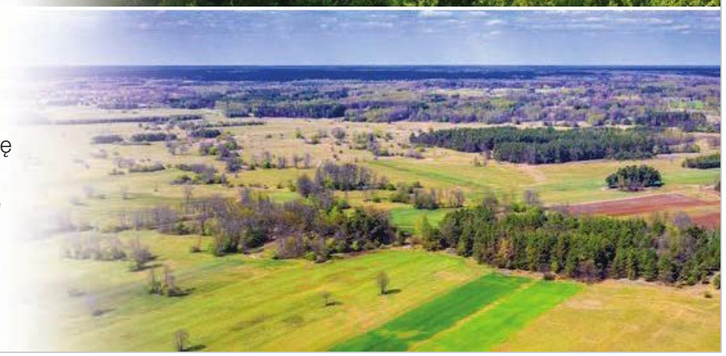
W wyniku działalności lądolodu powstaje krajobraz glacjalny. Jeśli formy utworzone przez lądolód są wyraźne i dobrze zachowane, mówi się o krajobrazie młodoglacjalnym, a jeśli wskutek upływu czasu uległy zniszczeniu (np. moreny czołowe zostały w znacznym stopniu wyrównane, a rynny podlodowcowe zasypane) – o krajobrazie staroglacjalnym.

Krajobraz młodoglacjalny

Przykładem krajobrazu młodoglacjalnego są polskie pojezierza. Zachowały się na nich m.in. wyraźne moreny czołowe o wysokości sięgającej 300 m n.p.m., a liczne rynny podlodowcowe i zagłębienia moreny dennej wypełniły się wodą i stanowią obecnie jeziora.

Krajobraz staroglacjalny

Krajobraz staroglacjalny występuje w Polsce na nizinach rozciągających się na południe od pojezierzy. Z tych obszarów lądolód wycofał się znacznie wcześniej niż z pojezierzy, dlatego misy jezior zostały zasypane osadami, a wzniesienia są znacznie niższe niż w północnej Polsce.



Procesy rzeźbotwórcze zachodzące w sąsiedztwie lodowców

Na obszarach sąsiadujących z lodowcami panuje surowy **klimat peryglacjalny**. W niskiej temperaturze intensywnie zachodzi wietrzenie mrozowe, które sprzyja ruchom masowym na zboczach dolin górskich i prowadzi do powstawania **rumowisk skalnych** (→ wietrzenie mrozowe, s. 247).

Z kolei wiatr wiejący od czoła lądolodu wywiewa drobny, nieutrwalony roślinnością materiał skalny, wskutek czego powstają m.in. **wydmy śródlądowe** i **pokrywy lessowe**. Takie formy występują np. w środkowej i południowej Polsce. Więcej informacji na temat wydm i pokryw lessowych znajduje się w lekcji dotyczącej rzeźbotwórczej działalności wiatru.

Zadania

1. Podaj znaczenie terminów: *detrakcja*, *detersja*, *egzaracja*.
2. Wymień i opisz formy powstające w wyniku niszczącej działalności lodowców górskich.
3. Przedstaw cechy krajobrazu młodoglacjalnego.
4. Wyjaśnij różnice w powstawaniu form glacjalnych i fluwioglacjalnych.

6 Rzeźbotwórcza działalność morza

Ważne na tej lekcji!

- erozyjna i akumulacyjna działalność wód morskich
- formy terenu powstające w wyniku działalności morza
- typy wybrzeży

Kształt wybrzeża, czyli wąskiego pasa na styku lądu z morzem lub oceanem, nieustannie się zmienia. Wynika to z ciągłego oddziaływania fal morskich, pływów oraz prądów przybrzeżnych na brzeg. W efekcie działalności tych czynników powstają formy akumulacyjne i erozyjne.

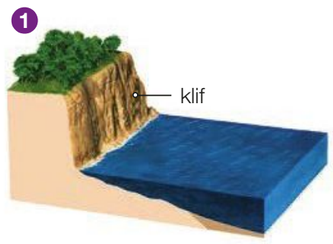
Działalność morza na wybrzeżu wysokim

Na wybrzeżu wysokim obserwuje się głównie erozyjną działalność morza. Fale niszczą brzeg, ponieważ woda dostaje się do szczelin skalnych i rozsadza skały. Oderwany od brzegu materiał skalny jest rozkruszany i przetaczany przez fale, dlatego ściera skalną powierzchnię brzegu i dna. Ogół procesów polegających na niszczeniu brzegu morza przez fale nazywa się **abrazją**. Prowadzi ona do cofania się wysokich brzegów.

Klif z wyraźną niszą abrazyjną.

Cofanie się klifu

Klif to strome, niekiedy pionowe urwisko nadbrzeżne. Jest podcinane przez fale, przez co z czasem obrywa się i cofa.



Klify występują w miejscach, w których powierzchnia terenu znajduje się znacznie wyżej niż poziom morza.

Fale podcinają klif, przez co w jego dolnej części tworzy się zagłębienie – nisza abrazyjna. Unoszony przez wodę materiał skalny ściera dno i je wyrównuje. W efekcie powstaje platforma abrazyjna – powierzchnia lekko nachylona w stronę morza.

Dalsze niszczenie brzegu powoduje, że nawis się obrywa. Fale zabierają materiał skalny i budują platformę akumulacyjną będącą przedłużeniem platformy abrazyjnej. Osadza się na niej drobniejszy materiał naniesiony przez cofające się fale.

Kościół w miejscowości Trzęsacz zbudowano ponad 600 lat temu ok. 2 km od brzegu Morza Bałtyckiego. Cofanie się brzegu sprawiło, że do dziś zachowała się tylko południowa ściana świątyni.

Licząca prawie 100 km długości Mierzeja Kurońska oddziela Zalew Kuroński od otwartego Morza Bałtyckiego. Występujące na niej wydmy osiągają wysokość ponad 50 m.

Na intensywność niszczącej działalności morza wpływają m.in.:

- **siła fal uderzających o brzeg** – jest ona szczególnie duża podczas sztormów, kiedy nacisk fal na 1 m^2 może wynieść nawet 30 t,
- **wysokość fal** – może ona nawet przekraczać 20 m (→ falowanie, s. 154),
- **pływy** – zmiany poziomu wód morskich mogą zmniejszać lub zwiększać zasięg oddziaływania fal (→ pływy, s. 67),
- **rodzaj skał budujących wybrzeże** – różna odporność skał na erozję przyczynia się do nierównomiernego niszczenia wybrzeży.

Działalność morza na wybrzeżu niskim

Wybrzeża niskie są kształtowane przede wszystkim przez:

- prądy przybrzeżne,
- fale morskie.

Prądy przybrzeżne transportują materiał skalny wzdłuż wybrzeża. W wyniku ich akumulacyjnej działalności powstają **mierzeje** – piaszczyste wały odcinające wody zatoki od pełnego morza (np. Mierzeja Wiślana, Mierzeja Łebska). Akwen odcięty mierzeją może się stać zalewem (np. Zalew Wiślany) lub jeziorem przybrzeżnym (np. Łebsko). Mierzeję, która jest przyrośnięta do lądu tylko jednym końcem, nazywa się **kosą** (jest nią np. Mierzeja Helska). Zdarza się, że w czasie silnych sztormów kosy są rozmywane przez fale i przerywane.

Duży udział w kształtowaniu wybrzeży niskich mają **fale**. Unoszą one materiał skalny i osadzają go na brzegu lub w jego sąsiedztwie. Formy terenu powstające w wyniku budującej działalności fal morskich opisano poniżej.

Na wybrzeżach niskich przeważa akumulacyjna działalność fal morskich. Jednak w trakcie największych sztormów fale wdzierają się daleko w głąb plaży. Gdy się cofają, zabierają dużą część budującego ją materiału skalnego i plaża się zmniejsza. W ciągu jednego sztormu fale potrafią zabrać z niewielkiego fragmentu brzegu tysiące ton piasku.

Czy wiesz, że…

Na niektórych obszarach wiatr często zmienia kierunek, a prądy przybrzeżne płyną raz w jedną, raz w drugą stronę. Taka sytuacja występuje np. u wybrzeży chorwackiej wyspy Hvar. Jeden z jej półwyspów – Zlatni Rat zazwyczaj jest skierowany na południe, ale w czasie silnego wiatru jego koniec odchyla się na zachód lub na wschód.

Powstawanie mierzei

Mierzeje powstają na wybrzeżach niskich, wzdłuż których płynie prąd przybrzeżny. Niesie on drobny materiał skalny i osadza go u wylotu zatoki. W ten sposób powstaje wąski piaszczysty półwysep, który ostatecznie odcina zatokę i przekształca ją w zalew lub jezioro przybrzeżne.

Prądy przybrzeżne nieustannie transportują przy dnie drobny materiał skalny.

Załamania linii brzegowej powodują, że prądy przybrzeżne płyną wolniej. Gdy prędkość prądu maleje, następuje akumulacja piasku.

Narastająca mierzeja może odciąć zatokę od otwartego morza. Powstaje wówczas jezioro przybrzeżne.

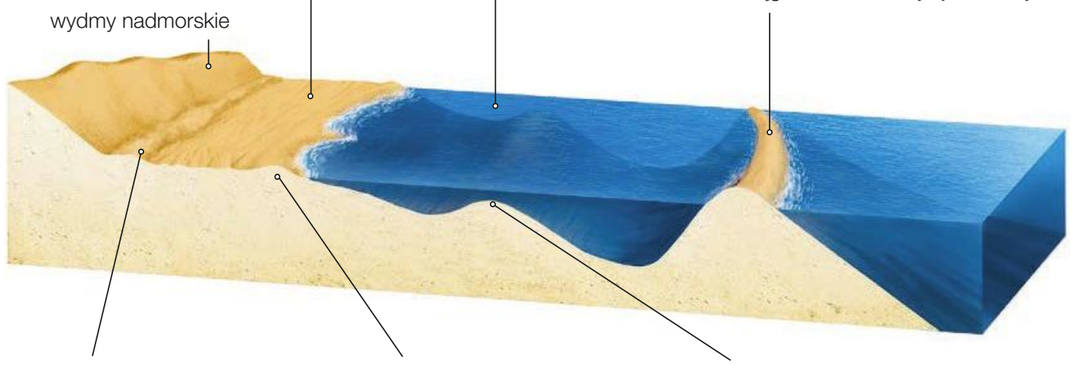
Budowa wybrzeża niskiego

Na wybrzeżach niskich poza plażami mogą występować także inne formy, m.in. laguny, lido, wały burzowe, wały brzegowe i rewy.

Plaża
Płaski, piaszczysty (czasem żwirowy lub kamienisty) odcinek wybrzeża, który powstaje tam, gdzie fale wyrzucają na brzeg więcej materiału, niż zabierają. Kształt i wielkość plaży często się zmieniają.

Laguna
Część morza o niewielkiej głębokości znajdująca się między lido a wybrzeżem.

Lido
Piaszczysty wał wystający niekiedy ponad poziom morza. Powstaje w miejscu, w którym fale zaczynają się załamywać i osadzać niesiony materiał daleko od brzegu (nawet w odległości kilku kilometrów). Zwykle osiąga duże rozmiary i jest trwały.



Wał burzowy
Wał powstający wskutek akumulacji materiału podczas sztormu, gdy fale docierają daleko w głąb plaży.

Wał brzegowy
Wał zbudowany z piasków i ze żwirów gromadzących się w miejscu, do którego sięgają fale. Wysokość wału brzegowego zależy od wysokości fali.

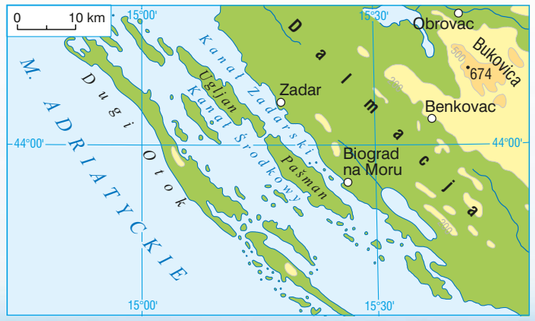
Rewa (wał przybrzeżny, mielizna)
Długi, piaszczysty wał równoległy do wybrzeża. Powstaje w pobliżu brzegu, jest nietrwały i przemieszcza się prostopadle do linii brzegowej.

Typy wybrzeży

Zależnie od rodzaju rzeźbotwórczej działalności fal morskich oraz ukształtowania powierzchni powstają różne typy wybrzeży. Ze względu na genezę najczęściej wyróżnia się wybrzeża: dalmatyńskie, riasowe, fiordowe, szkierowe, limanowe, zalewowo-mierzejowe i lagunowe.

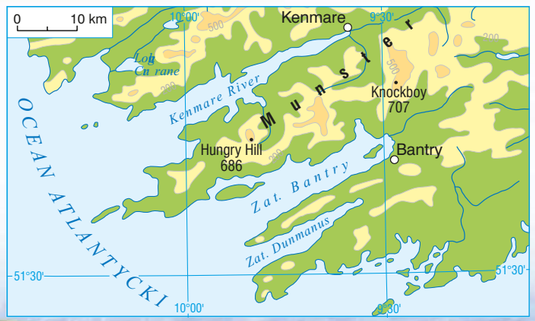
Wybrzeża dalmatyńskie

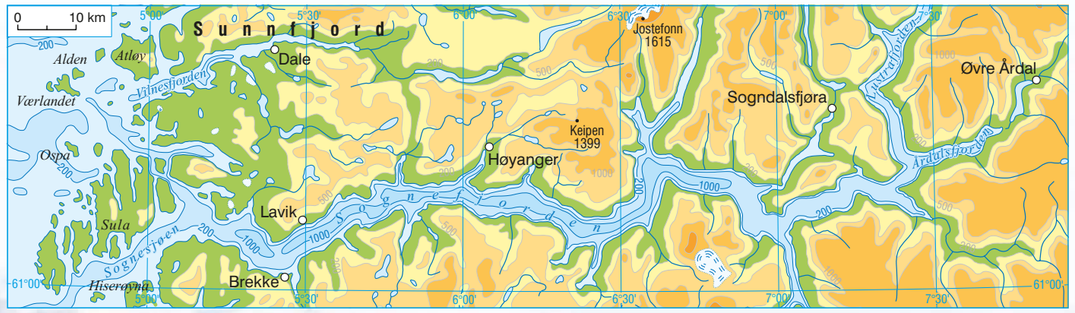
Powstały w wyniku częściowego zalania silnie rozczłonkowanych grzbietów górskich biegnących równolegle do linii brzegowej. Charakteryzują się występowaniem wydłużonych wysp, wąskich półwyspów i zatok ułożonych równolegle do linii brzegowej. Taki typ wybrzeża występuje np. w Chorwacji (fot.).



Wybrzeża riasowe

Powstały, gdy morze zalało doliny górskie o przebiegu prostopadłym do linii brzegowej. W wyniku wkroczenia morza na obszar górski grzbiety gór stały się półwyspami i wyspami, a doliny – zatokami wcinającymi się głęboko w ląd. Tego typu wybrzeża występują m.in. w Irlandii (fot.) i Bretanii.



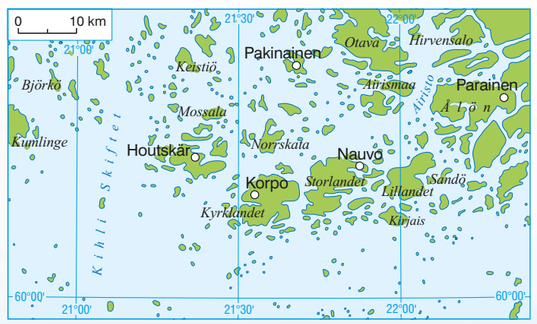


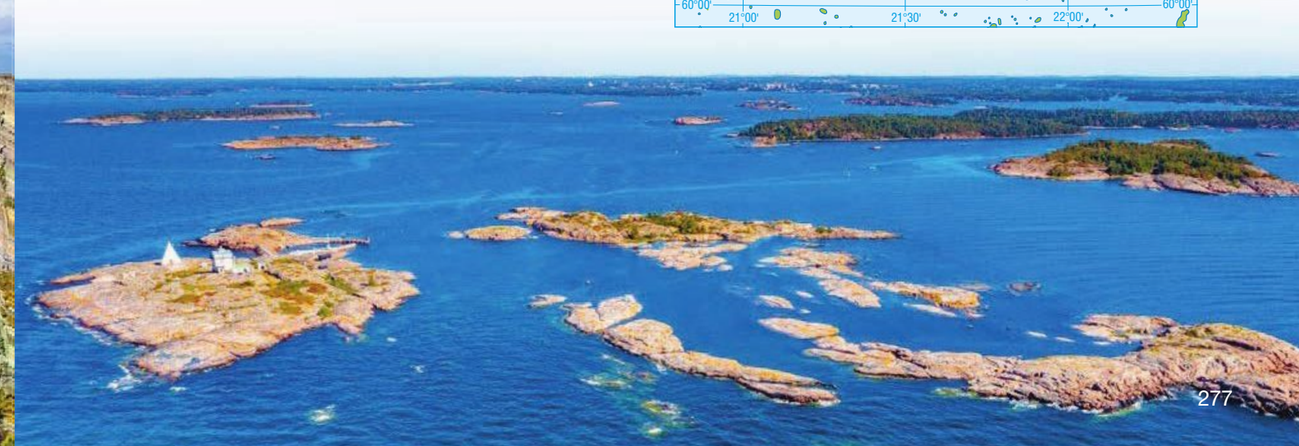
Wybrzeża fiordowe

Powstały w wyniku zalania przez morze dolin polodowcowych. Fiordy, czyli głębokie, kręte, wąskie zatoki, ciągną się niekiedy kilkadziesiąt kilometrów w głąb lądu. Występują np. w Norwegii (fot.), Nowej Zelandii, a także na Grenlandii i w Szkocji.

Wybrzeża szkierowe

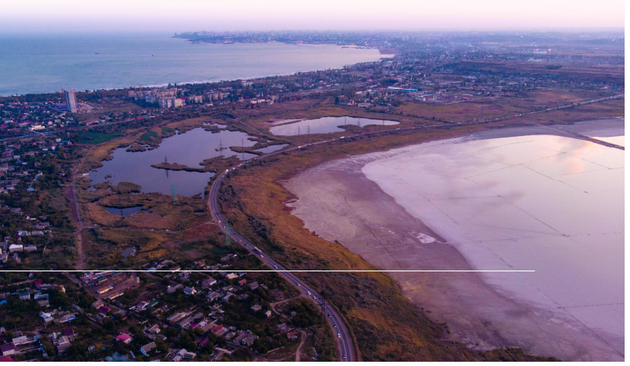
Utworzyły się na skutek zalania przez morze obszaru polodowcowego z licznymi skalistymi pagórkami wygładzonymi przez lądolód. Przykładem wybrzeża szkierowego są Wyspy Alandzkie rozciągające się między Szwecją a Finlandią (fot). Takie wybrzeża nazywa się również wybrzeżami szerowymi.





Wybrzeża limanowe

Zostały utworzone wskutek zalania przez morze wylotów dolin rzecznych odciętych od niego mierzejami lub w wyniku odcięcia piaszczystymi wałami lejkowatych ujść rzek. Tego typu wybrzeże występuje np. w Ukrainie (fot.).

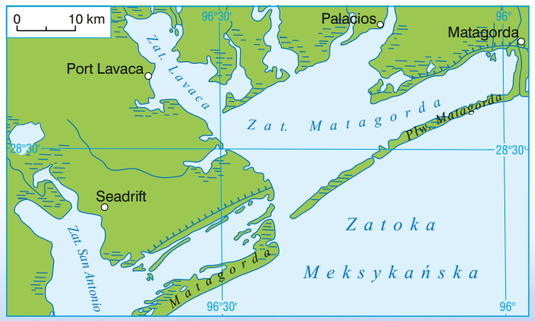


Wybrzeża zalewowo-mierzejowe

Powstały na obszarach o niewielkich pływach na skutek częściowego odcięcia zatoki od otwartego morza oraz akumulacji piaszczystego materiału niesionego przez prądy przybrzeżne. Występują m.in. w południowej części Morza Bałtyckiego (fot.).

Wybrzeża lagunowe

Występują na obszarach o dużej amplitudzie pływów. Tworzą się wskutek usypania lido. Część morza odcięta tym wałem nosi nazwę laguny. Przykładami wybrzeży lagunowych są adriatyckie wybrzeże Włoch oraz wybrzeża Zatoki Meksykańskiej i Morza Karaibskiego (fot.)



Wybrzeża powstałe przy udziale organizmów

Wśród czynników wpływających na budowę wybrzeży należy wymienić także organizmy. Pod wpływem ich działalności powstają:

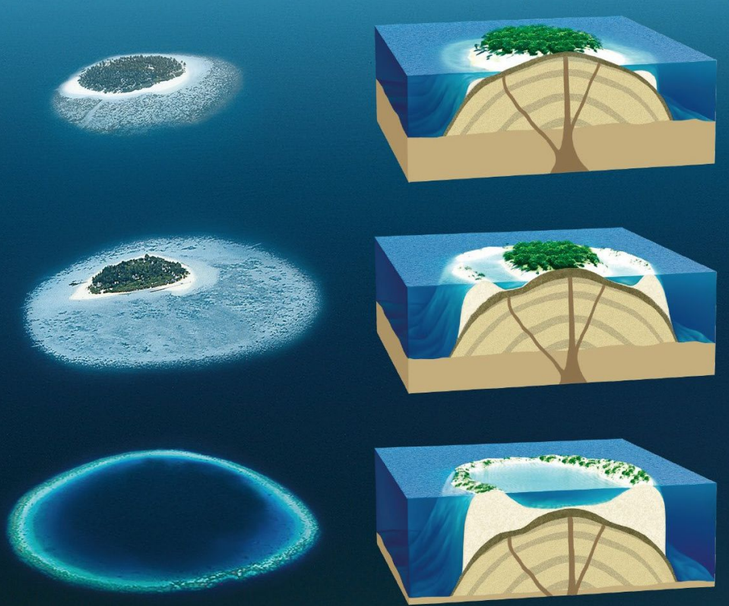
- **wybrzeża namorzynowe** (mangrowe) – porośnięte roślinnością przystosowaną do życia w wodzie słonej i do okresowych zmian poziomu wody;
- **słone bagna** – porośnięte roślinnością słonolubną, występujące z reguły na równinnych fragmentach brzegu okresowo zalewanego i odsłanianego przez pływy;
- **wybrzeża koralowe** – utworzone w wyniku rozwoju koralowców. Wśród tych wybrzeży wyróżnia się rafy przybrzeżne (występujące bezpośrednio przy brzegu), rafy barierowe (oddzielone od brzegu laguną) oraz atole.

Czy wiesz, że…

W lasach namorzynowych drzewa mają charakterystyczne szczudlaste korzenie, które pełnią kilka funkcji. Przede wszystkim zakotwiczają i stabilizują rośliny w luźnym, grząskim podłożu oraz umożliwiają im pobieranie tlenu podczas odpływu. Dzięki tym korzeniom rośliny mogą też pobierać wodę i odfiltrowywać z niej sól.

Powstawanie atolu

Atole to pierścienie raf koralowych, które pozostają na powierzchni po zapadnięciu się niewielkich wysp wulkanicznych. Powstają w ciepłych morzach strefy międzyzwrotnikowej, gdzie rozwojowi raf (podwodnych form utworzonych przez szkielety osiadłych kolonijnych organizmów morskich) sprzyjają wysoka temperatura wód (18–34°C) oraz zasolenie na poziomie 27–38‰.



Wokół wulkanicznej wyspy tworzy się rafa przybrzeżna.

Gdy koralowce się rozrastają, wyspa stopniowo zapada się pod ich ciężarem.

Kiedy wyspa całkowicie się zanurzy, na powierzchni pozostaje jedynie pierścień rafy zwany atolem.

Spojrzenie z bliska

Palce Boga

W północno-wschodniej części Grecji, w okolicy Salonik, leży Półwysep Chalcydycki. Ze względu na charakterystyczny trójpalczasty kształt bywa on nazywany palcami Boga.

Te trzy palce wyciągnięte w stronę Morza Egejskiego to nic innego jak trzy mniejsze półwyspy tworzące Półwysep Chalcydycki: Athos, Sitonia i Kasandra. Odznaczają się one bardzo urozmaiconą linią brzegową – przy niewielkiej powierzchni półwyspów (ok. 3 tys. km^2) jej długość przekracza 500 km, co jest porównywalne z długością całego polskiego wybrzeża. Położony najdalej na wschód półwysep Athos jest najbardziej górzysty i odznacza się największymi wysokościami bezwzględnymi (najwyższy szczyt wznosi się na wysokość 2033 m n.p.m.). Strome stoki gór opadają wprost do morza, dlatego w wielu miejscach występują tam wybrzeża klifowe. Środkowy półwysep, Sitonia, również jest górzysty – wysokości wzniesień przekraczają 600–700 m n.p.m. Dominują tam skaliste brzegi, ale nie brak też piaszczystych i żwirowych plaż. Najdalej na zachód leży półwysep Kasandra. Brzeg jest tam w przeważającej części płaski, bez większych zatok, a plaże są na ogół piaszczyste.

Klify na półwyspie Athos to końcowe fragmenty stoków górskich. W niektórych miejscach mają kilkadziesiąt metrów wysokości.

Zadania

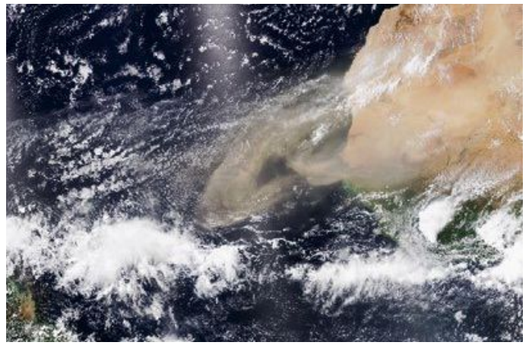
1. Wyjaśnij, na czym polega niszcząca działalność morza.
2. Podaj znaczenie terminów: *klif*, *rewa*, *wał burzowy*, *lido*, *laguna*, *kosa*.
3. Wymień i opisz trzy formy powstałe w wyniku akumulacyjnej działalności morza.
4. Przedstaw proces powstawania atolu.
5. Porównaj wybrzeże fiordowe z wybrzeżem szkierowym.

7 Rzeźbotwórcza działalność wiatru

Ważne na tej lekcji!

- erozyjna, transportowa i akumulacyjna działalność wiatru
- formy terenu powstające w wyniku działalności wiatru

Większość osób zapytanych o to, z czym kojarzy im się wiatr, w odpowiedzi z pewnością nawiązałoby do pogody. Tymczasem wiatr jest także czynnikiem rzeźbotwórczym. Potrafi niszczyć skały, transportować materiał skalny oraz budować z niego różnorodne formy terenu.



Drobny materiał skalny jest czasem przenoszony z Sahary na setki kilometrów. To zjawisko można dostrzec nawet na zdjęciach satelitarnych.

Czynniki warunkujące działalność wiatru

Wiatr kształtuje powierzchnię naszej planety poprzez erozję, transport i akumulację materiału skalnego. Te procesy określa się wspólnym mianem **procesów eolicznych**. Ich intensywność jest uwarunkowana:

- **kierunkiem, częstością występowania oraz prędkością wiatru**, które wpływają na jego siłę transportową (im prędkość wiatru jest większa, tym grubszy jest materiał skalny i na większą odległość może być transportowany);
- **podatnością podłoża na wywiewanie i ścieranie**, która zależy od:
  – wielkości ziaren mineralnych – mniejsze ziarna są bardziej podatne na wywiewanie niż większe,
  – wilgotności podłoża – wilgoć powoduje spojenie ziaren mineralnych, co utrudnia ich wywiewanie,
  – stopnia pokrycia roślinnością – im wyższa i bardziej zwarta roślinność, tym mniejszy wpływ wiatru na podłoże;
- **warunkami klimatycznymi** wpływającymi na rozwój roślinności, a w związku z tym – na intensywność procesów eolicznych;
- **działalnością człowieka**, która może się przyczyniać do zmian intensywności procesów eolicznych.

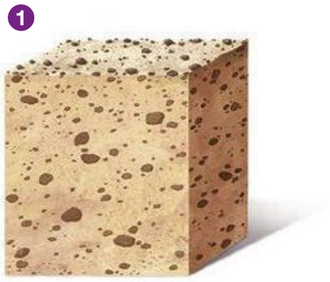
Zależnie od oddziaływania wymienionych czynników wiatr przenosi cząstki mineralne i organiczne na różne odległości i w różny sposób. Widać to na poniższym schemacie.

Transport wiatrowy

pełzanie	saltacja	suspensja
transport najcięższego materiału: toczenie lub przesuwanie go po podłożu	cykliczne odrywanie się materiału skalnego o średnim ciężarze na chwilę od podłoża (skoki)	utrzymywanie się najdrobniejszego materiału (najczęściej pyłu) w powietrzu przez dłuższy czas w formie zawiesiny

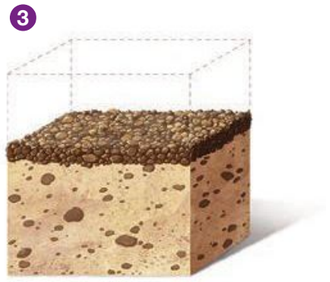
Powstawanie bruku deflacyjnego

Bruk deflacyjny powstaje wtedy, gdy wiatr wywiewa z powierzchniowej warstwy gruntu drobny materiał skalny – pył i piasek.



Pierwotna powierzchnia terenu.

Wywiewanie drobnego materiału skalnego.



Powstanie bruku deflacyjnego.

Niszcząca działalność wiatru

Niszcząca działalność wiatru (erozja eoliczna) obejmuje dwa podstawowe procesy: deflację i korazję. **Deflacja** polega na wywiewaniu cząstek mineralnych z powierzchni zbudowanych ze skał luźnych, np. z piasków. Do form utworzonych w jej wyniku należą:

- **bruk deflacyjny** – pokrywa złożona z większych fragmentów skalnych, grubych żwirów, kamieni i głazów, powstała wskutek wywiewania drobniejszego materiału (piasku i pyłu),
- **misy deflacyjne** (niecki deflacyjne) – rozległe zagłębienia terenu powstałe w wyniku wywiewania dużych ilości piasku i pyłu na obszarach pozbawionych roślinności,
- **ostańce deflacyjne** – pagórki o stromych stokach, które utworzyły się w efekcie nierównomiernego usuwania przez wiatr piasków lub pyłów (o nierównomiernym wywiewaniu decyduje zazwyczaj występowanie płatów roślinności lub skał bardziej odpornych na ten proces).

Korazja to rysowanie, polerowanie, ścieranie i drążenie skał przez twarde ziarna mineralne unoszone przez wiatr. Ten proces zachodzi najintensywniej do ok. 30 cm nad powierzchnią terenu – na tej wysokości wiatr niesie największą ilość materiału. Korazja polega przede wszystkim na modelowaniu istniejących form skalnych.

Dna niektórych mis deflacyjnych, np. na pustyni Namib, są na tyle głębokie, że sięgają poziomu wód gruntowych.

Ostańce deflacyjne występują np. w Słowińskim Parku Narodowym. Niektóre fragmenty terenu zostały tam utrwalone przez roślinność.

Wiele graniaków ma jedną grań rozdzielającą dwie wygładzone powierzchnie. Występują one m.in. na pustyni Mojave.

Ripplemarki, np. na stokach wydm na pustyni Namib, są ułożone prostopadle do kierunku wiania wiatru i mają kilka centymetrów wysokości.

W wyniku korazji powstają różne formy terenu. Można wśród nich wymienić:

- **graniaki wiatrowe** – głazy i okruchy skalne o ściętych, wypolerowanych powierzchniach i wyraźnie zaznaczonych krawędziach (graniach), powstające wskutek szlifowania i ścierania skały ziarnami mineralnymi niesionymi przez wiatr,
- **grzyby skalne** – pojedyncze skałki o kształcie zbliżonym do grzyba (wąskie przy podstawie i rozszerzające się ku górze), które powstają w wyniku silniejszego niszczenia ich dolnych części,
- **bruzdy korazyjne** – wąskie i podłużne zagłębienia oddzielone od siebie ostrymi grzbietami skalnymi o stromych stokach – jardangami.

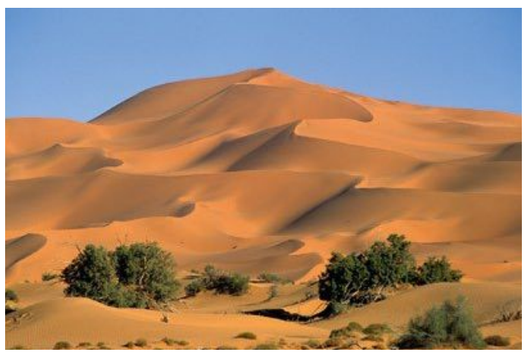
Budująca działalność wiatru (akumulacja eoliczna)

Gdy siła transportowa wiatru maleje, niesiony przez niego materiał skalny się osadza. Akumulacja następuje m.in. w obniżeniach terenu i za wszelkimi przeszkodami (np. głazami, pagórkami, krzewami). Wskutek budującej działalności wiatru powstają też takie formy, jak:

- **ripplemarki** (zmarszczki eoliczne) – drobne piaszczyste grzbiety rozdzielone niewielkimi równoległymi obniżeniami,
- **wydmy** – piaszczyste wzniesienia, które zostały usypane przez wiatr i których stoki dowietrzne są łagodnie nachylone, a zawietrzne – strome.

Informacje dotyczące powstawania wydm oraz ich rodzajów znajdują się na s. 284.

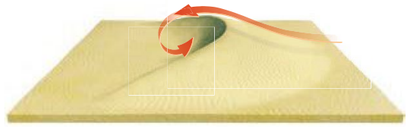
Grzyby skalne, np. na Pustyni Zachodniej w Egipcie, mają wąską podstawę, gdyż korazja najintensywniej zachodzi tuż przy powierzchni ziemi.



Wydmy na Saharze, we wschodniej Algierii, mają 5 km długości i ponad 450 m wysokości. To najwyższe wydmy w Afryce.

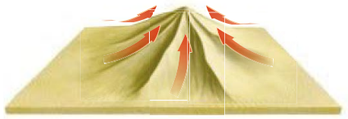
Rodzaje wydm

Wydmy tworzą się na pustyniach pokrytych piaskiem, na piaszczystych wybrzeżach morskich, a czasem – również na szerokich terasach rzecznych. Zależnie od kierunku i siły wiatru, ilości piasku, wilgotności oraz występowania roślin powstają różne rodzaje wydm.

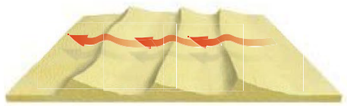


Barchany to wydmy w kształcie sierpów. Powstają na obszarach pustynnych pozbawionych roślinności, gdzie wiatr wieje przeważnie z jednego kierunku i ma umiarkowaną siłę. Ramiona tych wydm są zwrócone zgodnie z kierunkiem wiania wiatru i poruszają się szybciej niż ich środkowe części, ponieważ zawierają mniej materiału.

Wydmy paraboliczne tworzą się na obszarach, gdzie klimat umożliwia rozwój skąpej roślinności, np. na terenach nadmorskich. Ramiona tych wydm, unieruchomione przez roślinność lub zespolone wilgocią, poruszają się wolniej niż ich środkowe części i są zwrócone w stronę przeciwną do kierunku wiania wiatru.



Wydmy gwiaździste powstają tam, gdzie kierunek wiatru często się zmienia.



Wydmy poprzeczne mają kształt wałów ustawionych poprzecznie do kierunku wiania wiatru.

Wydmy podłużne mają kształt wałów ułożonych zgodnie z kierunkiem wiania wiatru.

? *Sprawdź w dodatkowych źródłach, gdzie najbliżej Twojej szkoły występują wydmy.*

Pokrywy lessowe

W efekcie działalności wiatru mogą powstawać rozległe **pokrywy lessowe**. Tworzą się one wtedy, gdy drobny pył przenoszony z obszarów pozbawionych roślinności, takich jak pustynie, półpustynie i niecki wyschniętych jezior, jest wywiewany na znaczne odległości, a następnie – osadzany. Zwarte pokrywy lessowe występują m.in. na północ i na południe od Sahary oraz we wschodniej części Chin (Wyżyna Lessowa).

Pokrywy lessowe znajdują się także w Ameryce Północnej (Wielkie Równiny) oraz w Europie, gdzie ciągną się od Wielkiej Brytanii przez Niemcy, Polskę, aż do Morza Czarnego i dalej w głąb Azji Środkowej. Ich powstanie wiąże się jednak z wywiewaniem pyłu ze strefy intensywnego wietrzenia mrozowego, która w plejstocenie znajdowała się na przedpolu lądolodu.

Czy wiesz, że…

Pokrywy lessowe są wyjątkowo podatne na erozję i odznaczają się bardzo urozmaiconą rzeźbą. Na przykład na Wyżynie Lessowej w Chinach występują rozbudowane systemy głębokich wąwozów i parowów, ponad którymi górują strome zbocza osiągające nawet kilkadziesiąt metrów wysokości.

Rodzaje pustyń

Rzeźbotwórczą działalność wiatru najlepiej widać na pustyniach. Są to obszary niemal zupełnie pozbawione roślinności, których klimat cechują niska wilgotność powietrza, niewielka roczna suma opadów atmosferycznych oraz znaczne dobowe i roczne wahania temperatury powietrza. Obecnie pustynie zajmują ok. 19% powierzchni lądów, ale ich zasięg zmienia się wraz ze zmianami klimatu. Pustynie dzieli się ze względu na występujący na nich materiał skalny.

Pustynia kamienista (hamada)

To obszar pozbawiony roślinności i gleby, na którym znajdują się nagie skały formowane przez wiatr, wietrzenie mechaniczne i ruchy masowe. Takie pustynie są typowe dla Azji Środkowej, Wyżyny Irańskiej oraz Sahary.

Pustynia żwirowa (serir)

Jest zbudowana ze żwirów oraz z dużych ziaren piasku. Tego typu pustynie występują zazwyczaj na przedpolu gór i płaskowyżów w Azji Środkowej, na Saharze, Półwyspie Arabskim oraz w Australii.

Pustynia ilasta

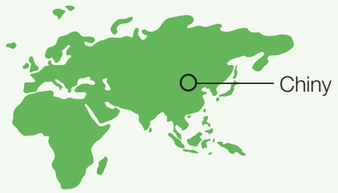
Stanowi powierzchnię pokrytą stwardniałym, spękanym iłem. Po obfitych opadach zmienia się okresowo w grząskie błoto lub jezioro. W Ameryce Północnej tego typu pustynie noszą nazwę *playa*, a w Azji Środkowej – *takyr*.

Pustynia piaszczysta (erg)

Charakteryzują ją wyraźnie ukształtowane wydmy. Do tego typu pustyń należą Wielki Erg Wschodni i Wielki Erg Zachodni (Sahara), Ar-Rab al-Chali (Półwysep Arabski) oraz Kara-kum (Azja Środkowa).

Spojrzenie z bliska

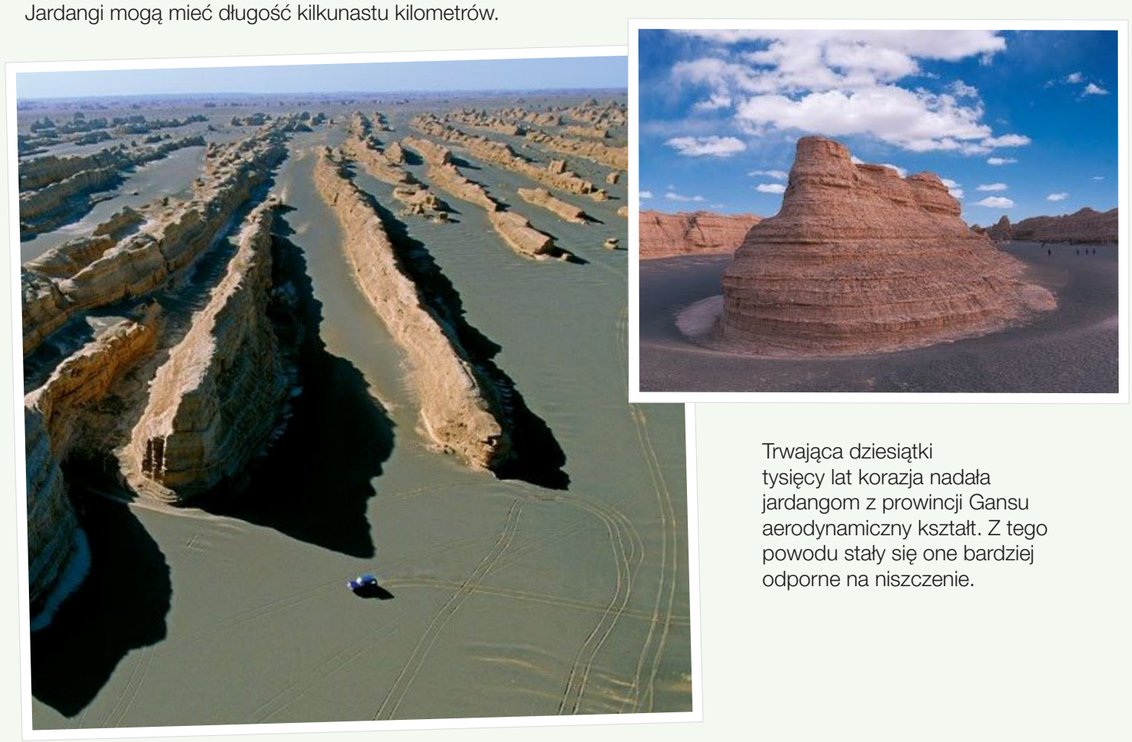
Gigantyczne jardangi



Jardangi to długie, równolegle ułożone grzbiety skalne, które liczą od kilku do kilkudziesięciu metrów wysokości. Między jardangami znajdują się wąskie, podłużne zagłębienia – bruzdy i rynny korazyjne.

Nazwa *jardangi* wywodzi się z języka mieszkańców centralnej Azji, Ujgurów, i oznacza ‘strome góry’ lub ‘wyspy’. Gigantyczne jardangi występują np. w północno-zachodniej części Chin, w prowincji Gansu, która leży między górami Qilian Shan a pustynią Gobi. Zostały one wyżłobione w mało zwięzłych skałach lessowych przez wiatry niosące ogromne ilości ziaren piasku z pustyni Gobi. Piasek szlifuje i poleruje ściany jardangów oraz pogłębia rozdzielające je bruzdy korazyjne. W ciągu tysiąca lat unoszone przez wiatr drobiny piasku mogą zedrzeć nawet 20 m osadu.

Jardangi mogą mieć długość kilkunastu kilometrów.



Trwająca dziesiątki tysięcy lat korazja nadała jardangom z prowincji Gansu aerodynamiczny kształt. Z tego powodu stały się one bardziej odporne na niszczenie.

Zadania

1. Wymień czynniki wpływające na intensywność rzeźbotwórczej działalności wiatru.
2. Podaj znaczenie terminów: *deflacja*, *graniak*, *jardang*, *erg*.
3. Wyjaśnij, jak powstają grzyby skalne.
4. Sporządź w zeszycie tabelę, w której porównasz wydmę paraboliczną z barchanem.

Podsumowanie

- **Procesy egzogeniczne** (zewnętrzne) to procesy rzeźbotwórcze, które oddziałują na skorupę ziemską z zewnątrz. Należą do nich:
  - **wietrzenie** (rozkład chemiczny skał lub ich rozpad na mniejsze fragmenty),
  - **ruchy masowe** (grawitacyjne przemieszczanie się skał po stoku),
  - **erozja** (niszczenie skał przez wodę, wiatr i lodowce),
  - **transport** materiału skalnego,
  - **akumulacja** (osadzanie materiału skalnego przez wodę, wiatr i lodowce).
- **Wietrzenie mechaniczne** (fizyczne) polega na rozpadzie skał na mniejsze fragmenty bez zmiany ich składu chemicznego.

Rodzaje wietrzenia mechanicznego

Wietrzenie	Charakterystyka
solne	rozsadzanie skały wskutek pęcznienia kryształów soli w szczelinach i porach skalnych
mrozowe	rozpad blokowy skały spowodowany częstym zamarzaniem i rozmarzaniem wody w szczelinach skalnych
termiczne	rozpad ziarnisty skały spowodowany zmianami objętości minerałów wskutek ich naprzemiennego nagrzewania się i ochładzania
ilaste	rozpad skał zawierających dużo minerałów ilastych spowodowany ich pęcznieniem i kurczeniem się wskutek zmian wilgotności

- **Wietrzenie chemiczne** polega na zmianie składu chemicznego skał pod wpływem wody i rozpuszczonych w niej związków chemicznych. Zachodzi głównie na skutek rozpuszczania, utleniania, uwadniania i uwęglanowienia.
- Czasem wyróżnia się także **wietrzenie biologiczne**, które jest efektem aktywności życiowej organizmów.
- **Przyczyną ruchów masowych** mogą być procesy:
  - naturalne, np. wietrzenie, nasiąknięcie zwietrzeliny wodą, trzęsienie ziemi,
  - antropogeniczne, m.in. podcięcie stoku lub nadmierne obciążenie go zabudową, wycinka drzew, nieodpowiednia orka.
- Budowa geologiczna podłoża, rzeźba terenu i ruchy masowe istotnie wpływają na gospodarowanie oraz rozwój infrastruktury na danym obszarze, np. na budowę dróg i budynków. Aby **zapobiegać ruchom masowym lub minimalizować ich następstwa**, stabilizuje się stoki (np. poprzez nasadzanie roślinności) i zabezpiecza budowle (np. osłania się je palisadami).
- **Krasowienie** polega na rozpuszczaniu skał przez wodę zawierającą dwutlenek węgla. Zachodzi głównie w skałach węglanowych (np. wapieniach), ale podlegają mu też skały siarczanowe (np. gips) i skały chlorkowe (np. sól kamienna).
- **Intensywność krasowienia** zależy głównie od ilości wody opadowej i dwutlenku węgla rozpuszczonego w wodzie, od temperatury wody, rodzaju skały, pokrywy roślinnej i glebowej oraz ukształtowania powierzchni.

Rodzaje ruchów masowych

odpadanie	obrywanie	osuwanie	spływanie	spełzywanie
odrywanie się pojedynczych okruchów skalnych od ściany skalnej i ich swobodne spadanie, prowadzące do formowania się żlebów i stożków usypiskowych	odrywanie się od ściany skalnej dużych mas skalnych i ich swobodne spadanie skutkujące powstaniem blokowiska skalnego	gwałtowne zsuwanie się zwietrzeliny lub luźnych skał w dół stoku, skutkujące utworzeniem się niszy osuwiskowej i jęzora osuwiskowego	przemieszczanie się przesiąkniętej wodą i przemieszanej zwietrzeliny w dół stoku	powolne przesuwanie się zwietrzeliny w dół stoku o stosunkowo niewielkim nachyleniu

Wybrane formy krasu powierzchniowego

Nazwa	Charakterystyka
Żłobki krasowe	podłużne zagłębienia na powierzchni skał wyżłobione przez spływającą wodę opadową
Leje krasowe	okrągłe zagłębienia terenu powstałe wskutek rozpuszczania skał na powierzchni lub zapadania się podziemnych pustek
Uwały	formy powstałe z połączenia kilku lejów krasowych
Polja	kotliny krasowe o płaskich dnach i stromych zboczach
Ostańce krasowe	wzniesienia i skałki wznoszące się ponad powierzchnię zrównaną przez procesy krasowe
Kaniony krasowe	głębokie doliny rzeczne o stromych zboczach

- **Wywierzysko** to źródło o dużej wydajności, którym podziemny ciek krasowy wypływa na powierzchnię. Z kolei miejsce, w którym ciek przedostaje się pod powierzchnię ziemi, jest nazywane **ponorem**.
- **Jaskinie** to podziemne pustki o rozmiarach umożliwiających eksplorację. Występują w nich nacieki powstałe w wyniku wytrącania się węglanu wapnia z wody, w której został on wcześniej rozpuszczony, np.:
  - **stalaktyty** (zwisające ze stropu jaskini),
  - **stalagmity** (formujące się na jej dnie),
  - **stalagnaty** (powstałe z połączenia stalaktytu i stalagmitu),
  - **draperie** (mające kształt zasłon),
  - **misy martwicowe** (niecki na dnie jaskini).
- W budowie doliny rzecznej wyróżnia się m.in.:
  - **koryto** – zagłębienie, którym płynie woda,
  - **terasy** – płaskie fragmenty doliny rzecznej,
  - **łożysko** – część doliny rzecznej obejmująca koryto rzeki i terasy zalewowe.
- **Baza erozyjna** to głębokość, do której rzeka może niszczyć podłoże.
- **Erozja wsteczna** może zachodzić w obrębie:
  - wodospadu – wówczas wodospad się cofa,
  - źródła – gdy źródło cieku wodnego się cofa, może dojść do **kaptażu** (rzeka przecina dział wodny i przejmuje inną rzekę o mniejszej sile erozyjnej).
- **Przełomy rzeczne** to odcinki doliny o stromych zboczach położone między odcinkami o zboczach łagodnie nachylonych. Wyróżnia się m.in. przełomy:
  - **epigenetyczne**, które powstają wtedy, gdy rzeka stopniowo pogłębia swoją dolinę, wycinając ją jednocześnie w bardziej odpornych skałach i przykrywających je osadach,
  - **antecedentne**, tworzące się wtedy, gdy na obszarze, przez który płynie rzeka, powoli wypiętrzają się góry,
  - **odziedziczone**, powstające w miejscu, w którym wody roztopowe wypływające z lądolodu przecinały dawniej wał moreny czołowej.

Rodzaje ujść rzecznych

delta	estuarium (ujście lejkowate)
Tworzy się tam, gdzie morze, do którego uchodzi rzeka, jest płytkie i nie występują w nim silne prądy przybrzeżne. Rzeka przynosi więcej materiału niż usuwają fale i prądy przybrzeżne.	Powstaje wtedy, gdy rzeka uchodzi do morza, w którym dno dość stromo opada i w którym występują duże pływy lub prądy przybrzeżne niepozwalające na akumulację osadów rzecznych.

- **Delta wsteczna** powstaje w lagunie lub zalewie i narasta w kierunku przeciwnym do spływu wód rzecznych. Tworzy się w wyniku akumulacji materiału nanoszonego podczas sztormów.

Biegi rzeki

bieg górny	bieg środkowy	bieg dolny
Rzeka ma duży spadek, płynie szybko i transportuje materiał większych frakcji. W wyniku erozji wgłębnej powstaje V-kształtna dolina rzeczna.	Rzeka ma mniejszy spadek, niesie drobniejszy materiał i akumuluje go. Wskutek erozji bocznej powstają meandry (zakola rzeczne) i starorzecza.	Rzeka ma mały spadek. Niesie dużo wody, a jej koryto jest szerokie, ale dość płytkie. Zachodzi głównie akumulacja materiału – powstają łachy śródkorytowe.

Formy glacjalne

Formy		Charakterystyka
erozyjne	wygłady lodowcowe	Powierzchnie skał wyszlifowane w wyniku detersji.
	dolina U-kształtna	Dolina o płaskim dnie i stromych zboczach, powstała w wyniku erozyjnej działalności jęzora lodowca górskiego.
	dolina zawieszona	Dolina boczna, której dno znajduje się wyżej niż dno doliny głównej.
	kocioł lodowcowy (kar, cyrk)	Nieckowate zagłębienie otoczone z trzech stron stromymi ścianami skalnymi, utworzone w obrębie pola firnowego lodowca górskiego.
	baraniec (muton)	Pagórek wygładzony przez lodowiec. Ma jeden stok łagodny, a drugi – stromy.
akumulacyjne	morena denna	Płaska lub falista powierzchnia zbudowana z osadów, które wytopiły się z lodowca podczas jego wycofywania się.
	morena czołowa	Wał powstający przed czołem lodowca z materiału skalnego wytopionego podczas jego postoju.
	morena boczna	Wał osadów morenowych biegnący wzdłuż zboczy doliny, utworzony wskutek wytapiania się materiału skalnego na bokach jęzora lodowcowego.
	morena środkowa	Wał osadów morenowych biegnący środkiem dawniej zlodowaconej doliny, który tworzy się z połączenia wałów moren bocznych dwóch jęzorów lodowcowych.
	drumliny	Niewielkie wzgórza o obłym kształcie zbudowane z gliny, piasków oraz ze żwirów.
	głazy narzutowe (eratyki)	Duże bloki skalne przetransportowane przez lądolód z odległych obszarów.

- Wyróżnia się trzy rodzaje **erozji lodowcowej**:
  - detrakcję, polegającą na wyrywaniu z podłoża okruchów skalnych,
  - detersję, czyli wygładzanie i polerowanie podłoża skalnego przez fragmenty skalne znajdujące się w lodowcu,
  - egzarację, oznaczającą deformowanie podłoża i przesuwanie niezespojonych skał.
- **Morena** to materiał skalny transportowany przez lodowiec. Ten materiał pochodzi z niszczenia podłoża lub opada na powierzchnię lodowca w wyniku wietrzenia i ruchów masowych zachodzących na zboczach górskich dolin.
- **Formy fluwioglacjalne** (wodnolodowcowe) powstają w wyniku rzeźbotwórczej działalności wód roztopowych. Należą do nich:
  - **rynny podlodowcowe** – długie i wąskie zagłębienia wyrzeźbione w skałach podłoża przez strumienie wód płynących pod lądolodem,
  - **pradoliny** – szerokie doliny biegnące równolegle do czoła lądolodu, wyżłobione w dużej mierze przez wypływające z niego wody,
  - **sandry** – wielkie stożki napływowe powstałe na przedpolu lądolodu ze żwirów i z piasków,
  - **kemy** – piaszczysto-żwirowe pagórki powstałe z osadów, które gromadziły się w szczelinach lodowca, na jego powierzchni lub w zagłębieniach między bryłami martwego lodu.
  - **ozy** – długie, wąskie i kręte wały zbudowane z materiału osadzonego przez wody płynące pod lodem.

Krajobraz glacjalny

krajobraz młodoglacjalny	krajobraz staroglacjalny
Formy utworzone przez lodowce są dobrze zachowane.	Formy utworzone przez lodowce uległy zniszczeniu.
W Polsce przykładem są pojezierza, gdzie wzgórza moren czołowych przekraczają 300 m n.p.m. i gdzie występują liczne jeziora.	W Polsce są to niziny leżące na południe od pojezierzy. Misy jezior zostały tam zasypane osadami, a wzniesienia są niższe niż w północnej Polsce.

- **Abrazja** to ogół procesów polegających na niszczeniu brzegu morza przez fale.
- **Klif** to strome, niekiedy pionowe urwisko nadbrzeżne. W wyniku podcinania przez fale w dolnej jego części powstaje zagłębienie – nisza abrazyjna. Gdy nawis skalny się obrywa, klif się cofa.

Typy wybrzeży

Wybrzeża	Charakterystyka
fiordowe	Charakterystyczne dla nich są fiordy – głębokie i długie zatoki powstałe w wyniku zalania przez morze dolin polodowcowych.
szkierowe	Składają się z wielu skalistych wysepek powstałych wskutek zalania przez morze obszaru polodowcowego z licznymi skalistymi pagórkami.
riasowe	Charakterystyczne dla nich są zatoki wcinające się głęboko w ląd, powstałe wskutek zalania dolin górskich o przebiegu prostopadłym do linii brzegowej.
dalmatyńskie	Odznaczają się występowaniem wielu długich wysp, które powstały w wyniku częściowego zalania grzbietów górskich biegnących równolegle do linii brzegowej.
limanowe	Zostały utworzone wskutek zalania przez morze wylotów dolin rzecznych odciętych od niego mierzejami lub w wyniku odcięcia piaszczystymi wałami lejkowatych ujść rzek.
lagunowe	Tworzą się na obszarach o dużej amplitudzie pływów wskutek usypania lido i odcięcia nim części morza – laguny.
zalewowo- -mierzejowe	Tworzą się w miejscach, gdzie wskutek działania prądów przybrzeżnych powstają mierzeje odcinające zatoki od pełnego morza.

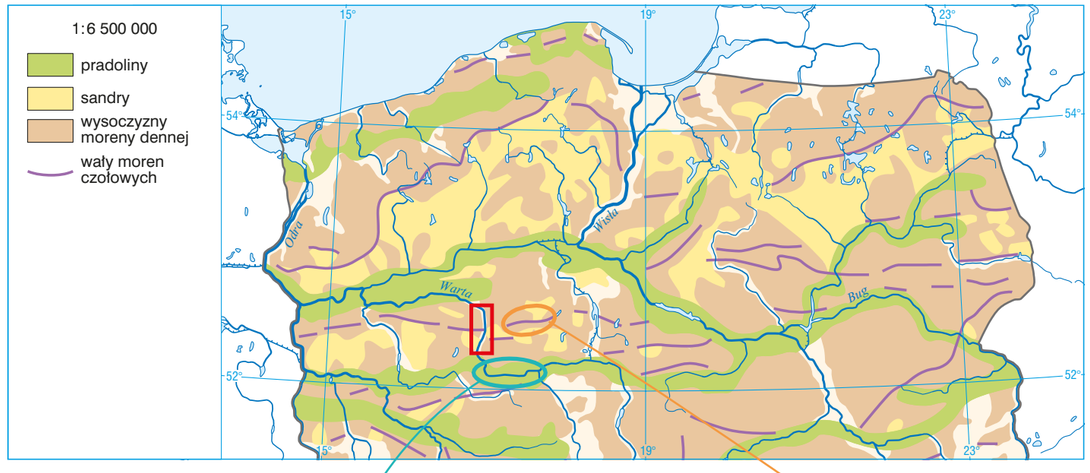
- **Mierzeja** to piaszczysty wał odcinający wody zatoki od pełnego morza. Powstaje w wyniku akumulacji drobnego materiału skalnego przenoszonego przez prąd przybrzeżny.
- **Plaża** to płaski, piaszczysty (czasem żwirowy lub kamienisty) odcinek wybrzeża, który powstaje tam, gdzie fale wyrzucają na brzeg więcej materiału, niż zabierają.
- Wybrzeża mogą powstawać przy udziale organizmów. Należą do nich m.in.:
  - **wybrzeża namorzynowe** (mangrowe) – porośnięte roślinnością przystosowaną do życia w wodzie słonej oraz do okresowych zmian poziomu wody,
  - **słone bagna** – porośnięte roślinnością słonolubną występującą na równinach okresowo zalewanych przez pływy,
  - **wybrzeża koralowe** – powstałe w wyniku rozwoju koralowców.
- **Deflacja** polega na wywiewaniu drobnego materiału skalnego z powierzchni zbudowanych ze skał luźnych, np. z piasków. W wyniku tego procesu powstają m.in.:
  - **bruk deflacyjny** – pokrywa złożona z większych fragmentów skalnych, utworzona wskutek wywiewania drobniejszego materiału,
  - **misy deflacyjne** – rozległe zagłębienia terenu powstałe w wyniku wywiewania dużych ilości piasku i pyłu,
  - **ostańce deflacyjne** – pagórki o stromych stokach, które utworzyły się w efekcie nierównomiernego wywiewania piasków lub pyłów.
- **Korazja** to rysowanie, polerowanie, ścieranie i drążenie skał przez twarde ziarna mineralne unoszone przez wiatr. W jej efekcie tworzą się m.in.:
  - **graniaki wiatrowe** – okruchy skalne o ściętych, wypolerowanych powierzchniach,
  - **grzyby skalne** – pojedyncze skałki o kształcie zbliżonym do grzyba, które powstają w wyniku silniejszego niszczenia ich dolnych części,
  - **bruzdy korazyjne** – wąskie i podłużne zagłębienia oddzielone od siebie ostrymi grzbietami skalnymi – jardangami.
- Do form powstałych wskutek **akumulacji eolicznej** należą:
  - **ripplemarki** (zmarszczki eoliczne) – drobne piaszczyste grzbiety o przebiegu prostopadłym do kierunku wiatru,
  - **wydmy** – piaszczyste wzniesienia usypane przez wiatr.
- Najważniejsze rodzaje wydm to:
  - **barchany**, których ramiona są zwrócone zgodnie z kierunkiem wiania wiatru i poruszają się szybciej niż ich środkowe części, ponieważ zawierają mniej materiału,
  - **wydmy paraboliczne**, których ramiona są zwrócone przeciwnie do kierunku wiatru, gdyż zostały unieruchomione przez roślinność lub zespolone wilgocią i poruszają się wolniej niż środek wydmy.
- **Pustynie** to obszary niemal zupełnie pozbawione roślinności, o bardzo małej rocznej sumie opadów atmosferycznych.

Sposób na zadania

Przykład 1. (0–1)

Na mapie przedstawiono formy glacjalne występujące w północnej Polsce oraz zaznaczono Poznański Przełom Warty – przykład przełomu odziedziczonego.

Przełomy odziedziczone to te odcinki dolin współczesnych rzek, w których wody roztopowe wypływające z lądolodu przecinały dawniej wały moren czołowych.



Zauważ, że Warta przed odcinkiem, w którym znajduje się przełom, płynie pradoliną (szeroką doliną biegnącą równolegle do czoła lądolodu, wyżłobioną m.in. przez wypływające z niego wody).

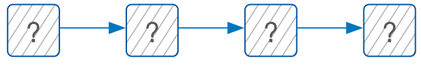
Na mapie widać, że na wschód i na zachód od przełomu rzecznego ciągną się wały moren czołowych. Świadczą one o tym, że przez dłuższy czas znajdowało się tam czoło lądolodu.

Polecenie *uszereguj* wymaga ułożenia elementów wymienionych w poleceniu (np. wydarzeń, obiektów) w określonym porządku. Zazwyczaj należy odzwierciedlić chronologię wydarzeń lub ułożyć ciąg przyczynowo-skutkowy. Szeregowanie może dotyczyć również innych aspektów, np. położenia geograficznego obiektów lub ich cech.

W zadaniach wymagających szeregowania często trzeba również wyselekcjonować informacje. Ponieważ w tym zadaniu wymieniono pięć wydarzeń, a na schemacie są tylko cztery miejsca, należy wykluczyć jedno wydarzenie. Oznaczono je literą C (w trakcie ruchów górotwórczych powstawały przełomy antecedentne, a nie odziedziczone).

Spośród wymienionych wydarzeń wybierz te, które doprowadziły do powstania Poznańskiego Przełomu Warty. Następnie uszereguj je w kolejności od najstarszego do najmłodszego. Wpisz litery w odpowiednich miejscach schematu.

A. Regresja lądolodu.
B. Transgresja lądolodu.
C. Wcinanie się rzeki w podłoże podczas orogenezy alpejskiej.
D. Stagnacja lądolodu – powstanie wału moreny czołowej i rozcięcie go wodami roztopowymi.
E. Wykorzystanie i pogłębienie rynny, którą wyżłobiły wody roztopowe, przez rzekę płynącą na północny zachód.



Odpowiedź:

B – D – A – E

Zadanie analogiczne

WYKONAJ W ZESZYCIE

Zadanie 1. (0–1)

Na mapie południowej części Półwyspu Skandynawskiego zaznaczono fragment wybrzeża.

Spośród wymienionych wydarzeń wybierz te, które doprowadziły do powstania zaznaczonego fragmentu wybrzeża. Następnie uszereguj je w kolejności od najstarszego do najmłodszego. Wpisz litery w odpowiednich miejscach schematu.

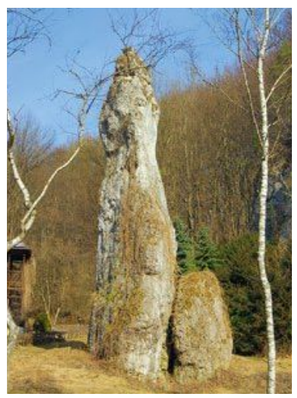
A. Regresja lodowców.
B. Transgresja morska.
C. Wietrzenie chemiczne i powstanie kanionów krasowych.
D. Transgresja lodowców i ukształtowanie dolin U-kształtnych.
E. Ukształtowanie dolin V-kształtnych wskutek erozji rzecznej.

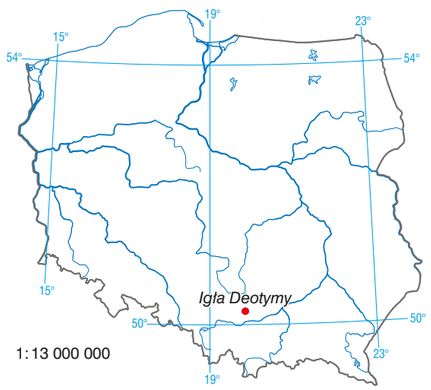
Zadania powtórzeniowe

WYKONAJ W ZESZYCIE

Zadanie 2. (0–1)

Na fotografii przedstawiono Igłę Deotymy, a na mapie Polski zaznaczono miejsce, w którym ta forma terenu się znajduje.





Dokończ zdanie. Zaznacz odpowiedź A albo B oraz jej uzupełnienie 1–4.

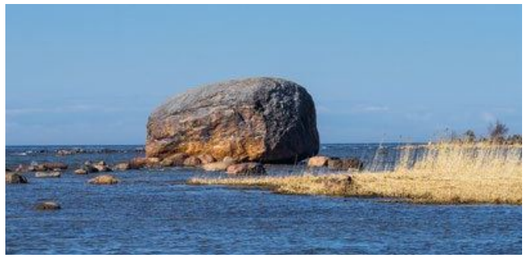
Igła Deotymy powstała w wyniku procesów

A.	akumulacyjnych,	polegających na	1.	modelowaniu ostańca skalnego przez drobny materiał unoszony przez wiatr.
			2.	pozostawieniu na tym obszarze dużego fragmentu skały transportowanego przez lądolód.
B.	erozyjnych,		3.	wytrącaniu się węglanu wapnia z wody, w której wcześniej został on rozpuszczony.
			4.	zniszczeniu skał otaczających ostaniec skalny poprzedzonym selektywnym wietrzeniem chemicznym.

Zadanie 3.

Na fotografiach A–D przedstawiono wybrane formy terenu.

A.



B.

C.

D.

Zadanie 3.1. (0–1)

Uzupełnij tabelę. Przyporządkuj formom terenu przedstawionym na fotografiach właściwe czynniki rzeźbotwórcze wybrane spośród podanych.

rzeka, *wiatr*, *lądolód*, *morze*, *wody opadowe*

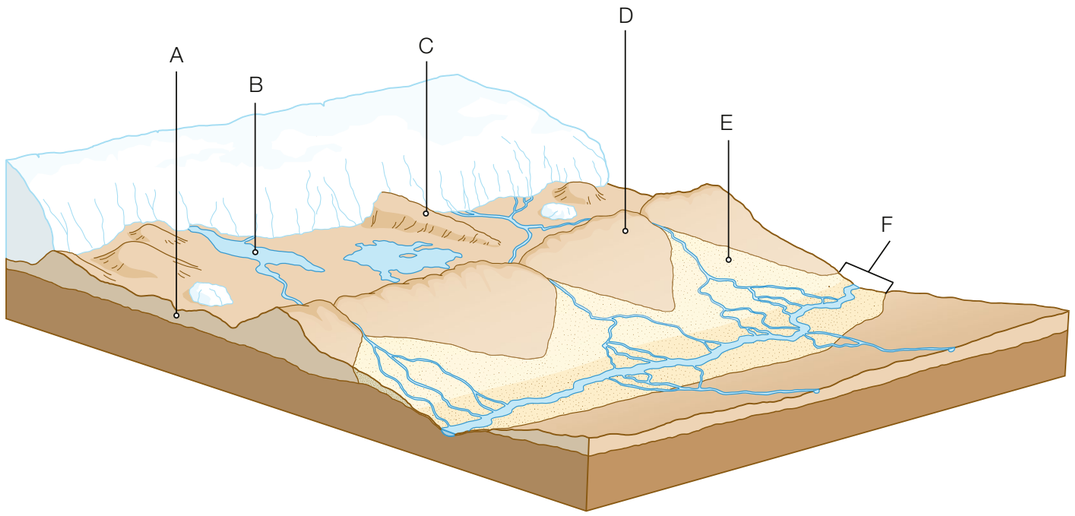
Forma rzeźby	Czynnik rzeźbotwórczy
A	?
B	?
C	?
D	?

Zadanie 3.2. (0–1)

Wyjaśnij, dlaczego forma terenu przedstawiona na fotografii B jest w dolnej części węższa niż w części górnej.

Zadanie 4.

Na ilustracji oznaczono literami wybrane formy glacjalne oraz fluwioglacjalne.



Zadanie 4.1. (0–1)

Przyporządkuj każdej literze z ilustracji nazwę odpowiedniej formy terenu.

morena czołowa, *morena denna*, *morena boczna*,
muton, *oz*, *sandr*, *pradolina*, *rynna podlodowcowa*

Zadanie 4.2. (0–1)

Przyporządkuj rodzajom działalności lądolodów wymienionym w tabeli odpowiednie formy terenu oznaczone na ilustracji literami. Wpisz we właściwych kolumnach nazwy tych form.

Formy glacjalne	Erozyjne formy fluwioglacjalne	Akumulacyjne formy fluwioglacjalne
?	?	?

Zadanie 4.3. (0–2)

Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Zaznacz P, jeśli informacja jest prawdziwa, albo F – jeśli jest fałszywa.

1.	Typowymi elementami krajobrazu młodoglacjalnego są jeziora rynnowe.	P	F
2.	Pradoliny biegną prostopadle do czoła lądolodu.	P	F
3.	Ozy mogą mieć nawet kilkaset kilometrów długości.	P	F
4.	Eratyki to pagórki, których jeden stok jest bardzo stromy, a drugi – łagodny.	P	F

VII. Pedosfera i biosfera

1. Powstawanie gleb
2. Typy genetyczne gleb
3. Strefy roślinne

1 Powstawanie gleb

Ważne na tej lekcji!

- gleba i jej powstawanie
- przebieg procesów glebotwórczych
- czynniki glebotwórcze

W powłoce glebowej Ziemi – pedosferze – żyje wiele organizmów. Jej najważniejszą funkcją jest dostarczanie roślinom składników odżywczych. Dlatego właśnie gleba należy do najcenniejszych bogactw naturalnych naszej planety.

Gleba i jej składniki

Gleba to zewnętrzna powłoka skorupy ziemskiej o grubości od kilkunastu centymetrów do kilku metrów. Składa się z wielu pierwiastków, jednak tylko kilka z nich odgrywa istotną rolę w rozwoju roślin. Do tych pierwiastków należą azot, fosfor, potas, wapń, magnez, siarka i żelazo.

Składniki gleby występują w trzech stanach skupienia: stałym, ciekłym i gazowym. Ponieważ są one nazywane fazami, mówi się o **trójfazowym układzie gleby**. **Faza stała** obejmuje cząstki mineralne (okruchy skał i minerałów) oraz cząstki organiczne (mniej lub bardziej rozłożone szczątki roślinne i zwierzęce, a także organizmy żyjące w glebie). **Faza ciekła** gleby to woda, w której są rozpuszczone związki mineralne i organiczne. Z kolei **fazę gazową** stanowi powietrze glebowe będące mieszaniną gazów i pary wodnej. Poszczególne fazy gleby, zależnie od jej typu, występują w różnych proporcjach.

Poziomy glebowe

Każda gleba składa się z warstw nazywanych poziomami glebowymi. Powstają one wskutek ciągłego przemieszczania się składników mineralnych i organicznych. Poziomy glebowe różnią się m.in. składem chemicznym, barwą, rozmiarem ziaren mineralnych oraz zawartością materii organicznej. Układ i miąższość poziomów glebowych w poszczególnych typach gleb są inne.

1. **Ściółka** – płytka warstwa słabo rozłożonych substancji organicznych, m.in. liści i traw.
2. **Poziom próchniczny** – w wyniku rozkładu materii organicznej powstaje w nim próchnica glebowa, czyli rozłożona substancja organiczna będąca źródłem składników odżywczych pobieranych przez rośliny. Grubość tego poziomu decyduje o żyzności gleby.
3. **Poziom wymywania** (eluwialny) – tu kwasy organiczne rozpuszczają niektóre substancje mineralne i razem z wodą opadową wypłukują je do poziomów położonych niżej.
4. **Poziom wmywania** (iluwialny) – osadzają się w nim związki wymyte z wyższych poziomów. To najbogatsza w związki mineralne i organiczne warstwa gleby.
5. **Zwietrzelina skały macierzystej**.
6. **Skała macierzysta** – niezwietrzała część podłoża skalnego, która nie uległa procesom glebotwórczym.

Powstawanie gleby

Powstawanie gleby trwa niekiedy tysiące lat. Ten czas jest niezbędny, aby zaszły skomplikowane procesy glebotwórcze.

1. Skała ulega wietrzeniu. Rozwijają się w niej pionierskie organizmy (np. mchy i porosty), które dostarczają powstającej glebie materii organicznej.

2. Glebę zasiedlają rośliny i zwierzęta. Z rozkładu ich szczątków powstaje próchnica.

3. Profil glebowy się pogłębia. Powstają w nim poziomy glebowe.

Procesy glebotwórcze

Gleba powstaje w wyniku długotrwałych, złożonych procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych. Są one nazywane **procesami glebotwórczymi**. W procesie powstawania gleby najczęściej wyróżnia się trzy etapy:

- wietrzenie skał,
- akumulację i przekształcanie materii organicznej,
- zaawansowane procesy glebotwórcze.

W wyniku **wietrzenia skał** wzrastają porowatość, przepuszczalność i przewiewność gruntu oraz są uwalniane pierwiastki niezbędne do rozwoju roślin. Dzięki temu mogą się rozwijać mikroorganizmy, mchy i porosty, które dostarczają glebie składników odżywczych.

Akumulacja i przekształcanie materii organicznej obejmują:

- **mineralizację** – przemianę związków organicznych w proste związki mineralne, takie jak dwutlenek węgla, woda czy amoniak,
- **humifikację** – rozkład materii organicznej przy udziale bakterii i grzybów skutkujący powstaniem próchnicy (humusu).

Te dwa etapy zachodzą we wszystkich glebach. Z kolei **zaawansowane procesy glebotwórcze** zależą od klimatu, warunków wodnych, szaty roślinnej i skały macierzystej.

Wybrane zaawansowane procesy glebotwórcze

Proces	Charakterystyka
Bielicowanie	Wymywanie w głąb gleby związków mineralnych (np. żelaza) i organicznych (np. próchnicy). W wyniku tego procesu powstają dwa poziomy glebowe: poziom wymywania (bardzo jasny i ubogi w substancje odżywcze) oraz znajdujący się pod nim poziom wmywania (ciemny, utworzony ze związków mineralnych i organicznych).
Brunatnienie	Stopniowy rozkład złożonych związków chemicznych zawierających glin i krzem (glinokrzemianów). W tym procesie uwalniają się żelazo i glin, których związki otaczają cząstki gleby i nadają im brunatną barwę.
Płowienie	Wymywanie w głąb gleby składników ilastych. Wskutek tego procesu powstaje jasny poziom wymywania, a pod nim – znacznie ciemniejszy poziom wmywania.
Oglejenie	Odtlenianie związków mineralnych znajdujących się w glebie, np. w wyniku nadmiernego jej uwilgotnienia. W efekcie tego procesu tworzy się poziom glebowy o sinoniebieskiej barwie.
Ferralityzacja (lateryzacja)	Szybki rozkład szczątków organicznych oraz wypłukiwanie z gleby większości minerałów. Ten proces zachodzi w gorącym i wilgotnym klimacie. W jego efekcie w glebie pozostają głównie związki żelaza i glinu nadające jej czerwoną lub czerwonożółtą barwę.

Czynniki glebotwórcze oraz ich oddziaływanie

Czynnik	Opis oddziaływania
Klimat	Najważniejszy czynnik glebotwórczy. Wpływa na sposób i tempo wietrzenia skał oraz na rozwój organizmów. Opady atmosferyczne albo wiatr mogą niszczyć pokrywę glebową. Na obszarach odznaczających się dużą ilością opadów gleba jest narażona na wymywanie składników odżywczych, co może skutkować jej zakwaszeniem. Z kolei w klimatach suchych, gdzie parowanie jest większe niż opady, dochodzi do podsiąkania wód gruntowych bogatych w sole mineralne, a w konsekwencji – do zasolenia gleby.
Skała macierzysta	Decyduje o składzie mineralnym gleby. Zwietrzeliny różnych skał dostarczają glebie innych związków mineralnych. Właściwości mechaniczne skał decydują o ilości powietrza w glebie, jej przepuszczalności wodnej oraz głębokości zalegania wód podziemnych.
Warunki wodne	Umożliwiają rozwój roślin oraz innych organizmów. Jednak zbyt intensywne opady mogą wypłukiwać z gleby wartościowe składniki. Gdy wody podziemne występują płytko pod powierzchnią gruntu, w glebie tworzą się warunki beztlenowe niesprzyjające rozwojowi roślin.
Rzeźba terenu	Decyduje o stabilności pokrywy glebowej i wpływa na intensywność degradacji gleby. Gleby są najsilniej niszczone na obszarach górskich, na stokach o dużym nachyleniu i skąpej roślinności. Od rzeźby terenu zależy też grubość zwietrzeliny, a tym samym – głębokość, do której mogą zachodzić procesy glebotwórcze.
Rośliny i zwierzęta	Szczątki organizmów dostarczają glebie wielu cennych składników. Zwarte pokrywy leśne chronią glebę przed wiatrem, łagodzą warunki klimatyczne, a także zmniejszają ilość wód opadowych docierających do gruntu. Systemy korzeniowe roślin stabilizują pokrywę glebową i zapobiegają erozji gleby. Zwierzęta żyjące w glebie (m.in. dżdżownice, krety, myszy) spulchniają glebę, a zatem wpływają na jej strukturę oraz przepuszczalność i przewiewność.
Działalność człowieka	Może sprzyjać procesom glebotwórczym lub utrudniać ich przebieg. Na terenach zurbanizowanych rozwój gleb jest praktycznie niemożliwy. Nawożenie oraz stosowanie środków ochrony roślin zmienia właściwości chemiczne gleb.
Czas	Powstawanie gleby to długi proces. Wyróżnia się w nim kilka stadiów rozwojowych – od gleby inicjalnej aż do gleby dojrzałej. Jednym z głównych czynników zmieniających się w czasie jest klimat.

Czynniki glebotwórcze

Czynniki glebotwórcze to elementy środowiska geograficznego wpływające na rodzaj i tempo procesów glebotwórczych, skład mineralny gleby oraz rozwój żyjących w niej organizmów. Najważniejsze spośród tych czynników opisano w powyższej tabeli.

Żyzność i urodzajność

Czynniki glebotwórcze decydują m.in. o żyzności gleby. **Żyzność** to naturalna zdolność gleby do zaspokajania życiowych potrzeb roślin poprzez dostarczanie im składników pokarmowych, wody i powietrza. Natomiast mianem **urodzajności** określa się zdolność gleby do zaspokajania potrzeb roślin wynikającą nie tylko z jej żyzności, lecz także uzyskaną dzięki prowadzonym pracom rolniczym. Jest to inaczej zdolność produkcyjna gleby. Miarą urodzajności są **plony** – ilość płodów rolnych uzyskana z jednostki powierzchni. Dzięki odpowiednim zabiegom agrotechnicznym (m.in. nawożeniu i nawadnianiu) nawet mało żyzne gleby mogą stać się urodzajne i dawać wysokie plony.

Zadania

1. Podaj znaczenie terminów *próchnica* i *skała macierzysta*.
2. Scharakteryzuj wybrany zaawansowany proces glebotwórczy.
3. Przedstaw rolę klimatu i podłoża skalnego w procesach glebotwórczych.
4. Wyjaśnij, czym żyzność gleby różni się od jej urodzajności.

2 Typy genetyczne gleb

Ważne na tej lekcji!

- cechy głównych typów gleb strefowych, śródstrefowych i niestrefowych
- rozmieszczenie gleb na Ziemi
- przydatność rolnicza wybranych typów gleb

Gleby istniejące na Ziemi reprezentują różne typy genetyczne. Występowanie części z nich jest uwarunkowane przede wszystkim czynnikami, które zmieniają się strefowo, takimi jak klimat. Inne z kolei wykształcają się w różnych szerokościach geograficznych.

Gleby strefowe

Większość typów gleb na świecie jest rozmieszczona strefowo. Taki układ wiąże się ściśle ze zróżnicowaniem dwóch bardzo ważnych czynników glebotwórczych: klimatu i roślinności. Dla każdej strefy klimatyczno-roślinnej są charakterystyczne określone typy gleb.

Czerwone i **czerwonożółte gleby ferralitowe** występują w klimatach równikowym wybitnie wilgotnym i podrównikowym wilgotnym. Mimo że powstają zwykle pod bujną roślinnością, odznaczają się małą zawartością próchnicy. Jest to skutek ferralityzacji, czyli intensywnego przemywania gleby wodą pochodzącą z opadów. Ferralityzacja jest też odpowiedzialna za czerwoną lub czerwonożółtą barwę tych gleb.

Pod czerwonymi i czerwonożółtymi glebami ferralitowymi występuje lateryt. Ta ilasta skała składa się głównie ze związków żelaza i glinu.

W klimacie podrównikowym suchym, pod sawannami, wykształciły się **gleby czerwonobure** i **cynamonowoczerwone**. Na tych obszarach w porze deszczowej materia organiczna także szybko się rozkłada. Z tego powodu gleby czerwonobure i cynamonowoczerwone nie są zasobne w próchnicę.

Szaroziemy, **buroziemy** i **gleby pustynne** występują w strefach klimatów podzwrotnikowych i zwrotnikowych, na obszarach o skąpej roślinności, wysokiej temperaturze powietrza i niskich opadach atmosferycznych. Zabarwienie tych gleb wynika z niewielkiej zawartości próchnicy. Często są one zasolone. W tych samych strefach klimatycznych, lecz pod lasami, występują **czerwonoziemy** i **żółtoziemy**. Duża zawartość związków żelaza lub glinu nadaje im charakterystyczne czerwone lub żółte zabarwienie.

Gleby cynamonowe występują w klimacie śródziemnomorskim. Powstają na skałach węglanowych na terenach porośniętych suchymi lasami i zaroślami. Na niektórych obszarach te gleby mają intensywnie czerwoną barwę.

W suchych klimatach gleby często są zasolone. To efekt wyparowywania wilgoci i przemieszczania się związków zasadowych w górę profilu.

Nazwa *terra rossa* oznacza w języku włoskim czerwoną ziemię i nawiązuje do jaskrawoczerwonej barwy gleby.

Jest to skutek wytrącania się związków żelaza. Te gleby, nazywane **terra rossa**, są dość żyzne, lecz podatne na erozję.

W klimacie umiarkowanym ciepłym kontynentalnym występują **czarnoziemy**. Najczęściej powstają na lessach przy udziale roślinności trawiastej. Bujna roślinność jest źródłem dużej ilości materii organicznej, dlatego te gleby charakteryzują się bardzo grubym poziomem próchnicznym – może on mieć nawet 1 m. Czarnoziemy należą do najżyźniejszych gleb na świecie. Na południe od obszarów ich występowania, na terenach o wybitnie suchym klimacie i porośniętych mniej bujną roślinnością trawiastą, wytworzyły się **gleby kasztanowe**. Mają one podobne cechy do czarnoziemów, lecz zawierają mniej próchnicy i odznaczają się jaśniejszą (kasztanową) barwą oraz mniejszą żyznością.

Gleby brunatne i **gleby płowe** występują w klimacie umiarkowanym ciepłym morskim i przejściowym. Tworzą się pod lasami liściastymi i mieszanymi na podłożu zbudowanym z glin, piasków i pyłów. Brunatne zabarwienie pierwszej z wymienionych gleb to efekt procesu brunatnienia, z kolei barwa górnych warstw gleb płowych – procesu płowienia. Zarówno gleby brunatne, jak i gleby płowe należą do gleb o średniej żyzności, lecz przy odpowiednim nawożeniu dają wysokie plony.

Dla obszarów o klimacie umiarkowanym chłodnym porośniętych lasami iglastymi charakterystyczne są **gleby bielicowe**. Występują one najczęściej na utworach polodowcowych (piaskach, żwirach, glinach lub iłach) i powstają w procesie bielicowania. Mimo że gleby bielicowe nie są żyzne, to w wielu krajach o wysokiej kulturze rolnej stanowią podstawę rozwoju rolnictwa. Tam, gdzie występuje wieloletnia zmarzlina, gleby są przesiąknięte wodą, przez co zachodzi w nich proces oglejenia. Te gleby nazywa się **marzłociowymi glebami tajgi**.

Dla obszarów o klimacie subpolarnym charakterystyczne są **gleby tundrowe**. Powstają one na terenach, na których występuje wieloletnia zmarzlina. Niska temperatura powietrza ogranicza rozwój roślinności. Gleby tundrowe są oglejone i mają siną barwę. Rzadko się je uprawia.

W klimacie polarnym gleby mają bardzo słabo wykształcony profil. Są to **inicjalne gleby arktyczne**.

Wyjątkowa żyzność czarnoziemów wynika z bardzo dużej miąższości poziomu próchnicznego.

Gleby tundrowe zamarzają i rozmarzają. To sprawia, że okruchy skalne się przesuwają i tworzą regularne wzory.

Gleby śródstrefowe

Rozmieszczenie gleb śródstrefowych zależy głównie od warunków lokalnych, np. od wilgotności podłoża i rodzaju występujących w nim skał. Zasięg ich występowania nie ogranicza się do jednej strefy klimatycznej.

Mady występują w dolinach i deltach rzecznych, gdzie regularnie dochodzi do wezbrań sprzyjających akumulacji mułów, piasków i żwirów. Są to przeważnie gleby żyzne, choć zdarzają się takie ich odmiany, których profil jest słabo wykształcony lub które zawierają mało próchnicy.

Rędziny powstają ze zwietrzeliny skał węglanowych (np. z wapieni) lub siarczanowych (np. z gipsów). Ich żyzność może być różna, gdyż zależy od skały macierzystej. Ze względu na liczne odłamki skalne są trudne w uprawie.

Czarne ziemie powstają przy udziale roślinności łąkowej na obszarach o dużej wilgotności (na zarośniętych bagnach lub jeziorach). Mają gruby poziom próchniczny. Należą do gleb żyznych, lecz trudnych w uprawie.

Gleby bagienne występują w miejscach, gdzie zwierciadło wód podziemnych zalega płytko pod powierzchnią. Zawierają duże ilości nierozłożonej materii organicznej. Zazwyczaj w profilu tych gleb występuje sinoniebieski poziom glejowy. Mimo dużej zawartości próchnicy są mało żyzne.

Gleby wulkaniczne powstają tam, gdzie występują skały wulkaniczne, np. na pokrywach bazaltowych oraz na tufach wulkanicznych. Odznaczają się dość dużą żyznością.

W profilu glebowym mad występują warstwy odpowiadające kolejnym wezbraniom rzeki.

Gleby niestrefowe

Wpływ klimatu oraz roślinności na powstawanie gleb niestrefowych jest niewielki. Przykładem takich gleb są **gleby górskie**, które występują w górach we wszystkich strefach klimatycznych. Są to gleby inicjalne – słabo wykształcone, o płytkim profilu glebowym. Z reguły wykorzystuje się je pod pastwiska.

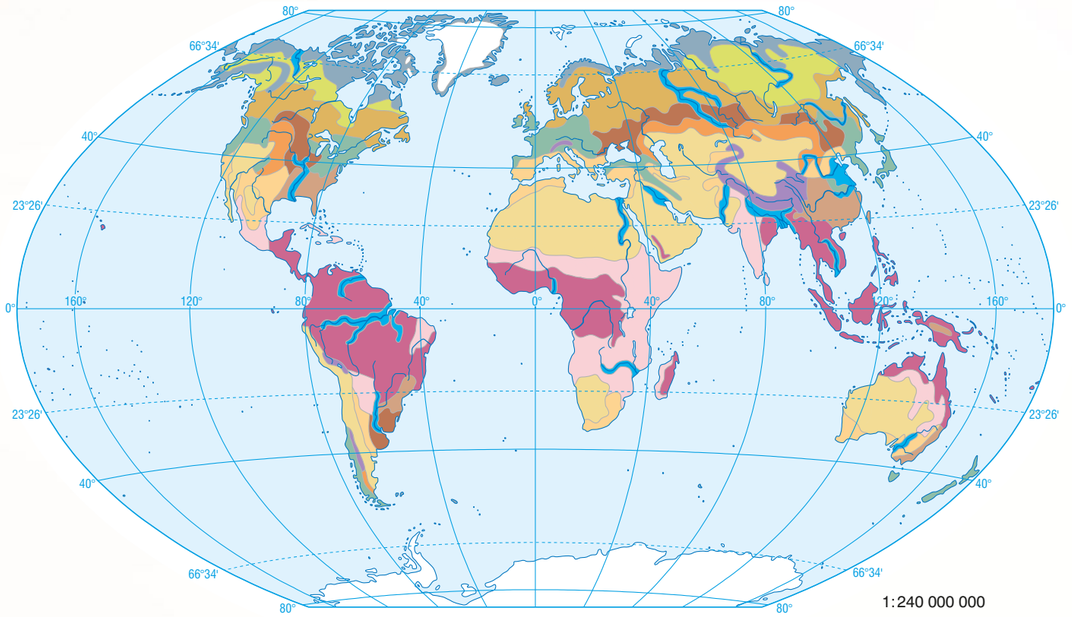
Glebami niestrefowymi są też **gleby antropogeniczne** – powstałe w wyniku działalności człowieka. Część gleb tego typu, która jest użytkowana w ogrodach, ogródkach działkowych czy szklarniach, odznacza się dużą zawartością próchnicy i jest bardzo bogata w składniki pokarmowe. Inną grupę gleb antropogenicznych stanowią gleby występujące na obszarach zurbanizowanych i terenach poprzemysłowych. Często są one silnie zdegradowane.

Gleby wulkaniczne charakteryzują się ciemną barwą. Zazwyczaj zawierają dużo próchnicy.

Gleby antropogeniczne występujące na terenach ogródków działkowych są zwykle urodzajne.

Rozmieszczenie gleb na Ziemi

Większość gleb na Ziemi tworzy charakterystyczne strefy, których układ wiąże się ze zróżnicowaniem klimatu i roślinności. Tylko nieliczne gleby śródstrefowe i niestrefowe zajmują znaczną powierzchnię. Należą do nich mady i gleby górskie.



1:240 000 000

Gleby śródstrefowe i niestrefowe

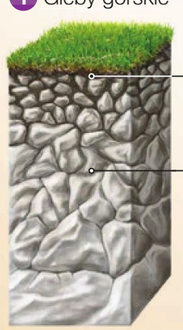
- gleby górskie 1
- mady 2
- lądolody

Gleby strefowe

- czerwone i czerwonożółte gleby ferralitowe 3
- gleby cynamonowoczerwone i czerwonobure
- szaroziemy 4, buroziemy i gleby pustynne
- gleby cynamonowe 5
- czerwonoziemy i żółtoziemy
- gleby kasztanowe
- czarnoziemy 6
- gleby brunatne 7 i płowe 8
- gleby bielicowe 9 i bielice
- marzłociowe gleby tajgi
- inicjalne gleby arktyczne i gleby tundrowe 10

Profile wybranych gleb śródstrefowych i niestrefowych

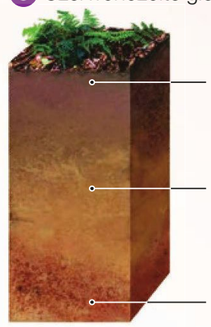
1 Gleby górskie



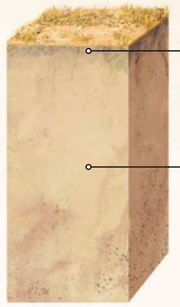
2 Mady

Profile wybranych gleb strefowych

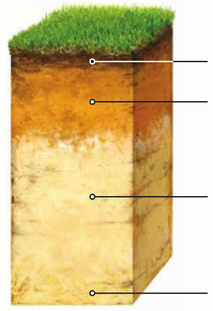
3 Czerwonożółte gleby ferralitowe



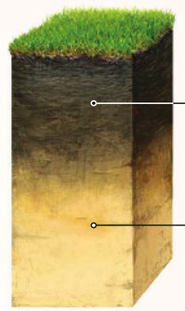
4 Szaroziemy



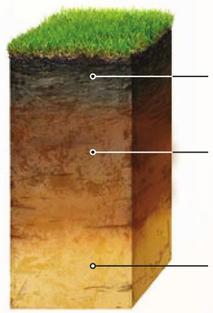
5 Gleby cynamonowe



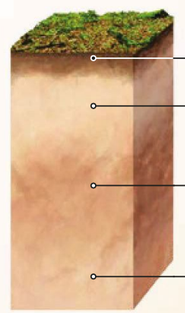
6 Czarnoziemy



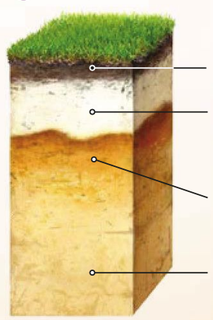
7 Gleby brunatne



8 Gleby płowe



9 Gleby bielicowe



10 Gleby tundrowe

Plantacje cytrusów znajdują się zazwyczaj na glebach żyznych, ale trudnych w uprawie, takich jak gleby cynamonowe.

Na obszarach górskich, na których występują gleby inicjalne, najczęstszą formą działalności rolniczej jest wypas zwierząt.

Przydatność rolnicza gleb

Przydatność rolnicza poszczególnych typów gleb zależy od ich żyzności i urodzajności. Rozmieszczenie najważniejszych regionów rolniczych świata pokrywa się w przybliżeniu z obszarami występowania czarnoziemów oraz gleb brunatnych, płowych i kasztanowych. Uprawia się na nich rośliny żywieniowe, np. zboża (zwłaszcza pszenicę, kukurydzę, jęczmień) i ziemniaki, oraz przemysłowe, takie jak buraki cukrowe, bawełnę czy słoneczniki. **Najżyźniejszymi** spośród tych gleb są czarnoziemy. Na glebach brunatnych, płowych i kasztanowych na ogół także uzyskuje się wysokie plony, choć wymaga to stosowania odpowiednich zabiegów agrotechnicznych, np. budowy systemów nawadniających. Dotyczy to zwłaszcza gleb kasztanowych. Tam, gdzie nie są one nawadniane, zwykle znajdują się naturalne pastwiska.

Do gleb żyznych, ale trudnych w uprawie, należą gleby cynamonowe i terra rossa. Podobnie jak gleby kasztanowe są one podatne na erozję i przesuszenie, dlatego w wielu przypadkach trzeba je intensywnie nawozić i nawadniać. Na obszarach, na których występują, bardzo często uprawia się winorośl, cytrusy oraz drzewa oliwne.

Żyzne, choć wymagające intensywnego nawożenia, są czerwonoziemy i żółtoziemy. Uprawia się na nich m.in. ryż, bataty, herbatę, tytoń, trzcinę cukrową i cytrusy.

Wysoką żyznością odznacza się także większość gleb śródstrefowych. Bardzo przydatne dla rolnictwa są zwłaszcza czarne ziemie oraz większość odmian mad. Wykorzystuje się je pod uprawy najbardziej wymagających roślin, np. pszenicy i buraków cukrowych.

Mało żyzne gleby (np. gleby bielicowe) zazwyczaj są wykorzystywane rolniczo jedynie przy bardzo intensywnym nawożeniu. Często uprawia się na nich mniej wymagające rośliny. Rolnicze wykorzystywanie niektórych gleb (np. gleb ferralitowych) nie jest opłacalne, ponieważ – mimo zabiegów agrotechnicznych – szybko jałowieją (pogarsza się ich jakość). Są również bardzo podatne na erozję.

Na obszarach, na których występują najmniej żyzne gleby, np. gleby tundrowe, gleby pustynne i gleby górskie, znajdują się głównie pastwiska.

Zadania

1. Wyjaśnij różnicę między glebami strefowymi a glebami śródstrefowymi.
2. Wymień po jednym przykładzie typów gleb występujących w poszczególnych strefach klimatycznych.
3. Podaj pięć przykładów roślin uprawianych na najżyźniejszych glebach kuli ziemskiej.
* 4. Przygotuj plakat przedstawiający wpływ człowieka na degradację gleb.

3 Strefy roślinne

Ważne na tej lekcji!

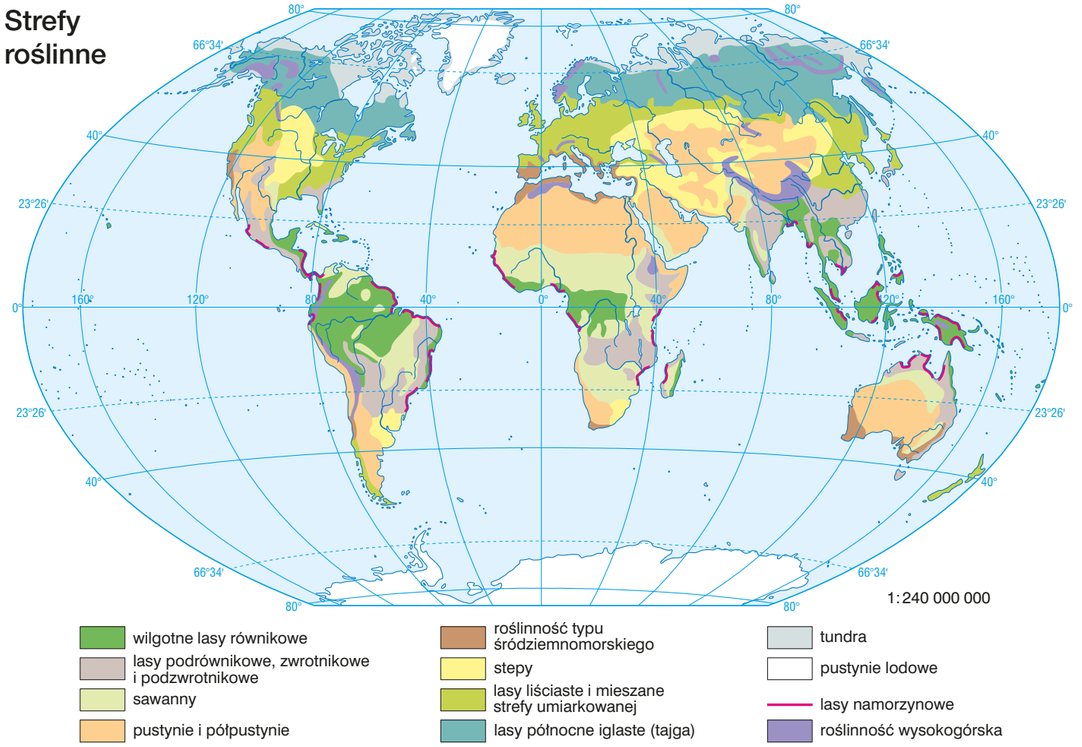
- zależności między klimatem a występowaniem typów gleb i formacji roślinnych
- rozmieszczenie stref roślinnych na Ziemi
- piętrowe zróżnicowanie roślinności na Ziemi

Biosfera to jedna z pięciu powłok Ziemi. Obejmuje wszystkie organizmy żyjące na naszej planecie, w tym rośliny. Dzięki umiejętności przystosowania się do różnych warunków panujących na naszej planecie rośliny występują niemal na wszystkich jej obszarach.

Formacje roślinne

Na kuli ziemskiej występuje ogromna liczba formacji (zbiorowisk) roślinnych. Każda z nich ma określone wymagania **klimatyczne** (dotyczące m.in. temperatury powietrza, usłonecznienia, ilości opadów) i **glebowe**. Z tego względu roślinność tworzy na Ziemi charakterystyczne strefy. Ich układ nawiązuje bezpośrednio do rozmieszczenia stref klimatycznych oraz do występowania różnych typów gleb. Roślinność ściśle powiązana z poszczególnymi strefami klimatycznymi jest nazywana **roślinnością strefową**.

Na świecie występuje również roślinność, której rozmieszczenie nie ma związku z układem stref klimatycznych, lecz wynika z innych, specyficznych warunków. Jest to **roślinność astrefowa**. Zalicza się do niej np. roślinność wodną, wydmową oraz górską.



? *Podaj nazwy stref roślinnych występujących w Europie.*

Strefy roślinne na Ziemi

Wilgotny las równikowy

Klimat
- strefa klimatów równikowych, typ wybitnie wilgotny
- wysokie opady przez cały rok (deszcze zenitalne)

Roślinność
- najbujniejsza formacja roślinna na Ziemi
- ogromna różnorodność gatunków
- kilka warstw roślinności:
  – wysokie pojedyncze drzewa (np. drzewa kapokowe)
  – drzewa o zwartych koronach (np. hebanowce) z rosnącymi na nich epifitami (np. storczykami)
  – niskie drzewa o grubych pniach oplecionych lianami
  – rośliny cieniolubne, np. krzewy, paprocie i młode drzewa

Gleby
- czerwonożółte gleby ferralitowe

Suchy las podrównikowy

Klimat
- strefa klimatów równikowych, typ wilgotny oraz odmiana monsunowa
- wyraźnie zaznaczające się pory roku: wilgotna i sucha

Roślinność
- gatunki gubiące liście w porze suchej (np. drzewa tekowe)
- niższe warstwy zwykle dobrze wykształcone, z przewagą traw (np. bambusów) i drzewiastych paproci
- na bardziej suchych obszarach sucholubne krzewy

Gleby
- czerwone gleby ferralitowe

Sawanna

Klimat
- strefa klimatów równikowych, typ wilgotny oraz suchy i wybitnie suchy
- wysoka temperatura powietrza przez cały rok
- dwie pory roku: sucha i deszczowa

Roślinność
- twardolistne sucholubne trawy oraz pojedyncze drzewa (np. akacje i baobaby)
- im wilgotniejszy klimat, tym większa liczba drzew

Gleby
- gleby czerwonobure
- gleby cynamonowoczerwone

Pustynia i półpustynia

Klimat
- strefa klimatów zwrotnikowych i strefa klimatów podzwrotnikowych, typ suchy i skrajnie suchy
- wysoka temperatura powietrza w dzień, a niska – w nocy
- bardzo niskie sumy opadów

Roślinność
- skąpa ze względu na niewielką ilość opadów
- głównie roślinność sucholubna (kserofity):
  – sukulenty – rośliny magazynujące wodę w liściach lub łodygach (np. kaktusy, aloesy)
  – sklerofity – rośliny o niewielkich liściach ograniczających powierzchnię parowania lub z rozbudowanym systemem korzeniowym umożliwiającym pobór wody z dużego obszaru
- bujniejsza roślinność jedynie w oazach (na obszarach o płytko zalegających wodach gruntowych)

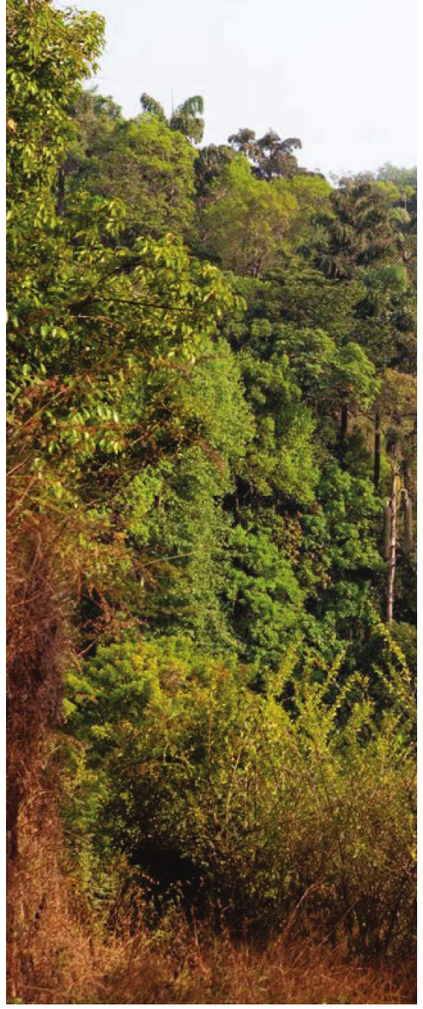
Gleby
- szaroziemy
- buroziemy
- gleby pustynne

Roślinność typu śródziemnomorskiego

Klimat
- strefa klimatów podzwrotnikowych, typ morski i pośredni
- gorące i suche lato oraz wilgotna i łagodna zima

Roślinność
- w dużym stopniu zmieniona w wyniku działalności człowieka (porasta obszary zajęte niegdyś przez lasy podzwrotnikowe)
- głównie wiecznie zielone, twardolistne zarośla (np. oleandry, jałowce, mirty) nazywane makią; jej odpowiedniki to:
  – chaparral [wym. cziaparral] – zarośla z dużym udziałem krzewiastych dębów w Ameryce Północnej
  – skrub – grubolistne kolczaste zarośla z przewagą eukaliptusów i akacji w Australii
- charakterystyczne gatunki drzew: dąb korkowy, sosna pinia, drzewo oliwne

Gleby
- gleby cynamonowe



Las zwrotnikowy i las podzwrotnikowy

Klimat
- strefa klimatów zwrotnikowych i strefa klimatów podzwrotnikowych, typ wilgotny oraz odmiana monsunowa
- duża roczna suma opadów atmosferycznych, głównie w półroczu letnim

Roślinność
- różny skład gatunkowy na poszczególnych kontynentach: w Ameryce Północnej głównie sekwoje i daglezje, w Ameryce Południowej – araukarie, w Australii – eukaliptusy, a we wschodniej Azji – rododendrony (azalie)

Gleby
- czerwoniozemy
- żółtoziemy

Step

Klimat
- strefa klimatów umiarkowanych, typ kontynentalny ciepły
- gorące lato i mroźna zima
- małe sumy opadów, nieznacznie większe w lecie

Roślinność
- formacja trawiasta z przewagą kostrzew, ostnic i turzyc
- rozwój drzew ograniczony niewielkimi opadami (rosną jedynie w dolinach rzek)
- inne nazwy stepu:
  - preria (w Ameryce Północnej)
  - pampa (w Ameryce Południowej)
  - puszta (na Węgrzech)

Gleby
- czarnoziemy

Lasy liściaste i mieszane

Klimat
- strefa klimatów umiarkowanych, typy: ciepły morski i przejściowy
- ciepłe, ale niezbyt gorące lato oraz łagodna zima
- opady rozłożone równomiernie w ciągu roku

Roślinność
- przewaga drzew liściastych zrzucających liście na zimę, np. buków, dębów, grabów, lip, klonów, jesionów i wiązów
- w lesie mieszanym ponadto sosny, świerki i modrzewie
- wrzosowiska

Gleby
- gleby brunatne
- gleby płowe

Tajga

Klimat
- strefa klimatów umiarkowanych, typ chłodny (tylko półkula północna)
- krótkie i ciepłe lato oraz długa i mroźna zima
- niewielkie opady

Roślinność
- przede wszystkim drzewa iglaste: świerk, sosna, jodła i modrzew
- niewielki udział drzew liściastych, głównie brzóz i wierzb
- torfowiska

Gleby
- gleby bielicowe
- marzłociowe gleby tajgi

Tundra

Klimat
- strefa klimatów okołobiegunowych, typ podbiegunowy
- bardzo krótkie i chłodne lato oraz długa i mroźna zima
- małe sumy opadów
- bardzo silne wiatry

Roślinność
- głównie mchy, krzewinki oraz porosty
- nieliczne gatunki karłowatych drzew, np. wierzba lapońska i brzoza

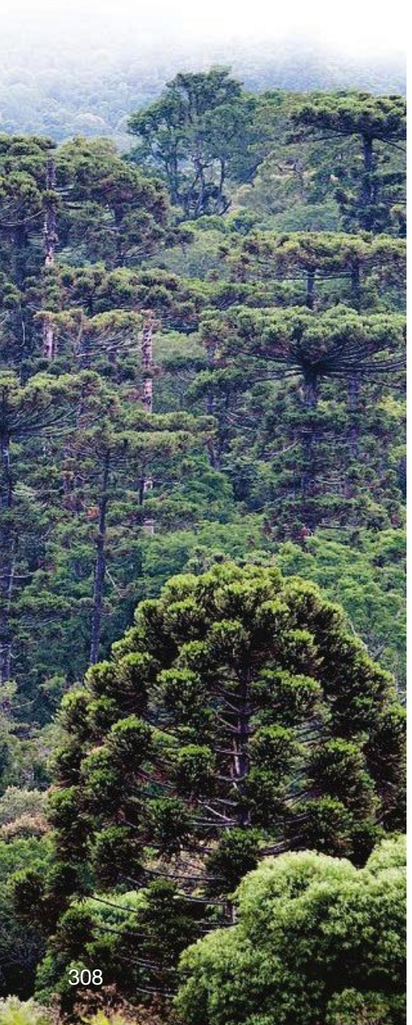
Gleby
- gleby tundrowe

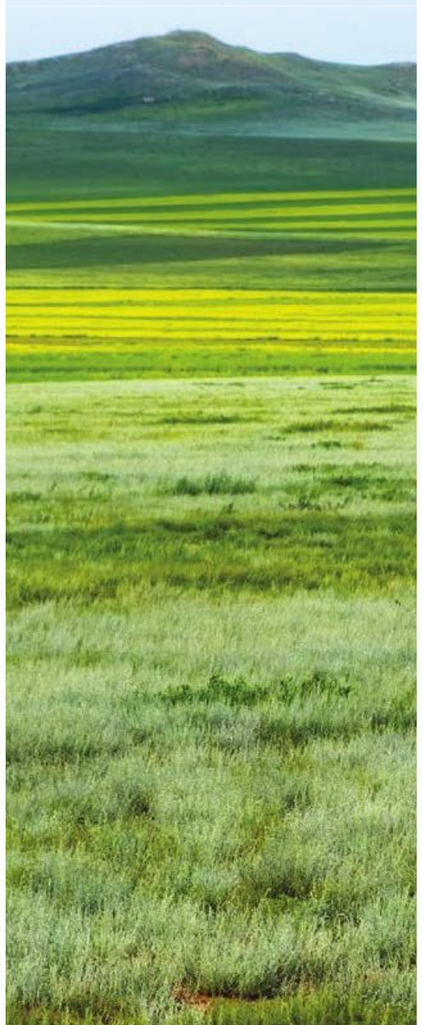
Pustynia lodowa

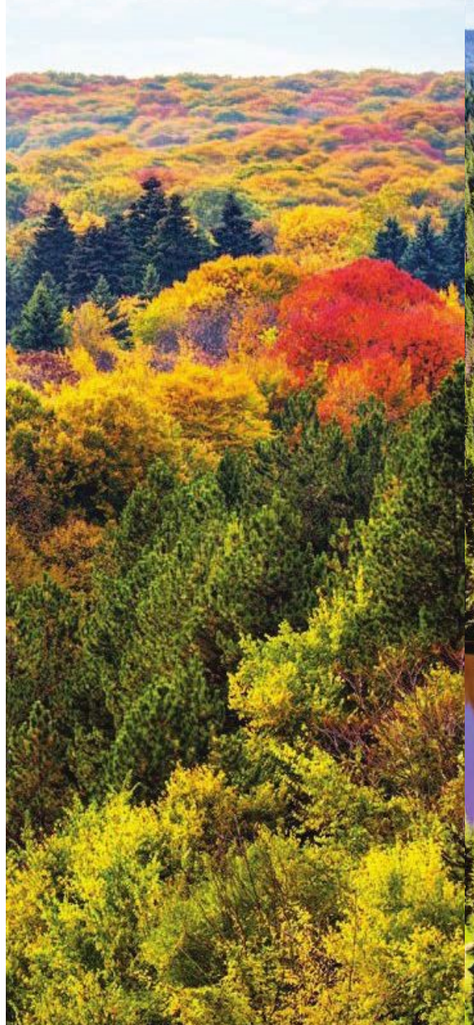
Klimat
- strefa klimatów okołobiegunowych, typ biegunowy
- bardzo krótkie i chłodne lato oraz długa i mroźna zima
- małe sumy opadów
- bardzo silne wiatry

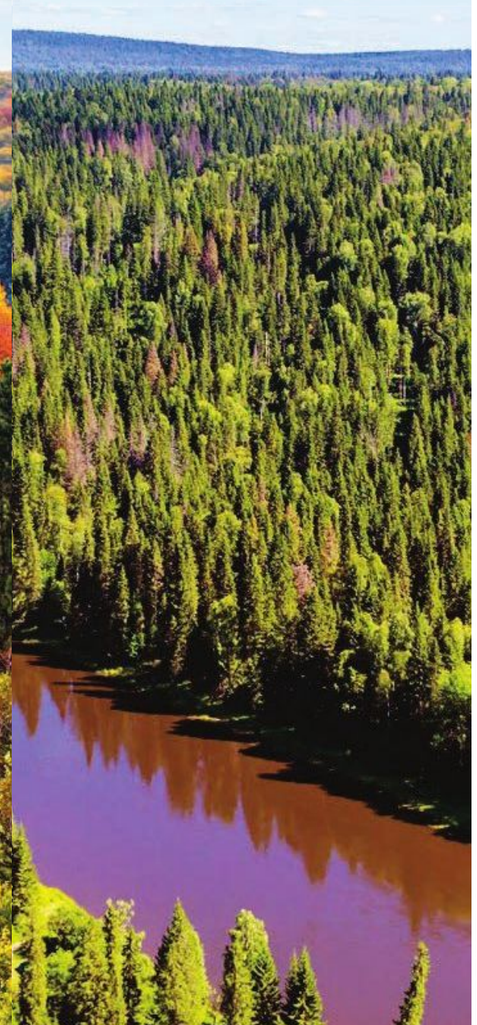
Roślinność
- glony, mchy oraz porosty rosnące na skałach niepokrytych lodem

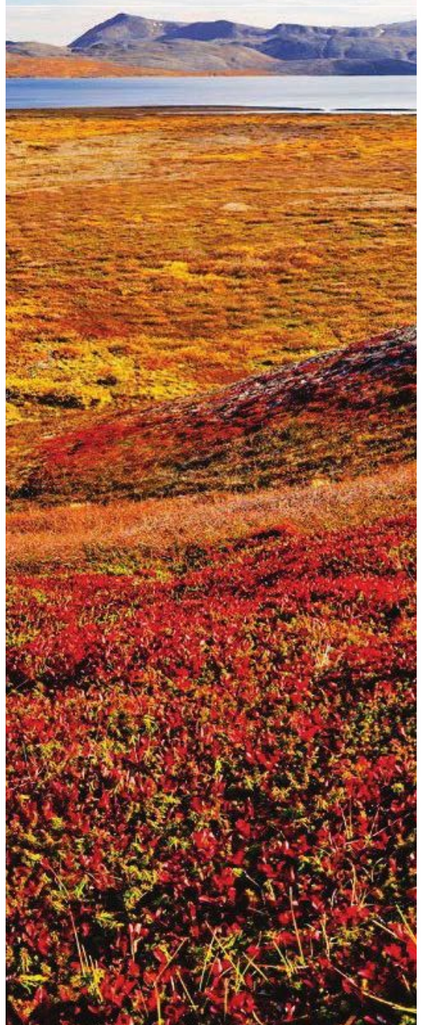
Gleby
- inicjalne gleby arktyczne











Piętrowe zróżnicowanie roślinności

Na obszarach górskich formacje roślinne są zróżnicowane piętrowo. Wiąże się to ze zmianą warunków klimatycznych wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza.

Na rozwój roślin wyraźnie wpływa **temperatura powietrza**. Im jest wyżej, tym temperatura powietrza jest niższa, a warunki do rozwoju roślinności są trudniejsze.

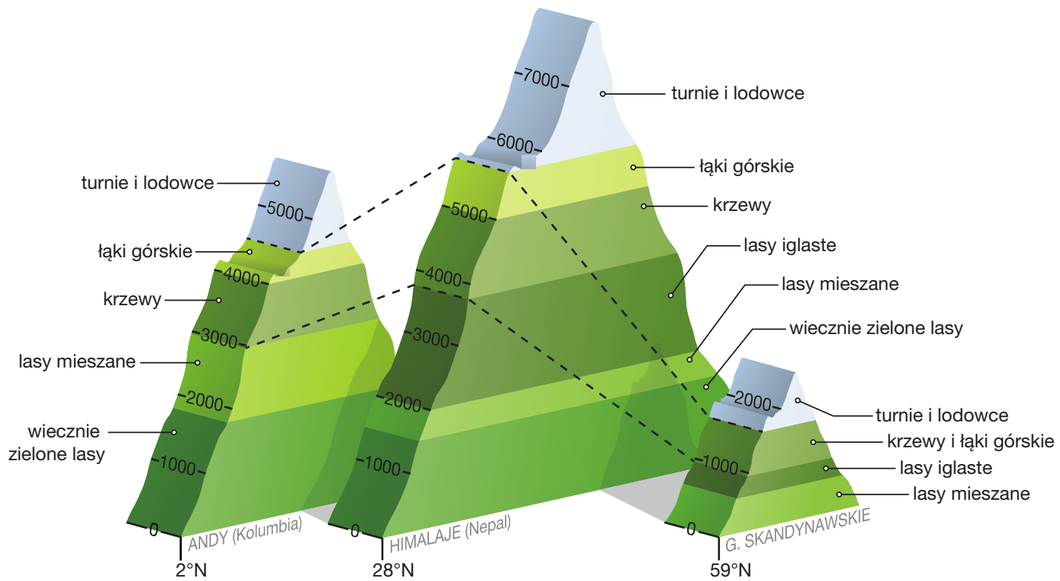
Drugim istotnym czynnikiem jest **występowanie barier orograficznych** (górskich) uniemożliwiających swobodny przepływ mas powietrza. Gdy te masy napotykają barierę górską, wznoszą się i ochładzają. To z kolei prowadzi do powstania chmur deszczowych i wystąpienia opadów, które sprzyjają rozwojowi roślinności. Tę zależność widać szczególnie w strefie klimatów podzwrotnikowych, gdzie powyżej stepów, na granicy zwiększonych opadów atmosferycznych, rosną lasy. Należy pamiętać, że wzrost sumy opadów występuje tylko do poziomu kondensacji chmur. Powyżej tej wysokości opady nie występują (m.in. dlatego szata roślinna najwyższych partii gór jest bardzo uboga).

Rozwój roślin w górach zależy też od **ekspozycji stoków**. Dlatego np. granice pięter roślinnych na północnych i na południowych stokach

W masywie Kilimandżaro roślinność jest zróżnicowana piętrowo: od sawanny po lodowce. Odpowiadające tym piętrom strefy roślinne rozciągają się niemal od równika do biegunów.

tego samego pasma górskiego często przebiegają na innej wysokości nad poziomem morza.

Pionowy układ pięter roślinnych w górach przypomina układ stref klimatycznych na kuli ziemskiej. Kolejne, wyższe piętra odpowiadają w przybliżeniu strefom klimatycznym znajdującym się w coraz wyższych szerokościach geograficznych. Piętro najniższe jest najcieplejsze – występujące w nim warunki klimatyczne nie różnią się od tych, które panują na innych obszarach w danej szerokości geograficznej. Najsurowszym klimatem odznacza się piętro najwyższe.



Te same piętra roślinne w różnych szerokościach geograficznych znajdują się na innej wysokości nad poziomem morza.

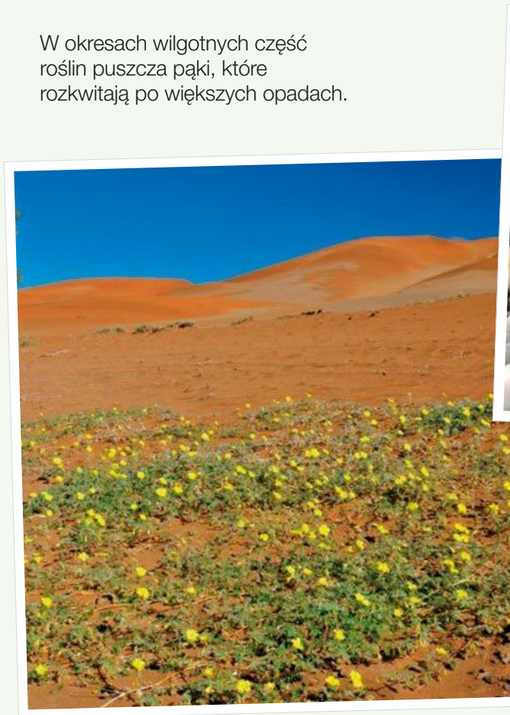
Spojrzenie z bliska

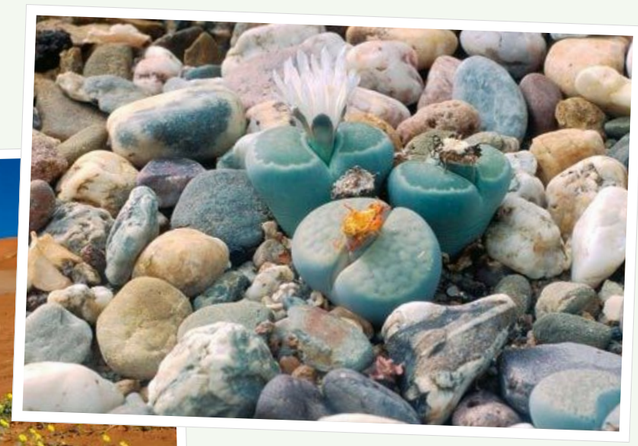
Kwitnąca roślinność na Kalahari

Kalahari – pustynia leżąca w południowej części Afryki – zazwyczaj jest pokryta bardzo skąpą roślinnością. Jednak raz na kilka lat jednocześnie rozkwitają na niej różnokolorowe kwiaty.

Większość obszaru Kalahari pokrywają piaski z wydmami i miejscowo występującymi twardszymi formacjami skalnymi. Jej północne krańce zajmuje sucha sawanna. Rośliny obecne na Kalahari mogą przetrwać bez opadów nawet kilka lat. Dlatego nawet przy niewielkim deszczu rozkwitają, a pustynia przypomina wiosenną łąkę. Taka sytuacja zdarza się jednak niezwykle rzadko i trwa tylko parę dni. Rośliny, które potrafią gromadzić wodę i przechowywać ją w okresie suchym, to sukulenty. Niektóre z nich magazynują w podziemnych korzeniach, cebulach, bulwach lub kłączach nawet litr wody.

W okresach wilgotnych część roślin puszcza pąki, które rozkwitają po większych opadach.





Litopsy to sukulenty nazywane również żywymi kamieniami. W okresie suchym bardzo trudno odróżnić je od żwirów i innych drobnych kamieni – jest to ich forma obrony przed zwierzętami. Jednak nawet przy najmniejszych opadach liście litopsów napełniają się wodą, a spomiędzy nich wyrastają promieniste kwiaty o białych lub żółtych płatkach.

Zadania

1. Podaj przyczyny nierównomiernego rozmieszczenia stref roślinnych na Ziemi.
2. Wyjaśnij znaczenie terminów: *sukulent*, *chaparral*, *epifit*.
3. Opisz w zeszycie różnice między stepem a sawanną.
4. Wymień dwa czynniki decydujące o zróżnicowaniu szaty roślinnej w zależności od wysokości nad poziomem morza.

Podsumowanie

- **Pedosfera** to powłoka glebowa Ziemi będąca miejscem życia wielu organizmów. Jej najważniejsza funkcja to dostarczanie roślinom niezbędnych składników odżywczych.
- **Gleba** jest zewnętrzną powłoką skorupy ziemskiej o grubości od kilkunastu centymetrów do kilku metrów. W skład gleby wchodzi wiele pierwiastków. Najważniejszą rolę w życiu i rozwoju roślin odgrywają: azot, fosfor, potas, wapń, magnez, siarka i żelazo. Każda gleba składa się z cząstek mineralnych, cząstek organicznych, wody i powietrza.
- **Próchnica** to rozłożona substancja organiczna będąca źródłem składników odżywczych pobieranych przez rośliny.

Poziomy glebowe

- **ściółka** – Tworzą ją słabo rozłożone substancje organiczne.
- **poziom próchniczny** – Tu rozkłada się materia organiczna i powstaje próchnica.
- **poziom wymywania (poziom eluwialny)** – W tym poziomie niektóre substancje mineralne są rozpuszczane i wypłukiwane do niższych poziomów.
- **poziom wmywania (poziom iluwialny)** – Tu osadzają się wypłukane związki chemiczne.
- **zwietrzelina skały macierzystej**
- **skała macierzysta** – Stanowi niezwietrzałą część podłoża skalnego.

- W procesie **powstawania gleby** najczęściej wyróżnia się trzy etapy:
  – wietrzenie skał,
  – akumulację oraz przekształcanie materii organicznej,
  – zaawansowane procesy glebotwórcze.

- **Wietrzenie skał** prowadzi do ich rozpadu na coraz drobniejsze okruchy oraz do zmiany składu chemicznego przypowierzchniowych warstw skalnych. Na skutek tych procesów zwiększają się porowatość, przepuszczalność i przewiewność gruntu oraz są uwalniane pierwiastki niezbędne do rozwoju roślin.

Akumulacja i przekształcanie materii organicznej

mineralizacja	humifikacja
przemiana związków organicznych w proste związki mineralne, takie jak dwutlenek węgla, woda czy amoniak	rozkład szczątków obumarłych organizmów przy udziale bakterii i grzybów prowadzący do powstania próchnicy

- **Zaawansowane procesy glebotwórcze** zależą od klimatu, szaty roślinnej i rodzaju podłoża skalnego. Zalicza się do nich m.in.:
  – **bielicowanie** – wymywanie w głąb gleby związków mineralnych (np. żelaza) i organicznych (np. próchnicy). W wyniku tego procesu powstaje bardzo jasny i ubogi w substancje odżywcze poziom wymywania, a pod nim – ciemny poziom wmywania;
  – **brunatnienie** – stopniowy rozkład złożonych związków chemicznych zawierających glin i krzem (glinokrzemianów). W tym procesie uwalniają się żelazo i glin, których związki otaczają cząstki gleby i nadają im brunatną barwę;
  – **płowienie** – wymywanie części ilastych w głąb gleby. W efekcie płowienia powstaje jasny poziom wymywania, pod którym znajduje się ciemniejszy poziom wmywania;
  – **oglejenie** – odtlenianie związków mineralnych znajdujących się w glebie, np. na skutek nadmiernego jej uwilgotnienia. Wskutek oglejenia powstaje gleba o sinoniebieskiej barwie;
  – **ferralityzacja** – szybki rozkład szczątków organicznych oraz wypłukiwanie z gleby większości minerałów, na skutek czego w glebie zostają głównie związki żelaza i glinu nadające jej czerwoną lub czerwonożółtą barwę.

Gleby strefowe

Gleby	Występowanie	Ważniejsze cechy
Czerwone i czerwonożółte gleby ferralitowe	• klimat równikowy wybitnie wilgotny i podrównikowy wilgotny • wilgotne lasy równikowe i suche lasy podrównikowe	Są intensywnie przemywane wodą pochodzącą z obfitych opadów, zachodzi w nich proces ferralityzacji, zawierają mało próchnicy.
Gleby czerwonobure i cynamonowoczerwone	• klimat podrównikowy suchy • sawanny	Nie są zasobne w próchnicę, ponieważ materia organiczna w porze deszczowej szybko się rozkłada.
Szaroziemy, buroziemy i gleby pustynne	• klimaty suche stref klimatów podzwrotnikowej i zwrotnikowej • pustynie i półpustynie	Ze względu na małą ilość materii organicznej zawierają niewiele próchnicy. Często są zasolone.
Czerwonoziemy i żółtoziemy	• wilgotne odmiany klimatów stref podzwrotnikowej i zwrotnikowej, • lasy zwrotnikowe i podzwrotnikowe	Są przemywane wodą pochodzącą z opadów, zawierają dużo związków żelaza i glinu.
Gleby cynamonowe	• klimat śródziemnomorski • roślinność typu śródziemnomorskiego	Powstają na skałach węglanowych, co sprawia, że są dość żyzne.
Czarnoziemy, gleby kasztanowe	• klimat umiarkowany ciepły kontynentalny • stepy	Czarnoziemy najczęściej tworzą się z lessów. Mają gruby poziom próchniczny i są bardzo żyzne. Gleby kasztanowe zawierają mniej próchnicy.
Gleby brunatne i gleby płowe	• klimat umiarkowany ciepły morski i przejściowy • lasy liściaste i mieszane	Tworzą się na glinach, piaskach i pyłach. Charakterystyczne są dla nich procesy brunatnienia i płowienia. Należą do gleb o średniej żyzności.
Gleby bielicowe	• klimat umiarkowany chłodny • tajga	Występują na piaskach, żwirach, glinach lub iłach. Zachodzi w nich proces bielicowania. Są mało żyzne.
Marzłociowe gleby tajgi, gleby tundrowe	• klimat umiarkowany chłodny i subpolarny • tajga i tundra	Występowanie wieloletniej zmarzliny sprawia, że są przesiąknięte wodą. Zachodzi w nich proces oglejenia.
Inicjalne gleby arktyczne	• klimat polarny • roślinność pionierska	Mają słabo wykształcony profil.

- **Żyzność** oznacza naturalną zdolność gleby do zaspokajania potrzeb roślin poprzez dostarczanie im składników pokarmowych, wody i powietrza. Z kolei **urodzajność** to zdolność gleby do zaspokajania potrzeb roślin wynikająca z jej żyzności i prowadzonych prac rolniczych.
- Rodzaj oraz tempo procesów glebotwórczych, a także skład mineralny i rozwój życia organicznego w glebie zależą od wielu **czynników glebotwórczych**. Najważniejsze z nich to:
  – klimat,
  – skała macierzysta,
  – warunki wodne,
  – rzeźba terenu,
  – rośliny i zwierzęta,
  – działalność człowieka.
  – czas.

- Rozmieszczenie **gleb śródstrefowych** zależy przede wszystkim od warunków lokalnych, np. od występowania w podłożu wody lub określonych typów skał. Do gleb śródstrefowych należą m.in.:
  – **mady** – występują w okresowo zalewanych dolinach i deltach rzek,
  – **rędziny** – tworzą się na skałach węglanowych lub siarczanowych,
  – **czarne ziemie** – powstają na obszarach o dużej wilgotności przy udziale roślinności łąkowej,
  – **gleby bagienne** – występują w miejscach, gdzie zwierciadło wód podziemnych znajduje się płytko pod powierzchnią.
  – **gleby wulkaniczne** – powstają na pokrywach bazaltowych i tufach wulkanicznych.

- Warunki klimatyczne i typ roślinności wywierają niewielki wpływ na występowanie **gleb niestrefowych**. Przykładem takich gleb są:
  - **gleby górskie** – gleby inicjalne o płytkim profilu glebowym,
  - **gleby antropogeniczne** – powstałe w wyniku działalności człowieka.
- **Przydatność rolnicza gleb** jest bardzo zróżnicowana. Zależy ona od ich żyzności i urodzajności. Do najżyźniejszych gleb należą czarnoziemy, a także większość odmian mad. Żyzne, ale trudne w uprawie są m.in. gleby cynamonowe, terra rossa oraz czarne ziemie. Gleby brunatne i płowe należą do gleb średnio żyznych. Mało żyzne są z kolei np. gleby bielicowe, gleby ferralitowe, gleby tundrowe, gleby pustynne oraz gleby górskie.
- Formacje roślinne tworzą na Ziemi charakterystyczne strefy. Występująca w nich roślinność jest ściśle powiązana ze strefami klimatycznymi i nazywana **roślinnością strefową**.
- Roślinność, której rozmieszczenie nie wykazuje związku ze strefami klimatycznymi, lecz ze specyficznymi warunkami występowania, to **roślinność astrefowa**. Zalicza się do niej np. roślinność wodną, wydmową oraz górską.
- Na obszarach górskich warunki klimatyczne zmieniają się wraz z wysokością, dlatego występuje tam **piętrowy układ roślinności**. Najważniejszymi czynnikami klimatycznymi wpływającymi na kształtowanie się pięter roślinnych są spadek temperatury powietrza w miarę wzrostu wysokości nad poziomem morza, występowanie barier orograficznych oraz ekspozycja stoków.

Strefy roślinne

Strefa	Klimat	Roślinność
Wilgotny las równikowy	równikowy wybitnie wilgotny	bardzo bujny las o ogromnej różnorodności gatunków (np. drzewa kapokowe, hebanowce) i kilku warstwach roślinności
Suchy las podrównikowy	podrównikowy wilgotny	drzewa gubiące liście w porze suchej (np. drzewa tekowe), w niższych warstwach trawy (np. bambusy) i drzewiaste paprocie
Sawanna	podrównikowy suchy	twardolistne sucholubne trawy oraz pojedyncze drzewa (np. akacje, baobaby)
Pustynie i półpustynie	klimaty suche stref klimatów podzwrotnikowych i zwrotnikowych	roślinność bardzo skąpa, głównie sucholubna (np. kaktusy, aloesy)
Roślinność typu śródziemnomorskiego	śródziemnomorski	głównie makia, czyli wiecznie zielone, twardolistne zarośla (np. oleandry, jałowce, mirty)
Lasy zwrotnikowe i podzwrotnikowe	klimaty wilgotne stref klimatów podzwrotnikowych i zwrotnikowych	lasy o odmiennym składzie gatunkowym na różnych kontynentach, np. w Ameryce Północnej sekwoje i daglezje, w Ameryce Południowej – araukarie, w Australii – eukaliptusy, we wschodniej Azji – rododendrony (azalie)
Step	umiarkowany ciepły kontynentalny	formacja trawiasta z przewagą kostrzew, ostnic i turzyc
Lasy liściaste i mieszane	umiarkowany ciepły morski i przejściowy	lasy z przewagą drzew liściastych zrzucających liście na zimę (np. buki, dęby, graby)
Tajga	umiarkowany chłodny	lasy z przewagą drzew iglastych (np. świerk, sosna, jodła, modrzew)
Tundra	podbiegunowy	formacja złożona głównie z niskich roślin, takich jak mchy, krzewinki i porosty, a także z karłowatych gatunków drzew (np. wierzba lapońska)
Pustynia lodowa	biegunowy	gatunki pionierskie, głównie glony, mchy i porosty

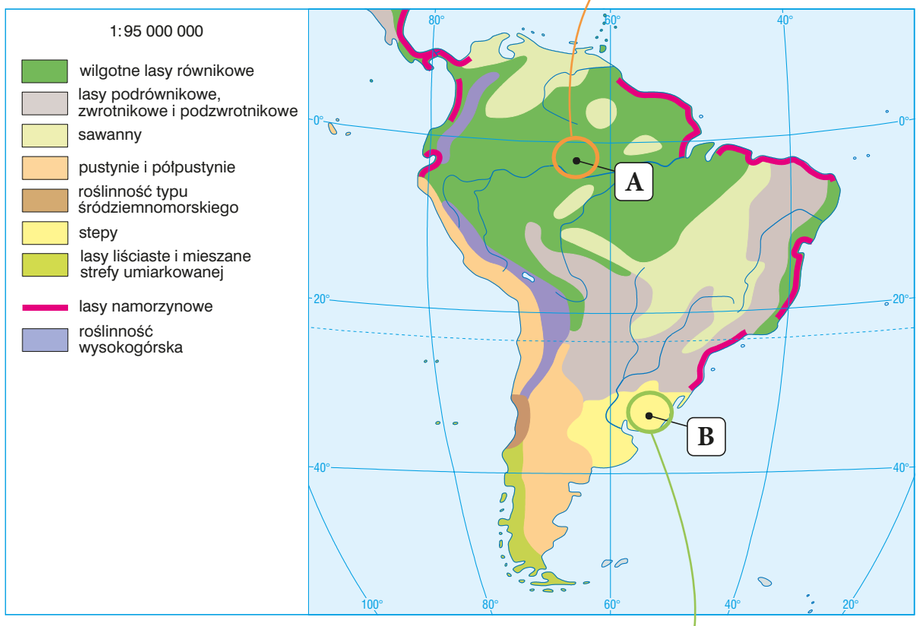
Sposób na zadania

Przykład 1. (0–1)

Na mapie przedstawiono roślinność Ameryki Południowej, a literami A i B oznaczono wybrane obszary, na których występują gleby o różnej żyzności.

Zauważ, że choć na mapie przedstawiono roślinność, to polecenie dotyczy gleb. Musisz więc poprawnie przyporządkować gleby strefom roślinnym.

Na obszarze A występuje wilgotny las równikowy. Mimo iż jest to najbujniejsza formacja roślinna na Ziemi, ukształtowane pod nią gleby nie zawierają wiele próchnicy. Zachodzi tam proces ferralityzacji.



Zadania z poleceniem *przedstaw* są podobne do zadań z poleceniem *podaj*. Wymagają jednak szerszego zaprezentowania informacji. Dlatego nie ograniczaj się do hasłowej odpowiedzi, tylko sformułuj ją pełnymi zdaniami.

Obszar B jest porośnięty stepem. Ze względu na klimat nie ma na nim drzew, jednak dzięki dużym ilościom materii organicznej akumulowanej w poziomie próchnicznym występują najżyźniejsze gleby na świecie.

Przedstaw uwarunkowanie przyrodnicze, które sprzyjało wytworzeniu się na obszarze A mniej żyznych gleb niż na obszarze B.

Odpowiedź:

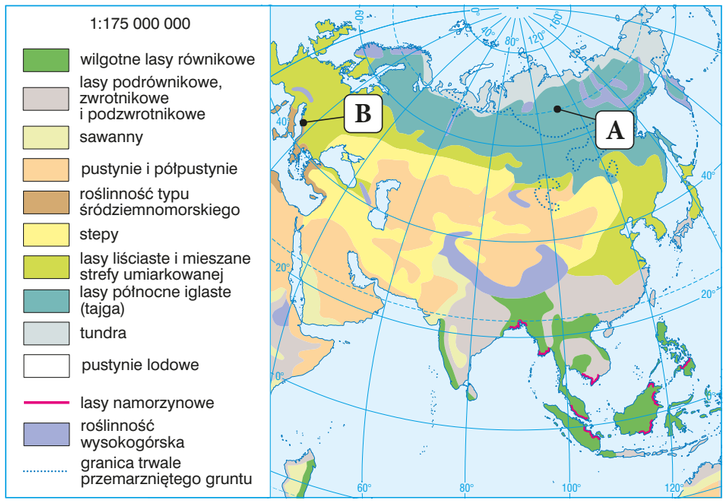
Obszar A leży w klimacie równikowym wybitnie wilgotnym, w którym temperatura powietrza i sumy opadów są wysokie przez cały rok. Takie warunki sprzyjają bardzo szybkiemu rozkładowi materii oraz wypłukiwaniu składników odżywczych. Z kolei na obszarze B występuje klimat umiarkowany ciepły kontynentalny. Roczne sumy opadów są nieduże, a temperatura powietrza w ciągu roku jest zróżnicowana. Występujące tam trawy każdego roku obumierają i dostarczają glebie znacznych ilości materii organicznej, która nie jest wypłukiwana z gleby.

Zadanie analogiczne

WYKONAJ W ZESZYCIE

Zadanie 1. (0–1)

Na mapie przedstawiono roślinność Eurazji, a literami A i B oznaczono wybrane obszary, na których występują gleby o różnej żyzności.



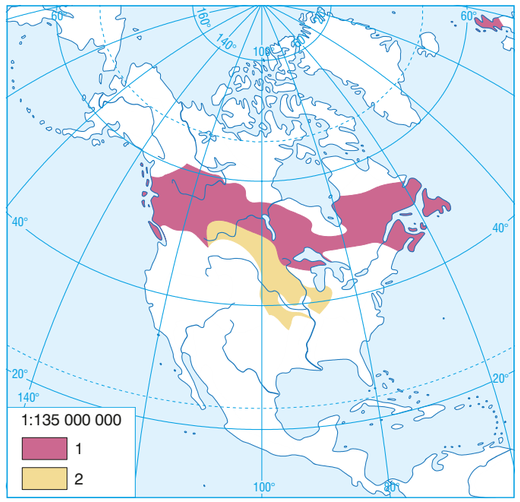
Przedstaw uwarunkowanie przyrodnicze, które sprzyjało wytworzeniu się na obszarze A mniej żyznych gleb niż na obszarze B.

Zadania powtórzeniowe

WYKONAJ W ZESZYCIE

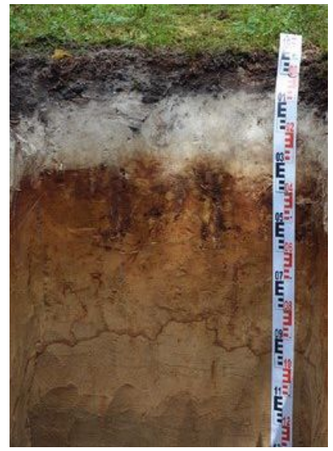
Zadanie 2.

Na mapie numerami 1 i 2 oznaczono obszary występowania wybranych gleb, na fotografiach A–C przedstawiono profile trzech gleb, a na fotografiach I–III – wybrane formacje roślinne.



A.

B.



C.

I.

II.

III.

Zadanie 2.1. (0–1)

Podaj nazwy gleb, których obszary występowania oznaczono na mapie numerami 1 i 2 oraz litery odpowiadające profilom tych gleb.

Obszar 1

Nazwa gleby: ? Profil: ?

Obszar 2

Nazwa gleby: ? Profil: ?

Zadanie 2.2. (0–1)

Uzupełnij zdania. Wpisz właściwe określenia wybrane spośród podanych w nawiasach.

Na obszarze 2 dominuje formacja roślinna przedstawiona na fotografii (*II* / *III*) ?. Jest ona typowa dla niektórych obszarów położonych w klimacie umiarkowanym (*ciepłym* / *chłodnym*) ?.

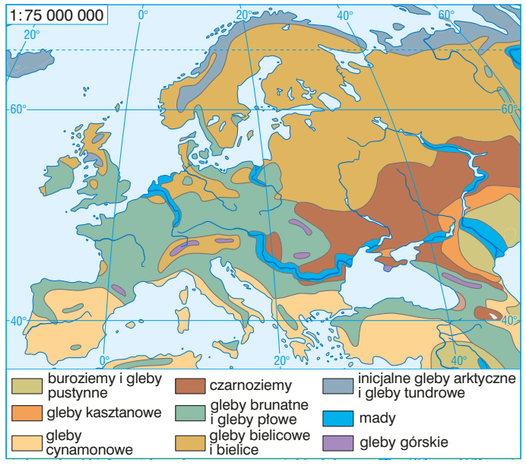
Zadanie 2.3. (0–1)

Wyjaśnij, dlaczego w Ameryce Północnej na obszarach, na których panują warunki umożliwiające występowanie formacji roślinnej oznaczonej numerem I, lesistość (udział lasów w ogólnej powierzchni danego obszaru) jest mniejsza niż na obszarach, na których panują warunki umożliwiające występowanie formacji roślinnej oznaczonej numerem II.

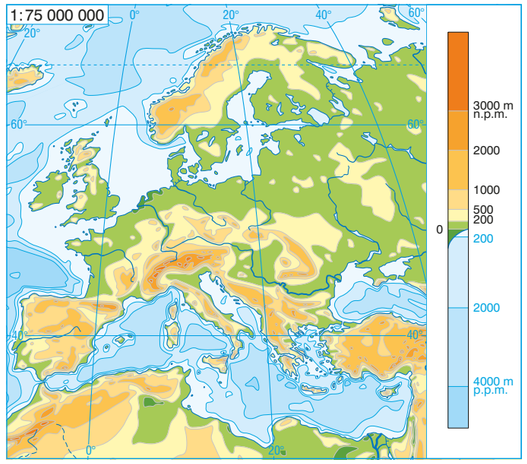
Zadanie 3.

Na mapach przedstawiono rozmieszczenie gleb w Europie oraz ukształtowanie powierzchni tego kontynentu.

Rozmieszczenie gleb w Europie



Mapa hipsometryczna Europy



Zadanie 3.1. (0–1)

Na podstawie map sformułuj wniosek dotyczący zależności między występowaniem w Europie gleb niestrefowych zaznaczonych na mapie a ukształtowaniem powierzchni tego kontynentu.

Zadanie 3.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz odpowiedź A lub B oraz jej uzupełnienie 1 lub 2.

Glebami niestrefowymi są np.

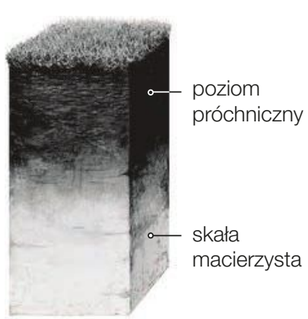
A.	gleby brunatne,	które odznaczają się	1.	płytkim profilem glebowym.
B.	gleby górskie,		2.	dobrze wykształconym poziomem próchnicznym.

Zadanie 3.3. (0–1)

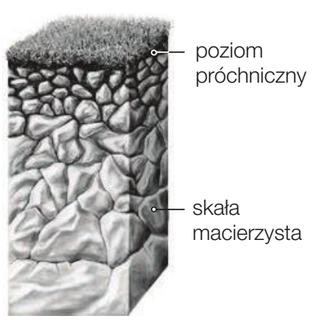
Ilustracje przedstawiają wybrane profile glebowe.

Zaznacz literę, którą oznaczono ilustrację przedstawiającą profil gleby niestrefowej.

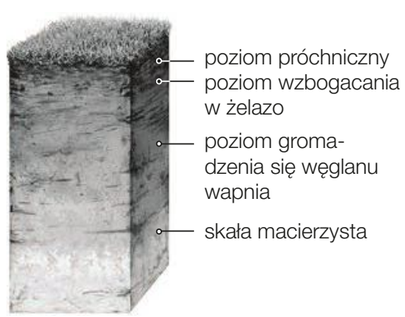
A.



B.



C.



Interakcje

Przykłady zależności występujących między poszczególnymi sferami Ziemi

Interakcje

Przykłady oddziaływania ciał niebieskich oraz wpływu ruchów Ziemi na jej sfery

Wpływ na litosferę

- Siła odśrodkowa działająca podczas obrotu Ziemi wokół własnej osi powoduje jej spłaszczenie biegunowe. 1
- Ruchy obrotowy i obiegowy Ziemi wpływają na ilość energii słonecznej docierającej do jej powierzchni. Od tej ilości zależy z kolei intensywność wietrzenia mechanicznego skał.

Wpływ na atmosferę

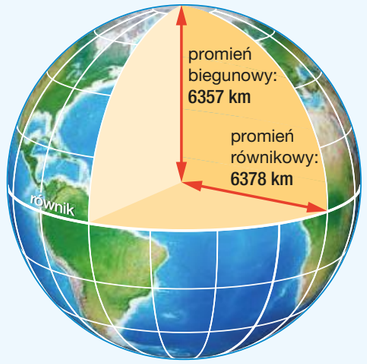
- Kształt Ziemi, jej ruchy oraz nachylenie osi ziemskiej do płaszczyzny orbity decydują o różnicach w ilości energii słonecznej docierającej do poszczególnych obszarów. Konsekwencją tego zróżnicowania jest występowanie stref klimatycznych.
- W związku z nachyleniem osi ziemskiej oraz ruchem obiegowym oświetlenie naszej planety zmienia się w rytmie rocznym i wywołuje sezonowe zmiany w atmosferze.
- Następstwem ruchu obrotowego Ziemi jest siła Coriolisa. Powoduje ona m.in. odchylanie kierunków przemieszczających się mas powietrza i wiatrów (na półkuli północnej w prawo, a na półkuli południowej – w lewo).

Wpływ na hydrosferę

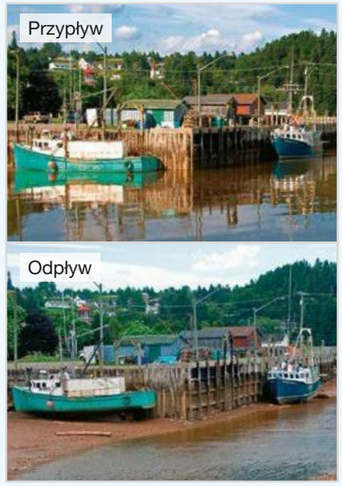
- Dzięki grawitacji wody tworzące hydrosferę krążą wraz z Ziemią wokół Słońca.
- Energia słoneczna i grawitacja odgrywają ogromną rolę w obiegu wody w przyrodzie (dzięki nim zachodzi parowanie i występują opady).
- Odmienna ilość promieni słonecznych docierających do poszczególnych obszarów wpływa na zróżnicowanie temperatury powierzchniowej warstwy wód oceanicznych.
- Przyciąganie Księżyca i Słońca powoduje zmiany poziomu wód morskich (pływy). 2

Wpływ na biosferę i pedosferę

- Różnice w ilości promieniowania słonecznego docierającego do poszczególnych obszarów wpływają na zróżnicowanie strefowe biosfery i pedosfery.
- Ruchy wód morskich powstałe pod wpływem przyciągania Słońca i Księżyca (pływy) warunkują występowanie charakterystycznej roślinności przystosowanej do częstych zmian poziomu wody. 3



1 Spłaszczenie biegunowe Ziemi.



2 Pływy.

3 Namorzyny.

Przykłady wpływu atmosfery na inne sfery Ziemi

Wpływ atmosfery na hydrosferę

- Wartość temperatury powietrza decyduje o występowaniu wieloletniej zmarzliny oraz zlodzeniu wód powierzchniowych i podziemnych. Wielkość opadów oraz temperatura powietrza są głównymi czynnikami warunkującymi istnienie lodowców.
- Opady atmosferyczne oraz temperatura powietrza wpływają na zasoby wód podziemnych i powierzchniowych.

Wpływ atmosfery na litosferę

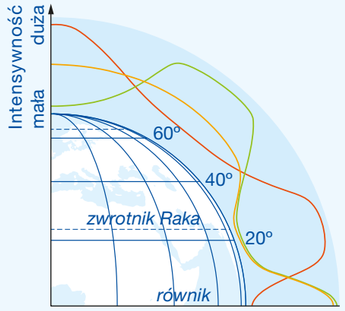
- Typ klimatu warunkuje procesy niszczące powierzchnię litosfery. Wietrzenie fizyczne zachodzi najintensywniej w klimatach o wysokiej amplitudzie temperatury powietrza. W klimatach wilgotnych i ciepłych przeważa wietrzenie chemiczne. 1
- Obfite opady, zwłaszcza na obszarach pozbawionych roślinności, mogą niszczyć podłoże skalne (szczególnie zbudowane ze skał podatnych na erozję). Przyspieszają też procesy stokowe.

Wpływ atmosfery na pedosferę

- Strefowość klimatyczna silnie wpływa na strefowość glebową.
- Warunki atmosferyczne należą do czynników glebotwórczych. Intensywne opady oraz silne wiatry przyczyniają się do niszczenia pokrywy glebowej. 2
- W ujemnej temperaturze zamarza zewnętrzna część litosfery, w tym pokrywa glebowa.

Wpływ atmosfery na biosferę

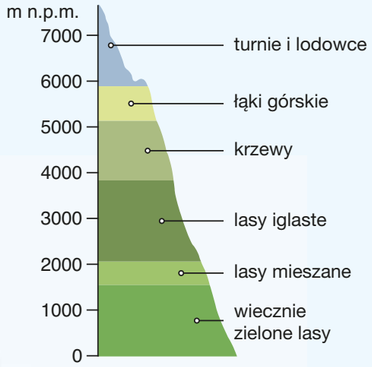
- Zróżnicowanie klimatyczne wyraźnie oddziałuje na zróżnicowanie roślinne (występowanie strefowości).
- W wyniku obniżania się temperatury powietrza wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza na obszarach górskich występują piętra roślinne. 3
- Silne i regularne wiatry z jednego kierunku mogą zmieniać wygląd pojedynczych drzew i całych formacji roślinnych (oraz ich układ). Jest to szczególnie widoczne na obszarach nadmorskich. Korony drzew są tam często znacznie przekrzywione i nachylone zgodnie z przeważającym kierunkiem wiatru. 4



Intensywność wietrzenia:
- biologicznego
- fizycznego
- chemicznego

1 Zróżnicowanie intensywności wietrzenia w zależności od szerokości geograficznej.

2 Erozja gleby.



3 Piętra roślinne w Himalajach.

4 Drzewo nachylone w wyniku przewagi jednego kierunku wiatru.

Przykłady wpływu hydrosfery na inne sfery Ziemi

Wpływ hydrosfery na atmosferę

- Wpływ oceanów sięga daleko w głąb lądu, natomiast wpływ jezior ma znaczenie lokalne. Różne tempo nagrzewania i ochładzania się wody oraz lądu oddziałuje na cyrkulację powietrza – powstają monsun i bryza.
- Prądy morskie wywierają wpływ na klimat obszarów, które opływają. Prądy ciepłe powodują wzrost temperatury powietrza. Z kolei prądy zimne przyczyniają się do spadku temperatury i zmniejszenia opadów, co może prowadzić do powstania pustyń. 1
- Zmiana rozkładu prądów morskich na Oceanie Spokojnym, znana jako Oscylacja Południowa El Niño, wywołuje anomalie pogodowe nawet na odległych obszarach.

1 Pustynia Namib – efekt oddziaływania zimnego Prądu Benguelskiego.

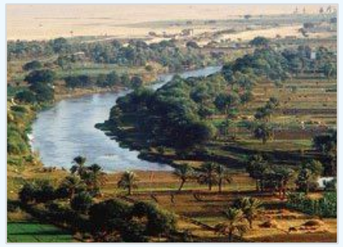
Wpływ hydrosfery na litosferę

- W środowisku wodnym powstaje większość skał osadowych, m.in. wapienie, gipsy, łupki, piaskowce oraz iły. 2
- Woda jest ważnym czynnikiem rzeźbotwórczym. Rzeki transportują do mórz materiał skalny z powierzchni lądów, żłobią i pogłębiają doliny oraz budują delty. Wody morskie modelują wybrzeże, wody opadowe przyczyniają się do krasowienia, a lodowce zmieniają powierzchnię lądów.

2 Gips.

Wpływ hydrosfery na pedosferę

- Woda jest bardzo ważnym czynnikiem glebotwórczym. Bierze udział w procesach przekształcania szczątków organicznych w próchnicę, a próchnicy – w substancje odżywcze pobierane z gleby przez rośliny.
- W dolinach i deltach rzek, których wody często występują z brzegów (np. Nilu), powstały bardzo żyzne gleby (mady). 3



3 Uprawy na madach w Dolinie Nilu.

Wpływ hydrosfery na biosferę

- Woda warunkuje życie organizmów.
- Odmienna ilość wody na poszczególnych obszarach wpływa na zróżnicowanie biosfery. 4

4 Bujne wilgotne lasy równikowe porastające obszary występowania deszczów zenitalnych.

Przykłady wpływu litosfery na inne sfery Ziemi

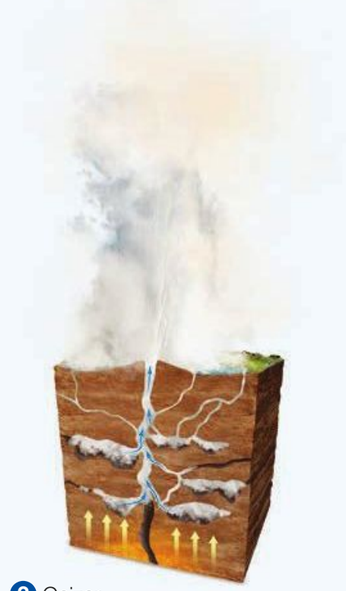
Wpływ litosfery na atmosferę

- Rozmieszczenie lądów i oceanów, ukształtowanie powierzchni terenu oraz wysokość nad poziomem morza należą do astrefowych czynników klimatotwórczych.
- Obszary górskie stanowią naturalną barierę dla przemieszczających się mas powietrza. 1
- W trakcie wybuchów wulkanów do atmosfery przedostają się duże ilości pyłów i gazów, a to zmienia jej skład. Cząstki pyłu wulkanicznego pełnią funkcję jąder kondensacji. Towarzyszące erupcji chmury pyłów mogą osiągać ogromne rozmiary i ograniczać dopływ energii słonecznej do powierzchni Ziemi.

1 Fen na La Palmie (Wyspy Kanaryjskie).

Wpływ litosfery na hydrosferę

- W litosferze i na jej powierzchni gromadzą się wody powierzchniowe i wody podziemne.
- Ciepło wnętrza Ziemi decyduje o występowaniu na niektórych obszarach źródeł wód termalnych i gejzerów. 2
- W wyniku procesów wewnętrznych, np. trzęsień ziemi i wybuchów wulkanów, mogą powstawać lub zanikać zbiorniki wodne. Ponadto pionowe ruchy skorupy ziemskiej modyfikują linię brzegową mórz i jezior oraz bieg rzek.



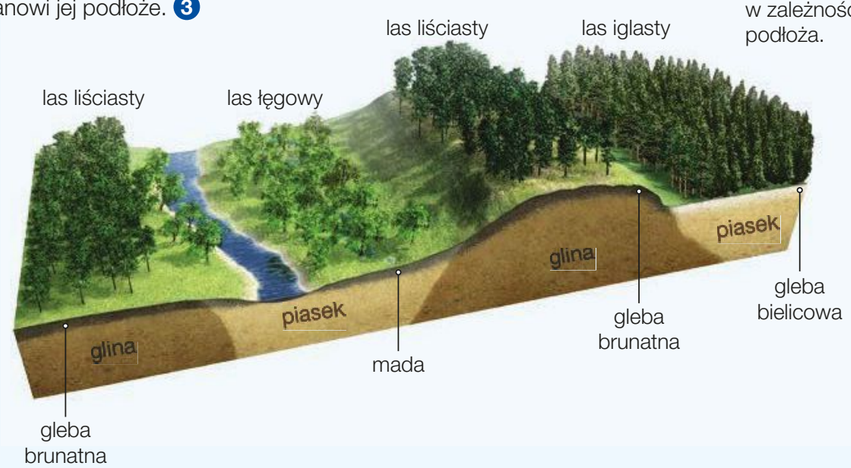
2 Gejzer.

Wpływ litosfery na biosferę

- Zewnętrzna warstwa litosfery stanowi środowisko życia wielu organizmów.
- Typ skał decyduje o rodzaju roślinności porastającej dany obszar. Na szatę roślinną wpływa także stopień zespolenia skał. Skały zwięzłe (np. granitowe) utrudniają rozwój roślin – zwłaszcza tych, które osiągają większe rozmiary (np. drzew).

Wpływ litosfery na pedosferę

- Litosfera dostarcza materiału skalnego, z którego tworzy się gleba, oraz stanowi jej podłoże. 3



3 Typy zbiorowisk leśnych w zależności od rodzaju podłoża.

Przykłady wpływu sfer Ziemi na rzeźbę terenu

Rzeźba terenu to zespół form powierzchniowych powstałych w wyniku oddziaływania na litosferę innych sfer Ziemi.

Wpływ litosfery na rzeźbę terenu

- W wyniku ruchów płyt litosfery powstają łańcuchy górskie, wyżyny, rowy oceaniczne oraz inne wielkie formy ukształtowania lądów i dna oceanicznego.
- Gwałtowne zjawiska, takie jak trzęsienia ziemi czy wybuchy wulkanów, mogą bardzo szybko zmieniać ukształtowanie powierzchni.
- Rzeźba terenu w dużym stopniu zależy od rodzaju podłoża. Skały luźniejsze i bardziej miękkie są szybciej niszczone i transportowane niż skały lite. 1

1 Granit – przykład skały litej o dużej odporności na wietrzenie i erozję (fot. Andy).

Wpływ atmosfery na rzeźbę terenu

- Na obszarach o wilgotnym klimacie zachodzi intensywne wietrzenie chemiczne, a tam, gdzie klimat jest suchy – fizyczne. Obfite opady są odpowiedzialne za przyspieszanie procesów stokowych.
- Wiatr może niszczyć, transportować i akumulować skały.

Wpływ biosfery i pedosfery na rzeźbę terenu

- Niektóre organizmy biorą udział w wietrzeniu. 2
- Roślinność porastająca stoki powstrzymuje rozwój procesów stokowych i spowalnia erozję gleby.

2 Korzenie drzew rozsadzające skały.

Wpływ hydrosfery na rzeźbę terenu

- Wody rzek erodują brzegi i dno. W efekcie powstają m.in. doliny V-kształtne, meandry i wodospady.
- Rzeka transportuje materiał skalny i go osadza. W ten sposób powstają np. piaszczyste łachy i delty.
- Wody morskie zmieniają kształt wybrzeży. Działalność mórz może być budująca (np. plaże, kosy) lub niszcząca (np. klif). 3
- Lodowce górskie przekształcają krajobraz gór. Lądolody kształtują znacznie większe powierzchnie – tworzą krajobraz glacjalny.
- Woda potrafi rozpuszczać skały węglanowe. W wyniku procesów krasowych powstają formy powierzchniowe i formy podziemne.

3 Klif.

Przykłady wpływu biosfery na inne sfery Ziemi

Wpływ biosfery na atmosferę

- Rośliny mają znaczny wpływ na skład chemiczny atmosfery – pobierają dwutlenek węgla oraz produkują tlen.
- Lasy wpływają na klimat lokalny. Latem jest w nich chłodniej i bardziej wilgotno niż na otaczających obszarach. Natomiast zimą temperatura panująca w lesie jest wyższa niż na niezalesionych obszarach.
- Pyłki roślin oraz bakterie mogą stanowić jądra kondensacji i przyczyniać się do powstawania opadów atmosferycznych.

Wpływ biosfery na hydrosferę

- Rozkład materii organicznej zmienia chemiczne i fizyczne cechy wód powierzchniowych, przez co powstają np. jeziora dystroficzne. 1
- Woda jest składnikiem tkanek, więc organizmy uczestniczą w obiegu wody w przyrodzie. Na przykład w roślinach woda przedostaje się z gleby do atmosfery w wyniku transpiracji.
- Szata roślinna pełni funkcję retencyjną. Spowalnia także spływ powierzchniowy i – częściowo – odpływ podziemny.

1 Jezioro dystroficzne.

Wpływ biosfery na pedosferę

- Organizmy odgrywają istotną rolę w procesie glebotwórczym. Przyswojone przez nie pierwiastki pozostają w ich szczątkach, a to zwiększa żyzność gleb.

Wpływ biosfery na litosferę

- Szata roślinna chroni stoki gór, zbocza dolin oraz wydmy przed spłukiwaniem zwietrzałych skał i ich osuwaniem się. 2

2 Bogata szata roślinna zmniejszająca podatność skał na erozję.

Przykłady wpływu pedosfery na inne sfery Ziemi

Wpływ pedosfery na litosferę

- Gleby biorą udział w wietrzeniu skał, zwłaszcza w wietrzeniu chemicznym.

Wpływ pedosfery na atmosferę

- W glebach znajduje się wiele związków chemicznych, które, uwalniane do atmosfery, mogą zmieniać jej skład.
- Gleby wpływają na mikroklimat.

Wpływ pedosfery na hydrosferę

- Przez spływy błotne i osuwiska mogą powstawać jeziora zaporowe.
- Gleby pełnią funkcję retencyjną – magazynują wodę.

Wpływ pedosfery na biosferę

- Gleba jest środowiskiem życia wielu organizmów (m.in. bakterii, grzybów, owadów i niewielkich ssaków). 1
- Gleba stwarza roślinom warunki do rozwoju (np. zapewnia im wodę i tlen).
- W glebie zachodzą procesy, od których zależy dostępność składników odżywczych niezbędnych dla roślin, np. humifikacja.
- Rodzaj gleby w dużym stopniu wpływa na to, jaki typ roślinności występuje na danym obszarze. 2

1 Kret – przykład ssaka żyjącego w glebie.

? *Na podstawie dodatkowych źródeł informacji wyjaśnij, dlaczego gleba bywa nazywana zwierciadłem krajobrazu.*

2 Tajga – formacja roślinna występująca głównie na glebach bielicowych.

Warsztaty terenowe

Instrukcje do przeprowadzenia wybranych zajęć terenowych

Warsztaty terenowe

Obserwacje geologiczne i geomorfologiczne

W środowisku geograficznym nieustannie zachodzą skomplikowane procesy geologiczne i geomorfologiczne. Dzięki ich obserwacji, rejestrowaniu i analizie możemy się dowiedzieć, jak żyć w zgodzie ze środowiskiem, jak postępować, aby jego degradacja była jak najmniejsza i jak minimalizować negatywne skutki zachodzących w nim zjawisk.

Do obserwacji elementów środowiska zawsze musimy się odpowiednio przygotować. Aby dostrzec zmiany, którym one uległy, trzeba zarejestrować ich stan przynajmniej w dwóch oddalonych od siebie momentach (najlepsze wyniki dają jednak cykliczne obserwacje). Mogą to być np. dni w dwóch miesiącach następujących po sobie, albo – jeśli wystąpią gwałtowne zjawiska atmosferyczne, takie jak burze z ulewnymi opadami czy porywisty wiatr wywołujący wysokie fale – kolejne godziny tego samego dnia. Powtarzanie obserwacji i badań jest bardzo ważne. Nie uda się nam bowiem ustalić, jak głęboko rzeka podcięła brzegi w trakcie wezbrania, jeśli nie sprawdzimy, jaki był ich wcześniejszy wygląd. Podobnie nie będziemy mogli opisać zmian wywołanych rzeźbotwórczą działalnością morza, jeżeli nie udokumentujemy stanu wybrzeża np. przed sztormem.

Przebieg warsztatu

1 Wybór obszaru badań.

Wybierz obszar, na którym chcesz prowadzić obserwacje. Obserwowanymi elementami środowiska geograficznego mogą być m.in.:

- **rzeki i potoki** – możesz zarejestrować podcinanie brzegów rzeki przez nurt, powiększanie się łach w miejscu osadzania materiału skalnego czy zmiany przebiegu i głębokości koryta;
- **pola uprawne** – wierzchnia warstwa gruntu jest spłukiwana nawet na terenach o niewielkim nachyleniu, dlatego możesz zmierzyć zagłębienia powstałe na polu w wyniku erozyjnej działalności deszczu, a także ustalić, jaka jest wielkość stożków utworzonych z napływającego materiału skalnego (obszary, na których wystąpiły te procesy, różnią się od pozostałych m.in. kolorem powierzchniowej warstwy gleby);
- **czynne osuwiska** – możesz zarejestrować zmiany wielkości i nachylenia skarpy, obliczyć odległość, o którą przesunął się materiał skalny, a nawet oszacować jego objętość;
- **nieutwardzone drogi** – możesz zmierzyć głębokość zagłębień powstałych w wyniku erozyjnej działalności deszczu lub wiatru. Jeżeli droga nie jest uczęszczana, możesz umocować na niej przed deszczem bardzo drobne sito lub chwytak z materiału, a po ustaniu opadów zważyć zebrany materiał skalny;
- **klify morskie**, **ściany skalne** – możesz zbadać, ile materiału skalnego odpadło od ściany od czasu pierwszej obserwacji do następnej, a przy okazji ustalić, jakie jest pochodzenie skał znalezionych pod klifem.

2 Wybór terminu obserwacji.

Zastanów się, w których dniach lub godzinach najlepiej przeprowadzić obserwacje. Jeśli zdecydujesz się na badanie zmian zachodzących w korycie rzeki, sprawdź w prognozach pogody, czy w najbliższych dniach mogą wystąpić wysokie opady. Przeanalizuj także wykresy przepływów, aby dowiedzieć się, w którym miesiącu następuje największy wzrost przepływów w ciągu roku. Możesz też ustalić, czy w Twojej okolicy mają być wykonywane większe prace budowlane prowadzące do zmian w rzeźbie terenu, np. do powstania lokalnych osuwisk.

3 Wybór metody badań.

W trakcie badań możesz wykorzystywać różne metody badań geograficznych. Szczególnie przydatne będą metody ilościowe: pomiary wysokości, głębokości czy powierzchni. Możesz jednak zastosować także metody jakościowe, np. porozmawiać z rolnikami pracującymi na polu czy z osobami, które mieszkają bardzo blisko rzeki. Pamiętaj o tym, aby dokładnie wyznaczyć współrzędne geograficzne miejsca prowadzenia badań.

4 Sporządzanie dokumentacji.

Nie zapomnij, że równie ważne jak zbieranie informacji jest ich selekcjonowanie i dokumentowanie. Dlatego zapisuj wyniki pomiarów, wykonuj zdjęcia, szkice i nanoś dane na mapę (np. wydrukowaną z dowolnego geoportalu). Im więcej istotnych informacji zbierzesz na swoim polu badawczym, tym ciekawsza będzie analiza wyników.

5 Obserwacje i pomiary.

Przed udaniem się na wybrane wcześniej miejsce upewnij się, że masz wszystkie niezbędne narzędzia pomiarowe oraz przedmioty i urządzenia do sporządzania dokumentacji. Obserwuj poszczególne elementy środowiska przyrodniczego, prowadź pomiary, zapisuj uzyskiwane informacje, rób zdjęcia. Po upływie ustalonego czasu (albo np. po ulewnym deszczu) wróć na miejsce obserwacji i ponów badania.

Porównanie wyników będzie możliwe tylko wtedy, gdy w obu momentach badawczych wykorzystasz **jednakowe metody badań** i dokumentacji (np. zmierzysz szerokość koryta rzeki w tym samym miejscu i sfotografujesz ten sam odcinek brzegu).

Podcinany brzeg Wdy.

6 Zajęcia kameralne (do wykonania przy biurku).

- Opracuj materiał uzyskany w trakcie badań. Przedstaw go np. w formie sprawozdania czy prezentacji multimedialnej (możesz nawet nakręcić film). W opracowaniu zawrzyj wszystkie zebrane informacje o obszarze badawczym: dokładną lokalizację, pomiary dotyczące zmian elementu środowiska, a także wnioski. Na podstawie uzyskanych wyników możesz również opracować prognozę kolejnych zmian.
- Zastanów się, czy zaobserwowane zmiany wpływają na życie mieszkańców Twojej okolicy oraz czy występuje relacja odwrotna (człowiek wpływa na tempo zmian). Jeśli zachodzące procesy mogą zagrażać ludziom lub środowisku, zaproponuj działania, które pozwolą je zahamować.

Obserwacja osuwiska na wybrzeżu w Gdyni-Orłowie w 2018 r.

Rozpoznawanie skał

Rozpoznawanie skał, szczególnie tych, które występują rzadko, może nie być łatwe. Geolodzy analizują fizyczne i chemiczne cechy skał, np. twardość, barwę, łupliwość i połysk, z wykorzystaniem wielu skomplikowanych metod. Ty możesz jednak sklasyfikować niektóre skały znalezione w najbliższej okolicy bez ich zastosowania. Zapoznaj się z poniższą instrukcją, przypomnij sobie wiadomości z lekcji o skałach i zajrzyj do atlasu skał i minerałów lub innych wiarygodnych źródeł.

Przebieg warsztatu

1 Wybór miejsca badań.

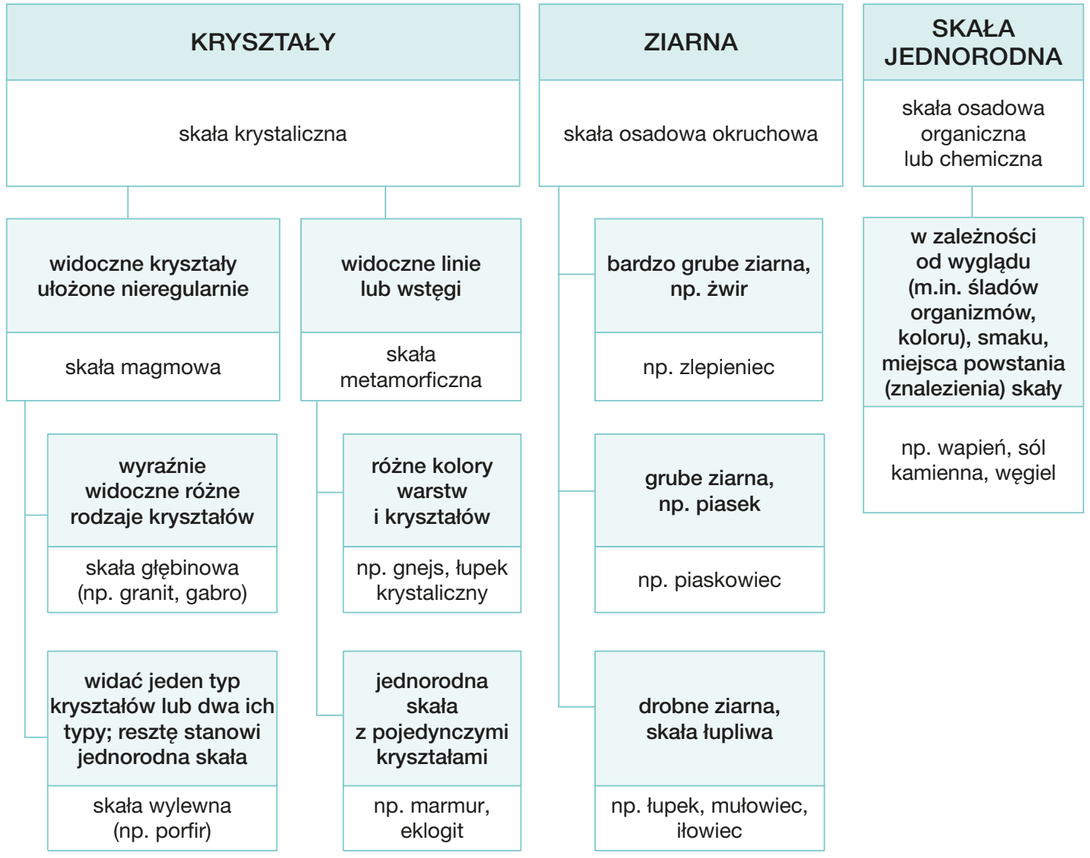
Przeprowadź badania tam, gdzie skały znajdują się na powierzchni. Może to być odsłonięcie geologiczne, klif, ściana wąwozu, brzeg rzeki, zaorane pole, a nawet – ogródek lub działka. Pamiętaj, że niektóre skały są wykorzystywane w budownictwie, np. do utwardzania dróg, więc nie zawsze na podstawie znalezionego okrucha skalnego można wnioskować o budowie geologicznej danego obszaru.

2 Rozpoznanie ogólnej budowy skały.

Najłatwiej dostrzec cechy skały na świeżym przełamie, czyli fragmencie, który nie jest zwietrzały. Aby go uzyskać, trzeba rozłupać skałę. Jeżeli nie możesz rozłupać skały, opisz jej cechy na podstawie zewnętrznej warstwy. Przyjrzyj się wybranej skale. Jeśli możesz dostrzec w niej kryształy (jednego rodzaju lub różne), to jest to skała krystaliczna (magmowa albo metamorficzna). Jeśli zaś składa się z ziaren lub jest jednorodna, to należy do skał osadowych.

3 Rozpoznanie rodzaju skały.

W tym kroku wykorzystaj poniższy schemat. Pamiętaj, że przedstawiono na nim tylko wybrane rodzaje skał. Do rozpoznawania skał wykorzystaj również fotografie oraz opisy znajdujące się na s. 195–198.



Odkrywka geologiczna

Odkrywki geologiczne to wszystkie miejsca, w których w wyniku procesów naturalnych lub na skutek działalności człowieka zostały odsłonięte warstwy skał przykryte w normalnych warunkach powierzchniową warstwą gruntu. Znajdują się one na różnych terenach, np. tam, gdzie rzeka rozcina warstwy skalne, w obrębie osuwisk, w kamieniołomach czy wyrobiskach. Jako odkrywkę można również traktować wykopy powstałe przy budowie garażu podziemnego czy skarpę rozciętą w czasie budowy drogi. Dzięki odkrywkom możemy poznać historię geologiczną swojego regionu. Musimy jednak wiedzieć, jak analizować odsłonięty w nich układ warstw skalnych.

Rozpoznawanie skał w odkrywce geologicznej.

Przebieg warsztatu

1 Przygotowania do warsztatu.

Zbierz informacje o skałach występujących w Twojej okolicy. Przeanalizuj mapy zamieszczone w atlasie geograficznym i skorzystaj z portalu Centralnej Bazy Danych Geologicznych (→ *PoGISujmy*, s. 200).
Dzięki portalowi możesz się dowiedzieć:
– gdzie w Twojej okolicy znajdują się geostanowiska,
– jakie skały występują w Twoim regionie,
– czy w Twoim regionie są obszary wykorzystywane górniczo i jakie surowce wydobywa się w ich obrębie.

2 Wybór miejsca badań.

Wybierz odkrywkę, którą będziesz badać. Pamiętaj, że tam, gdzie nastąpiło odsłonięcie ukrytych wcześniej warstw skalnych, **musisz zachować bardzo dużą ostrożność** – proces odsłaniania może się powtórzyć w niekontrolowany sposób. Propozycje miejsc, które możesz uznać za odkrywkę, oraz cechy skał i ich układu, na które warto zwrócić uwagę, znajdują się poniżej.

Skalna ściana

Zwróć uwagę na:

- rodzaj skał występujących w odkrywce – czy znajdowały się w tym miejscu zawsze, czy powstały na innym obszarze, lecz zostały przetransportowane np. w wyniku rzeźbotwórczej działalności lądolodu,
- sposób zalegania warstw skalnych – czy ich układ jest taki sam jak w momencie powstania (warstwy układają się poziomo), czy się zmienił (np. niektóre warstwy uległy deformacjom),
- kolejność występowania warstw,
- miąższość warstw – duża miąższość świadczy o tym, że warunki, w których powstawała dana warstwa, występowały przez długi czas lub że w krótkim czasie została naniesiona bardzo duża ilość materiału skalnego.

Osady rzeczne

Zwróć uwagę na:

- wielkość ziaren skalnych (frakcję) budujących poszczególne warstwy – drobne osady są transportowane i akumulowane podczas spokojnego przepływu wody, z kolei żwiry i kamienie – gdy rzeka ma wartki nurt i prowadzi dużo wody,
- jednorodność frakcji skał tworzących poszczególne warstwy – występowanie skał o zbliżonej frakcji świadczy o tym, że warunki w czasie tworzenia się warstwy nie ulegały znacznym zmianom, a zróżnicowanie frakcji dowodzi częstych i gwałtownych zmian,
- miąższość warstw,
- stopień obtoczenia krawędzi żwiru i większych fragmentów skalnych – im bardziej obłe są ich krawędzie, tym dłużej były transportowane, a im ostrzejsze – tym krócej,
- rodzaj skał budujących nanosy rzeczne – dzięki temu możesz ustalić, skąd zostały one przetransportowane.

Wydma lub wąwóz lessowy

Zwróć uwagę na:

- wielkość ziaren widocznych w odkrywce,
- układ warstw – jednorodny świadczy o tym, że przez długi czas dominował jeden kierunek wiatru, a zróżnicowany wskazuje na częste zmiany kierunku wiatru transportującego materiał,

- frakcje materiału tworzącego kolejne warstwy – duże różnice w wielkości ziaren świadczą o tym, że zmieniała się siła wiatru transportującego materiał skalny,
- korzenie roślin – mogą one w mniejszym lub większym stopniu zaburzać układ warstw skalnych.

3 Badania w terenie.

Po dotarciu na miejsce odkrywki wykonaj kolejno czynności, które pozwolą Ci ją przeanalizować oraz udokumentować zebrane informacje:

- Rozpoznaj skały odsłonięte w odkrywce geologicznej.
- Jeśli widzisz warstwowanie, ustal, jaki jest układ tych warstw. Podczas wykonywania tego zadania możesz posłużyć się busolą, poziomicą i kątomierzem. Dzięki nim wyznaczysz przeważający kierunek geograficzny nachylenia warstw skalnych oraz ich upad (kąt nachylenia danej warstwy do płaszczyzny poziomu).
- Zrób zdjęcia odkrywki lub ją naszkicuj. Jeśli zdecydujesz się na fotografowanie, umieść w kadrze przedmiot, który pozwoli Ci oszacować grubość kolejnych warstw (np. 20-centymetrową linijkę).
- Przeanalizuj układ warstw w kontekście naturalnych procesów geologicznych, które zachodziły na obszarze, gdzie występuje odkrywka.

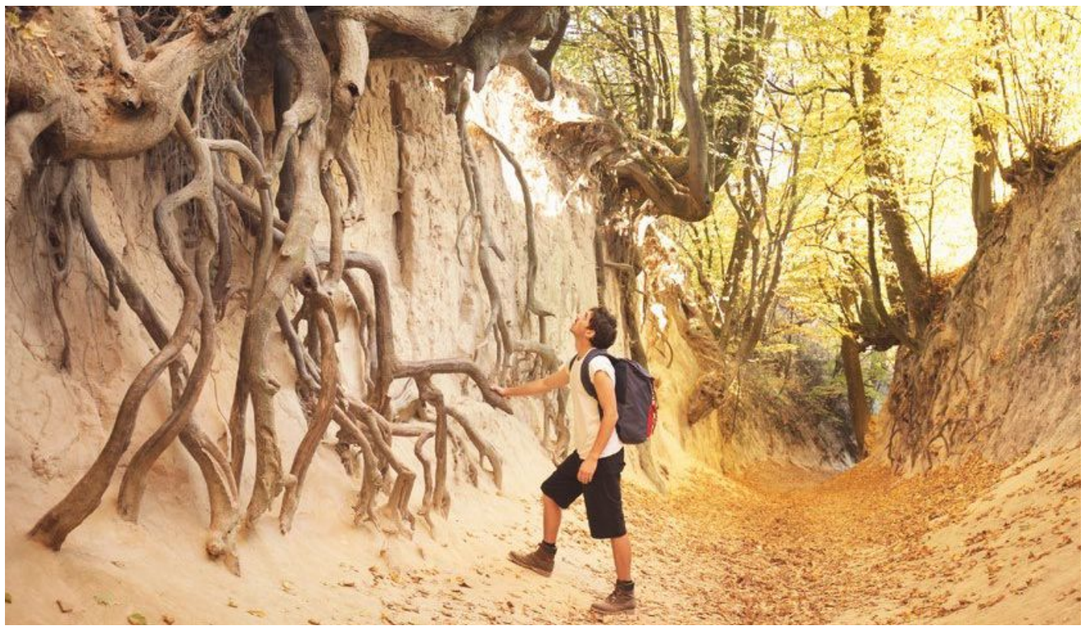
4 Analiza i wnioskowanie po badaniach terenowych.

Przygotuj dokumentację odkrywki. Zanotuj wszelkie uwagi i spostrzeżenia. W trakcie analizy wykorzystaj wiedzę o skałach oraz o procesach geologicznych i rzeźbotwórczych. Przeanalizuj także mapy geologiczne znajdujące się w atlasie lub w internecie. Sformułuj wnioski. Skup się przede wszystkim na procesach, które doprowadziły do powstania widocznego układu warstw skalnych.

5 Jeżeli Twoja odkrywka należy do geostanowisk zarejestrowanych w Centralnej Bazie Danych Geologicznych, możesz uzyskać na jej temat szczegółowe informacje, a następnie porównać je z własnymi wnioskami.

UWAGA!

Podczas prowadzenia obserwacji i badań w miejscu, w którym znajduje się odkrywka geologiczna (np. pod ścianą skalną, w kamieniołomie, nad rzeką), **pamiętaj o zachowaniu szczególnej ostrożności**. Nigdy nie wchodź do czynnych wyrobisk bez wiedzy oraz zgody pracujących tam osób, nie wspinaj się na ściany skalne lub usypiska i nie wychylaj się za krawędź odkrywki. Poinformuj rodziców, kolegów i nauczycieli, gdzie będziesz prowadzić badania, a najlepiej poproś ich o towarzystwo.



Obserwacja zbocza wąwozu lessowego w okolicach Kazimierza Dolnego.

Opisywanie gleby i procesów glebotwórczych

Aby scharakteryzować gleby występujące np. w okolicy Twojej szkoły, musisz zebrać informacje o elementach środowiska przyrodniczego wpływających na kształtowanie się gleb i przeanalizować układ warstw w profilu glebowym.

Przebieg warsztatu

1 Zbierz informacje dotyczące wybranych elementów środowiska przyrodniczego w okolicy Twojej szkoły.

Odszukaj w atlasie geograficznym oraz w innych źródłach (np. na lokalnych stronach internetowych) informacje dotyczące warunków klimatycznych, przeważających typów skał w podłożu oraz szaty roślinnej.

2 Przygotuj się do zajęć terenowych.

Przygotuj narzędzia niezbędne do odsłonięcia profilu glebowego i do jego opisu:

- łopatkę,
- taśmę mierniczą,
- ołówek,
- kartę opisu gleby.

Karta opisu gleby

	Nazwa warstwy	Miąższość	Głębokość występowania	Skład	Barwa	Wilgotność
10 cm						
20 cm						
30 cm						
40 cm						
50 cm						
60 cm						
70 cm						
80 cm						
90 cm						
100 cm						
110 cm						
120 cm						
130 cm						
140 cm						
150 cm						

Typ gleby: _____

Karta opisu gleby.

3 Przygotuj odsłonięcie profilu glebowego.

Odszukaj naturalne lub sztuczne odsłonięcie profilu glebowego i w razie potrzeby wyrównaj je łopatką. Pamiętaj o zachowaniu zasad bezpieczeństwa. Unikaj sytuacji, które mogłyby prowadzić np. do obsunięcia się ziemi.

4 Scharakteryzuj profil glebowy.

Uzupełnij kartę opisu gleby:

- naszkicuj wzdłuż miarki zasięg poszczególnych warstw w profilu glebowym,
- zapisz informacje dotyczące kolejnych poziomów glebowych:
  - nazwę,
  - miąższość,
  - głębokość występowania,
  - skład (np. żwir, piasek, glina),
  - barwę,
  - wilgotność (mokra, wilgotna, sucha).

5 Ustal, jaki typ gleby występuje w okolicy Twojej szkoły.

Na podstawie odkrywki oraz ilustracji zamieszczonych w podręczniku na s. 302–303 rozpoznaj typ gleby. Opisz procesy glebotwórcze, które wystąpiły na tym obszarze.

Sporządzanie notatek w terenie.

Rozwiąż samodzielnie – klucz odpowiedzi

Odczytywanie informacji z wykresów (s. 14)
Paragwaj, Peru, Meksyk, Stany Zjednoczone

Obliczanie odległości w terenie na podstawie skali mapy (s. 18)
1 cm – 10 km
4 cm – x
x = 4 cm · 10 km : 1 cm = 40 km

Obliczanie powierzchni w terenie na podstawie skali mapy (s. 19)
1 cm – 250 m
1 cm^2 – 62 500 m^2
12 cm^2 – x
x = 62 500 m^2 · 12 cm^2 : 1 cm^2 = 750 000 m^2 = 75 ha

Obliczanie skali mapy na podstawie odległości w terenie (s. 19)
8 cm – 50 km
1 cm – 6,25 km
1:625 000

Odczytywanie współrzędnych geograficznych (s. 21)
Caracas: 10°N, 67°W; Buenos Aires: 35°S, 59°W

Czytanie mapy turystyczno-topograficznej

Analiza profilu terenu (s. 29)
Turysta doszedł do przełęczy Obidza.

Wyznaczanie azymutu (s. 29)
azymut 120°

Obliczanie średniego nachylenia terenu (s. 30)
H = 947 m – 490 m = 457 m
1 cm – 500 m
3,3 cm – L
L = 3,3 cm · 500 m : 1 cm = 1650 m
J = 457 m : 1650 m = 0,28 (28%; 280‰)

Obliczanie skali reliefu (s. 30)
1 cm – 500 m
4,2 cm – x
x = 500 m · 4,2 cm : 1 cm = 2100 m
2,9 cm – 2100 m
1 cm – y
y = 2100 m · 1 cm : 2,9 cm = 724,1 m
1:72 000

Obliczanie czasu przejścia trasy (s. 31)
1 cm – 500 m
10,2 cm – x
x = 500 m · 10,2 cm : 1 cm = 5100 m
4000 m – 60 min
5100 m – y
y = 60 min · 5100 m : 4000 m = 76,5 min
968 m – 340 m = 628 m
628 m · 10 min : 100 m = 62,8 min
76,5 min + 62,8 min = 139 min

Identyfikowanie obiektów na fotografii (s. 31)
schronisko Cyrla

Identyfikowanie obiektów na zdjęciu satelitarnym (s. 32)
Łomnica-Zdrój

Identyfikowanie obiektów na geokompozycji (s. 33)
A

Obliczanie różnicy czasu słonecznego (s. 70)
21° – 19° = 2°
2 · 4 min = 8 min
14.30 + 8 min = 14.38

Obliczanie długości geograficznej na podstawie różnicy czasu słonecznego (s. 70)
15.20 – 12.00 = 3 h 20 min = 200 min
4 min – 1°
200 min – x
x = 200 min · 1° : 4 min = 50°
50° – 6° = 44° (44°E)

Obliczanie wysokości górowania Słońca nad horyzontem (s. 81)
Równonoc: h = 90° – 10° = 80°
Przesilenie letnie: h = 90° – 23°26' + 10° = 76°34'
Przesilenie zimowe: h = 90° – 10° – 23°26' = 56°34'

Obliczanie szerokości geograficznej na podstawie wysokości górowania Słońca w dniach równonocy i przesileń (s. 81)
φ = 90° – 30°30' + 23°26' = 82°56' (82°56'S)

Obliczanie temperatury powietrza na podstawie gradientu (s. 99)
2499 m – 1395 m = 1104 m
100 m – 0,6°C
1104 m – x
x = 1104 m · 0,6°C : 100 m = 6,6°C
12°C – 6,6°C = 5,4°C

Opisywanie stanu pogody i prognozowanie pogody na podstawie mapy synoptycznej i zdjęcia satelitarnego (s. 121)
W związku z przechodzeniem ciepłego frontu atmosferycznego spadnie ciśnienie, nastąpi wzrost zachmurzenia i temperatury oraz pojawią się opady. W dalszej części dnia przejdzie front chłodny, który przyczyni się do obniżenia temperatury.

Rozpoznawanie strefy klimatycznej i typu klimatu na podstawie klimatogramu (s. 133)
klimat równikowy wilgotny

Analiza przekroju geologicznego (s. 232)
Osady morskie miocenu są starsze niż intruzja magmowa.

Zadania analogiczne i powtórzeniowe – klucz odpowiedzi

Rozdział I

1. Na przykład:
- W okolicach Śnieżki grzbiet znajduje się na większej wysokości nad poziomem morza niż w okolicach Równi pod Śnieżką.
- W okolicach Śnieżki grzbiet tworzy wyraźną kulminację o stromych stokach, a w okolicach Równi pod Śnieżką jest mocno spłaszczony.
- W okolicach Śnieżki grzbiet znajduje się w piętrze hal, a w okolicach Równi pod Śnieżką – w piętrze kosodrzewiny.

2.1. H = 3250 m – 1450 m = 1800 m
1 cm – 500 m
8,2 cm – L
L = 8,2 cm · 500 m : 1 cm = 4100 m
J = 1800 m : 4100 m = 0,439
Odpowiedź: Średnie nachylenie terenu wzdłuż kolei linowej na Punta Rocca wynosi 43,9% (439‰).

2.2. 1 cm – 500 m
1 cm^2 – 250 000 m^2
7 cm^2 – x
x = 250 000 m^2 · 7 cm^2 : 1 cm^2 = 1 750 000 m^2 = = 175 ha
Odpowiedź: Lodowiec zajmuje w terenie powierzchnię 175 ha.

3.1. Na przykład:
- Zwiększył się obszar terenów zabudowanych.
- Znacznie wzrosła liczba ludności.

3.2. Na przykład: Położenie u ujścia wielkiej rzeki Jangcy nad brzegiem Morza Wschodniochińskiego. Taka lokalizacja sprzyjała rozwojowi handlu morskiego, rybołówstwa i przemysłu stoczniowego.

4.1. 1. metoda kropkowa, 2. metoda kartogramu

4.2. F, P, F, F

4.3. 1, C

Rozdział II

1. Obliczanie szerokości geograficznej:
h = 90° – φ + 23°26'
φ = 90° + 23°26' – h
φ = 90° + 23°26' – 86°37' = 26°49' (26°49'S)
Obliczanie długości geograficznej:
4 godz. 20 min = 260 min
260 min : 4° = 65°
λ = 0° + 65° = 65°W
Odpowiedź: φ = 26°49'S, λ = 65°W; San Miguel de Tucumán

2.1. Punkt C. Ten punkt znajduje się w niższej szerokości geograficznej niż pozostałe punkty.

2.2. A

3.1. 1. Valparaíso, 2. Santos, 3. Santos, 4. Nowy Jork

3.2. h = 90° – 23°26' + φ
φ = 23°26' + h – 90°
φ = 23°26' + 76°34' – 90° = 10°
Odpowiedź: Szukany port to Cartagena.

4.1. 130° + 150° = 280°
280° · 4 min = 1120 min = 18 godz. 40 min
11.20 (30 maja) + 18 godz. 40 min różnicy czasu + + 12 godz. lotu = 18.00 (31 maja)
Odpowiedź: Samolot przyleciałby do Jakucka 31 maja o godz. 18.00 czasu miejscowego.

4.2. 1. Naujaat, 2. Longyearbyen, 3. Jakuck

4.3. Naujaat

Rozdział III

1. 9 kwietnia 2021 r. Rzym znajdował się w zasięgu wyżu barycznego. W wyżu powietrze opada, co nie sprzyja występowaniu opadów. Z kolei nad Londynem przechodziły chłodne fronty atmosferyczne, których obecność wiąże się z występowaniem opadów frontalnych.

2.1. Syktywkar leży w głębi lądu, gdzie panuje klimat kontynentalny charakteryzujący się dużą roczną amplitudą temperatury powietrza. Natomiast Lerwick znajduje się na wyspie otoczonej wodami północnego Atlantyku, a więc w klimacie morskim, który odznacza się niewielką roczną amplitudą temperatury powietrza.

2.2. Wyspę, na której leży Esparagos, opływa zimny Prąd Kanaryjski, który ogranicza wielkość opadów.

3.1. 2. Uzasadnienie:
3618 m – 57 m = 3561 m
100 m – 0,6°C
3561 m – x
x = 3561 m · 0,6°C : 100 m = 21,4°C
10°C – 21,4°C= –11,4°C
3618 m – 1045 m = 2573 m
100 m – 1°C
2573 m – y
y = 2573 m · 1°C : 100 m = 25,7°C
–11,4°C + 25,7°C = 14,3°C

3.2. Na przykład:
- Jest ciepły – topnienie pokrywy śnieżnej.
- Ma dużą prędkość – niszczenie roślinności (łamanie drzew) i uszkadzanie budynków.

4.1. Duże zachmurzenie w Moskwie było skutkiem przechodzenia chłodnego frontu atmosferycznego. Rzym znajdował się natomiast w strefie oddziaływania wyżu barycznego, którego obecność nie wiąże się z występowaniem zachmurzenia.

4.2. A, 2

4.3. 1. Helsinki, 2. Helsinki, 3. Madryt

Rozdział IV

1. Im wyższa szerokość geograficzna, tym niższa temperatura wód powierzchniowych Oceanu Spokojnego.
2. 1. Jezioro rynnowe. Uzasadnienie: ma wydłużony kształt i znaczną głębokość.
2. Jezioro przybrzeżne. Uzasadnienie: jest płytkie, a od morza oddziela je wąski pas lądu (mierzeja).
3. Jezioro tektoniczne. Uzasadnienie: ma wydłużony kształt i bardzo dużą głębokość.
3.1. Na obszarach, na których występuje wieloletnia zmarzlina, latem rozmarza tylko wierzchnia warstwa gruntu. Teren jest przesiąknięty wodą, ponieważ nie może ona wsiąknąć w głębiej położoną, zamarzniętą warstwę.
3.2. 1. Latem utrudniony transport na nieutwardzonych drogach.
2. Konieczność wznoszenia niepodpiwniczonych budynków na palach, gdyż budynki zapadają się w rozmarzający latem grunt.
4.1. W sezonie następującym po wyjątkowo silnej ciepłej fazie ENSO zazwyczaj spada wielkość połowów ryb w Peru.
4.2. C – D – B – A
4.3. P, F, F, P

Rozdział V

1. Liniowy układ Hawajów wynika z ich genezy. W wyniku działania prądów konwekcyjnych przez miliony lat płyta litosfery przesuwała się w jednym kierunku nad plamą gorąca (hot spotem). To nad nią powstawały kolejne wyspy tego archipelagu.
2. A – E – F – B – D
3.1. bazalt, 2
3.2. F, F, P
4.1. C
4. 2. Himalaje powstały w wyniku kolizji dwóch płyt kontynentalnych: indyjskiej i eurazjatyckiej. Osady na dnie oceanu znajdującego się między dwoma fragmentami skorupy kontynentalnej zostały sfałdowane i wypiętrzone.
4.3. P, P, F

Rozdział VI

1. E – D – A – B
2. B, 4
3.1. A. lądolód, B. wiatr, C. wiatr, D. rzeka
3.2. Grzyb skalny został uformowany w wyniku niszczącej działalności wiatru nazywanej korazją. Polega ona na ścieraniu warstw skalnych przez unoszone w powietrzu twarde ziarna mineralne. Największą ilość takich ziaren powietrze przenosi przy powierzchni gruntu, dlatego właśnie tam korazja przebiega z największą intensywnością.
4.1. A – morena denna, B – rynna podlodowcowa, C – oz, D – morena czołowa, E – sandr, F – pradolina
4.2. Formy glacjalne: morena denna, morena czołowa. Erozyjne formy fluwioglacjalne: rynna podlodowcowa, pradolina.
Akumulacyjne formy fluwioglacjalne: oz, sandr.
4.3. P, F, P, F

Rozdział VII

1. Na przykład: Na obszarze A występuje wieloletnia zmarzlina. Gleba przez część roku jest zamarznięta, a w pozostałym okresie – przesiąknięta wodą. Dlatego jest mało żyzna. Na obszarze B rośnie makia, pod którą przy udziale dość wysokiej temperatury powietrza na skałach węglanowych wykształciły się gleby cynamonowe charakteryzujące się większą żyznością niż gleby obszaru A.
2.1. Obszar 1: gleba bielicowa, B.
Obszar 2: czarnoziem, A.
2.2. III, ciepłym
2.3. Lasy liściaste i mieszane rosną na żyźniejszych glebach (brunatne i płowe) niż lasy iglaste (gleby bielicowe i bielice). W związku z tym ludzie wycinali pod działalność rolniczą głównie lasy liściaste, co skutkuje niższą lesistością obszarów, na których pierwotnie występowały.
3.1. Gleby niestrefowe, które zostały zaznaczone na mapie (gleby górskie), występują jedynie na obszarach wysokogórskich, położonych zazwyczaj na wysokości powyżej 2000 m n.p.m.
3.2. B, 1
3.3. B

Dane statystyczne

Wybrane zagadnienia geografii fizycznej

Planety Układu Słonecznego

Planeta	Średnia odległość od Słońca [mln km]	Średnica [km]	Okres obiegu wokół Słońca	Liczba księżyców
Merkury	57,9	4 879	88 dni	0
Wenus	108,2	12 104	224,7 dnia	0
Ziemia	149,6	12 756	365,25 dnia	1
Mars	227,9	6 792	687 dni	2
Jowisz	778,6	142 984	11,9 roku	95
Saturn	1433,5	120 536	29,4 roku	145
Uran	2872,5	51 118	83,8 roku	27
Neptun	4495,1	49 528	163,7 roku	14

Czas trwania dnia polarnego i nocy polarnej na półkuli północnej

Szerokość geograficzna	Dzień polarny			Noc polarna		
	początek	koniec	liczba dni	początek	koniec	liczba dni
90°	19 III	25 IX	189	25 IX	19 III	176
86°	30 III	15 IX	168	5 X	9 III	156
80°	1 IV	29 VIII	136	21 X	21 II	123
76°	26 IV	18 VIII	114	2 XI	10 II	99
68°	26 V	17 VIII	52	10 XII	3 I	25

Albedo wybranych powierzchni

Rodzaj powierzchni	Albedo [%]
Śnieg świeży	75–95
Lód morski	36–50
Morze	10–60
Piasek wydmowy	20–45
Pustynia piaszczysta	25–30
Łąka	25–30
Beton suchy	17–27
Las liściasty	10–20
Lita skała	12–15
Czarna nawierzchnia dróg	5–10

Termiczne rekordy klimatyczne

Rekord klimatyczny	Wartość [°C]	Miejsce	Data
Najwyższa temperatura powietrza na świecie	+56,7	Dolina Śmierci	10.07.1913
Najniższa temperatura powietrza na świecie	–89,2	stacja Wostok	21.07.1983
Najwyższa temperatura powietrza na półkuli południowej	+50,7	Oodnadatta	2.01.1960
Najniższa temperatura powietrza na półkuli północnej	–69,6	Klinck	22.12.1991
Najwyższa temperatura na biegunie południowym	–12,3	stacja badawcza Amundsen–Scott	25.12.2011

Charakterystyka oceanów

Ocean	Powierzchnia [mln km²]	Udział w powierzchni wszechoceanu [%]	Średnia głębokość [m]	Maksymalna głębokość [m]
Ocean Spokojny	168,7	46,4	4028	10 916
Ocean Atlantycki	85,1	22,9	3926	9 219
Ocean Indyjski	70,6	20,4	3663	7 450
Ocean Południowy	22,0	6,1	3270	7 236
Ocean Arktyczny	15,6	4,2	1225	5 625
Wszechocean	362,0	100,0	3711	10 916

Amplitudy pływów w wybranych miejscach na świecie

Miejsce	Akwen	Państwo	Średnia wysokość [m]	Największa zarejestrowana wysokość [m]
Zatoka Fundy	Ocean Atlantycki	Kanada	11,4	19,6
Ujście Río Gallegos	Ocean Atlantycki	Argentyna	10,4	18,0
Zatoka Frobishera	Cieśnina Davisa	Kanada	10,1	17,4
Ujście Severn	Kanał Bristolski	Wielka Brytania	9,7	16,8
Port Granville	kanał La Manche	Francja	9,3	16,1
Ujście Koksoak	zatoka Ungava	Kanada	8,7	15,0
Zatoka Penżyńska	Morze Ochockie	Rosja	8,5	14,7

Wybrane rowy oceaniczne i głębie

Rów oceaniczny	Długość [km]	Szerokość [km]	Maksymalna głębokość [m p.p.m.]
Ocean Spokojny			
Rów Mariański	2500	70	10 916
Rów Tonga	1400	55	10 882
Rów Kurylsko-Kamczacki	2200	120	10 542
Rów Filipiński	1400	80	10 497
Ocean Atlantycki			
Rów Portorykański	1550	120	9219
Rów Sandwich Południowy	1450	90	8428
Krawędź Romanche	300	20	7758
Ocean Indyjski			
Rów Jawajski	4500	80	7450
Rów Diamantina	2160	30	7102
Ocean Arktyczny			
Głębia w Basenie Nansena	5449	–	5450
Morze Śródziemne			
Rów Helleński	2500	40	5121

Skala Beauforta

Stopień	Oznaczenie	Prędkość wiatru [km/h]	Oznaki na morzu	Oznaki na lądzie
0	Cisza	<1	Morze gładkie jak lustro.	Cisza, dym unosi się pionowo.
1	Powiew	1–5	Na powierzchni wody tworzą się zmarszczki o wyglądzie łusek.	Dym wskazuje na kierunek wiatru, chorągiewka nie reaguje.
2	Słaby wiatr	6–11	Na powierzchni morza występują krótkie, dość wyraźne małe fale. Żadna z nich się nie załamuje.	Drżą liście, chorągiewka się porusza.
3	Łagodny wiatr	12–19	Grzbiety małych fal stają się wyraźnie wydłużone i zaostrzone, pojedyncze grzbiety zaczynają się załamywać, tworząca się piana ma szklisty wygląd. Na powierzchni morza w dużym oddaleniu od siebie pojawiają się pierwsze, pojedyncze grzebienie.	Liście i mniejsze gałązki stale się poruszają.
4	Umiarkowany wiatr	20–28	Małe fale zaczynają się wydłużać, na powierzchni morza pojawia się sporo białych grzebieni.	Poruszają się małe gałęzie, kurz unosi się z podłoża.
5	Dość silny wiatr	29–38	Fale stają się wyraźne i dobrze wykształcone, ich długość wzrasta. Większość fal się załamuje, na powierzchni wody widać dużo białych grzebieni, pojawiają się pierwsze bryzgi.	Chwieją się małe drzewka pokryte liśćmi.
6	Silny wiatr	39–49	Zaczynają się tworzyć duże fale o silnie wykształconych, stromych i pienistych grzbietach. Fale wyraźnie się załamują, tworzą się bryzgi.	Poruszają się duże gałęzie.
7	Bardzo silny wiatr	50–61	Bardzo asymetryczna, łamiąca się fala. Piana porywana przez wiatr z łamiących się grzbietów zaczyna się układać w pasma równoległe do kierunku wiatru.	Poruszają się całe drzewa, poruszanie się pod wiatr jest utrudnione.
8	Gwałtowny wiatr (sztorm)	62–74	Bryzgi odrywane od wierzchołków łamiących się fal zaczynają wirować w powietrzu. Piana układa się w długie, bardzo wyraźnie wykształcone pasma zgodne z kierunkiem wiatru.	Mniejsze gałęzie łamią się, poruszanie się pod wiatr jest mocno utrudnione.
9	Wichura (silny sztorm)	75–88	Niemal każda fala się załamuje, gęste pasma piany układają się w szerokie pasma wzdłuż kierunku wiatru, duża ilość bryzgów jest unoszona w powietrze. Granica między wodą a powietrzem w niektórych miejscach staje się niewyraźna.	Wiatr zrywa dachówki i słabsze kominy, łamie gałęzie.
10	Silna wichura (bardzo silny sztorm)	89–102	Powierzchnia morza jest niemal w całości biała od piany, również między pasmami piany. Piana i woda bezpośrednio z powierzchni morza zaczynają być wyrywane przez wiatr w powietrze. Widzialność pozioma zaczyna się wyraźnie zmniejszać od wzrastającej ilości pyłu wodnego w powietrzu.	Wiatr wyrywa drzewa z korzeniami, poważne uszkodzenia budynków.
11	Gwałtowna wichura, sztorm	103–117	Wiatr wszędzie porywa i rozpyla wierzchołki fal, powierzchnia morza jest całkowicie biała. Widzialność pozioma zmniejszona, powierzchnia morza w większym oddaleniu od statku słabo widoczna.	Duże zniszczenia.
12	Huragan	≥118	Zanika granica między powietrzem a wodą; powietrze przesycone pyłem wodnym, bryzgami i unoszonymi przez wiatr płatami piany. Widzialność bardzo ograniczona.	Ogromne spustoszenia.

Największe morza

Morze	Ocean	Powierzchnia [tys. km²]	Maksymalna głębokość [m p.p.m.]
Morze Sargassowe	Ocean Atlantycki	6000–7000	6 905
Morze Filipińskie	Ocean Spokojny	5726	10 497
Morze Koralowe	Ocean Spokojny	4791	9 103
Morze Arabskie	Ocean Indyjski	4592	5 875
Morze Południowochińskie	Ocean Spokojny	3537	5 560
Morze Tasmana	Ocean Spokojny	3336	5 944
Morze Weddella	Ocean Południowy	2910	6 820
Morze Karaibskie	Ocean Atlantycki	2777	7 680
Morze Śródziemne	Ocean Atlantycki	2502	5 121
Morze Beringa	Ocean Spokojny	2315	5 500
Morze Ochockie	Ocean Spokojny	1603	3 916

Największe jeziora

Jezioro	Państwo	Powierzchnia [tys. km²]	Pojemność [km³]	Maksymalna głębokość [m]	Wysokość lustra wody [m n.p.m.]
Morze Kaspijskie	Rosja, Azerbejdżan, Iran, Kazachstan, Turkmenistan	370,0	78 200	1025	–28
Jezioro Górne	Kanada, Stany Zjednoczone	82,4	12 100	406	183
Jezioro Wiktorii	Uganda, Kenia, Tanzania	68,8	2 760	84	1134
Huron	Kanada, Stany Zjednoczone	59,6	3 540	228	176
Michigan	Stany Zjednoczone	57,8	4 920	281	176
Tanganika	Burundi, Demokratyczna Republika Konga, Tanzania, Zambia	32,6	19 000	1471	773
Bajkał	Rosja	31,5	23 600	1620	455
Ładoga	Rosja	17,8	838	230	4,8
Maracaibo	Wenezuela	16,3	280	250	0
Eyre	Australia	do 9,5	do 32	do 20	do 20

Największe sztuczne zbiorniki wodne

Zbiornik	Państwo	Powierzchnia [km²]	Pojemność [km³]	Rzeka	Rok uruchomienia
Kariba	Zambia, Zimbabwe	5960	180,6	Zambezi	1959
Zbiornik Bracki	Rosja	5476	169,0	Angara	1964
Jezioro Nasera	Egipt	5250	162,0	Nil	1971

Najdłuższe rzeki na poszczególnych kontynentach

Rzeka	Zlewisko	Kontynent	Państwo	Długość [km]	Powierzchnia dorzecza [tys. km²]	Średni przepływ przy ujściu [tys. m³/s]
Nil z Kagerą	Morze Śródziemne	Afryka	Burundi, Rwanda, Tanzania, Uganda, Sudan Południowy, Sudan, Egipt	6671	2870	2,6
Amazonka	Ocean Atlantycki	Ameryka Południowa	Peru, Brazylia	6437	7300	175,0
Jangcy	Morze Wschodniochińskie	Azja	Chiny	6380	1800	35,0
Missisipi z Missouri	Zatoka Meksykańska	Ameryka Północna	Stany Zjednoczone	5970	3222	19,0
Wołga	Morze Kaspijskie	Europa	Rosja	3531	1380	8,1
Murray z Darling	Ocean Indyjski	Australia	Australia	3490	1160	0,3

Wybrane depresje

Depresja	Kontynent	Wysokość [m n.p.m.]
Linia brzegowa Morza Martwego	Azja	–436
Linia brzegowa jeziora Asal	Afryka	–155
Kotlina Turfańska	Azja	–154
Kattara	Afryka	–133
Karakija	Azja	–132
Kotlina Danakilska	Afryka	–116
Linia brzegowa jeziora Laguna del Carbón	Ameryka Południowa	–105
Dolina Śmierci	Ameryka Północna	–86
Enriquillo	Ameryka Północna	–46
Salinas Grandes	Ameryka Południowa	–40
Kotlina Sarykamyska	Azja	–38
Nizina Nadkaspijska	Europa	–28
Marzęcino	Europa	–2,2

Wybrane kanały morskie

Kanał	Państwo	Długość [km]
Kanał Sueski	Egipt	180
Kanał Kiloński	Niemcy	99
Kanał Panamski	Panama	82
Kanał Koryncki	Grecja	6

Wybrane kanały śródlądowe

Kanał	Państwo	Długość [km]
Wielki Kanał	Chiny	1782
Kanał Karakumski	Turkmenistan	1100
Kanał Rodan–Ren	Francja	320
Kanał Dortmund–Ems	Niemcy	269
Kanał Południowy	Francja	241
Kanał Białomorski	Rosja	227
Kanał Men–Dunaj	Niemcy	171
Kanał Wieprz–Krzna	Polska	140
Kanał Wołga–Don	Rosja	101
Kanał Wellandzki	Kanada	45

Najwyższe zapory na świecie i w Polsce

Zapora	Rzeka	Państwo	Wysokość [m]
Jinping-I	Yalong	Chiny	305
Nurek	Wachsz	Tadżykistan	300
Xiaowan	Mekong	Chiny	292
Xiluodu	Jangcy	Chiny	286
Grande-Dixence	Dixence	Szwajcaria	285
Inguri	Inguri	Gruzja	272
Nuozhadu	Mekong	Chiny	262
Manuel M. Torres	Grijalva	Meksyk	261
Tehri	Bhagirathi	Indie	261
Solina	San	Polska	82

Powierzchnia kontynentów

Kontynent	Powierzchnia [mln km^2]	Udział w powierzchni lądowej Ziemi [%]
Azja	44,4	29,8
Afryka	30,3	20,3
Ameryka Północna	24,2	16,2
Ameryka Południowa	17,8	12,0
Antarktyda	13,2	8,9
Europa	10,5	7,1
Australia (z Oceanią)	8,5	5,7
Lądy ogółem	149,0	100,0

Ukształtowanie powierzchni kontynentów

Konty-nent	Średnia wysokość [m n.p.m.]	[m n.p.m.]					
		poniżej 0	0–300	300–500	500–1000	1000–3000	powyżej 3000
		[%]					
Europa	292	1,4	72,6	10,0	10,9	5,0	0,1
Azja	990	1,2	31,2	15,8	21,3	23,7	6,8
Afryka	657	0,1	22,4	27,0	28,6	21,7	0,2
Ameryka Północna	780	0,0	32,8	22,6	17,4	26,6	0,6
Ameryka Południowa	650	0,0	49,0	19,5	16,9	9,6	5,0
Australia (z Oceanią)	330	0,2	54,0	29,5	13,0	3,1	0,2
Antarktyda	2030	0,0	6,4	0,2	5,2	85,7	2,5
Lądy ogółem	875	0,6	33,5	18,6	19,0	25,3	3,0

Najwyższe szczyty górskie na poszczególnych kontynentach

Szczyt	Kontynent	Wysokość [m n.p.m.]	Łańcuch górski/masyw	Państwo
Mount Everest	Azja	8849	Himalaje	Nepal, Chiny
K2 (Czogori)		8611	Karakorum	Pakistan, Chiny
Kanczendzonga		8586	Himalaje	Indie, Nepal
Aconcagua	Ameryka Południowa	6962	Andy	Argentyna
Ojos del Salado		6893	Andy	Argentyna, Chile
Pissis		6795	Andy	Argentyna
Denali	Ameryka Północna	6190	Kordyliery	Stany Zjednoczone
Logan		5966	Kordyliery	Kanada
Orizaba		5636	Kordyliery	Meksyk
Kibo	Afryka	5895	Kilimandżaro	Tanzania
Batian		5199	Kenia	Kenia
Szczyt Małgorzaty		5109	Ruwenzori	Uganda, Demokratyczna Republika Konga
Masyw Vinsona	Antarktyda	4892	Góry Ellswortha	–
Puncak Jaya	Australia (z Oceanią)	4884	Góry Śnieżne	Indonezja, Papua-Nowa Gwinea
Góra Kościuszki		2228	Alpy Australijskie	Australia
Mont Blanc	Europa	4810	Alpy	Francja, Włochy
Mont Blanc de Courmayeur		4748	Alpy	Włochy
Dufourspitze		4634	Alpy	Szwajcaria

Najpotężniejsze wodospady

Wodospad	Rzeka	Państwo	Kontynent	Średni przepływ na progu [m^3/s]	Wysokość [m]
Wodospady Livingstone'a	Kongo	Demokratyczna Republika Konga	Afryka	42 476	40
Wodospady Stanleya	Kongo	Demokratyczna Republika Konga	Afryka	16 990	61
Khone	Mekong	Laos	Azja	11 610	21
Niagara	Niagara	Kanada, Stany Zjednoczone	Ameryka Północna	6009	51
Salto Pará	Caura	Wenezuela	Ameryka Południowa	3540	25
Paulo Afonso	Sao Francisco	Brazylia	Ameryka Południowa	2832	84
Urubupungá	Parana	Brazylia	Ameryka Południowa	2012	13
Iguaçu	Iguaçu	Argentyna, Brazylia	Ameryka Południowa	1746	82
Patos e Maribondo	Rio Grande	Brazylia	Ameryka Południowa	1501	35

Największe półwyspy na poszczególnych kontynentach

Półwysep	Kontynent	Powierzchnia [tys. km²]	Państwo
Półwysep Arabski	Azja	3237	Arabia Saudyjska, Irak, Jemen, Jordania, Katar, Kuwejt, Oman, Zjednoczone Emiraty Arabskie
Półwysep Indochiński (wraz z Półwyspem Malajskim)		2175	Chiny, Kambodża, Laos, Malezja, Mjanma, Singapur, Tajlandia, Wietnam
Półwysep Indyjski		2175	Indie
Półwysep Somalijski	Afryka	1882	Etiopia, Somalia
Labrador	Ameryka Północna	1400	Kanada
Jukatan		180	Belize, Gwatemala, Meksyk
Guajira	Ameryka Południowa	14,6	Kolumbia, Wenezuela
Ziemia Arnhema	Australia	240	Australia
Półwysep Skandynawski	Europa	750	Finlandia, Norwegia, Szwecja
Półwysep Antarktyczny	Antarktyda	300	–

Największe wyspy

Wyspa	Powierzchnia [tys. km²]	Ocean/morze	Państwo
Grenlandia	2130,8	Ocean Atlantycki	Dania
Nowa Gwinea	785,8	Ocean Spokojny	Indonezja, Papua-Nowa Gwinea
Borneo	748,2	Ocean Spokojny	Indonezja, Malezja, Brunei
Madagaskar	587,7	Ocean Indyjski	Madagaskar
Ziemia Baffina	507,4	Ocean Arktyczny	Kanada
Sumatra	443,1	Ocean Spokojny, Ocean Indyjski	Indonezja
Honsiu	225,8	Ocean Spokojny	Japonia
Wyspa Wiktorii	217,3	Ocean Arktyczny	Kanada
Wielka Brytania	209,3	Ocean Atlantycki	Wielka Brytania
Wyspa Ellesmere'a	196,2	Ocean Arktyczny	Kanada
Celebes	180,6	Ocean Spokojny	Indonezja
Wyspa Południowa	145,8	Ocean Spokojny	Nowa Zelandia
Jawa	138,7	Ocean Spokojny, Ocean Indyjski	Indonezja
Wyspa Północna	111,5	Ocean Spokojny	Nowa Zelandia
Luzon	109,9	Ocean Spokojny	Filipiny
Nowa Fundlandia	108,8	Ocean Atlantycki	Kanada
Kuba	105,5	Morze Karaibskie, Ocean Atlantycki	Kuba
Islandia	101,8	Ocean Atlantycki, Ocean Arktyczny	Islandia

Wybrane przesmyki

Przesmyk	Połączenie lądu	Minimalna szerokość [km]
Przesmyk Koryncki	Peloponez – Półwysep Bałkański	5,7
Przesmyk Perekopski	Krym – Europa	8
Przesmyk Jutlandzki	Europa – Półwysep Jutlandzki	41
Kra	Półwysep Indochiński – Półwysep Malajski	42
Przesmyk Panamski	Ameryka Północna – Ameryka Południowa	47
Przesmyk Kamczacki	Azja – Kamczatka	91
Przesmyk Sueski	Afryka – Azja (półwysep Synaj)	121
Tehuantepec	Ameryka Północna – Ameryka Środkowa	194

Wybrane archipelagi

Archipelag	Największe wyspy	Powierzchnia wysp [tys. km²]	Liczba wysp
Archipelag Malajski	Borneo, Sumatra, Jawa, Celebes	1900	13 677
Archipelag Arktyczny	Ziemia Baffina, Ziemia Wiktorii	1400	36 560
Wyspy Japońskie	Honsiu, Kiusiu, Sikoku, Hokkaido	410	6852
Wyspy Brytyjskie	Wielka Brytania, Irlandia	312	1000
Archipelag Filipiński	Luzon, Mindanao	298	7100
Hawaje	Hawaii	16,8	8
Cyklady	Naksos, Milos	2,6	220
Wyspy Alandzkie	Eckerö, Lemland, Vardø	1,5	6554
Malediwy	Male	0,3	2000
Wyspy Marshalla	Bikini	0,18	1200

Najwyższe wulkany na poszczególnych kontynentach

Wulkan	Kontynent	Państwo	Wysokość [m n.p.m.]
Ojos del Salado	Ameryka Południowa	Argentyna, Chile	6893
Orizaba	Ameryka Północna	Meksyk	5636
Kluczewska Sopka	Azja	Rosja	4750
Meru	Afryka	Tanzania	4565
Mauna Kea	Australia (z Oceanią)	Stany Zjednoczone (Hawaje)	4205
Erebus	Antarktyda	–	3794
Etna	Europa	Włochy	3323

Korona Himalajów i Karakorum

Lp.	Szczyt	Wysokość [m n.p.m.]	Masyw górski	Państwo
1.	Mount Everest	8849	Himalaje	Nepal, Chiny
2.	K2 (Czogori)	8611	Karakorum	Pakistan, Chiny
3.	Kanczendzonga	8586	Himalaje	Indie, Nepal
4.	Lhotse	8516	Himalaje	Nepal, Chiny
5.	Makalu	8463	Himalaje	Nepal, Chiny
6.	Czo Oju	8201	Himalaje	Nepal, Chiny
7.	Dhaulagiri	8167	Himalaje	Nepal
8.	Manaslu	8156	Himalaje	Nepal
9.	Nanga Parbat	8126	Himalaje	Pakistan
10.	Annapurna	8091	Himalaje	Nepal
11.	Gaszerbrum I	8068	Karakorum	Pakistan, Chiny
12.	Broad Peak	8047	Karakorum	Pakistan, Chiny
13.	Gaszerbrum II	8035	Karakorum	Pakistan, Chiny
14.	Sziszapangma	8012	Himalaje	Chiny

Najdłuższe jaskinie

Jaskinia	Państwo	Długość [km]
Jaskinia Mamucia	Stany Zjednoczone	686
System Ox Bel Ha	Meksyk	436
System Shuanghedong	Chiny	401
System Sac Actun	Meksyk	386
Jewel	Stany Zjednoczone	350
Jaskinia Optymistyczna	Ukraina	265

Długość linii brzegowej

Kontynent	Długość linii brzegowej [km]	Średnia odległość od wybrzeża [km]
Ameryka Północna	75 500	470
Azja	70 000	750
Europa	37 000	340
Afryka	30 500	680
Ameryka Południowa	29 000	590
Antarktyda (lądolód)	26 000	–
Australia	19 700	530

Skala Mohsa

Stopień Mohsa (twardość)	Minerał wzorcowy	Wzór chemiczny
1	talk	$Mg_3[(OH)_2Si_4O_{10}]$
2	gips	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
3	kalcyt	$CaCO_3$
4	fluoryt	CaF_2
5	apatyt	$Ca_5F(PO_4)_3$
6	ortoklaz	$K[AlSi_3O_8]$
7	kwarc	SiO_2
8	topaz	$Al_2F_2SiO_4$
9	korund	Al_2O_3
10	diament	C

Indeks

A
ablacja 169, 183
– deszczowa 265
abrazja 273, 289
aerozole atmosferyczne 90, 91, 135
akumulacja 169, 246, 260, 262–264, 274, 275, 281, 283, 287, 288, 290, 297, 312
albedo 96, 135, 169
aluwia 262
amplituda temperatury powietrza
– dobowa 101, 129, 130, 136
– roczna 101, 102, 125, 129–131, 133, 136, 141
amonit 228, 234
ankieta 15, 42
antycyklon, zob. wyż baryczny
aphelium 74, 84
astenosfera 190, 191, 201, 221, 222, 237
atmosfera 5, 41, 58–60, 90–95, 104, 106, 111, 119, 120, 124, 134–138, 144, 217, 227, 236, 320–326
atol 242, 279
atrybut 34, 35, 44
azymut 27, 29, 44

B
baraniec 269, 289
bariera
– lodowa 171
– orograficzna 310, 314
basen
– artezyjski 17, 174
– oceaniczny 223, 224, 240
baza erozyjna 260, 288
bieg rzeki
– dolny 260, 262, 288
– górny 260, 288
– środkowy 260, 262, 288
bielicowanie 297, 300, 312
biosfera 5, 41, 305–311, 320–326
blokowisko skalne 251, 287
bomba wulkaniczna 213
bora 110, 137
bruk deflacyjny 282, 290
brunatnienie 297, 300, 312, 313
bruzda korazyjna 283, 286
bryza 109, 137
buroziem 299, 302, 307, 313
burza 116, 117, 122, 138, 154

C
chinook 141
chmury 59, 93, 95, 101, 103, 107, 111–114, 116, 117, 121–123, 137–139, 310
cieczenie 252
cieniowanie 23, 26, 38, 39, 44
cieśnina 146, 181
ciśnienie
– atmosferyczne 25, 43, 93, 103–105, 107, 108, 116, 117, 119, 121, 125, 134–136, 138–140, 153
– hydrostatyczne 174, 175, 178, 184, 270
cyklon, zob. niż baryczny
cyrk lodowcowy, zob. kocioł lodowcowy
cyrkulacja monsunowa 108, 115, 124, 134, 137, 138, 151
czarne ziemie 301, 304, 313, 314
czarnoziem 300, 302–304, 308, 313, 314
czas
– uniwersalny 71, 84
– urzędowy 71, 72, 84
– słoneczny 69, 70, 83
– strefowy 71, 84
czerwona gleba ferralitowa 299, 302, 306, 313
czerwonoziem 299, 302, 304, 308, 313
czerwonożółta gleba ferralitowa 299, 302, 303, 306, 313
czynniki
– glebotwórcze 298, 299, 313, 321, 322
– klimatotwórcze 124–126, 138, 141, 323

D
dane przestrzenne 36, 44
deflacja 282, 290
deformacje tektoniczne 207–209, 239
– ciągłe 208, 209, 231, 239
– nieciągłe 208, 209, 239
deszcz 108, 112–114, 119, 121, 123, 130, 154, 157, 162, 163, 182, 251, 252, 311, 328
– zenitalny 107, 133, 136, 158, 306, 322
delta 165, 183, 263, 288, 301, 322, 324
– wsteczna 263, 288
depresja 224, 341
detersja 266, 269, 289
detrakcja 266, 268, 289
długość geograficzna 20, 26, 42, 69, 70, 85
doba
– gwiazdowa 64, 83
– księżycowa 68
– słoneczna 64, 83
dolina 99, 110, 126, 137, 162, 165, 169, 183, 204, 229, 257, 260–269, 271, 276–278, 288–292, 301, 322
– ryftowa 204, 224
– U-kształtna 266, 268, 269, 289, 292
– V-kształtna 261, 268, 288, 292, 324
– zawieszona 266, 269, 289
dorzecze 156, 158, 182, 341
downwelling 150, 181
draperia 258, 288
Droga Mleczna 51, 56, 82
drumlin 267, 270, 289
dział wodny 156, 182, 261
dzień polarny 75–78, 84, 88, 337

E
efekt cieplarniany 58, 91, 135
egzaracja 266, 268, 289
egzosfera 92, 93, 135
ekliptyka 55, 74, 75, 84
eksfoliacja, zob. łuszczenie
epicentrum 219, 220, 240
era geologiczna 231
– kenozoiczna 231, 233, 234
– mezozoiczna 228, 231, 234, 235
– paleozoiczna 228, 231, 235, 236
eratyk, zob. głaz narzutowy
erozja 231, 232, 246, 274, 287, 298, 300, 304, 321, 324
– boczna 262, 264, 288
– eoliczna 282
– lodowcowa 266, 289
– wgłębna 261, 264, 288
– wsteczna 261, 288
erupcja 213–218, 220, 239, 323
– centralna 213, 239
– efuzywna 213
– eksplozywna 213
– linijna 213, 216, 239
estuarium 263, 264, 288

F
fale 123, 154, 155, 182, 250, 263, 273–275, 288–290, 328, 339
– sejsmiczne 192, 219
falowanie 154
fałd 208, 231, 239
fazy
– Księżyca 61, 83
– gleby 296
fen 109, 137, 141, 323
ferralityzacja 297, 299, 312, 313, 315
firn 168, 183
formacja roślinna 305, 306, 310, 314–317, 321, 326
formy
– fluwioglacjalne 267, 289, 294
– glacjalne 266, 289, 291, 294
frakcja 196, 232, 238, 288, 331

front atmosferyczny 116, 117, 120, 121, 124, 138, 139
– chłodny 116, 121, 138
– ciepły 117, 121, 138
– zokludowany 117, 138
fumarole 213

G
galaktyka 50, 51, 54, 55, 82
gejzer 179, 184, 323
geografia 5, 6, 12, 41
– fizyczna 6, 41
– społeczno-ekonomiczna 6, 41
geokompozycja 33
geoportal 8, 36, 37, 40, 41, 44
GIS 8, 10, 34, 36, 37, 40, 41, 44
gleba 111, 137, 144, 217, 239, 263, 296–309, 312–318, 321–326, 333
– antropogeniczna 301, 314
– bagienna 301, 313
– bielicowa 300, 302–304, 309, 313, 314, 323, 326
– brunatna 300, 302–304, 308, 313, 314, 318, 323
– cynamonowa 299, 302–304, 307, 313, 314
– cynamonowoczerwona 299, 302, 306, 313
– czerwonobura 299, 302, 306, 313
– górska 301, 302, 304, 314, 318
– kasztanowa 300, 302, 304, 313
– płowa 300, 302–304, 308, 313, 314
– pustynna 299, 302, 304, 307, 313, 314
– tundrowa 300, 302–304, 309, 313, 314
– wulkaniczna 217, 301, 313
globalna cyrkulacja atmosfery 106, 108, 136
głaz narzutowy 267, 271, 289
gołoborze, zob. rumowisko skalne
gołoledź 119
górowanie 65, 69, 71, 76, 78–81, 83, 84, 86, 88, 101, 107
góry 110, 126, 201, 205, 207, 210, 211, 223–226, 238–240
– fałdowe 210, 239
– lodowe 152, 171
– wulkaniczne 210, 239, 242
– zrębowe 210, 239
GPS 21, 22, 43, 54, 82
gradient termiczny 99, 136
graniak wiatrowy 283, 290
granica
– rozbieżna 201, 204, 205, 238, 241
– transformująca 201, 204–206, 238
– wiecznego śniegu 168, 169, 183, 266
– zbieżna 201, 204, 205, 210, 238
grzbiet śródoceaniczny 202, 204, 216, 223, 224, 238, 240, 241
grzyb skalny 283, 290

H
halny 109
hipocentrum 219, 240
horyzont 65, 74, 76, 78–81, 83, 84, 88
humifikacja 297, 312, 326
hydrosfera 5, 41, 144, 181, 320–326

I
infiltracja 173
intruzje magmowe 212, 213, 229, 232, 239, 240, 243
inwersja 99, 134, 136
izoamplituda 25, 43
izobara 25, 43, 103, 121, 136, 139
izobata 25, 43
izohieta 25, 43
izohipsa, zob. poziomica
izolinia 25, 43
izoterma 25, 43
izotop promieniotwórczy 229, 230, 240

J
jaskinia 173, 220, 256–259, 288, 346
jądro
– kondensacji 111, 325
– Ziemi 94, 191, 192, 237
jednostka astronomiczna 51
jezioro 144–146, 156, 158, 162–167, 173, 181, 183, 186, 187, 197, 204, 224, 262, 269, 270, 272, 274, 289, 301, 325, 340
– cyrkowe 164, 183, 269
– deltowe 165, 183
– krasowe 165, 183
– meteorytowe 165, 183
– morenowe 164, 183, 270
– polodowcowe 164, 183
– przybrzeżne 165, 183, 274
– reliktowe 163, 183
– rynnowe 164, 183, 270, 294
– tektoniczne 163, 183, 204
– wulkaniczne 163, 167, 183
jęzor
– lodowcowy 169, 170, 183, 184, 267, 268, 289
– osuwiskowy 251, 254, 287

K
kaldera 163, 183, 213, 218
kanion krasowy 257, 259, 288, 292
kaptaż 261, 288
kartodiagram 25, 36, 43
kartogram 25, 36, 43
kem 267, 270, 289
klif 197, 273, 280, 289, 324, 328, 330
klimat 93, 103, 124–135, 138, 152, 154, 157–159, 168, 182, 234, 249, 257, 284, 285, 298, 299, 301, 306–310, 312–315
– górski 134, 138
– lokalny 126, 138, 325
– miejski 134, 138
– monsunowy 134, 138
– peryglacjalny 272
klimatogram 95, 129–134
kocioł
– ewersyjny 261
– lodowcowy 164, 183, 266, 269, 289
kometa 52, 53, 60, 82
komin wulkaniczny 213, 214
komórka
– Ferrela 106, 136
– Hadleya 106, 115, 136
– podbiegunowa 106, 136
konwekcja 104, 136
korazja 282, 283, 286, 290
koryto rzeki 156, 157, 165, 182, 260–262, 264, 267, 288
krajobraz 5, 65, 91, 128, 129, 162, 217, 272, 324
– młodoglacjalny 272, 289, 294
– staroglacjalny 272, 289
krasowienie 249, 255, 257, 287, 322
krater 163, 167, 183, 213–215, 218, 239
– meteorytowy 63, 165
kryptodepresja 224
Księżyc 50, 52, 53, 60–62, 64, 67, 68, 82, 83, 150, 320
księżyc 60, 82, 337

L
laguna 263, 275, 278, 279, 290
las
– liściasty i mieszany 300, 305, 308, 313, 314
– podrównikowy 305, 306, 313, 314
– podzwrotnikowy 305, 308, 313, 314
– północny iglasty, zob. tajga
– zwrotnikowy 305, 308, 313, 314
lapille 213
lawa 192, 195, 202, 204, 210, 213–215, 218, 237–239, 241
lądolód 144, 164, 168, 171, 183, 222, 232, 233, 243, 247, 265–267, 270–272, 277, 284, 289, 291, 294
– antarktyczny 171, 184
– grenlandzki 171, 184
lej krasowy 256, 257, 259, 288
lido 275, 278, 290
litosfera 5, 41, 190, 201–207, 210, 219, 221, 222, 237, 238, 320–326
lodowiec 47, 168, 183, 266, 267, 289
– alpejski 170, 184
– fieldowy 170, 184
– górski 168–170, 183, 184, 266–269
– himalajski 170, 184
– kontynentalny, zob. lądolód
– piedmontowy 170, 184
– szelfowy 171
lód lodowcowy 168, 169, 183

Ł
łacha
– meandrowa 262
– śródkorytowa 262, 263, 288
łożysko rzeki 260, 288
łuszczenie 248

M
mada 263, 301, 302, 304, 313, 314, 322, 323
magma 173, 184, 195, 212–214, 217, 221, 236, 237, 239
magmatyzm 212, 239
magnetosfera 94, 135
mapa 8–11, 17–48, 52, 54, 62, 82, 97, 103, 120
– cyfrowa 10, 26
– ogólnogeograficzna 27, 44
– synoptyczna 120, 121, 142
– tematyczna 27, 44
– topograficzna 27, 36
– turystyczno-topograficzna 27–33
masa powietrza 97, 106, 109, 116, 117, 121, 123, 125, 133, 136–138, 153
materiał piroklastyczny 213–215, 218, 239
meander 262, 288, 324
meteoroidy 60, 82, 91, 135
meteory 60, 82
meteoryty 52, 60, 63, 82, 165, 183
metoda
– badań geograficznych 12–16, 42
– badań kosmicznych 52–54
– kartograficzna 23–26, 36, 43, 48
– określania wieku skał i wydarzeń geologicznych 227–230, 240
mezopauza 92
mezosfera 92, 93, 135
mierzeja 165, 183, 274, 275, 278, 290
mikroklimat 126, 127, 138, 326
minerały 52, 58, 193–195, 197, 198, 237, 238, 247–249, 287, 296, 346
– skałotwórcze 194, 237
misa
– deflacyjna 282, 290
– martwicowa 258, 288
mofety 213
mogot 257
monoklina 208, 243
monsun 108, 137, 322
– letni 108, 130, 134, 137, 158, 182
– zimowy 108, 137, 158, 182
morena 266, 289
– boczna 267–269, 289, 294
– czołowa 164, 265, 267–269, 271, 272, 288, 289, 291, 294
– denna 164, 267, 269, 270, 272, 289, 294
– środkowa 267–269, 289
morze 96, 146, 181, 221, 234, 240, 263, 273, 277, 278, 288, 290, 340
muton, zob. baraniec

N
nadir 79
namulisko 258
nisza
– abrazyjna 273, 289
– osuwiskowa 251, 287
niż baryczny 103, 105, 107–109, 120, 136, 139, 153
niżówka 158, 182
noc polarna 75–78, 84, 88, 100, 337
numeryczny model terenu 26, 38, 39, 43
nurt 165, 183, 262, 328, 331

O
obszar
– asejsmiczny 220, 240
– bezodpływowy 146, 156, 166
– pensejsmiczny 220, 240
– sejsmiczny 206, 220, 240
obrywanie 221, 250, 251, 261, 273, 287
okres połowicznego rozpadu 229, 230
odkrywka geologiczna 231, 331, 332
odpadanie 251, 287
oglejenie 297, 300, 312, 313
ognisko magmowe 179, 214
Ognisty Pierścień Pacyfiku 216, 239
opad atmosferyczny 25, 43, 93, 103, 107–109, 111–119, 121, 125, 128–134, 137–141, 148, 153, 157, 159, 161–163, 173–175, 181–184, 248–252, 254–257, 265, 298, 299, 305–311, 321
orbita 52, 53, 57, 60, 69, 74, 82, 84, 320
orogeneza 207
– alpejska 207, 211, 233, 234, 239, 291
– hercyńska 207, 235, 239
– kaledońska 207, 235, 236, 239
osady atmosferyczne 119, 138
Oscylacja Południowa El Niño 152–154, 181, 188, 322
ostaniec
– deflacyjny 282, 290
– krasowy 257, 288
osuwanie 250–252, 287, 325
osuwisko 221, 253, 254, 326, 328, 331
otoczak 261
oz 267, 270, 289, 294

P
paleogeografia 6, 227
paleontologia 227
parsek 51
pasaty 66, 106, 107, 136, 150, 151, 153, 181, 188
Pas Kuipera 59, 60, 82
pedosfera 5, 41, 296, 312, 320–326
pełzanie 281
perły jaskiniowe 258
peryhelium 74, 84
plama gorąca 216, 217, 224, 239
plan 17, 42
planeta 50, 52–54, 57–59, 65–67, 69, 74, 82, 83, 94, 227
– karłowata 57, 60, 82
planetoida 60, 82
platforma
– abrazyjna 273
– akumulacyjna 273
– prekambryjska 211
plaża 154, 275, 280, 290, 324
plony 154, 298, 300, 304
plutonizm 212, 239
płaszczowina 209
płaszcz ziemski 191, 192, 201–203, 207, 212, 214, 217, 237, 238
płowienie 297, 300, 312, 313
płyty litosfery 201–207, 210, 216, 217, 219–222, 224, 238–241, 244
pływy 67, 68, 83, 150, 264, 274, 279, 288, 290, 320
pogoda 54, 93, 108, 110, 116, 117, 119–121, 124, 131, 135, 138, 154
pokrywa lessowa 272, 284
pole
– firnowe 169, 170, 183, 184, 269, 289
– magnetyczne 94, 192, 237
polje 256, 288
ponor 256, 257, 259, 288
popiół wulkaniczny 90, 213, 215, 217, 239
potok 145, 156, 268, 328, 331
powierzchnia nieciągłości 190–192, 237
powódź 157, 158, 162
poziom glebowy 296, 297, 312, 333
– próchniczny 296, 300–303, 312, 313, 315, 318
– wmywania 296, 297, 303, 312
– wymywania 296, 297, 303, 312
poziomica 21, 23, 25, 29, 43, 44

pradolina 267, 271, 289, 291, 294
prądy
– konwekcyjne 201–204, 207, 237, 238
– strumieniowe 106
prądy morskie 95, 97, 114, 115, 125, 135, 137, 138, 148, 150–152, 155, 181, 322
– ciepłe 97, 115, 125, 135, 147, 151, 152, 181, 322
– przybrzeżne 263, 274, 278, 288
– zimne 97, 115, 125, 135, 147, 151, 152, 181, 322
procesy
– egzogeniczne 246, 287
– endogeniczne 207, 246
– eoliczne 281
– glebotwórcze 296–298, 312, 313, 333
– krasowe 91, 255, 257, 258, 288
profil terenu 29, 44
prognozowanie pogody 54, 82, 119–121, 138
promieniowanie
– kosmiczne 91
– słoneczne 74, 91, 93, 95–97, 101, 119, 134, 135, 138, 249, 267, 320
próchnica glebowa 296, 297, 299–301, 312, 313, 315, 322
przekrój geologiczny 232, 242, 243
przełom rzeczny 265, 288, 291
przepływ 157–161, 182, 260, 328, 341
przesilenie 75–81, 84–87
przydatność rolnicza 304, 314
pumeks 213
pustynia 100, 115, 157, 248, 263, 282–286, 290, 305, 307, 309, 311, 313, 314, 322, 337

R
radioteleskop 52
reakcje termojądrowe 56, 82
regresja 169, 183, 291, 292
– morska 221, 234, 240
relief 30
resublimacja 111, 119
rewa 275
rędzina 301, 313
ripplemarki 283, 290
rosa 119
roślinność typu śródziemnomorskiego 305, 307, 313, 314
rok
– gwiazdowy 74, 84
– świetlny 51, 54
– zwrotnikowy 74, 84
rozpad blokowy 247, 287
równonoc 75–81, 84
rów
– oceaniczny 202, 203, 205, 223, 224, 240, 244, 324, 338
– tektoniczny 163, 166, 183, 204, 210, 238
ruch
– obiegowy 74, 76, 78, 84, 96, 320
– obrotowy 64–67, 76, 83, 86, 93, 96, 106, 136, 150, 320
ruchy
– epejrogeniczne 219, 221, 240
– górotwórcze, zob. orogeneza
– izostatyczne 219, 222, 240
– masowe 246, 250–254, 261, 266, 268, 272, 285, 287, 324
rumowisko
– rzeczne 260, 261
– skalne 247, 272
ryft 202, 205, 216, 238, 241
rynna podlodowcowa 267, 270, 272, 289, 294
rzeka 144–146, 148, 149, 156–161, 165, 166, 181–183, 257, 260–265, 268, 271, 278, 288, 291, 301, 322, 324, 328, 340–343
– epizodyczna 157, 182
– główna 156, 182
– okresowa 157, 182
– stała 157, 182

S
saltacja 281
sandr 267, 271, 289, 294
sawanna 299, 305, 306, 310, 311, 313, 314
sejsmograf 206, 219
sejsmogram 219
sfera niebieska, zob. sklepienie niebieskie
siła
– ciężkości 246, 250–252
– Coriolisa 65, 66, 83, 104, 107, 151, 262, 320
– odśrodkowa 66, 67, 83, 320
skala
– Beauforta 154, 339
– mapy 18, 19, 27, 42
– Mercallego 219
– Mohsa 193, 346
– Richtera 219
skała
– macierzysta 296–298, 301–303, 312, 313, 318
– magmowa 190, 194, 195, 198, 237, 238, 330
– metamorficzna 190, 194, 198, 237, 238, 330
– osadowa 190, 194, 196, 198, 207, 222, 237, 238, 243, 322, 330
skamieniałości 228, 229, 231, 240
– przewodnie 228, 236, 240, 243
sklepienie niebieskie 60, 64, 65, 76, 79, 83
skorupa ziemska 163, 183, 190–195, 201, 202, 205, 207, 208, 212, 219, 221, 227, 236, 237, 240, 246, 296
słone bagna 279, 290
Słońce 50, 56–61, 64, 65, 67–71, 74–88, 94–96, 101, 107, 112, 113, 150, 320, 337
słońce średnie 69, 71, 83
solanki 180
solfatary 213
soliflukcja 252
sonda kosmiczna 53, 54
spełzywanie 251, 252, 287
spływanie 251, 287
spreding 202, 216, 238
stalagmit 258, 288
stalagnat 258, 288
stalaktyt 258, 288
starorzecze 163, 165, 183, 187, 262, 288
stratopauza 92
stratosfera 92, 93, 135
stratygrafia 227
strumień 145, 156, 259
step 305, 308, 313, 314
stok 23, 45, 96, 109, 246, 250–252, 269, 283, 287, 324, 325
– kontynentalny 223, 224, 240
stopień geotermiczny 192, 237
stożek
– napływowy 271, 289
– pasożytniczy 214
– usypiskowy 251, 287
– wulkaniczny 213–215, 239
stratowulkan 215, 216, 239
subdukcja 202, 203, 205, 210, 216, 238, 243
surowce mineralne 24, 172, 197–200, 217, 238, 331
suspensja 281
system
– górski 211
– rzeczny 156, 182
systemy informacji geograficznej, zob. GIS
szadź 119
szaroziem 299, 302, 303, 307, 313
szczawy 180
szelf 223, 224, 240
szerokość geograficzna 20, 22, 26, 42, 43, 64, 66, 77–81, 83–85, 87, 95–97, 106, 107, 111, 124, 125, 135–138, 147, 148, 151, 168, 171, 310
szkwał 123
szron 119

Ś
ściółka 296, 312
śnieg 96, 112–114, 131, 132, 144, 158, 160, 168, 169, 171, 173, 183, 226, 252, 337

T
tajga 305, 309, 313, 314, 326
tarcza prekambryjska 211
teledetekcja 9, 41
teleskop 52–54
temperatura powietrza 25, 43, 91–102, 109, 111, 114–117, 119–121, 124–139, 141, 152, 168, 171, 181, 183, 218, 249, 285, 310
– aktualna 95
– punktu rosy 111, 115
– średnia 95–97, 102
teoria
– geocentryczna 50, 52, 82
– heliocentryczna 50, 82
– tektoniki płyt litosfery 201, 238
– Wielkiego Wybuchu 51, 82
terasa 260, 263, 264, 284, 288
termosfera 92, 93, 135
termy 180
terra rossa 300, 304, 314
transgresja 169, 183, 291, 292
– morska 221, 232, 234, 240, 292
trąby powietrzne 122, 123
troposfera 67, 92, 93, 99, 104, 107, 111, 116, 135, 136, 138, 151, 172, 181
trylobit 228, 236
trzęsienie ziemi 154, 182, 192, 202, 205, 206, 218–222, 240, 250, 251, 254, 287, 323, 324
tsunami 154, 182, 217, 221, 240
tropopauza 92
tuf 213, 217, 301, 313
tundra 305, 309, 313, 314
turbulencja 104, 136

U
ujście rzeki 148, 156, 182, 263, 264, 278, 288, 290
układ horyzontalny 79
Układ Słoneczny 51, 56–61, 82, 83, 90, 227, 337
upwelling 150, 153, 181, 188
urodzajność 298, 304, 313, 314
uskok 178, 198, 204, 206, 209, 210, 229, 239, 240, 243
– transformujący 205
ustrój rzeczny 157–161, 182
utlenianie 248, 287
uwadnianie 249, 287
uwał 256, 259, 288
uwęglanowienie 249, 287

W
wał brzegowy 275
warstwa
– czynna 171, 187
– ozonowa 92, 93, 135
– wodonośna 174–177, 184
wiatr 10, 59, 66, 100, 103–110, 116, 117, 119, 121, 123, 127, 134, 136–138, 141, 150, 151, 154, 246, 272, 281–287, 290, 309, 321, 339
– dolinny 110
– górski 110
– słoneczny 60, 94, 135
wezbranie 158, 182, 260, 263, 301, 328
widnokrąg 65, 87
wiek
– bezwzględny 227, 240
– względny 227, 229, 232, 240
wieloletnia zmarzlina 144, 171, 181, 187, 252, 300, 303, 313, 321
wietrzenie skał 246–250, 266, 272, 284, 285, 287, 289, 297, 298, 312
– biologiczne 246, 249, 287
– chemiczne 246, 248, 249, 287, 292, 321, 324, 326
– mechaniczne 246, 249, 285, 287, 320, 321, 324
wilgotność powietrza 101, 109, 111, 114–116, 119, 120, 127, 137, 138, 285
wilgotny las równikowy 305, 306, 313–315, 322
wody
– artezyjskie 174, 184
– mineralne 180, 184
– podziemne 144, 156, 158, 162, 173–178, 180–182, 184, 257, 298, 301
współrzędne geograficzne 9, 16, 20, 21, 32, 42, 44, 85, 86, 329
wszechocean 146, 155, 162, 168, 181, 183, 223, 338
wszechświat 50–54, 62, 82, 233
wulkan 67, 90, 147, 154, 163, 167, 183, 203, 204, 210, 213–218, 226, 239, 241, 243, 250, 323, 345
wulkanizm 212
wybrzeże 67, 109, 115, 137, 150, 152, 153, 165, 181, 197, 273–280, 284, 290, 292, 324
– dalmatyńskie 276, 290
– fiordowe 277, 290
– koralowe 279, 290
– lagunowe 278, 290
– limanowe 278, 290
– namorzynowe 279, 290
– riasowe 276, 290
– szkierowe 277, 290
– zalewowo-mierzejowe 278, 290
wydma 10, 39, 91, 272, 274, 275, 283–285, 290, 311, 331
wygład lodowcowy 266, 269, 289
wywiad 15, 42
wywierzysko 178, 257, 259, 288
wyż baryczny 103, 105, 107–109, 120, 136, 153, 188

Z
zaćmienie
– Księżyca 61, 83
– Słońca 61, 83
zasada superpozycji 228, 229
zasolenie 147, 148, 162, 181, 185, 279
zatoka 67, 146, 164, 165, 181, 263, 274, 276–278, 290
zdjęcie
– lotnicze 9, 11, 36, 41, 44
– satelitarne 9, 11, 32, 41, 43, 44, 47, 120, 121, 186, 263, 281
zenit 75–79, 81, 84
zlewisko 146, 156, 182, 341
zlewnia 156
zlodowacenie 164, 166, 268–270, 289
zorza polarna 92–94
zrąb tektoniczny 210
zwierciadło wód podziemnych 174–177, 184, 257, 301, 313
zwietrzelina 246, 250–252, 265, 287, 296, 298, 301, 312

Ź
źródło 156, 178, 179, 182, 184
źródło informacji geograficznej 8–11, 41

Ż
żebra krasowe 256
żleb 251, 287
żłob lodowcowy, zob. dolina U-kształtna
żłobki krasowe 256, 288
żółtoziemy 299, 302, 304, 308, 313
żyzność gleby 296, 298, 300, 301, 304, 313–316, 325

Autorzy ilustracji:
Ewelina Baran: s. 65 (pozorna wędrówka Słońca), 215 (typy wulkanów), 256–257 (rzeźba krasowa); **Elżbieta Buczkowska:** s. 6, 13, 14, 20, 35, 50, 51, 61 (zaćmienia), 64, 65 (pozorna wędrówka Słońca), 66, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76–77 (kula ziemska, wykresy), 78, 79, 80, 88, 90, 91, 94, 96 (promienie słoneczne padające na kulę ziemską), 101, 104, 106–107, 108, 109 (bryza), 110, 111, 116, 117, 124, 125 (dane dla stacji w pobliżu równoleżnika 51°N, klimatogramy), 126, 130, 131, 132, 133, 134, 146, 153, 154, 158, 159, 168 (granica wiecznego śniegu), 171, 174, 178, 190, 204, 205, 215 (typy wulkanów), 222, 223, 226, 229, 230, 232, 242, 244, 249, 260, 273, 274, 279, 284, 294, 302–303 (profile: 5, 6, 7, 9), 310, 318, 320, 321, 323 (typy zbiorowisk leśnych), 324; **Rafał Buczkowski:** s. 20, 61, 64, 68, 73 (mechanizm ruchu daty), 74, 78 (strefy oświetlenia Ziemi), 108, 110, 153, 156, 175, 191, 249, 251, 256–257 (rzeźba krasowa), 271 (kula ziemska), 279, 284 (barchan, wydma paraboliczna), 323 (typy zbiorowisk leśnych); **Marta Długokęcka:** s. 10 (wydmy), 76–77 (ilustracje wędrówki Słońca), 96 (krajobraz z górami), 109 (fen), 141 (chinook), 223, 224, 261 (cofanie się wodospadu), 296; **Gianluca Giacoppo** – model 3D kuli ziemskiej na s. 20, 22, 61, 64, 66, 68, 69, 73 (linia zmiany daty), 75, 91, 96, 106–107, 249, 320; **Natalia Helman:** s. 13, 33 (ikonka), 47, 101, 102, 118, 125 (opady w Niemczech), 129, 130, 131, 141 (klimatogramy), 144, 158, 159, 161, 192, 194, 199, wklejka (klimatogramy); **Wioleta Herczyńska:** s. 22, 91, 103, 150, 156, 168 (powstawanie lodu lodowcowego), 210, 219, 256–257 (rzeźba krasowa), 260 (profil podłużny rzeki), 261 (kaptaż), 262, 264, 265, 273, 274, 275, 282, 303 (profile: 3, 4, 8, 10); **Ewa Kaletyn:** s. 76 (ikonki), 134, 228; **Adam Kłodecki:** s. 209 (rodzaje uskoków); **Przemysław Kłosin:** s. 170, 244, 294; **Adam Król:** s. 22, 66, 69, 73 (mechanizm ruchu daty), 75, 91, 96 (promienie słoneczne padające na kulę ziemską), 247, 320; **Laura Maziewska:** s. 52–53, 179 (etapy 1 i 2), 202 (etapy spredingu), 203 (etapy subdukcji), 270 (obszar przed złodowaceniem i w trakcie złodowacenia); **Krzysztof Mrawiński:** s. 179 (etap 3), 187, 188, 217, 256–257, 294, 323 (gejzer); **Marek Nawrocki:** s. 92–93; **Marcin Oleksak:** s. 109 (bryza), 169, 202–203 (przekrój Ziemi), 208, 209 (uskok, płaszczowina), 210, 212, 214–215 (budowa wulkanu), 228, 244, 268–269, 270–271 (rzeźba glacjalna, powstawanie głazów narzutowych), 273, 297, 324; **Joanna Ptak:** s. 229; **Marcin Ptak:** s. 61, 64 (doba słoneczna i doba gwiazdowa), 191; **Alicja Skupin-Podwojewska:** s. 58–59; **Ewa Sowulewska:** s. 27 (kompas), 65 (horyzont i widnokrąg), 76–77 (ilustracje wędrówki Słońca, wykresy), 78 (obliczanie wysokości górowania Słońca), 103 (niż), 175, 275, 302–303 (profile: 1, 2, 5, 6, 7, 9), 318, 321; **Karolina Zaręba:** s. 27 (mapa), 29.

Autorzy projektów graficznych:
Marek Błoszko: s. 5, 61, 115, 122–123, 149, 172, 179, 210, 279, 285, 302–303, 306–309; **Elżbieta Buczkowska:** s. 106–107; **Ewa Kaletyn:** s. 76–77; **Aleksandra Misiak:** s. 54, 96–97, 148, 195, 196–197, 198, 208–209, 276–278; **Krzysztof Mrawiński:** s. 179, 256–257; **Marek Nawrocki:** s. 92–93; **Marcin Oleksak:** s. 52–53, 57, 112–113, 169, 202–203, 268–269, 270–271; **Wojciech Sendal:** s. 268–269; **Alicja Skupin-Podwojewska:** s. 58–59, 272; **Zuzanna Sri:** s. 51, 191, 217; **Agnieszka Stankiewicz:** s. 112–113; **Sławomir Włodarczyk:** s. 94.

Zdjęcia pochodzą z zasobów:
AGENCJA WYBORCZA.PL: Tomasz Rytych s. 40 (centrum zarządzania kryzysowego); **BE&W:** Carsten Peter/National Geographic/Christie's Images s. 11 (Kryształowa Jaskinia), Science Source/Science Stock Photography s. 12, Alamy/Sergey Dzyuba s. 28, Alamy/access rights from The History Collection/public domain sourced s. 52 (Albert Einstein), Alamy/CPA Media Pte Ltd s. 52 (Galileusz), Photo12 s. 52 (Jan Heweliusz), Alamy/Vitaliy Gaydukov s. 53 (Sputnik 1), Alamy/Ali Kabas s. 57 (tranzyt Wenus), Alamy/Imagebroker s. 65 (pozorny ruch gwiazd), BSIP/GODONG s. 66, Agencja Fotograficzna Caro/Ruffer s. 71, Age Fotostock/McPHOTO s. 112 (stratocumulus), Alamy/Lamax s. 112–113 (cumulonimbus), Alamy/blickwinkel s. 113 (cirrostratus), Alamy/Andia s. 148, Alamy/Wirestock Inc. s. 149 (żółw morski), Xinhua/Photoshot/U.S. Coast Guard/John Kepsimelis s. 149 (katastrofa na platformie Deepwater Horizon), Alamy/David Hammant s. 157 (wadi), Wojciech Wójcik s. 157 (powódź), 164 (Jezioro Raduńskie Dolne), 165 (Druzno), Alamy/Danita Delimont s. 163, Alamy/Arterra Picture Library s. 166, Alamy/Dan Leeth s. 171, Alamy/Emmanuel LATTES s. 178, Alamy/geoz s. 195 (sjenit), Alamy/agefotostock s. 196 (brekcja), Alamy/Foss s. 196 (glina), Alamy/Photimageon s. 198 (gnejs), Animals Animals/earth scenes/Kent P. Breck s. 198 (marmur), Alamy/Science History Images s. 204, Alamy/Panther Media GmbH s. 216 (Ojos del Salado), Photo Researchers/Russell Curtis s. 219, Alamy/Martin Bond s. 231, Alamy/Ivoha s. 247, Alamy/BrazilPhotos s. 250, Alamy/Science History Images s. 254 (osuwisko na wyspie Leyte), Alamy/David Wall s. 256 (leje krasowe), Alamy/Tom Gardner s. 256 (żłobki krasowe), Alamy/Tibor Bognar s. 257 (mogoty), Alamy/Eric Nathan s. 259 (Jaskinia Gombasecka), Alamy/Premium RM Collection Karol Kozlowski s. 265, Alamy/Bogdan Wańkowicz s. 267 (głazy narzutowe), Alamy/Lee Rentz s. 269, Alamy/Photimageon s. 273, Alamy/Goran afarek s. 275, Alamy/Pavel Dudek s. 277 (wybrzeże szkierowe), Alamy/Oleksandr Tkachenko s. 278 (wybrzeże limanowe), Alamy/Sergi Reboredo s. 278 (wybrzeże lagunowe), Alamy/Archivio World 2 s. 283 (wydmy na Saharze), Alamy/J Marshall – Tribaleye Images s. 285 (pustynia kamienista), IMAGEBROKER RF/Michael Szonyi s. 293 (grzyb skalny), Alamy/geogphotos s. 299 (lateryt), Alamy/john wreford s. 299 (gleby zasolone), Alamy/Bob Gibbons s. 300 (gleba poligonalna), Alamy/dave jepson 1 s. 300 (terra rossa), Alamy/Naeblys s. 301 (gleba wulkaniczna), Alamy/Roger Cracknell 25/India s. 306 (suchy las podrównikowy), Alamy/tbkmedia.de s. 311 (kwitnąca pustynia), Alamy/RJH_AERIAL s. 317 (tajga), IMAGEBROKER RM/Wolfram Cuppers s. 317 (step), Alamy/David R. Frazier Photolibrary, Inc. s. 320 (przypływ i odpływ), Nature Picture Library/Jurgen Freund s. 320 (namorzyny), IMAGEBROKER RF/Harry Laub s. 323, Alamy/SeBuKi s. 325 (klif), Alamy/Piotr Borkowski s. 329 (brzeg Wdy), Alamy/Karol Kozlowski Premium RM Collection s. 332, Alamy/Konstantin Bordukov s. 333; **COREL** s. 112 (cirrocumulus, cumulus); **EAST NEWS:** Reporter/Wojtek Tolyz s. 53 (Aleksander Wolszczan), REPORTER/Zbigniew Jatkowski/Mazury.info s. 123 (szkwał), AFP/FABRICE COFFRINI s. 169, AP/Associated Press s. 216 (Fagradalsfjall), AFP/BULENT KILIC s. 221 (zniszczenia po trzęsieniu ziemi), AFP PHOTO/SANTA CATARINA FIRE DEPARTMENT s. 252 (osuwisko); **ESA EUROPEAN SPACE AGENCY** s. 186 (jezioro Malawi); **FORUM:** Xinhua News Agency/Caters News/Shi Zhiqiang s. 63 (meteoryt), Kacper Kowalski s. 123 (trąba powietrzna w Borach Tucholskich), Łukasz Dejnarowicz s. 329 (osuwisko); **GETTY IMAGES:** 500px/Uldis Knakis – okładka, AlbertPego s. 5, Image Source/Cultura RM Exclusive/Ross Woodhall s. 7, iStock/Getty Images Plus/vjanez s. 49, iStock/guvendemir s. 54 (Ziemia), Moment RF/Chris Saulit s. 63 (Krater Barringera), E+/rusm s. 65 (szosa), iStock/SellOnlineMarketing s. 69, Moment Open/Andrea Rapisarda s. 90, Moment RF/Mendowong Photography s. 92–93 (chmury), Moment RF/Radka Janouskovcova s. 92–93 (chmury), The Image Bank/John Perret s. 113 (nimbostratus), Moment RF/Anton Petrus s. 114, Westend61 s. 115, iStock/Frizi s. 129, iStock/ChrisDixonPhotography s. 143, iStock/Elis_Blanca s. 173, The Image Bank Unreleased/Hans Strand s. 180, iStock/Wirestock s. 189, iStock/SHansche s. 197 (klify), Corbis Historical/VCG s. 206 (zniszczone domy), iStock/desertsolitaire s. 209 (uskok), Photodisc/Stocktrek s. 218 (erupcja Pinatubo), Yann Arthus-Bertrand s. 218 (Bacolor), E+/Angela Sorrentino s. 221 (świątynia Serapisa), Digital Vision/Walter Bibikow s. 243 (Pico del Teide), iStock/Joel Sorrell s. 243 (Mauna Kea), iStock/Tatiana Epifanova s. 243 (granit), iStock/AlbertoLoyo s. 248 (Atakama), iStock/Focus on Nature/Gerald and Buff Corsi s. 248 (tafoni), iStock/ewg3D s. 274 (Trzęsacz), Sino Images s. 284, Moment RF/Salah Baazizi s. 285 (pustynia piaszczysta), 500px Plus/FWSAM s. 286 (jardangi w Gansu), Corbis Documentary/George Steinmetz s. 286 (jardangi), iStock/Dahlhaus/Kniese s. 295, iStock/Klaus Hollitzer s. 304 (plantacja cytrusów), De Agostini Editorial/A. VERGANI s. 322 (Dolina Nilu), iStock/javarman3 s. 324 (Andy), De Agostini Editorial/F. BARBAGALLO s. 326 (tajga); **INDIGO IMAGES:** SPL/Ames Vaughan s. 53 (Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba), SPL/Detlev Van Ravenswaay s. 60 (kometa Halleya), SPL s. 87, Robert Harding Photography/Geoff Renner s. 100 (Antarktyda), Blickwinkel/fotofoto s. 113 (stratus), Jason Persoff Stormdoctor s. 123 (tornado), robertharding/Michael Nolan s. 172 (mieszkańcy Arktyki), DanitaDelimont.com/Alida Latham s. 187 (domy na palach), imageBROKER/Geophoto/Dmitriiy Bartosh s. 187 (samochód na błotnistej drodze), SPL s. 192, SPL/Science Stock Photography s. 195 (porfir), Mary Evans Picture Library Ltd/ardea.com/Francois Gohier s. 206 (uskok San Andreas), Pacific Stock/Philip Rosenberg s. 226 (Mauna Kea), agefotostock/ Santiago Fdez Fuentes s. 228 (trylobit), SPL s. 230 (datowanie izotopowe), Fotosearch LBRF/Ulysses71 s. 285 (pustynia żwirowa), Blickwinkel/R Koenig s. 311 (żywe kamienie), AGE Fotostock/Larry Dale Gordon s. 322 (Namib); **NASA:** Earth Observatory/Landsat satellites s. 47, NASA Archive s. 53 (Neil Armstrong), ESA/Hubble/Davide De Martin s. 54 (galaktyka Wiatraczek), ESA/CSA James Webb Space Telescope's near-infrared-light view s. 54 (Filary Stworzenia, łączenie się galaktyk), Solar Dynamics Observatory s. 56, JPL s. 60 (planetoida Ida), Visible Earth/JSC s. 126, GFS/NCEP/US National Weather Service s. 155, Visible Earth/MODIS Rapid Response team s. 217 (Hawaje), Earth Observatory/Joshua Stevens (maps), using data from Sandwell, D. et al. (2014) and Mike Carlowicz (caption) s. 224, Visible Earth/Jacques Descloitres, MODIS Land Science Team s. 263 (Delta Nilu), 264, Earth Observatory/Goddard Space Flight Center/MODIS Rapid Response Team, Jeff Schmaltz s. 280 (Półwysep Chalcydycki), Earth Observatory image by Lauren Dauphin, using VIIRS data from NASA EOSDIS LANCE, GIBS/Worldview, and the Joint Polar Satellite System (JPSS) s. 281; **POLSKA AGENCJA PRASOWA PAP:** Abaca/Anadolu Agency/Sergey Anisimov s. 172 (platforma wydobywcza), EPA/Dennis M. Sabangan s. 254 (służby ratownicze na osuwisku); **SENTINEL HUB/EO BROWSER** s. 186 (Szelment Wielki, Bukowo), 263 (delta wsteczna Świny); **SHUTTERSTOCK:** Antonio Guillem s. 15, ffolas s. 31 (schronisko Cyrla), Paya Mona s. 40 (pomiary GPS w terenie), Laliko s. 52–53 (gwiazdy), Elena11 s. 57 (Pluton), MR Gao s. 57 (Eris), Pike-28 s. 57 (Ceres), Sudakarn Vivatvanichkul s. 57 (Haumea, Makemake), 24K-Production s. 58 i 59 (Merkury), NASA images s. 58 i 59 (Wenus, Mars), 59 (Uran, Neptun), max dallocco s. 58 i 59 (Ziemia), Lukasz Pawel Szczepanski s. 58–59 (Słońce), Manuel Breva Colmeiro s. 58–59 (gwiazdy w tle), MarcelClemens s. 59 (Saturn), Vadim Sadovski s. 59 (Jowisz), Jiri Balek s. 60 (meteoryt Hoba), Korionov s. 61, ecuadorplanet s. 67 (Chimborazo), meunierd s. 67 (odpływ), uniquephotography s. 67 (przypływ), Chim s. 89, Denis Belitsky s. 94, studio23 s. 95, Creative Travel Projects s. 99, Michelle Holihan s. 100 (Dolina Śmierci), Chris P. s. 112 (altocumulus), Ustyuzhanin Andrey Anatolyevitch s. 113 (altostratus), John D Sirlin s. 122–123 (wyładowania atmosferyczne), SUJATA KEDAR DIXIT s. 124, canadastock s. 134, Marti Bug Catcher s. 149 (meduza), Polly Dawson s. 149 (dno morskie), beersonic s. 162, Piotr Krzeslak s. 164 (Śniardwy), anasyraf s. 167 (oliwkowozielone i turkusowe jeziora Kelimutu), B_BEUM s. 167 (ciemnoczerwone jezioro Kelimutu), Boris-B s. 170 (lodowiec alpejski), Dreamer Company s. 170 (lodowiec fieldowy), Nicolaj Larsen s. 170 (lodowiec piedmontowy), Rushabh Parakh s. 170 (lodowiec himalajski), David Dennis s. 172 (statek), w10 s. 193, vvoe s. 194 (granit, jadeit), kailas s. 195 (masyw Mont Blanc), bogdan Ionescu s. 196 (żwir), Jade ThaiCatwalk s. 196 (piasek), Pablo Romero s. 197 (róża pustyni), Yes058 Montree Nanta s. 197 (antracyt, dolomit), 198 (kwarcyt), Kaspars Grinvalds s. 199, Doug McLean s. 208, Pitroviz s. 209 (Beskidy), Brum s. 210 (Góry Dynarskie), evenfh s. 210 (Góry Smocze), Travelhock s. 210 (Fudżi), Storm Is Me s. 211, muratart s. 213, ismed_photography_SS s. 217 (Jawa), NiarKrad s. 226 (obserwatorium astronomiczne), holbox s. 228 (amonit), Sergey Lavrentev s. 228 (belemnit), Mikhail Olykainen s. 230 (słoje drewna), Andriy Kananovych s. 243 (wapień), Yes058 Montree Nanta s. 243 (bazalt), Frank Bach s. 245, Zoomtraveller s. 248 (tuszczenie skał), giocalde s. 252 (zabezpieczanie stoku), Nadezda Murmakova s. 252 (osłona drogi w Alpach), Cortyn s. 255, 256 (polje), Marina Kryuchina s. 256 (jaskinia), Vladislav Gajic s. 256 (ponor), Luisa Puccini s. 257 (kanion krasowy), Peter Hanzes s. 259 (kanion krasowy), Maria Bukval s. 261, Lukasz Pawel Szczepanski s. 263 (łachy śródkorytowe), Santiparp Wattanaporn s. 266, Daniel Carlson s. 267 (Grenlandia), Vadim Petrakov s. 267 (Himalaje), Andrzej Puchta s. 272 (krajobraz młodoglacjalny), Fotokon s. 272 (krajobraz staroglacjalny), Parilov s. 274 (Mierzeja Kurońska), Dawid K Photography s. 276 (wybrzeże riasowe), xbrchx s. 276 (wybrzeże dalmatyńskie), Alex Polo s. 277 (wybrzeże fiordowe), Curioso.Photography s. 278 (wybrzeże zalewowo-mierzejowe), panphai s. 279 (namorzyny), Stanley Kalvan s. 280 (klify), Felix Lipov s. 282 (misa deflacyjna), Konrad Uznanski s. 282 (ostaniec deflacyjny), hecke61 s. 283 (grzyb skalny), Violetta Aschenbrenner s. 283 (ripplemarki), www.sandatlas.org s. 283 (graniak), Galyna Andrushko s. 285 (pustynia ilasta), Fotokon s. 293 (ripplemarki), Ingrid Pakats s. 293 (głaz narzutowy), theplaceware s. 293 (dolina V-ksztaltna), sommthink s. 301 (gleba antropogeniczna), schame s. 304 (owce), Alexandra Giese s. 306 (sawanna), Stephane Bidouze s. 306 (wilgotny las równikowy), Kite_rin s. 307 (makia), ub-foto s. 307 (pustynia), Konstantin Shishkin s. 308 (step), VRstudio s. 308 (las mieszany), Xico Putini s. 308 (las zwrotnikowy), AlxYago s. 309 (tajga), Andrei Stepanov s. 309 (tundra), Incredible Arctic s. 309 (pustynia lodowa), Lubo Ivanko s. 310, VRstudio s. 317 (las mieszany), Neil Bradfield s. 321 (erozja gleby), R Kristoffersen s. 321 (nachylone drzewo), Maris Maskalans s. 322 (wilgotny las równikowy), vvoe s. 322 (gips), Barbarajo s. 323 (korzenie wrastające w skały), michal812 s. 325 (jezioro dystroficzne), kubais s. 326 (kret), Evgeny Haritonov s. 331 **oraz** Zasoby Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii/www.geoportal.gov.pl s. 9 (Jezioro Solińskie), s. 26 (ortofotomapa i cieniowany model terenu), s. 30 (cieniowane modele terenu), s. 32 (okolice Piwnicznej-Zdroju i okolice Rytra), Wikipedia/Fundacja Brama Grodzka – Teatr NN s. 10, Google Earth Pro s. 11 (centrum Warszawy), 33 (geokompozycje), 62 (Księżyc), Google Maps s. 16, Patryk Wenta s. 27 (mapa leśna), GIS – systemy informacji geograficznej s. 34, GUS – Portal Geostatystyczny s. 36, geoportal.gov.pl s. 37–39, Archiwum wydawnictwa s. 52 (Mikołaj Kopernik), Google Mars s. 62 (Olympus Mons), Sławomir Wiktorowicz s. 113 (cirrus), 195 (granit, bazalt, gabro), 196 (piaskowiec, zlepieniec, żwir), 197 (sól kamienna, wapień, węgiel kamienny), Bogdan Wańkowicz s. 119, 257 (wywierzysko), Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy s. 102, 118, 121, 160, ISOK Informatyczny System Ochrony Kraju/Hydroportal s. 145, Caroline Power Photography s. 149 (pływająca wyspa śmieci), Marek Ostrowski/samper.pl s. 165 (starorzecza), Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy s. 176, 200, 253, Piotr Kubiś/Atlas Zasobów Otwartej Nauki/Kolekcja Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu s. 197 (torf), Sylwia Marczak/Atlas Zasobów Otwartej Nauki/Kolekcja Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Licencja: CC BY-SA 4.0 s. 197 (węgiel brunatny), Anna Olej-Kobus/Krzysztof Kobus/Travelphoto s. 258, Janusz Madejski/flickr.com s. 292, AZON 2.0 zasobynauki.pl/Kolekcja Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu/Cezary Kabała s. 300 (czarnoziem), 317 (gleba bielicowa, czarnoziem), Michał Jankowski s. 301 (mada), Marcin Świtoniak s. 317 (mada).

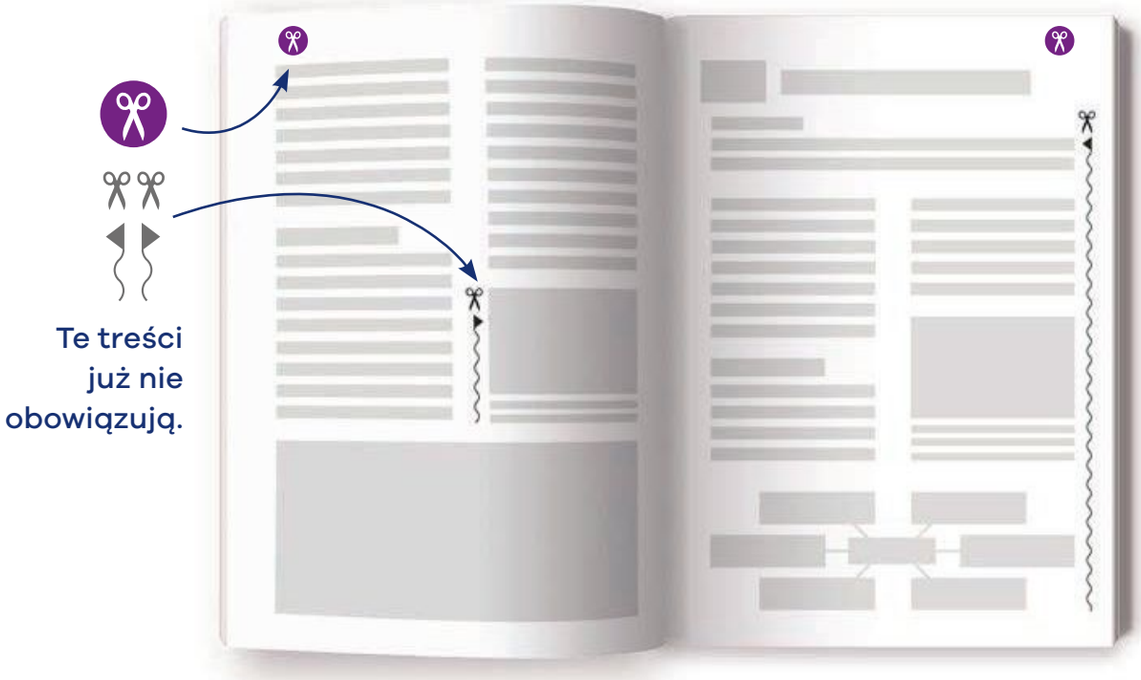
nowa era *Twoje mocne strony*

NOWE
Oblicza geografii

Za co polubisz podręczniki *NOWE Oblicza geografii*?

- liczne schematy, tabele i wypunktowania
- praktyczne samouczki *Krok po kroku*
- infografiki pomagające zrozumieć zjawiska i procesy
- podsumowania i zadania ze wskazówkami
- wklejka z dwiema dużymi mapami świata

W podręczniku znajdziesz oznaczenia treści, które od września 2024 r. nie są już wymagane.



Fioletowa ikona na górze strony wskazuje, że na tej stronie znajdują się treści, które nie są wymagane – oznaczono je szarą ikoną i falką.

Nowa Era Sp. z o.o.
www.nowaera.pl nowaera@nowaera.pl
Centrum Kontaktu: 58 721 48 00

ISBN 978-83-267-4995-7
9 788326 749957