



III. Atmosfera

3. Opady atmosferyczne.

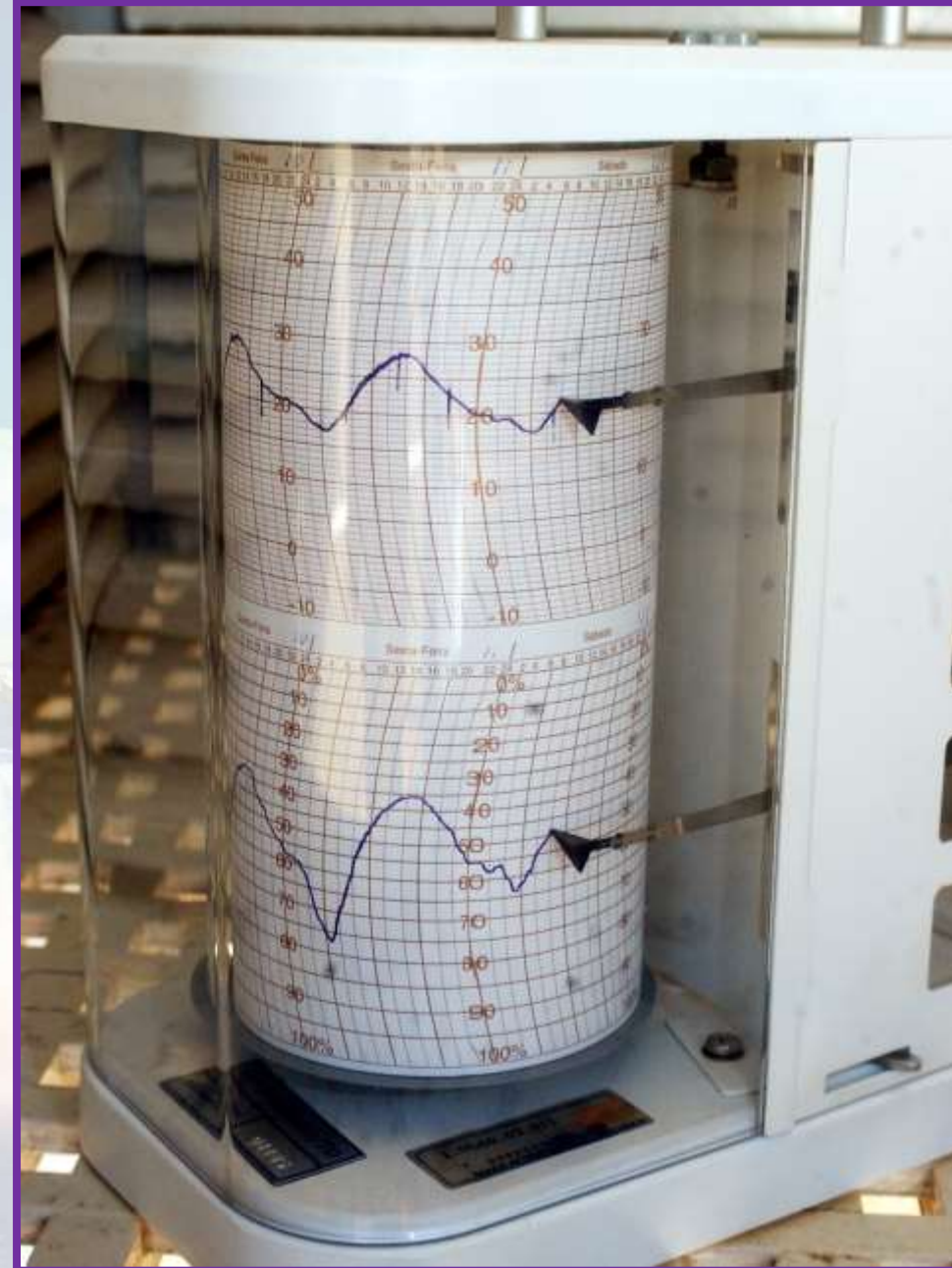
Para wodna i wilgotność powietrza atmosferycznego

- Cała wilgoć atmosferyczna pochodzi z parowania wody na powierzchni Ziemi, stąd im bliżej tej powierzchni znajduje się powietrze, tym jest wilgotniejsze.
- Najwięcej pary wodnej z reguły występuje w dolnych warstwach troposfery.
 - W wyniku konwekcji termicznej (zwykle najsilniejszej koło południa) może ona bowiem szybko odpłynąć do wyższych warstw troposfery, dzięki czemu staną się one wilgotniejsze od powietrza zalegającego przy podłożu.



Definicja wilgotności i jego rodzaje

- **Wilgotność powietrza** oznacza zawartość w nim pary wodnej.
 - Zawartość pary wodnej w atmosferze podlega ciągłym zmianom przestrzennym i czasowym.
- **Bezwzględna wilgotność powietrza** – masa pary wodnej zawarta w jednostce objętości powietrza, czyli jest to:
 - ilościowy stosunek masy pary wodnej do objętości powietrza (w g/m^3).
 - Zależy ona od aktualnej temperatury powietrza.
- **Względna wilgotność powietrza** – stosunek ilości pary wodnej zawartej w danej chwili w powietrzu do ilości pary wodnej, jaka maksymalnie może się w nim zmieścić w danej temperaturze i ciśnieniu (wyrażona w %):
 - **powietrze nasycone** – występuje jeżeli wilgotność względna powietrza wynosi 100%.
 - **niedosyt wilgotności** – obecny jest kiedy wilgotność względna jest mniejsza niż 100%.
 - Im większy jest niedosyt wilgotności – tym większe jest parowanie.

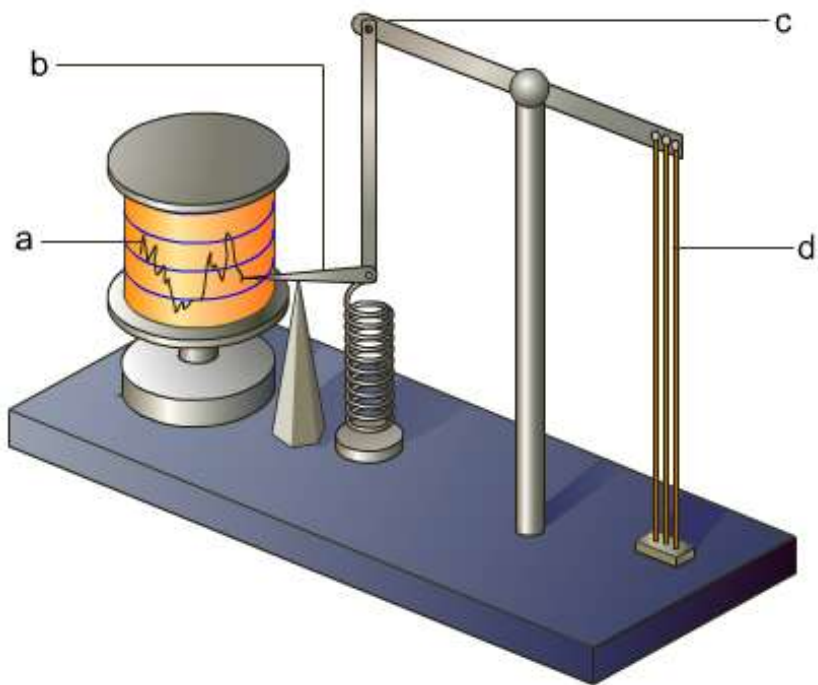


Higrometr = urządzenie do pomiaru wilgotności

- **Higrometr** – to urządzenie służące do określania wilgotności powietrza.
- **Higrograf** – jest odmianą higrometru, która samoczynnie rejestruje stan i zmiany wilgotności powietrza.
 - Zapis w tym przypadku jest dokonywany na wyskalowanym papierze nałożonym na obrotowy bęben.

→ Schemat budowy higrografu:

- a – skala wilgotności,
- b – wskaźnik,
- c – dźwignia,
- d – włosy



Czynniki wpływające na intensywność parowania

- **Intensywność parowania** zależy przede wszystkim od:
 - **temperatury powierzchni parującej:**
 - rośnie wraz z nią;
 - **stopnia nasycenia powietrza parą wodną:**
 - wzrost wilgotności powietrza ogranicza parowanie;
 - **szybkości przemieszczania się powietrza nad powierzchnią parującą:**
 - większe parowanie przy większej prędkości wiatru;
 - **ciśnienia powietrza nad powierzchnią parującą:**
 - rośnie wraz z jego spadkiem;
 - **pokrycia terenu:**
 - rośliny magazynują wodę, którą później oddają do atmosfery;
 - utwory piaszczyste i żwirowe – silnie chłoną wodę, lecz słabo parują;
 - utwory nieprzepuszczalne, np. beton uniemożliwia wsiąkanie, przez co zwiększa parowanie;
 - **ukształtowanie powierzchni:**
 - im większe nachylenie, tym szybszy spływ, a mniejsze parowanie;
 - **ekspozycji stoku:**
 - powierzchnie lepiej nasłonecznione szybciej parują.



Kondensacja pary wodnej

- **Para wodna**, będąca w atmosferze **w stanie gazowym** może ulec:
 - **skropleniu (kondensacji)** – przekształceniu **w kropelki wody** (w stan ciekły),
 - **resublimacji** – przekształceniu **w kryształki lodu** (w stan stały).
- Proces przechodzenia ze stanu gazowego w ciecz lub stan stały jest uwarunkowany:
 - względną wilgotnością powietrza,
 - odpowiednim obniżeniem temperatury,
 - występowaniem **jąder kondensacji** bez których ta kondensacja nie rozpocznie się, nawet przy odpowiednim spadku temperatury i przesyleniu powietrza parą wodną.



Jądra kondensacji

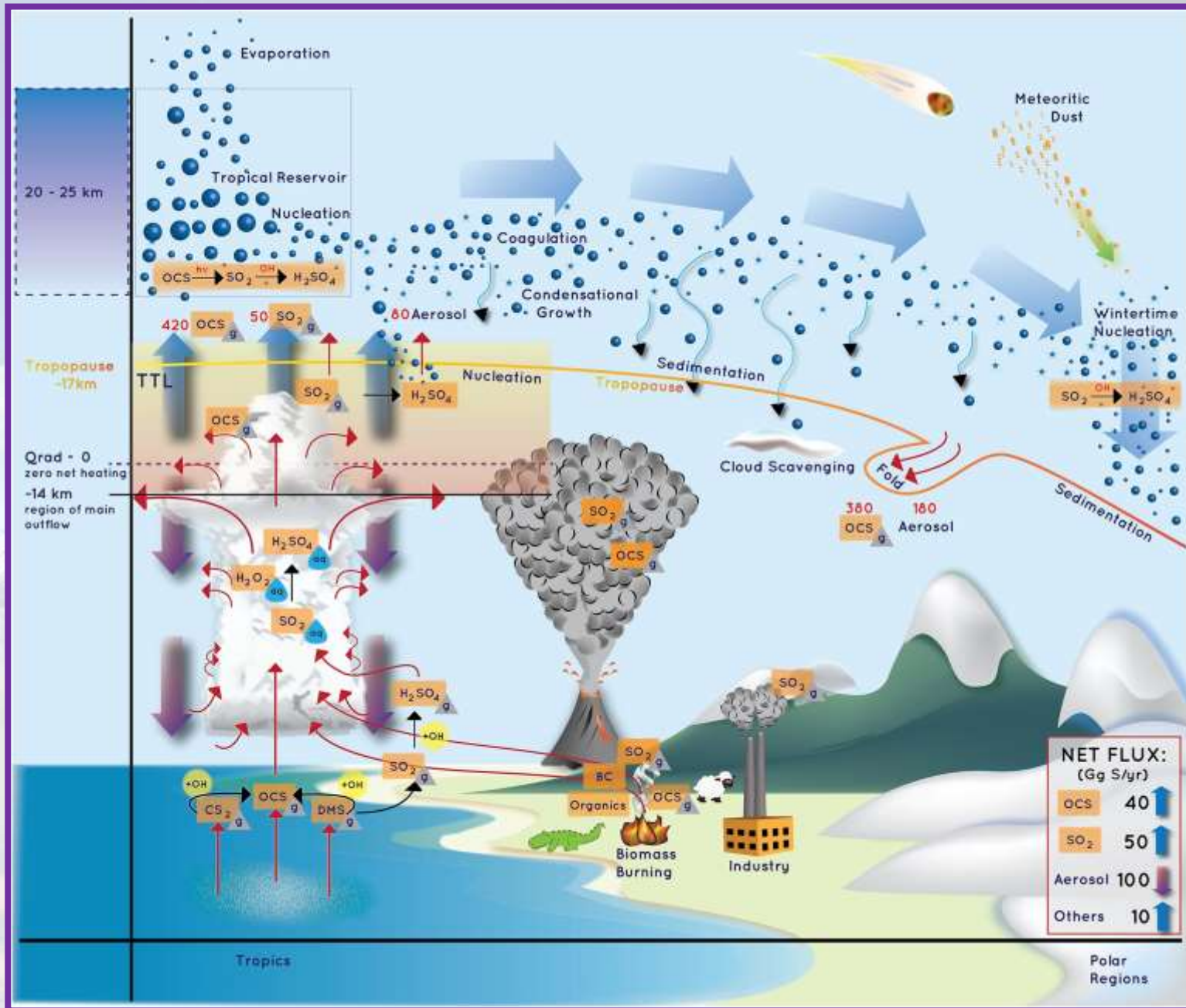
→ **Jądra kondensacji** – mikroskopijnych rozmiarów pyły i ciecze organiczne lub mineralne unoszące się w powietrzu atmosferycznym, które warunkują oraz przyspieszają proces skraplania pary wodnej w atmosferze.

→ Najczęściej są one niewidzialne dla oka ludzkiego i są to, m.in.:

- cząsteczki soli morskich,
- bakterie, wirusy, zarodniki roślin, obumarłe komórki roślin i grzybów,
- pyły (eoliczne, wulkaniczne),
- zanieczyszczenia (pyły przemysłowe, komunikacyjne i produkty spalania).



Figure 11.17 Clouds form when a mass of rising air becomes saturated and water collects on condensation nuclei.



Temperatura punktu rosy

- **Temperatura punktu rosy (punkt rosy)** – to wartość temperatury w której powietrze zostanie nasycone parą wodną.
 - Osiągnięcie tej temperatury zwykle wynika ze spadku temperatury, niekiedy tylko z intensywnego parowania z ciepłego podłoża do chłodnej masy powietrza o okresowo ustabilizowanej temperaturze.
 - Jej spadek poniżej punktu rosy powoduje skraplanie (kondensację) nadmiaru pary wodnej (przemianę fazową takich jej ilości, które przy danej temperaturze przekraczają stan nasycenia).
 - Dzieje się to w strefie kondensacji, której dolną granicę wyznacza poziom punktu rosy, zaś górną poziom zamarzania.
 - Wysokości, na których znajdują się te strefy, zmieniają się wraz z dobowymi i rocznymi wahaniami temperatury.



Produkty kondensacji i resublimacji pary wodnej

- W wyniku **kondensacji i resublimacji** pary wodnej powstają:
 - **osady atmosferyczne,**
 - **mgły i chmury,**
 - **opady atmosferyczne.**



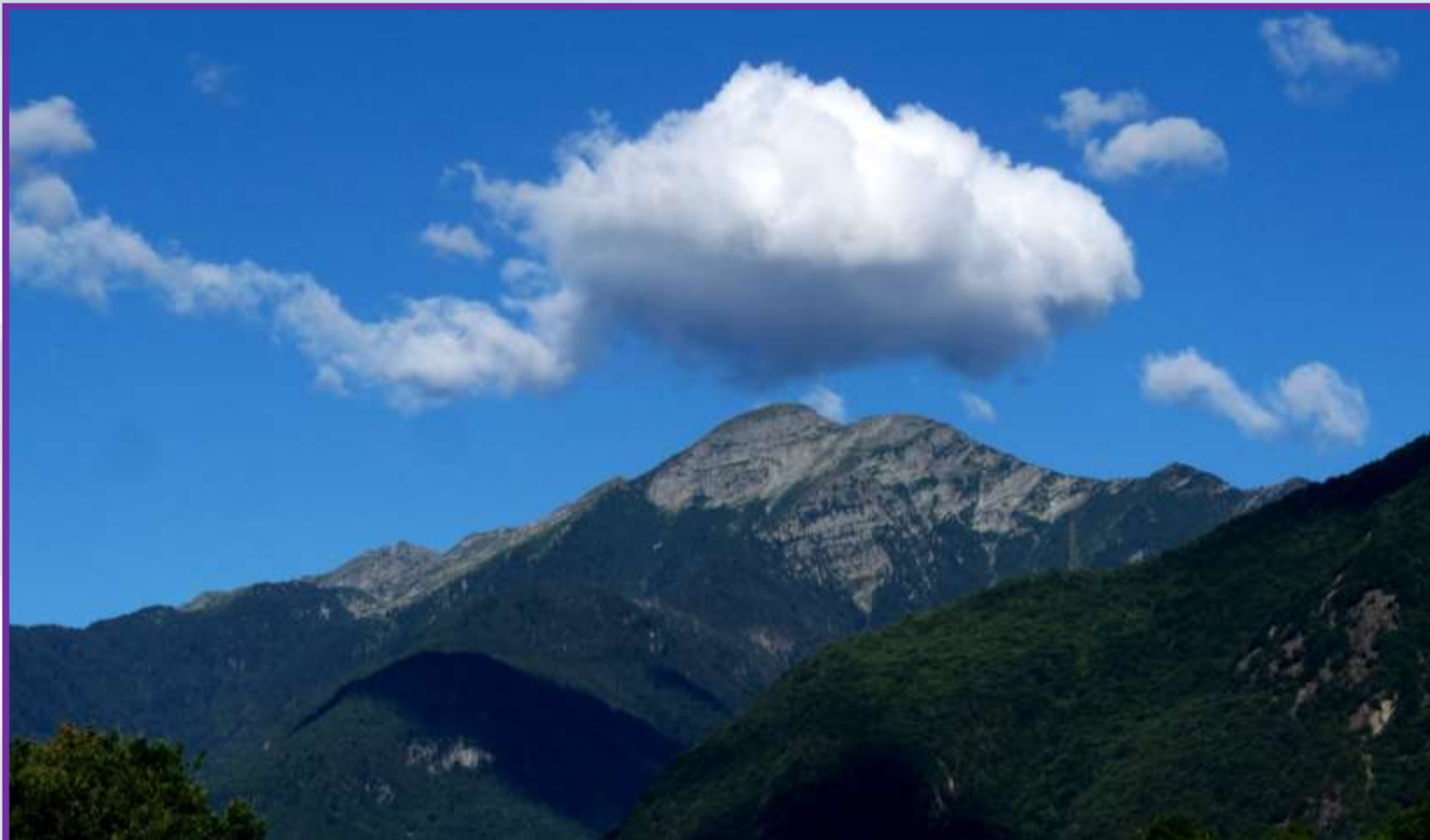
Chmury

- Największymi skupiskami produktów kondensacji i resublimacji pary wodnej są **chmury**.
- Najwięcej chmur powstaje i rozwija się tam, gdzie warunki do kondensacji pary wodnej są najbardziej sprzyjające, czyli wzdłuż frontów atmosferycznych i na dowietrznych stokach gór.
- Z tych obszarów są one przenoszone z prądami powietrza do rejonów o odmiennej temperaturze i wilgotności, co warunkuje ich narastanie lub zanikanie oraz przekształcanie się.
- W rezultacie stopień zachmurzenia oraz rodzaje chmur się zmieniają.



Skład chmur

- Chmury mogą składać się wyłącznie z kropelek wody (**chmury wodne**) lub z kryształków lodu (**chmury lodowe**).
- W obu przypadkach są to **chmury jednorodne**.
- Najczęściej jednak powstają **chmury mieszane**, złożone z kropelek wody i kryształków lodu wymieszanych w różnych proporcjach.



Rodzaje chmur, ich wygląd i charakterystyka

- Międzynarodowa klasyfikacja chmur opiera się na ich wyglądzie zewnętrznym.
- Wyróżnia 10 rodzajów chmur, które dzieli na gatunki i odmiany:
 - szczegółowe informacje o chmurach zawiera **Międzynarodowy atlas chmur**.



Piętro wysokie: pierzasta (Cirrus/Ci)

→ Chmura pierzasta (Cirrus/Ci):

- pojedyncza, o delikatnej budowie, włóknista, mająca postać kłaczków, nitek;
- zbudowana z rozproszonych kryształków lodu;
- zwykle cienka, prawie nie zmniejsza dopływu promieniowania słonecznego;
- biała;
- nie daje opadów;
- często zapowiada zmianę pogody – nadciąganie strefy opadowej.



Piętro wysokie: kłębiasto-pierzasta (Cirrocumulus/Cc)

→ Chmura kłębiasto-pierzasta (Cirrocumulus/Cc):

- ławica złożona z białych, drobnych, prawie przezroczystych kłębków (płatków, kłębuszków, zmarszczek itp.), przypominająca soczewki lub ości ryby, “baranki”;
- zbudowana prawie wyłącznie z kryształków lodu, sporadycznie może zawierać przechłodzone krople wody;
- nie daje opadów (jeżeli się zdarzą to wyparowują, zanim osiągną powierzchni Ziemi – jest to tzw. **zjawisko virga** – opadem są kryształki lodu zwane **pyłem diamentowym**);
- poprzedza front chłodny.



Piętro wysokie: warstwowo-pierzasta (Cirrostratus/Cs)

→ Chmura warstwowo-pierzasta (Cirrostratus/Cs):

- pokrywa niebo całkowicie lub częściowo;
- biaława, delikatna zasłona;
- jest zbudowana głównie z kryształków lodu;
- nie zaciemnia konturów Słońca lub Księżyca;
- daje zjawisko (widoczne na górnym zdjęciu) zwane **halo** (zjawisko świetlne mające postać pierścienia wokół tarczy Słońca, będące wynikiem załamania się promieni światła i odbijania się ich od ścian kryształków lodu);
- zapowiada pogorszenie pogody (front ciepły).



Piętro średnie: średnia kłębiasta (Alto cumulus / Ac)

→ Chmura średnia kłębiasta (Alto cumulus / Ac):

- biała lub szara ławica chmur, złożona z zaokrąglonych płatów, brył, "baranków" większych niż w przypadku chmury Cc;
- miejscami silnie spiętrzona, o zróżnicowanym oświetleniu, lokalnie dająca cień;
- zbudowana głównie z kropelek wody (latem) lub kryształków lodu (zimą);
- z reguły nie daje opadów (mogą wywoływać **virgo** – opady nie docierające do powierzchni Ziemi);
- zapowiada pogorszenie pogody.



Piętro średnie: średnia warstwowa (Altostratus/As)

- **Chmura średnia warstwowa (Altostratus/As):**
 - szara lub niebieskoszara ławica chmur o włóknistej strukturze, przez które słabo prześwieca Słońce;
 - pokrywa niebo całkowicie lub częściowo;
 - typowe chmury mieszane, zbudowane z kropelek wody i kryształków lodu;
 - zimą daje opad drobnego śniegu,
 - w lecie wywołuje opady bardzo drobnego deszczu, tzw. **“kapuśniaczka”**.



Piętro niskie: warstwowa (Stratus/St)

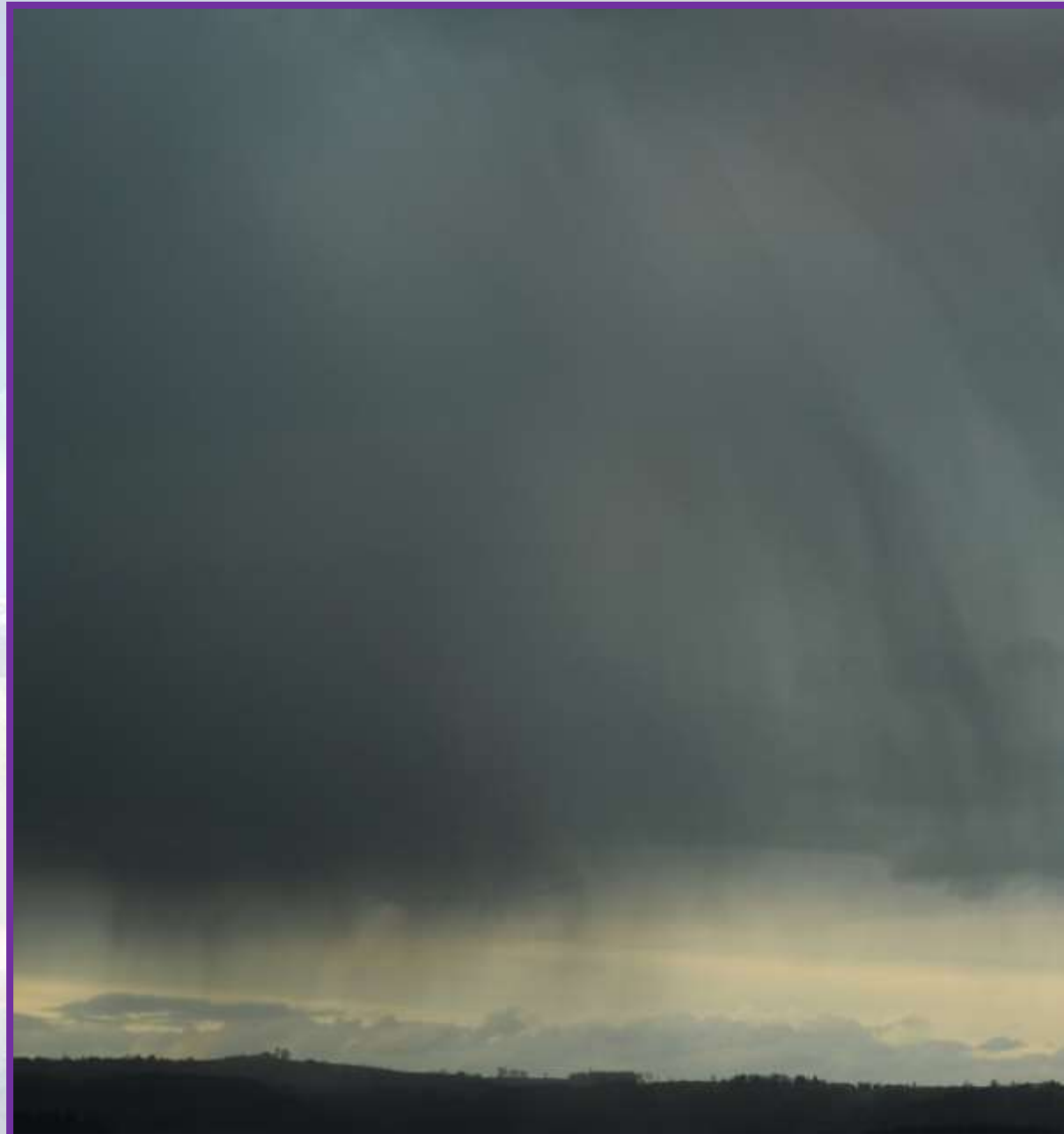
→ Chmura warstwowa (Stratus/St):

- niska, mogąca się wznosić kilkadziesiąt metrów nad powierzchnią Ziemi warstwa chmur (mogą przysłaniać wyższe budynki lub wzniesienia terenu);
- o jednolitej podstawie;
- mglista, pokrywająca całe niebo;
- zbudowana głównie z kropelek wody,
 - w niskiej temperaturze z kryształków lodu;
- daje opad: mżawki, drobnego śniegu, krupy lodowej i słupków lodowych.



Piętro niskie: warstwowo – deszczowa (Nimbostratus/Ns)

- **Chmura warstwowo – deszczowa (Nimbostratus/Ns):**
 - warstwa chmur o dość znacznej grubości, dochodzącej do kilku kilometrów oraz o bardzo dużej długości (liczonej często w setkach km);
 - ciemnoszara;
 - nie prześwituje przez nie Słońce;
 - w dole często postrzępiona;
 - zbudowana głównie z kropel wody, a w górnej części z kryształków lodu;
 - daje długotrwałe i średnio intensywne opady deszczu, śniegu, krupy śnieżnej.



Piętro niskie: kłębiasto-warstwowa (Stratocumulus/Sc)

→ Chmura kłębiasto-warstwowa (Stratocumulus/Sc):

- ławice lub warstwy szarych bądź białawych chmur o wyraźnie kłębiastej budowie, charakterystycznych członach w postaci płatów, zaokrąglonych brył, walców, jednak większych niż w wypadku chmury Ac;
- zbudowana głównie z kropel wody, czasem krup śnieżnych lub płatków śniegu, rzadko z kryształków lodu;
- daje słaby opad deszczu, śniegu lub krup śnieżnych.



Chmury o budowie pionowej: kłębiasta (Cumulus/Cu)

→ Chmura kłębiasta (Cumulus/Cu):

- wyraźna postać kłębu o ciemniejszej podstawie;
- w znacznych częściach biała, może występować pojedynczo lub w ławicach;
- czasami wyraźnie zaokrąglona, postrzępiona lub o płaskiej podstawie;
- o budowie pionowej;
- zbudowana zazwyczaj z kropelek wody;
- na ogół nie daje opadów (jeżeli pojawi się opad – jest krótkotrwały ale krople mogą być stosunkowo duże);
- towarzyszy jej piękna pogoda.



Chmury o budowie pionowej: kłębiasta deszczowa (Cumulonimbus/Cb)

→ Chmura kłębiasta deszczowa (Cumulonimbus/Cb):

- pojedyncza, silnie rozbudowana w pionie chmura (do ponad 12 km);
- często w kształcie gór, wież, ogromnych kalafiorów;
 - górna część w kształcie kowadła;
- oświetlona przez Słońce jest biała, jednak bezpośrednio nad miejscem obserwacji ciemna;
- daje krótkie, gwałtowne ulewy, często połączone z wyładowaniami atmosferycznymi oraz silnym wiatrem;
- w dolnej części zazwyczaj zbudowana z kropelek wody, w środkowej – mieszanina kropelek wody i kryształków lodu, w górnej – z kryształków lodu,
 - może dać opad gradu, krupy śnieżnej;
- na ich tle często obserwuje się tęczę.



Rozpoznaj główne rodzaje chmur widoczne na zdjęciach

1.



2.



3.



4.



5.



Rozpoznaj główne rodzaje chmur widoczne na zdjęciach (rozwiązanie)

1. Cirrocumulus (Cc)



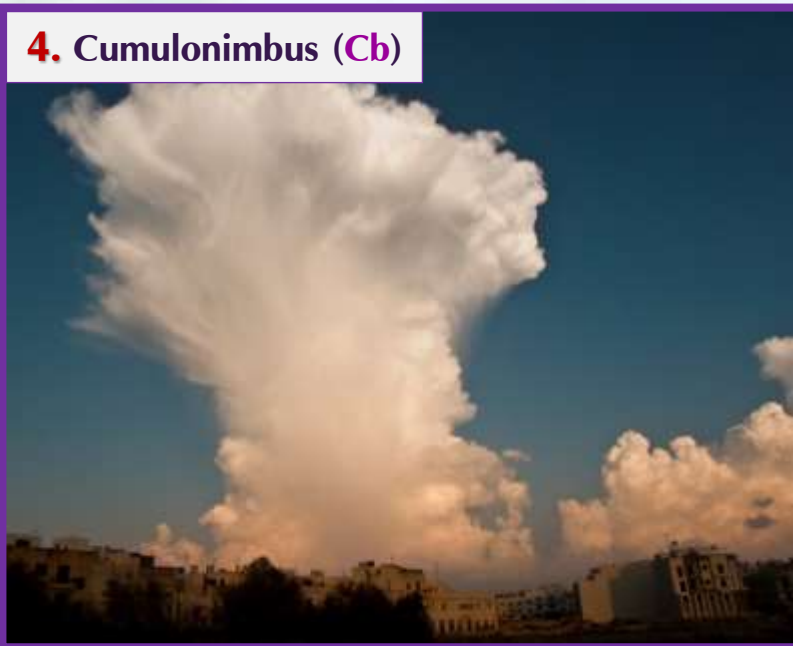
2. Altocumulus (Ac)



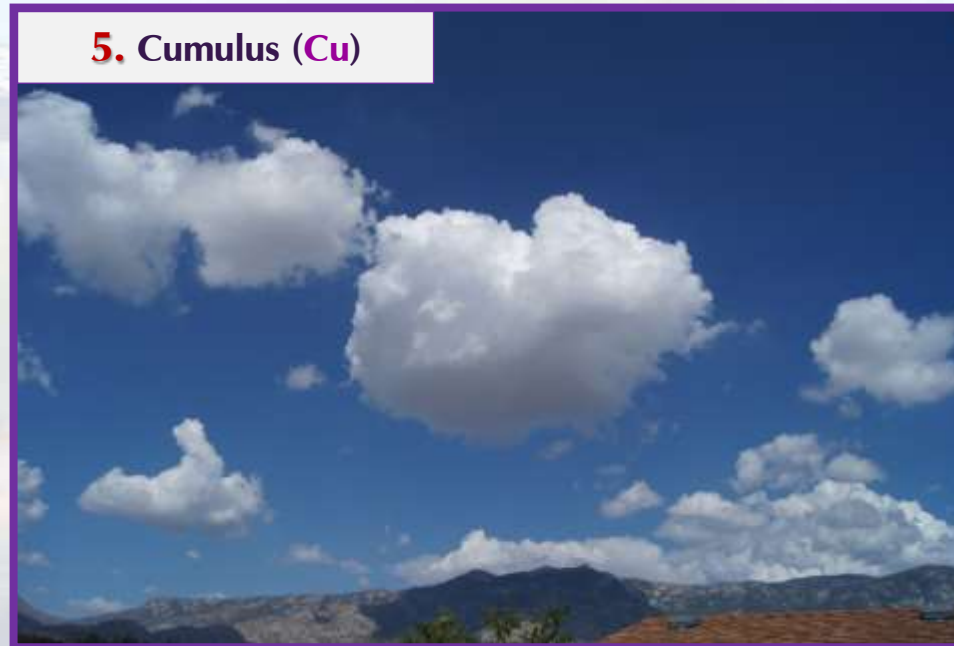
3. Stratocumulus (Sc)



4. Cumulonimbus (Cb)



5. Cumulus (Cu)

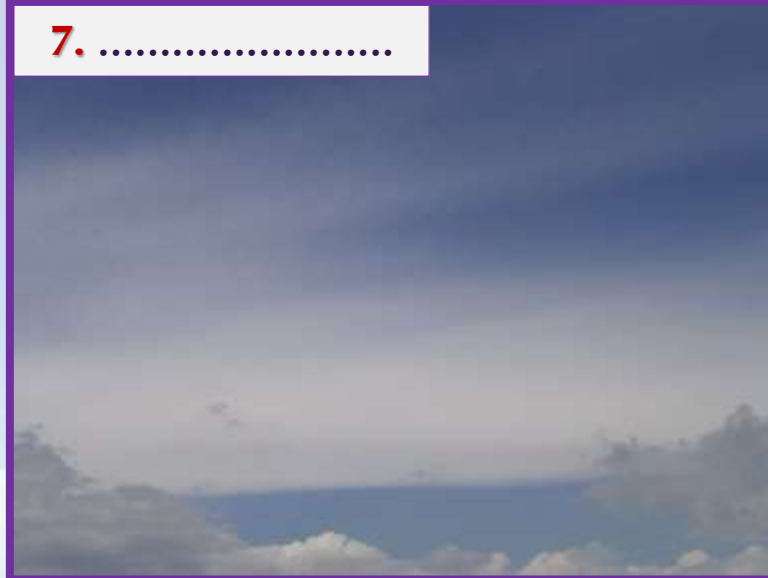


Rozpoznaj główne rodzaje chmur widoczne na zdjęciach

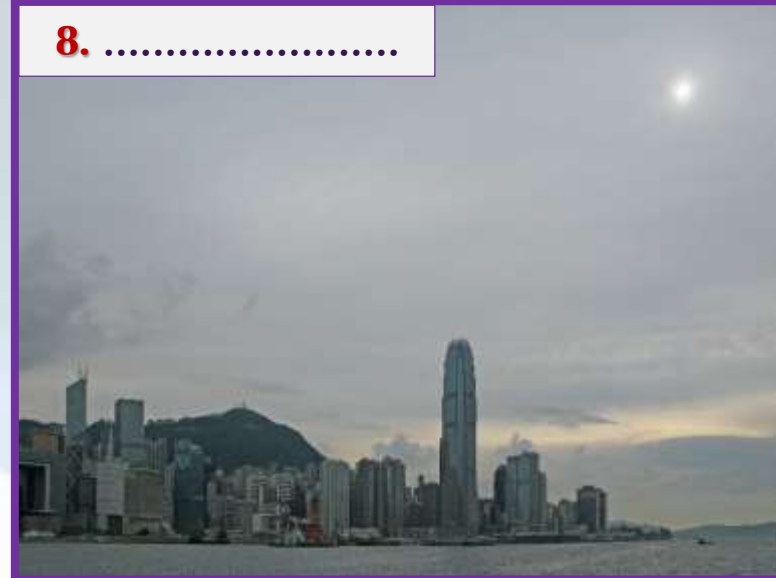
6.



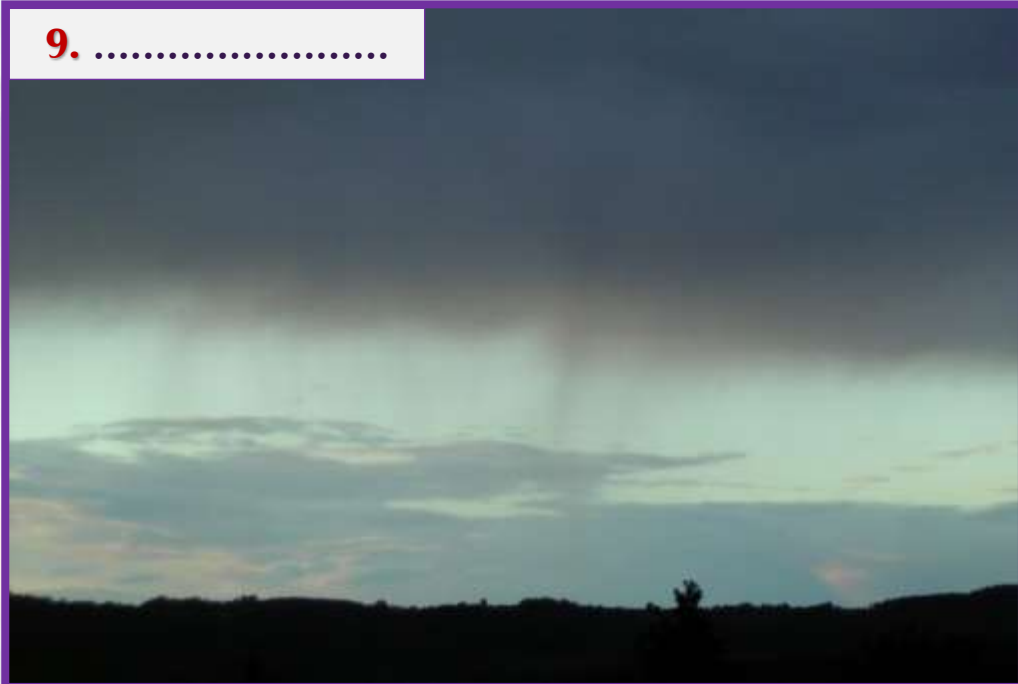
7.



8.



9.



10.

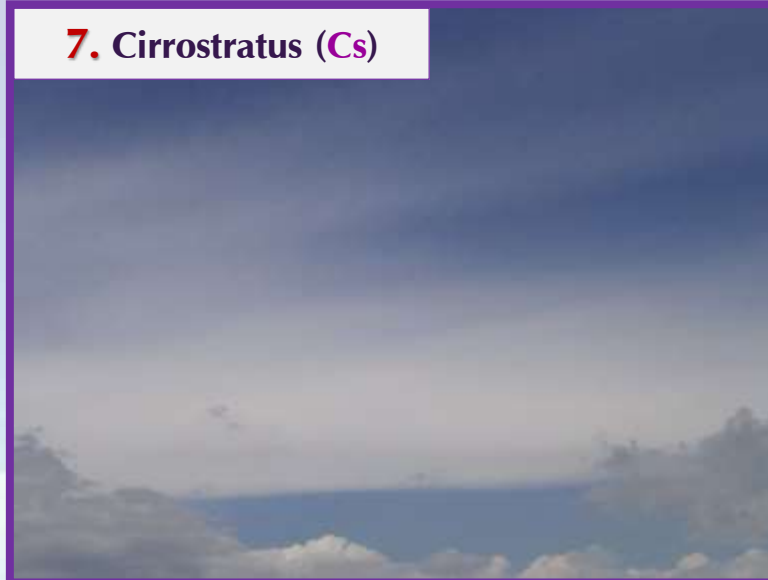


Rozpoznaj główne rodzaje chmur widoczne na zdjęciach (rozwiązanie)

6. Cirrus (Ci)



7. Cirrostratus (Cs)



8. Altostratus (As)



9. Nimbostratus (Ns)



10. Stratus (St)



Rodzaje opadów atmosferycznych oraz ich charakterystyka

→ W zależności od rodzaju chmur i charakteru procesów fizycznych zachodzących w chmurach, woda jest z nich wytrącana grawitacyjnie w stanie ciekłym lub stałym.

→ Do powierzchni Ziemi dociera jako **opady atmosferyczne**: mżawki, deszczu, gradu, ziaren lodowych, śniegu, krup śnieżnych itp., zależnie od temperatury panującej w przestrzeni pomiędzy tą powierzchnią i chmurami.



Rodzaj opadu	Charakterystyka
mżawka	opad o średnicy kropelek poniżej 0,5 mm
deszcz	opad kropeł o średnicy powyżej 0,5 mm
śnieg	opad płatków śniegowych – połączonych ze sobą kryształków o zróżnicowanej średnicy (nawet kilku cm)
śnieg ziarnisty	opad nieprzezroczystych ziaren lodowych o średnicy mniejszej niż 2 mm
krupy śnieżne	opad nieprzezroczystych ziaren lodowych o średnicy od 2 do 5 mm
grad	opad nieprzezroczystych bryłek lodu (gradzin) powyżej 5 mm
słupki lodowe (pył diamentowy)	opad bardzo drobnych, błyszczących w słońcu kryształków lodu w postaci sześciokątnych słupków, blaszek

Deszcz



Deszcz – opad kropel o średnicy powyżej 0,5 mm

Śnieg



Śnieg – opad płatków śniegowych – połączonych ze sobą kryształków o zróżnicowanej średnicy (nawet kilku cm)

Krupy śnieżne i grad

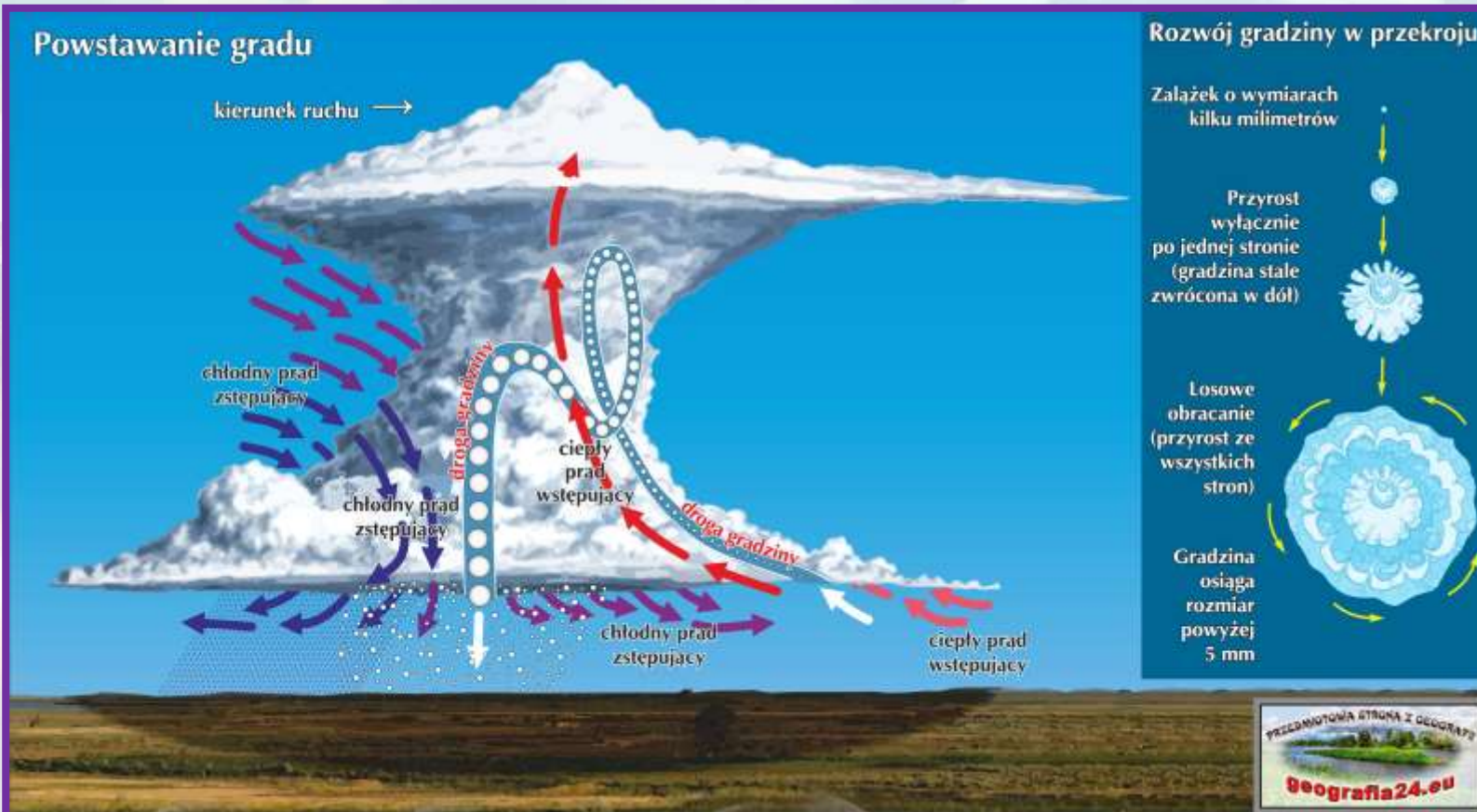
→ Krupa śnieżna i grad są bardzo podobne – w ich rozróżnieniu może pomóc paznokieć (większe formy to gradziny).



Krupy śnieżne – opad nieprzezroczystych ziaren lodowych o średnicy od 2 do 5 mm
Grad – opad nieprzezroczystych bryłek lodu (gradzin) powyżej 5 mm

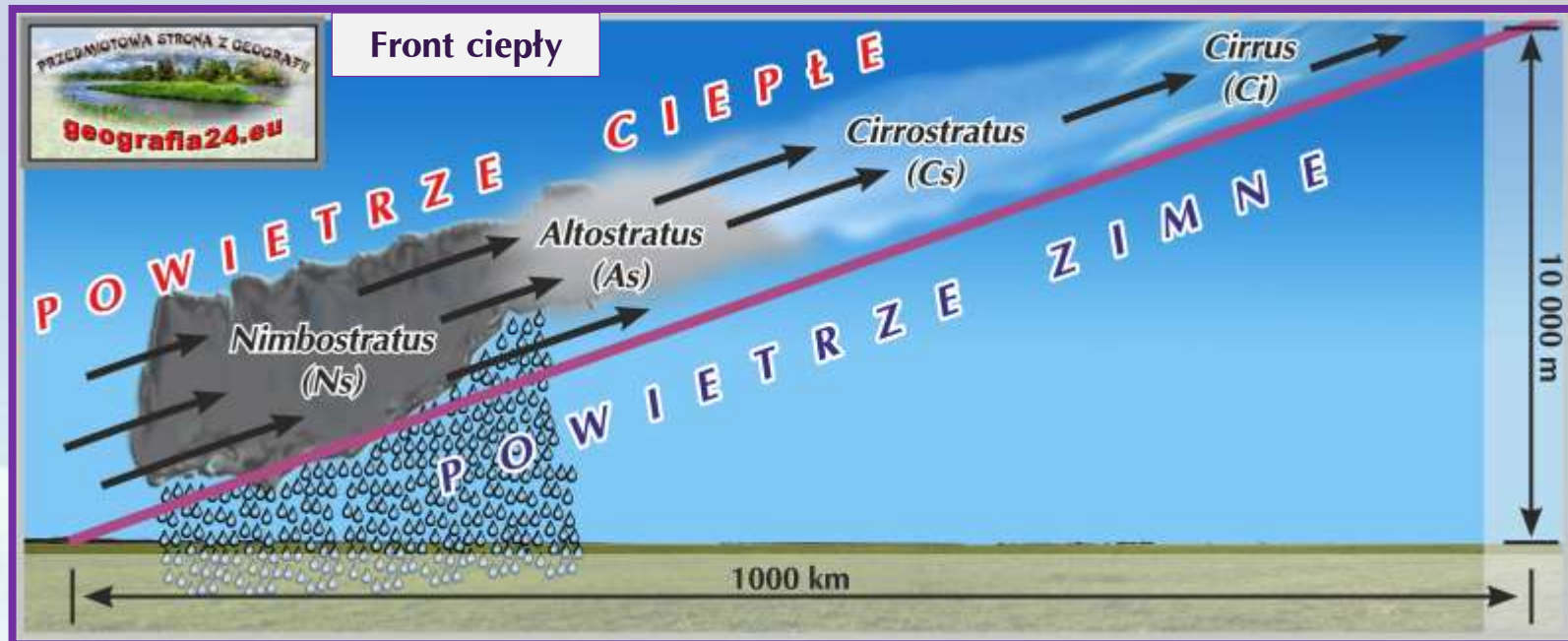
Powstawianie gradu

- Miejscem powstawania gradu jest chmura cumulonimbus, w której zachodzą różnego rodzaju procesy, a kluczowe dla powstawania lodowych kul są prądy wznoszące, czyli stały ruch powietrza z dołu do góry.
- I tak silny prąd wznoszący nieustannie ciągnie za sobą wilgotne powietrze do pewnego poziomu, na którym następuje skraplanie pary wodnej i zamiana jej w kropelki wody i dalej w górę aż do pułapu tzw. izotermy zero, czyli pułapu zamarzania kropelek (powstają wtedy drobne lodowe kuleczki – krupy śnieżne).
- Prąd transportuje je w dół chmury (w wyniku działania siły ciężkości opadają), gdzie panują dodatnie temperatury.
- I tak w kółko – w górę i w dół, aż kulki gradu, staną się na tyle ciężkie aby spaść na powierzchnię Ziemi.



Opady frontalne

- **Opady frontalne (opady frontowe)** – występują w miejscu zetknięcia się różnych mas powietrza o odmiennych cechach (odmiennej temperaturze oraz zawartości pary wodnej),
- opady w zależności od frontu mogą mieć różne cechy i przebieg:
 - **front ciepły** – opad długotrwały ale mało lub średnio intensywny;
 - **front chłodny** – opad krótkotrwały i bardzo intensywny.

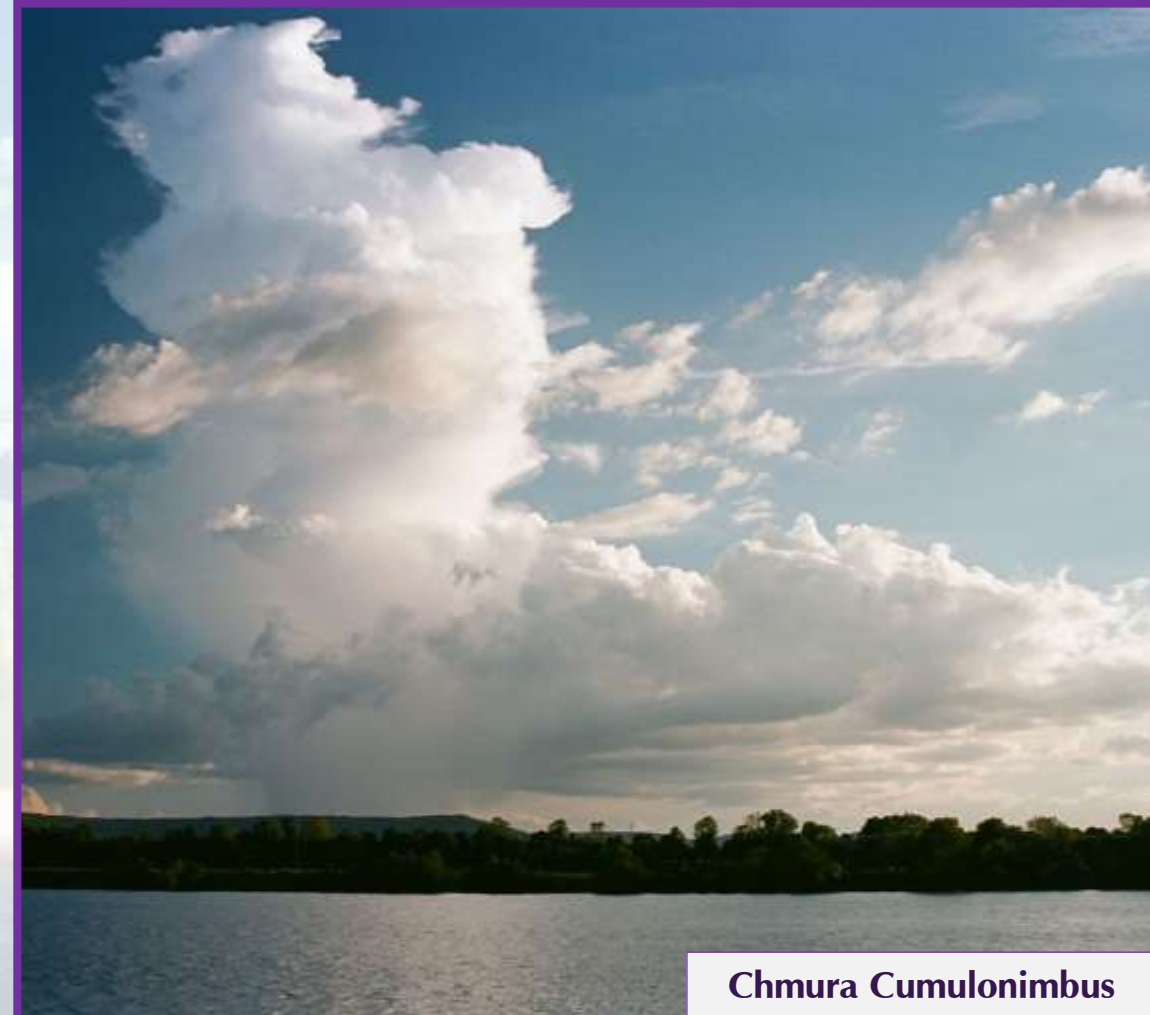
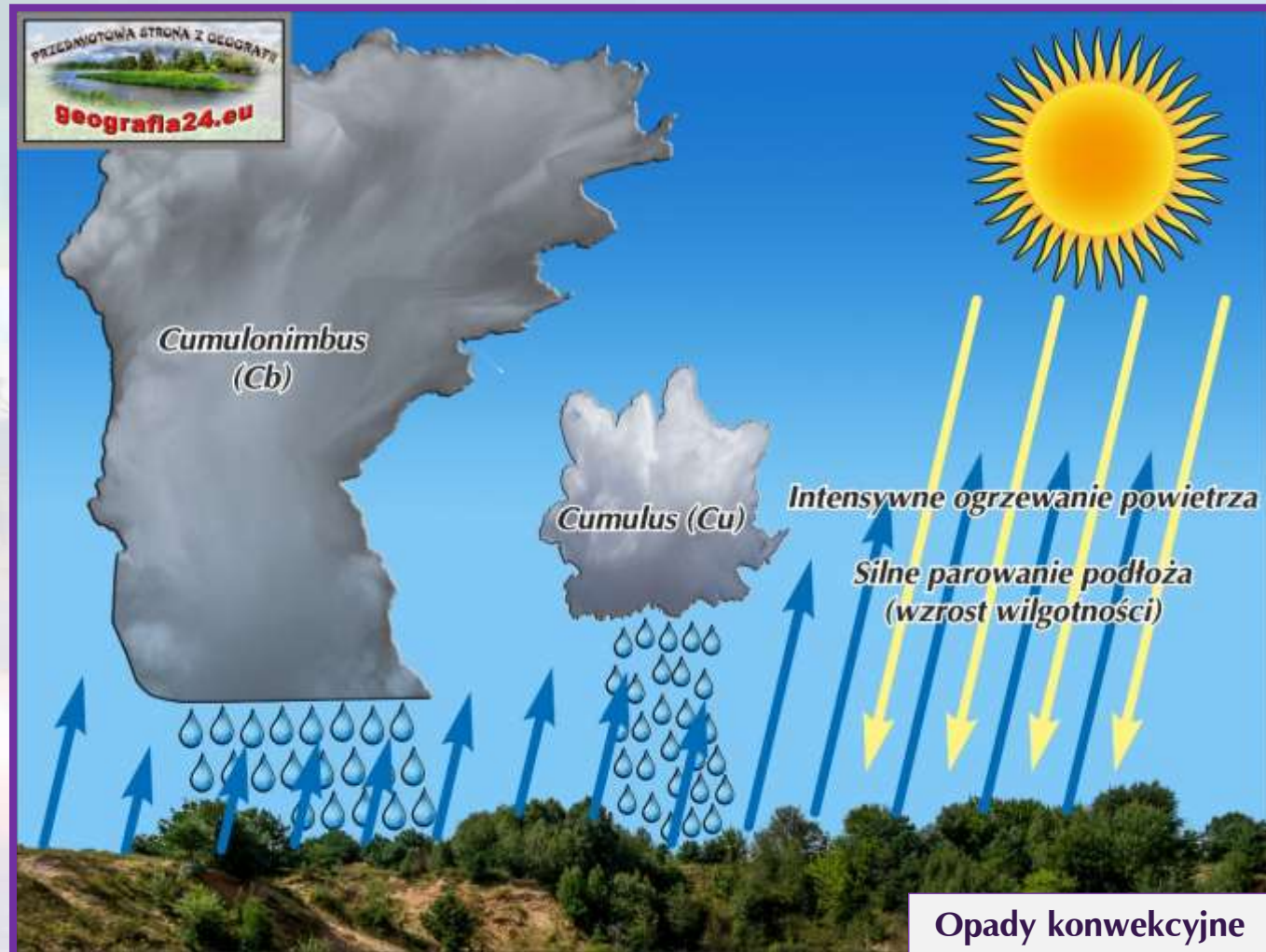


Opady konwekcji termicznej

→ **Opady konwekcji termicznej (opady konwekcyjne),**

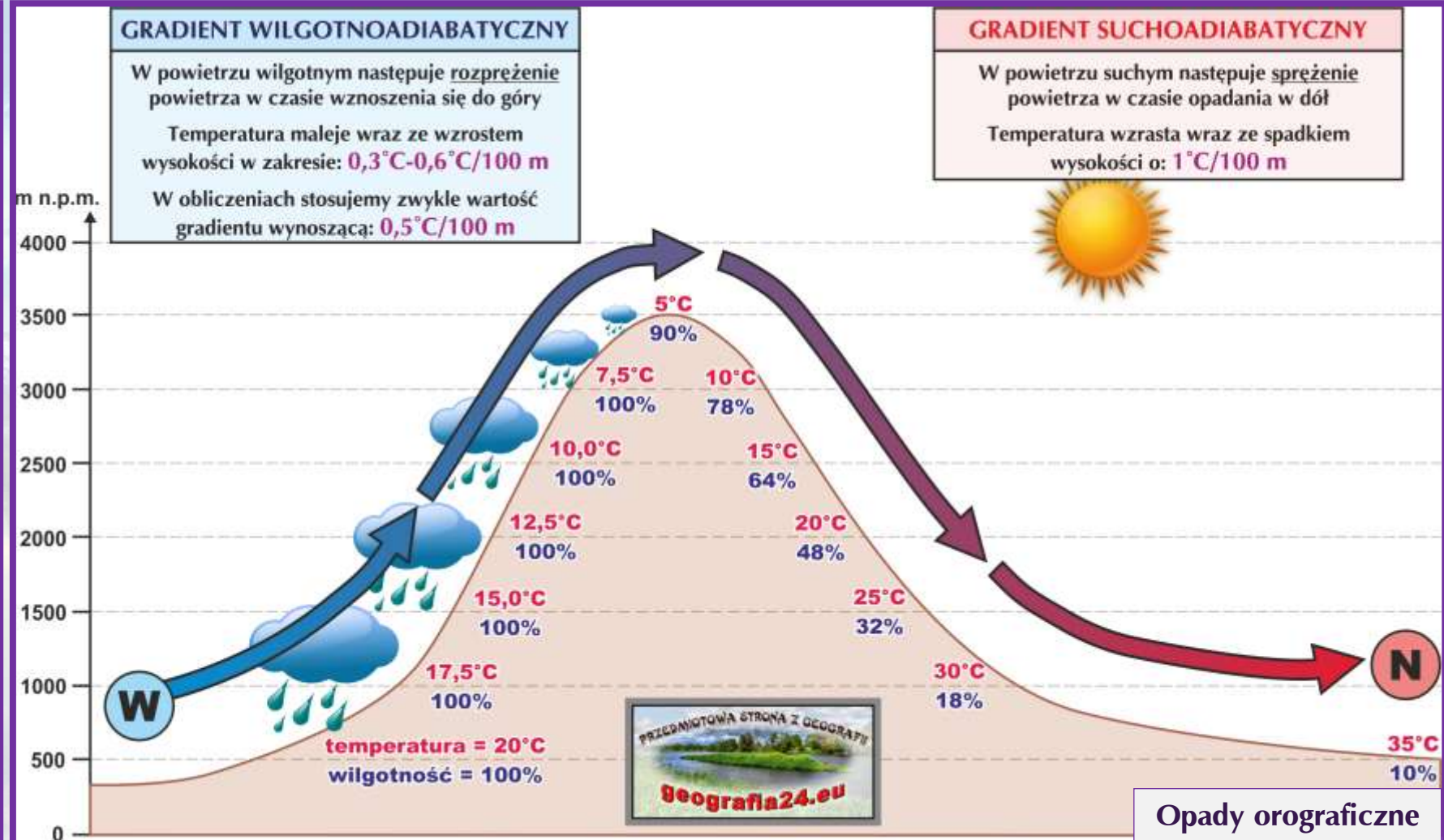
→ w wyniku silnego ogrzewania wilgotnego podłoża i następującego w efekcie tego wznoszenia się silnie nagrzanego powietrza – przyczyniającego się do tworzenia chmur burzowych **Cumulonimbus (Cb)**.

→ Opad występuje na stosunkowo małej powierzchni i jest krótki i silny.



Opady orograficzne

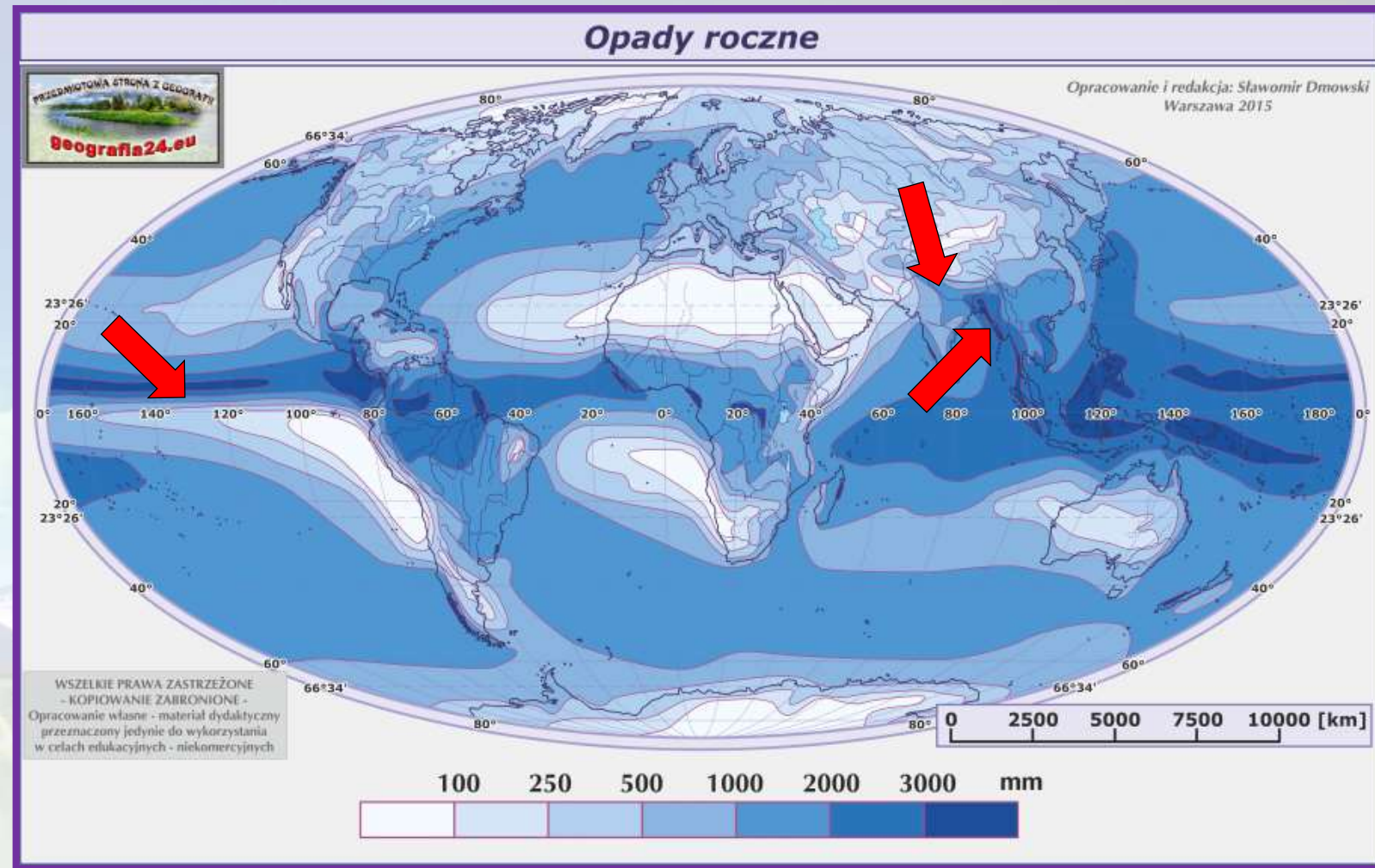
- **Opady orograficzne** – związane są z wymuszonym przepływem powietrza nad terenami górskimi lub wyżynnymi.
- Występują one w wyniku wznoszenia się napływających wilgotnych mas powietrza (konwekcji wymuszonej), które w wyniku wznoszenia się, ochładzają się i tracą ciepło poprzez skraplanie (zmniejsza się przez to wilgotność mas powietrza przemieszczających się przez wzniesienia).



Zróżnicowanie wielkości opadów – **najwyższe opady**

→ **Najwyższe sumy rocznych opadów atmosferycznych** notowane są:

- **w strefie równikowej** – przyczyną jest silna konwekcja i powstawanie silnie rozbudowanych w pionie chmur kłębiastych i kłębiasto-deszczowych, z których codziennie padają deszcze zenitalne;
- **w strefie oddziaływania monsunów**:
 - letnich w Azji Południowo-Wschodniej,
 - zimowych w północnej Australii;
- w miejscach, gdzie istnieją **przeszkody orograficzne**,
 - na **dowietrznych stokach gór**, zwykle do pewnej wysokości (np. Himalaje), nie przekraczającej zwykle 3 000 m n.p.m. (powyżej występuje zjawisko określane mianem inwersji opadowej, tzn. opady zmniejszają się w miarę dalszego wzrostu wysokości).



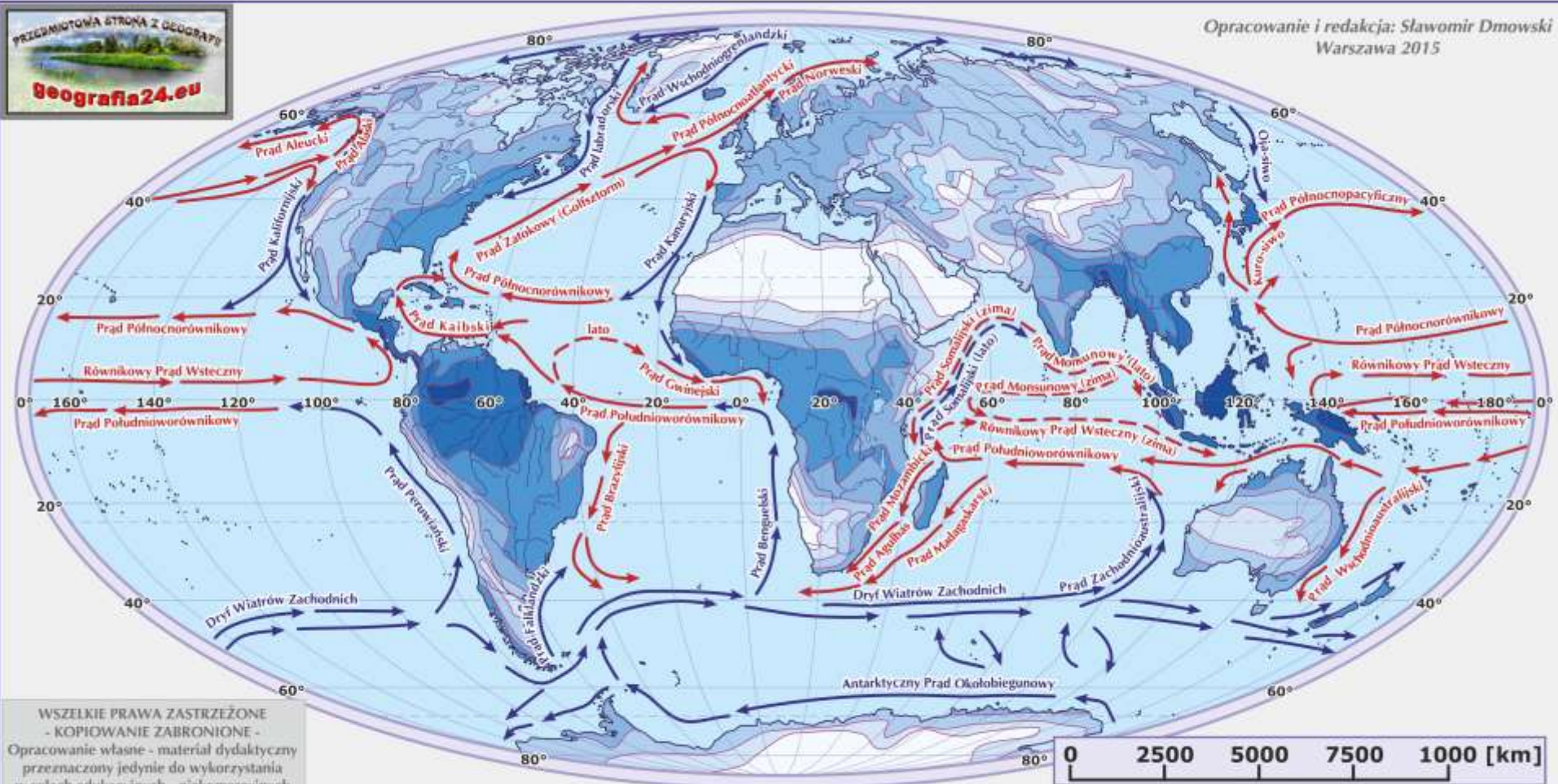
Opady – rozkład (wpływ prądów morskich)

→ Podwyższone sumy opadów notujemy także na wybrzeżach sąsiadujących z **ciepłymi prądami morskimi**.

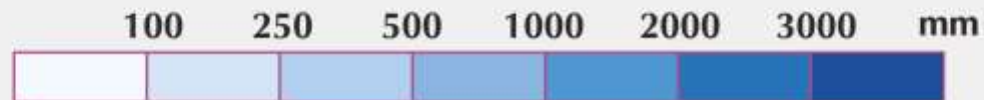
Rozkład prądów morskich i opadów na świecie



Opracowanie i redakcja: Sławomir Dmowski
Warszawa 2015



WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -
Opracowanie własne - materiał dydaktyczny
przeznaczony jedynie do wykorzystania
w celach edukacyjnych - niekomercyjnych

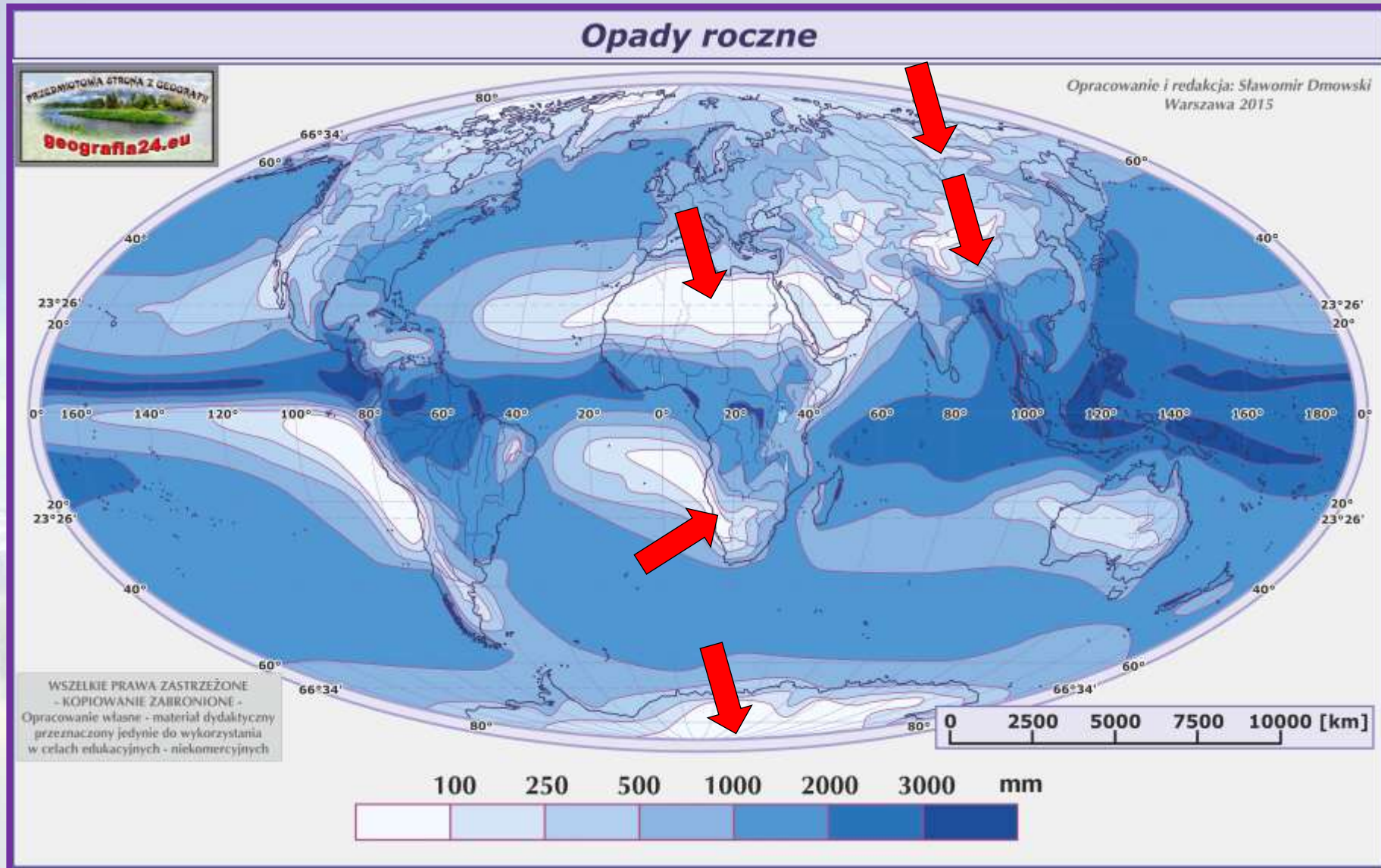


Prądy morskie:
— zimne
— ciepłe
- - okresowe



Zróżnicowanie wielkości opadów – **najniższe opady**

- **Najmniejsze roczne sumy opadów atmosferycznych notowane są:**
 - na **zawietrznych stokach górskich**,
 - **wewnątrz kontynentów**, zwłaszcza w miejscach położonych w cieniach opadowych usytuowanych za przeszkodą orograficzną,
 - na obszarach **zimnych stref klimatycznych**,
 - np. tereny leżące w pobliżu biegunów, na których występują stałe wyże,
 - w **strefie zwrotnikowej**,
 - w której często występują pustynie i półpustynie,
 - na wybrzeżach opływanych przez **zimne prądy morskie**.



KONIEC



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

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

**WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -**