

V E N T U M A I R



FLIGHT ACADEMY

Passion for Profession

PPL (A) KURS TEORETYCZNY

METEOROLOGIA

Prezentacja zawiera fragmenty tekstu i rycin pochodzących z książki
Szefostwa Służby Hydrometeorologicznej Sił Zbrojnych RP
"Meteorologia dla pilotów - poradnik" (wyd. WLOP 470/2012, autorzy:
tekst i tabele: Wojciech Czarnecki, ryciny: Marlena Tywonek, Joanna
Wojciechowska)



Spis treści:

- **47. Atmosfera**
 - Skład i budowa (str. 6)
- **48. Ciśnienie, gęstość i temperatura**
 - Ciśnienie barometryczne, izobary (str. 11)
 - Zmiany ciśnienia, gęstości i temperatury wraz z wysokością (str. 12)
 - Terminologia związana z pomiarem wysokości (str. 13)
 - Promieniowanie energii słonecznej i ziemskiej, temperatura (str. 15)
 - Dobowe zmiany temperatury (str. 16)
 - Pionowy gradient temperatury (str. 17)
 - Równowaga stała i chwiejna mas powietrza (str. 18)
 - Wpływ radiacji, osiadania adwekcyjnego, konwergencji (str. 21)
- **49. Wilgotność i opady atmosferyczne**
 - Para wodna w atmosferze (str. 22)
- **50. Ciśnienie i wiatr**
 - Obszary wysokiego i niskiego ciśnienia (str. 25)
 - Ruch atmosfery, gradient ciśnienia (str. 29)
 - Ruch pionowy i poziomy, konwergencja, dywergencja (str. 31)
 - Wiatr przyziemny i geostroficzny (str. 33)
 - Siła Coriolisa, siła tarcia (str. 34)
 - Związek pomiędzy izobarami i wiatrem, prawo Buys Ballot'a (str. 39)
 - Wiatry lokalne, wiatr halny, bryza morska i lądowa (str. 40)
 - Wiatry globalne / Prądy strumieniowe (str. 43)
 - Turbulencja i porywy wiatru (str. 44)
 - Bryza morska i lądowa (str. 48)
- **51. Powstawanie chmur**
 - Ochładzanie wskutek adwekcji, radiacji, adiabatyczne rozprężanie (str. 49)
 - Rodzaje chmur i warunki lotów (str. 50)
- **52. Mgła, zamglenie, zmętnienie**
 - Mgła radiacyjna, adwekcyjna, frontowa, marznąca (str. 68)
 - Ocena prawdopodobieństwa wystąpienia ograniczonej widzialności (str. 72)
 - Niebezpieczeństwa w locie z powodu ograniczonej widzialności poziomej i pionowej (str. 74)



- **53. Masy powietrza**

- Opis i czynniki wpływające na właściwości mas powietrza (str. 75)

- Zmiany właściwości mas powietrza w czasie ich przemieszczania się (str. 77)

- Tworzenie się wyży i niżów (str. 82)

- Pogoda związana z układami barycznymi (str. 83)

- **54. Fronty atmosferyczne**

- Granica pomiędzy masami powietrza (str. 86)

- Warunki lotu w wyżu i niżu (str. 88)

- Rozwój frontu ciepłego (str. 90)

- Chmury i pogoda związana z frontem ciepłym (str. 91)

- Front ciepły z burzami (str. 93)

- Rozwój frontu chłodnego (str. 94)

- Chmury i pogoda związana z frontem chłodnym (str. 95)

- Front chłodny opóźniony (I-go rodzaju) (str. 96)

- Front chłodny II-go rodzaju (szybki) (str. 97)

- Okluzje (str. 98)

- Front okluzji o charakterze ciepłym (str. 99)

- Front okluzji o charakterze chłodnym (str. 100)

- Fronty stacjonarne (str. 101)

- Warunki lotu w zmiennych warunkach (str. 102)

- **55. Oblodzenie**

- Warunki sprzyjające powstawaniu oblodzenia (str. 103)

- Skutki pokrycia szronem, lodem matowym, lodem szklistym (str. 105)

- Wpływ oblodzenia na osiągi samolotu (str. 106)

- Oblodzenie zespołu napędowego (str. 111)

- Środki ostrożności i unikanie warunków oblodzenia (str. 114)

- **56. Burze**

- Tworzenie się – masy powietrza, burze frontowe, orograficznie (str. 116)

- Wymagane warunki powstawania (str. 120)

- Rozpoznawanie warunków sprzyjających powstawaniu (str. 122)

- Unikanie lotów w rejonach burzowych (str. 125)



- **57. Lot w rejonie górzystym**

Zagrożenia (str. 127)

Fala górską, uskok wiatru, turbulencja, ruch pionowy, zjawisko i wpływ rotorów, wiatr w dolinach (str. 128)

- **58. Klimatologia**

Ogólna cyrkulacja troposferyczna w różnych porach roku w Europie (str. 133)

Pogody i wiatry lokalne w różnych porach roku (str. 134)

- **59. Pomiar wysokości**

Operacyjne aspekty nastawy ciśnienia na wysokościomierzu (str. 136)

Wysokość ciśnieniowa, wysokość gęstościowa (str. 136)

Wysokość względna (height), bezwzględna (altitude), poziom lotu (flight level) (str. 137)

Atmosfera standardowa wg ICAO (str. 138)

QNH, QFE, nastawa standard (str. 140)

- **60. Służba meteorologiczna**

Lotniskowe biura meteorologiczne (str. 141)

Służba prognozowania (str. 142)

Służby meteorologiczne na lotniskach (str. 143)

Dostępność okresowych prognoz pogody (str. 144)

- **61. Analiza i prognozowanie pogody**

Mapy synoptyczne, symbole i oznaczenia (str. 145)

Mapy SIGNIFICANT (str. 148)

Mapy prognostyczne dla lotnictwa ogólnego (str. 162)

- **62. Informacje meteorologiczne dla planowania lotu**

Komunikaty i prognozy dla lotniska startu, na trasę, dla lotniska docelowego i zapasowego (zapasowych) (str. 164)

Dekodowanie depeesz METAR, TAF, GAFOR, GAMET (str. 165)

- **63. Rozgłaszanie informacji meteorologicznych dla lotnictwa**

VOLMET, ATIS, SIGMET (str. 173)



47. Atmosfera Skład i Budowa

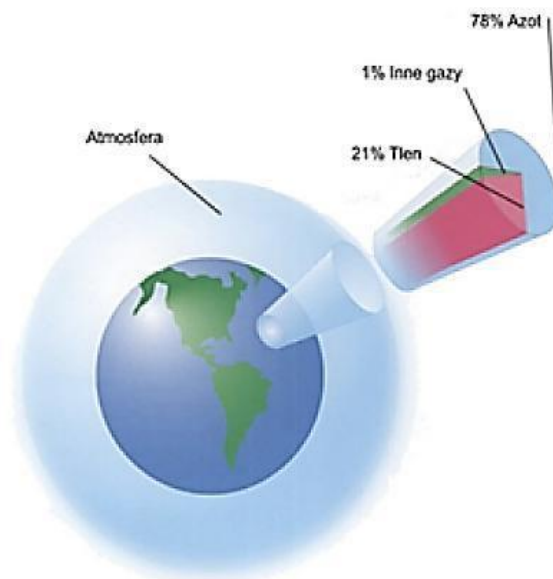
Atmosfera – jest to powłoka gazowa otaczająca powierzchnię naszej planety. Bierze ona udział w ruchu wirowym ziemi, czyli obraca się razem z nią.

Skład atmosfery:

- Azot – 78,09 %
- Tlen – 20,95 %
- Argon – 0,93 %
- Dwutlenek węgla – 0,03 %

Inne gazy:

(neon, tlenek azotu, hel, dwutlenek azotu, krypton, tlenek węgla, xenon, dwutlenek siarki, wodór, metan, ozon)



Powietrze składa się ze składników stałych tzn. zachowujących stały udział w jego całkowitej objętości oraz składników zmiennych, tj. takich, których zawartość zmienia się w czasie i przestrzeni. Składniki zmienne nazywane są domieszkami.

Wśród stałych składników powietrza objętościowo najwięcej jest azotu (ok. 78 %); tlen stanowi ok. 21 %, a argon niecały 1 %. Czwartym składnikiem stałym jest dwutlenek węgla, którego objętość stanowi zaledwie 0,03 %, jednak w warstwie przy powierzchni Ziemi stężenie tego związku ulega dość znacznym wahaniom. Pozostałe gazy składające się na całkowitą objętość powietrza, czyli neon, hel, krypton, wodór, ksenon i ozon, występują w śladowych ilościach - rzędu tysięcznych, a nawet milionowych części %. Proporcje składników stałych nie zmieniają się do wysokości około 80 km.

Najważniejszą domieszką powietrza jest para wodna, której zawartość zmienia się w znacznych granicach i przy powierzchni Ziemi waha się od prawie 0 % (zimne kraje polarne, pustynie gorące) do 4 % (strefa równikowa). Warto dodać, że jest ona zawsze niewidoczna. Oprócz postaci gazowej woda występuje w atmosferze w postaci ciekłej, jako kropelki tworzące chmury i mgły, oraz w postaci stałej, jako kryształki lodu budujące chmury wysokie.

Niemal całkowita ilość wody atmosferycznej występuje w troposferze, do wysokości 10 km, przy czym jej zawartość szybko spada wraz z wysokością. Na 5 km jest jej średnio dziesięciokrotnie mniej niż przy powierzchni Ziemi, a na 8 km aż stukrotnie mniej. Powyżej 10 km zawartość wilgoci atmosferycznej jest już bardzo znikoma.



47. Atmosfera Skład i Budowa

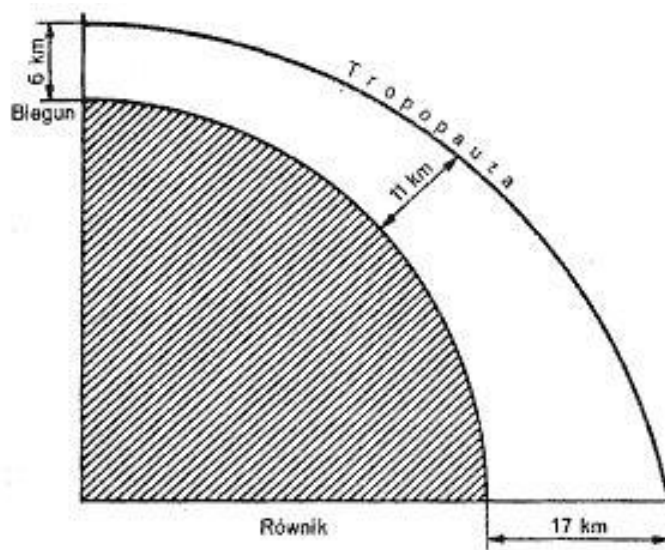
Najbardziej dynamiczną warstwą atmosfery jest **troposfera** (gr. tropos = zwrot, obrót; warstwa ciągłych zmian). Następuje w niej **nieustanne przemieszczanie powietrza, jego mieszanie, ruchy turbulencyjne**. Duża dynamika tej warstwy spowodowana jest stykaniem się z powierzchnią Ziemi i silnym oddziaływaniem podłoża. Zawiera się w niej 4/5 całej masy atmosfery.

Górna granica troposfery waha się w zależności od szerokości geograficznej i pory roku od około 6-8 km nad biegunami do 15-17 km nad równikiem. W szerokościach umiarkowanych wynosi ok. 10-12 km. Nad równikiem troposfera sięga wyżej dzięki silnemu nagraniu powierzchni, obecności ciepłego, rozrzedzonego powietrza i związanych z tym intensywnych prądów konwekcyjnych (wznoszących). Z kolei nad biegunami powietrze jest chłodne, ciężkie i przeważają w nim ruchy opadające.

Takie same uwarunkowania termiczne decydują o zmienności zalegania tropopauzy w różnych porach roku - jej położenie będzie tym bardziej zmienne, im większe kontrasty termiczne występują między latem a zimą w danym regionie kuli ziemskiej. Zimą, kiedy panują niskie temperatury tropopauza będzie zalegać niżej, latem, wskutek nagrzania powierzchni i prądów wznoszących - wyżej.

W troposferze temperatura spada wraz z wysokością niemal jednostajnie o **0,6°C/100 m** lub **2°C/1000 ft**. Tak więc w związku z różną grubością troposfery różnie kształtuje się temperatura na jej górnej granicy.

Nad równikiem, gdzie średnia roczna temperatura wynosi ok. 25°C i występują bardzo niewielkie jej różnice w cyklu rocznym, na wysokości 15-17 km temperatura w ciągu całego roku utrzymuje się w granicach od -70 do -80°C. Nad biegunami latem temperatura na górnej granicy troposfery wynosi ok. -45°C, a zimą ok. -70°C.



Ze względu duże znaczenie podłoża w kształtowaniu stanu fizycznego dolnej części troposfery wydziela się w niej tzw. warstwę **przyziemną** (lub **graniczną**, czy też **tarciovą**).

Warstwa ta szybko reaguje termicznie na zmiany temperatury powierzchni Ziemi, stąd wykształca się w niej cykl dobowy tego parametru. W dzień warstwa nagrzewa się od podłoża, które absorbuje promieniowanie słoneczne, w nocy zaś stygnie. Miąższość tej warstwy uwarunkowana jest głównie jej termiką, stąd zmienia się również w przebiegu dobowym.

Podczas pogodnych i ciepłych dni sięga ona najwyżej, natomiast nocą, gdy słabnie lub zanika termiczne oddziaływanie podłoża, jest ona najcieńsza. Zazwyczaj warstwa przyziemia sięga do wysokości kilkuset metrów, jednak w zależności od czynników lokalnych może wahać się od ok. 100 m do 1,5-2 km.



47. Atmosfera Skład i Budowa

Zakres zmian temperatury i związanej z nią miąższości omawianej warstwy zależy od:

- pory dnia, pory roku i szerokości geograficznej (im większy dopływ energii promieniowania słonecznego, tym wyższa temperatura i większa miąższość warstwy przyziemnej)
- rodzaju podłoża i jego pokrycia (nad lądem silniejsze zmiany temperatury i miąższości warstwy przyziemnej niż nad wodą; im bujniejsza roślinność, tym mniejsza zmienność tych parametrów; obszary otwarte - np. łąka, step, pustynia - większy zakres zmian, gęsta zabudowa - ograniczenie zakresu zmian)
- rzeźby terenu (tereny płaskie, równinne - większy zakres zmian)
- stanu zachmurzenia (chmury nie dopuszczają do silnego nagrzewania się gruntu w dzień i wychładzania w nocy, przez co zmniejszają zakres zmian)
- prędkości wiatru (wzrost prędkości wiatru powoduje wzrost turbulencji i szybszy transport ciepła - miąższość warstwy przyziemnej będzie większa, ale zmiany temperatury w pionie mniejsze)

W warstwie przyziemnej temperatura może mieć bardzo różny kierunek zmian wraz ze zwiększaniem wysokości. Może wyraźnie spadać: o $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ w słoneczny, letni dzień lub rosnać nawet o kilka stopni na 100 m przy silnym wypromieniowaniu ciepła podczas zimowej, pogodnej nocy (przyziemna inwersja temperatury).

W warstwie tej zachodzą także silne zawirowania przepływającego powietrza spowodowane tarciem o niejednorodną powierzchnię. Wyróżnia się od wyżej leżących poziomów troposfery zmniejszoną prędkością wiatru wskutek szorstkości podłoża i występujących w niej intensywnych ruchów pionowych.

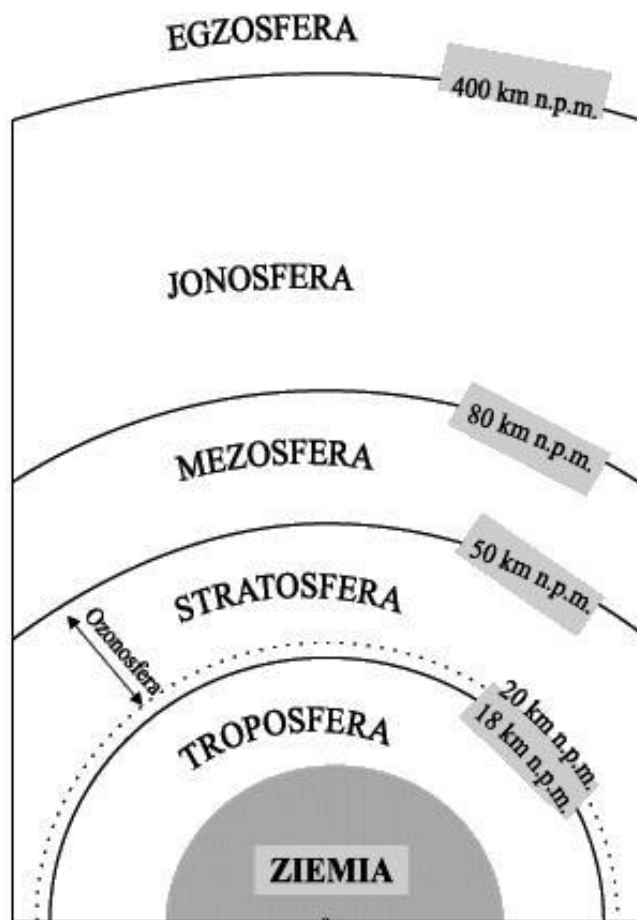
47. Atmosfera

Skład i Budowa

Stratosfera (łac. stratus = warstwa) zalega nad tropopauzą do wysokości ok. 50 km. Według dawnych poglądów gazy wchodzące w jej skład miały skutek bezruchu układać się w warstwy zależnie od ich gęstości i stąd jej nazwa. W rzeczywistości warstwa ta charakteryzuje się słabymi ruchami pionowymi i turbulencyjnymi powietrza oraz silnymi poziomymi (głównie wiatry zachodnie).

Pod względem profilu termicznego stratosfera dzieli się na dwie części - dolną (12-35 km), w której temperatura jest niemal stała (ok. -55°C) i górną (35-50 km), w której temperatura wzrasta wraz z wysokością i na granicy ze stratopauzą wynosi ok. 0°C.

Wzrost temperatury w stratosferze jest związany z obecnością **ozonu, który niemal w całości (90 %) jest zawarty w tej warstwie atmosfery**. Gaz ten tworzy się w warstwie 15-55 km, a największa jego koncentracja przypada na przedział wysokości 20-35 km (tzw. ozonosfera lub warstwa ozonowa). Ozon powstaje, a następnie rozpada się pod wpływem promieniowania słonecznego (ultrafioletowego). Procesom powstawania i rozpadu ozonu towarzyszy wzrost temperatury, dlatego temperatura rośnie z wysokością. Z uwagi na inwersyjny układ temperatury, w warstwie górnej nie zachodzą ruchy turbulencyjne.



Ponad stratosferą znajduje się warstwa przejściowa zwana **stratopauzą**, o grubości ok. 5 km. Powyżej, na wysokości ok. 55-80 km, rozciąga się **mezosfera** (gr. mezos = pośredni, środkowy). Cechuje się ponownym szybkim spadkiem temperatury z wysokością (średnio 2,3°C/1 km) i na górnej granicy osiąga temperatury rzędu od -80 do -90°C, a nawet niższe. Są to najniższe temperatury w atmosferze.

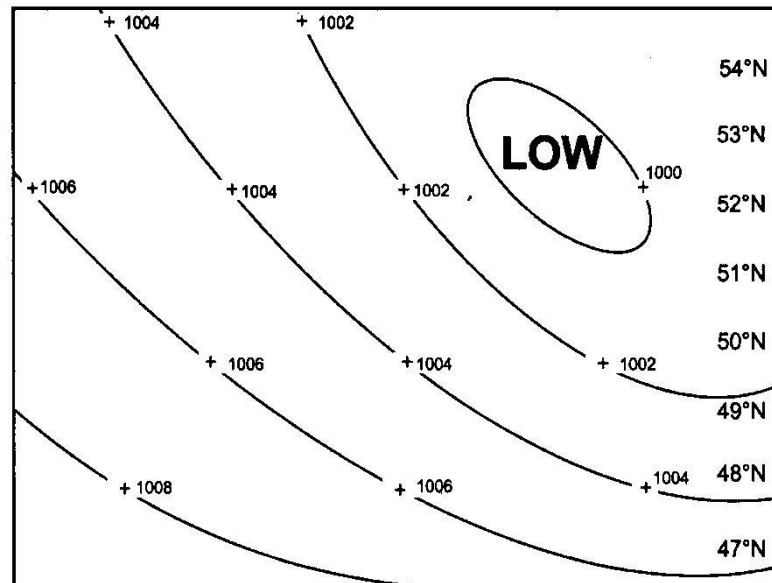
Prędkości wiatrów w omawianej warstwie podlegają dużym wahaniom - od 15 do ponad 100 m/s. Wskutek szybkiego pionowego spadku temperatury w mezosferze rozwinięta jest turbulencja. Ponad mezosferą, w przedziale wysokości 80-85 km, znajduje się warstwa przejściowa - **mezopauza**.

48. Ciśnienie, gęstość i temperatura ciśnienie barometryczne, izobary

Ciśnienie barometryczne - jest to siła wywierana przez słup powietrza na jednostkę powierzchni. [$N/m^2=Pa$] tzn. siła w Newtonach na powierzchnię w metrach kwadratowych. Jednostką SI miary ciśnienia są **Pascale** [Pa]. Kolejnymi jednostkami są Bary, mmHg oraz inHg (milimetry oraz cale słupa rtęci.)

- Powierzchnie izobaryczne – warstwy atmosfery o ciśnieniu równym określonej wartości.
- Dla nich podaje się mapy górne z prognozą wiatru i temperatury.
- Jeśli ciśnienie na ziemi zmienia się, to hiperbola się przesuwa, ale jej kształt jest identyczny.
- Atmosfera jest ośrodkiem ciągłym.
- Samoloty komunikacyjne utrzymujące stałą wysokość wg. wysokościomierzy ustawionych na ciśnienie standard poruszają się w rzeczywistości po powierzchniach izobarycznych.
- Faktyczna wysokość n.p.m. się zmienia.

Poziomy rozkład ciśnienia



- **Izobary** - linie łączące obszary jednakowego ciśnienia ($p = \text{const}$)
- Wartości ciśnienia podawane na poziomie morza
 - pomiar rzeczywisty zredukowany przez poprawkę na wysokość punktu pomiaru
 - mapy pogody pokazują rozkład ciśnienia na poziomie morza!!!
- Poprawki stosowane do wys. 500 m n.p.m.
 - powyżej zbyt duży błąd redukcji
 - podawane wartości rzeczywiste (w Polsce 3 stacje nie redukują: Zakopane, Kasprowy i Śnieżka)

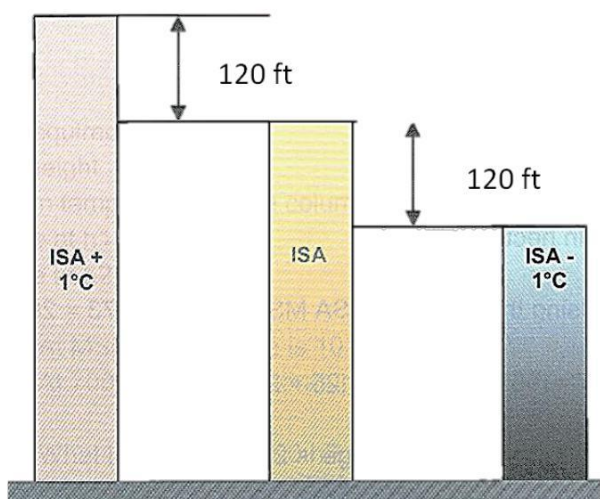
Redukcja pomiaru następuje gdy został on dokonany na jakiejś wysokości nad poziomem morza. Jak już wiemy, **ciśnienie w Troposferze spada wraz ze wzrostem wysokości z określonym gradientem**. Po dokonaniu pomiaru np. na wysokości 120 m. n.p.m. i otrzymaniu pewnej wartości, dodajemy do niej wartość zgodnie z przyjętym gradientem w celu obliczenia ciśnienia zredukowanego do poziomu morza.

48. Ciśnienie, gęstość i temperatura ciśnienie barometryczne, izobary

Zmiany ciśnienia, gęstości i temperatury wraz z wysokością

Kolejną cechą fizyczną powietrza, jak zresztą każdej innej materii, jest gęstość. **Gęstość** jest stosunkiem masy materii, do jej objętości; jej jednostką jest odpowiednio kg/m^3 . Metr sześcienny powietrza w atmosferze ISA posiada ciężar **1,23 kg** (na poz. morza), czyli jego gęstość wynosi **$1,23 \text{ kg/m}^3$**

- Zimne powietrze jest gęstsze od ciepłego i ma tendencje do opadania. Tak czy inaczej to samo ciśnienie możemy znaleźć na niższej wysokości w kolumnie chłodniejszej.
- I odwrotnie. Ciepłe powietrze jest rzadsze i unosi się. To samo ciśnienie możemy znaleźć na wyższym poziomie niż w zimniejszym powietrzu.



ZAPAMIĘTAĆ!

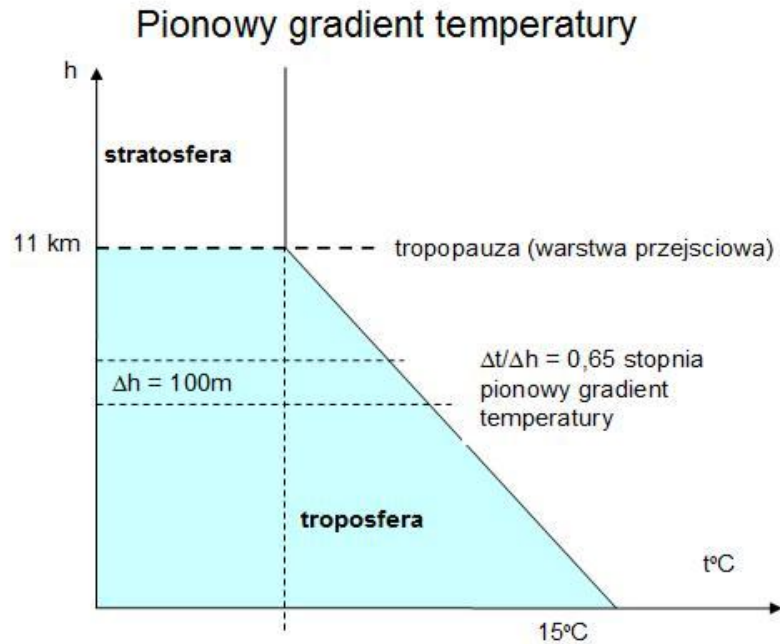
- **Jeden stopień różnicy temperatury od ISA jest równy zmianie wysokości o 120 ft. przy tym samym poziomie ciśnienia.**

Atmosfera wzorcowa ISA

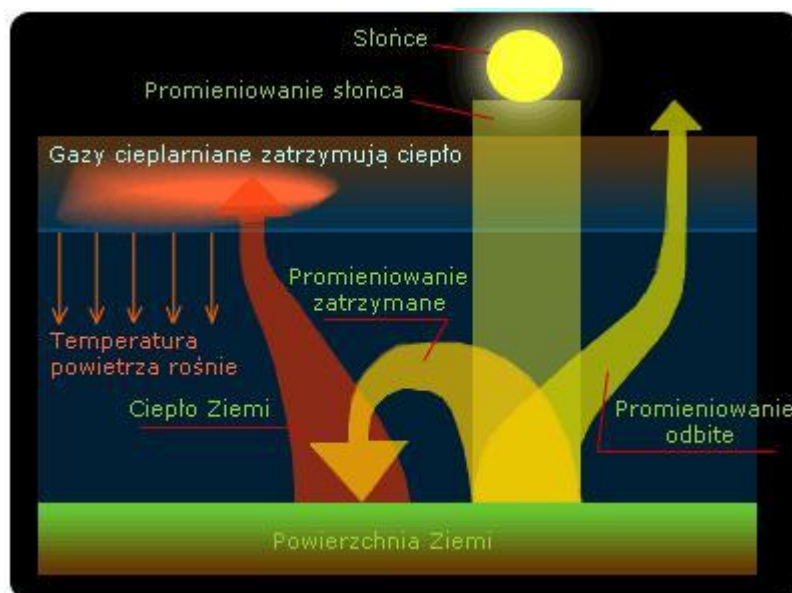
Wysokość (ft)	Flight Level FL	Temperatura (C)	Ciśnienie (mb)	Wysokość (m)
0	0	+15,0	1013	0
5000	50	+5,1	843	1 524
10 000	100	-4,8	697	3 048
15 000	150	-14,7	572	4 572
20 000	200	-24,6	466	6 096
25 000	250	-34,5	376	7 620
30 000	300	-44,4	301	9 144
35 000	350	-54,2	238	10 668
40 000	400	-56,5	168	12 192
45 000	450	-56,5	147	13 716



- Temperatura powietrza w troposferze stopniowo maleje do około -56°C (średnio około
 - $0,6^{\circ}\text{C}$ na każde 100 m wysokości lub
 - 2°C na każde 1000 ft .
- Na większych wysokościach utrzymuje stałą wielkość, aby następnie po przejściowym wzroście i spadku nadal wzrastać. Temperatura ulega zmianom wskutek dopływu energii cieplnej do atmosfery dzięki promieniowaniu słonecznemu i wskutek jej odpływu poprzez wypromieniowanie ziemi.



- W dolnych warstwach atmosfery wypromieniowanie ciepła z powierzchni Ziemi w czasie bezwietrznych pogodnych nocy jest często przyczyną **inwersji**, czyli chwilowego wzrostu, zatrzymania lub mocnego spowolnienia spadku temperatury wraz z wysokością.





Inwersja



Rodzaje inwersji:

- **przyziemne** – nocne, z wypromieniowania ciepła (400 – 800 m).
- **górne** – z osiadania; następują wyżej, od poziomu ziemi temperatura spada, a potem przez jakiś czas rośnie i znowu spada.
- **napływowe** – z napływu ciepłego powietrza.
- **frontowe** – towarzyszące frontom.



Inwersje przyziemne sprzyjają w górach zjawisku **Widma Brokenu**

Zjawisko obserwowane jest najczęściej w wyższych górach w warunkach, gdy obserwator znajduje się na linii pomiędzy Słońcem a chmurą, która położona poniżej obserwatora odgrywa rolę ekranu. Zjawisko obserwowane w górach daje ponadto efekt pozornego powiększenia cienia obserwatora – projekcja naturalnej wielkości cienia obserwatora na tle oddalonych gór sprawia, iż wydaje się on powiększony, a kolorowa obwódka zwana „glorią” przydaje zjawisku mitycznego charakteru.

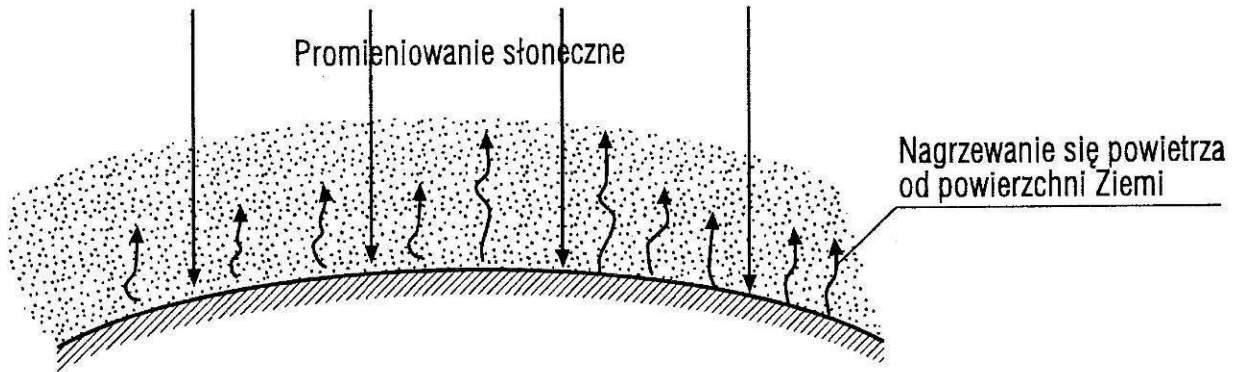
(Przypis autora: Wśród taterników istnieje przesąd, mówiący, że człowiek, który zobaczył widmo Brockenu, umrze w górach. Ujrzenie zjawiska po raz trzeci natomiast "odczyenia urok", co więcej – szczęśliwiec może się czuć w górach bezpieczny po wsze czasy¹)

¹ Zofia Radwańska-Paryska, Witold Henryk Paryski: *Wielka encyklopedia tatrzańska*. Wyd. Górskie, 2004.

48. Ciśnienie, gęstość i temperatura

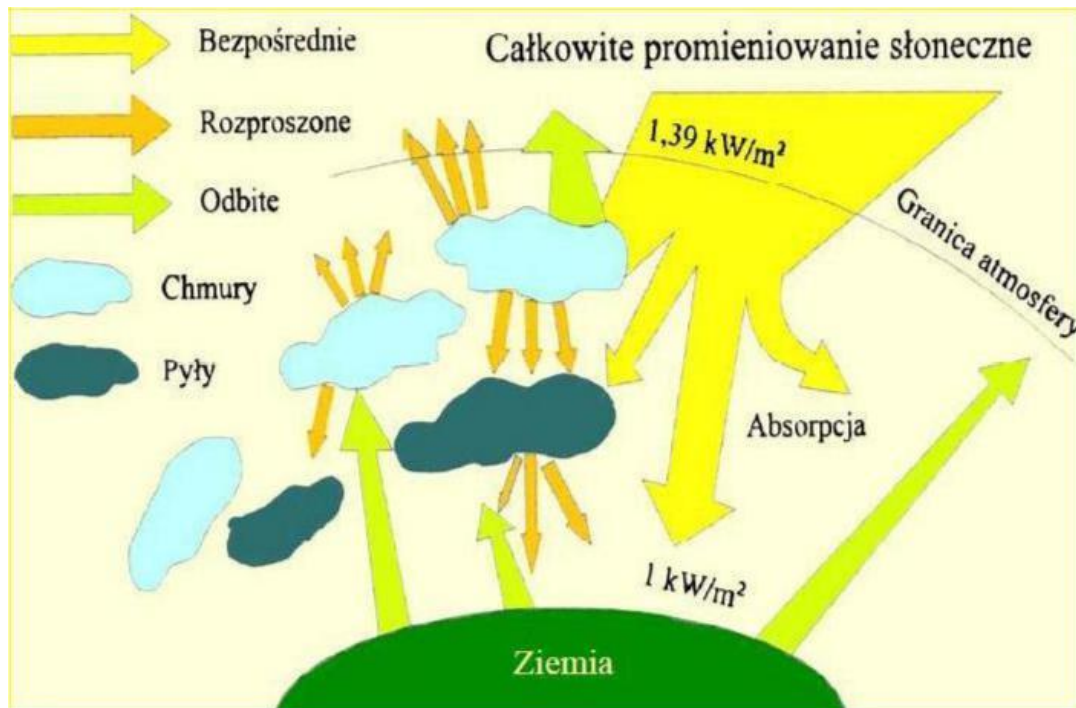
Promieniowanie energii słonecznej i ziemskiej, temperatura

Podstawowym źródłem **energii cieplnej** dla Ziemi i jej atmosfery jest Słońce. Nie nagrzewa ono jednak atmosfery bezpośrednio; promienie ogrzewają podłoże, które następnie wypromieniowuje ciepło do atmosfery.



Promieniowanie słoneczne jest promieniowaniem elektromagnetycznym. Słońce emituje prawie 100% swojej energii w zakresie długości fal od 0,15 do 4,0 μm . Nazywamy je promieniowaniem krótkofalowym; w jego skład wchodzi promieniowanie ultrafioletowe (9%), widzialne (45%), podczerwone (46%).

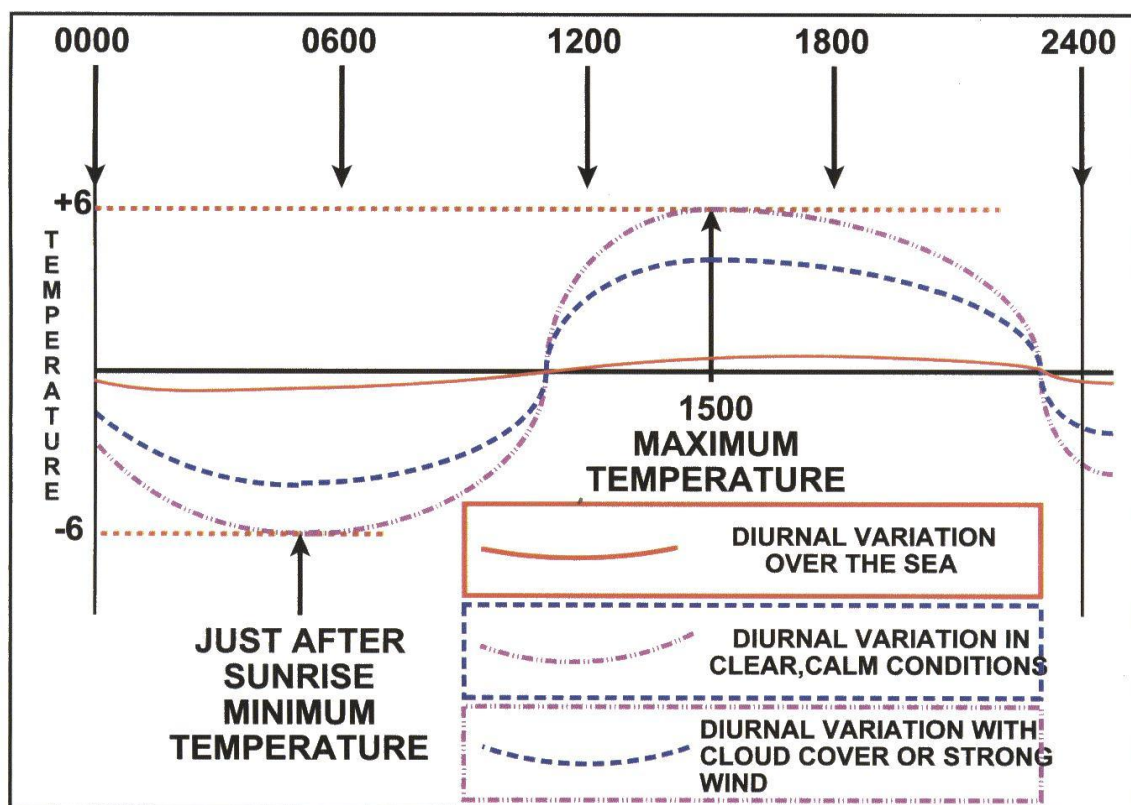
Promieniowanie ziemii zawarte jest w przedziale od 4 do 120 μm , nazwano je promieniowaniem długofalowym. Schemat poniżej przedstawia właśnie promieniowanie ziemskie.



48. Ciśnienie, gęstość i temperatura

Dobowe zmiany temperatury

Powszechnie wiadomo, że **temperatura powietrza** ma wyraźny przebieg dobowy. Jako że ogrzewa się ona od ziemi, zmienia się zgodnie z jej temperaturą, z niewielkim opóźnieniem. Jej wzrost rozpoczyna się wraz ze wzrostem temperatury gruntu (ok. 15 min później), czyli ok 30 min po wschodzie słońca. Tuż przed tym momentem, notuje się minimum temperatury. Od godziny 13:00-14:00 temp. gruntu zaczyna spadać, ok. 14:00-15:00 wyrównuje się z temp. powietrza, wtedy obserwujemy maksimum (1-2 godziny po górowaniu słońca, w zależności od pory roku, zimą wcześniej, latem później). Trzeba zaznaczyć, że wyraźny przebieg dobowy zauważymy tylko przy dobrej pogodzie, tzn. wyżowej, z lekkim wiatrem.



Pomarańczowa ciągła – przebieg temp. nad morzem (woda bardzo powoli się nagrzewa ze względu na swoją pojemność cieplną / ciepło właściwe).

Fioletowa przerywana – przebieg temp. podczas spokojnego, słonecznego dnia.

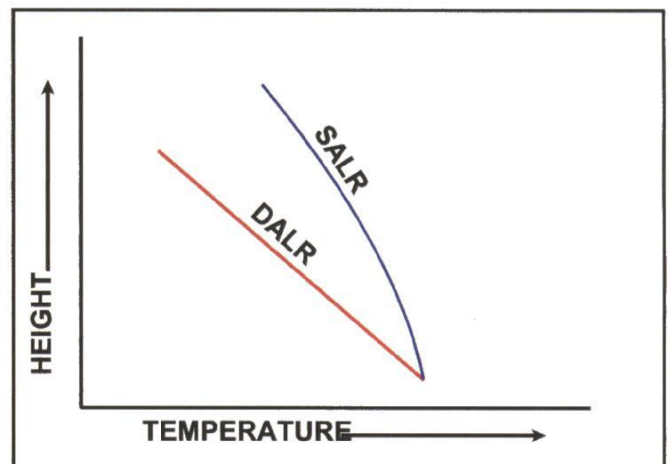
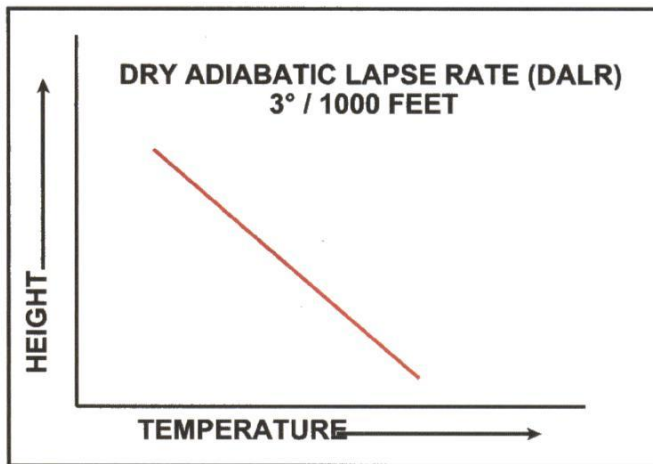
Niebieska przerywana – przebieg temp. podczas wietrznego dnia.

48. Ciśnienie, gęstość i temperatura

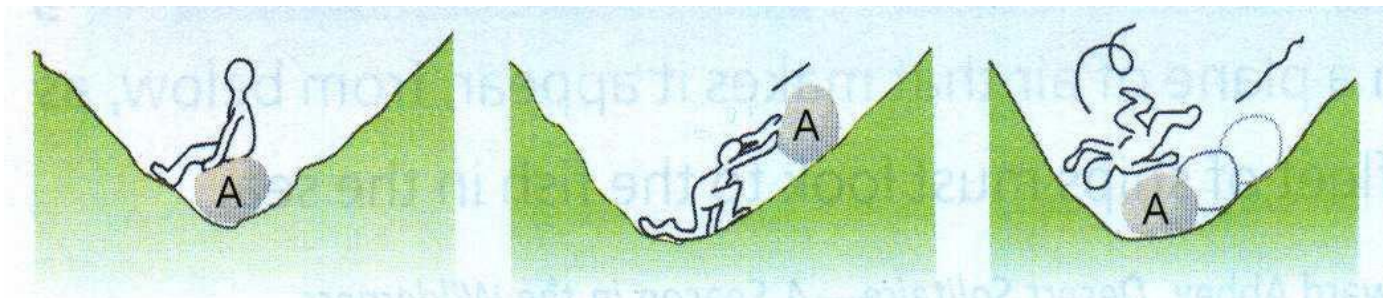
Pionowy gradient temperatury

Spadek temperatury wraz ze wzrostem wysokości określa tzw. **pionowy gradient temperatury**, wyrażamy go w $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Nie jest on stały, zależy od pory roku, rodzaju mas powietrza, pory doby itp. Podczas wznoszenia się do góry powietrze ulega adiabatycznemu ochładzaniu się (bez wymiany ciepła z otoczeniem).

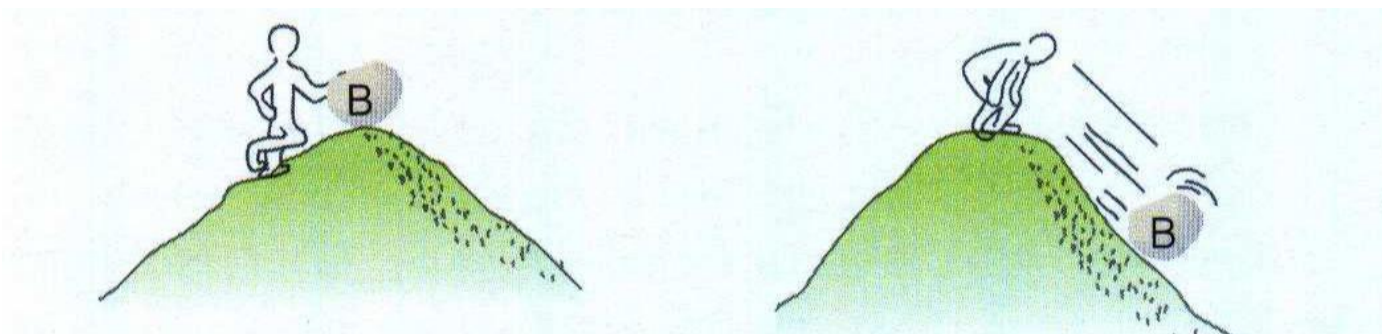
- **Gradient suchoadiabatyyczny (Dry Adiabatic Lapse Rate)** to przypadająca na jednostkę wysokości zmiana temp. suchego powietrza atmosferycznego występująca podczas jego adiabatycznego wznoszenia się lub opadania. (w skrócie - jeśli powietrze nie jest nasycone parą wodną, spadek temperatury z wysokością wynosi $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$.)
- **Gradient wilgotnoadiabatyyczny (Saturated Adiabatic Lapse Rate)**. Jeśli wznosi się powietrze nasycone parą wodną, spadek temperatury wraz z wysokością wynosi około $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Nie jest on stały i zależy od temperatury i wysokości. Wraz ze wzrostem wysokości i spadkiem temperatury **SALR** zbliża się do **DALR**. Wolniejszy spadek temperatury w tym przypadku, jest spowodowany wydzielaniem się utajonego ciepła parowania podczas procesu kondensacji pary wodnej (skraplanie).



48. Ciśnienie, gęstość i temperatura Równowaga stała i chwiejna mas powietrza



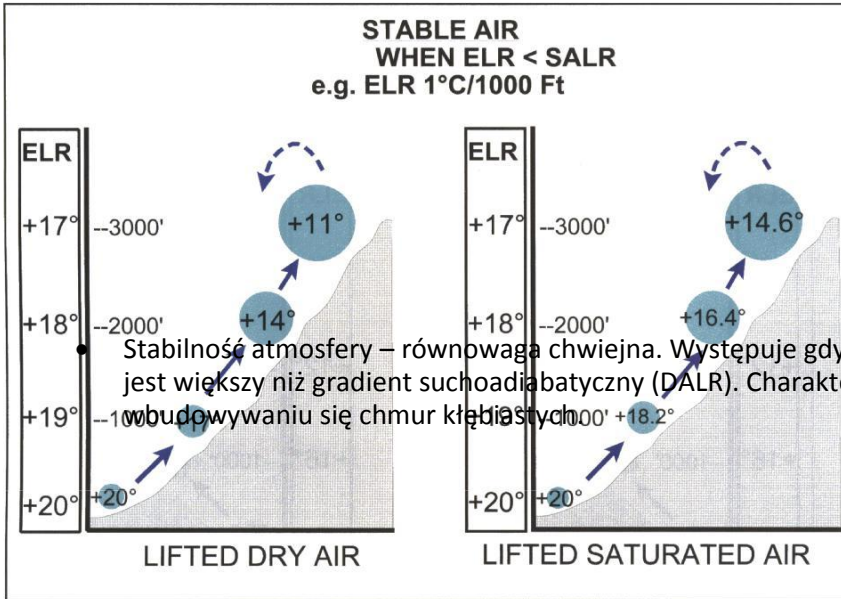
A: Stan równowagi trwałej lub stałej: Niewielkie wychylenie z położenia równowagi prowadzi do powstania siły zwrotnej, która przywraca równowagę;



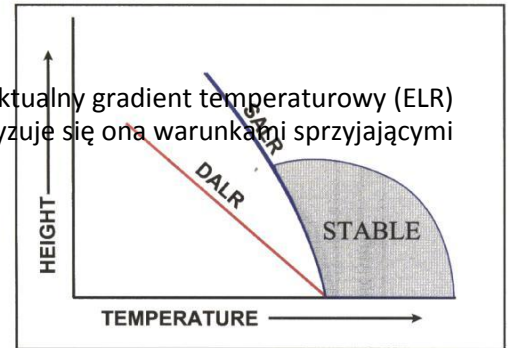
B: Stan równowagi nietrwałej lub chwiejnej: Niewielkie wychylenie prowadzi do powstania siły zwiększającej to wychylenie.



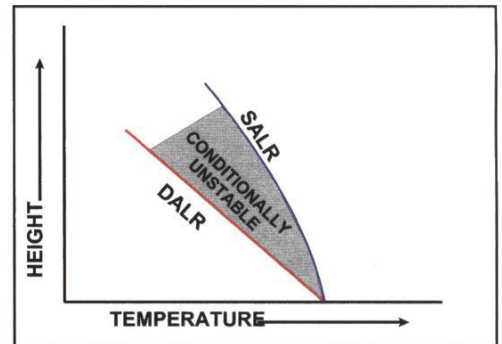
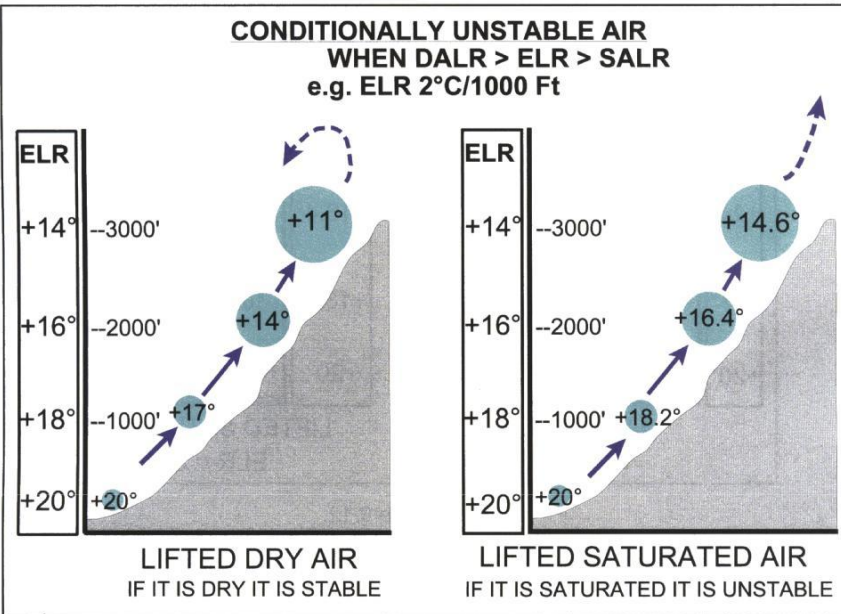
Równowaga stała. Występuje gdy aktualny gradient temperaturowy (ELR) jest mniejszy niż gradient wilgotnodiabatyyczny (SALR). Charakteryzuje się ona piękną bezchmurną pogodą.



Stabilność atmosfery – równowaga chwiejna. Występuje gdy aktualny gradient temperaturowy (ELR) jest większy niż gradient suchodiabatyyczny (DALR). Charakteryzuje się ona warunkami sprzyjającymi wzbudowywaniu się chmur kłębiastych.

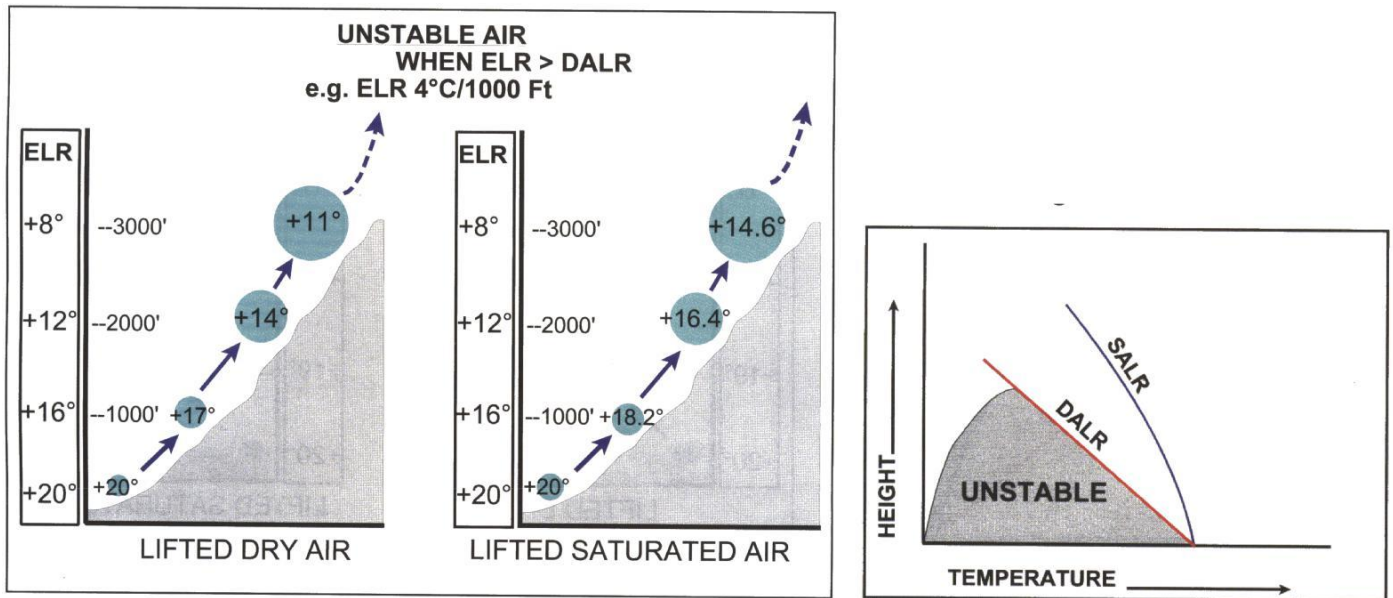


Równowaga chwiejna warunkowa - Atmosfera jest w równowadze nietrwalej, jeżeli gradient temperaturowy faktyczny (ELR) jest większy od gradientu suchodiabatyycznego (DALR) i mniejszy od wilgotnodiabatyycznego (SALR)

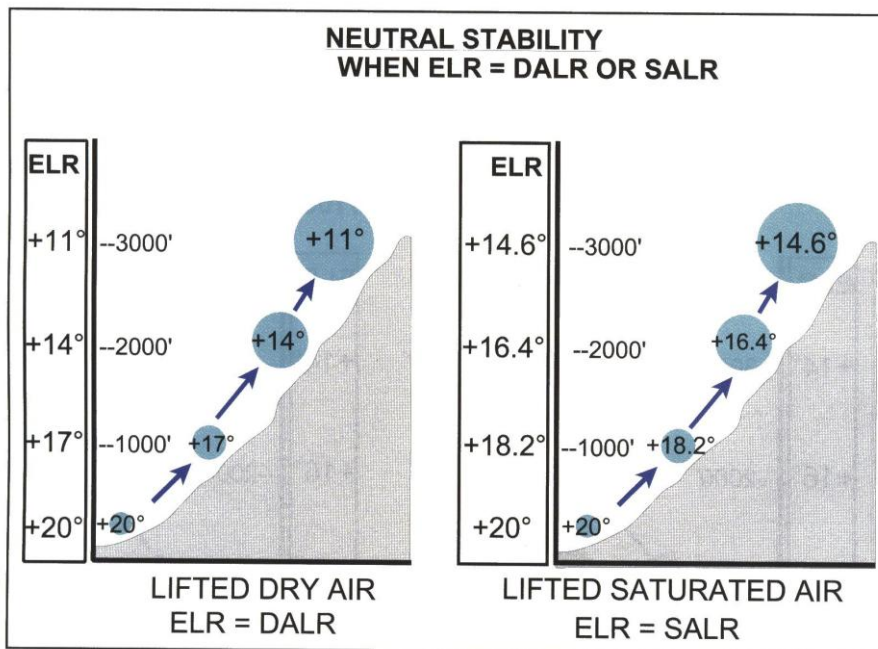




Równowaga chwiejna - Występuje gdy aktualny gradient temperaturowy (ELR) jest większy niż gradient suchoadiabatyyczny (DALR)



Równowaga obojętna. Występuje gdy mamy do czynienia z gradientem faktycznym (ELR) równym gradientowi suchoadiabatyicznemu (DALR) i wilgotnościadiabatyicznemu (SALR)



48. Ciśnienie, gęstość i temperatura Wpływ radiacji, osiadanania adwekcyjnego, konwergencji

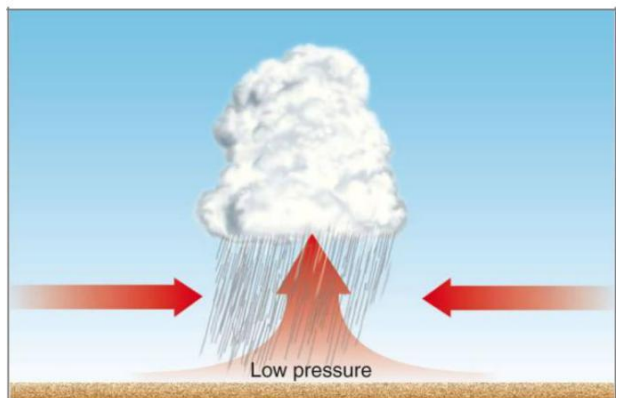
- **Radiacja** – powstaje podczas bezwietrznych i bezchmurnej nocy, głównie po zachodzie słońca. Po dniu podłoże i powietrze przy ziemi jest ogrzane, podłoże wypromieniowuje (stąd nazwa radiacyjne) swoje ciepło do kosmosu, szybko ochładzając się, powietrze wypromieniowuje ciepło znacznie wolniej. W warstwie tuż przy powierzchni, powietrze staje się wtedy chłodniejsze niż znajdujące się ponad nim powietrze uprzednio ogrzane. Może wtedy dojść do wytrącenia się wody i powstanie przyziemna mgła radiacyjna.



- **Adwekcja** – powstaje, gdy nad wychłodzoną powierzchnię ziemi napływa cieplejsze powietrze. Warstwa powietrza granicząca z powierzchnią, ochładza się, a powietrze powyżej pozostaje ciepłe. Tworzą się wtedy mgły adwekcyjne, szczególnie groźne dla lotnictwa, gdyż mogące obejmować bardzo duże obszary.



- **Konwergencja** (zbieżność) - zbliżanie się ku sobie linii prądu powietrza na określonym obszarze lub wzdłuż pewnej linii. Może ona powstawać pod wpływem lokalnej rzeźby terenu (np. w zwężeniach między pasmami górskimi) albo w samych układach barycznych (szczególnie na frontach atmosferycznych i w centralnych częściach niżów). Najważniejszym rezultatem konwergencji jest unoszenie powietrza ku górze, co łączy się z ochładzaniem, wzrostem wilgotności, rozwojem zachmurzenia i występowaniem opadów atmosferycznych.

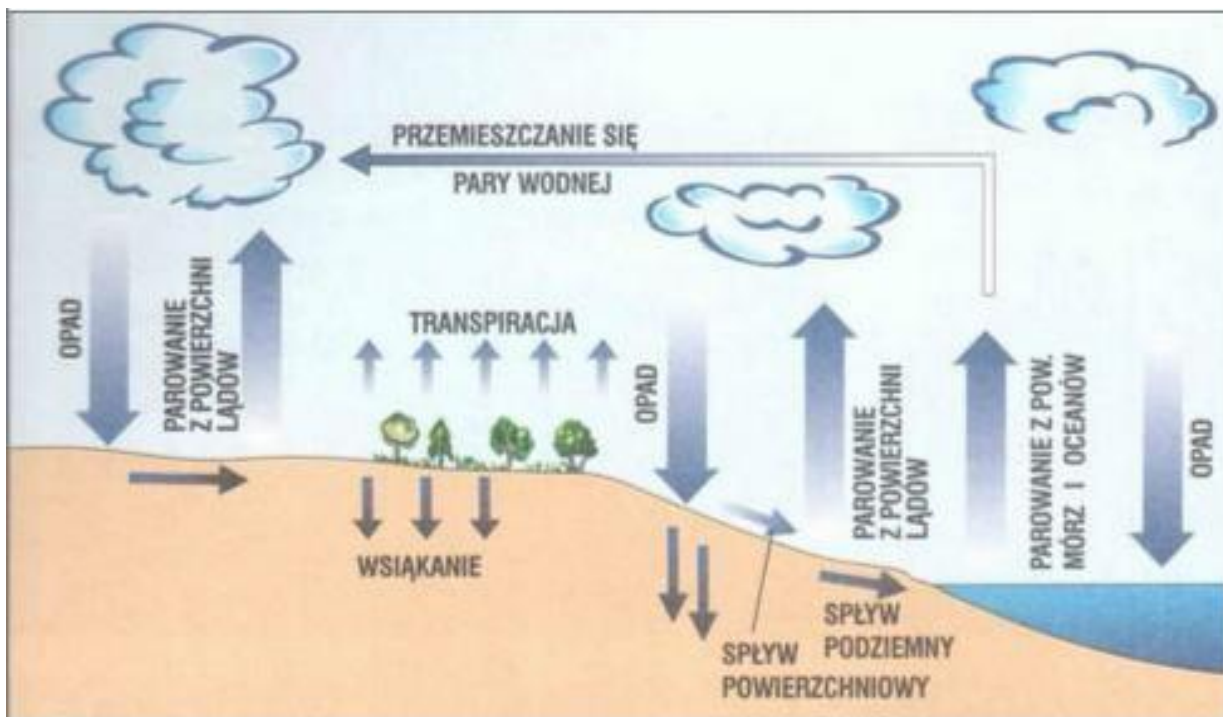


49. Wilgotność i opady atmosferyczne

Para wodna w atmosferze

Woda w atmosferze

Wiemy doskonale, że wraz ze zmianami pogody w pierwszym rzędzie – zauważalnymi nawet dla laika - zmienia się zachmurzenie. Obserwując przekroje frontów atmosferycznych widzieliśmy również, że występowały tam różne rodzaje i układy chmur. Chmury występują nie tylko na powierzchniach frontowych, ale i w poszczególnych masach powietrza. Jednak aby zrozumieć kiedy, jak, dlaczego i jakie chmury mogą się tworzyć, musimy zapoznać się z niezwykle ważnym zagadnieniem - zagadnieniem wody w atmosferze.



Woda występuje w atmosferze pod trzema postaciami: jako gaz (para wodna), jako ciecz i jako ciało stałe (śnieg, lód). Ustawicznie przechodzi ona z jednego stanu skupienia w drugi, przy czym decydującą rolę odgrywa tu energia cieplna słońca. To pod jego wpływem paruje woda ze zbiorników, jakimi są oceany, morza, jeziora i rzeki. Również pod wpływem słońca woda paruje z powierzchni gruntu i z roślinności.

W ten sposób woda przechodzi w stan gazowy, aby po ochłodzeniu skroplić się - tj. przejść w stan ciekły (chmury, deszcz), a przy dalszym ochłodzeniu zamarznąć - tj. przejść w stan stały. Możliwe jest również przejście wody ze stanu gazowego wprost w stan stały. Zjawisko takie nazywa się sublimacją.



Prężność pary wodnej

Z kolei zjawiska wspomniane wyżej mogą zachodzić w odwrotnej kolejności, tzn. lód topnieje, woda paruje i tak w nieskończoność. Zjawiska parowania, skraplania, krzepnięcia i topnienia znane są z podstawowej fizyki, jednak warto na chwilę wrócić do nich i przypomnieć sobie niektóre z podstawowych wiadomości.

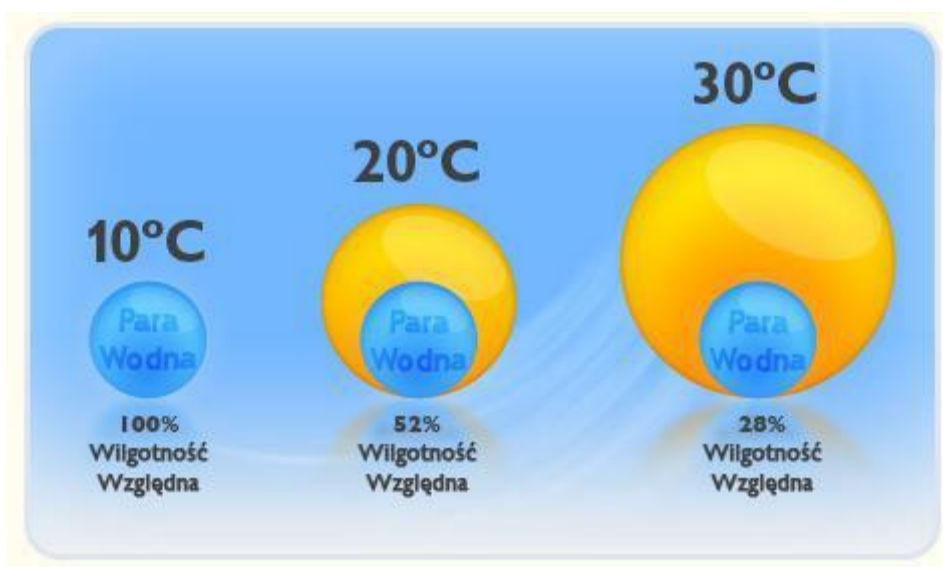
Chodzi mianowicie o warunki, w których następuje skraplanie, oraz o zagadnienie wymiany ciepła podczas zmian stanów skupienia. Obydwa te zagadnienia mają dla naszych meteorologicznych rozważań pierwszorzędne znaczenie. A więc pierwsze zagadnienie - skraplanie się pary wodnej.

Punkt rosy i wilgotność względna

W jednostce objętości powietrza może pomieścić się tylko pewna ilość pary wodnej. Jeżeli będziemy usiłovali dostarczyć jej jeszcze więcej, to nadmiar wydzieli się w postaci kropelek wody, a więc nastąpi skroplenie. Zauważymy jednak, że ilość pary wodnej, która może pomieścić się w jednostce objętości powietrza nie jest zawsze taka sama i zależy od temperatury. Im niższa jest temperatura powietrza, tym mniej pary wodnej mieści się w jednostce objętości.

Jeśli więc zaczniemy pewną ilość powietrza oziębiać, to w miarę spadku temperatury okaże się, że dojdziemy do stanu, gdy istniejąca aktualnie ilość pary wodnej okaże się maksymalnie możliwa do pomieszczenia w tym powietrzu. Mówimy wówczas, że osiągnięty został stan nasycenia i że wilgotność względna osiągnęła 100%. Dalsze ochładzanie spowoduje skroplenie się nadmiaru pary wodnej, a więc jej kondensację. Temperaturę zaś, przy której to nastąpiło nazywamy temperaturą punktu rosy.

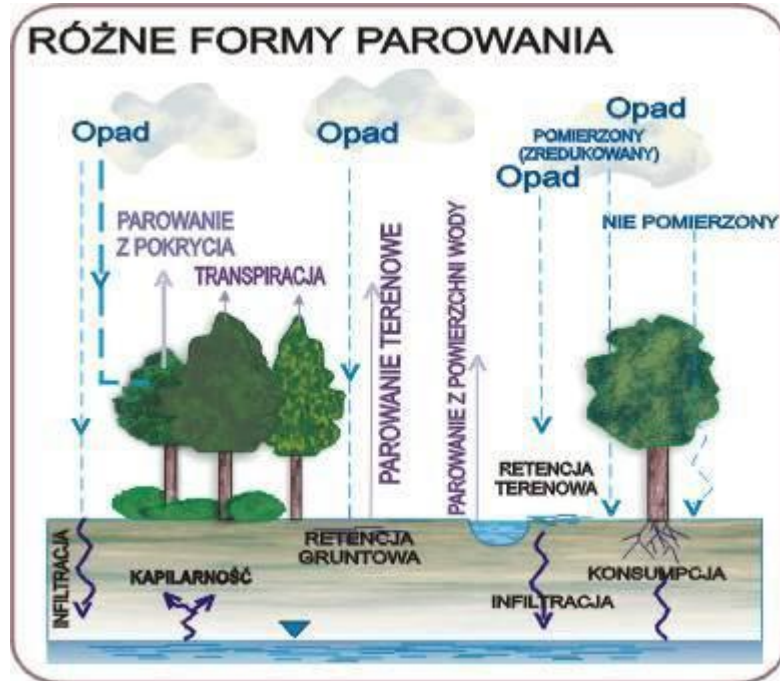
Wilgotność powietrza zależy od ilości pary wodnej zawartej w jednostce objętości powietrza. Zwykle posługujemy się dwoma określeniami:



wilgotność bezwzględna, tj. ciśnienie pary wodnej przy danej temperaturze powietrza (podane w jednostkach ciśnienia) lub ilość pary na jednostkę objętości powietrza (w g/m³);

wilgotność względna, tj. stosunek ciśnienia pary wodnej zawartej w powietrzu przy danej temperaturze do tego ciśnienia, które wywierałaby ilość pary wodnej nasycająca powietrze przy tej samej temperaturze. Wyrażamy ją w % nasycenia.

Kondensacja i parowanie



W praktyce zagadnienie to wygląda następująco. Powietrze przy ziemi ogrzewa się, powiększa swoją objętość, a więc zmniejsza gęstość i jako lżejsze zaczyna się unosić. W miarę wznoszenia się powietrze rozpręża się i ochładza. Gdy zostanie osiągnięta temperatura punktu rosy, rozpoczyna się kondensacja, tzn. wydzielają się kropelki wody. Powstaje chmura.

Aby być zupełnie ścisłym, trzeba jeszcze dodać, że dla rozpoczęcia procesu kondensacji muszą istnieć tzw. jądra kondensacji, tj. zawiesiny gazowe, płynne lub stałe, na których osadzają się powstające kropelki wody. Tych jąder kondensacji jest zwykle w powietrzu pod dostatkiem, tak, że kondensacja następuje z reguły zaraz po osiągnięciu temperatury punktu rosy.

Warto dodatkowo wspomnieć, że ruch powietrza w górę może być spowodowany nie tylko poprzez ogrzanie się powietrza od powierzchni ziemi (wznoszenie konwekcyjne), ale również wskutek wznoszenia dynamicznego, a więc np. przy wślizgiwaniu się powietrza nad przeszkodę, jak to ma miejsce w przypadku napotkania na zbocza górskiego.

Opady atmosferyczne

Wróćmy teraz na krótko do drugiego ze wspomnianych zagadnień towarzyszących zmianom stanu skupienia wody - do zagadnienia wymiany ciepła. Chodzi o to abyśmy pamiętali, że podczas parowania wody trzeba jej dostarczyć pewną ilość ciepła - tzw. utajonego ciepła parowania. Ta ilość ciepła zostaje zwrócona, gdy zjawisko przebiega odwrotnie, tj. zostaje oddana podczas kondensacji - skraplania.

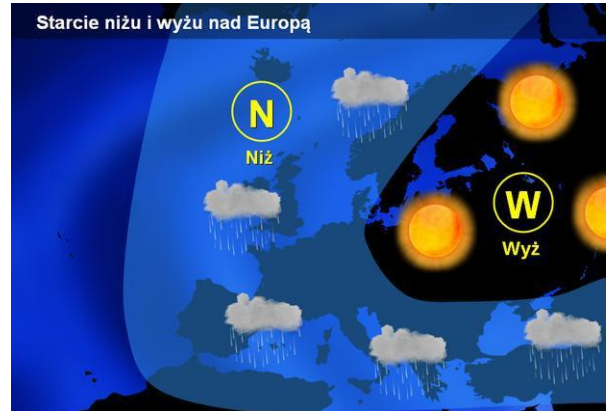
W meteorologii ma to ogromne znaczenie, gdyż wyjaśnia powstawanie chmur o rozwoju pionowym. Rozpoczęty proces kondensacji w pewnych warunkach nie tylko nie ustaje, ale nawet przybiera na sile. Czynnikiem wpływającym na rozwój chmury w górę jest właśnie ta dodatkowa porcja energii cieplnej uwolniona pod postacią oddanego w czasie kondensacji, a pobranego w czasie parowania.

50. Ciśnienie i wiatr Obszary wysokiego i niskiego ciśnienia

Układy baryczne, obszary obniżonego i podwyższonego ciśnienia występujące w atmosferze.

Podstawowymi układami barycznymi są **niże** (powietrze przemieszcza się do środka układu - konwergencja) i **wyże** (powietrze przemieszcza się od środka układu ku jego peryferiom - dywergencja) atmosferyczne. Oprócz nich wyróżnia się jeszcze:

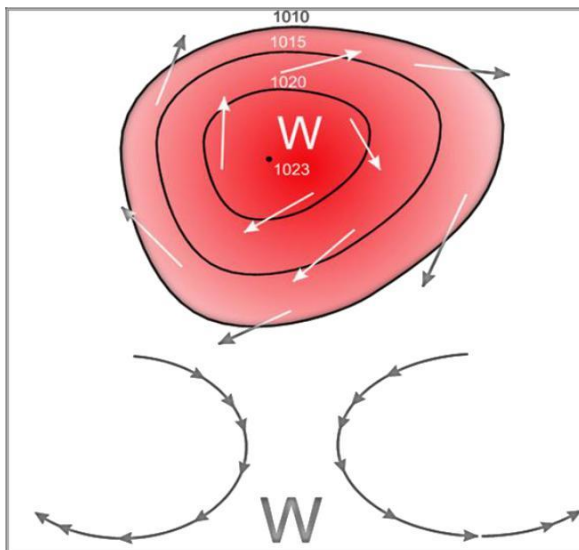
- 1) **zatokę niskiego ciśnienia**, która stanowi peryferyjną część niżu, charakteryzującą się wydłużonymi izobarami w kształcie litery V, wcinającymi się w obszar wyższego ciśnienia.
- 2) **klin wysokiego ciśnienia**, analogiczny do zatoki niskiego ciśnienia układu barycznego, z tym, że stanowi peryferyjną część wyżu, wcinającą się w układ niskiego ciśnienia.
- 3) **wał baryczny** (grzbiet baryczny), wydłużony obszar podwyższonego ciśnienia pomiędzy dwoma niżami.
- 4) **bruzdę baryczną**, wydłużony obszar obniżonego ciśnienia pomiędzy dwoma wyżami.
- 5) **siodło baryczne**, obszar pomiędzy dwoma niżami (lub zatokami niskiego ciśnienia) i dwoma wyżami (lub klinami wysokiego ciśnienia) ułożonymi na krzyż.:



Wyż

Jest to układ ciśnienia, w którym izobary tworzą koliste, zamknięte linie. W środku wyżu występuje ciśnienie najwyższe, a w miarę oddalania się od środka ciśnienia maleje. Ruch powietrza w wyżu jest skierowany zgodnie z ruchem wskazówek zegara z niewielkim skretem (o około 30°) na zewnątrz wyżu.

Schemat przedstawia poziomy i pionowy ruch powietrza w wyżu. Na skutek osiadania powietrza w wyżu nie dochodzi do powstawania chmur lub też chmury już istniejące - zanikają.



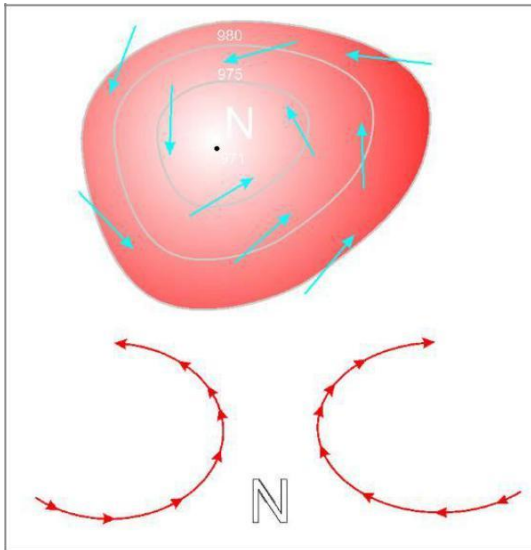


Niż

Jest to układ ciśnienia, w którym izobary tworzą koliste, zamknięte linie. Najniższe ciśnienie występuje w środku niżu i rośnie na zewnątrz.

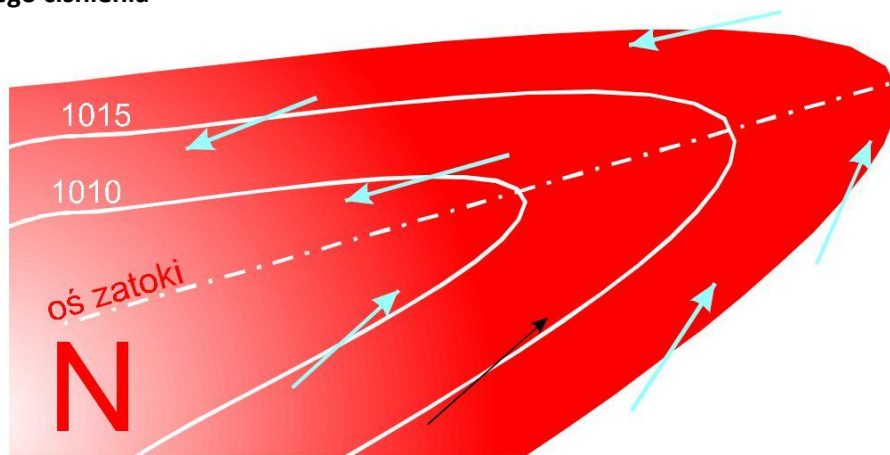
Ruch powietrza w niżu jest kierowany w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara z niewielkim skrzyśem (o około 30°) ku ciśnieniu niższemu.

Powietrze, które dołem spływa ku środkowi niżu jest następnie wynoszone ku górze i rozptywa się na boki. Schemat ten w najogólniejszy sposób tłumaczy duże zachmurzenie w niżach powstające w wyniku adiabatyicznego ochładzania podczas wznoszenia się powietrza ku górze.



Poza głównymi układami ciśnienia tj. niżem i wyżem występują następujące formy pochodne:

Zatoka niskiego ciśnienia

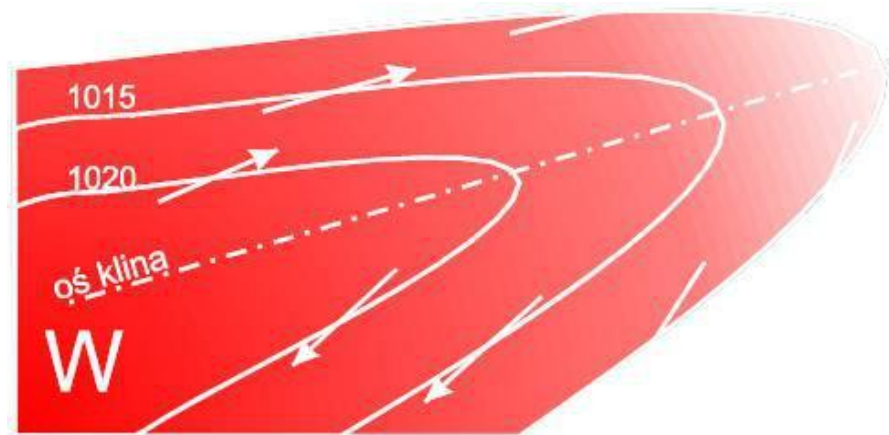


Jest to układ ciśnienia, w którym izobary układają się w kształcie zatoki z najniższym ciśnieniem w środku.

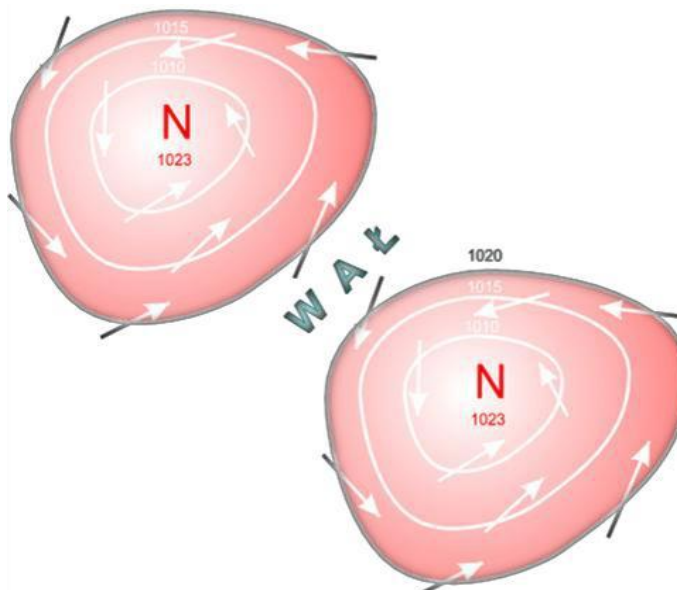


Klin wysokiego ciśnienia

Analogicznie do zatoki niskiego ciśnienia jest to układ ciśnienia, którym izobary układają się w kształt klina z najwyższym ciśnieniem w środku. Linie, wzdłuż której następuje znaczny skręt wiatru nazywamy osią klina. Oś klina stanowi linię rozbieżności wiatru.

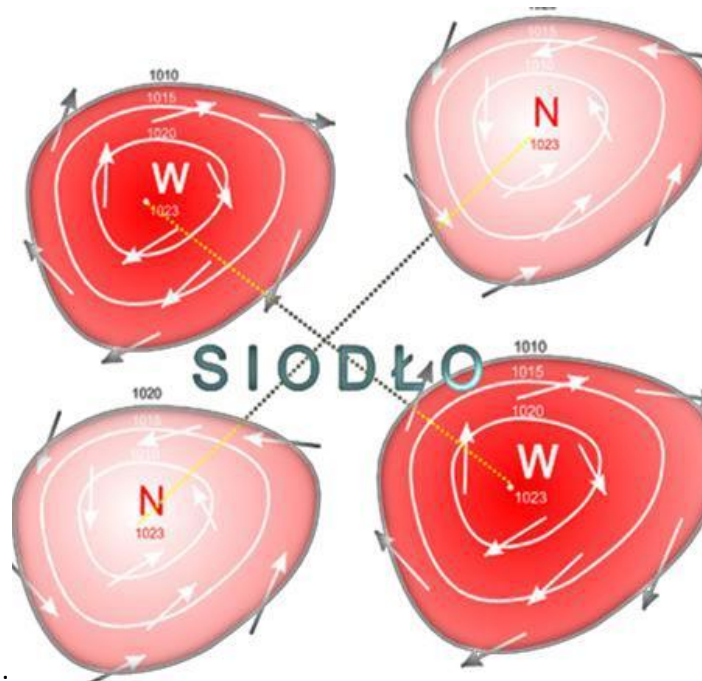


Wał wysokiego ciśnienia



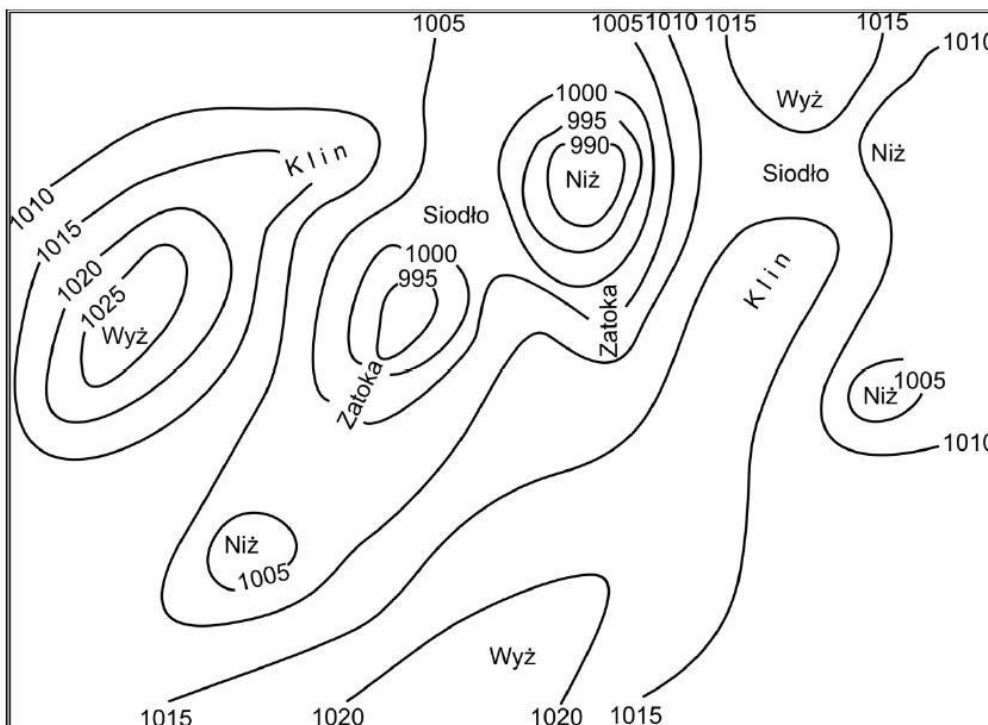
Obszar zawarty pomiędzy dwoma niżami nazywamy wałem wysokiego ciśnienia. Ponieważ jest to obszar podwyższonego ciśnienia, w którym następuje rozbieżność wiatru, to pogoda w wałach wysokiego ciśnienia jest zwykle lepsza niż na terenach sąsiednich, które są pod wpływem niżów.

Siodło



Jest to obszar pomiędzy dwoma niżami i dwoma wyżami leżącymi na krzyż. Linie łączące ze sobą centra niżów oraz centra wyżów nazywamy osiami siodła, a punkt przecięcia tych linii punktem siodłowym.

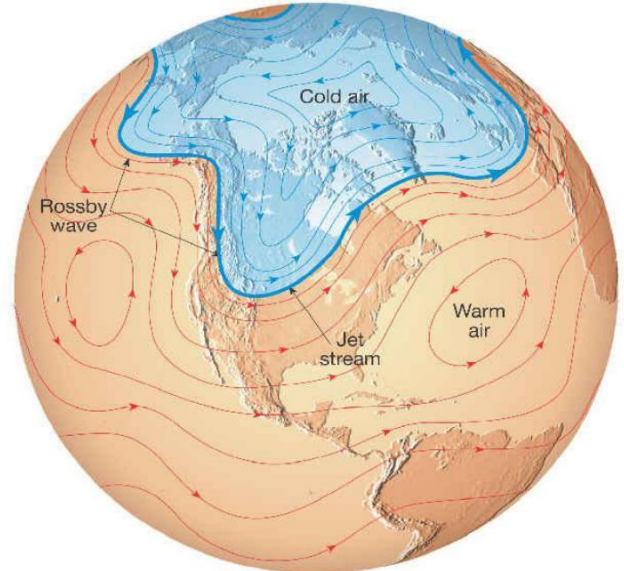
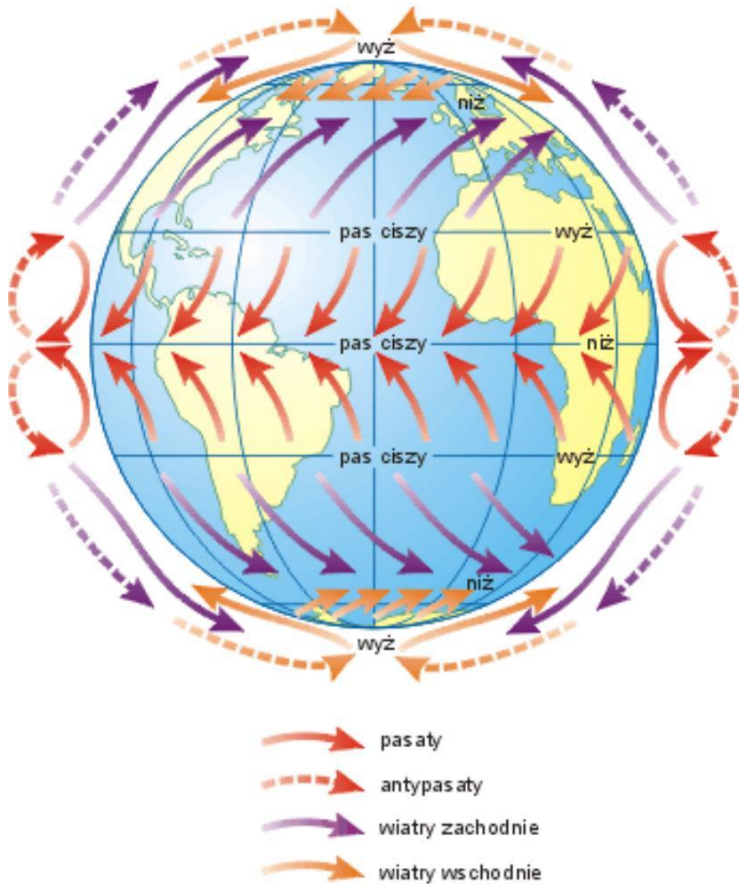
Obszar siodłowy jest obszarem prawie bezgradientowym, w którym występują cisze lub bardzo słabe wiatry z różnych kierunków.



50. Ciśnienie i wiatr

Ruch atmosfery, gradient ciśnienia

Wiatr jest to poziomy ruch mas powietrza, którego przyczyną powstawania jest nierównomierny rozkład



ciśnienie (w poziomie). Ten nierównomierny rozkład ciśnienia powstaje w wyniku nierównomiernego nagrzewania się powierzchni ziemi.

powietrze nagrzane lżejsze - wznosi się
powietrze zimne cięższe - opada

Różnice ciśnienia powodują poziomy ruch powietrza w niższej warstwie troposfery, od ciśnienia wyższego do niższego, czyli od wyżu barycznego do niżu barycznego. Ruch ten nazywamy **wiatrem**. Poziome ruchy powietrza w górnej warstwie troposfery i dolnej stratosfery określa się mianem prądów. Im większa jest różnica ciśnienia tym większa jest prędkość wiatru. Różnice ciśnienia z czasem się wyrównują - niże wypełniają się, wyże słabną. W rozkładzie układów atmosferycznych na Ziemi możemy obserwować pewną strefowość. Obszary niskiego ciśnienia zajmują strefę równikową i umiarkowaną, a wysokiego - zwrotnikową i podbiegunową. Ich rozkład jest zależny od tempa krążenia powietrza oraz od ukształtowania terenu.

Ruch obiegowy Ziemi sprawia, że poszczególne części globu otrzymują różne dawki słonecznego promieniowania w ciągu roku. Ruch obrotowy wpływa na to zróżnicowanie w rytmie dobowym.

W strefie okołorównikowego górowania Słońca w zenicie nagrzane powietrze ulega rozszerzeniu i jako lżejsze unosi się do góry. Powstaje **pas niskiego ciśnienia**. Ponieważ brak tu poziomego ruchu powietrza, pas ten nazywamy równikowym pasem ciszy. Zawarta we wznoszącym się powietrzu para wodna ulega kondensacji, co doprowadza do powstania zenitalnych deszczy. Prądy wznoszące występują nad równikiem



niemal stale, ale najsilniej zaznaczają się w okresie zenitalnego górowania Słońca w marcu i we wrześniu. W czerwcu pas ciszy przesuwa się w stronę Zwrotnika Raka, a w grudniu wędruje ku Zwrotnikowi Koziorożca. Ochłodzone powietrze na wysokości kilkunastu kilometrów nad powierzchnią gruntu przestaje się unosić i przemieszcza się w stronę biegunów.

Powstające w górnej troposferze powietrzne prądy nazywamy **antypasatami**.

Cząsteczki powietrza nad równikiem mają taką samą prędkość jak poruszająca się Ziemia. W wyższych szerokościach geograficznych wyprzedzają one poruszającą się Ziemię, gdyż jej obwód jest tam mniejszy. Na półkuli północnej poruszające się powietrze skręca w prawo, na południowej - w lewo. W okolicach zwrotnikowych odchylenie mas powietrza jest tak duże, że powietrze zaczyna zagęszczać się i zstępować ku dołowi. Opadanie stłoczonego powietrza w obszarach zwrotnikowych powoduje wzrost ciśnienia. Wytwarzają się pasy wysokiego ciśnienia zwane **zwrotnikowymi pasami ciszy**. Różnica ciśnień pomiędzy wyżami, a równikowym pasem ciszy powoduje przepływ powietrza ku równikowi. Wieją tu stałe wiatry zwane **pasatami**. Przyziemny prąd powietrza, podobnie jak prąd górny, ulega odchyleniu, na półkuli południowej w lewo, na północnej w prawo. Dzieje się tak na skutek opóźnienia przesuujących się do równika cząstek, związanego ze zwiększeniem obwodu Ziemi na równiku i prędkością ruchu cząstek odpowiadającą prędkości na zwrotnikach.

W umiarkowanych szerokościach geograficznych występują obszary niskiego ciśnienia, ku którym kieruje się część powietrza ze zwrotnikowych wyżów. Na półkuli południowej skręca ono w prawo, na południowej - w lewo. W umiarkowanych szerokościach geograficznych powstaje **strefa wiatrów zachodnich**. Wiatry te są szczególnie silne na półkuli południowej, gdyż nie są hamowane barierami lądów. Żeglarze, szerokości w których one występują, nazywają **ryczącymi czterdziestkami** i **wyjącymi pięćdziesiątkami**. Powietrze z górnych warstw troposfery zstępuje ku powierzchni Ziemi także w okolicach biegunów. W okresie lata za kołami podbiegunowymi tworzą się baryczne wyży. Wiejące od nich, w stronę równika, wiatry skręcają na półkuli północnej w prawo, a na południowej w lewo. Na półkuli północnej dominują **tu wiatry wschodnie i północno-wschodnie**, na południowej - **wschodnie i południowo-wschodnie**.

W strefie umiarkowanej, w pobliżu kół podbiegunowych, następuje kontakt zimnego powietrza, niesionego wiatrami wschodnimi od biegunów, z cieplejszym powietrzem wiatrów zachodnich. Powstają niżowe zawirowania powoli przesuujące się na wschód. Jest to strefa wędrownych niżów, gdzie wiatry często zmieniają kierunek.

MASY POWIETRZA

W strefach niżowych, gdzie mieszają się masy powietrza o różnych właściwościach, tworzą się tzw. **strefy frontalne**. Gdy cieplejsze powietrze napływa na obszar zimniejszego mówimy o **froncie ciepłym**. Wznoszące się powietrze prowadzi do spadku ciśnienia i pogłębienia niżu. Kiedy zimniejsze powietrze znad biegunów wypiera cieplejsze, strefa kontaktu jest **frontem chłodnym**. Powietrze cieplejsze, jako lżejsze, unosi się do góry. Ruch chłodnego powietrza jest szybszy niż ciepłego. Kiedy front chłodny dogoni zimny powstaje **front zokuludowany**.

Występowanie stref frontalnych jest szczególnie wyraźne na styku pasów zwrotnikowych wyżów i stref wiatrów zachodnich, gdzie tworzą się wędrujące na wschód cyklony.

Pomiędzy przemieszczającym się powietrzem a podłożem następuje wymiana ciepła i wilgoci. W różnych szerokościach geograficznych tworzą się masy powietrza o określonych właściwościach. Wyróżnia się **masy powietrza równikowego (PR), zwrotnikowego (PZ), polarnego (PP) oraz arktycznego i antarktycznego (PA)**. W obrębie frontu polarnego, oddzielającego powietrze zwrotnikowe od polarnego, różnice temperatur są

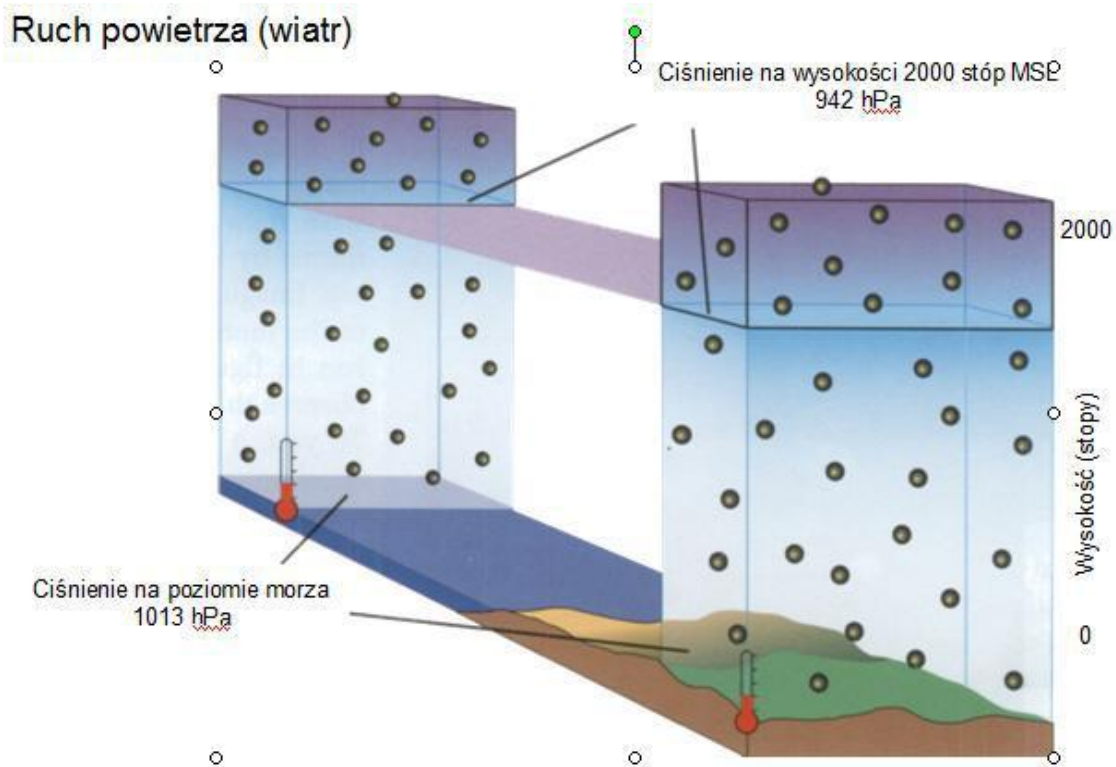


największe. Mniej wyraźne różnice występują we froncie międzyzwrotnikowym oddzielającym dwie masy powietrza równikowego różniącego się stopniem przekształcenia i we froncie arktycznym, oddzielającym powietrze polarne od arktycznego.

50. Ciśnienie i wiatr

Ruch pionowy i poziomy, konwergencja, dywergencja

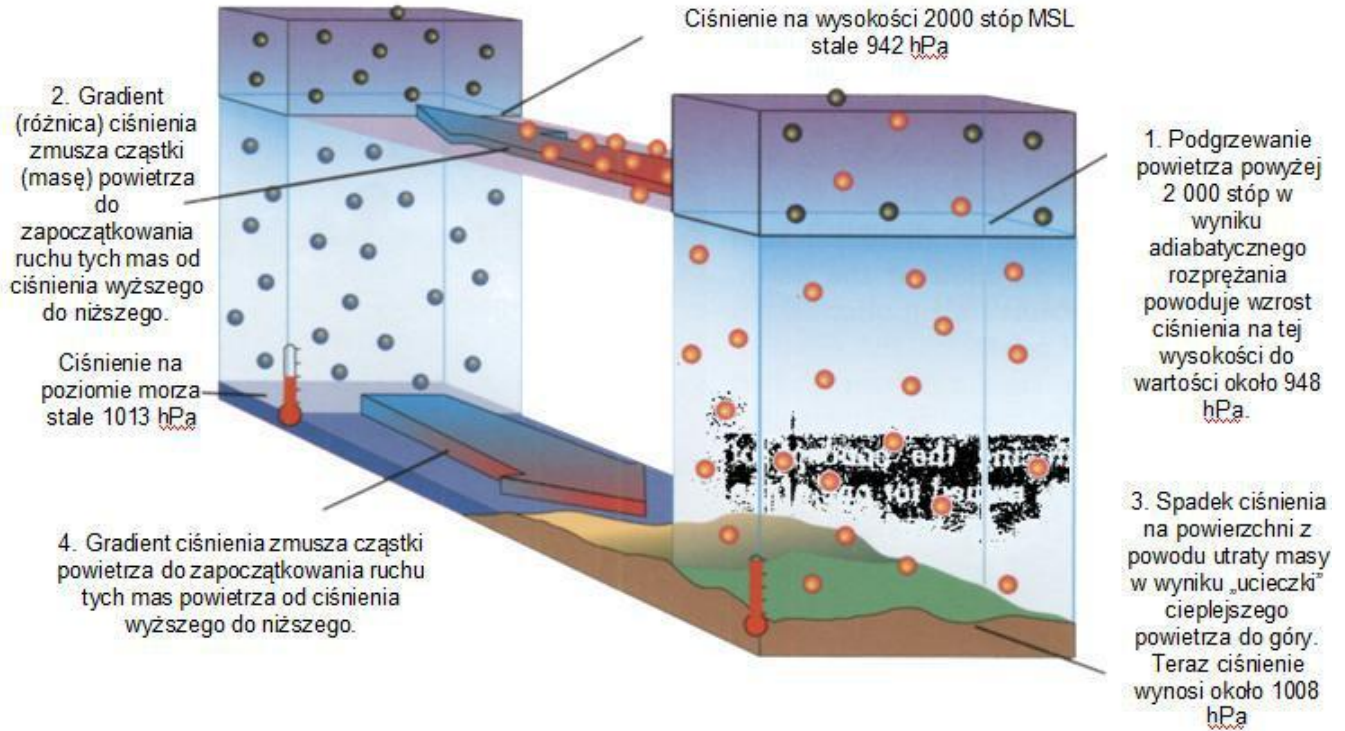
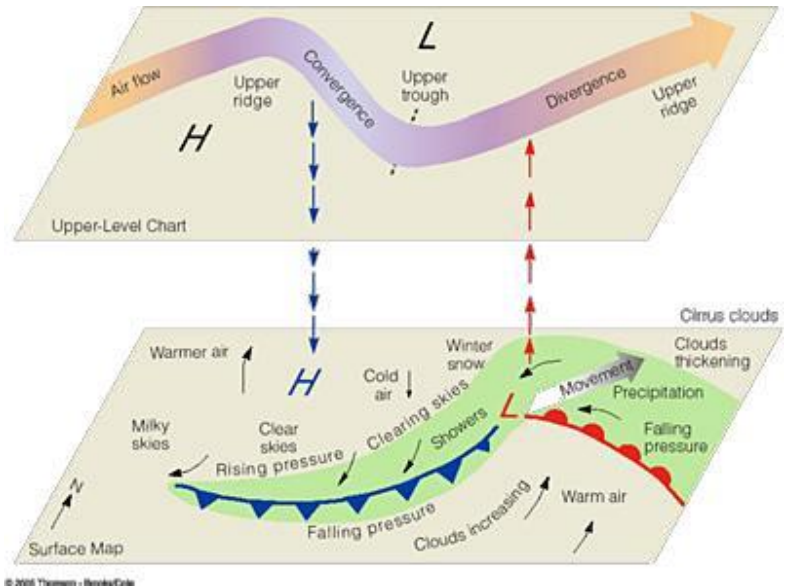
Konwergencja (zbieżność) - zbliżanie się ku sobie linii prądu powietrza na określonym obszarze lub wzdłuż pewnej linii. Może ona powstawać pod wpływem lokalnej rzeźby terenu (np. w zwężeniach między pasmami górskimi) albo w samych układach barycznych (szczególnie na frontach atmosferycznych i w centralnych częściach niżów). Najważniejszym rezultatem konwergencji jest unoszenie powietrza ku górze, co łączy się z ochładzaniem, wzrostem wilgotności, rozwojem zachmurzenia i występowaniem opadów atmosferycznych.



50. Ciśnienie i wiatr

Ruch pionowy i poziomy, konwergencja, dywergencja

Dywergencja – pojęcie wyrażające rozbieżność kierunku wektorów wiatru na danym obszarze, używane zazwyczaj w przypadku poziomego przepływu powietrza. Załóżmy, że mamy pewien podłużny obszar, przez który przechodzi strefa wiatru. O dywergencji mówimy wtedy, gdy do obszaru wchodzi strefa wiatru wiejącego tylko z jednego kierunku, np. z zachodu, a wychodzi jako strefa wiatru wiejącego z południowego zachodu, z zachodu i z północnego zachodu. Dywergencja jest przeciwieństwem konwergencji.



50. Ciśnienie i wiatr

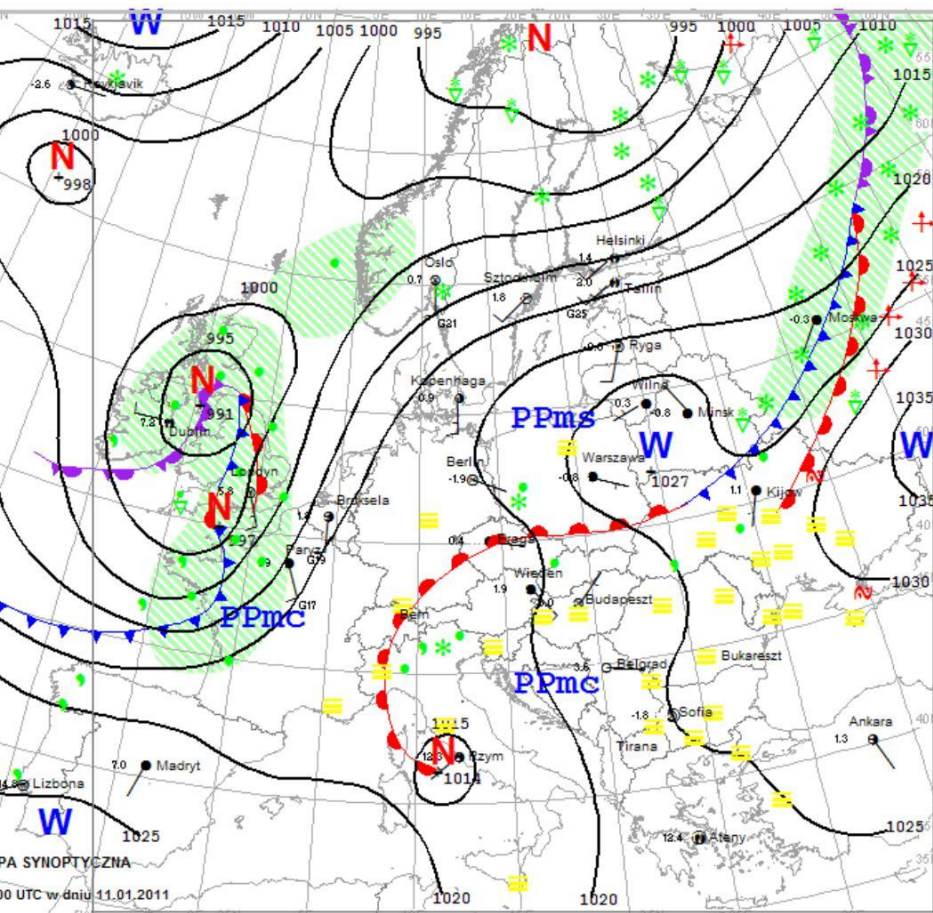
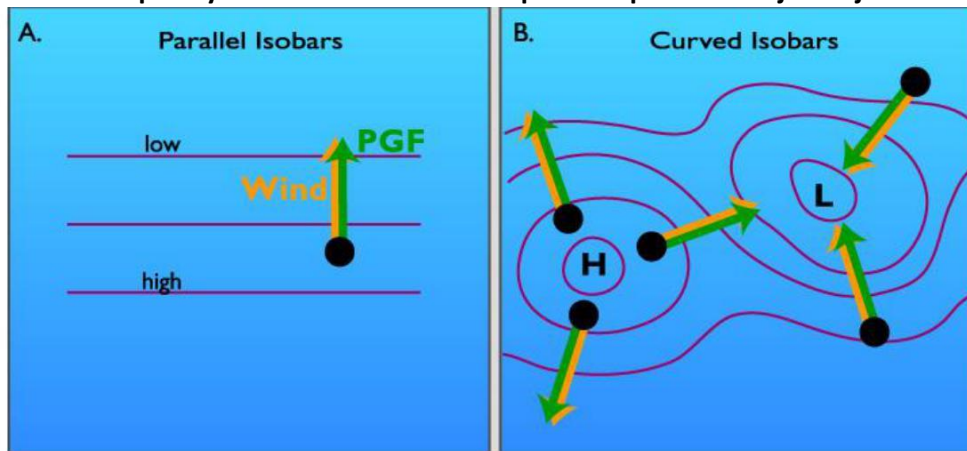
Wiatr przyziemny i geostroficzny

Gradient ciśnienia

Siła gradientu ciśnienia = siła wywołująca ruch!

PGF – siła gradientu ciśnienia, wynika z poziomych różnic ciśnienia, skierowana do centrum niskiego ciśnienia, prostopadła do stycznej do izobary.

Hipotetyczne założenie: Wiatr na planecie pozbawionej rotacji



Gradienty ciśnienia nad Polską

Największe gradienty ciśnienia związane są z niżami występującymi nad Bałtykiem > 5 hPa / 100 km. (max wyniosło 5.8 hPa / 100 km).

Duże gradienty ciśnienia nad Polską związane są z wyst. niżu na wschodzie oraz wyżu na zachodzie, co skutkuje przepływem z północy. Gradienty te często przekraczają 4 hPa / 100 km.

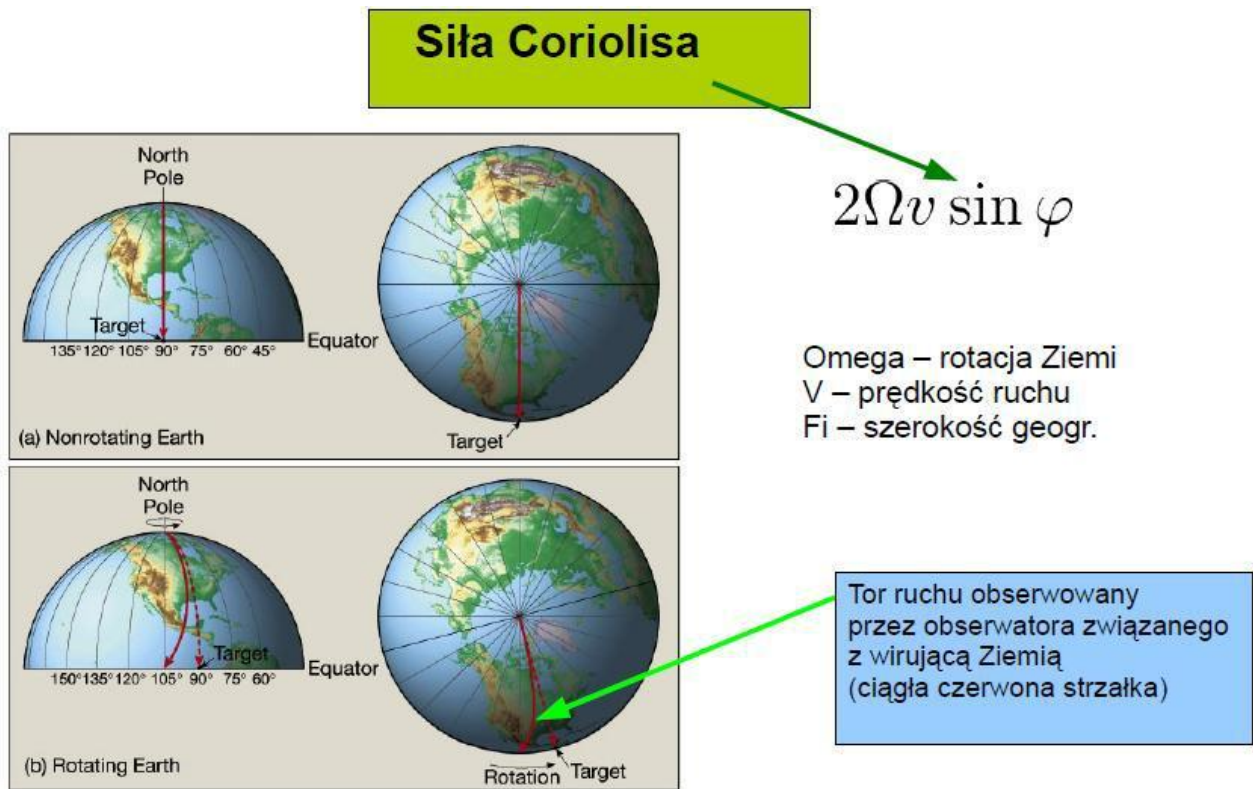
Nieco mniejsze gradienty (nie przekraczające 4 hPa / 100 km) są związane z odwrotną sytuacją synoptyczną, czyli z niżem na zachodzie oraz wyżem na wschód od Polski.



50. Ciśnienie i wiatr Siła Coriolisa

Siła Coriolisa jest siłą pozorną, występującą jedynie w nieinercjalnych układach obracających się. Dla zewnętrznego obserwatora siła ta nie istnieje. Dla niego to układ zmienia położenie a poruszające się ciało zachowuje swój stan ruchu zgodnie z I zasadą dynamiki. Siła Coriolisa zmienia kierunek wiatru.

W niżu powietrze przemieszczając się od jego brzegu (wyższe ciśnienie) do jego centrum (niższe ciśnienie) zostaje skręcone w lewą stronę na naszej półkuli (przeciwnie do ruchu wskazówek zegara), zaś w wyżu powietrze przemieszczające się od jego centrum (wyższe ciśnienie) do jego brzegu (niższe ciśnienie) zostaje skręcone w prawą stronę na naszej półkuli (zgodnie z ruchem wskazówek zegara).



Siła pozorna, rezultat jej „działania” jest widoczny w układzie odniesienia związanym z wirującą Ziemią, odchyła ruch ciała w prawo na półk. półn oraz w lewo na półk. półd.

Mniejsza prędkość na skutek tarcia – siła Coriolisa zmniejsza się, wiatr odchyła się w kierunku gradientu ciśnienia.

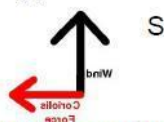
50. Ciśnienie i wiatr

Siła Coriolisa

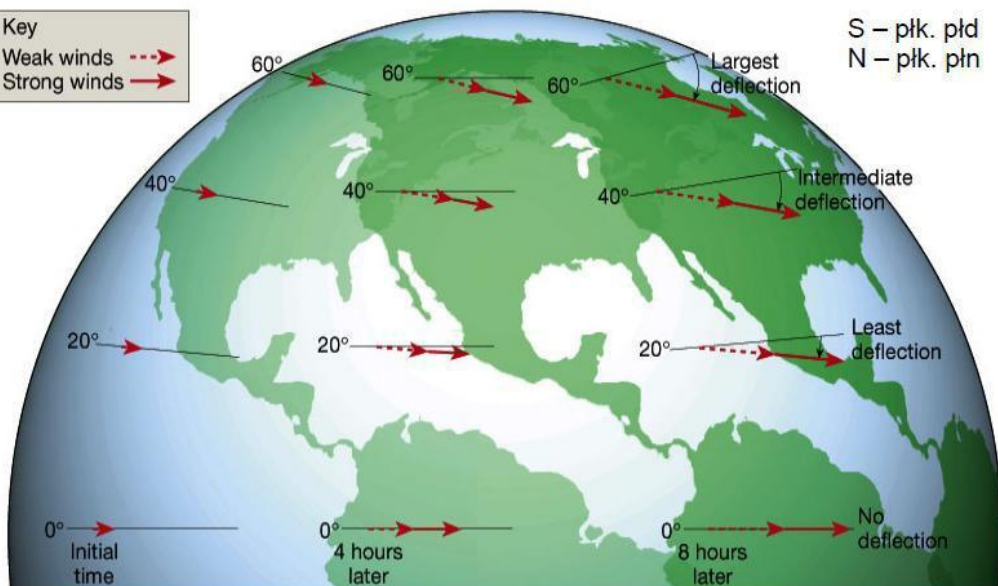
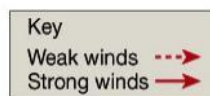
Siła Coriolisa jest przyłożona prostopadle do wektora prędkości

w lewo względem wektora prędkości

w prawo względem wektora prędkości



Odchylenie ruchu związane z działaniem siły Coriolisa



$$2\Omega v \sin \varphi$$

W wyższych szerokościach geograficznych odchylenia są większe!

Mianem **wiatru geostroficznego** określa się wiatr wiejący powyżej warstwy tarcia (to jest w tej warstwie, w której na ruch powietrza nie wywiera już żadnego wpływu powierzchnia Ziemi). Grubość warstwy tarcia nad lądami jest większa i może być szacowana średnio na około 700-1500 m, nad morzami i oceanami, ze względu na ogólnie mniejszą od lądu szorstkość powierzchni, jest mniejsza i wynosi około 600 m.

Pod wpływem zrównoważenia siły gradientu barycznego przez siłę Coriolisa wiatr geostroficzny wieje równolegle do izobar w ten sposób, że na półkuli północnej pozostawia wyższe ciśnienie po stronie prawej, na półkuli południowej po lewej stronie (patrzmy zgodnie z kierunkiem, w którym wiatr wieje).

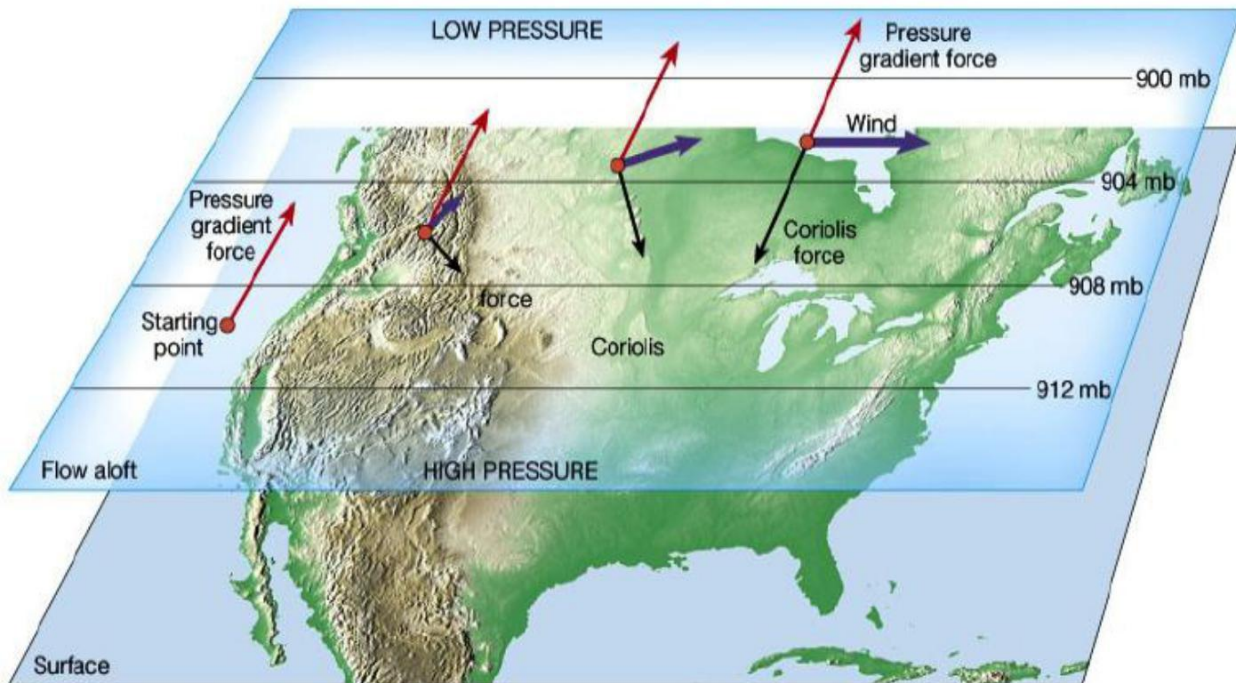
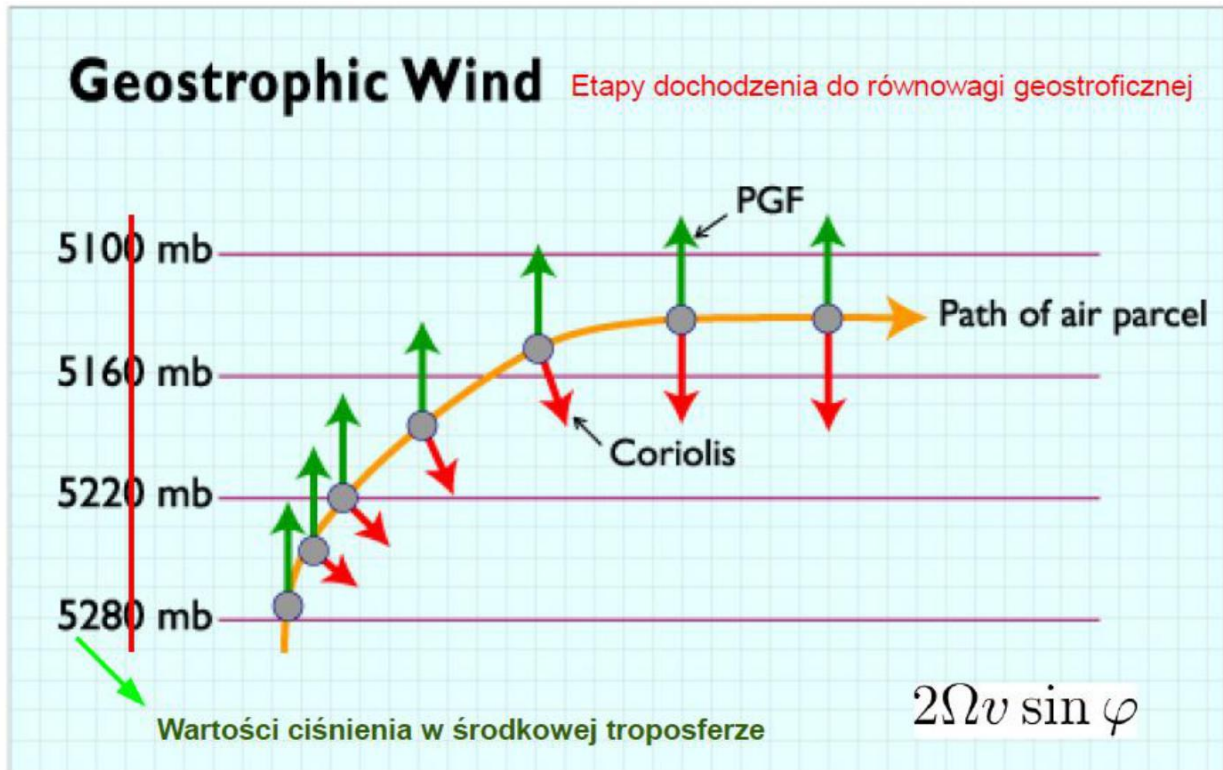
Prędkość wiatru geostroficznego uzależniona jest od wielkości gradientu barycznego i wielkości siły Coriolisa. Ta ostatnia stanowi funkcję szerokości geograficznej.

(Nieobowiązkowa ciekawostka dla zainteresowanych: Prędkość wiatru geostroficznego (VG) oblicza się według formuły, gdzie GB = GB - gradient baryczny, mianowany w hPa / 1° na kole wielkim, fi = szerokość geograficzna:

$$VG = (4.81 * GB) / \sin (fi) \text{ [m/s]}$$

Z prędkości wiatru geostroficznego można obliczyć prędkość wiatru przyziemnego, natomiast posługując się analizą przepływu powietrza, zgodnym z kierunkiem wiatru geostroficznego, można na mapie dolnej w orientacyjny sposób określić kierunek adwekcji i jej prędkość. Dzięki temu można zorientować się z jaką masą atmosferyczną mamy do czynienia nad interesującym nas obszarem i w jakim stopniu masa ta może być przetransformowana.

50. Ciśnienie i wiatr
Siła Coriolisa



Wiatr geostroficzny wieje powyżej 1 km (w warstwie gdzie tarcie nie odgrywa roli), równoległe do izobar, przy takim samym gradiencie ciśnienia prędkość wiatru jest wyższa w niższych szerokościach geograficznych.



50. Ciśnienie i wiatr

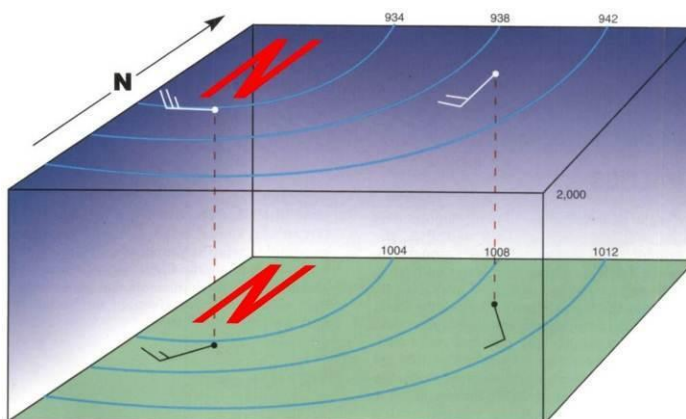
Siła tarcia

Siła tarcia

- Wiatr geostroficzny – powyżej warstwy tarcia
- Wiatr przyziemny – poniżej

Wiatr pod wpływem siły tarcia zmienia kierunek i prędkość.

Tarcie powietrza o powierzchnię powoduje zmniejszenie siły wiatru i jego dokręcanie się w kierunku niżej.

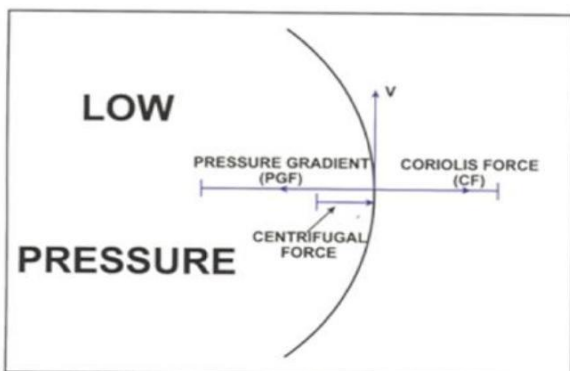


Zmiana kierunku i prędkości wiatru w warstwie tarcia nad różnym podłożem

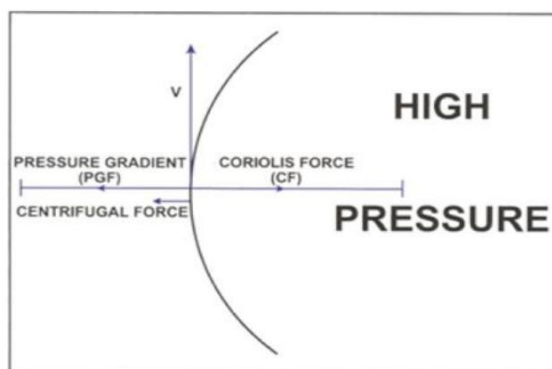
Typowy pionowy profil wiatru				
wysokość w [m]	równina	teren nierówny	teren pagórkowaty	prędkość wiatru w [m] i [kt]
poniżej 150	+30°	+36°	+43°	6/12
150–300	+22°	+30°	+36°	10/20
300–600	+10°	+17°	+25°	12/25
600–1000	+2°	+5°	+10°	14/28

Wiatr gradientowy - wiatr będący w równowadze pomiędzy siłą Coriolisa, siłą odśrodkową, oraz siłą gradientu ciśnienia.

Wiatr gradientowy uwzględnia ruch wokół niżu lub po zakrzywionych trajektoriach cząstki powietrza i jest czasami lepszym przybliżeniem do mierzonych wartości prędkości wiatru niż wiatr geostroficzny.



Mniejsza prędkość w niżu



Większa prędkość w wyżu

Schematy prezentują składowe wiatru gradientowego.

PGF – składowa determinowana przez różnicę ciśnień

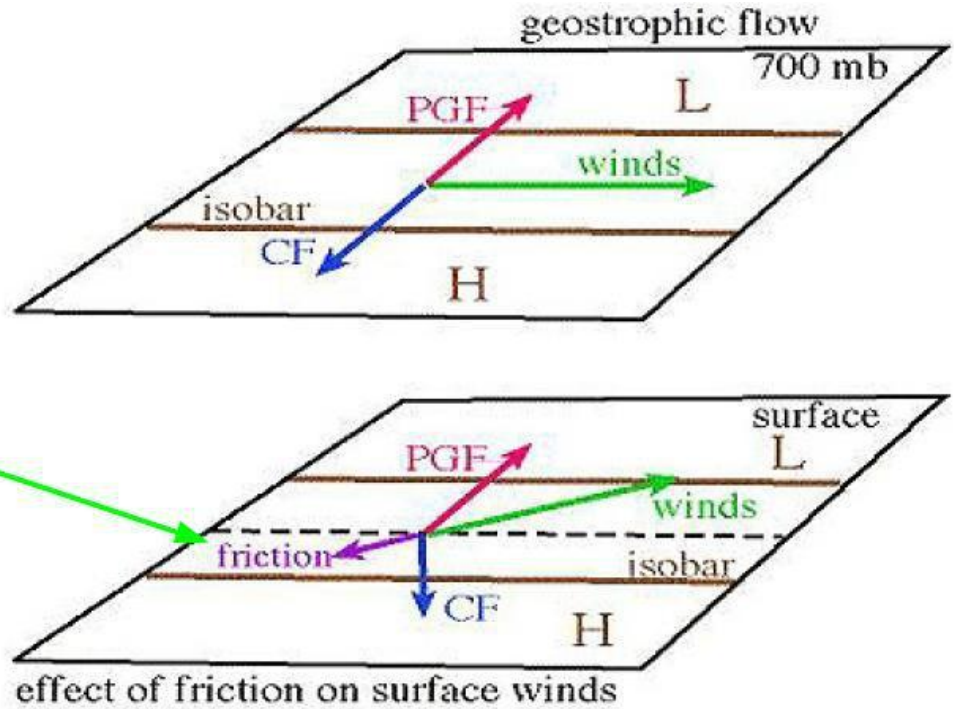
CF - składowa determinowana przez siłę Coriolisa

CENTRIFUGAL FORCE - składowa determinowana przez siłę odśrodkową

50. Ciśnienie i wiatr
Siła tarcia

Wpływ tarcia na wiatr przyziemny

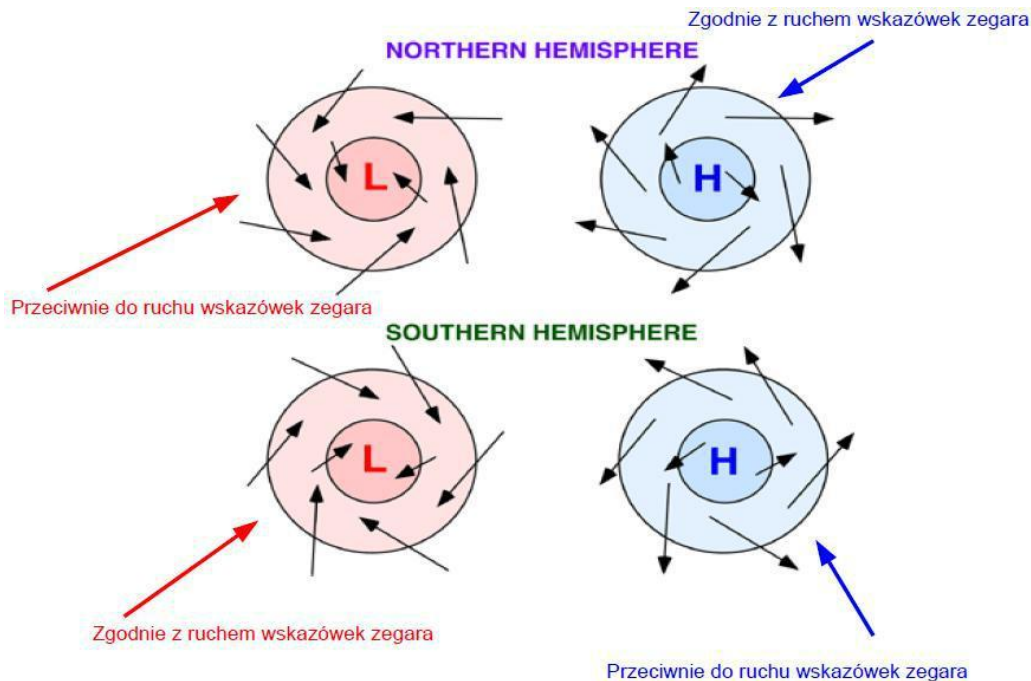
Siła tarcia działa przeciwnie do wektora prędkości, spowalnia ruch, w wyniku maleje siła Coriolisa, w wyniku siła gradientu skręca wektor wiatru ku niższemu ciśnieniu



LEGENDA

- PGF – siła gradientu
- CF – siła Coriolisa
- Friction – siła tarcia
- Winds – wektor wiatru
- L – obszar niskiego ciśnienia
- H – obszar wysokiego ciśnienia
- Isobar – izobary (linie równego ciśnienia)

Wektor wiatru przecina izobary, jest skierowany ku strefie niższego ciśnienia, im większe tarcie tym większy kąt przecięcia wektora wiatru z izobarą – w wyniku cyklony na morzu trwają dłużej, a na lądzie szybciej zanikają.



Cyrkulacja w niżu i w wyżu na półkuli północnej i południowej



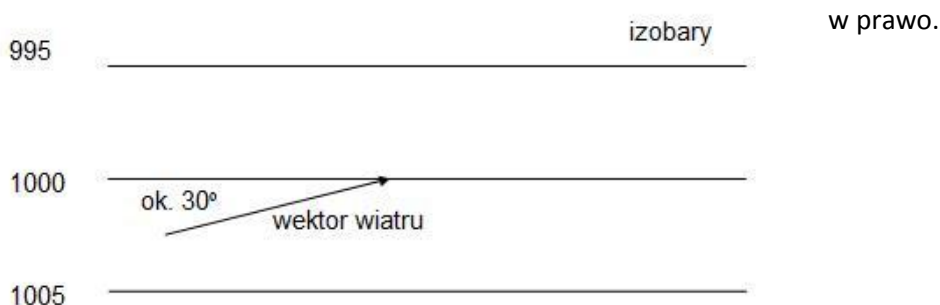
50. Ciśnienie i wiatr

Związek pomiędzy izobarami i wiatrem, prawo Buys Ballot'a

W skutek oddziaływania siły tarcia wiatr przy ziemi przecina kierunek izobar o kąt wynoszący ok. 30-40° nad lądem w stronę niższego ciśnienia (nad morzem ok. 20°). Kąty te nie są stałe, wykazują zmiany zależne od gradientu ciśnienia, pory doby, rodzaju podłoża, wysokości nad gruntem. W ciągu dnia, pod wpływem turbulencji, kąt zmniejsza się. Przy znacznym gradiencie ciśnienia nie przekracza 10-20°, czasem nawet wieje równoległe do nich. Przy małych wiatrach, zwłaszcza nocami, może odchyłać się od izobar nawet o 60-90°. Mocniejsze odchylenia obserwujemy nad terenem szorstkim. Jeśli chodzi o wysokość, to do kilkudziesięciu metrów nad podłożem nie dochodzi do większych zmian wiatru; później ze wzrostem wysokości rozpoczyna się bardzo szybki wzrost prędkości i następuje stopniowa zmiana jego kierunku w prawo. Im wyżej tym bardziej wiatr staje się równoległy do przebiegu przyziemnych izobar.

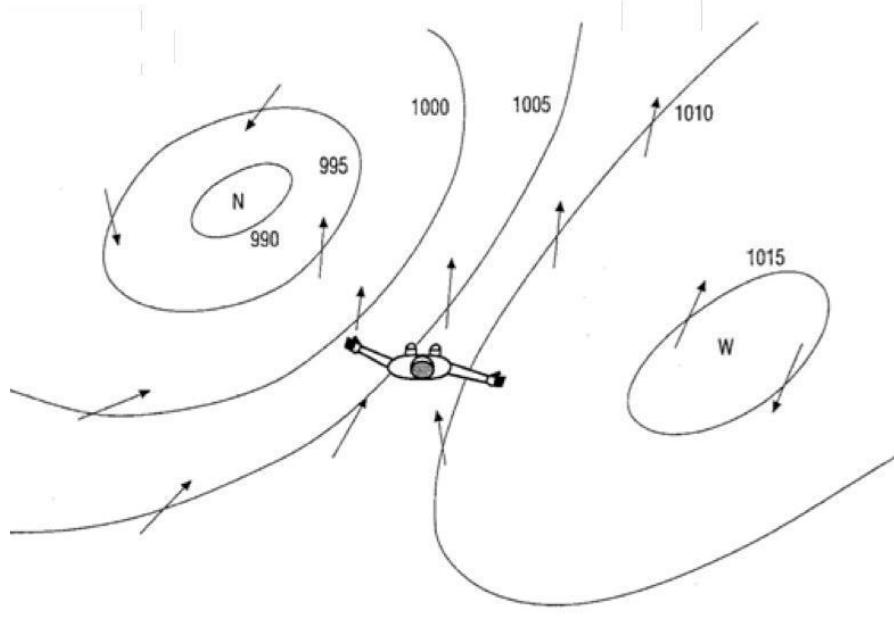
Prawo Buysa-Ballota

Jeśli ustawimy się w taki sposób, że wiatr będzie wiał nam w plecy, to obszar niskiego ciśnienia znajduje się z przodu i nieco z lewej strony, natomiast obszar wysokiego ciśnienia z tyłu i nieco z prawej. Według owego prawa, jeśli lecisz w kierunku niskiego ciśnienia to trajektoria twojego lotu jest odchylana na półkuli północnej



- Wektor wiatru odchyła się względem izobary o kąt około 30 stopni w kierunku ciśnienia niższego.
- Odchylenie wynika z ruchu obrotowego Ziemi
- Kąt wiatru jest mniejszy na oceanach (mniejsze tarcie)

Reguła Buysa Ballot'a



Stojąc tyłem do wiatru na półkuli północnej wyżej będziemy mieli lekko z prawej, niż zaś z przodu lekko z lewej.



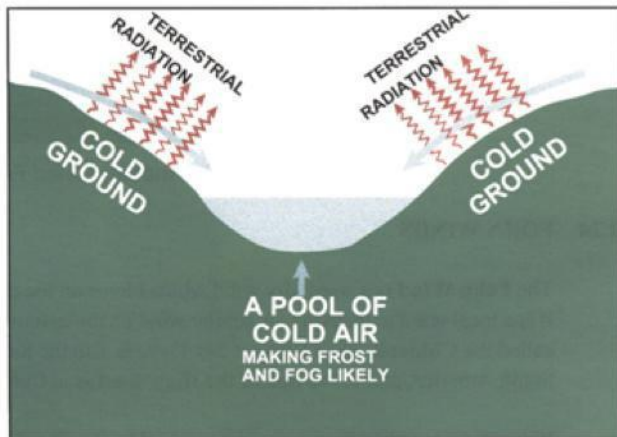
50. Ciśnienie i wiatr

Wiatry lokalne

Wiatry lokalne

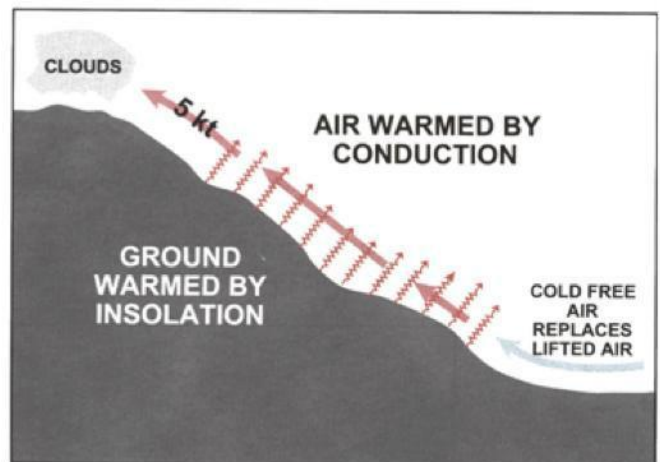
Podczas słonecznego dnia nagrzane, lżejsze powietrze unosi się ku górze, natomiast nocą chłodniejsze jako cięższe spływa ku dolinom. Powstające w ten sposób ruchy powietrza nazywamy **wiatrami zbocowymi** lub **spływowymi**. Takim wiatrem jest **bora** (chłodny i suchy wiatr wybrzeża dalmatyńskiego), **mistral** (gwałtowny, chłodny i suchy wiatr w Prowansji, wiejący w dół doliny Rodanu) oraz **wiatr lodowcowy**.

Innym lokalnym wiatrem górskim jest **fen**, którego występowanie jest związane z różnicą ciśnień po przeciwnych stronach górskiego łańcucha. Fen jest suchym, porywistym i ciepłym wiatrem opadającym z gór. W okresie zimowym przynosi odwilż i zanik pokrywy śnieżnej. Powietrze przekraczając zaporę górską wznosi się po stoku dowietrznym i ochładzając się wytwarza chmury i opady. Temperatura wznoszącego się powietrza spada średnio $0,6^{\circ}\text{C}$ na 100 m wysokości. Po przekroczeniu pasma górskiego powietrze jest suche i opadając ogrzewa się wskutek sprężenia o $0,8-1^{\circ}\text{C}$ na 100m. Fen nosi wiele lokalnych nazw: **halny** w Tatrach, **chinook** w Górach Skalistych, **fohn** w Alpach.



Wiatr anabatyczny

Wiatr katabatyczny



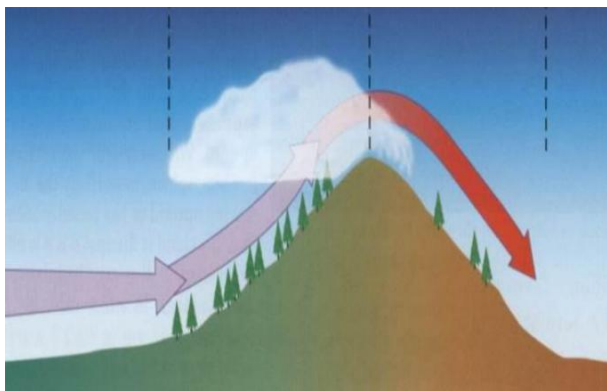


50. Ciśnienie i wiatr

Wiatry lokalne

Fen (z niem. Föhn) – ciepły i suchy wiatr wiejący z gór w doliny. W wyniku zmian fizycznych następuje ogrzewanie i osuszanie spadającego powietrza oraz gwałtowne ocieplenie w obszarze jego oddziaływania. W Tatrach ten wiatr nosi nazwę halny.

Wiatry tego typu mogą spowodować znaczne podniesienie temperatury nawet o 20°C w ciągu kilku minut, jak to się niekiedy zdarza w Ameryce Północnej. Związane są z nim niezwykle czyste i przejrzyste powietrze oraz chmury o soczewkowatym kształcie **Alto cumulus lenticularis**. Nagłe porywy wiatrów fenowych przynoszą szkody w gospodarstwach rolnych, a także w leśnictwie (zobacz: wiatrołomy). Ponadto z wiatrami tego typu związana jest niekorzystna sytuacja biometeorologiczna, w czasie ich wiania obserwuje się pogorszenie samopoczucia, wzrost podenerwowania i agresji, a także wzrost liczby samobójstw.



Powstanie i cechy fizyczne wiatrów fenowych wynikają z różnic jakie występują w trakcie zmian temperatury powietrza wilgotnego i suchego w wyniku zmiany ciśnienia (przemiana adiabatyczna).

Warunkiem powstania tego wiatru jest różnica ciśnienia atmosferycznego po obu stronach bariery górskiej. Różnica ta wymusza ruch powietrza. Powietrze napotykając góry unosi się, ochładzając się **wilgotnoadiabatycznie, tj. ok. 0,6° na 100 m** wysokości. W czasie unoszenia się powietrza następuje kondensacja – tworzą się chmury i deszcze. Suche już powietrze przekracza barierę szczytów górskich i opada po drugiej stronie ku dolinom. Opadając ogrzewa się, ale tym razem **suchoadiabatycznie, tj. ok. 1° na 100 m**. Stąd też wiatry fenowe są suche oraz znacznie cieplejsze niż powietrze na tej samej wysokości po przeciwnej stronie gór. Im wyższa jest bariera górska, tym ta różnica może być większa.

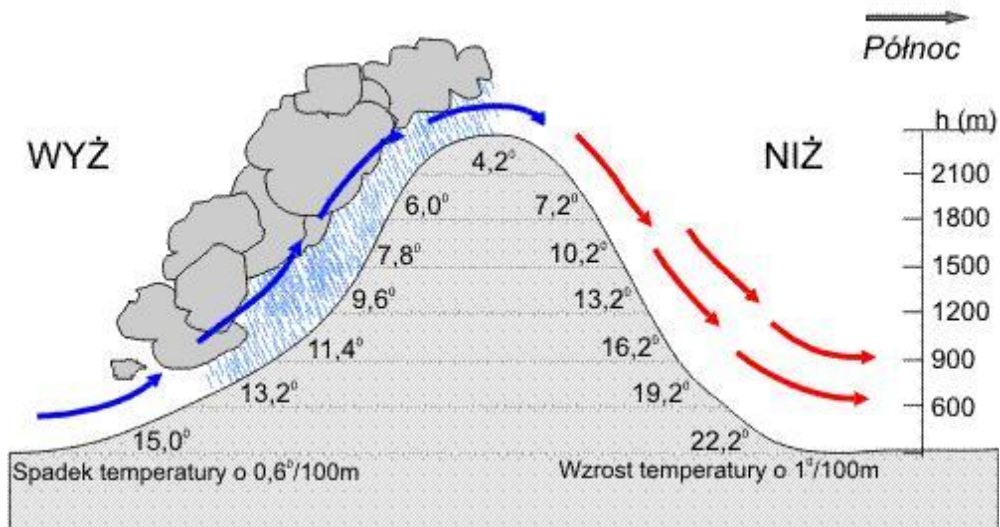
Różnica temperatur powstaje wyłącznie w wyniku skraplania się pary wodnej zawartej w powietrzu, jeżeli napływające powietrze jest suche lub góra jest zbyt niska by zaszło skraplanie, to nie zachodzi zjawisko ogrzania powietrza po zawietrznej stronie.

Zjawisko zachodzi tylko do pewnej wysokości góry, powyżej gdy temperatura rozprężonego powietrza jest niska i nie zawiera ono już prawie wcale pary wodnej, to wzrost wysokości góry nie wywołuje tego zjawiska.



50. Ciśnienie i wiatr Wiatry lokalne

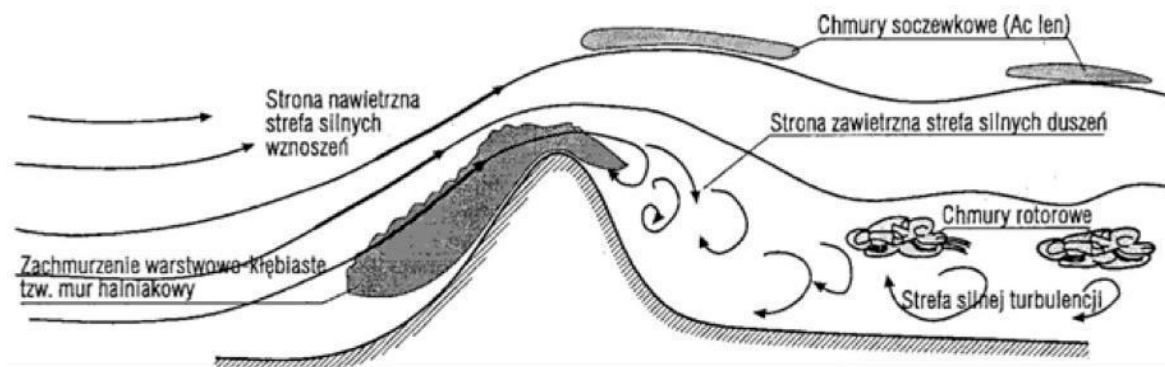
Wiatr Halny – wiatr typu fenowego, wiejący w południowej Polsce, w Karpatach i Sudetach. Najgwałtowniejsze wiatry tego typu wieją na Podhalu, gdzie opadają ze szczytów Tatr. Jest to ciepły, suchy i porywisty wiatr, wiejący ku dolinom. Niekiedy przynosi znaczne zniszczenia: zrywa dachy, niszczy lasy (tworząc wiatrołomy). Może mieć wpływ na samopoczucie (bezsenna, bóle głowy itp.). Wiatr halny dociera m.in. do Krakowa oraz miast aglomeracji górnośląskiej.



Schemat powstawania wiatru halnego.

Wiatr halny powstaje na skutek różnic ciśnienia pomiędzy jedną a drugą stroną grzbietu górskiego, kiedy po stronie południowej występuje układ wysokiego ciśnienia, a po stronie północnej układ niskiego ciśnienia.

Różnica ciśnień musi być na tyle duża, aby powietrze zalegające po stronie południowej mogło wznosić się i przekroczyć grzbiet górski, stanowiący barierę orograficzną. Poza tym, wysokość grzbietu górskiego lub wilgotność powietrza również musi być odpowiednio duża, aby mogło dojść do skroplenia pary wodnej. Wiatr halny najczęściej występuje w październiku i listopadzie, nieco rzadziej w lutym i marcu.

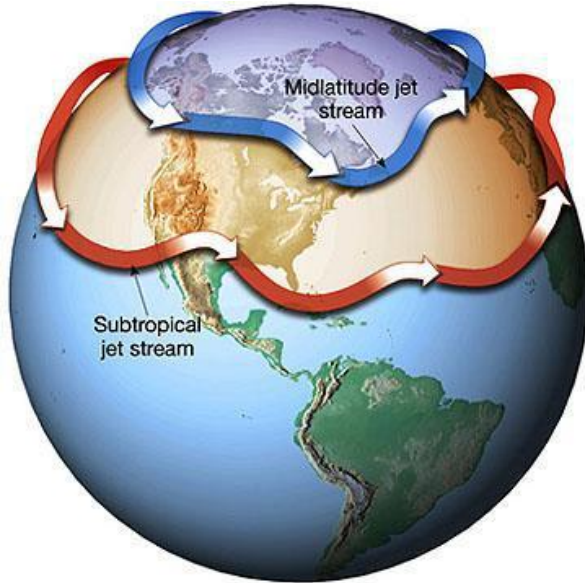




50. Ciśnienie i wiatr

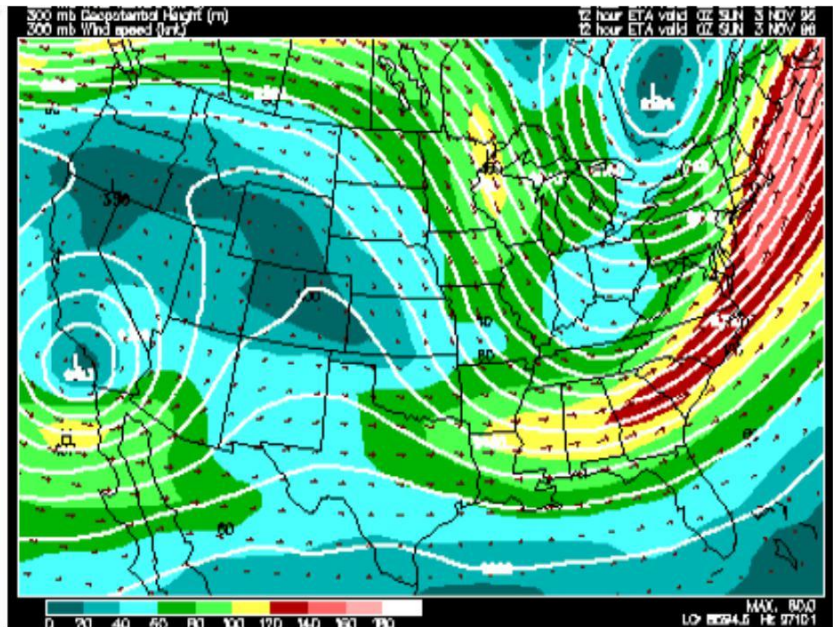
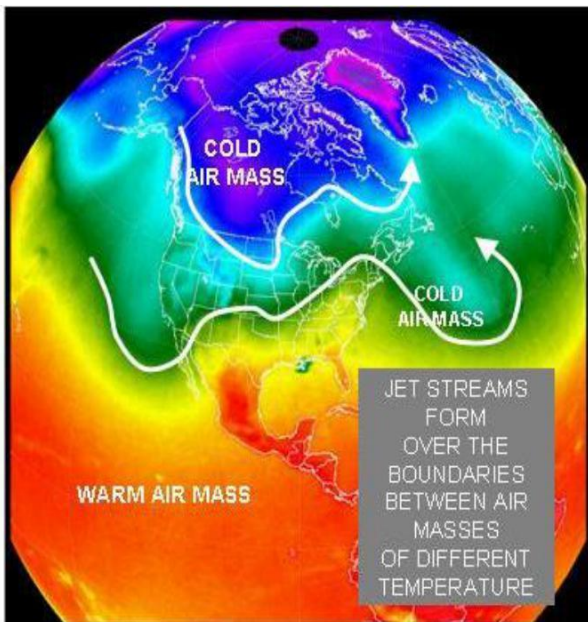
Wiatry globalne / Prądy strumieniowe (Jet-stream'y)

Prądy strumieniowe to silne i stosunkowo wąskie pasy powietrza, poruszającego się z prędkościami powyżej 110 km/h. Nierzadko jednak prędkości jet-streamów osiągają 200 a nawet 300 km/h. Jet-streamy występują na wysokościach od 10 do 14 km na pograniczu dwóch różnych mas powietrza. Ich siłą napędową jest różnica w horyzontalnym rozkładzie temperatur, jaka ma miejsce w strefie styku ciepłej i zimnej masy powietrza (polarnej i tropikalnej).



Cechą charakterystyczną prądów strumieniowych jest bardzo gwałtowny uskok prędkości wiatru zarówno w płaszczyźnie pionowej, jak i poziomej. W związku z tym jet-streamom towarzyszy bardzo silna turbulencja.

Prądy strumieniowe są zaznaczane na mapach pogodowych, jednak ich rozpoznanie w trakcie lotu najczęściej następuje dopiero, gdy samolot znajdzie się w ich strefie. Fakt trudnego rozpoznania i przewidywania tego zjawiska powoduje, że turbulencja związana z jet-streamami jest najgorszym z przypadków turbulencji w czystym powietrzu.





50. Ciśnienie i wiatr Turbulencja i porywy wiatru

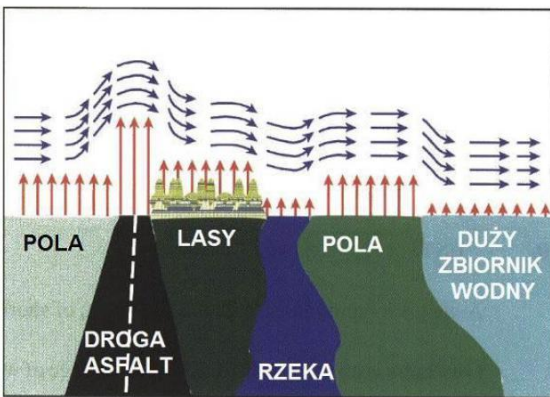
Turbulencja jest to specyficzny rodzaj ruchu powietrza

W atmosferze, przez analogię do hydrodynamiki, wyróżniamy dwa rodzaje ruchów:

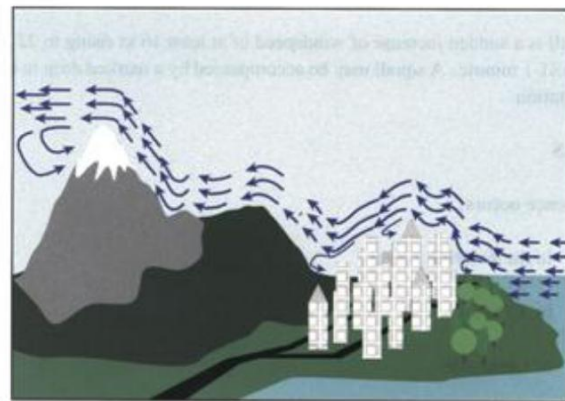
- o **ruch laminarny** - będący ruchem spokojnym, uporządkowanym, w którym linie prądu są regularne.
- o **ruch turbulencyjny** - w którym na ogólny przepływ nakłada się ruch chaotyczny, nieuporządkowany.

Wyróżniamy dwa podstawowe rodzaje turbulencji: termiczną (związaną z pionowymi ruchami powietrza powodowanymi nierównomiernym nagrzewaniem się od zróżnicowanych powierzchni) oraz mechaniczną inaczej dynamiczną (tworzącą się podczas przepływu wiatru omijającego przeszkody).

Turbulencja termiczna



Turbulencja mechaniczna

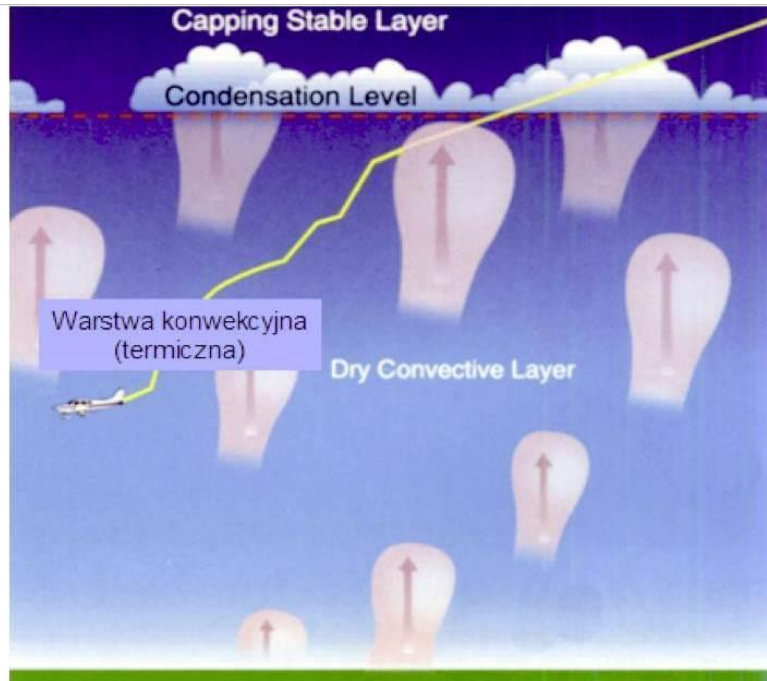


Poryw wiatru – nagła zmiana prędkości wiatru trwająca poniżej 1 minuty.



50. Ciśnienie i wiatr Turbulencja i porywy wiatru

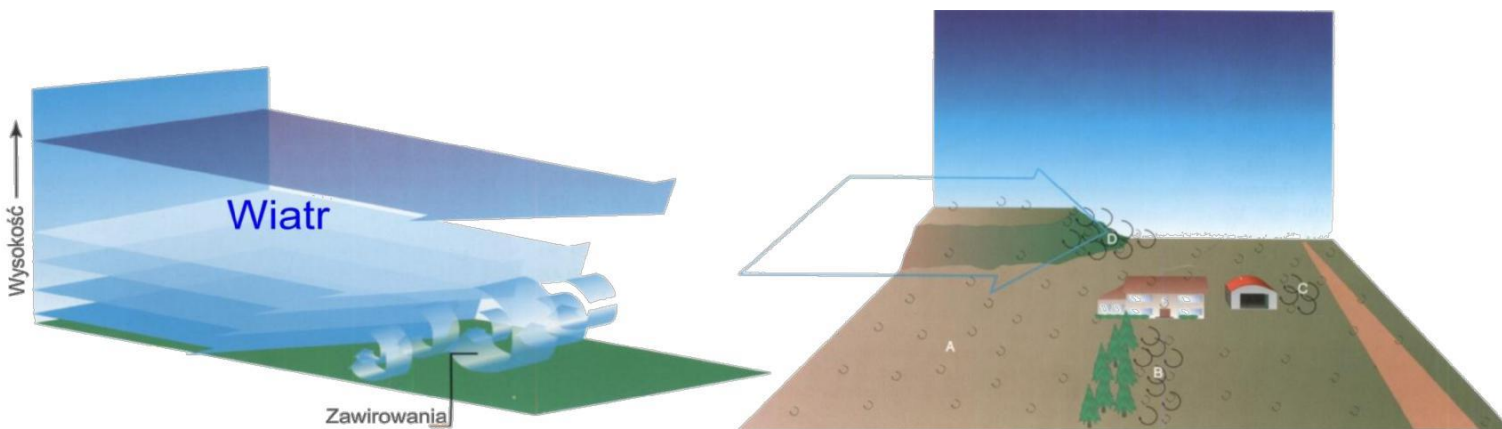
Turbulencja



termiczna

Mechaniczna turbulencja

- Gwałtowny wzrost prędkości wiatru blisko powierzchni ziemi wytwarza tzw. turbulencję mechaniczną.
- Zawirowania turbulencyjne wytwarzają dodatkowe pionowe ruchy powietrza, które się przemieszczają razem z wiatrem.



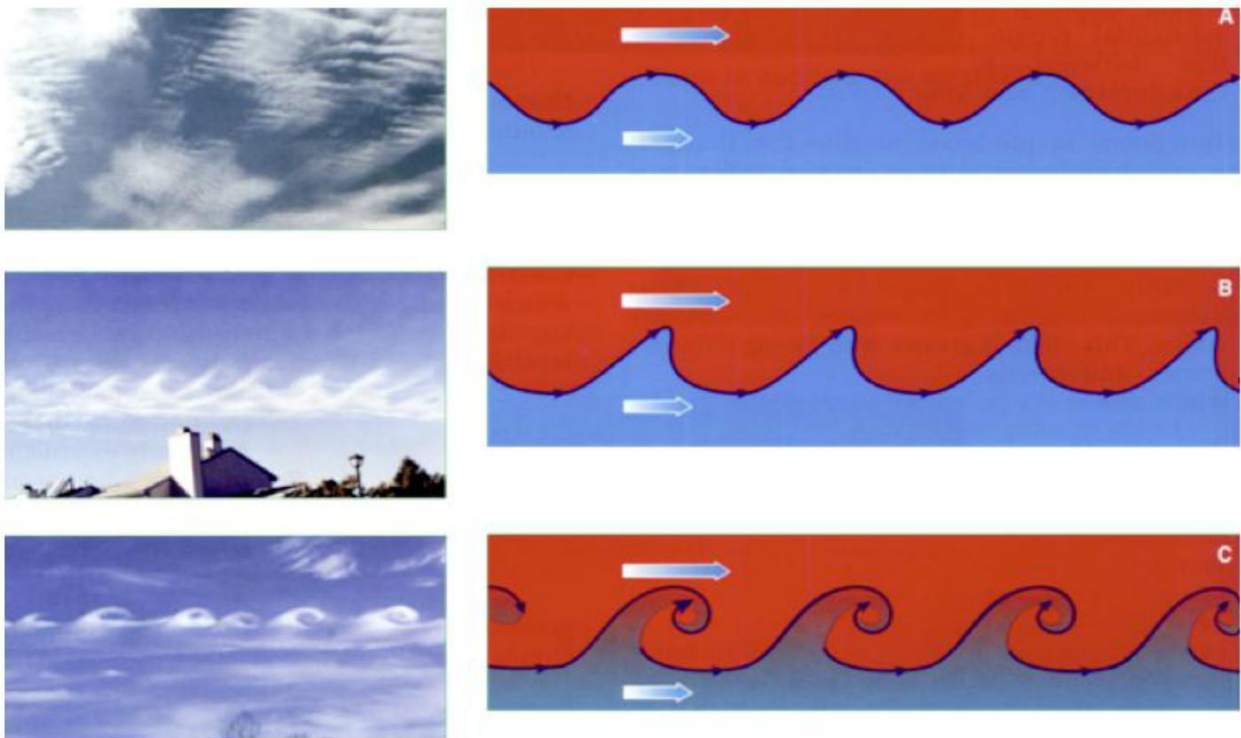


50. Ciśnienie i wiatr Turbulencja i porywy wiatru

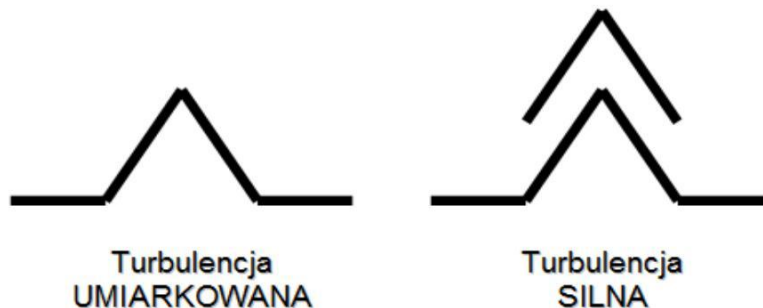
Turbulencja czystego nieba CAT

Turbulencja czystego nieba (ang. Clear-Air Turbulence, w skrócie CAT), czasami nazywana "dziurami w powietrzu", to nagłe zawirowania (ruchy wstępujące i zstępujące) powietrza w bezchmurnej atmosferze. Występuje blisko prądów strumieniowych i związana jest z różnicą prędkości wiatru na różnych wysokościach (tego typu zmianę prędkości wiatru w górnej atmosferze łatwo zaobserwować w chmurach cirrus uncinus).

Dziury powietrzne są nieprzyjemne i niebezpieczne dla pasażerów i załóg samolotów. CAT można wykryć i zmierzyć ich intensywność za pomocą pomiarów optycznych.



Ruchy turbulencyjne oddziałują na samolot podczas lotu wywołując rzucanie samolotu. Przy słabych rzucaniach jest to tylko zjawisko nieprzyjemne dla pasażerów i załogi. Natomiast przy silnych rzucaniach pilotaż jest bardzo utrudniony





50. Ciśnienie i wiatr Turbulencja i porywy wiatru

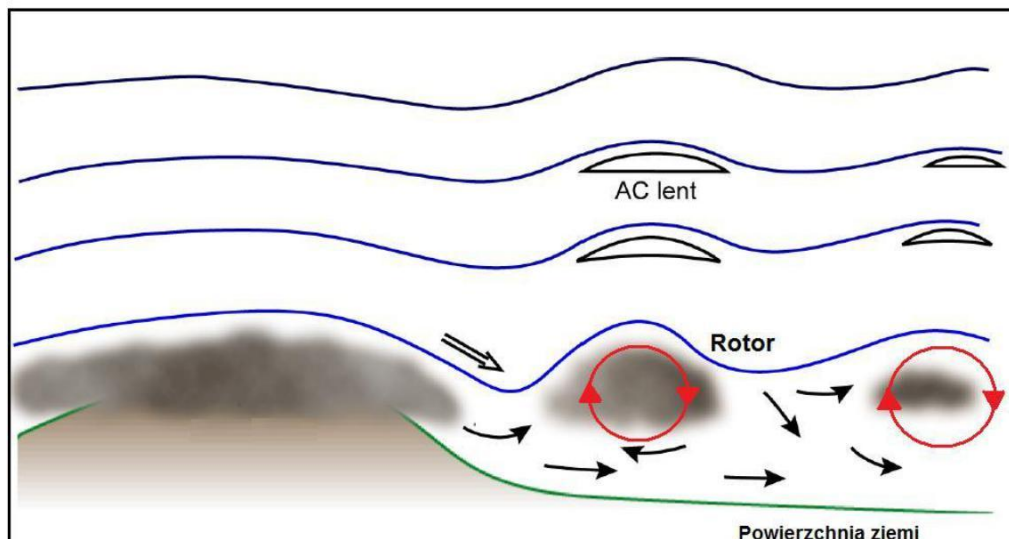
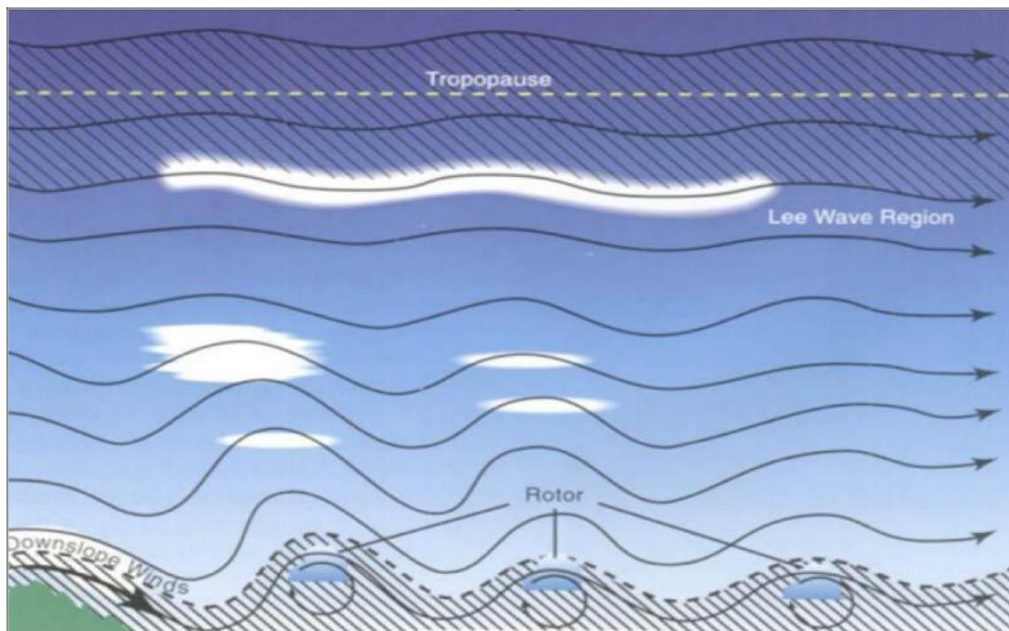
Turbulencja fali górskiej / Zafalowania atmosfery

Zafalowanie atmosfery częściej spotykane jest pod nazwą tzw. **fali górskiej**. Powstaje ona, gdy silny wiatr wieje prostopadle do łańcucha górskiego. Wówczas po stronie zawietrznej oraz ponad górami powstaje zafalowanie, którego zasięg pionowy rozciąga się od kilkuset metrów ponad szczyt, aż do tropopauzy, a czasem ponad nią.

Turbulencja towarzysząca zjawisku fali górskiej może mieć kilka źródeł.

Najsilniejsza turbulencja występuje w strefie tzw. rotorów, czyli wirującego powietrza znajdującego się pod grzbietem fali. Znacznikiem rotorów są tzw. chmury rotorowe (ang. roll clouds). Najsilniejsze rotory znajdują się pod grzbietem pierwotnego zafalowania (pierwszy grzbiet fali po zawietrznej stronie góry).

W wyższych partiach atmosfery rotory nie występują, lecz turbulencja wywołana jest faktem samego zafalowania, które powoduje zmienny rozkład prędkości i kierunku wiatru. Znacznikiem fali górskiej na większych wysokościach są chmury soczewkowate (altocumulus lenticularis). Tworzą się one nad grzbietami fal. Ich poszarpane krawędzie są oznaką silnej turbulencji związanej z występowaniem fali górskiej.



50. Ciśnienie i wiatr Bryza morska i lądowa

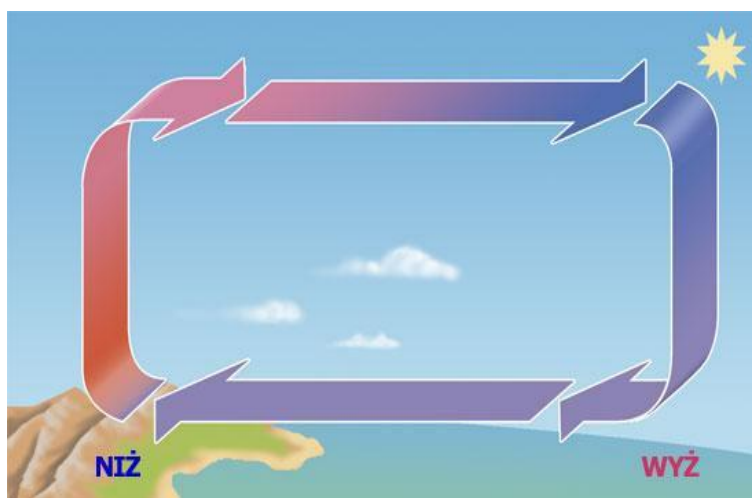
Bryzy to wiatry lokalne, wiejące okresowo, występujące na wybrzeżach, w wąskiej strefie granicznej lądu i morza (od kilku do kilkunastu kilometrów). Zmieniają swój kierunek w rytmie dobowym wskutek różnicy tempa nagrzewania i stygnięcia wody i lądu. W ciągu dnia bryza wieje znad morza (bryza morska), a w nocy z lądu (bryza lądowa). Niektórzy meteorologowie bryzą nazywają każdy nadmorski wiatr o sile 3-5 stopni Beauforta (od 1,6 do 10,7 m/s)

Jak powstają?

Bezpośrednią przyczyną powstania bryzy są różnice w nagrzewaniu się lądu i sąsiadującej z nim wody w ciągu dnia i nocy.

BRYZA DZIENNA (BRYZA MORSKA):

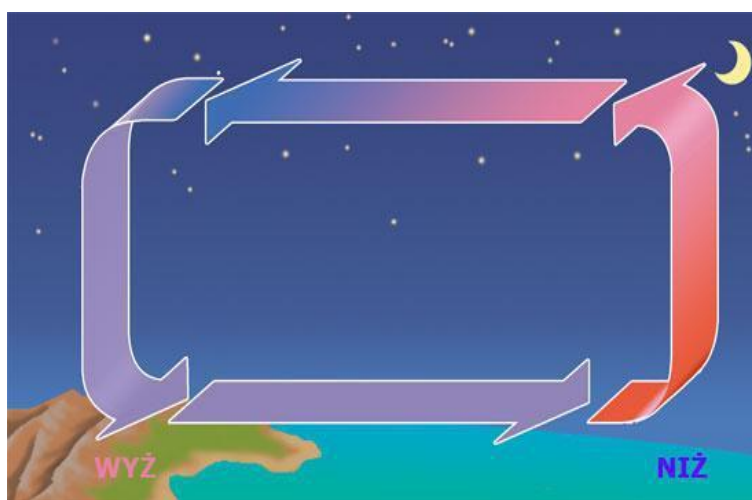
- Ląd szybko się nagrzewa, oddając ciepło powietrzu. Staje się ono lżejsze, unosi się, tworząc obszar niskiego ciśnienia.
- Nad chłodniejszą wodą powietrze jest cięższe. Tu tworzy się obszar wysokiego ciśnienia.
- Zatem cięższe powietrze znad wody zastępuje lżejsze powietrze znad lądu – powstaje tzw. **bryza dzienna (bryza morska)**, która wieje znad morza
- na ląd.



W nocy sytuacja jest odwrotna:

BRYZA NOCNA (BRYZA LĄDOWA)

- Ląd szybko traci ciepło. Powietrze ochładza się i staje się ciężkie. Powstaje obszar wysokiego ciśnienia.
- Woda wolniej oddaje ciepło. Powietrze nad nią ogrzewa się, robi się lżejsze i wznosi się. Powstaje obszar niskiego ciśnienia.
- Kiedy ciężkie powietrze znad lądu zastępuje lżejsze powietrze znad wody, powstaje **bryza nocna (bryza lądowa)**. Wiatr ten wieje od lądu nad wodę.





51. Powstawanie chmur

Ochładzanie wskutek adwekcji, radiacji, adyabatyczne rozprężanie

- W atmosferze zawsze znajduje się para wodna, która w pewnych warunkach może przejść ze stanu gazowego w stan ciekły. Proces taki nazywamy kondensacją pary wodnej. Kondensacja pary wodnej może nastąpić w wyniku dwóch procesów:
 - wzrostu ciśnienia pary wodnej do odpowiedniej wartości
 - obniżenia temperatury powietrza
- **Wzrost ciśnienia pary wodnej** może nastąpić przez dopływ nowych porcji pary wodnej, ale w atmosferze swobodnej osiągnięcie stanu nasycenia tą drogą zachodzi bardzo rzadko i proces ten nie odgrywa właściwie żadnej roli przy powstawaniu chmur.
- **Zasadnicze znaczenie dla osiągnięcia stanu nasycenia i kondensacji pary wodnej w atmosferze ma ochładzanie powietrza.**
- **Najważniejsze przyczyny wywołujące ochładzanie powietrza:**
 - **adyabatyczne rozprężanie** podczas wznoszenia ku górze,
 - **napływ ciepłego powietrza nad chłodne podłoże** (powoduje powstawanie mgły adwekcyjnej),
 - **wypromieniowanie ciepła** (powoduje powstawanie mgły radiacyjnej, rosy i szronu. Ma też pewien udział w powstawaniu niskich chmur warstwowych),
 - **mieszanie się dwóch mas powietrza o różnych temperaturach** (jest mniej uchwytne w metodzie synoptycznej - Na ogół nie przywiązuje się do niej większego znaczenia).
- Zasadniczym procesem prowadzącym do powstawania chmur będzie osiągnięcie stanu nasycenia parą wodną w wyniku ochłodzenia powietrza w ruchach skierowanych ku górze.
- Formy tych ruchów i ich przyczyny są różne. Wymienimy najbardziej typowe i zasadnicze:
 - spokojny wślizg
 - konwekcja
 - ruchy turbulencyjne
 - ruchy falowe



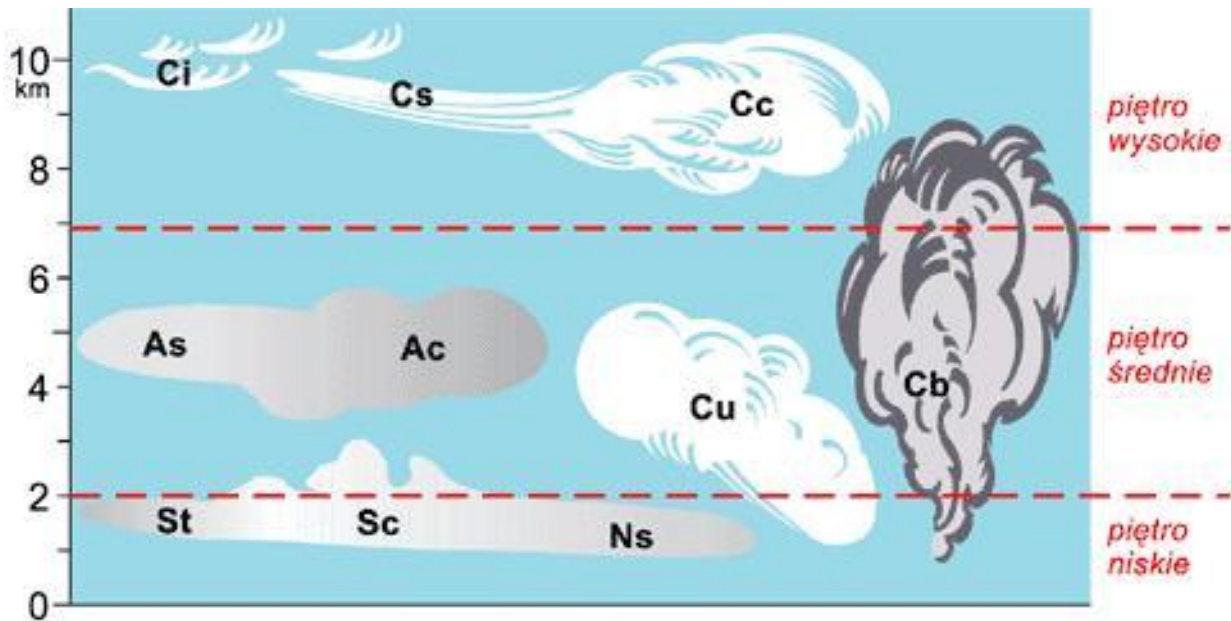
51. Powstawanie chmur Rodzaje chmur i warunki lotu

Chmury – obserwowane w atmosferze, skupiska kondensatów pary wodnej [1]. Ochładzanie zmniejsza zdolność powietrza do zatrzymywania pary wodnej. Ochładzanie do temperatury punktu rosy powoduje nasycenie pary wodnej (saturację), dalsze ochładzanie wywołuje przesylenie i kondensację. Kondensacja i parowanie (w przypadku chmur wodnych) oraz depozycja i sublimacja (w przypadku chmur lodowych) zachodzą w atmosferze na chmurowych lub lodowych jądrach (zarodkach) nukleacji.

Rodzaje chmur

Według międzynarodowej klasyfikacji chmur, chmury dzielą się na 10 rodzajów. Wymienimy je poczynając od najwyższej położonych:

Cirrus	- Ci -	pierzaste
Cirrocumulus	- Cc -	kłębiasto-pierzaste
Cirrostratus	- Cs -	warstwowo-pierzaste
Alto cumulus	- Ac -	średnio-kłębiaste
Altostratus	- As -	średnio-warstwowe
Nimbostratus	- Ns -	warstwowe-deszczowe
Stratocumulus	- Sc -	kłębiasto-warstwowe
Stratus	- St -	niskie-warstwowe
Cumulus	- Cu -	kłębiaste
Cumulonimbus	- Cb -	kłębiaste-deszczowe



W komunikatach meteorologicznych dla lotnictwa używane są wyłącznie **łacińskie nazwy chmur**.



51. Powstawanie chmur Rodzaje chmur i warunki lotu

Chmury można podzielić na różne sposoby:

- ze względu na wysokość występowania na:
 - chmury wysokie,
 - chmury średnie,
 - chmury niskie,
- ze względu na kształt na:
 - chmury pierzaste,
 - chmury warstwowe,
 - chmury kłębiaste.
- ze względu na budowę wewnętrzną:
 - chmury o rozciągłości poziomej,
 - chmury rozbudowane w pionie (np. cumulus, cumulonimbus).
- ze względu na sposób powstania:
 - chmury falowe (np. stratus)
 - chmury konwekcyjne (np. cumulus)
 - chmury frontowe (np. altostratus)



Cumulus Humilis



51. Powstawanie chmur Rodzaje chmur i warunki lotu

Podział chmur wg. poziomów występowania (pięter)

Wysokie



Cirrus — chmury pierzaste



Cirrostratus — chmura pierzasto-warstwowa



Cirrocumulus — chmury pierzasto-kłębiaste, tzw. „baranki”, jeden z rodzajów chmur lodowych

Średnie



Altostratus — chmura średnia warstwowa, o mieszanym składzie



Altocumulus — chmury średnie kłębiaste



Altolenticularis — chmura średnia kłębiasta soczewkowata (lub o kształcie wrzecionowatym), składająca się z przechłodzonej wody

Niskie



Stratocumulus — chmura kłębiasto-warstwowa — chmura piętra niskiego, zbudowana z kropelek wody



Stratus, łac. 'rozciągnięty' — chmura warstwowa, w przypadku dużej grubości dająca gęstą, szarą okrywę, może obniżyć się do podłoża atmosfery jako mgła



51. Powstawanie chmur

Rodzaje chmur i warunki lotu

Niskie z pewnymi cechami budowy pionowej



Nimbostratus — chmura deszczowa bądź śniegowa — dość ciemna, gęsta chmura o składzie mieszanym, o rozciągłości nieraz dziesiątków kilometrów



Cumulus - chmura kłębiasta - chmura piętra niskiego z płaską podstawą, wypiętrzająca się w górę w wyniku ruchów konwekcyjnych

- ☐ Cumulus fractus — chmura kłębiasta powstała w wyniku rozpadu innego cumulusa
- ☐ Cumulus humilis — chmura kłębiasta pięknej pogody, gatunek o stosunkowo płaskiej górnej powierzchni, większej szerokości niż wysokości
- ☐ Cumulus mediocris — chmura kłębiasta średniej wielkości z szarą podstawą, może powodować przelotne opady o niskiej intensywności

Niskie o wyraźnych cechach budowy pionowej



Cumulus - chmura kłębiasta





Cumulus congestus — chmura kłębiasta wyraźnie wypiętrzona z szarą podstawą, może powodować przelotne opady o zwiększonej intensywności












Cumulonimbus — chmura kłębiasto-deszczowa, która może przekształcić się w gatunek chmury burzowej, a wtedy posiada w górnej części kowadło (łac. incus), zbudowane z kryształków lodu



51. Powstawanie chmur
Rodzaje chmur i warunki lotu



Nazwa międzynarodowa	Skrót nazwy	Polska nazwa rodzaju chmury	Piętro występowania w troposferze	Oznaczenie graficzne	Przykład	Główny budulec chmury	Opady oraz zjawiska towarzyszące chmurze
Alto cumulus	Ac	średnia kłębiasta	średnie	☁		krople wody	
Alto stratus	As	średnia warstwowa	średnie	∟		krople wody i kryształki lodu	przy większej grubości chmur — opad drobnego deszczu lub śniegu
Cirrus	Ci	pierzasta	wysokie	↗		kryształki lodu	
Cirrocumulus	Cc	pierzasto-kłębiasta, pierzasta kłębiasta	wysokie	☁		kryształki lodu	

51. Powstawanie chmur
Rodzaje chmur i warunki lotu

Nazwa międzynarodowa	Skrót nazwy	Polska nazwa rodzaju chmury	Piętro występowania w troposferze	Oznaczenie graficzne	Przykład	Główny budulec chmury	Opady oraz zjawiska towarzyszące chmurze
Cirrostratus	Cs	pierzasto-warstwowa , pierzasta warstwowa	wysokie			kryształki lodu	
Cumulus	Cu	klębiasta	niskie	 lub 		krople wody	te najwyższe rozbudowane pionowo dają małe lub umiarkowane opady deszczu
Cumulonimbus	Cb	klębiasto-deszczowa , klębiasta deszczowa	niskie, średnie, wysokie ^[3]			krople wody (w dolnej części chmury) i kryształki lodu (w górnej części chmury)	zwykle intensywne, czasami gwałtowne opady deszczu , śniegu , gradu ; u gatunku capillatus opadom towarzyszą wyładowania elektryczne (burze)
Nimbostratus	Ns	warstwowo-deszczowa , warstwowa deszczowa	niskie			krople wody i kryształki lodu	ciągły opad deszczu lub śniegu



51. Powstawanie chmur
Rodzaje chmur i warunki lotu

Nazwa międzynarodowa	Skrót nazwy	Polska nazwa rodzaju chmury	Piętro występowania w troposferze	Oznaczenie graficzne	Przykład	Główny budulec chmury	Opady oraz zjawiska towarzyszące chmurze
Stratus	St	warstwowa	niskie	—		drobne kropki wody	często mżawka lub śnieg ziarnisty
Stratocumulus	Sc	kłębiasto-warstwowa, kłębiasta warstwowa	niskie	⌒		drobne kropki wody	niekiedy niewielkie opady deszczu lub virga



Cirrus uncinus



Cirrus radiatus





Cirrus vertebratus



Cirrostratus





Cirrocumulus (str)



Cirrocumulus (flo)



Altostratus





Alto cumulus (str)





Alto cumulus (len)



Alto cumulus (cas)





Alto cumulus (cas)



Stratus (neb)



Stratocumulus (str)



Stratocumulus (len)



Stratocumulus (cas)



Cumulus (fra)



Cumulus (hum)





Cumulus (med)



Cumulus (con)



Cumulonimbus (CB)





Nimbostratus



Formy opadów występujące z różnych chmur
1 – słabe, 2 – umiarkowane, 3 – silne

hydrometeory	Rodzaje chmur					
	As	Ns	Sc	St	Cu	Cb
deszcz	1	2	1		1	3
mżawka			1	2		
śnieg	1	3				3
grad						3
krupy śnieżne			2		2	3
śnieg ziarnisty				2		
ziarna lodowe	1	2				3
słupki lodowe				1		

Zjawiska szczególne:

- **virga** (vir) – opad nie dochodzący do powierzchni ziemi
- **mamma** (mam) – wypukłości dolnej granicy chmur
- **pileus** (pil) – cienka płaska chmura nad rozwijającym się Cu, świadczy o istnieniu inwersji
- **arcus** (arc) – łuk burzowy, kołnierz z chmur Cu przed intensywną chmurą Cb
- **tuba** (tub) – lej wychodzący spod chmury Cb, początek trąby powietrznej

52. Mgła, zamglenie, zmętnienie

Mgła radiacyjna, adwekcyjna, frontowa, marznąca

- **Mgła** to zbiorowisko, zawiesina produktów kondensacji pary wodnej w przyziemnej warstwie atmosfery, których koncentracja ogranicza widzialność w kierunku poziomym poniżej 1 km.
- **Zamglenie** to zjawisko ograniczone widzialności przez produkty kondensacji pary wodnej w przedziale od 10 do 1 km Zamglenie może występować tuż przy powierzchni ziemi lub na pewnej wysokości.
- **Zmętnienie** to zjawisko ograniczonej widzialności w warstwie przyziemnej spowodowane unoszące się w powietrzu pod warstwą inwersji niezwykle małe, suche zawiesiny niewidoczne gołym okiem. Zawiesiny te to cząsteczki pyłu, piasku, dymu lub spalin przedostające się do atmosfery pod wpływem silnej turbulencji, która unosi je z powierzchni ziemi. Suche zmętnienie może ograniczyć widzialność do 6-4 km i mniej i sięgać nawet do 10-12 km wysokości.

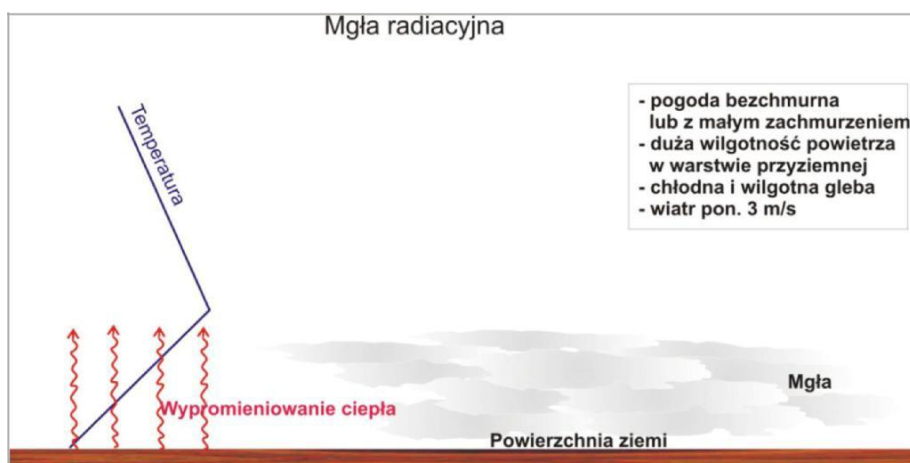


52. Mgła, zamglenie, zmętnienie

Mgła radiacyjna, adwekcyjna, frontowa, marznąca

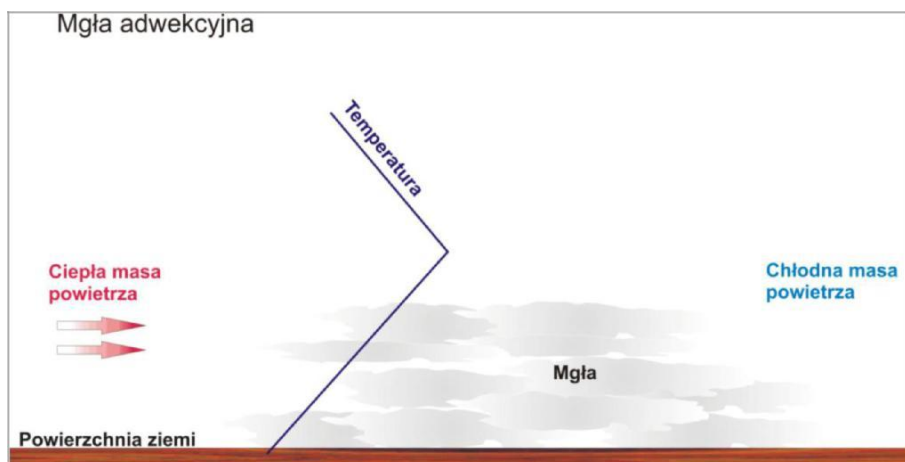
Mgła radiacyjna – z wypromieniowania ciepła. Związana ze zjawiskiem inwersji. Na skutek wypromieniowania ciepła wilgotne powietrze ochładza się poniżej temperatury punktu rosy i następuje kondensacja. Powstaje wieczorem, w nocy lub nad ranem.

- Sprzyjające warunki:
 - Niewielkie zachmurzenie
 - Słaby wiatr (do 3-4 m/s) – w warunkach bezwietrznych zamiast mgły powstaje rosa
 - Obszary wysokiego ciśnienia
 - Otwarte przestrzenie; polany, niziny, bagna a także lotniska
- Znika po ogrzaniu powietrza pod wpływem promieniowania słonecznego
- Średni pionowy zasięg wynosi do 150 m, zazwyczaj nie przekraczają jednak kilkudziesięciu m. Często mają charakter przyziemny (do 2 m) lub wyst. w płatach. Widzialność wzrasta ze wzr. wysokości.



Mgła adwekcyjna – nad zimne podłoże napływa ciepłe i wilgotne powietrze, które schładza się do punktu rosy. Najgroźniejsze dla lotnictwa. Występują na dużych obszarach (brak lotnisk zapasowych).

- Są długotrwałe, nawet 10 dni.
- Powstają w różnych porach doby, przy prędkości wiatru nawet rzędu 8-12 m/s.
- Ich pionowy zasięg jest znaczny, dochodzi do kilkudziesięciu metrów, widzialność maleje wraz ze wzrostem wysokości.



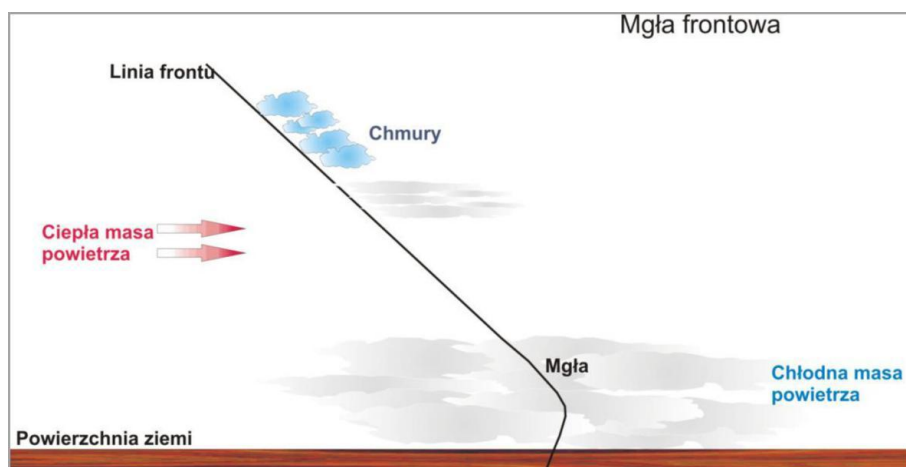
52. Mgła, zamglenie, zmętnienie

Mgła radiacyjna, adwekcyjna, frontowa, marznąca

Mgła frontowa ...

Mechanizm powstawania mgły frontowej jest podobny do mgły adwekcyjnej, z zasadniczą różnicą związaną jest z frontem atmosferycznym, a więc dwoma masami powietrza. Mgły frontowe pojawiają się mogą przed linią frontu (przedfrontowe), na linii frontu (frontowe) oraz za linią frontu (zafrontowe). Zdecydowana większość mgieł frontowych powstaje przy powolnym przemieszczaniu się frontu.

Mgła przedfrontowa powstaje najczęściej w warunkach przemieszczania się frontu ciepłego lub frontu okluzji ciepłej. Najbardziej intensywnie zjawisko to występuje w północnym półkuli, szczególnie w miesiącach grudzień – marzec. Wolno przemieszczające się cieplejsze powietrze naciera na zalegające nad wychłodzoną powierzchnią powietrze chłodne. Następuje ochłodzenie powietrza do temperatury punktu rosy i pojawia się mgła.



Mgła frontowa powstaje na linii frontu atmosferycznego. Zjawisko tego typu powstaje głównie na frontach ciepłych. Najczęściej mgły frontowe stanowią podstawy chmur niskich sięgające powierzchni ziemi. Mgły te zanikają wraz z przemieszczaniem się linii frontu, choć w niektórych przypadkach mogą występować także za linią frontu (mgła zafrontowa).

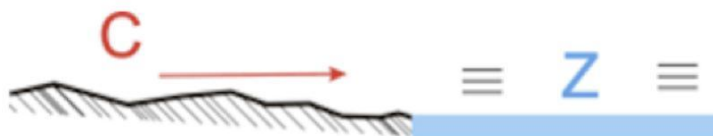
Mgła zafrontowa pojawia się za linią frontu i dotyczy głównie frontu ciepłego lub okluzji ciepłej. Powstaje wówczas, kiedy ciepłe powietrze płynące za frontem przemieszcza się nad chłodną powierzchnią ziemi (termika naniesiona) i obniża swoją temperaturę a do osiągnięcia temperatury punktu rosy. W niektórych źródłach za mgłę zafrontową przyjmuje się mgłę z parowania opadu atmosferycznego przy roz pogodzeniach (i spadku temperatury powietrza) występujących za linią frontu jednak taki rodzaj mgły powinien być raczej zaliczany do mgły radiacyjnej.

52. Mgła, zamglenie, zmętnienie

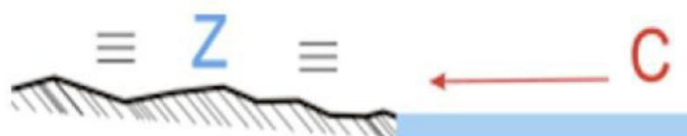
Mgła radiacyjna, adwekcyjna, frontowa, marznąca

Mgła powstająca na pograniczu lądów i mórz przy sprzyjających wiatrach.

- Wczesną wiosną ląd jest już nagrany, podczas, gdy woda jeszcze chłodna i wówczas przy ruchu powietrza z lądu nad morze mogą powstawać mgły na morzu. Przy niewielkiej zmianie kierunku wiatru mgła ta może być narzucona na ląd.



- Późną jesienią przy wiatrach z morza na ląd. Wówczas ciepłe i wilgotne powietrze przy spływie na chłodny ląd może być przyczyną powstawania mgły na lądzie. Mgła ta unoszona przez wiatr może sięgać kilkadziesiąt kilometrów w głąb lądu.



- Wyróżniamy mgły przedfrontowe, w strefie frontów oraz zafrontowe.
- Mgła przedfrontowa występuje najczęściej zimą przed wolno poruszającym się frontem ciepłym lub frontem okluzji ciepłej. Zalega w wąskiej strefie przedfrontowej, poruszając się wraz z linią frontu. Mgły tego typu mogą się ciągnąć pasem przed wolno poruszającym się frontem ciepłym nawet do 350 km. Powstają na skutek intensywnego parowania kropelki opadów deszczu lub mżawki, które nasycają strefę chłodną przed frontem.
- Mgła w strefie frontów jest efektem obniżania się podstaw chmur niskich aż do powierzchni ziemi. Przyczyną obniżania się podstaw chmur w strefie frontowej jest wzbogacenie powietrza parą wodną przez parujące kropelki deszczu, mżawki lub parującą moką powierzchnię gruntu.
- Mgła za frontem ciepłym powstaje na skutek gwałtownej adwekcji ciepłego i wilgotnego powietrza nad chłodniejsze podłoże, które nie zdążyło się jeszcze ogrzać. Mgły tego typu mogą utrzymywać się nawet przy znacznych prędkościach wiatru.
- Mgła za frontem chłodnym to rzadkie zjawisko występujące w porze zimowej, gdy w obszar chłodnego powietrza wpada cieplejszy deszcz. Parowanie kropel oraz parowanie wilgotnego, zmoczonego opadami gruntu prowadzi do powstania mgły
- Mgła marznąca powstaje, kiedy kropelki mgły są przechłodzone i zamarzają na chłodnej powierzchni ziemi lub przedmiotów.

52. Mgła, zamglenie, zmętnienie

Mgła radiacyjna, adwekcyjna, frontowa, marznąca

Ograniczenie widzialności wskutek zamglenia, śniegu, dymu, krzywju i pyłu:

- Oprócz drobnych kropelek wody zawieszonych w powietrzu, widzialność mogą ograniczać również cząstki stałe i opady.
- Dym składa się z cząstek stałych powstałych w procesie spalania. Największe pogorszenie widzialności ze względu na występowanie dymu jest podczas równowagi stałej. Dym zwiększa intensywność mgły radiacyjnej ze względu na swoje higroskopijne właściwości.
- Pył to cząstki stałe o średnicy poniżej 0,08 mm. Ze względu na niewielką masę może unosić się nawet na znacznych wysokościach w zależności od prędkości wiatru. Burze pyłowe powstają zazwyczaj w ciągu dnia i mogą sięgać nawet do 3 km wysokości.
- Piasek to cząstka stała od 0,08 do 0,3 mm średnicy. Ze względu na swoją masę i rozmiary unosi się na wysokość nie przekraczającą kilku metrów pod warunkiem występowania wiatru o prędkości powyżej 10 m/s.
- Pyły i burze piaskowe mogą ograniczać widzialność do poniżej 1000 m.
- Występowanie opadów w znacznym stopniu ogranicza widzialność:
 - Mżawka: 500 m do 3000 m.
 - Deszcz: umiarkowany – 3 do 10 km, silny – poniżej 1000 m.
 - Śnieg: umiarkowany – poniżej 1000 m, silny – 50 do 200 m, zamiecie (do 2 m nad poziom gruntu), zawieje (powyżej 2 m) – poniżej 50 m.

52. Mgła, zamglenie, zmętnienie

Ocena prawdopodobieństwa wystąpienia ograniczonej widzialności

- Możliwość wystąpienia zjawisk powodujących spadki widzialności – występowanie zamglenia i zmętnienia, lot „pod i ze słońcem”.
- Rodzaj napływających mas powietrza:
 - chłodne i chwiejne masy powietrza zwiastują lepszą widzialność,
 - ciepłe i chwiejne masy: wilgotne słaba widzialność, suche dobra,
 - w masach stałych widzialność rośnie wraz z wysokością,
 - w masach chwiejnych widzialność spada z wysokością,
 - stare masy powietrza ze względu na znaczne zapylenie charakteryzują się słabą widzialnością,
- Dobowy przebieg widzialności.
- Obecność warstw inwersyjnych w powietrzu i niskich chmur warstwowych.
- Wpływ warunków lokalnych na widzialność. Obniżenia terenu, łąki, bagna i zarośla
- Niebezpieczeństwa w locie z powodu ograniczonej widzialności poziomej i pionowej. Wyróżniamy widzialność:
 - poziomą
 - pionową
 - skośną

52. Mgła, zamglenie, zmętnienie

Ocena prawdopodobieństwa wystąpienia ograniczonej widzialności

Rodzaje i pomiary widzialności:

Widzialność pozioma to odległości przy której obserwowany ciemny obiekt w pobliżu horyzontu jest jeszcze widoczny i rozpoznawalny na tle nieba. Wymiary obserwowanego obiektu powinny przekraczać 0.3° szerokości kątowej.

Widzialność w dzień jest definiowana również jako **graniczna odległość, przy której następuje spadek pierwotnego kontrastu pomiędzy przedmiotem a tłem (horyzontem) do wartości**

progowej czułości kontrastowej wzroku.

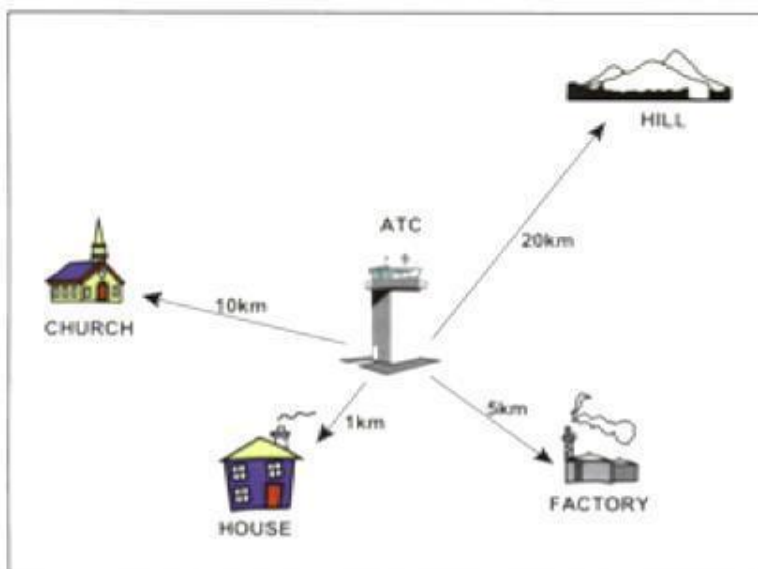
Widzialność (w nocy) jest to największa odległość, z jakiej czarny obiekt odpowiednich rozmiarów może być spostrzeżony i rozpoznany, jeśli całkowite oświetlenie jest zwiększone do normalnego poziomu światła dziennego, oraz ...

jest to największa odległość, z jakiej mogą być spostrzeżone i zidentyfikowane światła o średniej intensywności.

Ograniczenie widzialności poniżej 1 km nosi nazwę mgły zaś jeśli widzialność mieści się w przedziale od 1 do 10 km mówimy o zamgleniu.

W meteorologii lotniczej definiuje się również pojęcie widzialność pionowej oraz skośnej

RVR – Widzialność wzdłuż drogi startowej podawana gdy widzialność jest poniżej 1500 m, zazwyczaj mierzona za pomocą specjalnych urządzeń optoelektronicznych.

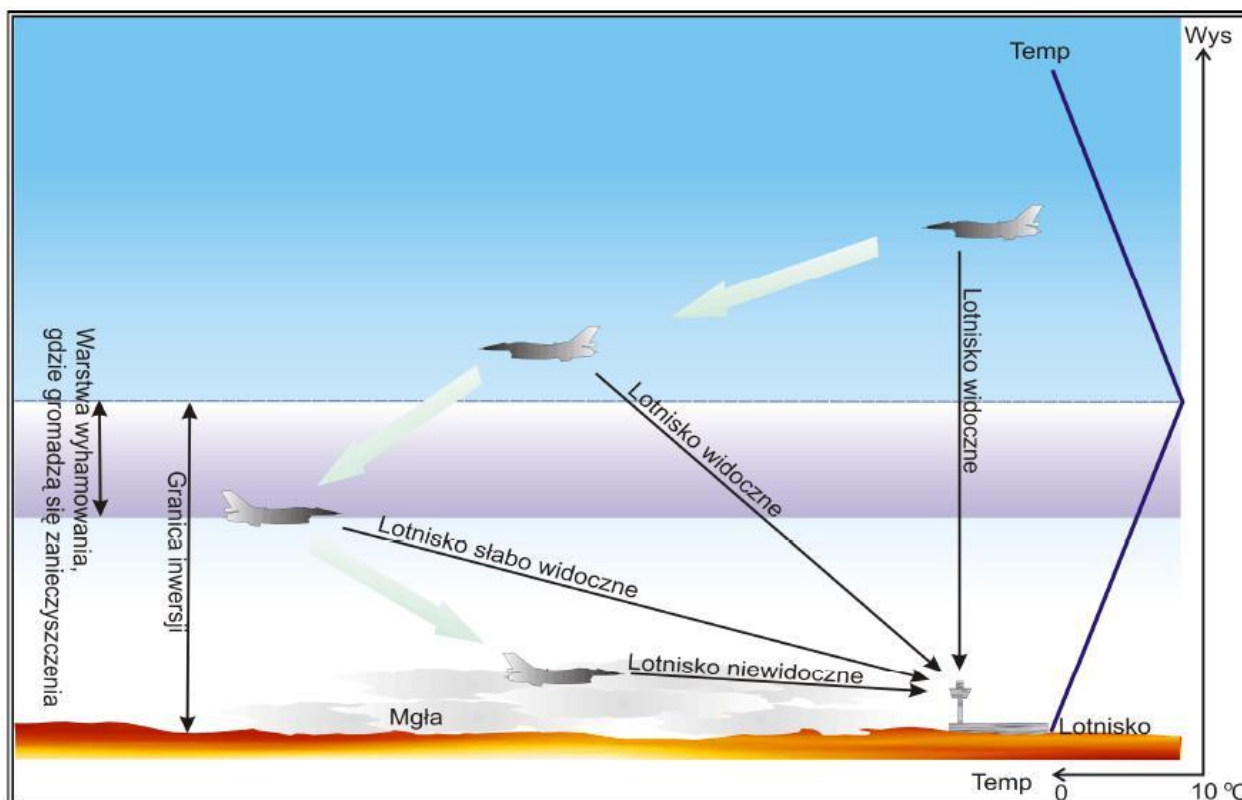


52. Mgła, zamglenie, zmętnienie

Niebezpieczeństwa w locie z powodu ograniczonej widzialności poziomej i pionowej

Inwersja termiczna największy wpływ ma na **widzialność**. Zaleganie warstwy inwersyjnej sprzyja powstawaniu mgły, co wyraźnie ogranicza widzialność, ale takie gromadzenie wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń. W takich warunkach można wyróżnić dwa rodzaje lotu:

1. **lot ponad warstwą inwersyjną** widzialność pozioma dobra, widzialność skośna słaba ograniczona przez inwersję, widzialność pionowa dobra w górę, słaba w kierunku warstwy inwersyjnej;
2. **lot w warstwie inwersji** widzialność pozioma słaba, skośna umiarkowana, pionowa dobra, jeżeli warstwa inwersyjna przylega do powierzchni ziemi przy zniżaniu (przy niskim zalegającej mgle) widzialność spada do zakresu widzialności przy mgle.





53. Masy powietrza

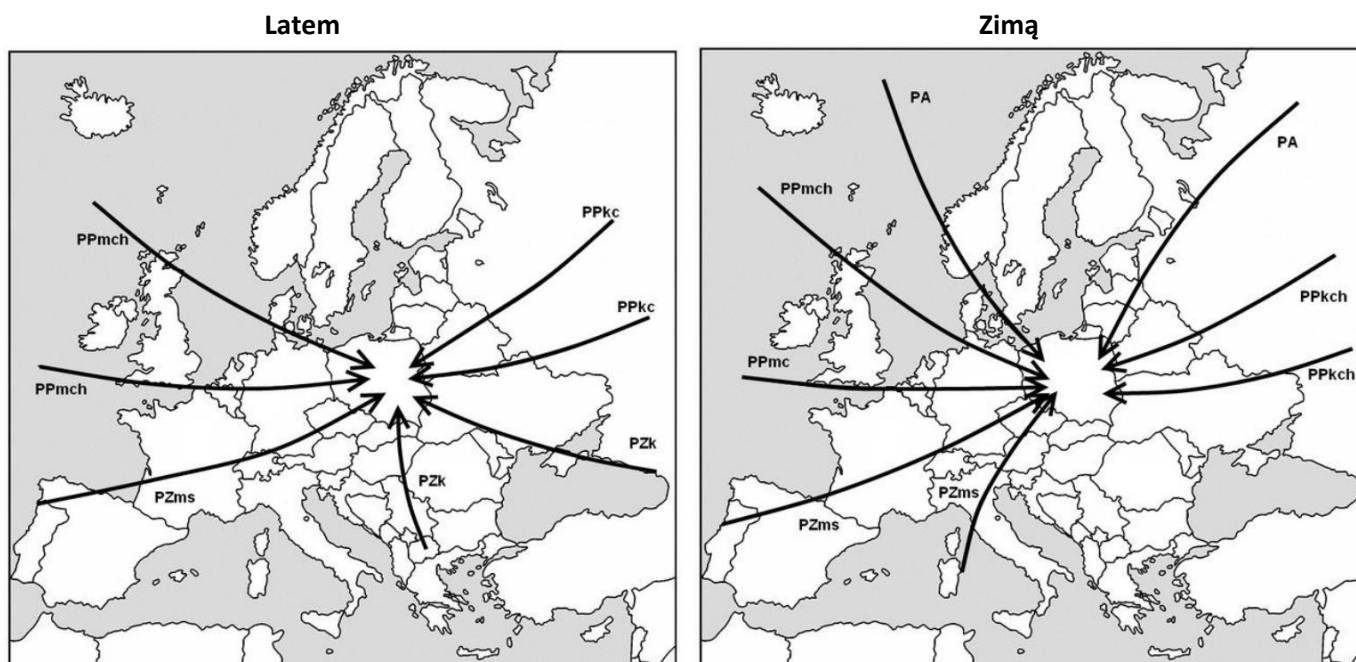
Opis i czynniki wpływające na właściwości mas powietrza

Masa powietrza to duży obszar troposfery o szczególnym pionowym uwarstwieniu termicznym, wilgotności powietrza i innych wspólnych cechach, które nabyła przez dłuższy pobyt nad określonym typem podłoża. Strefy przejściowe między masami powietrza to fronty atmosferyczne.

Masy powietrza na Ziemi:

- Masy powietrza równikowego (PR)
- Masy powietrza zwrotnikowego (PZ)
- Masy powietrza polarnego (PP)
- Masy powietrza arktycznego (antarktycznego) (PA)

Masy powietrza w Polsce:



- **Masy powietrza polarno-morskie (PPm)** - Dopływa do nas z kierunku północno-zachodniego (NW). W lecie przynosi ochłodzenie, a w zimie przynosi ocieplenie, mgły i odwilż. Wraz z tą masą powietrza nad obszar Polski zawsze dociera zachmurzenie oraz duże opady deszczu. Jej źródłem jest stały niż islandzki. Masa tego powietrza przebywa nad terenami polski przez około 65% dni w ciągu roku (~237 dni).
- **Masy powietrza polarno-kontynentalne (PPk)** - Podobnie jak masa powietrza polarno-morskiego, powietrze polarno-kontynentalne również występuje nad Polską przez długi czas w roku i w dużej mierze kształtuje klimat Polski. Występuje u nas przez około 30% dni w ciągu roku (~109 dni), napływa z północnego wschodu (NE) z terenów Eurazji. Jest suchą masą powietrza, która w lecie powoduje w Polsce słoneczną i upalną pogodę. W zimie również pod wpływem tej masy powietrza pogoda jest słoneczna, ale temperatury spadają poniżej zera. Opisane zjawisko powstaje w wyniku szybkiego nagrzewania się kontynentu w lecie oraz szybkiego wychładzania się go w zimie.



53. Masy powietrza

Opis i czynniki wpływające na właściwości mas powietrza

- **Masy powietrza arktyczno-morskie (PAm)** - Masa napływająca z nad Arktyki (N), wiosną i latem przynosi opady (czasem śniegu) i ochłodzenie, jesienią i zimą powoduje ochłodzenie oraz duże opady śniegu.
- **Masy powietrza arktyczno-kontynentalne (PAk)** - Przemieszczają się z nad północno-wschodniej Europy (NNE). Wiosną i latem powoduje ochłodzenie i przymrozki oraz tzw. "zimną Zośkę" (powietrze jest bardzo suche), jesienią i zimą przynosi silne mrozy i duże opady śniegu.
- **Masa powietrza zwrotnikowo-morskie (PZm)** - Napływa z nad Wyżu Azorskiego (SW). Powoduje podwyższenie temperatury, co zimą prowadzi do odwilży i mgieł, a latem do powstawania opadów.
- **Masa powietrza zwrotnikowo-kontynentalne (PZk)** - Napływa z nad północnej Afryki i Azji Mniejszej (S), zazwyczaj latem i jesienią. Powoduje wzrost nasłonecznienia i przynosi tzw. "polską złotą jesień" ze słoneczną pogodą.

Masy zwrotnikowe mają mały udział w kształtowaniu klimatu Polski ponieważ występują u nas tylko przez około 2% dni w ciągu całego roku (~7 dni). Naturalną barierą są dla nich góry. Obydwie masy są masami ciepłego powietrza. Nad Polskę nie docierają masy powietrza równikowego, albo docierają na okres tak krótki, że nie uwzględnia się ich w tworzeniu klimatu Polski.

Nazwy masy	Obszar tworzenia się masy	Cechy masy	Okres kształtowania pogody w Polsce	Cechy pogody wywołane oddziaływaniem masy
masa powietrza polarno morskiego	umiarkowane szerokości Atlantyku	duża wilgotność	cały rok	lato – zachmurzenie, wzrost wilgotności, opady, ochłodzenie
				zima – zachmurzenie, mgły, opadu deszczu ze śniegiem, ocieplenie.
masa powietrza polarno-kontynentalnego	kontynentalna część Europy i Azji	mała wilgotność	cały rok	Lato – gorące, suche, czasami występują przelotne opady deszczu i burze
				Zima – mroźna, sucha.
masa powietrza zwrotnikowo -morskiego	okolice Azorów, Morze Śródziemne	silnie i jednolicie ogrzane, ma bardzo dużą wilgotność względną bezwzględną	Sporadycznie ale przez cały rok	Lato – upały, burze Zima – gwałtowne roztopy, duże zachmurzenie przez niskie chmury warstwowe, silne i rozległe mgły
masa powietrza zwrotnikowo -kontynentalnego	Półwysep Azji Mniejszej	bardzo wysoka temperatura i niska wilgotność względna (ale duża wilgotność bezwzględna)	Lato, jesień	Gorące, słoneczne lato, i słoneczna pogoda podczas tzw. „polskiej złotej jesieni”.
masa powietrza arktycznego	Morze Barentsa, Nowa Ziemia, Grenlandia i pobliskie akweny morskie, Spitsbergen	stosunkowo niewiele pary wodnej	Zima, wiosna	Zima – mroźna, słoneczna, czasami pochmurna i mglista.
				Wiosna – ochłodzenie, przymrozki.

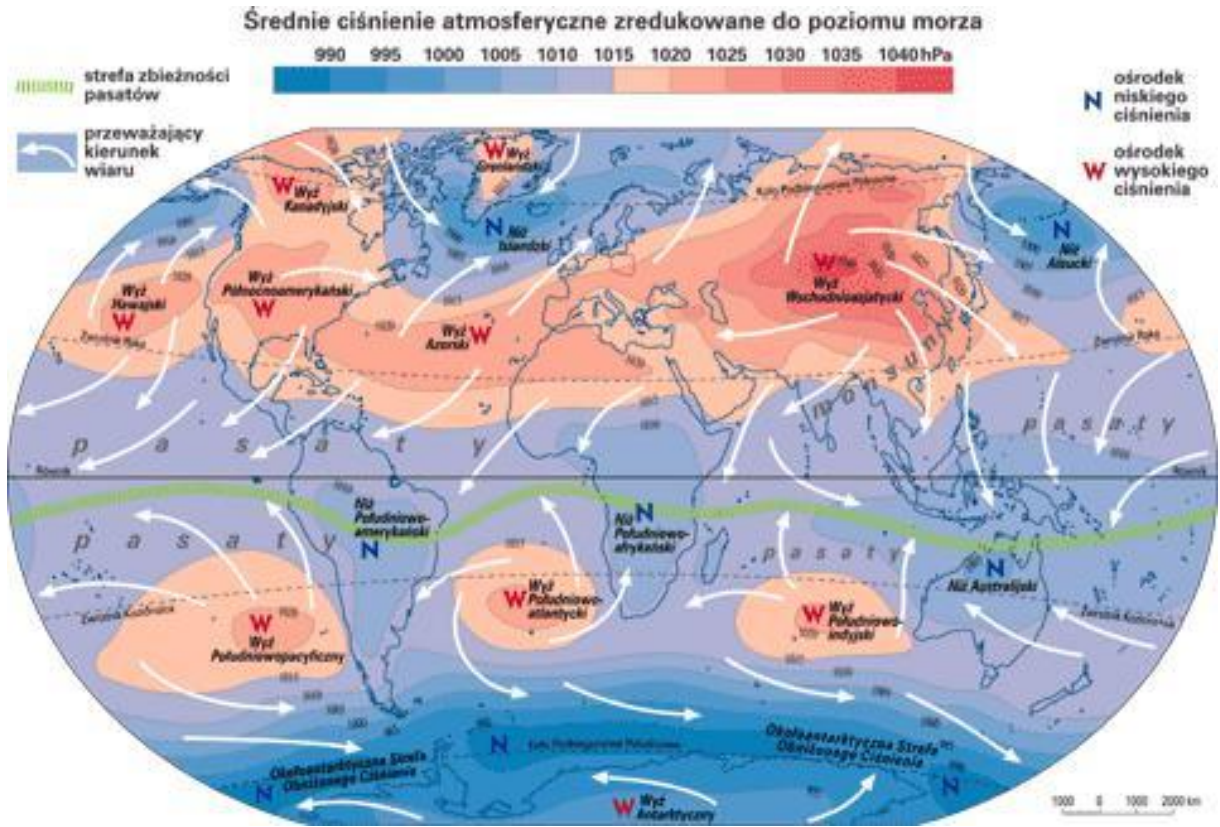


53. Masy powietrza

Opis i czynniki wpływające na właściwości mas powietrza

Cyrkulacja powietrza zmienia się w ciągu roku – cyrkulacja zimowa nieco różni się od letniej. Na przykład zimą strefa zbieżności pasatów przesunięta jest na południe, a latem na północ od Równika. Wynika to pozycji Słońca, które góruje w zenicie odpowiednio nad Zwrotnikiem Koziorożca i Zwrotnikiem Raka.

CIŚNIENIE I CYRKULACJA POWIETRZA – STYCZEŃ



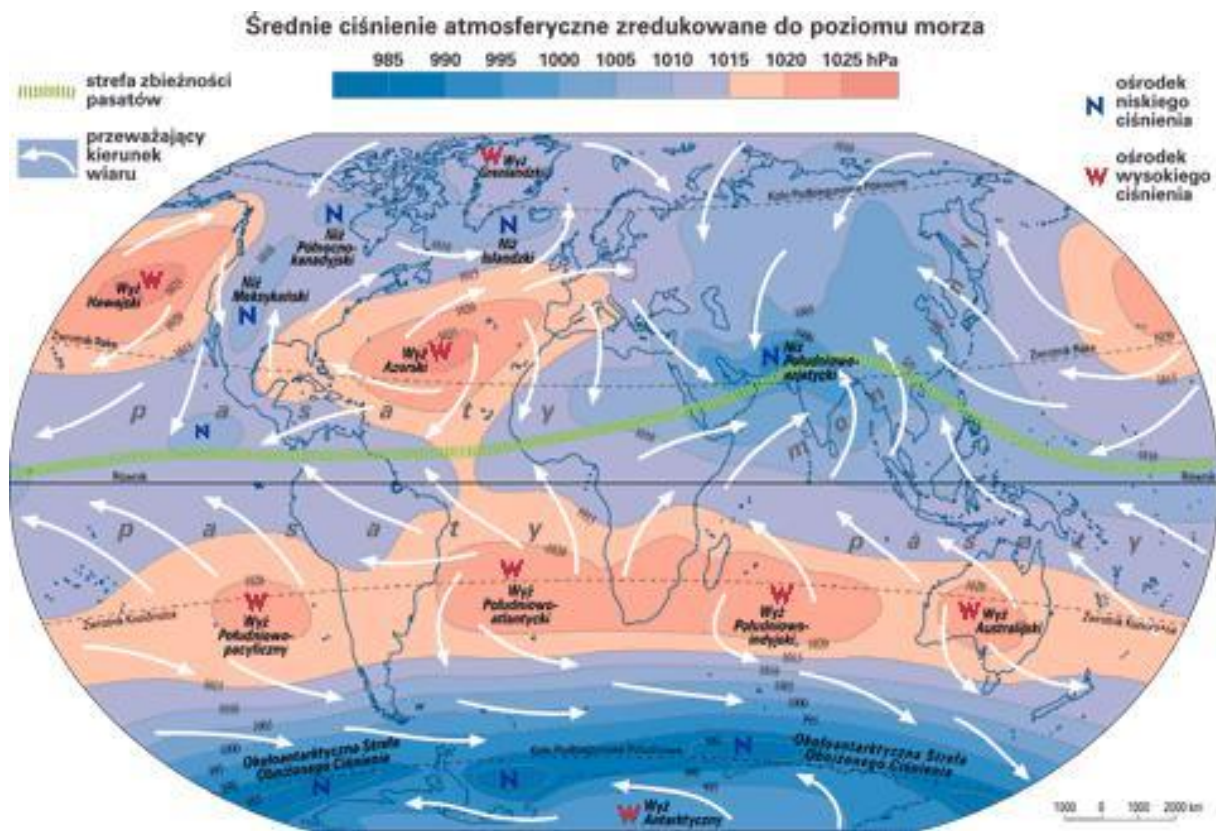


53. Masy powietrza

Opis i czynniki wpływające na właściwości mas powietrza

Znacznie większe zmiany w krążeniu powietrza zachodzą nad kontynentem azjatyckim – występuje tam cyrkulacja monsunowa. W zimie w głębi lądu rozbudowuje się potężny Wyż Wschodnioazjatycki, który kieruje suche i mroźne powietrze do wschodnich i południowych wybrzeży. Z kolei latem głęboki Niż Południowoazjatycki ściąga do siebie wilgotne powietrze znad oceanów. Powstające w ten sposób wiatry – suchy monsun zimowy i wilgotny monsun letni – mają zasadniczy wpływ na klimat w całej Azji Południowej i Wschodniej.

CIŚNIENIE I CYRKULACJA POWIETRZA – LIEPIEC

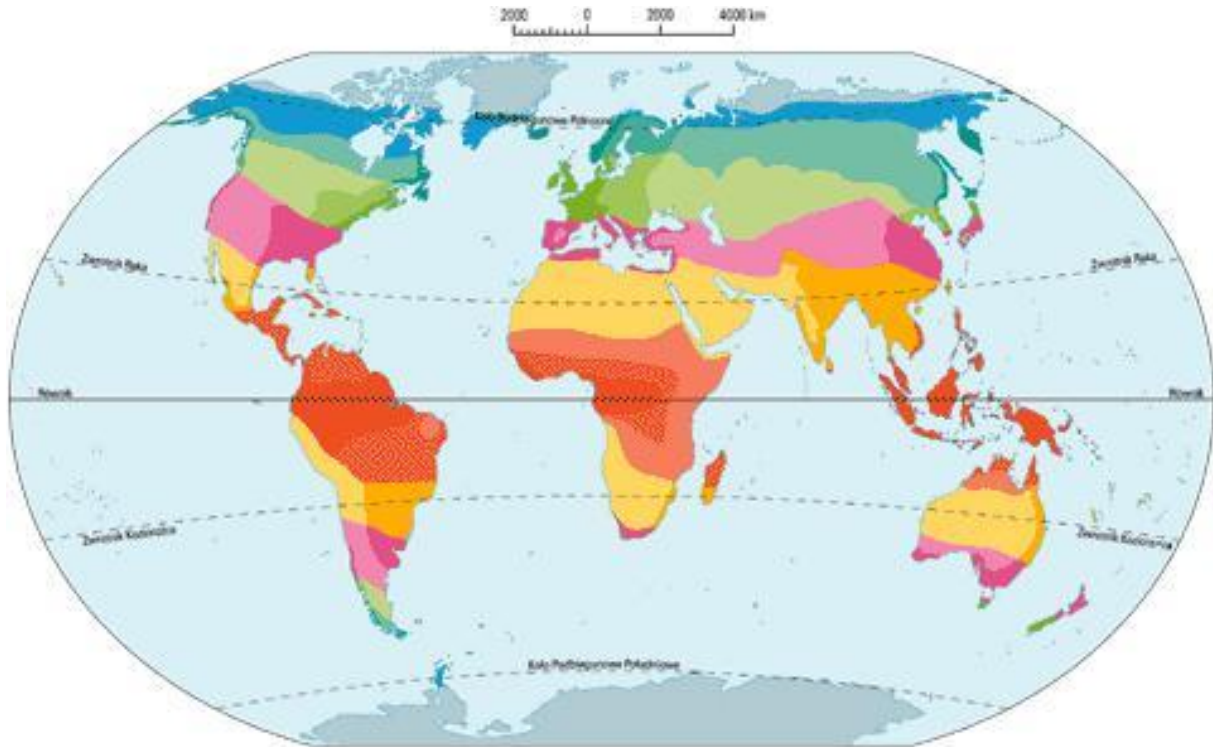




53. Masy powietrza

Opis i czynniki wpływające na właściwości mas powietrza

STREFY KLIMATYCZNE, TYPY KLIMATU NA ŚWIECIE



STREFA OKOŁOBIEGUNOWA

- klimat polarny
- klimat subpolarny

STREFA UMIARKOWANA CHŁODNA

- klimat kontynentalny
- klimat przejściowy
- klimat morski

STREFA UMIARKOWANA CIEPŁA

- klimat kontynentalny
- klimat przejściowy
- klimat morski

STREFA PODZWROTNIKOWA

- klimat suchy
- klimat wilgotny

STREFA ZWROTNIKOWA

- klimat suchy
- klimat wilgotny

STREFA RÓWNIKOWA

- klimat podrównikowy suchy
- klimat podrównikowy wilgotny
- klimat równikowy wybitnie wilgotny

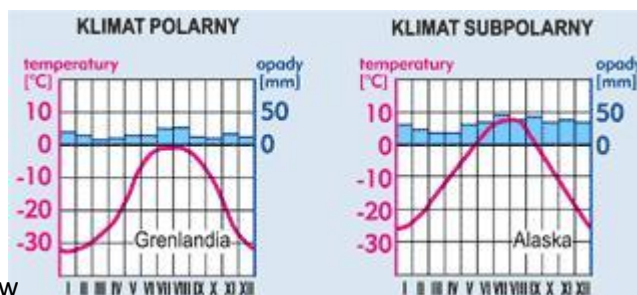


53. Masy powietrza

Opis i czynniki wpływające na właściwości mas powietrza

STREFA OKOŁOBIEGUNOWA – występują tu dwa typy klimatu:

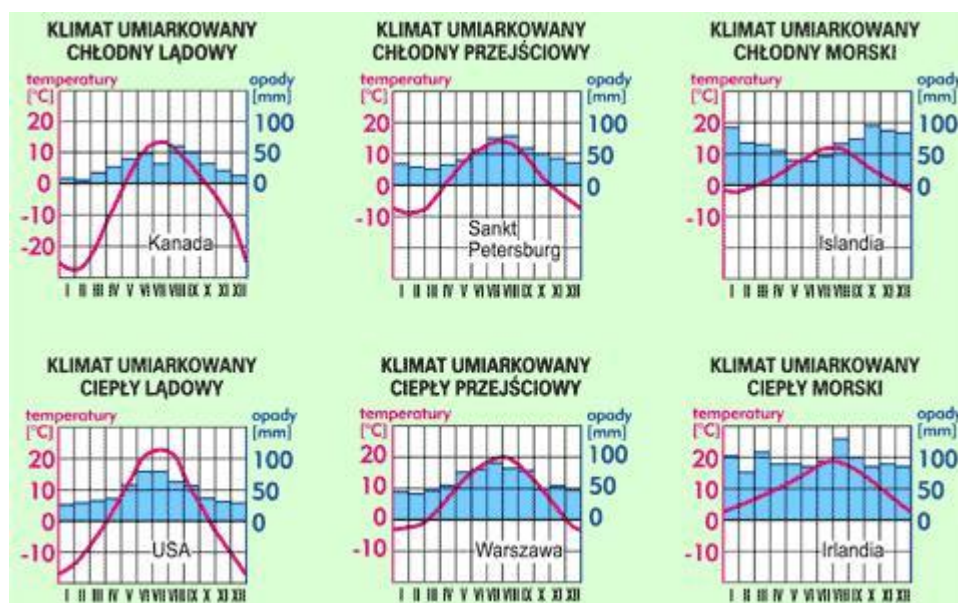
- **klimat polarny** jest bardzo surowy – średnia temperatura przez cały rok nie przekracza 0°C, a często spada poniżej -60°C; opadów jest mało (<300 mm rocznie) i występują wyłącznie w postaci śniegu;
- **klimat subpolarny** jest nieco łagodniejszy – temperatury w miesiącach letnich nieznacznie przekraczają 0°C, a opady są nieco wyższe (do 500 mm rocznie).



STREFA UMIARKOWANA –

ze względu na różnice w średnich rocznych temperaturach (~5°C)

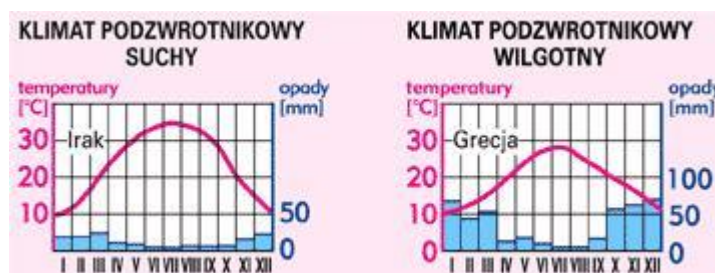
wydzielono tu **dwie podstrefy: chłodną i ciepłą**; każda z nich obejmuje po trzy typy klimatu:



- **klimaty lądowe** mają bardzo dużą roczną amplitudę temperatur (nawet 60°C) i niewielkie opady (< 300 mm rocznie); lata często bywają upalne (zwłaszcza w podstrefie ciepłej), a zimy mroźne i długie (w podstrefie chłodnej);
- **klimaty morskie** charakteryzują się małymi amplitudami temperatur (kilkanaście °C) w ciągu roku i dosyć dużymi opadami (do 1500 mm rocznie); zarówno lata, jak i zimy są łagodne (wpływ oceanu);
- **klimaty przejściowe** – jak sama nazwa wskazuje – mają cechy pośrednie między typami lądowymi i morskimi; możemy przekonać się o tym na własnej skórze, gdyż Polska w całości leży w klimacie umiarkowanym ciepłym przejściowym.

STREFA PODZWIOTNIKOWA – obejmuje typ;

- **klimat suchy** cechuje się długimi, upalnymi latami (temperatura dochodzi do 40°C) i krótkimi ostrymi zimami, opady są niewielkie – nie przekraczają 500 mm;
- **klimat wilgotny** ma lato nieco tylko chłodniejsze niż typ suchy, ale za to zimy są znacznie bardziej łagodne i z dużą ilością opadów (nawet do 2000 mm); typ podzwrotnikowy wilgotny znany jest w Europie jako **klimat śródziemnomorski**.



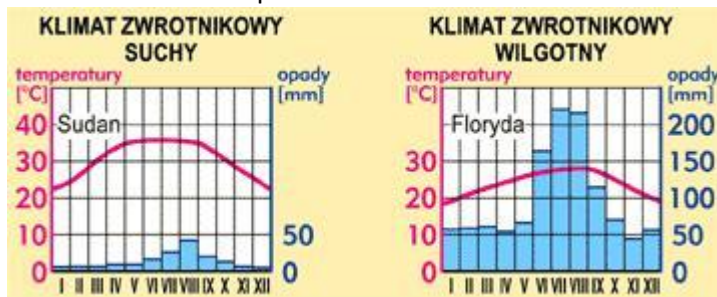


53. Masy powietrza

Opis i czynniki wpływające na właściwości mas powietrza

STREFA ZWROTNIKOWA – składa się z typu **suchego** i **wilgotnego**:

- **klimat suchy** występuje na pustyniach; notuje się tam najwyższe temperatury na Ziemi (>50°C); bardzo wysokie są również amplitudy dobowe (kilkadziesiąt °C); opady pojawiają się sporadycznie;
- **klimat wilgotny** panuje głównie w Azji Południowo-Wschodniej odmiana **monsunowa** – i na wąskich pasach wybrzeży; temperatury przez cały rok nie spadają poniżej 15°C, a opady są bardzo duże.



STREFA RÓWNIKOWA – przez cały rok średnie miesięczne temperatury przekraczają 20°C; obejmuje trzy typy:

- **klimat podrównikowy suchy** występuje na sawannach (suchych); charakteryzuje się jedną porą deszczową (w okresie górowania Słońca w zenicie), która jednak nie jest długa – suma rocznych opadów nie przekracza 1000 mm;
- **klimat podrównikowy wilgotny** cechują dwie pory deszczowe (w okresie górowania Słońca w zenicie nad Równikiem) i dwie pory suche (w okresie górowania Słońca w zenicie nad Zwrotnikami); roczne opady wynoszą około 1500 mm;
- **klimat równikowy wybitnie wilgotny** swą nazwę zawdzięcza m.in. codziennym deszczom zenitalnym; występują one przez cały rok (ze szczególnym nasileniem w okresach równonocy) i sprawiają, że sumy opadów dochodzą do 3000 mm.



KLIMATY ASTREFOWE to przede wszystkim **górska** i **monsunowa** odmiana różnych typów klimatu.

- **Klimaty górskie** charakteryzują się obniżonymi temperaturami w stosunku do sąsiednich

terenów nizinnych. Opady są większe, ale tylko do pewnej wysokości, powyżej której następuje inwersja, czyli w tym przypadku zmniejszanie ilości opadów. W Himalajach wysokość ta wynosi około 1300 m n.p.m., w Alpach ok. 2000 m, a w Tatrach 1800-2000 m n.p.m. (w zimie niżej).

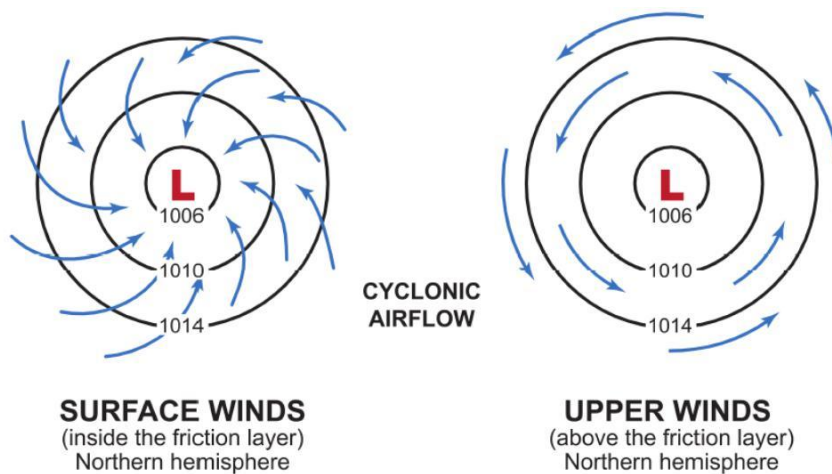
- **Klimat monsunowy** obejmuje swym zasięgiem południowe i wschodnie wybrzeża Azji (niekiedy jego wpływy docierają też do północnych krańców Australii i Półwyspu Somalijskiego w Afryce). Oddziałuje praktycznie tak samo na każdy typ klimatu (od umiarkowanego chłodnego morskiego po zwrotnikowy wilgotny) - latem przynosi duże opady, a zimą w znacznym stopniu je ogranicza.





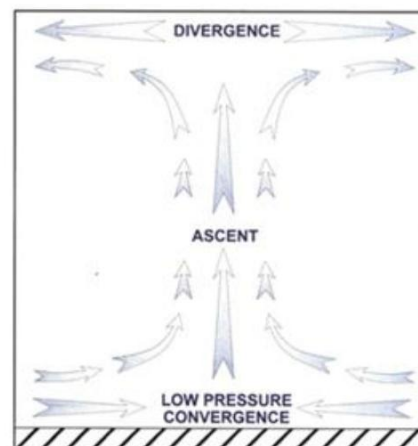
53. Masy powietrza Tworzenie się wyży i niżów

- Mechanizmu tworzenia się niżu lub wyży nie da się rozpatrywać oddzielnie, w atmosferze stanowi to jeden proces. Tworzeniu się niżu w nieodległej przestrzeni musi towarzyszyć powstanie wyży i odwrotnie, gdy w jednym miejscu powstaje wyż, gdzieś nieopodal pojawi się niż. Wynika to ze specyfiki układów barycznych. Wyż gromadzi przy ziemi nadmiar powietrza, generując wzrost ciśnienia, niż przeciwnie, deficyt powietrza przy jego centrum sprawia że ciśnienie spada. Różnice ciśnień wywołują ruch powietrza, które dąży do niwelacji dysproporcji ciśnienia. Zauważa się w takich przypadkach obecność swoistych komórek cyrkulacyjnych, które generują powstawanie układów barycznych lub sprzyjają umacnianiu się już istniejących.



Niż

Jest to rejon obniżonego ciśnienia otoczony kilkoma zamkniętymi i koncentrycznymi izobarami otaczającymi jego centrum gdzie ciśnienie jest najniższe. Występują dwa typy niżów: termiczne i frontowe. Niż jest obszarem zbieżności i wznoszenia. Wiatr przyziemny wieje przeciwnie do ruchu wskazówek zegara w kierunku środka niżu (na półkuli północnej).

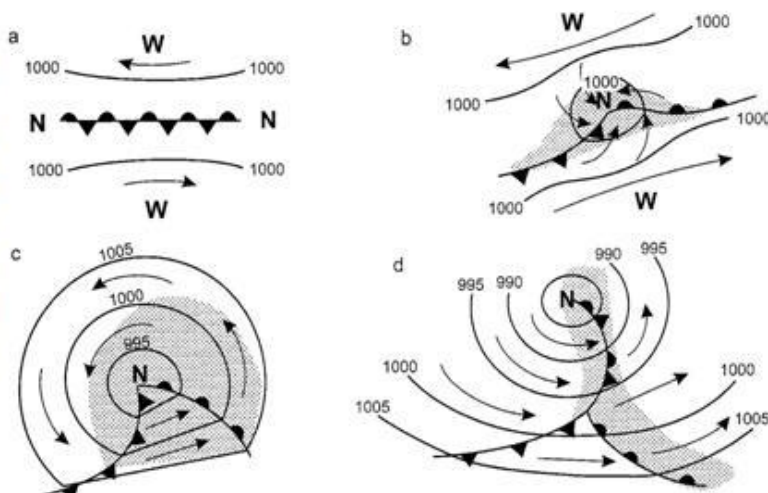


- **Niefrontowe cyklony (niże)** powstają w lecie nad lądem, zimą zaś mogą tworzyć się nad ciepłymi wodami mórz lub oceanów. Niefrontowe cyklony termiczne nie zajmują dużych obszarów, zazwyczaj ich rozmiary nie przekraczają średnicy 100-200 km i sięgają do 1-1,5 km w pionie. Cyklony powstają na skutek nagrzania się podłoża, nad którym pojawiają się stałe prądy wznoszące. Wytwarza to lokalne spadki ciśnienia, które determinują zbieżną cyrkulację. Cyklony termiczne są bardzo nietrwałe, szybko znikają. Z rzadka, w wyjątkowych okolicznościach, np. gdy w obszar tak utworzonego niżu wchodzi front atmosferyczny, cyklon może przekształcić się w cyklon frontowy.

53. Masy powietrza

Pogoda związana z układami barycznymi

Cyklony frontowe – tworzą się na mało ruchomych frontach chłodnych, frontach okluzji, frontach stacjonarnych i rzadziej frontach ciepłych. Warunkiem powstania cyklonu frontowego jest pojawienie się pola spadku ciśnienia obejmującego obszar powstawania niżu. Spadki ciśnienia, w takim przypadku, pojawiają się za i przed linią frontu atmosferycznego, na którym dochodzi do powstawania nowego niżu.



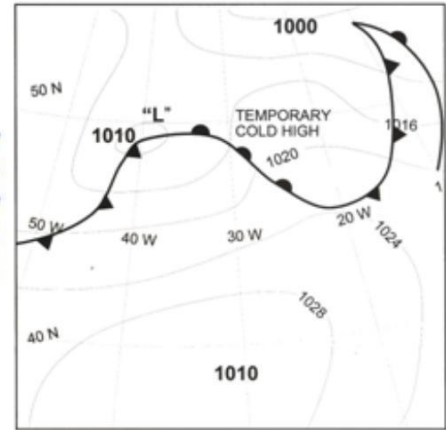
Rozwój cyklonu na froncie stacjonarnym i stadia rozwojowe cyklonu przy ziemi: a – front stacjonarny, b – stadium fali, c – młody cyklon, d – cyklon zokludowany

- W **przedniej części** niżu zalega front ciepły i on określa typ pogody w tym fragmencie układu barycznego.
- **Tylna część** niżu to front chłodny, pogoda za tym frontem zależy od charakteru napływających mas powietrza. Tak zimą, jak i latem, kiedy w tylnej części niżu obserwowany jest silny wzrost ciśnienia, w obszarze tym nocą pojawiają się rozpogodzenia do nieba bezchmurnego. W dzień natomiast występuje tu silne zachmurzenie kłębiaste. Podobnie dzieje się, gdy w ten obszar niżu napływa powietrze Ak, które z natury rzeczy jest bardzo zimne i zazwyczaj posiada mały zasób wilgoci.
- Typowy przykład pogody w tylnej części niżu zachodzi, kiedy chłodna masa powietrza jest wilgotna i chwiejna. Powstaje wówczas za dnia sporo zachmurzenia kłębiastego (Cu), które rozwija się do chmur kłębiasto-deszczowych (Cb). Z nich bardzo często występują opady przelotne – latem deszczu, zimą – przelotnego śniegu. Pod wieczór chmury kłębiaste znikają, stając się bardziej płaskie łączą się ze sobą i przyjmują charakter chmur kłębiasto-warstwowych (Sc). W nocy niekiedy obserwuje się większe rozpogodzenia.

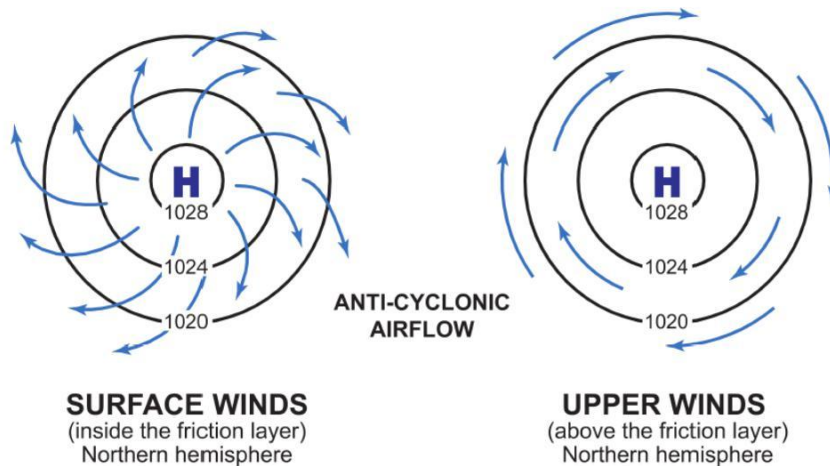
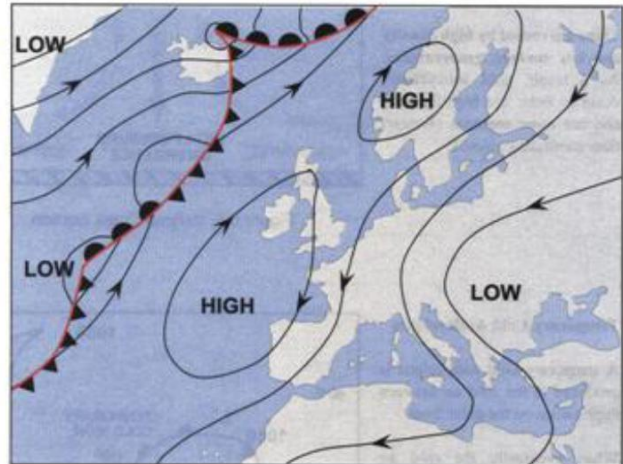
53. Masy powietrza
Pogoda związana z układami barycznymi

Masy powietrza – Antycyklon (wyż)

Czasowo chłodne antycyklony powstają w chłodnym obszarze pomiędzy niżami we froncie polarnym (granica powietrza polarnego i zwrotnikowego). Ich rozmiary mogą być znaczne lecz wzrost ciśnienia w centrum wyżu jest mniejszy niż w przypadku innych antycyklonów. Mogą one istnieć nawet przez kilka dni nad obszarami wód i lądów dopóki nie zostaną zastąpione przez niż.



Antycyklony mogą zatrzymać lub nawet odwrócić normalny przepływ frontu polarnego z kierunku zachodniego na wschód o nawet kilka dni. W wyniku takiej sytuacji, niży wraz ze strefami opadów przemieszczają się nad północną Skandynawię. Taki układ zapewnia nad zachodnią Europą suchą i ciepłą pogodę.



53. Masy powietrza

Pogoda związana z układami barycznymi

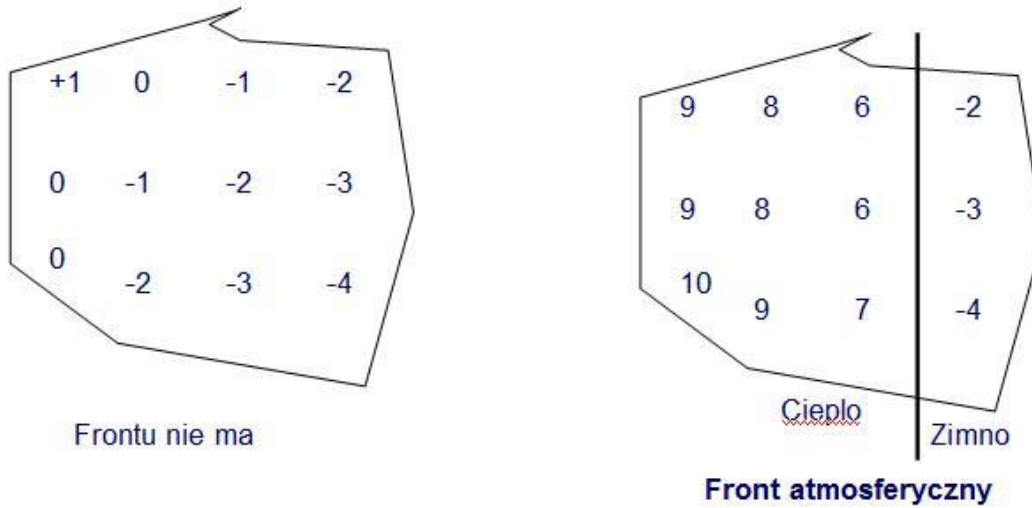
Masy powietrza – Pogoda w antycyklonach

- W **chłodnej** porze roku wyże mogą być mroźne i bardzo pogodne lub dosyć ciepłe i pochmurne. Pierwszy typ pogody związany jest z silnymi wyżami, objętymi osiadającymi masami powietrza. Adyabatyczne ogrzewanie opadających mas powoduje spadek wilgotności i zanik zachmurzenia. Zimą taki model pogody pojawia się nad centralnymi częściami kontynentów. Nocami w takich wyżach, następuje silne wypromieniowanie efektywne (brak chmur) – stąd temperatury spadają do bardzo niskich wartości. Drugi typ pogody pojawia się w wyżach na obrzeżach kontynentów, w bliskiej obecności morza lub oceanu. Na wysokościach 1-3 km obserwuje się wówczas napływ ciepłych i wilgotnych mas powietrza. Powstaje inwersja, systematycznie się obniża. Przy obecności turbulencji i napływie wilgotnego powietrza, systematycznie obniżający się poziom kondensacji prowadzi do tworzenia się – najpierw niskich chmur warstwowych St, a następnie mgieł. Z chmur St, przy ich dostatecznej grubości, wypada mżawka, słaby deszcz lub śnieg. Obszar pochmurnej i mglistej pogody w takich wyżach obejmuje znaczne obszary.
- W **ciepłej** porze roku warunki pogody w antycyklonach są zbliżone do warunków pogodowych w niżach w chłodnej porze. Nigdy nie obserwuje się natomiast zachmurzenia całkowitego, pojawia się zachmurzenie kłębiaste lub kłębiasto-warstwowe. Czasem na krańcach antycyklonów mogą wystąpić opady przelotne lub burze – ale tylko wtedy, gdy powietrze jest chwiejne. W przypadku, gdy powietrze jest suche, centralne obszary antycyklonów są bezchmurne, a na ich krańcach mogą pojawić się chmury Cu hum, a w sprzyjających warunkach mogą rozwinąć się do postaci Cu med.

54. Fronty atmosferyczne

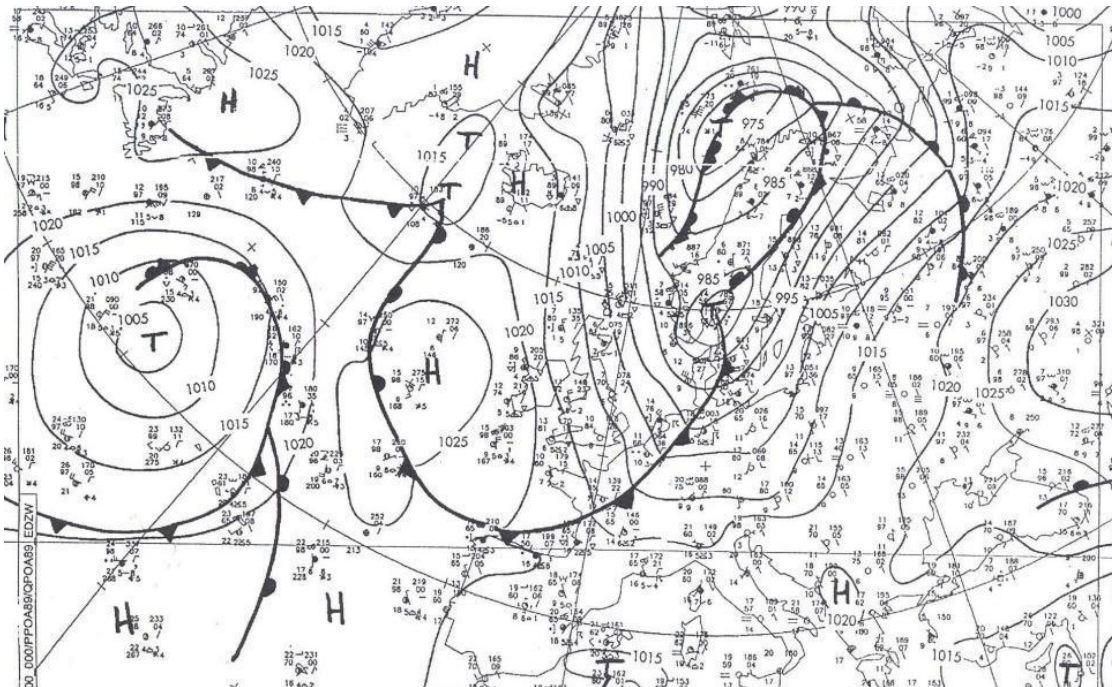
Granica pomiędzy masami powietrza

Front – zetknięcie się mas powietrza o różnych temperaturach



Kąt nachylenia powierzchni frontowych wynosi około 1° .

- Położenie frontu rysowane na mapach pogody to miejsce zetknięcia się powierzchni rozdzielającej masy powietrza z powierzchnią ziemi.
- Powierzchnia rozdzielająca może sięgać przez całą troposferę lub przez jej większą część.



54. Fronty atmosferyczne

Granica pomiędzy masami powietrza

Fronty ciepłe i zimne

- Front ciepły – gdy napływa ciepłe powietrze, a zimne ustępuje
- Front zimny – gdy atakującym jest powietrze zimne, a ciepłe ustępuje



symbol frontu zimnego
(lub linie w kolorze niebieskim)



symbol frontu ciepłego
(lub linie w kolorze czerwonym)

Front jest to strefa przejściowa rozdzielająca dwie masy powietrza (masę ciepłą i masę chłodną) o różnych właściwościach fizycznych, (m.in. temperaturze, gęstości, wilgotności), nachylona pod niewielkim kątem (0.5 do 3°) do powierzchni Ziemi.

W zależności od rozciągłości i znaczenia dla procesów atmosferycznych rozróżniamy: główne fronty atmosferyczne i wtórne fronty atmosferyczne.

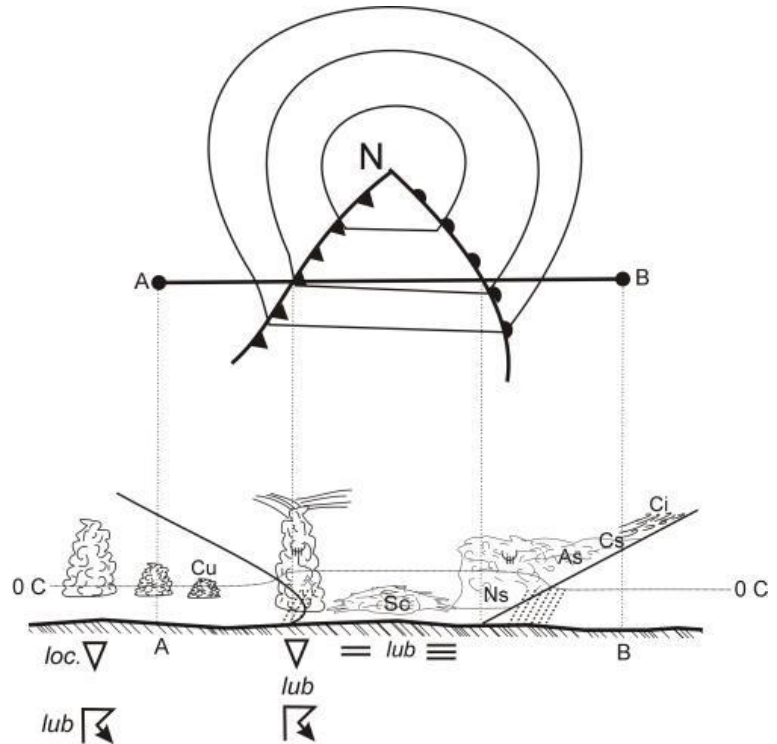
54. Fronty atmosferyczne

Granica pomiędzy masami powietrza

Warunki lotu w niżu

Aby nie powtarzać rzeczy już znanych ograniczymy się do Graficznego przedstawienia zachmurzenia i zjawisk pogody wzdłuż takiej trasy.

Kierunek wiatru na wysokości kilkuset metrów do ok. 1200 m możemy określić na podstawie izobar przyjmując go jako równoległy do izobar, lub na podstawie map górnych w przypadku, wysokości większych

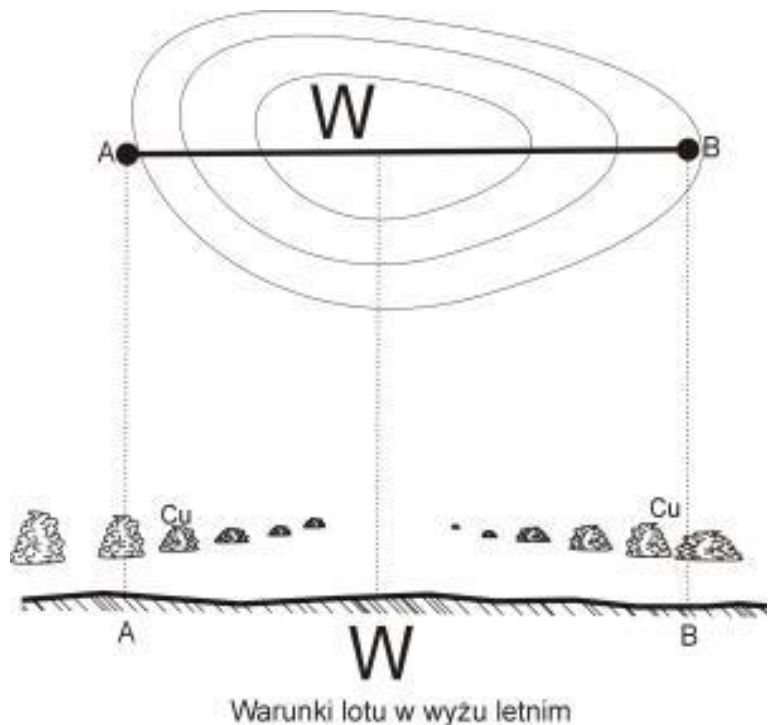


Warunki lotu w wyżu

Wyże letnie są zwykle bardzo rozległe i prawie stacjonarne. Przebieg zachmurzenia w tych układach ma wyraźny przebieg dobowy. Po pogodnej nocy i ranku powstają w ciągu dnia chmury kłębiaste Cu, które nie osiągają znacniejszego rozwoju i w godzinach popołudniowych, zanikają.

Podstawa chmur jest wysoka, warunki lotu bardzo dobre.

W zanikających wyżach tego typu chmury Cu mogą rozwijać się wyżej i przechodzić w chmury Cb dając w godzinach popołudniowych lub wieczornych pojedyncze burze termiczne.



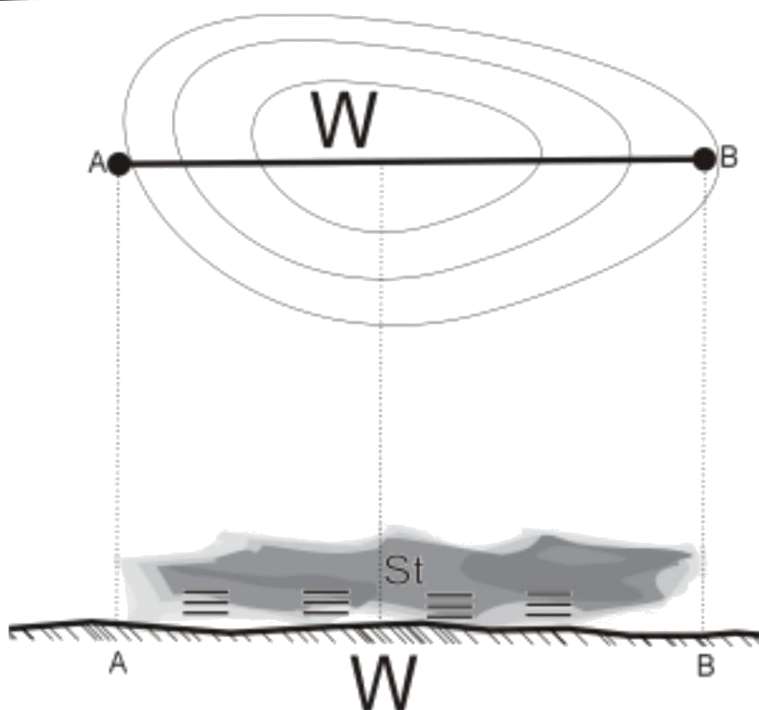


Wyże zimowe, w których zalega powietrze chłodne dają na ogół pogodę bezchmurną w ciągu całej doby i mroźną. Wyże te tworzą się zwykle przy napływie powietrza arktycznego PA lub powietrza polarno-kontynentalnego PPK.

Z uwagi na małą zawartość pary wodnej oraz minimalne zapylenie (pokrywa śnieżna lub zmarznięty grunt) widzialność w tych wyżach jest bardzo dobra.

Wyże zimowe, w których zalega powietrze ciepłe stanowią zwykle dużą przeszkodę dla wykonywania lotów.

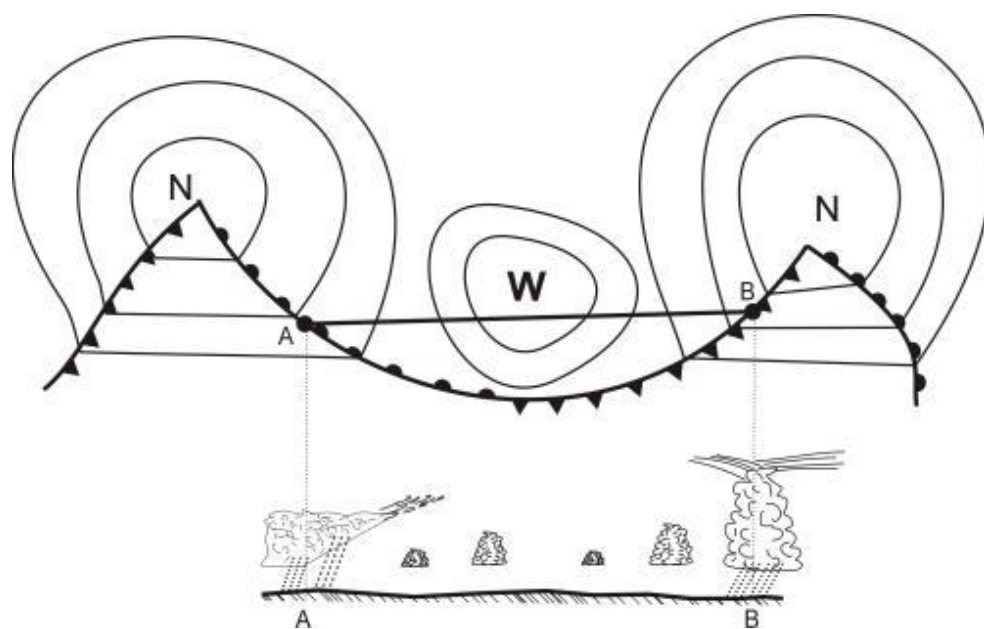
Najczęściej w wyżach tych zalega powietrze polarnomorskie PPM, które w chłodnej porze roku przychodzi jako powietrze ciepłe i wilgotne, w równowadze stałej. Tworzą się wówczas chmury warstwowe St i mgły, które zalegają na dużych obszarach przez dłuższy okres czasu, czasami nawet parę tygodni. Z chmur St mogą występować bardzo słabe opady głównie mżawki, czasami drobnego deszczu lub śniegu.



Warunki lotu w wyżu zimowym w którym zalega powietrze ciepłe

Wyże powstałe za frontem chłodnym są mniej rozległe, za to znacznie bardziej ruchliwe i przemieszczają się z taką samą prędkością, jak układy niżowe.

Wyże te tworzą się na głównym frontach w przypadku istnienia rodziny niżów.

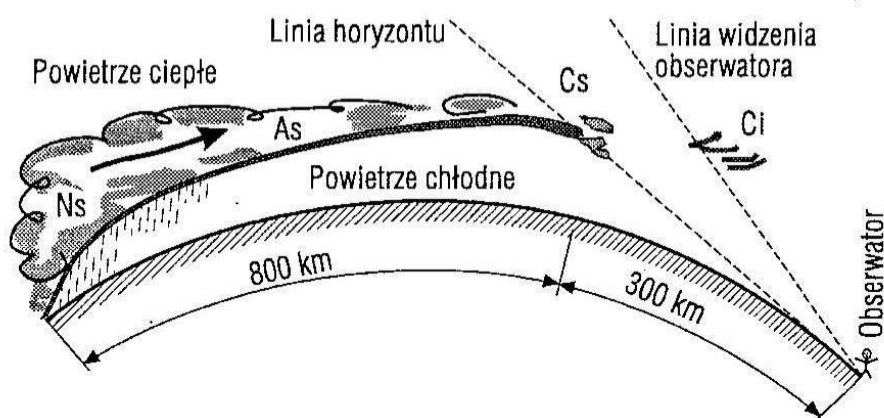


54. Fronty atmosferyczne

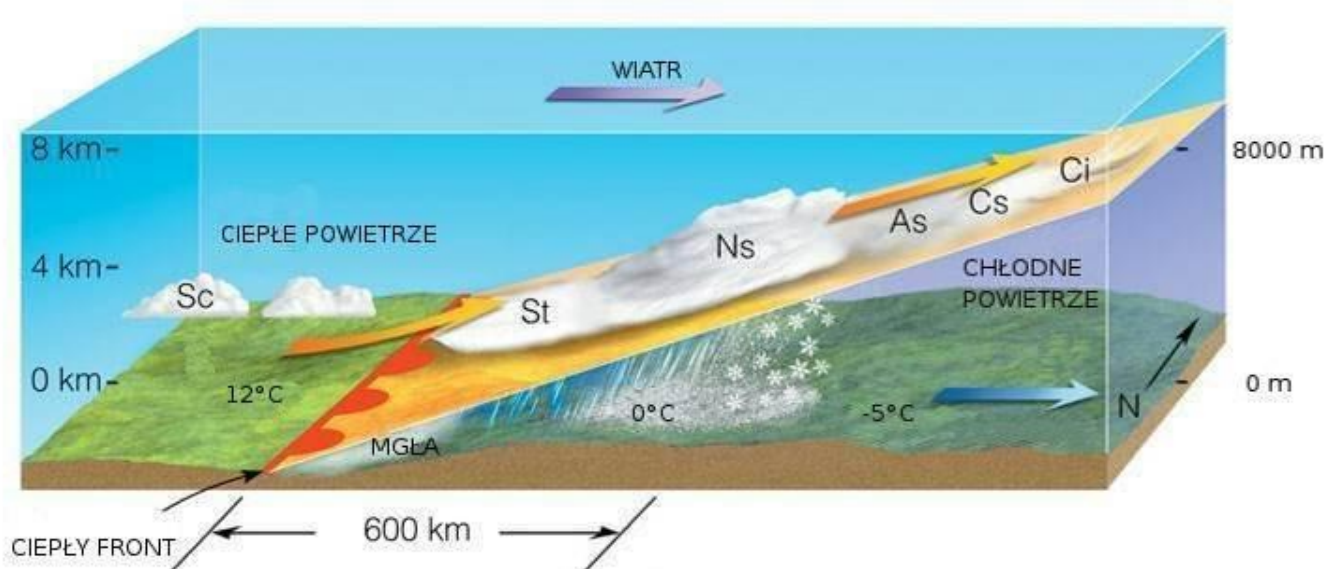
Granica pomiędzy masami powietrza

Według charakterystyk opisujących przemieszczanie się, budowę pionową i warunki pogody z nimi związane, wyróżnia się:

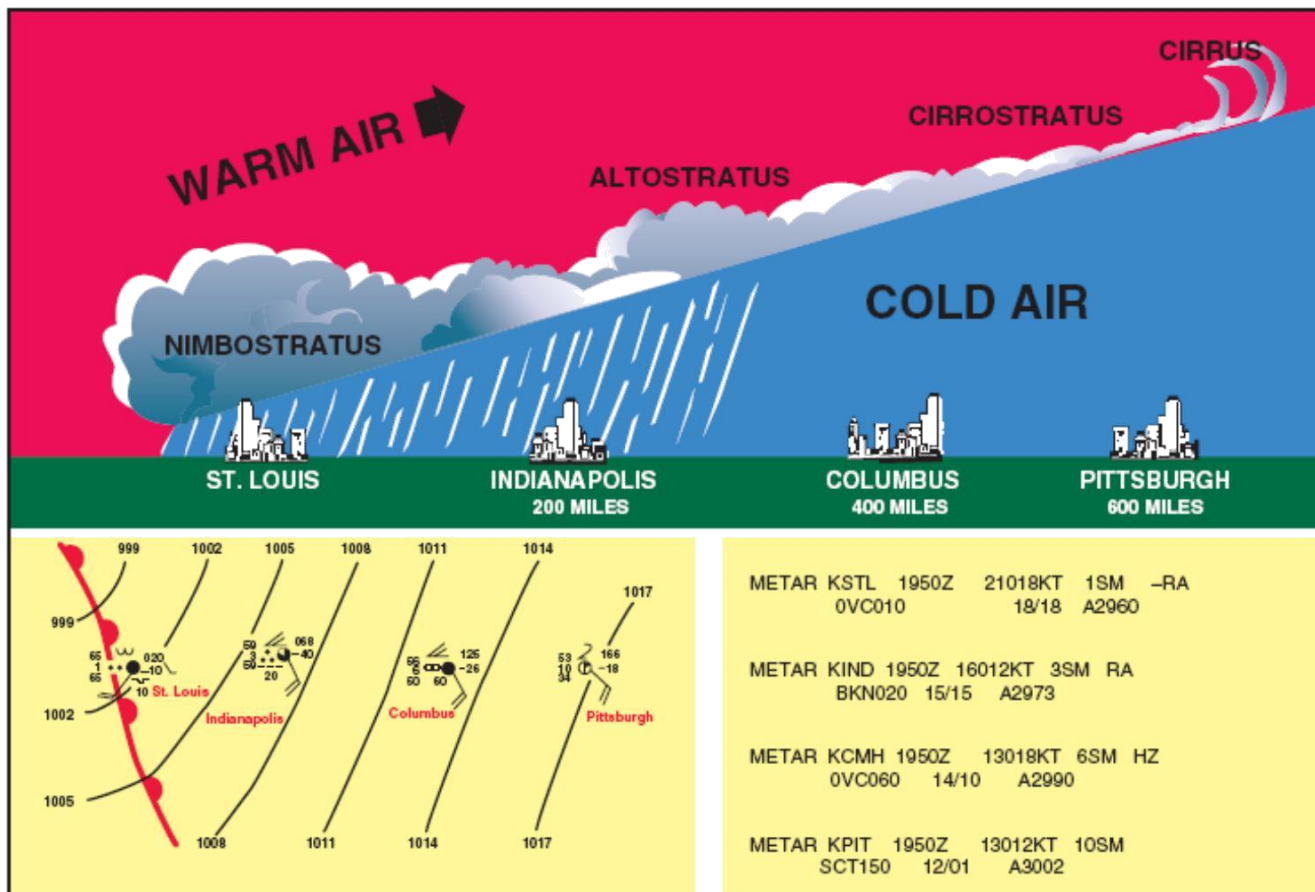
FRONT CIEPŁY – powstaje, gdy cieplejsze powietrze nasuwa się na powietrze chłodne. Powietrze ciepłe "wślizgując się" nad chłodne, wznosząc się ulega ochłodzeniu. Dochodzi do kondensacji pary wodnej i powstania rozległego systemu chmur na styku mas powietrza. W przedniej jego części, najwyżej, pojawiają się chmury Cirrus, a następnie chmury piętra średniego i niskiego, kolejno: Altostratus i Nimbostratus. Przejściu frontu ciepłego towarzyszą stosunkowo długo trwające opady ciągłe, obejmujące często obszar o szerokości od kilkudziesięciu do kilkuset kilometrów przed frontem.



- Prędkość pozioma frontu ciepłego ok. 30–40 km/h, przejście trwa przeciętnie 26 godzin
- Strefa opadów ok. 10-12 godzin, może jednak trwać nawet do 3 dni / brak szans na szybką poprawę pogody
 - Zima – ciepłe fronty z zachodu (znad Atlantyku) oraz z południa / nie ze wschodu i północy
 - Lato – z południa i południowego zachodu



Uwaga: Cu i Sc nie należą do chmur frontu ciepłego - Sq to jedynie chmury zwiastujące front ciepły.



Typowe zmiany elementów meteorologicznych występujących podczas przechodzenia frontu ciepłego.

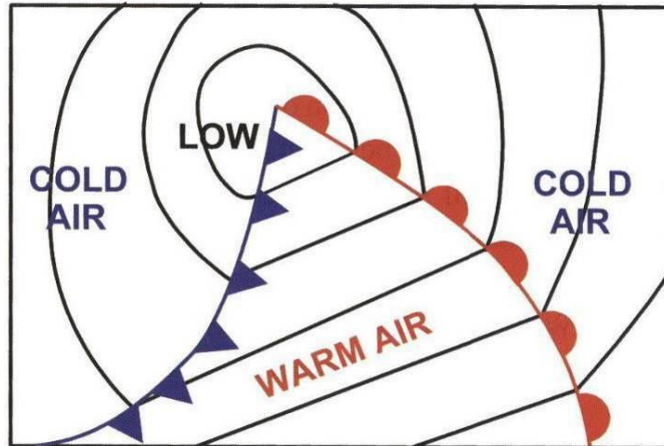
Elementy meteorologiczne	Przed frontem	W strefie frontowej	Za frontem
Ciśnienie	obniża się	obniża się	obniża się lub jest stałe, niekiedy powoli wzrasta
Temperatura	opada	wzrasta	wzrasta
Kierunek wiatru oraz prędkość	południowo-wschodni i południowy, prędkość wzrasta	południowy, nadal prędkość wzrasta	południowo-zachodni do zachodniego, prędkość słabnie
Zachmurzenie	pierwsze pojawiają się chmury pierzaste C, następnie zachmurzenie wzrasta, część nieba przykryta jest chmurami warstwowymi CS, AS	zachmurzenie całkowite przez chmury warstwowe AS, niskie chmury deszczowe NS oraz niskie chmury S	po przejściu frontu roz pogodzenia zachmurzenie maleje chmury SC
Opady	mogą wystąpić spokojne przedfrontowe opady deszczu, w zimnej porze roku śniegu	Ciągłe opady deszczu, mżawki, w chłodnej porze śniegu przechodzące w opady śniegu z deszczem, a następnie deszczu	zanikające opady deszczu

54. Fronty atmosferyczne

Granica pomiędzy masami powietrza

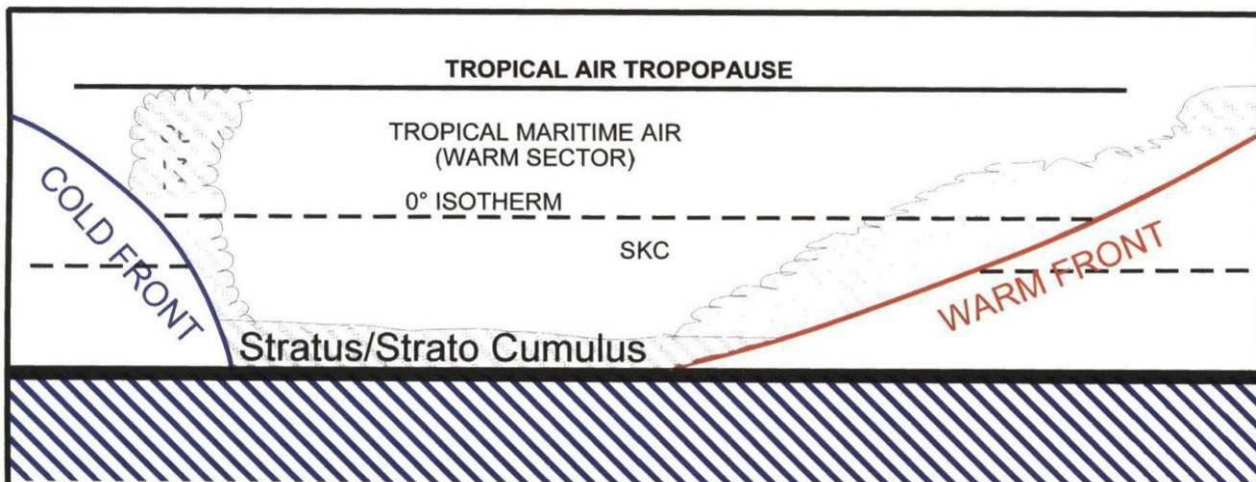
Pogoda w ciepłym wycinku cyklonu

- Ciepła masa o równowadze stałej.
- W chłodnej porze roku w Europie napływa z Atlantyku, jest zatem wilgotna.



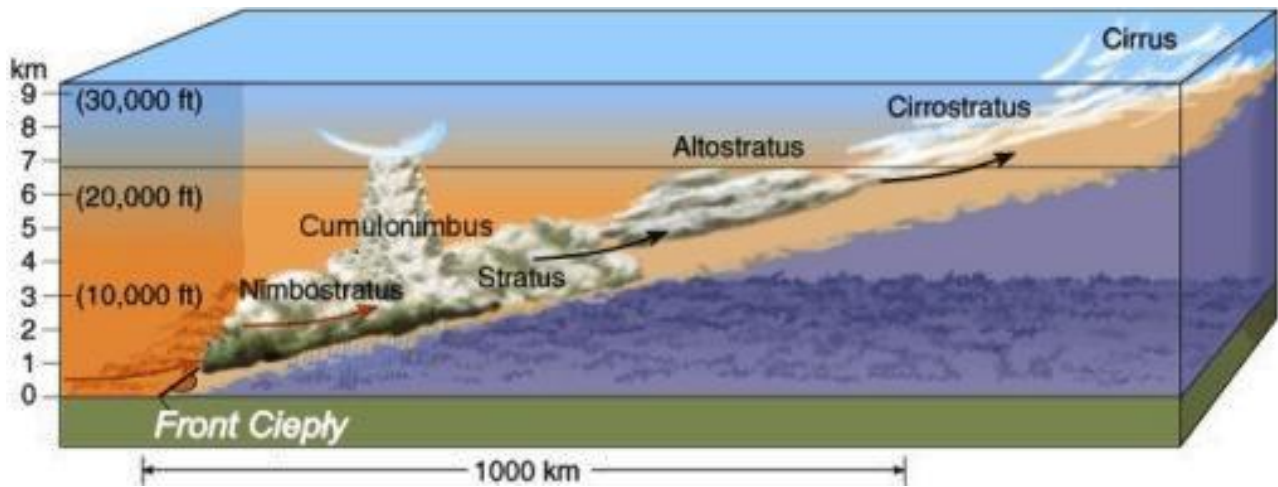
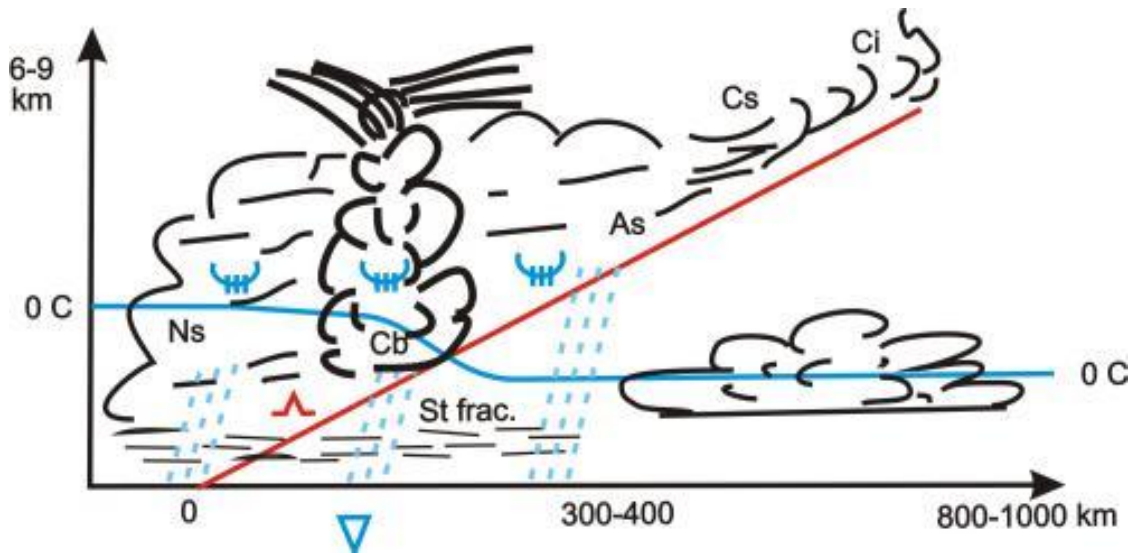
- **Latem** całkowite zachmurzenie w ciepłym wycinku cyklonu obserwuje się bardzo rzadko. Zwykle występuje tu pogoda o niewielkim zachmurzeniu (jeśli napływające powietrze jest suche). Kiedy masa powietrza posiada zapas wilgoci, w dzień rozwijają się chmury kłębiaste, a nawet obserwuje się opady przelotne i burze.
- **Zimą** ciepły sektor cyklonu objęty jest całkowitym zachmurzeniem warstwowym (St), często z opadami mżawki. Masa powietrza wykazuje stałą równowagę, co prowadzi do licznych mgieł adwekcyjnych. Bardzo rzadko, zimą, na linii brzegowej oceanu, powietrze w ciepłym sektorze może być chwiejne. Stąd w tych rejonach możemy w ciepłym wycinku nie spotkać całkowitego zachmurzenia. Mogą również pojawić się chmury o charakterze kłębiastym. Dotyczy to tylko brzegowych części kontynentów.

Pogoda w ciepłym wycinku cyklonu:



54. Fronty atmosferyczne
Granica pomiędzy masami powietrza

FRONT CIEPŁY Z BURZAMI

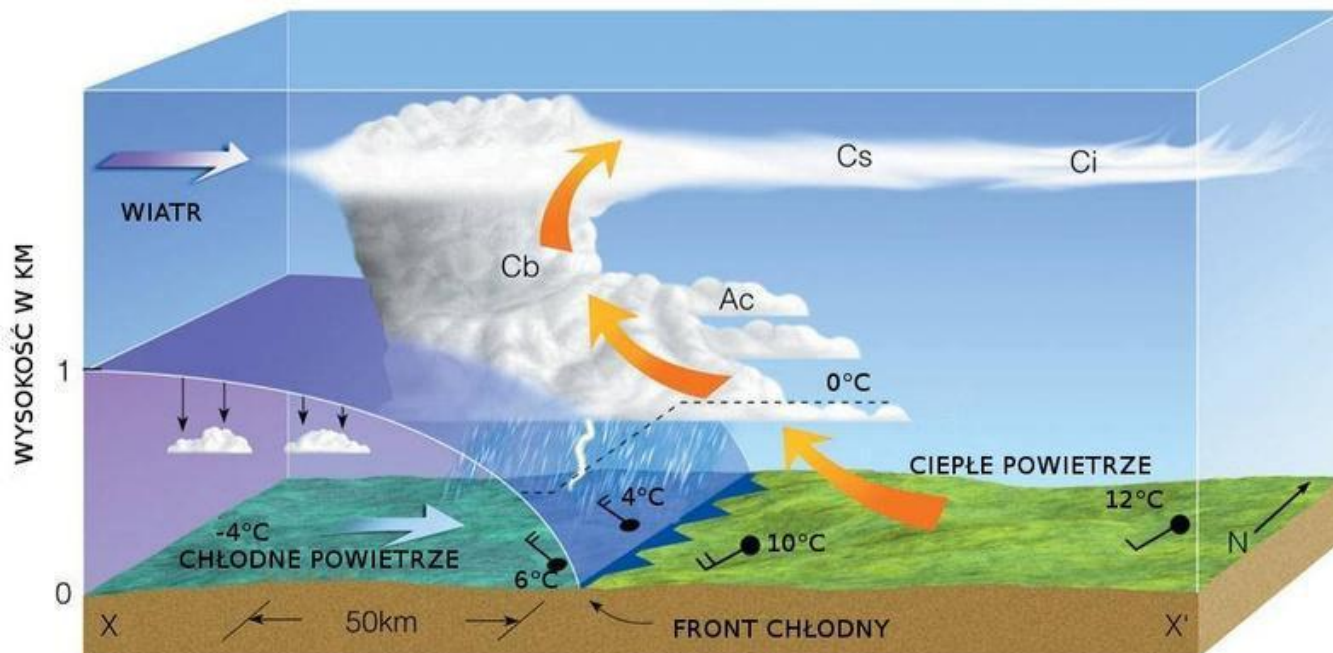


- W cieplej porze roku napływające powietrze ciepłe jest często w równowadze chwiejnej i wówczas w układzie chmur warstwowych mogą być wbudowane chmury Cb dające opad przelotny lub nawet burze.

54. Fronty atmosferyczne

Granica pomiędzy masami powietrza

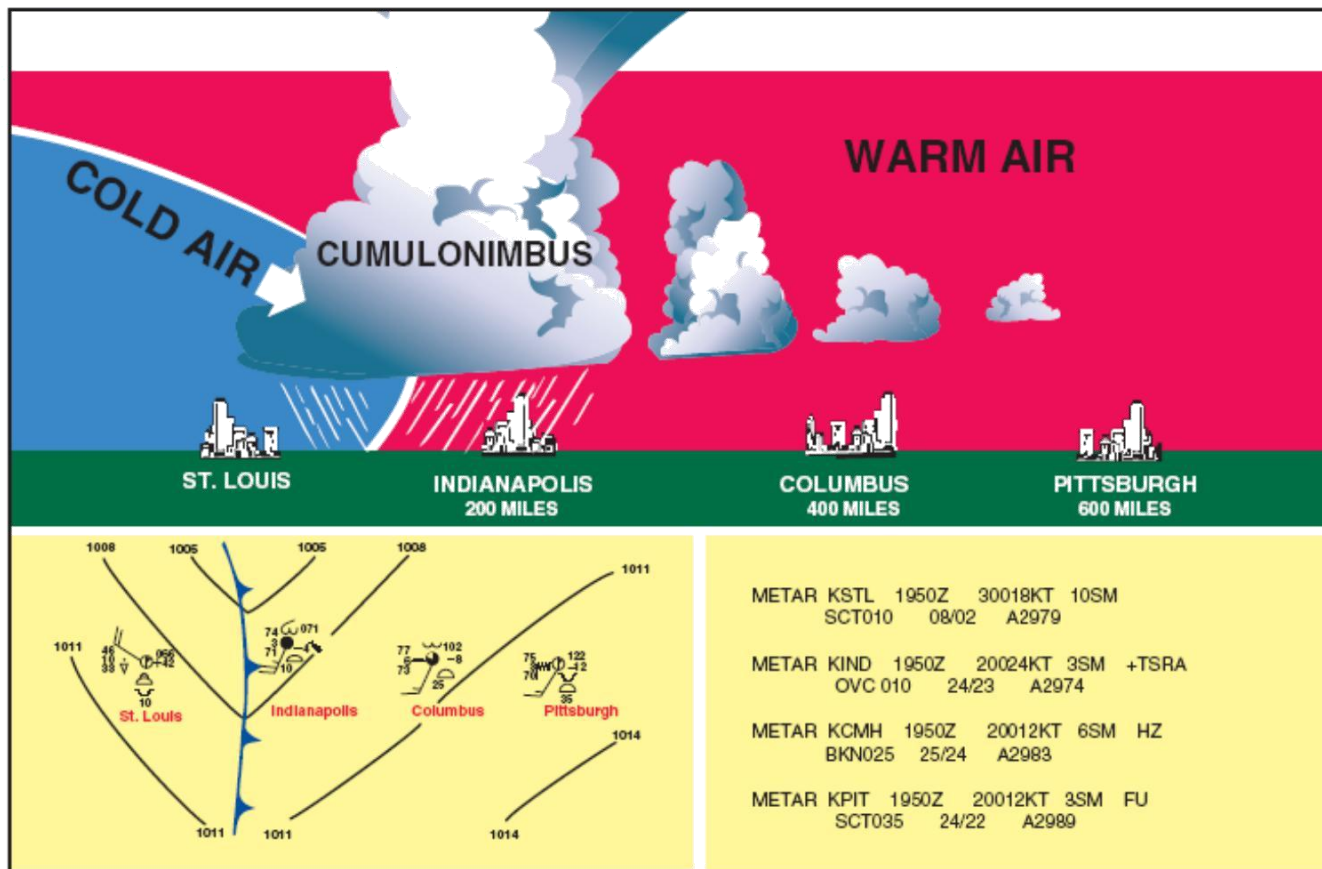
FRONT CHŁODNY - powstaje, gdy powietrze chłodne wypiera powietrze cieplejsze. Dzieje się to z większą prędkością i dynamiką niż w przypadku frontu ciepłego, dlatego zjawiska występujące na froncie chłodnym są bardziej intensywne, czasem gwałtowne. Przy wypieraniu ciepłego powietrza do góry następuje proces kondensacji pary wodnej i rozwój zachmurzenia kłębiasto-deszczowego (Cumulonimbus). Chmury ciągną się wzdłuż frontu, któremu towarzyszą często porywy wiatru, ulewne deszcze i burze. Front chłodny przemieszcza się nieco szybciej niż front ciepły, przeważnie z prędkością 25 - 50 km/godz.



© 2007 Thomson Higher Education

Występują głównie od wiosny do wczesnej jesieni (od maja do połowy września)

- Rozpoznanie: ściana chmur Cb
- Zmiany pogody następują gwałtownie
- Wzrost prędkości wiatru, porywy.
- Przynosi intensywne ulewy, burze i silne szkwały.
- Strefa opadów o szerokości 40-60 km.
- Opad trwa zazwyczaj 30-60 min.
- Pilot powinien uciekać od frontu.
- Po przejściu frontu krótkotrwałe roz pogodzenia, potem w chłodniejszej masie powietrza wzrost zachmurzenia (Cu i Cb), opady przelotne.
- Potem roz pogodzenia, w nocy bezchmurnie



Typowe zmiany elementów meteorologicznych występujących podczas przechodzenia frontu chłodnego.

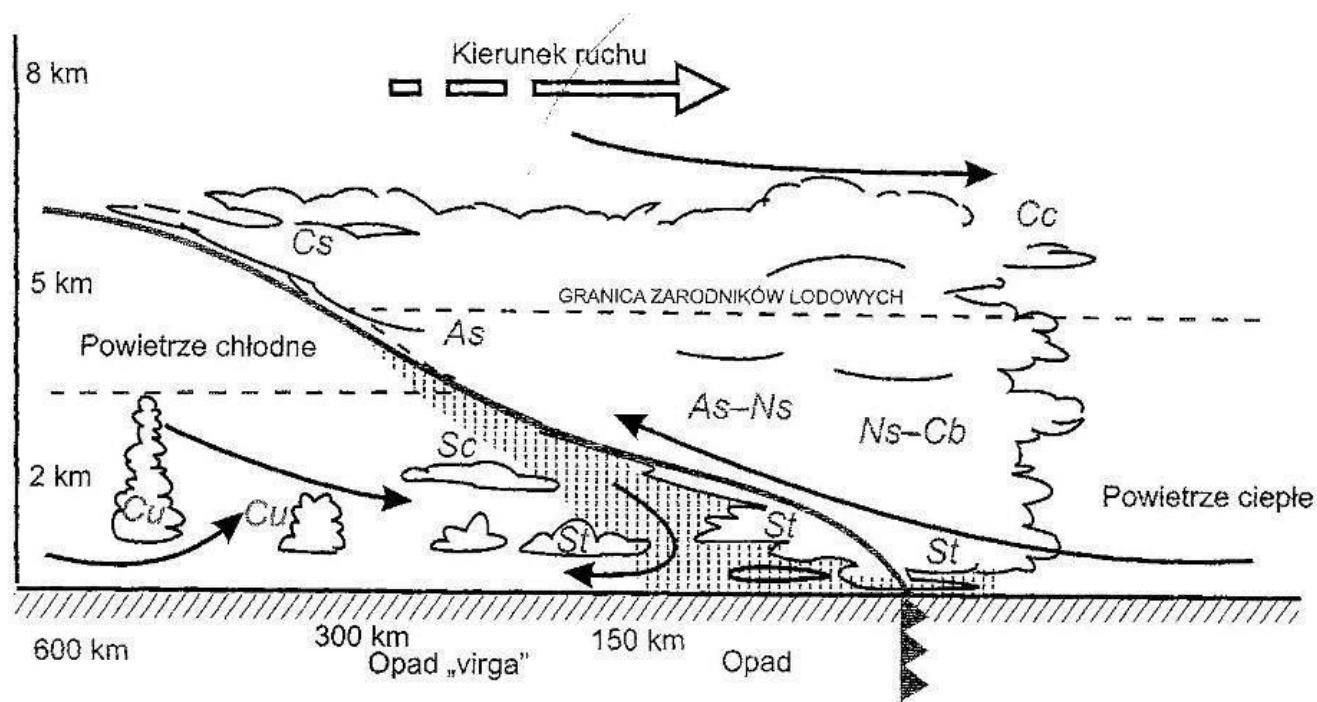
Elementy meteorologiczne	Przed frontem	W strefie frontowej	Za frontem
Ciśnienie	obniża się	wzrasta, niekiedy bardzo szybko	wzrasta
Temperatura	opada	opada	opada
Kierunek wiatru oraz prędkość	równoległy do linii frontu (zwykle południowo-zachodni), prędkość wzrasta, występują porywy wiatru a niekiedy nawet szkwał	zachodni i północno-zachodni, silny, okresami dość porywisty	północno-zachodni dość silny, słabnie
Zachmurzenie	wysoko chmury Ci i CS, przed frontem chmury kłębiaste C i kłębiasto opadowe CB, mogą występować niskie chmury S	zachmurzenie duże i całkowite przez chmury deszczowe CB, niekiedy połączone z chmurami AS i NS, mogą występować niskie chmury S	po przejściu frontu roz pogodzenia, niekiedy zachmurzenie zmienne przez chmury kłębiaste C i CB
Opady	Brak	opady przelotne i burze różnej intensywności, a w chłodnej porze roku śnieg	mogą występować przelotne opady deszczu, a w chłodnej porze roku śniegu

54. Fronty atmosferyczne

Granica pomiędzy masami powietrza

FRONT CHŁODNY OPÓŹNIONY (I-GO RODZAJU)

- Poza okresem lata: front chłodny opóźniony
- Prędkość przemieszczania 30-40 km/h.
- Powietrze chłodne powoli wklina się pod powietrze ciepłe
- Efektem odwrócony wślizg powietrza ciepłego po klinie powietrza chłodnego.
- Odwrócony układ chmur niż we froncie ciepłym.
- Mniejsza szerokość niż frontu ciepłego, większy kąt nachylenia powierzchni frontowych.
- Powstają chmury warstwowe Ns, As, Cs i strefa opadów ciągłych która występuje za frontem.
- W okresach przejściowych pomiędzy porami roku na czole frontu mogą powstać Cb a z nich opady przelotne i burze przechodzące w opady ciągłe.
- Fronty chłodne powstają w układach niskiego ciśnienia, ponieważ występuje tam zbieżność wiatru.
- Szerokość frontu 500-600 km.
- Długość strefy opadów 150-200 km.

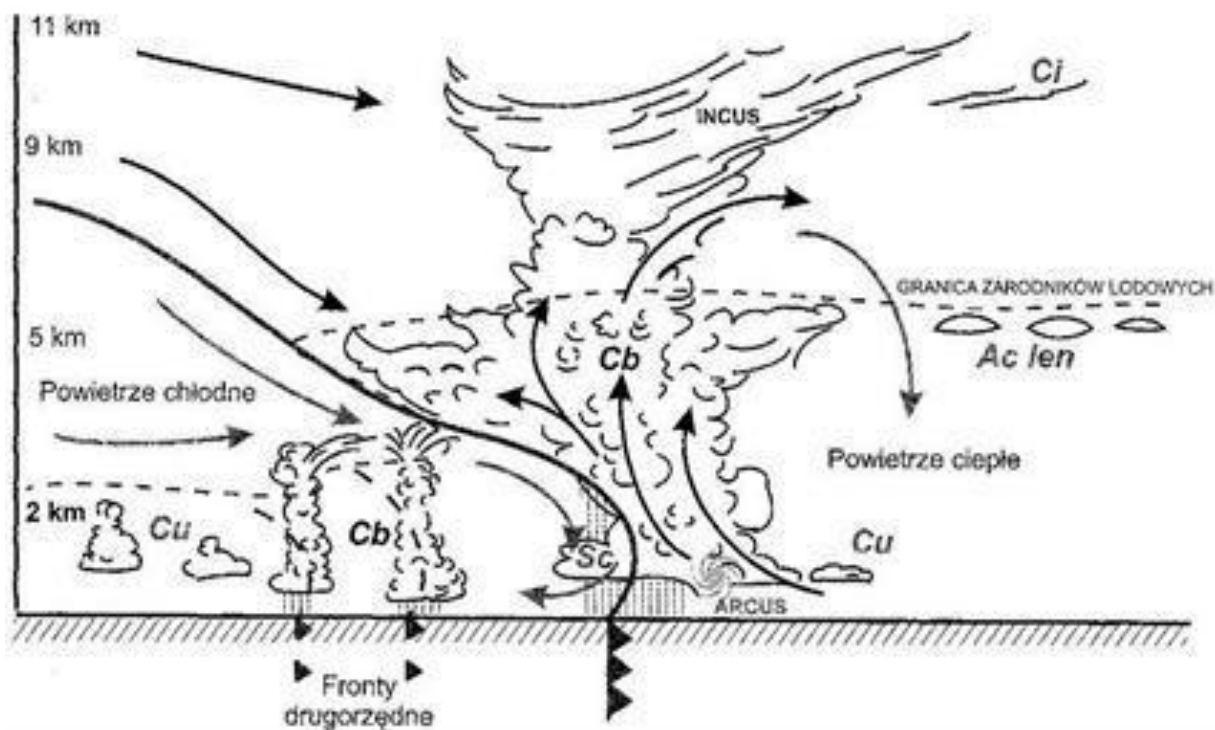


54. Fronty atmosferyczne

Granica pomiędzy masami powietrza

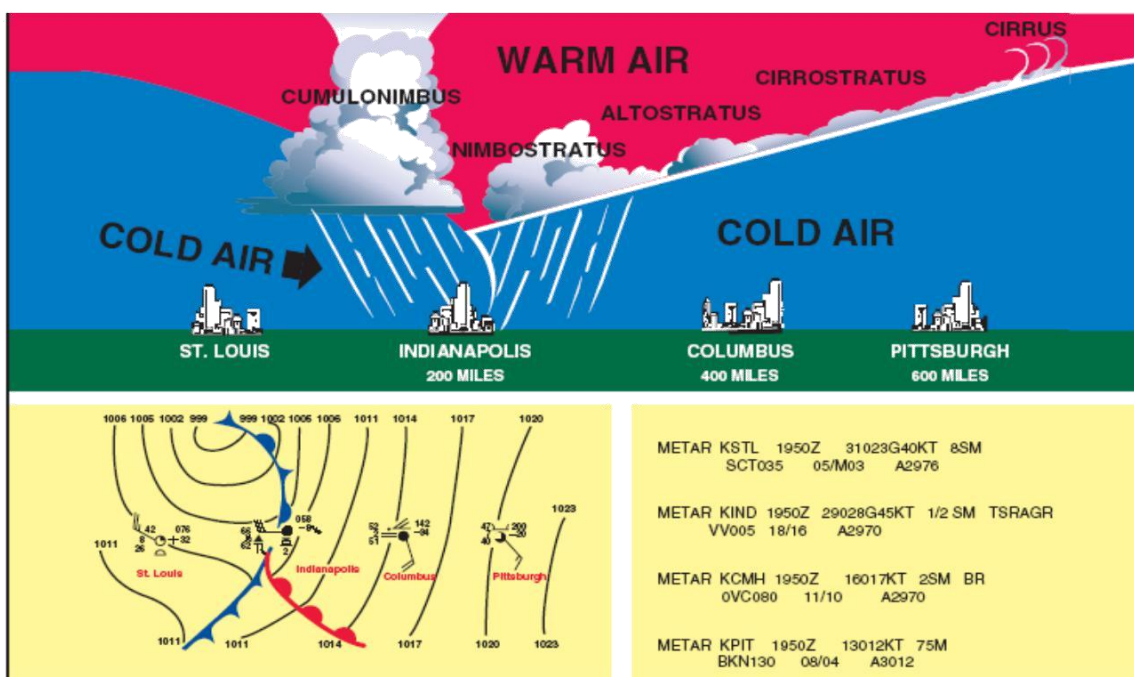
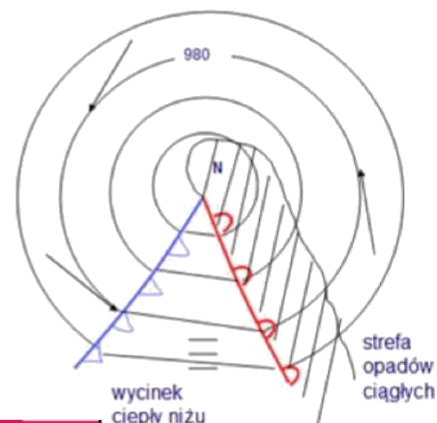
FRONT CHŁODNY II-GO RODZAJU (SZYBKI)

- Masa chłodnego powietrza wpycha się pod masę ciepłą.
- Na czole frontu ciepłe powietrze gwałtownie wyrzucane do góry, co skutkuje powstaniem wypiętrzonych Cb (także Cu).
- Zjawisko konwekcji dynamicznej, szybki rozwój chmur kłębiastych.
- Pojawiają się zwykle w porze letniej przynosząc wał burzowy o wyglądzie pionowej ściany.
- Z nich są przelotne opady i burze.
- Strefa zachmurzenia wąska: od 50 do 100 km
- Czas przejścia: 1 – 2h
- Prędkość frontu chłodnego II-go rodzaju: 40 – 60 km/h, lub nawet 80-100 km/h,
- Po froncie gwałtowna poprawa pogody.
- Zwiastuny zbliżania się frontu chłodnego II-go rodzaju: chmury Ac, Cc oraz Ac lent. – około 200 km przed ścianą chmur.
- Ac lent. powstają podczas zafalowania powietrza przepływającego ponad wierzchołkami chmur Cb.



54. Fronty atmosferyczne Okluzje

FRONT OKLUZJI - połączenie się dwóch frontów atmosferycznych (ciepłego i doganiającego go chłodnego) daje w rezultacie powstanie frontu zokludowanego. Okluzja występuje w miejscu styku trzech mas powietrza - masy powietrza ciepłego oderwanego od podłoża oraz dwóch mas powietrza chłodniejszych różniących się między sobą m.in. temperaturą.



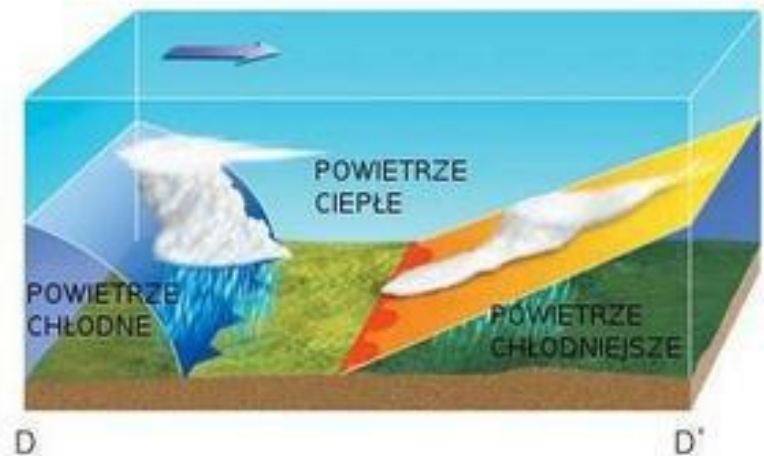
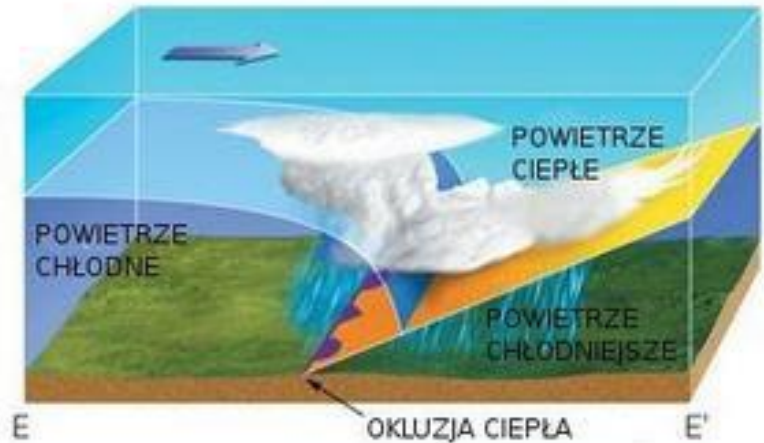
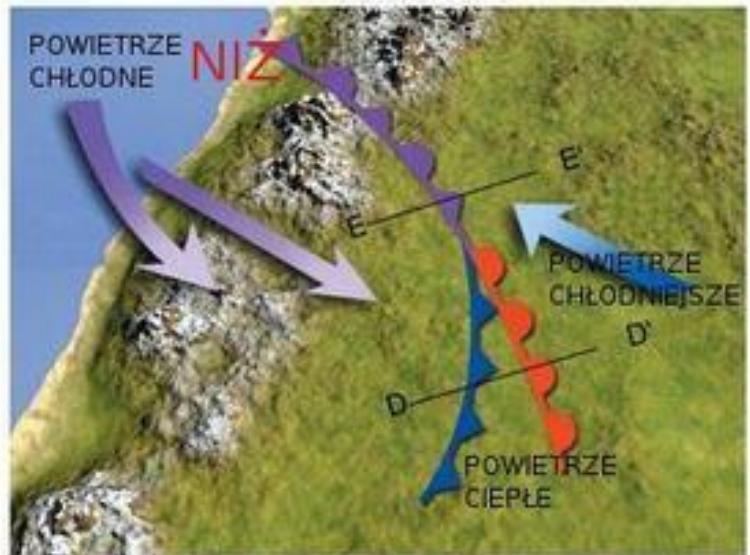
Zmiany podstawowych elementów meteorologicznych podczas przechodzenia frontu okluzji.

Elementy meteorologiczne	Przed frontem	W strefie frontowej	Za frontem
Ciśnienie	obniża się	obniża się	wzrasta
Temperatura	opada, niekiedy pozostaje bez zmian	opada, niekiedy pozostaje bez zmian	opada
Kierunek wiatru oraz prędkość	zwykle południowo-zachodni, prędkość wzrasta	zwykle zachodni, prędkość wzrasta	zwykle północno-wschodni, słabnie
Zachmurzenie	zachmurzenie duże i całkowite przez chmury warstwowe oraz chmury deszczowe NS	zachmurzenie duże i całkowite przez chmury deszczowe NS oraz CB	po przejściu frontu roz pogodzenia, niekiedy zachmurzenie zmienne przez chmury kłębiaste Cu i CB
Opady	opady ciągłe, w chłodnej porze roku opady śniegu	opady deszczu i przelotne opady deszczu, możliwe burze różnej intensywności, a w chłodnej porze roku śniegu	mogą występować przelotne opady deszczu, a w chłodnej porze roku śniegu

54. Fronty atmosferyczne Okluzje

FRONT OKLUZJI O CHARAKTERZE CIEPŁYM powstaje wtedy gdy powietrze za frontem chłodnym jest cieplejsze niż powietrze przed frontem ciepłym

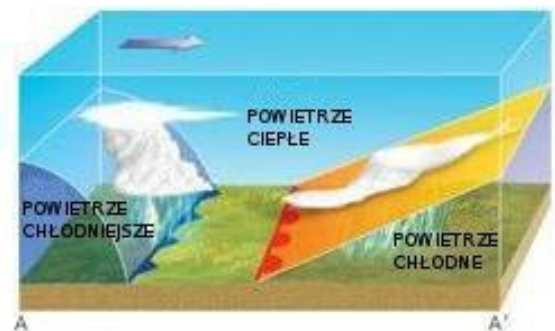
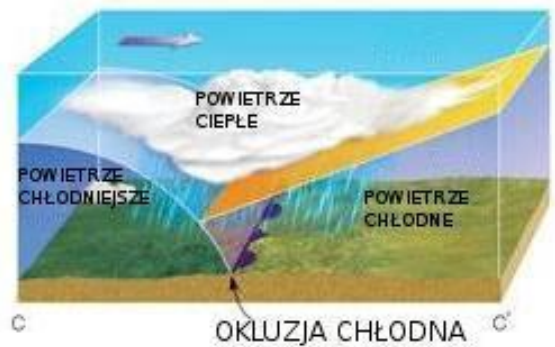
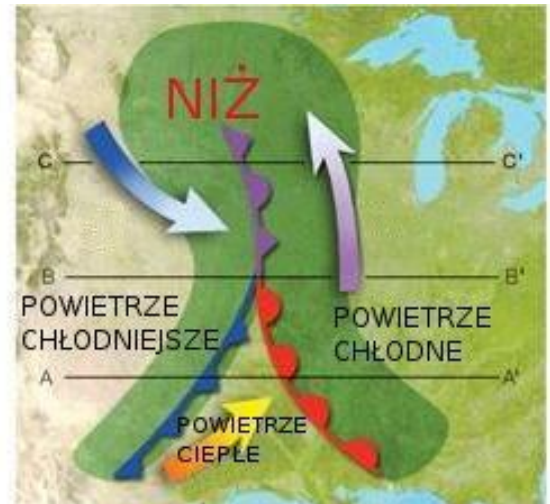
- Wynika z różnicy prędkości frontów - zimny szybszy od ciepłego
- Okluzja ciepła – podobna do frontu ciepłego.
- Różnica: na górnym froncie chłodnym wystąpią chmury Cb, a z nich opady przelotne i burze.
- Występuje gdy zimne powietrze frontu chłodnego jest cieplejsze niż chłodne powietrze przed frontem ciepłym.
- Front górny wyprzedza dolny o 200-300 km.
- Bardziej aktywny zimą.



54. Fronty atmosferyczne Okluzje

FRONT OKLUZJI O CHARAKTERZE CHŁODNYM powstaje wtedy, gdy powietrze za frontem chłodnym jest chłodniejsze niż powietrze przed frontem ciepłym

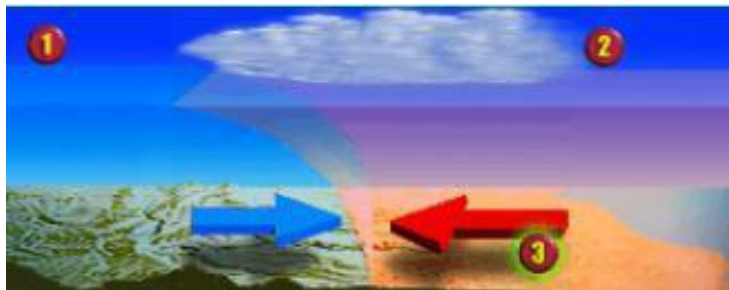
- Okluzja chłodna – podobna do frontu chłodnego.
- Różnica: zapowiadana jest przez chmury typowe dla frontu ciepłego.
- Wyraźna poprawa pogody po okluzji chłodnej.
- Występuje gdy zimne powietrze frontu chłodnego ma być zimniejsze od chłodnego powietrza przed frontem ciepłym.
- Front górny postępuje za frontem dolnym o 40-60 km.
- Najczęściej podczas lata.



54. Fronty atmosferyczne

Fronty stacjonarne

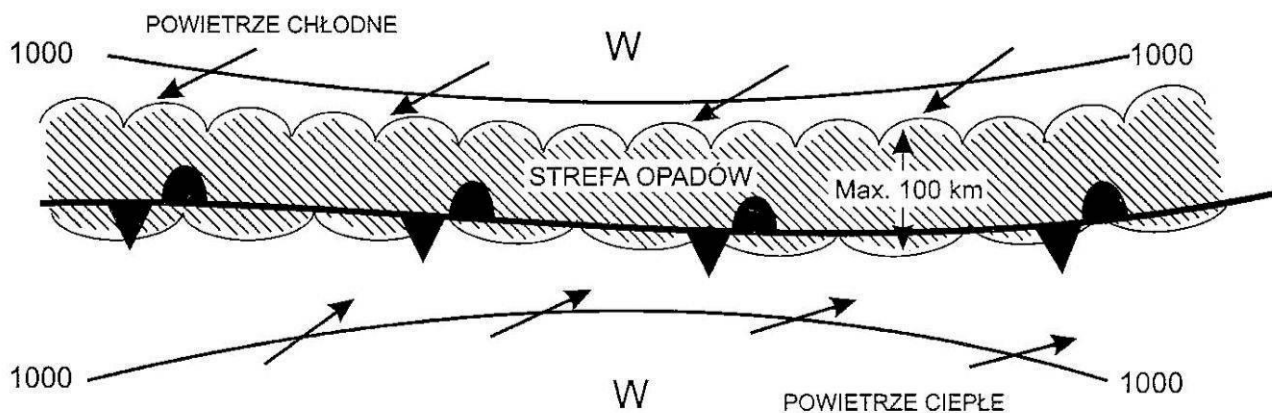
FRONT STACJONARNY – powstaje gdy ciepła masa powietrza przeciwstawia się chłodnej i na odwrót. W rezultacie żadna z mas powietrza nie wygrywa "bitwy" i sytuacja taka często przynosi kilka dni pochmurnej i wilgotnej pogody.



1 - masa powietrza chłodnego i suchego;
2 - masa powietrza ciepłego i wilgotnego,
3 - nierozstrzygnięta "bitwa" pomiędzy dwiema różnymi masami powietrza (front przemieszcza się bardzo wolno).

O tym czy front porusza się czy nie decyduje kierunek w jakim wieje wiatr górnego poziomu w stosunku do powierzchni frontowej. Kiedy wiatry te są prostopadłe do powierzchni frontowej utrzymują one front w ruchu. W przypadku kiedy wieją wzdłuż frontu (równoległe do jego powierzchni) spowalniają go. Fronty stacjonujące nad danym obszarem mogą ulec "rozwiązaniu", bądź też zacząć poruszać się na nowo, gdy wiatry zmienią kierunek na bardziej prostopadły do frontu i zaczną go "napędzać".

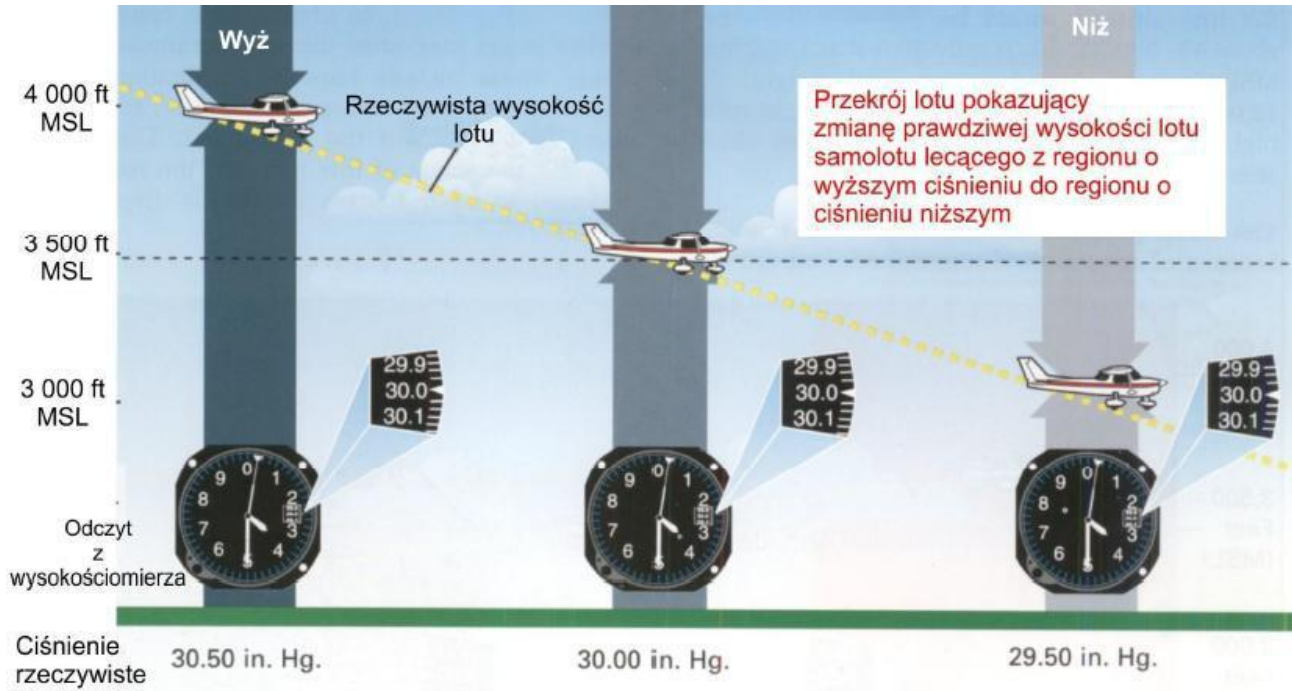
- Występują gdy dwie masy powietrza napierają na siebie z jednakową siłą.
- Powierzchnia frontowa przesuwa się bardzo powoli lub wcale.
- Występują w obszarach brzd niskiego ciśnienia lub w rozmytych polach barycznych (bezgradientowych).
- Izobary równoległe do linii frontu, wiatry przyziemne wieją wzdłuż tej linii.
- Jeśli prędkość poruszania się frontu wynosi poniżej 10 km/h to jest on quasistacjonarny.
- Choć powierzchnia frontowa nie porusza się, wzdłuż niej występuje wślizgiwanie i ześlizgiwanie mas powietrza.
- Może to prowadzić do powstania chmur frontowych.



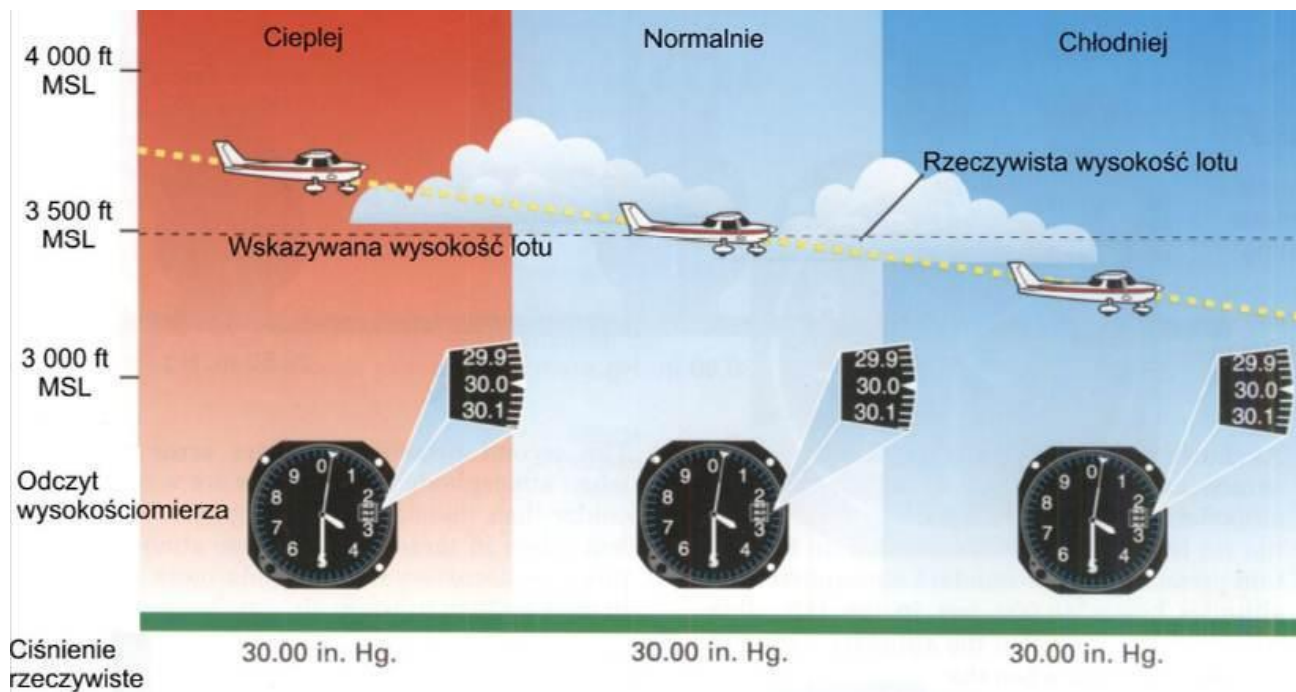
- Warunki pogodowe jak we froncie ciepłym lecz mniej intensywne.
- Szerokość strefy opadów rzadko przekracza 100 km.
- Mogą zalegać nad obszarem kilka kolejnych dni utrudniając wykonywanie lotów.
- Spadek gradientu temperatury i wzrost ciśnienia sprzyja rozmywaniu się frontów stacjonarnych.
- Spadek ciśnienia może spowodować wzrost aktywności frontu stacjonarnego, a nawet pojawienie się zafalowania frontowego i powstanie młodego cyklonu na froncie.

54. Fronty atmosferyczne Warunki lotu w zmiennych warunkach

Warunki lotu z wyższego ciśnienia do niższego



Warunki lotu z wyższego temperatury do niższej



55. Oblodzenie

Warunki sprzyjające powstawaniu oblodzenia

Oblodzenie

- Oblodzenie to zjawisko tworzenia się powłoki lodowej na powierzchni samolotu. Przyczyny tworzenia powłoki:
 - bezpośrednie osiadanie kryształków lodu lub śniegu;
 - zamarzanie kropelek pary lub deszczu przy zetknięciu się ich z samolotem;
 - sublimacja pary wodnej na powierzchni samolotu.

Najgroźniejsze oblodzenie występuje w chmurach związanych z frontami atmosferycznymi, wiąże się bowiem z długim czasem oddziaływania tak w poziomie jak i w pionie, szczególnie w okresie jesienno-zimowo-wiosennym, co wynika z dużej rozciągłości strefy oblodzenia.

Możemy spodziewać się oblodzenia gdy:

- woda w stanie ciekłym,
- temperatura powietrza poniżej 0 °C,
- temperatura płatowca poniżej 0 °C.

Warunki powstania

Przechłodzone kropelki cieczy to woda w stanie ciekłym występująca poniżej 0 °C. Przechłodzone kropelki mogą występować do -40 °C, po zetknięciu z płatowcem samolotu zamarzają.



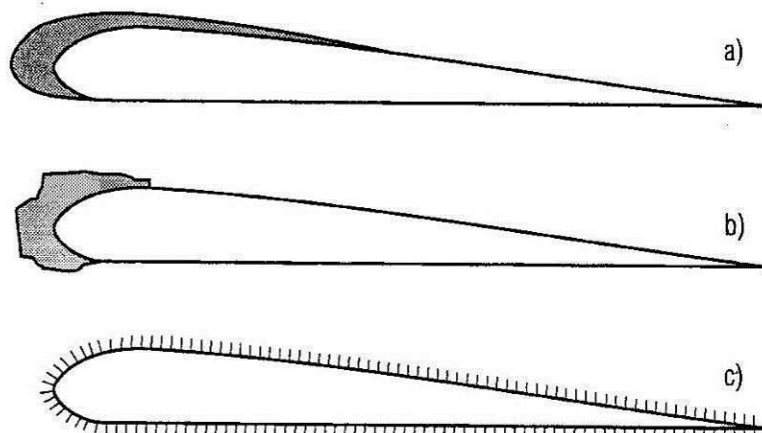
The image you are trying to reach doesn't exist.
Please go directly to <http://altair.com.pl/>

Obrazek który próbujesz wczytać nie istnieje.
Proszę przejść na stronę <http://altair.com.pl/>



Oblodzenie – rodzaje

Ze względu na kształt osadzającego się lodu możemy wyróżnić trzy formy oblodzenia pokazane poniżej:



Formy oblodzenia:

- a) profilowe; b) bryłowate;
c) szron

- **Oblodzenie profilowe.** Jeśli duża przechłodzona kropelka cieczy uderzy w samolot, zacznie zamarzać a to wydzieli utajone ciepło krzepnięcia. Opóźnia to proces zamarzania powodując, że część kropelek będzie opływać płatewiec tworząc dużą powierzchnię zajęętą oblodzeniem. Oblodzenie to nie zmienia kształtu profilu. Około 1/80 kropelek zamarza podczas uderzenia. Oblodzenie profilowe jest przezroczyste, gdyż nie zawiera pęcherzyków powietrza, przez to może w początkowej fazie być trudno zauważalne.
- Oblodzenie śmigła może powodować silne wibracje, gdy duża ilość lodu zbierze się na śmigle może odpaść i spowodować uderzenie bryły lodu w kadłub i uszkodzenie jego powierzchni.
- Oblodzenie profilowe powstaje w chmurach Ns, Cu, Cb gdy temperatura wynosi od 0 do -20 °C. Ten typ oblodzenia często występuje razem z oblodzeniem bryłowatym.
- **Oblodzenie bryłowate.** Gdy przechłodzone kropelki cieczy lub krople zawieszane w chmurach są małe zamarzają od razu po uderzeniu w płatewiec. Pomiedzy zamarzającymi kropelkami zostaje uwięzione powietrze tworząc nieprzezroczystą białą czapę lodową. Oblodzenie bryłowate nie rozprzestrzenia się na dalszych powierzchniach profilu, gromadząc się przy krawędzi natarcia i będąc ubijane przez napływające powietrze. Zmienia się kształt profilu, co wpływa na opływ powietrza dookoła skrzydła, kadłuba i powierzchni sterowych, znacząco wpływając na proces powstawania siły nośnej – jej zmniejszenie oraz zwiększenie oporu aerodynamicznego.
- Oblodzenie to tworzy się w temperaturze od -0 °C do -7 °C wszędzie tam gdzie istnieją drobne kropelki cieczy, w chmurach: Ns, As, Ac, St, Sc i w częściach chmur kłębiastych gdzie istnieją małe przechłodzone kropelki cieczy. Może też powstawać z mokrego marznącego śniegu.



55. Oblodzenie

Skutki pokrycia szronem, lodem matowym, lodem szklistym

Skutki pokrycia szronem, lodem matowym, lodem szklistym

- **Szron.** Jest to biały krystaliczny osad podobny do tego powstającego na ziemi. Tworzy się w chmurach o małej wodności lub w warunkach bezchmurnych np. przy zniżaniu się z dużej wysokości, gdy powierzchnia samolotu jest przechłodzona a samolot znalazł się nagle w otoczeniu gdzie temperatura jest wyższa, wówczas powierzchnia samolotu (szczególnie oszklenie kabiny) pokrywa się szronem.
- Wyróżnimy dwa rodzaje szronu:
 - a) **na ziemi.** Zwykle występuje w nocy i jest zbliżony do tego występującego powszechnie na samochodach. Musi być usunięty przed startem ponieważ:
 - zwiększa opór tarcia powierzchni podczas rozbiegu,
 - zmniejsza przejrzystość oszklenie kabiny,
 - powoduje interferencje sygnałów radiowych odbieranych przez anteny.
 - b) **w locie.** szron występuje w locie z następujących powodów:
 - podczas zniżania z bardzo zimnych warstw do cieplejszych i wilgotnych,
 - jeśli wznosimy się z warstwy o temperaturze poniżej 0°C poprzez warstwę inwersji.
- Ten rodzaj oblodzenia nie jest zbyt intensywny ani groźny. Znika na skutek wlecenia w obszar o wyższej temperaturze (zniżanie) lub rozpędzenie samolotu (rozgrzanie na skutek tarcia, ogrzewania kinetycznego).

Ze względu na strukturę lodu wyróżniamy następujące jego rodzaje:

- **lód szklisty** – powstaje w chmurach o dużej wodności, w temperaturach od 0°C do -20°C z przechłodzonych kropeł wody, które zamarzają przy zderzeniu z powierzchnią samolotu, tworząc równomierną powłokę;
- **lód matowy** – tworzy się w chmurach zbudowanych z przechłodzonych kropeł wody i kryształków lodu. Tworzy się w temperaturach poniżej -10°C, ma budowę krystaliczną.
- **szadź** – powstaje w chmurach zbudowanych z drobnych przechłodzonych kropełek wody, które zamarzając zamykają powietrze będące między nimi. Szadź posiada zdolność zmiany kształtu oblodzenia, w procesie jego powstawania. Najczęściej występuje w chmurach typu stratus.



Intensywność oblodzenia:

- Lekkie (Light) – przyrost grubości 0,5 mm/min
- Umiarkowane (Moderate) – od 0,5 do 1 mm/min
- Silne (Severe) – około 1 do 2 mm/min

55. Oblodzenie

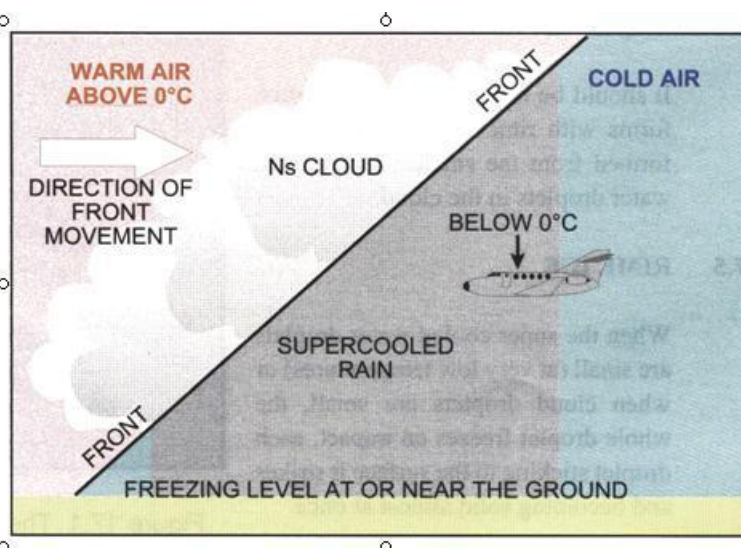
Wpływ oblodzenia na osiągi samolotu

Wpływ oblodzenia na osiągi samolotu

- **Marznący deszcz** jest **najbardziej niebezpieczną formą oblodzenia**. Powstaje gdy padający deszcz jest przechłodzony poprzez opad ze strefy inwersji w obszar powietrza o temperaturze poniżej 0°C. Deszcz nie zamarza od razu po zderzeniu z samolotem lecz opływa jego powierzchnię tworząc oblodzenie profilowe.

Oblodzenie przy marzącym deszczu przyrasta bardzo szybko i należy jak najszybciej wykonać zakręt o 180 stopni aby uciec ze strefy niebezpiecznego oblodzenia.

Marzący deszcz powstaje w wąskim przedziale wysokości w dolnych warstwach, około 300 m przed ciepłym frontem lub frontem okluzji i występuje w szczególności z ciągłym umiarkowanym opadem, który spotykamy przy chmurach Ns.



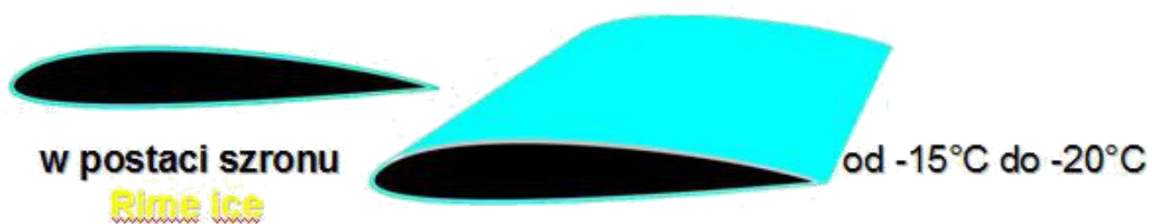
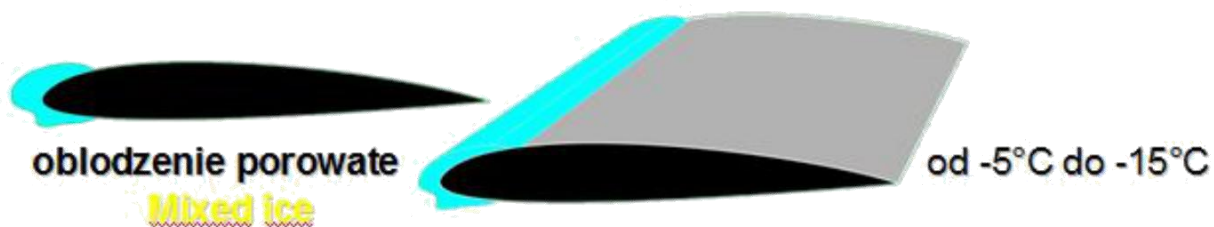
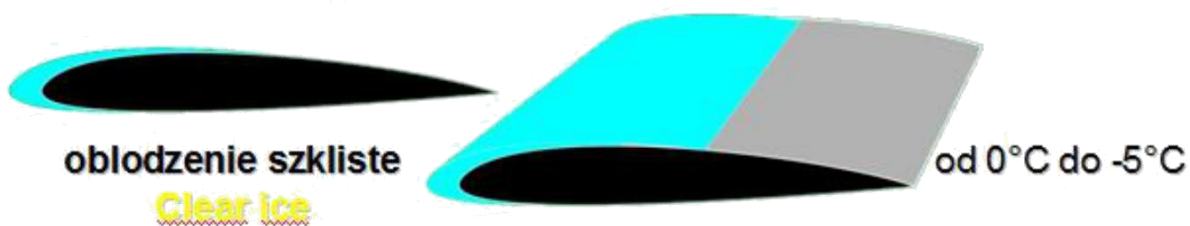
Rozmiar przechłodzonych kropelek cieczy. Zależy to od typu zachmurzenia i temperatury:

- **Umiarkowane/ silne oblodzenie profilowe** – duże przechłodzone kropelki cieczy występują w chmurach Cu, Cb, Ns wówczas gdy temperatura wynosi od 0 °C do -20 °C.
- **Lekkie/umiarkowane oblodzenie bryłowe** – małe przechłodzone kropelki cieczy występujące w chmurach warstwowych, temperatura od 0 °C do -10 °C.
- **Lekkie oblodzenie bryłowe** – w chmurach warstwowych przechłodzone krople są mniejsze poniżej -10 °C.
- **Oblodzenie bryłowe** – w chmurach Cu, Cb i Ns mogą występować małe przechłodzone krople ale tylko w temperaturach od -20 °C do -40 °C.

Poniżej -40 °C przechłodzone kropelki cieczy są bardzo małe i występujące oblodzenie jest pomijalnie małe.

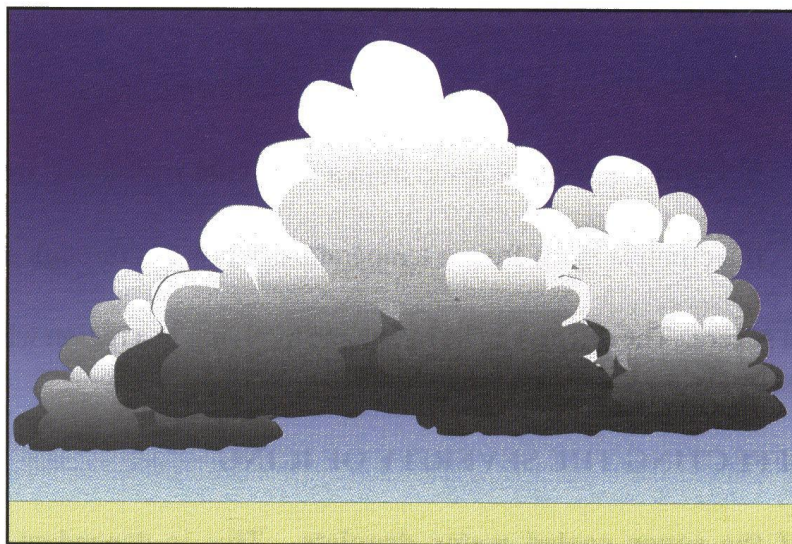
Koncentracja kropelek cieczy. W chmurach kłębiastych ze względu na silniejsze prądy wznoszące jest więcej kropelek cieczy. Stąd chmury Cu, a w szczególności Cb zawierają dużo przechłodzonych kropelek powodując zagrożenie zjawiskiem silnego oblodzenia.

Wpływ oblodzenie na osiągi samolotu



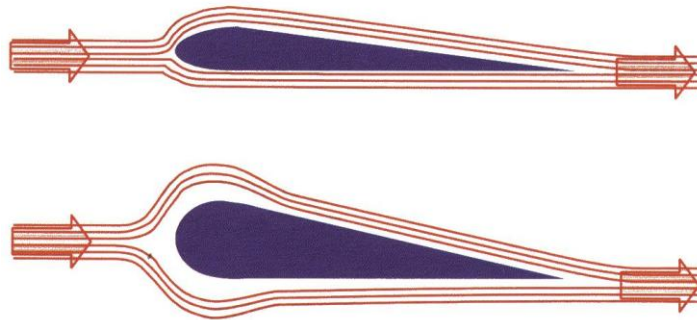
- Zawsze najwięcej kropeł zbiera się blisko podstawy chmury, gdzie jest najcieplej. Oblodzenie dla poszczególnych chmur jest następujące:

1. Cu, Cb – silne,
2. Ns – umiarkowane do silnego,
3. Sc – słabe do umiarkowanego.
4. Inne – lekkie (dla Ci, Cs, Cc brak oblodzenia).

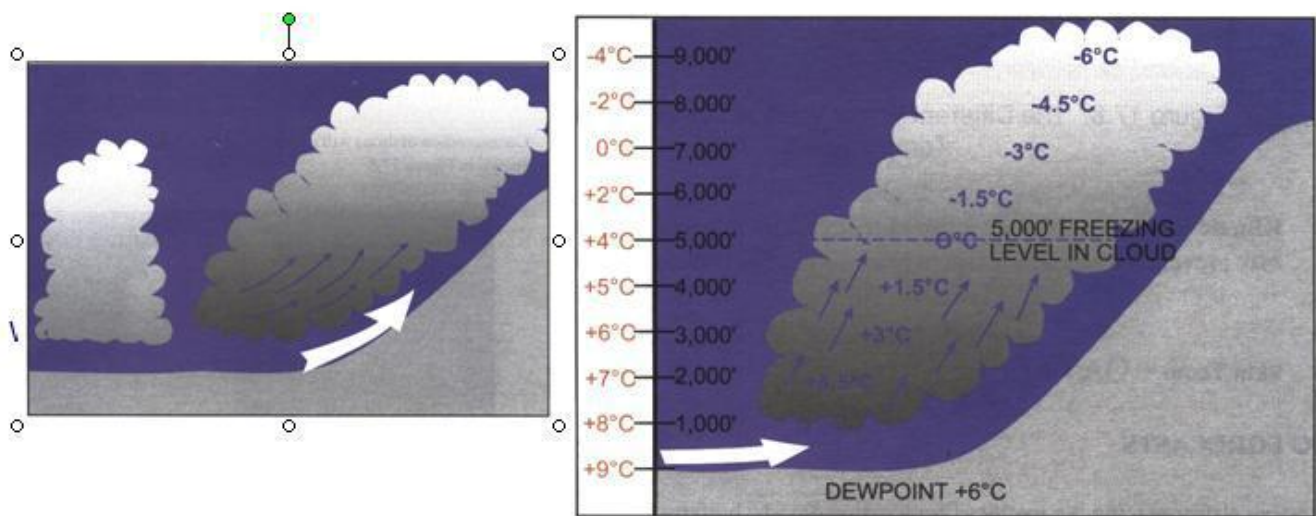




Kształt profilu. Profile o małej grubości akumulują lód szybciej niż grube. Stąd skrzydła o małej grubości i wszystkie dajniki ciśnienia są podatne na oblodzenie. Duża prędkość lotu również wpływa na intensywność oblodzenia, w jednostce czasu większa ilość kropelek uderza w płatowiec. Nagrzewanie na skutek tarcia kinetycznego może zneutralizować ten efekt.



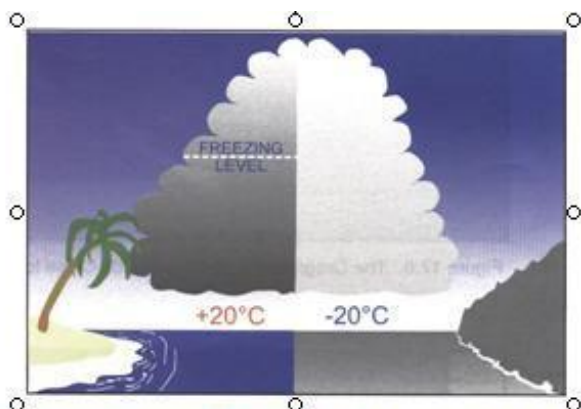
Bliskość gór. Optyw pasma górskiego powoduje powstanie prądów wznoszących w chmurach powodując wzrost liczby i wielkości kropelek cieczy zwłaszcza przy podstawie chmura, a co i za tym idzie intensywność oblodzenia.



- Izoterma 0°C w chmurze blisko zbocza może być niżej niż w otaczającym powietrzu, szczególnie gdy jest unoszone powietrze o równowadze stałej.



Temperatura przy podstawie chmury. Im wyższa temperatura tym większa ilość pary wodnej. Kondensacja następuje najpierw przy podstawie chmury, jest tam zatem największa ilość wody mogącej zamienić się w lód. Ilość skroplonej pary wodnej na każdej wysokości w chmurze jest tym większa im wyższa jest temperatura.

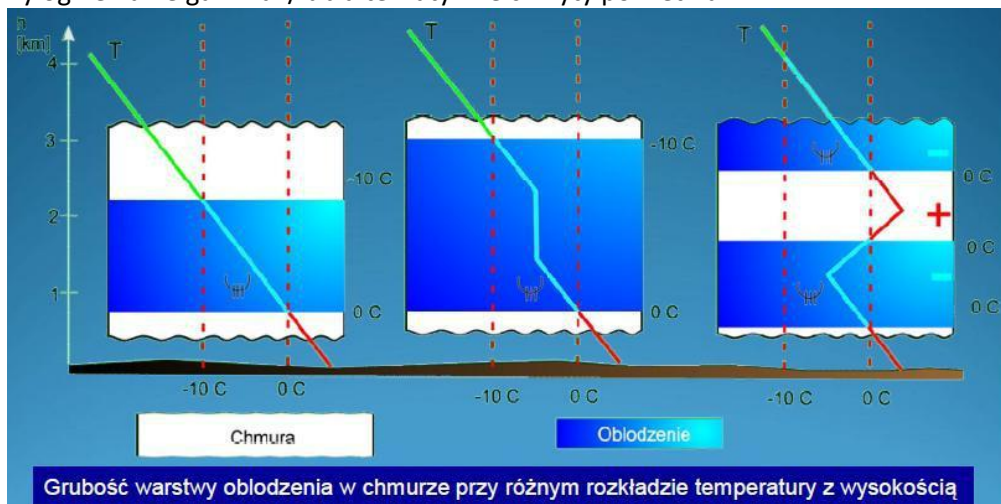


Zawartość pary wodnej w chmurze jest zależna od temperatury.

Ogrzewanie kinetyczne. Choć ogrzewanie płatowca na skutek tarcia kinetycznego do temperatury powyżej 0°C może wyhamować osadzanie się lodu, wzrost z temperatury znacznie poniżej 0°C może zwiększyć intensywność oblodzenia.

1. **Oblodzenie skrzydeł i ogona.** Wzrost masy samolotu. Oblodzenie brytowe zmienia profil skrzydła, drastycznie zmniejszając współczynnik siły nośnej. Podczas wypuszczania klap rośnie kąt natarcia statecznika poziomego co przy jego oblodzeniu może spowodować przeciągnięcie statecznika poziomego i utratę kontroli nad samolotem. Podczas lądowania przy spodziewanych warunkach oblodzenia podchodzimy z większą prędkością i nie używamy klap.
2. **Oblodzenie układów sterowania.** Najprędzej oblodzeniu ulegają zawiasy. Należy co jakiś czas poruszać sterami w locie aby skruszyć ewentualnie odkładający się lód. Jeśli samolot stał na zewnątrz w niskiej ujemnej temperaturze należy przed lotem poruszać wszystkimi sterami włącznie z wypuszczeniem klap, po uruchomieniu silnika w samolotach z przestawianym śmigłem kilkakrotnie zmienić skok śmigła.
3. **Oblodzenie rurki Pitota'a i Venturi.** Oblodzenie rurki Pitota powoduje zafałszowanie wskazań prędkościomierza, całkowite zatkanie dajników ciśnienia sprawia, że prędkościomierz wskazuje zero. Zatkanie dyszy Venturiego (instalacja podciśnienia) powoduje, że nie działa zasilany podciśnieniem sztuczny horyzont, żyrobosola i zakrętomierz. Większość samolotów posiada ogrzewanie elektryczne rurki Pitota i Venturi.
4. **Oblodzenie anteny.** Na wystających elementach płatowca w tym antenach najwcześniej pojawia się lód. Intensywnie oblodzona antena utrudnia lub wręcz uniemożliwia korespondencję radiową i odbiór sygnałów pomocy nawigacyjnych.
5. **Oblodzenie szyby kabiny.** Oblodzenie szyby ogranicza widzialność, jest to groźne podczas startu i lądowania. Oblodzenie przeszklenia kabiny może nastąpić nawet przy bezchmurnym niebie, np. przez szron. Celem przeciwdziałania oblodzenia na owiewce stosuje się płyny na bazie spirytusu, ogrzewanie elektryczne lub mechaniczne.
6. **Oblodzenie gaźnika. Zamarzanie paliwa.** Na skutek spadku ciśnienia w gardzieli gaźnika spada temperatura powietrza, w odpowiednich warunkach temperatury i wilgotności może osadzać się lód. Paliwo może

również zamarzać w załamaniach układu dolotowego jeśli zawiera ono wodę. Aby temu zapobiec stosujemy ogrzewanie gaźnika i/lub alternatywne chwytty powietrza.



7. **Oblodzenie kanałów wlotowych powietrza (silniki wtryskowe).** Przy sprzyjających warunkach niebezpieczna ilość lodu może pojawić się już po 2-3 minutach lotu.
8. **Oblodzenie łopatek sprężarki.** Wiąże się z występowaniem przechodzących krople cieczy. Zazwyczaj nie zachodzi równomiernie, od wirnika po końcówki łopatek. Oprócz ograniczenia dopływu powietrza do silnika może powodować wibracje lub nawet uszkodzenie sprężarki (łożyska, łopatki – na skutek odrywających się kawałków lodu). W celu zapobieganiu tego zjawiska powietrze wstępnie ogrzewa się.
9. **Oblodzenie śmigła.** Spada sprawność zespołu śmigło-silnik. Występują drgania. Im mniejsza prędkość obrotowa tym większe prawdopodobieństwo oblodzenia. Rozpoczyna się od piasty śmigła i rozprzestrzenia się w kierunku końcówek łopat. Niebezpieczeństwo odrywających się odłamków lodu. Zapobieganie poprzez ogrzewanie śmigła lub użycie cieczy o niskiej temp. krzepnięcia.



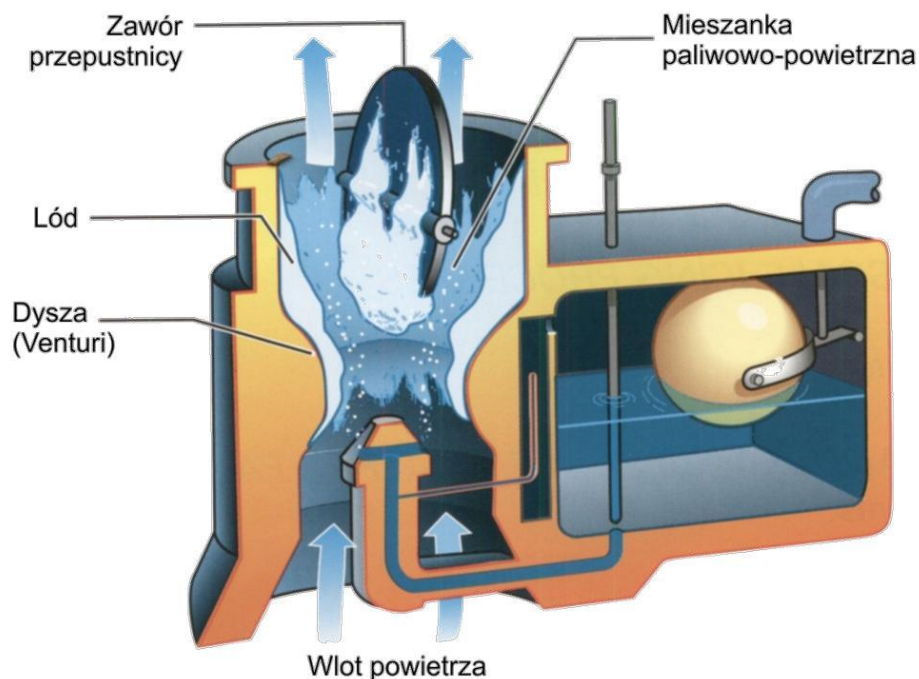
Intensywność	Wzrost i nagromadzenie lodu	Postępowanie pilota
Trace (Śladowe)	Lód przyrasta bardzo powoli. Stosunek nagromadzenia lodu jest większy niż stosunek jego odpadania z powodu sublimacji.	Jeśli czas pobytu w oblodzeniu jest mniejszy niż 1 godzina, to wyposażenie de-icing/anti-icing i/lub ogrzewanie lub zmiana wysokości nie jest wymagana
Light (małe)	Stosunek przyrostu lodu może stworzyć problem i niebezpieczeństwo dla lotu w tym otoczeniu przez 1 godzinę	Wyposażenie de-icing lub anti-icing jest wymagane. Wymaga się zmiany kursu lub wysokości
Moderate (umiarkowane)	Stosunek przyrostu jest szybszy. Może spowodować potencjalne zagrożenie dla lotu	Wyposażenie de-icing lub anti-icing jest wymagane. Wymaga się zmiany kursu lub wysokości
Severe (silne)	Stosunek przyrostu jest bardzo duży. Wyposażenie de-icing oraz anti-icing nie usuwa lodu. Może spowodować potencjalne zagrożenie dla lotu	Natychmiast zmienić kurs lub wysokość lotu.

55. Oblodzenie

Oblodzenie zespołu napędowego

Oblodzenie gaźnika

Błędne są stwierdzenia, że oblodzenie gaźnika występuje tylko przy niskich temperaturach otoczenia oraz podczas lotu w warunkach zredukowanej widzialności (mgła, zamglenie, chmura). Zjawisko to może stanowić istotne zagrożenie również w przejrzystym powietrzu, w temperaturach nawet do $+30^{\circ}\text{C}$.



Przyczyny powstawania oblodzenia

Bezpośrednią przyczyną powstawania oblodzenia w gaźniku jest spadek temperatury powietrza przepływającego przez gaźnik. Może to nastąpić w dwojaki sposób:

1. Spadek temperatury powietrza w gaźniku, wywołany absorbowaniem tzw. ciepła utajonego.

Do wytworzenia mieszanki paliwowo-powietrznej konieczne jest odparowanie paliwa, czyli przejście ze stanu ciekłego w stan gazowy. Aby było to możliwe, niezbędne jest dostarczenie ciepła, które spowoduje parowanie cieczy. W związku z tym, do odparowania paliwa absorbowane jest ciepło z powietrza, które dociera do gaźnika z otoczenia (po przejściu przez filtr powietrza). Oznacza to, że powietrze w gaźniku ulega schłodzeniu.

2. Adyabatyczne chłodzenie powietrza podczas przepływu przez dyszę Venturiego.

Strumień powietrza przepływającego przez przewężenie ulega przyspieszeniu. Wzrost prędkości przepływu powoduje spadek jego temperatury. Konstrukcja gaźnika zawiera przewężenie przekroju zwane dyszą Venturiego. W tym miejscu następuje duży spadek temperatury, który może doprowadzić do oblodzenia gaźnika. Efekt ten jest tym większy, im mniej otwarta jest przepustnica. Przymknięcie przepustnicy powoduje zmniejszenie przekroju poprzecznego dyszy dolotowej, co potęguje efekt Venturiego.

W obu przypadkach następuje spadek temperatury powietrza w gaźniku. Jeżeli efekty te wystąpią jednocześnie, to temperatura powietrza może się zmniejszyć nawet o 30°C . W takiej sytuacji, powietrze nienasycone może osiągnąć temperaturę punktu rosy. Wówczas w wyniku kondensacji para wodna w nim zawarta zaczyna się skraplać i osadzać na ściankach gaźnika oraz przepustnicy. Dalszy spadek temperatury powoduje zamarzanie osiadłych kropelek czyli powstawanie lodu.

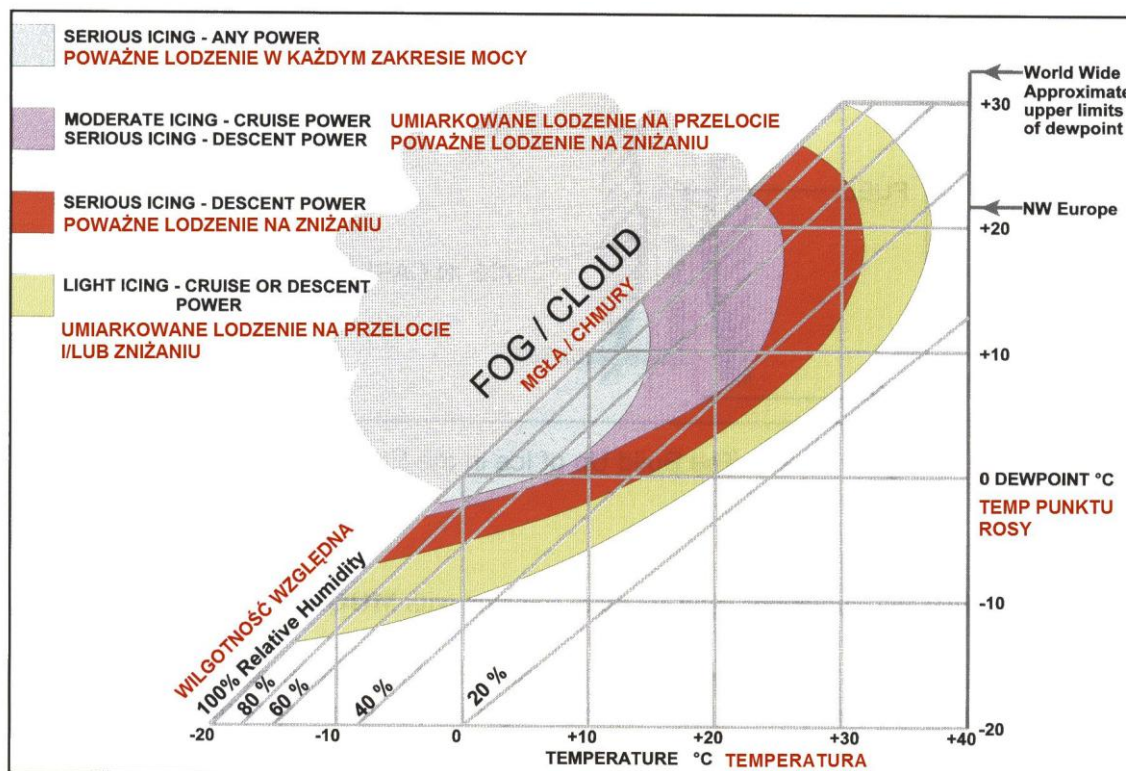


Trzy podstawowe czynniki decydują o powstaniu oblodzenia. Są nimi: **temperatura otoczenia, wilgotność względna oraz ustawienie przepustnicy**. Podstawowe zależności pomiędzy nimi oraz ich wpływ na powstawanie oblodzenia przedstawione są poniżej:

1. Jeżeli wilgotność względna powietrza wynosi ponad 30%, to oblodzenie gaźnika może wystąpić nawet przy temperaturze +30°C. Największe prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanego zjawiska ma wówczas miejsce przy całkowitym lub częściowym zamknięciu przepustnicy (np. zniżanie bez użycia mocy lub przy niewielkiej mocy silnika).
2. Wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia oblodzenia ma miejsce przy dowolnym nastawieniu mocy silnika w zakresie temperatur od -2 do +15°C przy wilgotności względnej powyżej 60% dla temperatury +15°C oraz dla wilgotności powyżej 90% dla temperatury -2°C.
3. Oblodzenie gaźnika stanowi znacznie mniejsze zagrożenie, gdy temperatura otoczenia jest znacząco poniżej 0°C. Przy temperaturze -10°C i wilgotności 100% może wystąpić jedynie słabe oblodzenie, natomiast dla temperatur poniżej -15°C oblodzenie gaźnika zazwyczaj nie występuje.
4. Przy temperaturach otoczenia do +20°C oraz wilgotności względnej już od 60% może wystąpić oblodzenie gaźnika na mocach przelotowych.
5. Generalnie, częściowo otwarta przepustnica daje większe prawdopodobieństwo oblodzenia, niż jej pełne otwarcie.

Sytuacje w locie, w których oblodzenie gaźnika jest wysoce prawdopodobne:

1. Mgła lub zamglenie, a także lot w pobliżu dużego zbiornika wodnego wieczorem lub o poranku.
2. Lot w pobliżu wilgotnego gruntu, przy lekkim wietrze.
3. Tuż poniżej podstaw chmur, gdzie powietrze jest bliskie nasycenia lub pomiędzy warstwami chmur.
4. W opadzie (szczególnie deszczu).
5. W chmurze.
6. W przejrzystym powietrzu np. na lotnisku lub w okolicy, gdy mgła lub chmura niedawno zanikła.





Zasady stosowania podgrzewu gaźnika:

- włączony podczas zniżania i lądowania,
- nie używamy go do startu i lotu na pełnej mocy (spadek mocy silnika),
- zbyt mocne grzanie może spowodować przedwczesny zapłon mieszanki,
- należy utrzymywać temp. mieszanki w gaźniku w zakresie eksploatacyjnym,
- dla samolotów bez wskaźnika okresowo włączać ogrzewanie i sprawdzać czy nie wzrastają obroty,
- na ziemi należy unikać włączania grzania, gdyż powietrze nie jest filtrowane, jednak w niesprzyjających warunkach na ziemi przy niskich obrotach może nastąpić oblodzenie gaźnika,
- jeśli silnik w locie traci moc nie należy od razu włączać pełnego grzania gdyż topniejący lód może jeszcze pogorszyć pracę silnika.

Skutki oblodzenia gaźnika.

Osadzanie się lodu w przewodzie doprowadzającym mieszankę paliwowo-powietrzną do silnika prowadzi do zmniejszenia przekroju poprzecznego tego przewodu. W rezultacie maleje dopływ powietrza do silnika, co powoduje stopniowy spadek mocy. Sygnałem o budującym się oblodzeniu gaźnika jest spadek obrotów silnika (dla samolotów ze śmigłem o stałym skoku) lub spadek ciśnienia ładowania (dla samolotów ze zmiennym skokiem śmigła).

W obu przypadkach dodatkową oznaką oblodzenia mogą być wibracje oraz nierówna praca układu napędowego. Ten objaw następuje zazwyczaj jako drugi. Prawidłową reakcją ze strony pilota powinno być włączenie podgrzewu gaźnika oraz w miarę możliwości opuszczenie warunków sprzyjających oblodzeniu.

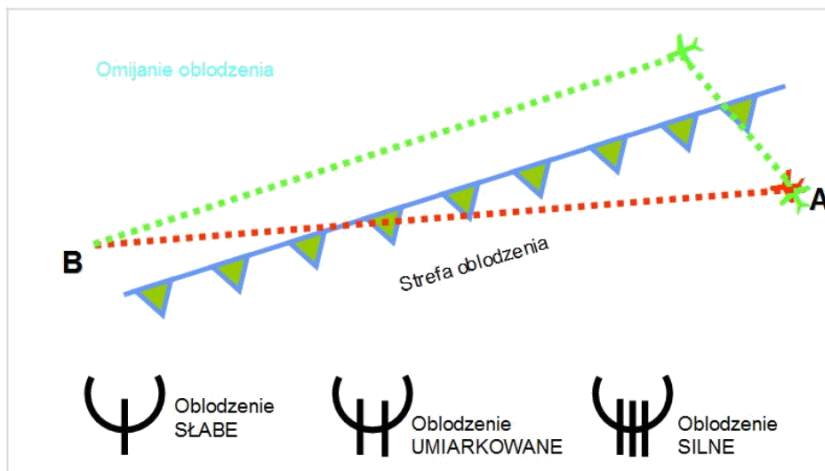
Brak reakcji ze strony pilota może doprowadzić do dalszego rozrostu warstwy zalodzenia, całkowitego zatkania dyszy i w rezultacie do zgaśnięcia silnika. W takim momencie użycie podgrzewu gaźnika nie przyniesie rezultatów, ponieważ niepracujący silnik nie będzie wytwarzał ciepła (odbieranego od spalin), niezbędnego do roztopienia zalegającego lodu.

Podsumowanie najważniejszych elementów:

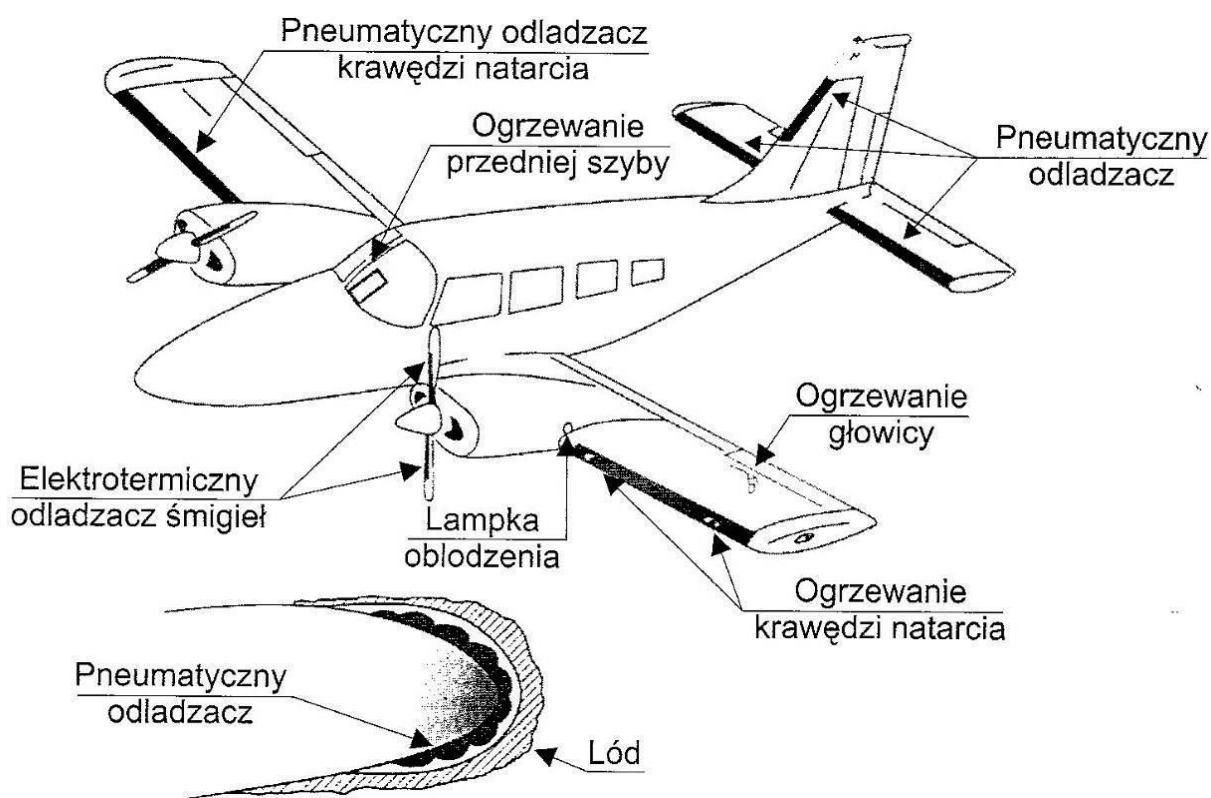
1. Większe ryzyko wystąpienia oblodzenia gaźnika występuje w ciepłych i wilgotnych masach powietrza, które częściej występują w sezonie letnim niż zimowym.
2. Najlepszą metodą na pozbycie się problemu oblodzenia jest unikanie warunków jemu sprzyjających. Lecz często zjawisko to potrafi występować w najmniej spodziewanych okolicznościach. Dlatego u pilota niezbędna jest znajomość Instrukcji Użytkownika w Locie swojego samolotu oraz procedur w niej zawartych, dotyczących oblodzenia w trakcie lotu.
3. Dokładna analiza przedlotowa warunków meteorologicznych oraz znajomość kwestii oblodzenia gaźnika pozwala na bezpieczne wykonywanie operacji lotniczych.

Środki ostrożności i unikanie warunków oblodzenia

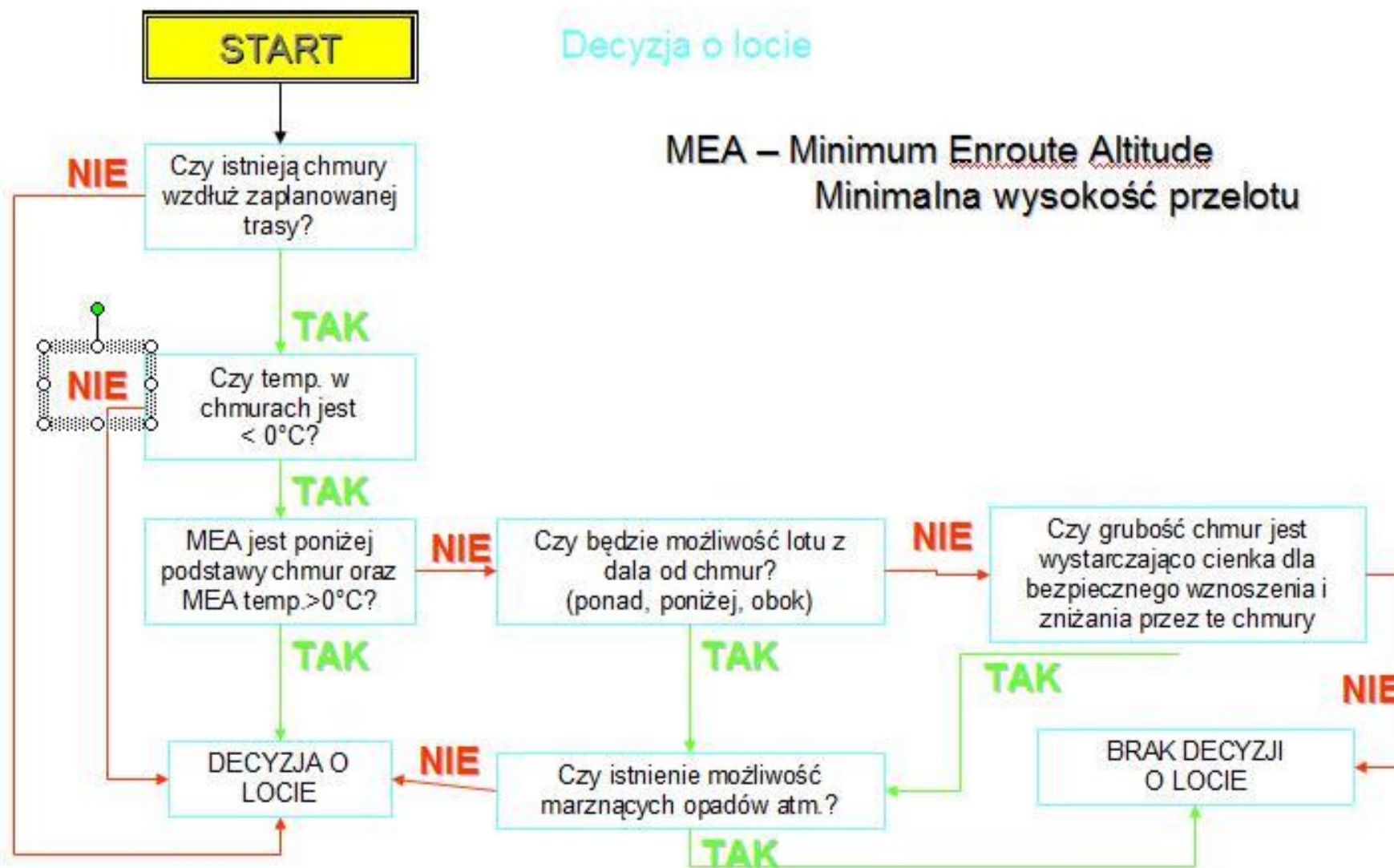
- Przygotowanie samolotu do eksploatacji zimowej. Instalacja osłon silnika. Kontrola nagrzewnicy gaźnika. Kontrola instalacji ogrzewania Pitota. Sprawdzanie odpowietrzeń instalacji olejowej, paliowej, akumulatora. Kontrola zawartości wody w paliwie.
- Oczyszczenie płatowca przed lotem.
- Sprawdzić działanie instalacji przeciwooblodzeniowej.
- Przed kołowaniem sprawdzić wychyleni sterów, klap; kołować powoli, unikając kałuż wody i błota śniegowego.
- Kilkakrotnie użyć hamulców przed startem.
- Po starcie kilkakrotne schowanie i wypuszczenie podwozia.
- Dla samolotów z przestawialnym śmigłem raz na 30 minut lotu przestawić dźwignię w skrajne położenia, utrzymywanie większych obrotów dla zwiększenia siły odśrodkowej.
- Zwracać szczególnie uwagę na wysokość izotermy 0 C, chmury, mgłę i opady.
- W locie używać dostępnej instalacji przeciwooblodzeniowej (Anti-icing i De-icing).
- Jeśli wystąpi oblodzenie jak najszybciej opuścić strefę jego występowania podwyższając lub obniżając lot w zależności od sytuacji.



Elementy instalacji przeciwooblodzeniowej samolotu PZL M-20 Mewa



55. Oblodzenie
Środki ostrożności i unikanie warunków oblodzenia





56. Burze

Tworzenie się – masy powietrza, burze frontowe, orograficzne

- **Burza** to zjawisko atmosferyczne w postaci silnego rozwoju chmury cumulonimbus w połączeniu z wyładowaniami elektrycznymi pomiędzy chmurami lub pomiędzy chmurą a ziemią i towarzyszącą temu zjawisku efektami akustycznymi w postaci grzmotu.
- **Burza** rozwija się w powietrzu o równowadze chwiejnej z dużą ilością pary wodnej.
- Cecha charakterystyczną burz jest występowanie nagłych porywistych wiatrów i silnych krótkotrwałych opadów.
- **Burze** występują głównie w okresie letnim. W ciągu roku na obszarze Polski występuje średnio 20-30 dni burzowych.

Warunki sprzyjające rozwojowi burzy:

- Rzeczywisty gradient większy niż wilgotnoadiabatycki w warstwie o grubości co najmniej 3 km i rozciągającej się ponad izotermę 0°C.
- Odpowiednia ilość wilgoci pozwalająca na powstanie i rozwój chmury.
- Nasylenie powietrza na niskim poziomie poprzez:
 - Konwekcję cieplną,
 - Proces orograficzny,
 - Zbieżność powietrza,
 - Unoszenie na czole frontu.

W zależności od warunków, w jakich dochodzi do rozwoju burz dzielimy je na burze:

- ciepłe,
- frontowe.

TYPY BURZ

BURZE WEWNĄTRZMASOWE: termiczne i adwekcyjne.

BURZE TERMICZNE powstają wskutek nagrzania się gorących i wilgotnych mas powietrza znajdujących się w przy powierzchniowej warstwie granicznej. Burze te powstają bez udziału wspomaganie frontowego w jednolitej chwiejnej masie. Komórki takie powstają zazwyczaj w drugiej części dnia lub pierwszej części nocy.

Najczęściej burze termiczne występują w postaci pojedynczych komórek lub w postaci nie zorganizowanego klastra burzowego. Zazwyczaj podczas zwiększonego przepływu w atmosferze możemy mieć do czynienia z formowaniem się klastrów burzowych przemieszczających się zgodnie z przepływem na 500hPa.

Pojedyncze komórki najczęściej mają charakter stacjonarny. W bardzo ciepłe, wręcz upalne dni Cumulonimbussy charakteryzują się bardzo dużą aktywnością elektryczną.



Cumulonimbus Calvus



Cumulonimbus

Największym zagrożeniem podczas przechodzenia burz wewnątrzmasowych jest zazwyczaj ulewny lub wręcz nawalny opad deszczu. Dość często zdarza się że po burzy następuje zalanie lub podtopienie jednej lub kilku miejscowości. W skrajnych przypadkach komórki takie mogą doprowadzić do większych powodzi.

W przypadku dużej chwiejności termodynamicznej, dość nisko położonej izotermy 0 stopni i przy wzmożonym przepływie powietrza istnieje ryzyko uformowania się sporych wielkości **kul gradowych**. Natomiast w przypadku umiarkowanej lub dużej chwiejności termodynamicznej i jednoczesnym pojawieniu się niedosytów wilgoci na różnych poziomach atmosfery, istnieje ryzyko pojawienia się niszczących porywów wiatru tzw. **downburst**. W sprzyjających warunkach podczas przechodzenia tego rodzaju komórek możliwe jest uformowanie się **trąby powietrznej** lub tak zwanego funnel cloud czyli trąby powietrznej nie dotykającej i nie wyrządzającej szkód na ziemi. W czasie występowania głębokiej, wilgotnej konwekcji w warunkach wzmożonego przepływu istnieje możliwość pojawienia się wszystkich rodzajów superkomórek burzowych.

Burze termiczne w Polsce występują w okresie od połowy kwietnia do września. Największe szanse na pojawienie się tego typu konwekcji daje u nas napływ z kierunku Morza Czarnego. W strefie równikowej komórki takie występują niemal cały rok i wypiętrzają się nawet na wysokość ponad 18km. W naszym kraju burze te nie osiągają aż takich zdumiewających rozmiarów, jednak są i tak sprawcami wielu szkód i strat. Najwyższe chmury rozbudowują się do ponad 15km wysokości.

BURZE ADWEKCYJNE - Burze te są specyficznym rodzajem burz wewnątrzmasowych, występują najczęściej za chłodnym frontem atmosferycznym w strefie napływu chłodnego powietrza polarnomorskiego lub arktycznego. Chłodne powietrze nacierając na zalegające przy powierzchni ziemi cieplejsze i wilgotniejsze, często dodatkowo rozgrzewane przez promienie słoneczne powietrze, powoduje jego unoszenie się do góry.

Na skutek napływu chłodnych mas w górnych poziomach atmosfery i często insolacji pojawia się duży pionowy gradient temperatury, który jest przyczyną niestabilności troposfery. Burze adwekcyjne przybierają zarówno formę pojedynczych komórek, jak i zorganizowanych multikomórek, czy też linii szkwału. Pojedyncze odizolowane Cumulonimbussy powstają w czasie, kiedy przepływ w atmosferze jest niewielki.

Podczas zwiększonego przepływu, co w przypadku pojawienia się adwekcji chłodnego powietrza jest dość częste, pojawiają się liczne konwekcyjne układy wielokomórkowe, często z liniami szkwałowymi. W takich warunkach na czele tych komórek często pojawiają się **chmury szelfowe**. W przypadku

wzmożonego przepływu istnieją szanse na wytworzenie się małej superkomórki burzowej. Z racji na to że podczas napływu chłodnej masy izoterma 0 jest dość nisko nad ziemią, a przepływ w atmosferze jest dość duży, istnieje spore ryzyko pojawienia się opadu gradu. Grad ten zwykle nie osiąga dużych rozmiarów, jednak jego częstość występowania w takich sytuacjach jest większa. Nieraz zdarza się, że po przejściu burz adwekcyjnych trawniki i ulice robią się białe niczym w porze zimowej. Dodatkowo innym istotnym zagrożeniem jest wiatr, który zazwyczaj jest generowany podczas przechodzenia linii szkwałowej podczas przechodzenia chmury szelfowej, lub tuż za nią.



Burza adwekcyjna



Burze adwekcyjne w Polsce mogą występować przez cały rok, jednak najczęściej pojawiają się od wiosny do jesieni. W zimie i wczesną wiosną komórki te przybierają specyficzną postać burz śnieżnych. Wtedy mamy do czynienia z chwilowymi, ale za to niezwykle silnymi opadami śniegu lub krupy śnieżnej. Burze takie nie występują w strefie klimatu równikowego. Chmury w burzach adwekcyjnych zazwyczaj nie osiągają poziomu 9km nad ziemią i obejmują swoim zasięgiem mniejsze obszary niż burze frontowe czy też termiczne. Mniejsza jest także aktywność elektryczna, zdarza się czasem tak, że podczas przechodzenia takiej burzy wystąpi jedno lub kilka wyładowań.



chmura szelfowa z komórki adwekcyjnej

BURZE FRONTOWE są zazwyczaj najbardziej

dynamicznymi i za razem najgwałtowniejszymi burzami na naszych szerokościach geograficznych. Powstają one niemal na wszystkich rodzajach frontów, jednak najczęściej ma to miejsce w strefie frontu chłodnego. Najgwałtowniejsze burze frontowe powstają na styku dwóch skrajnie różnych mas powietrza. Najczęściej są to: powietrze zwrotnikowe i polarnomorskie.



pojedyncza komórka burzowa

Duża szansa na pojawienie się burz występuje podczas wypierania ciepłego, zwrotnikowego powietrza przez szybko poruszający się front chłodny. Kolejną ciekawą sytuacją jest szybkie nacieranie frontu ciepłego. Często na nim pojawia się tak zwana konwekcja uniesiona, która występuje wtedy, kiedy chwiejna wilgotna masa powietrza przemieszcza się nad chłodniejszą i bardziej stabilną znajdującą się przy ziemi. Burze frontowe mogą przybierać najróżniejsze postacie, począwszy od pojedynczych słabo zorganizowanych komórek, przez klastry i linie szkwału, po rozległe układy MCS. Wszystko zależy od tego, jak aktywny jest dany front. W sytuacji, gdy masy powietrza są dość suche, a kinematyka jest mała, powstają słabo zorganizowane komórki lub struktury wielokomórkowe. Takie burze zwykle nie powodują zniszczeń.

Inna sytuacja panuje, kiedy front przemieszcza się dość szybko, a parametry termodynamiczne i kinematyczne są podwyższone. Tworzyć się wtedy mogą rozległe układy MCS z wbudowanymi liniami szkwałowymi oraz superkomórkami. Przejście takich układów zazwyczaj jest często niebezpieczne. Mogą występować wtedy niszczące porywy wiatru, opady dużego gradu, ulewne opady deszczu, a nawet trąby powietrzne.

W czasie takich sytuacji zniszczenia występują na znacznym obszarze, a same chmury Cumulonimbus, zazwyczaj w postaci superkomórek czy rozbudowanej burzy wielokomórkowej, mogą zajmować obszar kilku województw. Specyficznym przypadkiem jest sytuacja, kiedy mamy do czynienia z frontem stacjonarnym, przepływem mas powietrza niemal równoległym do tego frontu i z dobrze zaznaczoną strefą konwergencji. Jeśli w strefie konwergencji pojawi się duża chwiejność termodynamiczna i duża wodność atmosfery, wtedy głównym



zagrożeniem są tzw. układy **training storms**. Są to komórki burzowe, które jedna po drugiej przechodzą nad tym samym obszarem. Takie układy mogą doprowadzić do powstania powodzi błyskawicznych, które potrafią wyrządzić potężne szkody materialne, jak i stanowią poważne

zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi i zwierząt.



Kolejnym bardzo niebezpiecznym i zarazem ciekawym przypadkiem jest **falujący front** z wbudowanymi ośrodkami niskiego ciśnienia. W takiej sytuacji ciepłe i chłodne

odcinki frontu przechodzą jeden

po drugim nad tym samym obszarem. Doprowadza to do gwałtownych zmian mas powietrza, na skutek których następuje rozwój potężnych chmur Cumulonimbus. Mogą pojawiać się niemal wszystkie formacje burzowe, a w połączeniu z dużym przepływem w atmosferze mogą być one niezwykle dynamiczne i niszczyielskie. Często w takich sytuacjach tworzą się superkomórki burzowe przynoszące opady dużego gradu, a nawet silne tornada.

chmura szelfowa

W Polsce burze frontowe **występują głównie od kwietnia do października**, jednak zdarzają się także zimą. Często przed chłodnymi frontami atmosferycznymi rozwijają się burze wewnątrzmasowe. Dobrym przykładem na burzowy incydent zimy jest orkan Cyryl, który przechodził przez Europę w styczniu 2007 r. Mieliśmy wtedy do czynienia z wręcz niespotykanymi warunkami kinematycznymi,

przy jednoczesnym napływie bardzo ciepłej i chwiejnej masy powietrza jak na tę porę roku. W niektórych miastach naszego kraju nocą termometry wskazywały blisko 15 stopni Celsjusza, a gradient ciśnienia między południem a północą Polski przekraczał aż 30 hPa. W nocy przez całą południową Polskę przeszedł rozległy układ MCS przynoszący porywy wiatru przekraczające 130 km/h z ogromną aktywnością elektryczną. **Burze frontowe stanowią najgroźniejszą odmianą burz w umiarkowanych szerokościach geograficznych**, jednak, jak widać, innych rodzajów burz nie wolno lekceważyć.

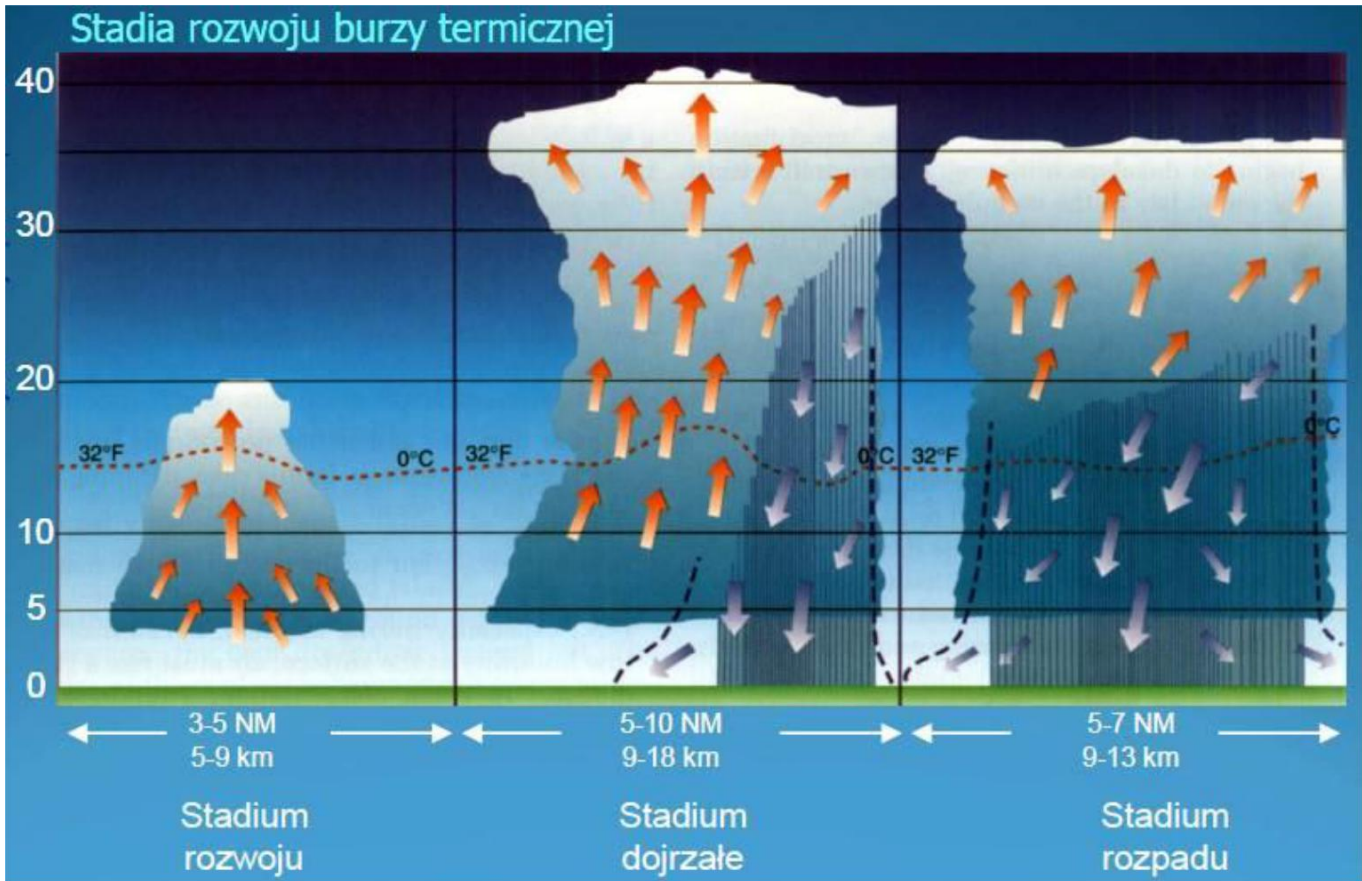


Mammatus



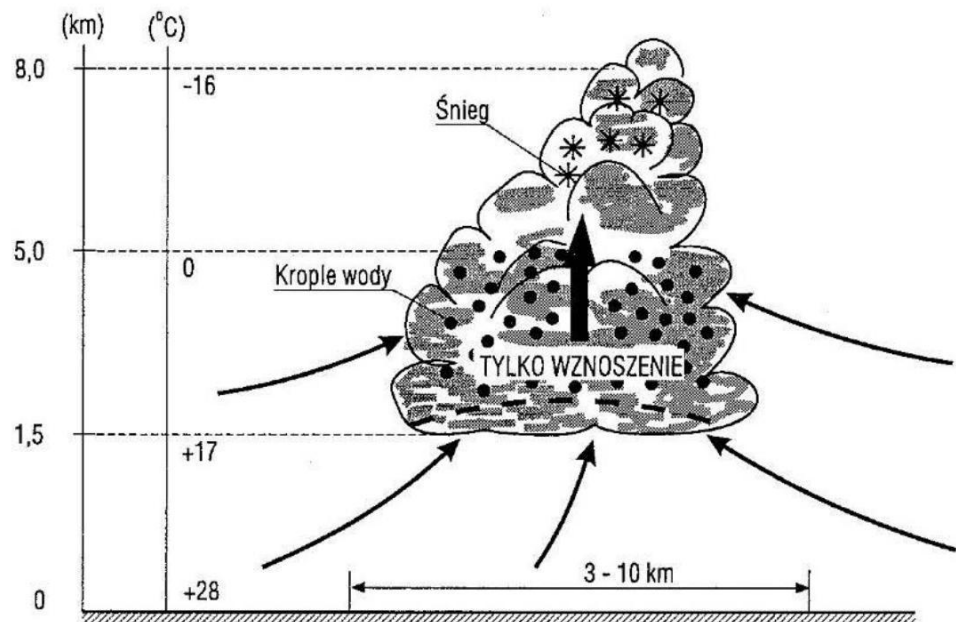
Burza frontowa

56. Burze
Wymagane warunki powstawania



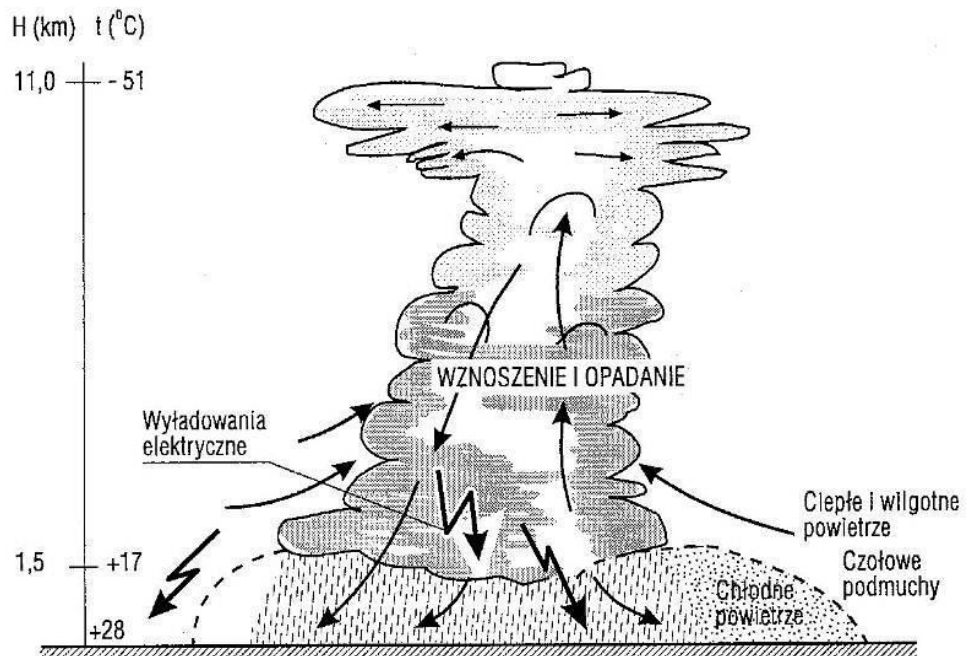
Stadium rozwoju.

Kilka małych chmur Cu łączy się tworząc jedną długą o szerokości około 10 km. Występują silne prądy wznoszące dochodzące do 10 m/s. Powietrze na zewnątrz chmury jest silnie zasysane aby zapęnić przestrzeń po wznoszącym się powietrzu, towarzyszy temu silna turbulencja. Faza ta trwa od 10 do 20 minut.

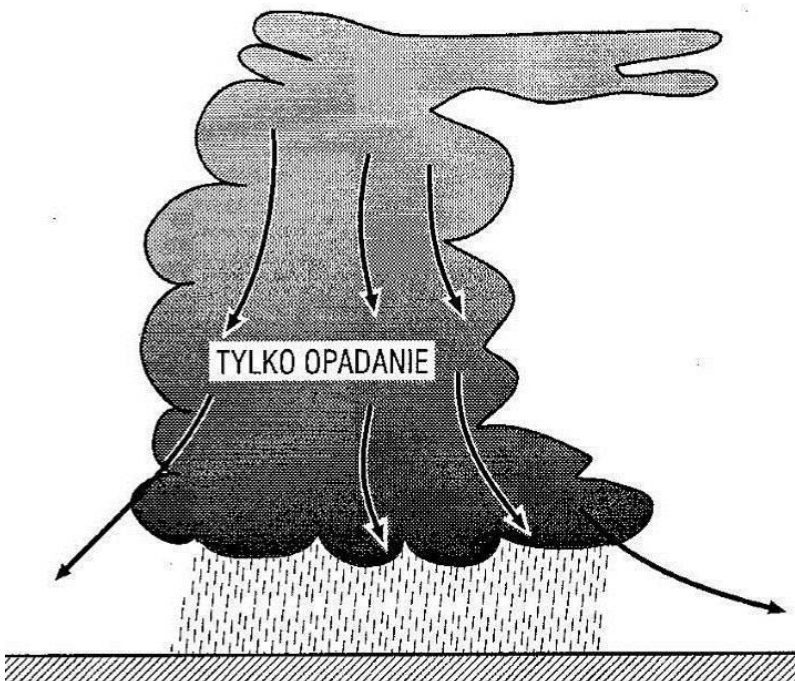


Stadium dojrzałości.

Rozpoczyna się w momencie początku opadów. Opad deszczu lub gradu powoduje powstanie silnych prądów opadających dochodzących nawet do 12 m/s, zimne powietrze dociera do niższych wysokości. Prądy wznoszące są dalej silne i dochodzą nawet do 30 m/s. Pod, wewnątrz i wszędzie w pobliżu chmury występuje silna turbulencja. Przy podstawie, na czole chmury mogą występować skłębione chmury Sc oraz silne czołowe podmuchy nawet 24 do 32 km przed chmurą i do wysokości 2000 m. Pod



chmurą mogą występować uskoki wiatru. Występują mikrouderzenia, czyli silne prądy opadające występujące w promieniu 3 km od centrum chmury. Pojawiają się pioruny i grzmoty. Wzrost kropeł wody i kryształów lodu dochodzi do rozmiarów, że prądy wznoszące nie są w stanie ich dłużej utrzymać w chmurze – rozpoczyna się silny opad deszczu lub gradu – chmura w swym cyklu rozwojowym osiągnęła szczyt, rozpoczyna się stadium rozpadu. Stadium to trwa 20 do 40 minut.









Stadium rozpadu.

Zanikają prądy wznoszące. W tej fazie występują silne opady i turbulencja. Mogą występować pioruny i grzmoty. Chmura rozciąga się aż do tropopauzy., gdzie pod działaniem wiatru rozszerza się tworząc kowadło, na tej wysokości chmura zmienia się w Ci. Na skutek istnienia dużej różnicy potencjałów w chmurze dochodzi do wyładowań elektrycznych w formie piorunów wewnątrz chmury, z chmury do ziemi i do otaczającego powietrza. Faza rozpadu trwa od 90 do 150 minut.

56. Burze

Rozpoznawanie warunków sprzyjających powstawaniu

Stadia rozwoju burzy, oraz prawdopodobieństwo wystąpienia zjawisk:

Stadium narodzin	Początek burzy	Stadium rozwoju	Stadium dojrzałości	Stadium zaniku szkwałów	Stadium rozpadu
Początek procesów elektryzacji.	Pierwsze wyładowania wewnątrzchmurowe (IC).	Intensyfikacja wyładowań wewnątrzchmurowych.	Wyładowania IC osiągają maksimum wraz z maksymalnym pionowym rozwojem chmury Cb. Pojawiają się pierwsze wyładowania doziemne CG (pioruny).	Intensywność wyładowań IC słabnie, co poprzedza wystąpienie szkwałów. Maksymalna intensywność wyładowań CG.	Sporadyczne wyładowania IC.
					
Wyładowania IC	■	■	■	■	■
Intensywna turbulencja	■	■	■	■	■
Obłodzenie	■	■	■	■	■
Grad		■	■	■	■
Wyładowania CG			■	■	■
Intensywne opady			■	■	■
Uskok wiatru			■	■	■
Prawdopodobieństwo	niskie	■			
	wysokie	■			

Źródło: Dimension

Turbulencja. Występująca w Cb turbulencja może spowodować przeciążenia samolotu dochodzące do +/- 2g. Pod wpływem intensywnych prądów (powyżej 30 m/s) samolot może być rzucony w górę lub w dół do 2000 . Może dojść do uszkodzenia struktury samolotu. Turbulencja występuje wszędzie w pobliżu chmury burzowej.

Opady. Chmurze burzowej towarzyszą intensywne opady ograniczające widzialność. Duże kule gradowe mogą uszkodzić strukturę samolotu.

Uskok wiatru. Gwałtowne zmiany kierunku i prędkości wiatru są szczególnie niebezpieczne podczas startu i lądowania.

Trąba powietrzna. Prędkości wiatru mogą dochodzić nawet do 600 km/h a średnica nawet do kilkuset metrów (nawet do 2000 m). Prędkość przemieszczania od kilku do 100 km/h.



56. Burze

Rozpoznawanie warunków sprzyjających powstawaniu

Oblodzenie. Z uwagi na dużą wodność i mieszaną strukturę chmury, może być ono bardzo intensywne. Oblodzenie w postaci profilowego, bardzo silne przy podstawach, gdzie znajdują się duże krople wody przechłodzonej. Niebezpieczeństwo oblodzenia gaźnika.

Wyładowania elektryczne. Oślepienie załogi. Uszkodzenie struktury samolotu. Uszkodzenie wyposażenia elektrycznego i busoli. Największa liczba uderzeń w temperaturze 0°C, największe elektryzowanie się samolotu. Ognie Świętego Elma – wyładowania statyczne na antenach i końcówkach skrzydeł świadczące o jonizacji powietrza i możliwości wystąpienia piorunów. Zakłócenia fal radiowych.

Zmiany ciśnienia. Gwałtowne fluktuacje ciśnienia powodują błędy wskazań wysokościomierzy i wariometrów. Należy polegać na sztucznym horyzoncie o ile jego wskazania wciąż są poprawne (turbulencja).

Mikrouderzania. Zjawisko pierwszego uderzenia chłodnego strumienia powietrza spod podstawy chmury burzowej w momencie rozpoczęcia się opadu. Powoduje uskoki wiatru.

Uskok wiatru – wind shear/microburst

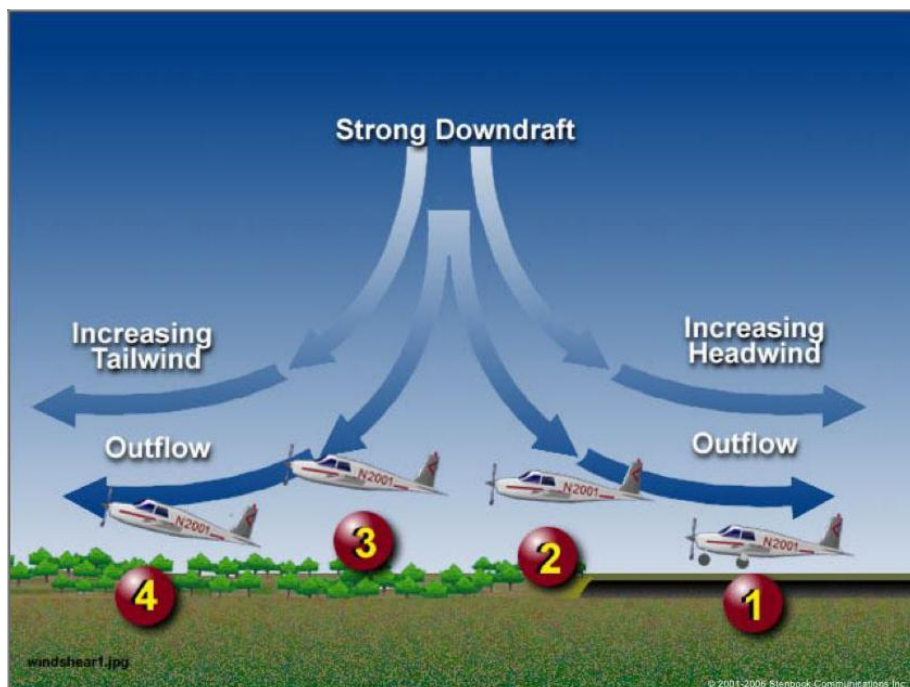
Uskok wiatru oznacza zmianę wiatru na odcinku poziomym lub pionowym.

Piloci samolotów ogólnie uważają uskoki wiatru za silny, jeśli zmiana prędkości powietrznej w poziomie wynosi co najmniej **30 węzłów** (15,5 m/s, 55 km/h) dla małych samolotów lub **45 węzłów** (23 m/s, 83 km/h) dla samolotów liniowych.

Pionowe zmiany prędkości większe niż 4,9 węzła (2,5 m/s, 9 km/h) również kwalifikuje się jako istotne dla samolotów.

Przyziemne uskoki wiatru mogą mieć katastrofalny wpływ na prędkość powietrzną samolotu w trakcie startu i lądowania. Uskok wiatru jest również kluczowym czynnikiem powstawania silnych burz. Z uskokiem wiatru wiąże się też ryzyko turbulencji.

- 1 – silny wiatr czołowy
- 2 – duszenie
- 3 – przechodzenie w wiatr tylny
- 4 – silne podmuchy tylne mogące doprowadzić do przeciągnięcia samolotu.





56. Burze

Rozpoznawanie warunków sprzyjających powstawaniu

Oznaki wystąpienia burz frontowych:

Przed burzą

- nierównomierny spadek ciśnienia, czasami bardzo szybki,
- szybka zmiana temperatury
- wilgotność względna spada, podczas gdy bezwzględna pozostaje bez zmian,
- rośnie prędkość wiatru oraz zachmurzenie, a na horyzoncie pojawiają się cienkie chmury kłębiaste i słychać grzmoty. W tym czasie prędkość wiatru maleje

Przy przechodzeniu burzy

- prędkość wiatru gwałtownie rośnie i staje się on porywisty,
- wiatr skręca w prawo,
- temperatura szybko spada,
- po pierwszych rzadkich kropkach rozpoczyna się ulewa, przechodząca następnie w opad mniejszym natężeniu,
- ciśnienie szybko rośnie.

Oznaki wystąpienia burz termicznych

Przed burzą

- ciśnienie powoli spada
- temperatura szybko rośnie
- prędkość wiatru powoli rośnie a kierunek zmienia się
- w powietrzu robi się duszno,
- chmury kłębiaste rosną i zaczynają wypuszczać tzw. miotły, tzn. tworzą się kowadła,

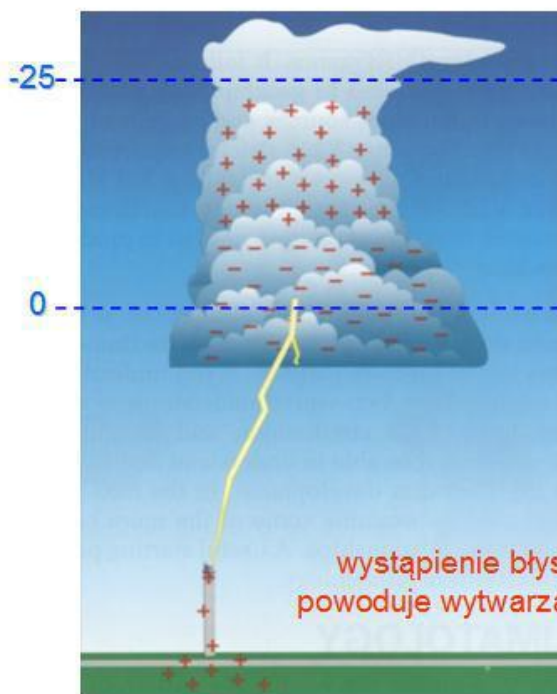
Przy przechodzeniu burzy

- pojawia się pierwszy deszcz i wyładowania,
- wiatr staje się porywisty,
- temperatura szybko spada,
- ciśnienie szybko rośnie, po kilkunastu minutach jest po burzy i świeci słońce.

56. Burze

Rozpoznawanie warunków sprzyjających powstawaniu

Skutki wyładowań i silnej turbulencji



Niebezpieczeństwa dla samolotu w razie uderzenia piorunem:

- pożar
- zniszczenie konstrukcji
- porażenie pilota

Przez falę uderzeniową lub dźwiękową

wystąpienie błyskawicy nawet w pobliżu samolotu powoduje wytwarzanie się silnego prądu indukowanego

Lot w chmurach burzowych oraz w ich pobliżu jest zabroniony! Chmurę burzową omijamy w odległości 10 km i z przewyższeniem 1000 m nad jej wierzchołkiem. Nie wolno przelatywać pod chmurą ani w nią wlatywać.

Najbardziej niebezpieczne są chmury burzowe wbudowane w warstwowe. Jeśli wlecimy w pobliżu takiego Cb należy od razu podjąć działania mające na celu opuszczenie niebezpiecznego rejonu.

Nie wlatujemy w obszar intensywnego opadu – tam prądy zstępujące są najsilniejsze.

O istnieniu wbudowanych chmur Cb świadczą pojawiające się zakłócenia w radiu i trzaski, odbiornik ADF pokazuje nam kierunek aktywnej chmury burzowej.

Bardzo pomocne jest korzystanie z radaru pogodowego, wskazuje on nam nie tylko burze (kolor czerwony), ale również strefy intensywnych opadów (kolor zielony).

Należy mieć ograniczone zaufanie do wskazań przyrządów. Porównywanie dublujących się wskaźników.

56. Burze

Rozpoznawanie warunków sprzyjających powstawaniu

Radar pogodowy

Cyfrowe radary pogodowe działają na ogólnie znanej zasadzie zobrazowania echa. Radar wysyła krótkotrwały impuls energii elektromagnetycznej, który porusza się w przestrzeni w postaci fali elektromagnetycznej. Kiedy fala ta spotyka cel, część tej energii zostaje odbita i wraca do anteny. Odbiornik radaru mierzy czas jaki upłynął od momentu wysłania impulsu do powrotu echa i określa odległości do celu. Ponieważ antena radaru skanuje przestrzeń przed samolotem w sposób synchronizowany z wysłanym sygnałem, znany jest namiar na cel, a na ekranie powstaje obraz, który jest przekrojem poprzecznym celu widzianym z góry. Wskaźnik radaru nazywa się PPI - plan position indicator. Grubość warstwy zobrazowanej na ekranie zależy od wysokości jak i kąta pochylenia anteny tzw. TILT.

Radar pogodowy może czasami wykryć inny samolot, szczególnie lecący naprzeciwko, ale nie jest on przeznaczony do unikania kolizji. Nie jest również radarem nawigacyjnym, chociaż gdy pochylimy antenę w dół uzyskamy odbicia od powierzchni ziemi, a wybranie pozycji selektora parametrów pracy w modzie MAP ułatwia uzyskanie tych odbić. Z punktu widzenia bezpieczeństwa lotu, groźne zjawiska meteorologiczne, które powinny być unikane to grad oraz turbulencja. Niestety żadne z nich nie jest bezpośrednio widoczne na ekranie radaru. Radar ukazuje jedynie te obszary opadów deszczu, z którymi zjawiska te są związane. Radar najlepiej wykrywa wodę w postaci ciekłej (nie wykryje pary wodnej, lodu, suchego i małego gradu). "Widzi" jedynie deszcz, mokry śnieg, mokry grad oraz suchy grad.

Typowy radar meteorologiczny posiada kilka standardowych funkcji m.in. **RANGE SELECTION** (wybór zasięgu), **GAIN** (wzmocnienie), mod pogodowy, mod **MAP** (tryb nawigacyjny) oraz **TILT** (kąt pochylenia anteny). Wydaje się, że wszystkie funkcje radaru są łatwe do zinterpretowania i wykorzystania, jednak okazuje się, że największe kłopoty sprawia posługiwanie się kątem pochylenia anteny TILT, który zazwyczaj jest wykorzystywany niewłaściwie, a którego prawidłowa obsługa ma istotne znaczenie dla bezpiecznego przebiegu lotu w warunkach burzowej pogody.



Pilot może i powinien posługiwać się tiltem w celu zminimalizowania odbić od powierzchni ziemi, wtedy kiedy chce obserwować zjawiska pogodowe, jest to bardzo ważne zwłaszcza podczas lotu w terenie górzystym.

Należy pamiętać, że część chmury leżąca ponad poziomem zamarzania, jest znacznie gorzej widoczna na ekranie radaru dlatego, że jak wiemy woda w postaci lodu znacznie gorzej odbija fale radarowe niż deszcz. W instrukcji użytkownika radaru są podane tabele z zalecanymi kątami pochylenia anteny zapewniającymi uzyskanie minimalnych odbić od powierzchni ziemi, jednak pilot zawsze powinien brać pod uwagę dodatkowe czynniki np. obecność wysokich gór pod samolotem, które będą redukowały zasięg radaru.

57. Lot w rejonie górystym Zagrożenia

Góry są przeszkodą dla mas powietrza, unoszą je, kierują w inną stronę, spiętrzają – stąd duża zmienność pogody w górach,

Fale górskie (wiatr powyżej 15 m/s), omijanie chmur rotorowych, soczewkowych,



Fala górską - fale atmosferyczne powstające po zawietrznej stronie gór, gdy prąd powietrza przepływa nad pasmem górskim.

Gdy powietrze przepływa nad pasmem górskim za pasmem górskim występuje szereg zjawisk prowadzących do wzbudzenia się fale w atmosferze. W miejscach obniżonego ciśnienia tworzą się charakterystyczne chmury o kształcie przypominającym soczewkę (lenticularis). Za górą tworzy się jeden a w sprzyjających okolicznościach kilka obszarów w których powietrze krąży, tak zwany Rotor). W rotorze w jego obszarze wznoszącym, czyli od strony gór, powstają chmury typu cumulus. W większej odległości od gór, gdy napływające powietrze jest nieznacznie cieplejsze od znajdującego się niżej tworzą się chmury układające się w faliste wzory. Powstają one podobnie jak fale na wodzie podczas przepływu powietrza nad wodą.

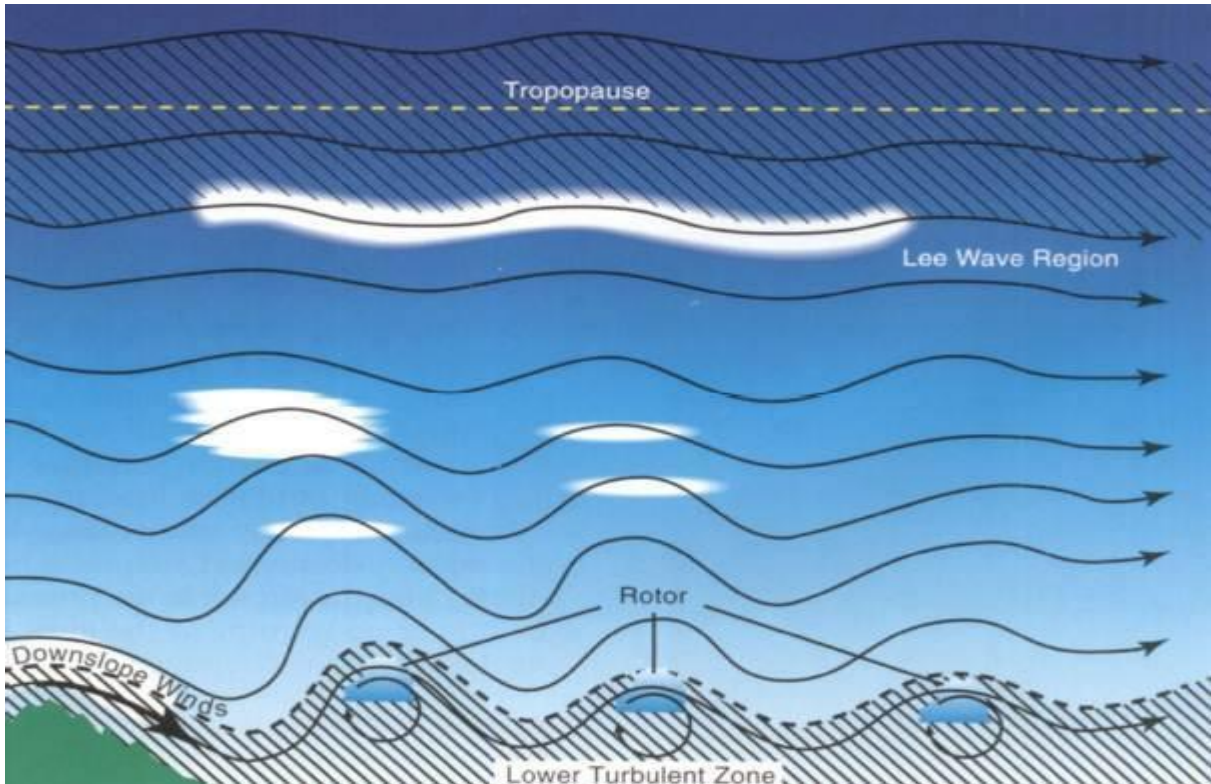
Fala górską jest niebezpieczna dla lotnictwa, jest też często wykorzystywana w szybownictwie.



57. Lot w rejonie górzystym

Fala górska, uskoki wiatru, turbulencja, ruch pionowy, zjawisko i wpływ rotorów, wiatr w dolinach

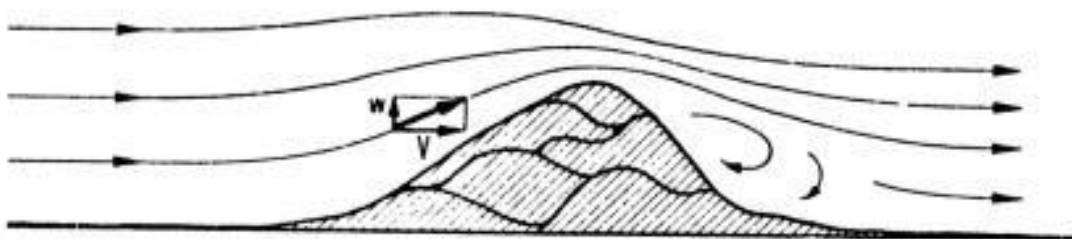
Turbulencja orograficzna, strona nawietrzna, zawietrzna



Prądy zboczowe

Na pierwszy rzut oka mogłoby się wydawać, że dla pilota (szczególnie szybowcowego) znaczenie ma w przewadze pogoda termiczna – warto pamiętać jednak również o prądach zboczowych, jak i falowych - ich pochodzenie jest natury dynamicznej. Rozważmy je kolejno.

Gdy wiatr - a więc przemieszczające się poziomo powietrze - natrafi na przeszkodę, np. w postaci zbocza górskiego, musi ją pokonać. Wiatr opływając zbocze zmienia swój kierunek (w płaszczyźnie pionowej). Pojawia się pionowa składowa prędkości wiatru, która nie jest niczym innym jak właśnie prądem wznoszącym umożliwiającym np. wykonywanie lotu żaglowego na szybowcu.



Rys. 16. Schemat opływu powietrza nad zboczem (dotyczy przekroju pionowego)
V — prędkość pozioma, w — prędkość pionowa

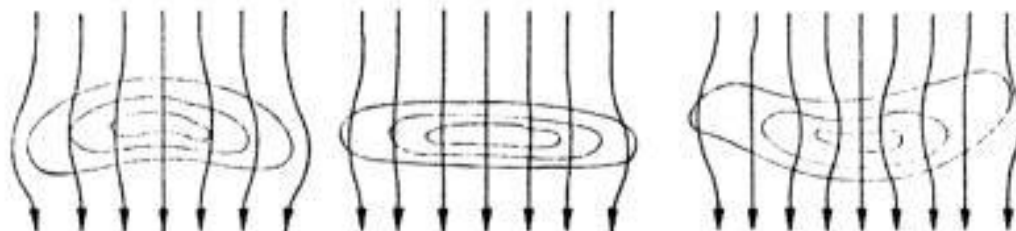


Nietrudno się domyślić, od czego zależy wielkość prądu wznoszącego i jego zasięg pionowy. Czynnikiem tymi są: wiatr - a więc jego prędkość i kierunek w stosunku do przeszkody, oraz sama przeszkoda - a więc jej wysokość oraz kształt jej przekroju pionowego (nachylenie zbocza) i poziomego. Są to sprawy raczej aerodynamiki a nie meteorologii, jednak dla pełniejszego ujęcia tematu poświęćmy im chwilę uwagi.

Wielkość prądu wznoszącego rośnie wraz ze wzrostem prędkości wiatru i jest tym większa, im kierunek wiatru jest bardziej zbliżony do prostopadłego do zbocza góry. Nie znaczy to jednak, że im silniejszy jest wiatr, tym lepiej. Bardzo silne bowiem wiatry utrudniają wykonywanie lotów zboczowych ze względu na powodowanie lokalnych zawirowań, a więc burzliwości przepływu (turbulencji), co z kolei stwarza duże trudności pilotażowe.

Im większa jest wysokość góry (oczywiście wysokość względna, tj. ponad otaczający ją teren), tym większy jest zasięg pionowy prądu wznoszącego. Inaczej ma się sprawa z nachyleniem zbocza. Tutaj istnieje pewne optimum nachylenia (zależne także od prędkości wiatru), dla którego tworzą się maksymalne prędkości wznoszeń. Prędkości te maleją, gdy nachylenie zbocza przekracza wartość optymalną lub gdy jest od niej mniejsze.

Pozostaje do omówienia kształt poziomego przekroju góry. Zbocze stanowiące w poziomym przekroju łuk daje lokalny wzrost prędkości wiatru, a więc także wzrost prędkości wznoszenia oraz jego zasięgu. Ustawienie zbocza wypukłością pod wiatr jest niekorzystne i zmniejsza prędkość wznoszenia oraz jego zasięg.



Rys. 17. Schemat opływu powietrza nad zboczem zależnie od kształtu zbocza (dotyczy przekroju poziomego)

Powyższe warunki są doskonałe do wykonywania lotów żaglowych zboczowych przy prędkościach wiatru rzędu dziesięciu metrów na sekundę oraz przy nachyleniach zbocza około 30-35°. Pionowy zasięg wznoszeń wynosi wtedy około 1/3 wysokości względnej zbocza.

Warto wspomnieć, że często wznoszenia powstające na drodze dynamicznej mogą występować równocześnie ze wznoszeniami termicznymi. Stwarza to bardzo dogodne warunki dla lotów szybowcowych, ponieważ z jednej strony ułatwia wyzwalanie się prądów termicznych poprzez nadanie im początkowej prędkości pionowej, z drugiej natomiast pozwala pilotowi szybowcowemu na "oderwanie się" od zbocza i rozpoczęcie przelotu. Zbocza górskie niejednemu pilotowi pomogły w przetrwaniu chwilowego kryzysu termicznego, a następnie ułatwiły dalsze kontynuowanie przelotu.

57. Lot w rejonie górzystym

Fala górska, uskoki wiatru, turbulencja, ruch pionowy, zjawisko i wpływ rotorów, wiatr w dolinach

Występowanie mgieł zboczowych - unoszenie wilgotnego powietrza o równowadze stałej,

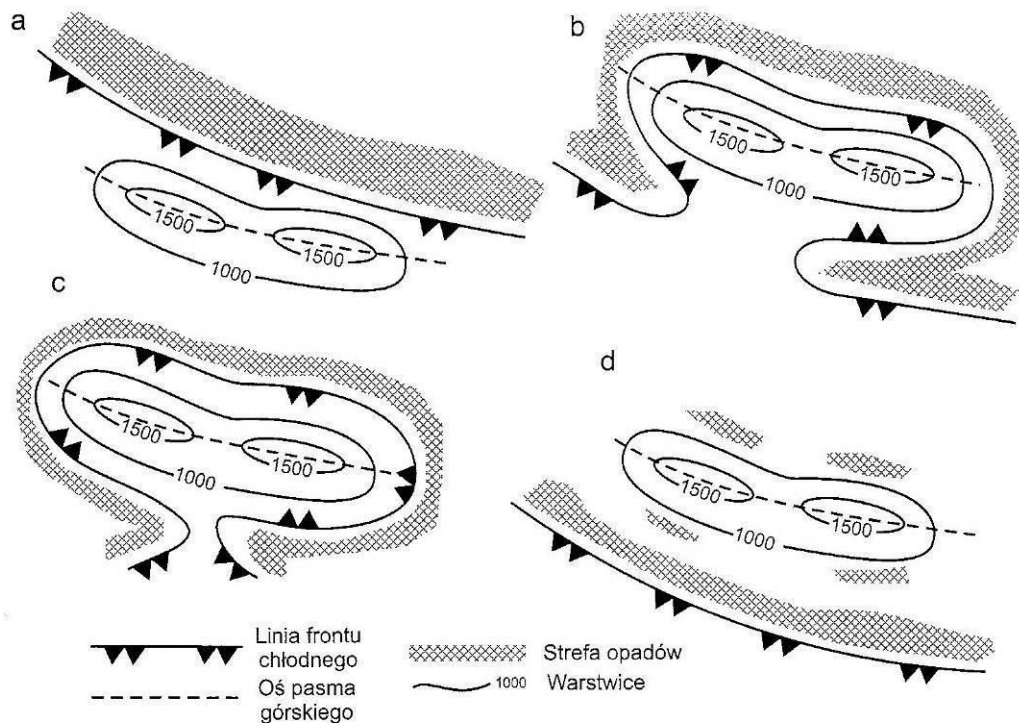
Mgły zboczowe powstają w terenach pofalowanych podczas wymuszonego ruchu wilgotnego powietrza po zboczach do góry gdzie ulega ono rozprężeniu adyabatycznemu wychłodzeniu, co prowadzi do kondensacji pary wodnej.



Wpływ terenu na procesy atmosferyczne

Wpływ gór na fronty atmosferyczne:

- wspinanie się powietrza po zboczach intensyfikuje opady po stronie nawietrznej,
- masa powietrza zostaje wysuszona,
- w konsekwencji rozmycie i zanik aktywności frontu,
- odbudowanie frontu w pewnej odległości od pasm górskiego,
- fronty ciepłe lepiej pokonują góry, nawet niezbyt wysokie mogą zatrzymać front chłodny,
- fronty okrążają wysokie pasma górskie,



Mechanizm powstawania okluzji orograficznej – podejście frontu chłodnego do pasma górskiego (a); okrążanie gór przez linię frontu (b); powstanie okluzji orograficznej (c); połączenie frontu chłodnego w pewnej odległości za górami (d)



Przemieszczanie się układów barycznych przez pasma górskie:

- Niż przechodząc przez pasmo górskie osłabia się, następnie po przejściu pasma następuje spadek ciśnienia i odbudowanie się niżu,
- Wyż wzmacnia się przechodząc przez góry – wzrasta ciśnienie, po przejściu wyż zostaje osłabiony – spada ciśnienie,

Wpływ obszarów górskich na lokalne procesy meteorologiczne:

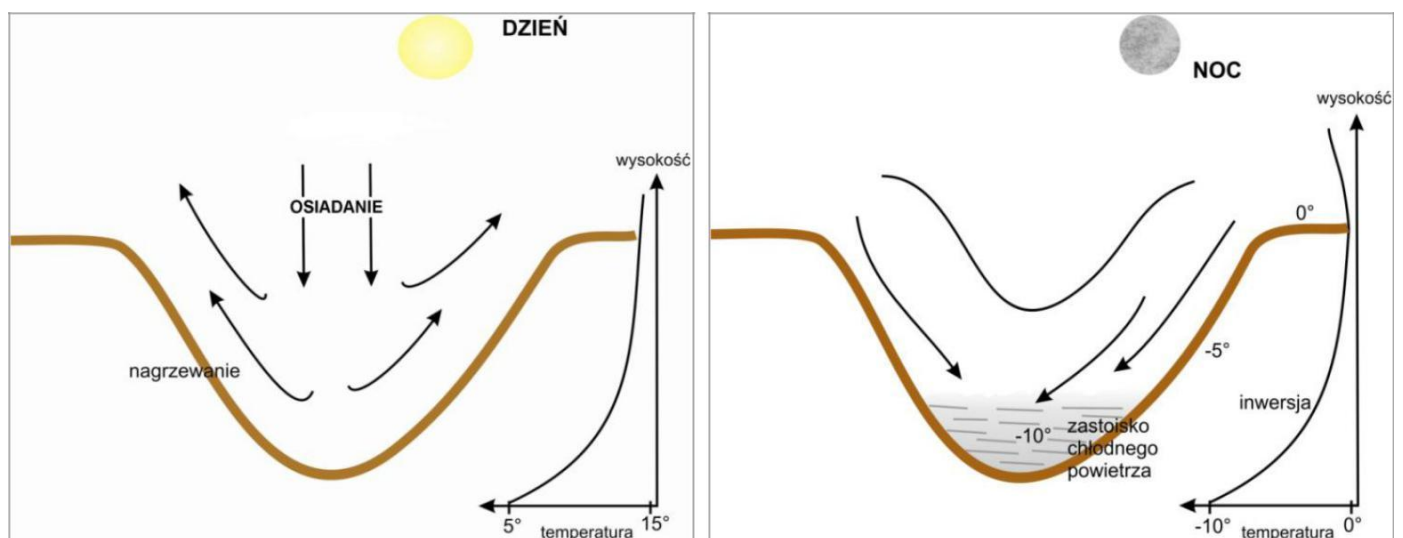
- masy powietrza:
 - ciepłe masy powietrza opływają góry, wzrost zachmurzenia i opady po stronie nawietrznej, spadek wilgotności i wzrost temperatury po stronie zawietrznej,
 - chłodne masy opływają pasma górskie, stagnacja, inwersje i zastoiska chłodu,
- wiatr – zmiany kierunku, prędkości wywołane kształtem zboczy, cyrkulacja górsko-dolinna, wiatry lokalne,

Cyrkulacja górsko dolinna – podobnie jak bryza jest wiatr wywołany termika dlatego w starszej literaturze meteorologicznej nazywany jest **bryza górską**. Podobnie jak w bryzie morskiej układ kierunków wiatru ma przebieg dobowy.

W ciągu dnia powietrze na stokach górskich nagrzewa się stosunkowo szybko (większy kat nachylenia względem promieni słonecznych), po czym unosi się wzdłuż stoków, z kolei w osi doliny następuje osiadanie chłodniejszego powietrza. Wiatr ma kierunek od doliny ku wierzchołkowi.

Niemal identyczny jak w bryzie morskiej proces zachodzi w ciągu **nocy**:

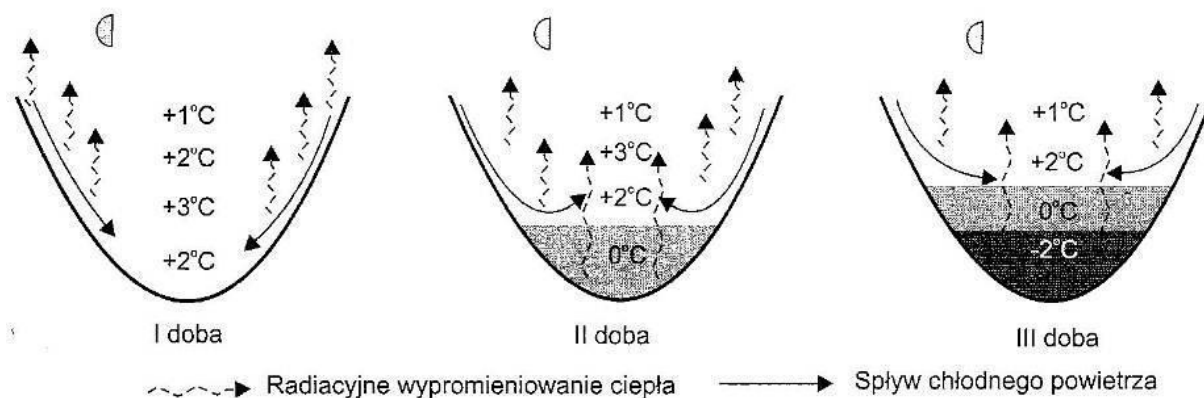
zbocza doliny oddają więcej ciepła dzięki czemu chłodniejsze powietrze jako cięższe opada na dno doliny. Taka sytuacja sprzyja inwersjom termicznym a co za tym idzie utrzymywaniem się niskiego zachmurzenia, mgieł itp. W okresie zimowym zjawisko to szczególnie uwidocznione jest w Obniżeniu Orawsko Nowotarskim kiedy temperatura powietrza w Nowym Targu często jest niższa niż na szczytach otaczających gór.



57. Lot w rejonie górzystym

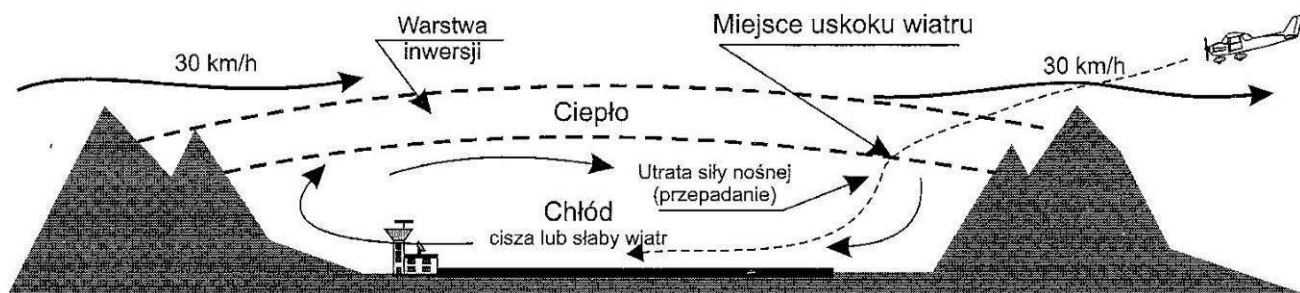
Fala górska, uskoku wiatru, turbulencja, ruch pionowy, zjawisko i wpływ rotorów, wiatr w dolinach

- **zachmurzenie** – większe po stronie nawietrznej (chmury kłębiaste), zimą w dolinach pojawiają się chmury typu stratus (wypromieniowanie ciepła ze zboczy),
- **opady** – większa ilość po stronie nawietrznej, więcej opadów i burz przelotnych – konwekcja dynamiczna,
- **ciśnienie atmosferyczne** – wraz z wysokością ciśnienie spada, powietrze oczyszcza się – cząsteczki zanieczyszczeń pozostają w gęstszym powietrzu na dole,
- **temperatura** – spada z wysokością, większa przezroczystość wzmacnia efekt promieniowania słonecznego, góry lepiej pochłaniają promieniowanie ale też tracą więcej ciepła na skutek wypromieniowania – spadek średniej temperatury. Wzrost wysokości o 1 km powoduje spadek średniej rocznej temperatury równy, co do wartości spadku tej średniej przy przemieszczaniu się w stronę bieguna o 1000 km. Zjawisko inwersji w dolinie.



Mechanizm powstawania inwersji i zastoisk zimnego powietrza w dolinach

Podczas startu i lądowania zjawisko uskoku wiatru



Skutki wywołane inwersją w dolinie. Samolot gwałtownie przepada po wejściu w strefę chłodnego powietrza, w którym zwykle panuje cisza lub wiewą słabe wiatry, ponieważ dolina jest osłonięta



58. Klimatologia

Ogólna cyrkulacja troposferyczna w różnych porach roku w Europie

Klimat to średni stan warunków atmosferycznych, które są charakterystyczne dla danego miejsca w określonym sezonie roku lub miesiącach.

Klimat na ziemi cechuje strefowość, wynikająca z nierównomiernego dopływu ciepła do różnych części naszego globu. Czynniki powodujące fluktuacje:

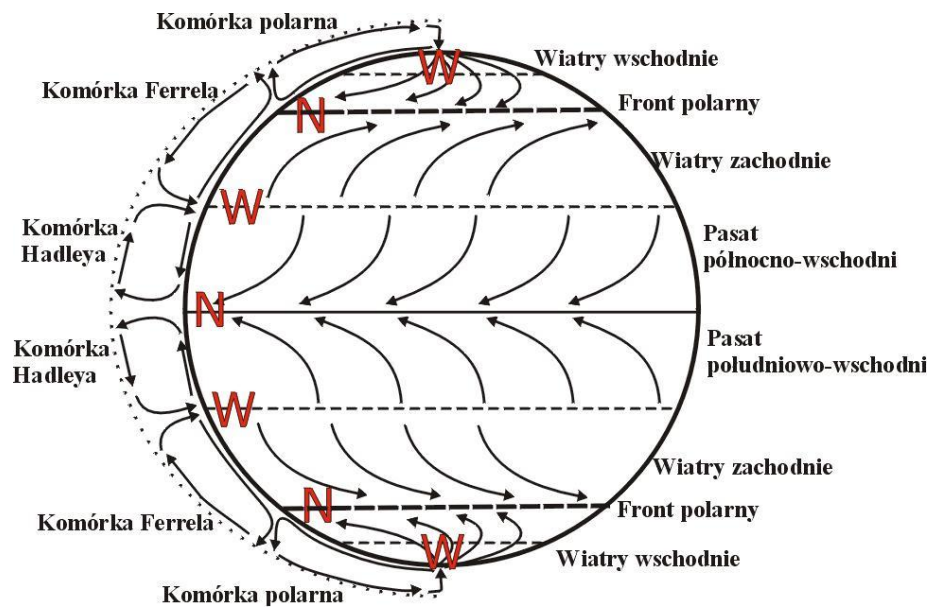
- obieg ciepła,
- obieg wilgoci,
- cyrkulacja atmosferyczna,
- rozkład mórz i oceanów,
- prądy morskie,
- ukształtowanie powierzchni Ziemi, w tym wysokości nad poziom morza oraz pokrycie terenu,
- czynnik antropogeniczny.

Ogólna cyrkulacja atmosfery na kuli ziemskiej

Głównymi przyczynami ogólnej cyrkulacji atmosferycznej są: różne ilości energii cieplnej dostarczane przez Słońce na różnych szerokościach geograficznych, oraz ruch obrotowy Ziemi.

Czynnikiem, który komplikuje ogólną cyrkulację atmosferyczną na Ziemi jest nierównomierny rozkład lądów i oceanów. Różna szorstkość podłoża wpływa także na kierunek i prędkość przemieszczającego się powietrza. Na kuli ziemskiej wyróżnia się strefy stałych niskich, lub wysokich ciśnień.

Silnie ogrzane powietrze w strefie okołorównikowej rozpręża się i unosi ku górze. Na obszarze tym tworzy się pas niskiego ciśnienia zwany też **równikowym pasem ciszy** zmieniająca swoje położenie w ślad za letnim stanowiskiem Słońca. W lipcu przesuwa się on ku północny, a w styczniu na południe. Strefa ta nazywana jest także **Komórką Hadleya**. Obszar ten charakteryzuje się występowaniem słabych wiatrów lub ich brakiem. Jednocześnie tworzą się w wyniku spadku temperatury burzowe chmury, które powodują przy zenitalnym położeniu Słońca tzw. opady zenitalne.





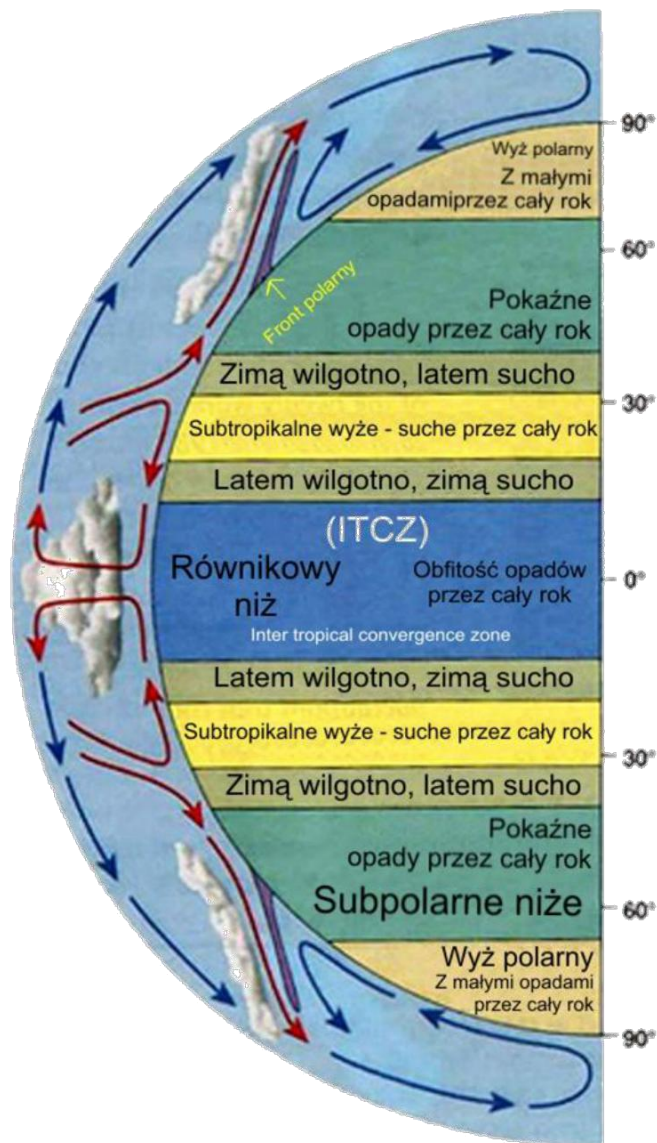
Masy powietrza rozdzielają się i kierują na północ i południe ku zwrotnikom, przybierając dzięki sile Coriolisa kierunek zachodni. W okolicach 30-35° szerokości geograficznej północnej, bądź południowej wiatry te przybierają charakter strefowy przybierając kierunek zachodni na półkuli północnej, natomiast wschodni na półkuli południowej. Obierają więc one kierunek równoleżnikowy. W górnej troposferze, oraz w dolnej stratosferze na szerokościach 30- 35° występują strefy szczególnie wysokich gradientów ciśnienia. Są one przyczyną ogromnych prędkości wiatrów geostroficznych. Nazywają się one **prądami strumieniowymi**. Są to wąskie strugi powietrza o poziomej osi, oraz bardzo wysokich bocznych zmianach prędkości. Długość tych prądów wynosi tysiące kilometrów, szerokość setki kilometrów, natomiast grubość kilka kilometrów. Przemieszczają się one przeważnie ze wschodu na zachód. Przypominają one płynącą zakolami rzekę. Te ruchy powietrza wykryte zostały podczas II wojny światowej przez pilotów amerykańskich.

Na tych szerokościach geograficznych część powietrza opada powodując powstawanie **zwrotnikowych pasów wysokiego ciśnienia**, które pokrywają się ze zwrotnikowymi pasami ciszy. Ponieważ wysokość troposfery i obwód Ziemi zmniejsza się wraz ze wzrostem szerokości geograficznych, następuje sprężanie powietrza i jego ochładzanie. Z tej strefy powietrze odpływa częściowo dołem ku równikowemu pasowi niskiego ciśnienia, a częściowo ku wyższym szerokościom geograficznym. Wiatry, które wieją ku równikowi to **pasaty**. Są to stałe, ciepłe wiatry o umiarkowanej prędkości. Na półkuli północnej pasat wieje z kierunku

północno-wschodniego a na południowej z południowo-wschodniego. Miejsce, gdzie pasaty z obu półkul spotykają się ze sobą nazywa się **Międzyzwrotnikową Strefą Zbieżności (Konwergencji)**, lub **bruzdą niskiego ciśnienia**.

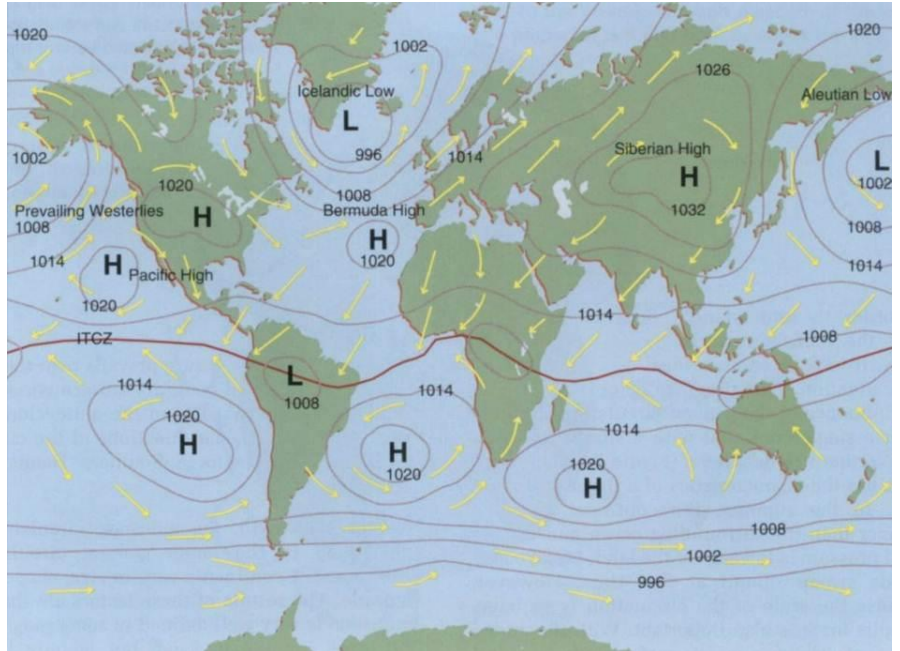
Te wiatry, które występują w wyższych partiach troposfery wiejące ku zwrotnikom nazywamy **antypasatami**. Występują one na wysokości 2000-3000 metrów. Wiatry te transportują gorące powietrze z okolic okołorównikowych w kierunku zwrotników. Antypasaty na skutek obrotowego ruchu Ziemi zmieniają kierunek na wschodni i opadają, po czym jako pasaty powracają w kierunku równika. Obecnie część naukowców zrezygnowało z nazywania prądów wiejących od równika w kierunku wyższych szerokości geograficznych antypasatami. Obserwacje radiowe wykazują, że wiatry w górnej troposferze tracą całkowicie kierunek południkowy i stają się prądami wiejącymi równoległe do izobar, przybierających na tych wysokościach kierunek równoleżnikowy. Cyrkulacja pasatowa i antypasatowa zwana jest także cirkulacją międzyzwrotnikową. Obszar ten odznacza się względną stałością typów pogody, który zakłócany jest jedynie poprzez cyklony tropikalne.

Pomiędzy wyżami podzwrotnikowymi i okołobiegunowymi, na szerokościach geograficznych 60-65° powstają **obszary niskiego ciśnienia**. Napływają do nich ciepłe masy powietrza z wyżów podzwrotnikowych i w zimie z wyżów okołobiegunowych. Pod wpływem siły Coriolisa wiatry te zmieniają kierunek na zachodni. Wieją tam zatem **wiatry**

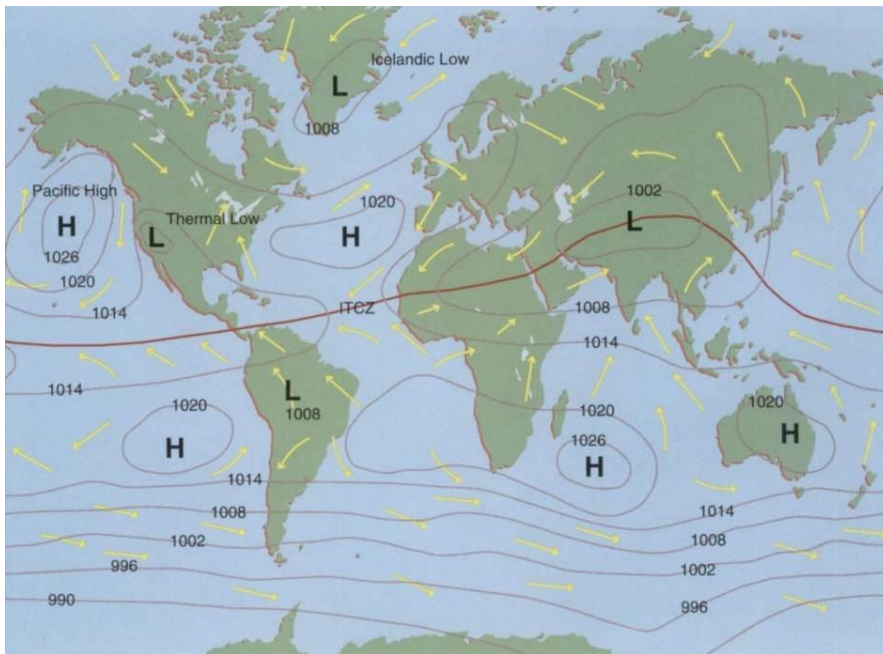




zachodnie. Szczególnie silnie wiatry zachodnie zaznaczają się na półkuli południowej gdyż w umiarkowanych szerokościach geograficznych brak tam dużych obszarów lądowych. Rejony te żeglarze nazywają „ryczącymi czterdziestkami” i wyjątkami pięćdziesiątkami” ponieważ najsilniejsze wiatry tworzą się pomiędzy 40-60° szerokości geograficznej południowej. Pas szerokości 40-70° zwłaszcza na półkuli północnej jest najbardziej zaburzony, ponieważ na tych obszarach rozwija się najbardziej działalność cyklonalna wywołująca ogromną zmienność kierunku wiatru.



Ponieważ najmniejsza ilość ciepła otrzymują obszary okołobiegunowe, występują tu najniższe temperatury, więc powietrze jest tam ciężkie i gęste. Opada ono w dół, tworząc obszary wysokiego ciśnienia. Wiatry te płyną ku niższym, umiarkowanym szerokościom geograficznym, gdzie występują obszary niskiego ciśnienia. Wiatry dzięki sile Coriolisa przybierają kierunek północno- wschodni. i wschodni na półkuli północnej i południowo -wschodni i wschodni na półkuli południowej. Nazywane są **wiatrami wschodnimi**. Strefy występowania wiatrów wschodnich znajdują się powyżej 70° szerokości geograficznej. W strefach tych ciśnienie jest wysokie, z dużym zachmurzeniem i obecnością mgły. Siła wiatru może osiągnąć ponad 100 węzłów. Z uwagi na sztormowe wiatry, niskie temperatury i zalodzenie, są to obszary



utrudnionej nawigacji. Prądy powietrzne występujące na liniach zbieżności pomiędzy wyżami okołobiegunowymi a podzwrotnikowymi pasami wysokiego ciśnienia powodują ruchy wstępujące, które unoszą powietrze do warstw wyższych. Wyniesione w ten sposób powietrze odpływa zarówno w kierunku niższych szerokości geograficznych, jak również w kierunku biegunów.

Przedstawiona powyżej ogólna cyrkulacja atmosferyczna to jedynie teoretyczny schemat kierunków wiatrów w skali globu. W warunkach rzeczywistych, czyli z uwzględnieniem niejednorodności powierzchni Ziemi

rozkład ten jest mocno zaburzony poprzez odmienne oddziaływanie podłoża lądowego i wodnego. W obrębie tych stref tworzą się obszary podwyższonego, oraz obniżonego ciśnienia. Takie zamknięte obszary noszą nazwę ośrodków działania atmosfery. Jedne z nich mają miejsce w obu porach roku i dlatego nazywane są stałymi, inne zaznaczają się w styczniu, bądź w lipcu, dlatego mówi się że mają charakter sezonowy, bądź okresowy.



59. Pomiar wysokości

Operacyjne aspekty nastawy ciśnienia na wysokościomierzu

- Jednostki ciśnienia: milibary (hPa), mmHg, inHg.
- 1013,25 mb = 760 mmHg = 29.92 inHg.
- nastawienie standard *QNE*, tj. na ciśnienie 1013,2 hPa (760 mmHg), odpowiadające wysokości 0 na poziomie morza według Międzynarodowej Atmosfery Wzorcowej.
- nastawienie *QNH*, tj. na ciśnienie lotniska lub innego punktu lub regionu, zredukowane do średniego poziomu morza wg. ISA;
- nastawienie *QFF*, tj. na ciśnienie lotniska lub innego punktu lub regionu, zredukowane do średniego poziomu morza z uwzględnieniem aktualnej temperatury danego punktu;
- nastawienie *QFE*, tj. na ciśnienie panujące na poziomie lotniska odlotu, docelowego lub mijanego na trasie przelotu.

Wartości ciśnień *QNH* i *QFE* mogą być wzięte z aktualnego komunikatu meteorologicznego lub przekazane pilotowi przez radio.

Stations ABOVE MSL	a) HOTTER than ISA	QFF < QNH
	b) COLDER than ISA	QFF > QNH
Stations BELOW MSL	a) HOTTER than ISA	QFF > QNH
	b) COLDER than ISA	QFF < QNH
Stations AT MSL	Regardless of temperature	QFF = QNH

59. Pomiar wysokości

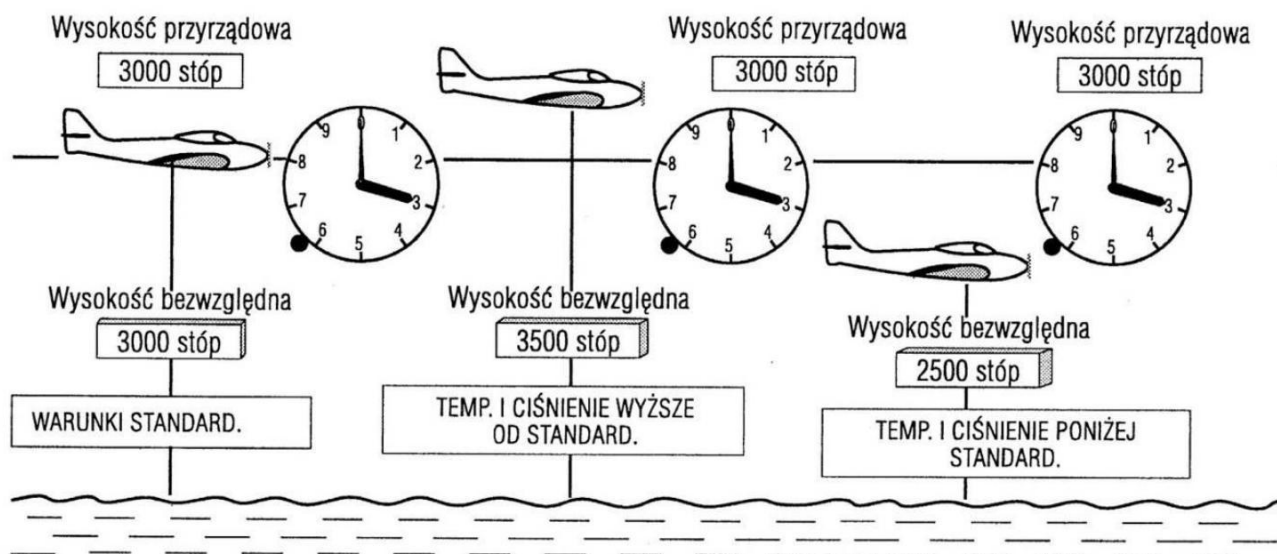
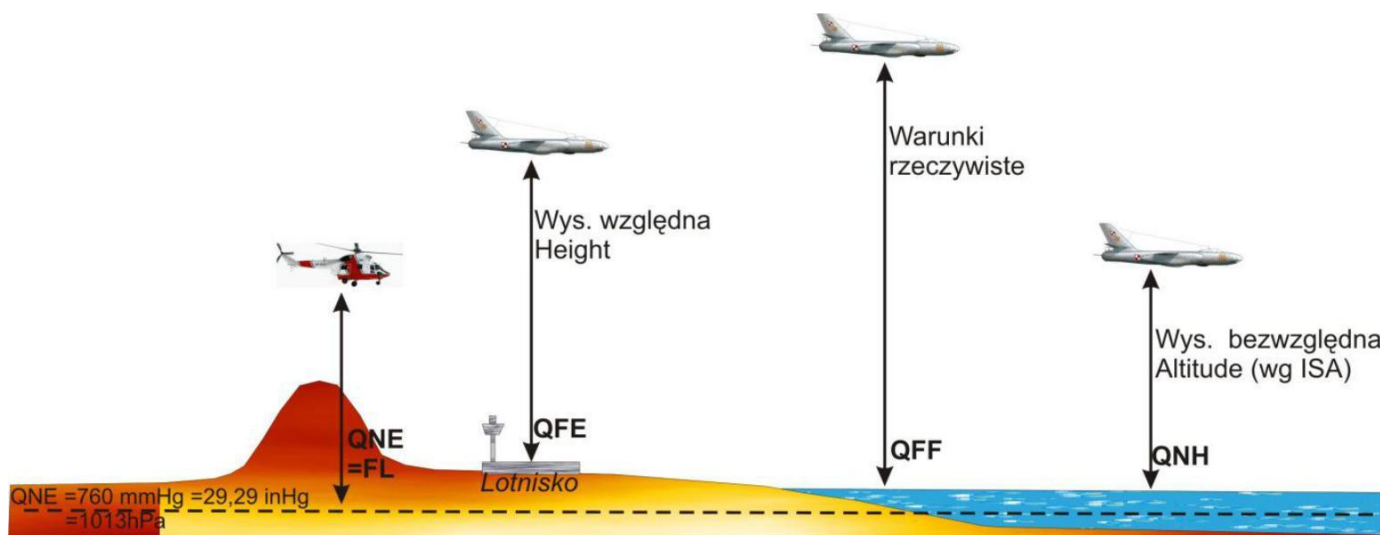
Wysokość ciśnieniowa, wysokość gęstościowa

- **Wysokość ciśnieniowa (Pressure Altitude)** – wysokość wskazywana przez wysokościomierz, gdy został on ustawiony na standardowe ciśnienie na średnim poziomie morza (*QNE*). Inaczej jest to Poziom lotu (Flight Level – FL, jest to wysokość wyrażona w setkach stóp np. FL 100 = 10 000 ft).
- **Wysokość gęstościowa (Density Altitude)** – wysokość jest teoretyczną gęstością atmosfery wzorcowej na wysokości lotu, czyli że w atmosferze wzorcowej wysokość gęstościowa jest równa ciśnieniowej. Zależą od niej osiągi samolotu.
- **Wysokość przyrządowa (Indicated Altitude)** – wysokość bieżąca wskazywana przez wysokościomierz barometryczny w stosunku do ciśnienia, które zostało ustawione w przyrządzie.

59. Pomiar wysokości

Wysokość względna (height), bezwzględna (altitude), poziom lotu (flight level)

Według wartości ciśnienia atmosferycznego wysokościomierze nastawiane są według **ciśnienia na poziomie lotniska lub na poziomie progu drogi startowej** oznaczone jako **QFE**. Skrót **QNH** oznaczone jest ciśnienie na poziomie lotniska zredukowane do poziomu morza według stopnia barometrycznego⁴ przyjętego dla atmosfery standardowej ISA(ICA0). **QFF** to ciśnienie zredukowane do poziomu morza według rzeczywistych warunków atmosferycznych, głównie z poprawką na temperaturę powietrza. Spotkać można jeszcze **FORECAST QNH** jest to podawane najniższe spodziewane ciśnienie QNH w danym regionie używane do nastawiania wysokościomierzy.



Zmiany wysokości bezwzględnej powodowane odchyleniem warunków meteorologicznych od warunków standardowych (przy tym samym wskazaniu wysokościomierza)

59. Pomiar wysokości

Atmosfera standardowa wg ICAO

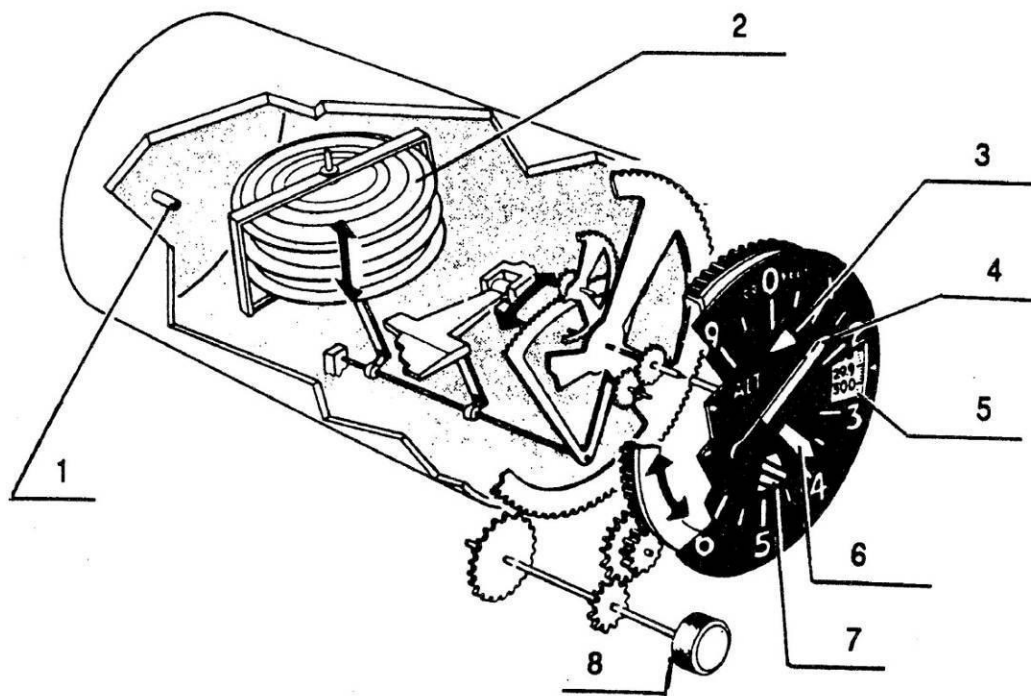
Tab. 2 Atmosfera standardowa ICAO

wysokość n.p.m.(stopy)	wysokość n.p.m. (metry)	temperatura		prędkość dźwięku		ciśnienie mm Hg
		°C	°F	węzły	m/s	
0	0	15,0	59,0	661,7	340,4	760,0
1 000	305	13,0	55,4	659,5	339,2	733,0
2 000	610	11,0	51,9	657,2	338,1	706,6
3 000	914	9,1	48,3	654,2	336,5	681,2
4 000	1 019	7,1	44,7	652,6	335,7	656,3
5 000	1 524	5,1	41,2	650,3	334,5	632,5
6 000	1 829	3,1	37,6	647,9	333,3	609,1
7 000	2 134	1,1	34,0	645,6	332,1	586,5
8 000	2 438	-0,9	30,5	643,3	330,9	564,4
9 000	2 743	-2,8	26,9	640,9	329,7	543,3
10 000	3 408	-4,8	23,3	638,6	328,5	522,7
11 000	3 353	-6,8	19,8	636,2	327,3	502,7
12 000	3 658	-8,8	16,2	633,9	326,1	483,4
13 000	3 962	-10,8	12,6	631,5	324,8	464,6
14 000	4 267	-12,7	9,1	629,1	323,6	446,5
15 000	4 572	-14,7	5,5	626,7	322,4	429,0
16 000	4 877	-16,7	1,9	624,3	321,1	412,0
17 000	5 182	-18,7	-1,6	621,9	319,9	395,5
18 000	5 486	-20,7	-5,2	619,4	318,6	379,5
19 000	5 791	-22,6	-8,8	617,0	317,4	364,2
20 000	6 096	-24,6	-12,3	614,6	316,2	349,3
21 000	6 401	-26,6	-15,9	612,1	314,9	334,8
22 000	6 706	-28,6	-19,5	609,6	313,6	321,1
23 000	7 010	-30,6	-23,0	607,2	312,3	307,6
24 000	7 315	-32,5	-26,6	604,7	311,1	294,6
25 000	7 620	-34,5	-30,2	602,2	309,8	281,9
26 000	7 925	-36,5	-33,7	599,7	308,5	270,0
27 000	8 230	-38,5	-37,3	597,2	307,2	258,3
28 000	8 534	-40,5	-40,9	594,7	305,9	246,9
29 000	8 839	-42,5	-44,4	592,1	304,6	236,2
30 000	9 144	-44,4	-48,0	589,5	303,2	225,8
31 000	9 449	-46,4	-51,6	587,0	301,9	215,6
32 000	9 754	-48,4	-55,1	584,4	300,6	206,0
33 000	10 058	-50,4	-58,7	581,8	299,3	197,1
34 000	10 363	-52,4	-62,2	579,2	297,9	187,5
35 000	10 668	-54,3	-65,8	576,7	296,7	178,8
36 000	10 973	-56,3	-69,4	574,0	295,3	170,4
37 000	11 278	-56,5	-69,7	573,8	295,2	162,6
38 000	11 582	-56,5	-69,7	573,8	295,2	154,9
39 000	11 887	-56,5	-69,7	573,8	295,2	147,6
40 000	12 192	-56,5	-69,7	573,8	295,2	140,7
41 000	12 497	-56,5	-69,7	573,8	295,2	134,1
42 000	12 802	-56,5	-69,7	573,8	295,2	127,8
43 000	13 106	-56,5	-69,7	573,8	295,2	121,7
44 000	13 411	-56,5	-69,7	573,8	295,2	116,1
45 000	13 716	-56,5	-69,7	573,8	295,2	110,5

- **Temperatura** - $T_0 = 288,15 \text{ K}$ ($15 \text{ }^\circ\text{C}$)
- **Ciśnienie** - $p_0 = 1013,25 \text{ hPa}$
- **Gęstość** - $\rho_0 = 1,2255 \text{ kg/m}^3$
- **Lepkość kinematyczna** - $\nu_0 = 1,461 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
- **Prędkość dźwięku** - $a_0 = 340,3 \text{ m/s}$

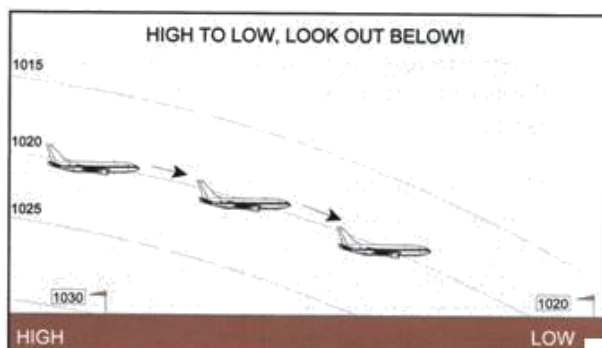
59. Pomiar wysokości
QNH, QFE, nastawa standard

Wysokościomierz barometryczny



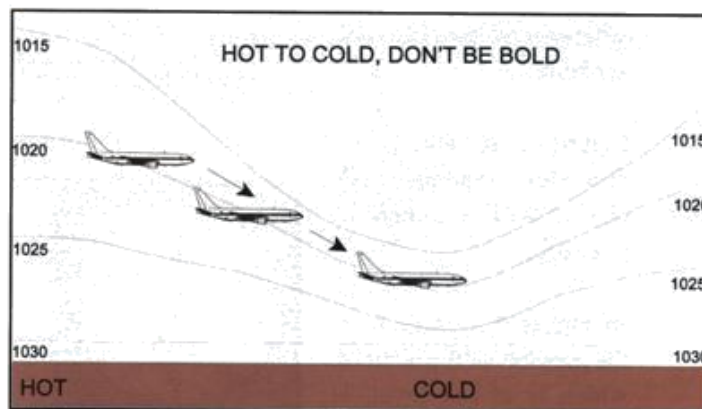
Podstawowe elementy budowy wysokościomierza barometrycznego:

- 1 – otwór ciśnienia statycznego; 2 – zespół puszek próżniowych; 3 – wskazówka 10.000 stóp;
- 4 – wskazówka 100 stóp; 5 – okienko odczytywania wartości ustawionego ciśnienia w calach słupa rtęci (z lewej strony tarczy znajduje się analogiczne wyskalowane w hektopaskalach);
- 6 – wskazówka 1000 stóp; 7 – zakreskowane pole znikające na wysokościach ponad 10.000 stóp;
- 8 – pokrętło ustawiania ciśnienia



Wpływ zmian ciśnienia na dokładność wskazań wysokości.

Wpływ temperatury/gęstości powietrza (w stosunku do ISA) na dokładność wskazań wysokości.



59. Pomiar wysokości

Wysokość ciśnieniowa, wysokość gęstościowa

Ze względu na specyfikę lotnictwa wprowadzono szereg równych wyrażen ciśnienia atmosferycznego mających związek z wysokością lotu.

Jedną z nich jest **wysokość ciśnieniowa QNE** jest to wysokość ponad standardową powierzchnię izobaryczną przyjętą wg ISA, czyli 1013, 25 hPa (22,92 inHg; 760 mmHg). W praktyce ułatwia to prowadzenie samolotów w przestrzeni powietrznej, bowiem każdy z nich ma ten sam poziom odniesienia, inaczej stanowi ona *flight level*, czyli poziom lotu. **Wysokość gęstościowa** to wysokość QNE z poprawką o błąd temperatury.

- **Poziom przejściowy (Transition Level)** – Poziom lotu na którym zmieniamy nastawienie wysokościomierza z QNE na QNH. W Polsce TL jest na poziomie lotu FL 80, zaś dla QNH poniżej 980 mb FL 90.
- **Warstwa przejściowa (Transition Layer)** – obszar pomiędzy wysokością, a poziomem przejściowym.

60. Służba meteorologiczna Lotniskowe biura meteorologiczne



INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ
Państwowy Instytut Badawczy
Najlepsze źródło informacji o polskiej meteorologii i hydrologii

główna mapa strony szukaj

Pogoda	Działalność	Produkty	Wiedza	Wiadomości	Oddziały	Kontakt
WYDANO OSTRZEŻENIA Ostrzeżenia Hydrologiczne	Ostrzeżenia Meteorologiczne	Aerial view of a river valley with fields and forests.				Odtwórz

Działalność IMGW PIB w zakresie meteorologii obejmuje:

- Dostarczanie produktów meteorologicznych służbom sektora publicznego i organizacjom komercyjnym.
- Prowadzenie systematycznych pomiarów i obserwacji meteorologicznych.
- Zbieranie, przechowywanie, przetwarzanie i udostępnianie meteorologicznych materiałów pomiarowych i obserwacyjnych krajowych i zagranicznych.
- Opracowywanie i eksploatacja meteorologicznych modeli matematycznych.
- Prace badawczo-rozwojowe z dziedziny meteorologii.

Lotnicze stacje meteorologiczne

Lotniskowa Stacja Meteorologiczna	Fax	Telefon	E-mail	Kierownik stacji
Lotniskowa Stacja Meteorologiczna Warszawa - Okęcie	(22) 650-15-92	(22) 650-15-91 574-64-10	lbmokecie@imgw.pl	Bogdan Kostrzewa
Lotniskowa Stacja Meteorologiczna Gdańsk - Rębiechowo	(58) 349-56-78	(58) 348-11-91	LBM.Rebiechowo@imgw.pl	Jerzy Czaprowski
Lotniskowa Stacja Meteorologiczna Szczecin - Goleniów	(91) 481-76-50	(91) 481-76-13	LBM.Goleniow@imgw.pl	Jan Bielecki
Lotniskowa Stacja Meteorologiczna Poznań - Ławica	(61) 868-17-91	(61) 868-17-91	LSM.Lawica@imgw.pl	Dariusz Porowski
Lotniskowa Stacja Meteorologiczna Katowice - Pyrzowice	(32) 284-05-56	(32) 285-59-04	LBM.Pyrzowice@imgw.pl	Mirosław Rusin
Lotniskowa Stacja Meteorologiczna Kraków - Balice	(12) 285-50-72	(12) 285-50-72	LBM.Balice@imgw.pl	Lechosław Salak
Lotniskowa Stacja Meteorologiczna Rzeszów - Jasionka	(17) 853-32-11	(17) 853-32-11	LBM.Rzeszow@imgw.pl	Halina Pokrzywa
Lotniskowa Stacja Meteorologiczna Wrocław	(71) 373-77-05	(71) 373-77-05 358-13-90	LBM.Strachowice@imgw.pl	Jolanta Klimas
Lotniskowa Stacja Meteorologiczna Łódź		(42) 687-58-60	Elzbieta.Grzelak-Agaciak@imgw.pl	Elzbieta Grzelak - Agaciak

60. Służba meteorologiczna Służba prognozowania

Najbardziej wydajne prognoza pogody

- Centralne Biuro Prognoz Meteorologicznych (CBPM) jest odpowiedzialna za koordynację działań IMGW PIB prognozowania w zakresie meteorologiczne krótko, średnio-i długoterminowych prognoz zasięgu. Opracowuje ogólne i specjalistyczne prognozy meteorologiczne i ostrzeżenia dla całego kraju, konsultuje prognozy i ostrzeżenia wydawane przez regionalne biura prognoz. W tym CBPM celu sprawia, że analizy danych o stanie atmosfery pochodzą z żadnego z dostępnych w ramach Globalnej Sieci Systemów Obserwacji Światowej Organizacji Meteorologicznej (WMO) obserwacyjno-pomiarowych systemów, takich jak synoptycznych, górnego powietrza, radar, stacje wykrywania błyskawica, jak również polarnych orbicie geostacjonarnej i meteorologicznych i środowiskowych satelitów. Prognozy pogody są na podstawie wyników modeli numerycznych prognoz pogody na globalnych i regionalnych skal dostępnych w ramach WMO Globalny system przetwarzania danych. Prognoza pogody na terytorium Polski są przygotowane w oparciu o wyjścia mezoscale COSMO i ALADIN modele obliczane w IMGW.
- Zwiększenie ilości dostępnych informacji o stanie atmosfery i środowiska naturalnego, a także doświadczenie zdobyte przez zespoły synoptyków pogody i pracowników naukowych rozwój metod prognozowania meteorologicznego zapewnić ciągłe doskonalenie prognoz i ostrzeżeń sprawdzenia, zwłaszcza w sytuacjach ekstremalnych.
- Centralne Biuro Prognoz Lotniczych (CBPL) koordynuje działania IMGW PIB w meteorologicznych ochrony lotnictwa cywilnego, analizuje dane pochodzące z obszaru światowego systemu prognozowania (WAFS), dane zebrane przez systemy pomiaru i obserwacji lotniczych, opracowuje prognozy i komunikaty dla załóg samolotów , przygotowuje mapy niebezpiecznych dla lotnictwa zjawisk atmosferycznych. Urząd współpracuje z biurami regionalnymi prognozowania i lotnictwa stacje meteorologiczne na wszystkich lotniskach w całym kraju.
- Centralne Biuro Prognoz Hydrologicznych monitoruje i prognozuje procesy fizyczne zachodzące w hydrosferze nad Polska i nadzoruje ochronę kraju. Hydrologicznych i meteorologicznych danych pochodzących z sieci pomiarowej IMGW sygnalizacji, prognozy meteorologiczne i poza stawia ALADIN i COSMO modele mezoskali stanowią podstawę funkcjonowania Centralnego Biura Prognoz Hydrologicznych i regionalnych biur prognoz hydrologicznych. Informacji uzyskanych jest rutynowo do analizy aktualnej sytuacji hydrologicznej, w celu opracowania prognozy co dzień. W przypadku zagrożenia powodziowego są one wykorzystywane do wydania hydrologicznych komunikuje się i ostrzeżenia. Ze względu na ochronę Instytutu jednostek przekazują informacje hydrologiczne do zainteresowanych odbiorców, to rządowych władz centralnych, regionalnych i lokalnych, mediów, firm państwowych i prywatnych.

60. Służba meteorologiczna

Służby meteorologiczne na lotniskach

- Podstawowe obserwacyjno-pomiarowych sieci Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowego Instytutu Badawczego składa się z 61 stacji hydrologiczno-meteorologicznej, 3 (górných) aerologicznych stacji wyposażonych w zaawansowane pełni zautomatyzowany system brzmiaące, 8 lotnictwa stacji meteorologicznych, 8 radarowych pogody, danych satelitarnych stacji odbiorczej, sieci 9 czujników do wykrywania błyskawic i lokalizacji. Oprócz standardowych pomiarów synoptycznych wiele stacji przeprowadzić rozszerzony program badań dokonywania pomiarów zanieczyszczeń chemicznych i radioaktywnych zanieczyszczeń atmosfery, aktywności parowania, temperatury gruntu i pomiarów catathermometric. Ważną rolę w rejestracji stanów atmosfery odgrywa sieć meteorologicznych, opady, heliographic posty i czujniki deszczu licznika. Wiele statków handlowych, jak również badania BALTICA statku dokonać obserwacji meteorologicznych i oceanologiczne niezbędnych do opracowania prognoz i ostrzeżeń morskiego. Prawie 800 wody wskaźniki znajdują się na rzekach i jeziorach, jak również w strefie przybrzeżnej Morza Bałtyckiego zrobić sygnalizacji hydrologicznych prognoz.
- Wysokość opadów i głębokość pokrywy śnieżnej mierzone są przez ponad 970 posterunków opadowych, z czego 150 w codziennej sygnalizacji. Sieci automatycznych stacji meteorologicznych i hydrologicznych wynika z danych telemetrycznych ponad 1000 postów operacyjny automatycznie i wyposażone w wiele opcjonalnych systemów komunikacji umożliwiającą gromadzenie danych niezbędnych w danym kroku czasowym sytuacji.
- Stanowiska te umożliwiają ciągłe automatyczne monitorowanie stanu wody w rzekach, wysokości opadu, prędkość i kierunek wiatru oraz temperatury powietrza i jego wilgotności. Ich rozmieszczenie pozwala na śledzenie tych elementów w całym kraju. Jednym z IMGW PIB elementów systemu pomiarowego są trzy aerologicznych stacji co dwa razy dziennie pomiary parametrów atmosfery w profilu pionowym (temperatura, ciśnienie, wilgotność, prędkość i kierunek wiatru). Górna sondy powietrza w dobrych warunkach pogodowych osiąga 30 km, podczas przyjmowania systemów parametrów atmosfery rekord w wysokości lotu radiosonda. One proces automatycznie i przekazywania wyników pomiarów. Po pomiarów tygodniu profil pionowy zawartości ozonu są na stacji Legionowo koło Warszawy.

60. Służba meteorologiczna

Dostępność okresowych prognoz pogody

PROGNOZY OBSZAROWE GAMET

Podstawa opracowywania prognoz obszarowych **GAMET** dla lotów wykonywanych na niskich poziomach lotu są następujące dokumenty:

- Załącznik 3 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, Służba meteorologiczna dla międzynarodowej żeglugi powietrznej, wydanie siedemnaste – Lipiec 2010;
- *Technical Regulations, Basic Documents No. 2, Volume II – Meteorological Service for International Air Navigation, WMO-No. 49, 2007 edition*
- Kody i skróty stosowane w międzynarodowym lotnictwie cywilnym PANSABS (Doc 8400), Wydanie siódme – 2007 r.

Prognozy GAMET w Polsce opracowywane są dla poszczególnych sektorów FIS WARSZAWA: FIR: A1-FIS GDANSK, A2-FIS POZNAŃ, A3-FIS OLSZTYN, A4-FIS OKĘCIE, A5-FIS KRAKÓW.



60. Służba meteorologiczna Analiza i prognozowanie pogody

Prognozy opracowywane są dla przestrzeni powietrznej **od poziomu gruntu**:

- **do poziomu lotu 100 (FL100)** dla sektorów A1, A3, A4, a **w rejonach górskich**
- **do poziomu lotu 150 (FL150)** dla sektorów A2 i A5. Ważność prognoz **GAMET** wynosi 6 godzin i są opracowywane cztery razy na dobę. Prognozy **GAMET** są redagowane w języku angielskim zgodnie z międzynarodowymi skrótami.

Prognoza obszarowa **GAMET** składa się z dwóch sekcji:

- **sekcja I** zawiera informacje o zjawiskach pogodowych niebezpiecznych dla wykonywania lotów na niskich poziomach lotu;
- **sekcja II** zawiera informacje wymagane dla wykonywania lotów na niskich poziomach lotu.

SEKCJA I składa się z grup:

- **prędkość wiatru przyziemnego – grupa SFC WSPD**
zamieszczana jest tylko wtedy, gdy prędkości (średnia lub w porywach) nad rozległym obszarem przekracza 30 kt. Podawana jest tylko prędkość wiatru, nie zamieszcza się informacji o kierunku wiatru przyziemnego.
 - **widzialność pozioma przy powierzchni ziemi – grupa SFC VIS**
zamieszczana tylko wtedy, gdy widzialność pozioma przy powierzchni ziemi nad rozległym obszarem jest mniejsza niż 5000 m. Podawana jest wartość widzialności oraz zjawisko powodujące ograniczenie widzialności.
- istotne zjawiska pogody – grupa SIGWX**
- uwzględniane są tylko burze lub burze z gradem, silne burze piaskowe oraz pyłowe, pył wulkaniczny. W celu określenia ilości i sposobu występowania burz używane są wyłącznie terminy: ISOL, OCNL, FRQ, SQL, OBSC, EMBD (patrz rozdz. 6.3.).
- **góry zakryte – grupa MT OBSC**
zamieszczana gdy prognozuje się, że szczyty gór będą zakryte przez chmury.
 - **zachmurzenie – grupa SIG CLD**
zamieszczana, jeśli zachmurzenie o wielkości BKN lub OVC i wysokości podstawy niżej od 1000 ft (300 m) nad poziomem gruntu będzie występować nad rozległym obszarem i/lub będą występować chmury *cumulonimbus* (CB) lub wypiętrzone chmury *cumulus congestus* (TCU).
Oprócz wielkości zachmurzenia podawane są również wysokości podstaw i wierzchołków chmur (powyżej średniego poziomu morza). Jeżeli wierzchołki chmur znajdują się powyżej górnej granicy obszaru, wtedy ich wysokość nie jest podawana, używa się określenia ABV 10000 FT AMSL lub ABV FL100 (dla sektorów A2 i A5: ABV 15000 FT AMSL lub ABV FL150).
 - **oblodzenie – grupa ICE**
włączana w przypadku oblodzenia umiarkowanego lub silnego (oprócz tego, które występuje w chmurach konwekcyjnych oraz silnego, dla którego została już wydana depesza SIGMET). Podawana jest intensywność oblodzenia (MOD lub SEV) oraz warstwa, w której będzie występować.
 - **turbulencja – grupa TURB**
włączana w przypadku turbulencji umiarkowanej lub silnej (oprócz tej, która występuje w chmurach konwekcyjnych oraz silnej turbulencji, dla której została już wydana depesza SIGMET). Podawana jest intensywność turbulencji (MOD lub SEV) oraz warstwa, w której będzie występować.
 - **fala górską – grupa MTW**
informacja o fali górskiej jest włączana jeśli będzie występować fala górską (oprócz silnej fali górskiej, dla której została już wydana depesza SIGMET).
 - **SIGMET - SIGMET APPLICABLE**
podawany jest numer informacji SIGMET, aktualnej dla WARSAW FIR.

60. Służba meteorologiczna Analiza i prognozowanie pogody

- **HAZARDOUS lub WX NIL**
gdy nie prognozuje się zjawisk w Sekcji I i nie została wydana żadna informacja SIGMET.

SEKCJA II składa się z następujących grup:

- **sytuacja baryczna – grupa PSYS**
podawane jest położenie ośrodków ciśnienia i/lub frontów, kierunek przemieszczania się (określenia rój wiatru) i prędkość przemieszczania się (w węzłach) oraz ich rozwój. Położenie istotnych systemów barycznych jest podawane dla terminów głównych, tzn. o 00, 06, 12, 18 UTC.
- **wiatr przyziemny – grupa SFC WIND**
kierunek i prędkość (oraz porywy) wiatru przyziemnego reprezentatywne dla danego rejonu lub jego części.
- **wiatr i temperatura w wybranych warstwach atmosfery – grupa WIND/T**
kierunek i prędkość wiatru oraz temperatura na następujących wysokościach: 1000 FT AMSL, 2000 FT AMSL, 3300 FT AMSL, 5000 FT AMSL, 10000 FT AMSL.
- **zachmurzenie – grupa CLD**
uwzględnia się zachmurzenie, którego podstawa znajduje się poniżej górnej granicy obszaru, a informacja o nim nie została przekazana w Sekcji I. Podawana jest wielkość zachmurzenia, rodzaj oraz wysokość podstawy i wierzchołków nad poziomem morza, jak w grupie SIG CLD Sekcji I. Jeśli prognozowana jest zwarta warstwa chmur (w pionie) to podawana jest wysokość podstawy i wysokość wierzchołków całej warstwy.
- **poziom izotermy zero – grupa FZLVL**
poziom (lub poziomy) izotermy 0 °C nad średnim poziomem morza, jeśli poziom izotermy 0 °C jest poniżej górnej granicy obszaru.
- **temperatura powierzchni morza i stan morza – grupa SEA**
podawane są: temperatura i stan morza (dla SEKTORA A1).

Przykład prognozy obszarowej GAMET.

```
EPWW GAMET VALID 221000/221600 EPKKEPWW
WARSAW FIR/A5 BLW FL150
SECN I
SFC WSPD: 11/16 NEAR CB IN GUSTS 31-37KT
SFC VIS: 11/16 2000-5000M SHRA
SIGWX: 13/16 OCNL TS TSGR
MT OBSC: 11/16 TEMPO IN PRECIPITATION ABV 5000FT AMSL TATRY
LCA BESKIDY
SIG CLD: 11/16 OCNL CB 3000-4000/ABV 15000FT AMSL
ICE: 10/16 MOD INC FL090/110 N-PART
TURB: 10/16 MOD GND/5000FT AMSL
SIGMET APPLICABLE: AT TIME OF ISSUE NIL
SECN II
PSYS: 12 H 1027HPA OVER BELARUSIA STNR WAVING FRONT OVER S
POLAND AND W UKRAINE STNR WKN
SFC WIND: 10/16 040-070/06-14KT BUT IN SE-PART 350-040/05-10KT
WIND/T: 10/16
1000FT AMSL 060/09KT PS17
```

60. Służba meteorologiczna Analiza i prognozowanie pogody

2000FT AMSL 050/13KT PS13
3300FT AMSL 050/13KT PS09
5000FT AMSL 050/15KT PS05
10000FT AMSL 040/14KT 0000
CLD: 10/16 FEW-BKN CU 4000-5000/8000-10000FT AMSL
FEW-SCT AC FL090/110
11/16 LCA IN PRECIPITATIONS FEW/SCT ST 1200-2000/2500FT AMSL
FZLVL: N-PART FL090, S-PART FL100
CHECK AIRMET AND SIGMET INFORMATION

ZNACZENIE

Prognoza obszarowa dla lotów na niskich poziomach lotu (GAMET) wydana dla sektora A5 regionu informacji powietrznej WARSZAWA (identyfikowanego przez centrum kontroli powietrznej EPWW WARSZAWA), dla obszaru poniżej poziomu lotu 150, przez Centralne Biuro Prognoz Meteorologicznych (EPKK); informacja jest ważna od 10.00 UTC do 16.00 UTC 22 dnia miesiąca.

SEKCJA I

Prędkości wiatru przyziemnego: Pomiędzy 11.00 UTC a 16.00 UTC w zasięgu chmur cumulonimbus, w porywach 31 do 37 węzłów

Widzialność przy powierzchni ziemi: Pomiędzy 11.00 UTC a 16.00 UTC 2000 do 5000 metrów, z powodu opadu deszczu przelotnego

Istotne zjawiska pogody: Pomiędzy 13.00 UTC a 16.00 UTC odseparowane burze z gradem lub burze z gradem

Góry zakryte: Pomiędzy 11.00 UTC a 16.00 UTC okresami w opadach zakryte wierzchołki Tatr, lokalnie Beskidów, powyżej 5000 stóp powyżej średniego poziomu morza

Zachmurzenie: Pomiędzy 11.00 UTC a 16.00 UTC odseparowane chmury cumulonimbus o wysokości podstaw 3000 do 4000 i wysokości wierzchołków powyżej 15000 stóp powyżej średniego poziomu morza

Oblodzenie: Pomiędzy 10.00 UTC a 16.00 UTC umiarkowane w chmurach pomiędzy 90 a 110 poziomami lotu

Turbulencja: Pomiędzy 10.00 UTC a 16.00 UTC umiarkowana od gruntu do 5000 stóp powyżej śr. poziomu morza

Informacja SIGMET: Nie ma w momencie wydania prognozy GAMET

Sekcja II

Sytuacja baryczna: O 12.00 UTC stacjonarny wy z centrum 1027 hPa nad Białorusią, falujący stacjonarny front nad południową Polską i zachodnią Ukrainą, ulega frontolizie

Wiatr przyziemny: Pomiędzy 10.00 UTC a 16.00 UTC kierunek wiatru 40 do 70 stopni, prędkość wiatru 6 do 14 węzłów, ale w części południowo wschodniej kierunek 350 do 40 stopni, prędkość 5 do 10 węzłów

Górne wiatry i temperatury: (w całym okresie ważności) na wysokości 1000 stóp powyżej średniego poziomu morza 60 +/- 20 stopni, prędkość 9 +/- 5 węzłów, temperatura plus 17 stopni Celsjusza, na wysokości 2000 stóp powyżej średniego poziomu morza 50 +/- 20 stopni, prędkość 13 węzłów, temperatura plus 13 stopni Celsjusza, ...

Zachmurzenie:

- Pomiędzy 10.00 UTC a 16.00 UTC 1/8-2/8 do 5/8-7/8 (wzrost wielkości zachmurzenia) chmur cumulus o podstawach 4000 do 5000 i wierzchołkach od 8000 do 10000 stóp powyżej średniego poziomu morza
- Pomiędzy 10.00 UTC a 16.00 UTC 1/8-2/8 do 3/8-4/8 (wzrost wielkości zachmurzenia) chmur altocumulus o podstawach na 90 poziomie lotu i wierzchołkach na 110 poziomie lotu
- Pomiędzy 11.00 UTC a 16.00 UTC lokalnie przy opadach 1/8-4/8 chmur stratus o wysokościach podstaw od 1200 do 2000 i wysokościach wierzchołków 2500 stóp powyżej średniego poziomu

morza **Poziom izotermia zero:** w części północnej na 90 poziomie lotu, w części południowej na 100 poziomie lotu

Sprawdź informacje AIRMET i SIGMET.

60. Służba meteorologiczna Analiza i prognozowanie pogody

MAPY ISTOTNYCH ZJAWISK POGODY SIGWX (SIGNIFICANT)

Mapy istotnych zjawisk pogody SIGWX są ogólnymi obszarowymi prognozami pogody w formie graficznej i zawierają tylko istotne zjawiska i elementy pogody mające wpływ na lot i nie uwzględniają wszystkich występujących parametrów meteorologicznych.

Mapy istotnych zjawisk pogody SIGWX opracowywane są głównie dla trzech poziomów:

1. mapa istotnych zjawisk pogody (poziom niski) – SWL
2. mapa istotnych zjawisk pogody (poziom średni) – SWM
3. mapa istotnych zjawisk pogody (poziom wysoki) – SWH

Informacje przedstawione na mapach istotnych zjawisk pogody dotyczą przede wszystkim:

- burz,
- cyklonów tropikalnych,
- linii silnych szkwałów,
- umiarkowanej lub silnej turbulencji,
- umiarkowanego lub silnego oblodzenia,
- rozległych burz piaskowych (pyłowych),
- chmur burzowych,
- przyziemnego położenia dobrze wyrażonych stref zbieżności,
- przyziemnego położenia układów frontowych, którym towarzysza istotne zjawiska pogody, oraz kierunku i prędkości ich przemieszczania,
- wysokości tropopauzy,
- prądów strumieniowych,
- erupcji wulkanicznych,
- miejsc przypadkowego uwolnienia do atmosfery materiałów radioaktywnych,
- na mapie istotnych zjawisk pogody niskiego poziomu przedstawia się również informacje o widzialności i zjawiskach, które ją ograniczają, oraz o wietrze na FL 050.



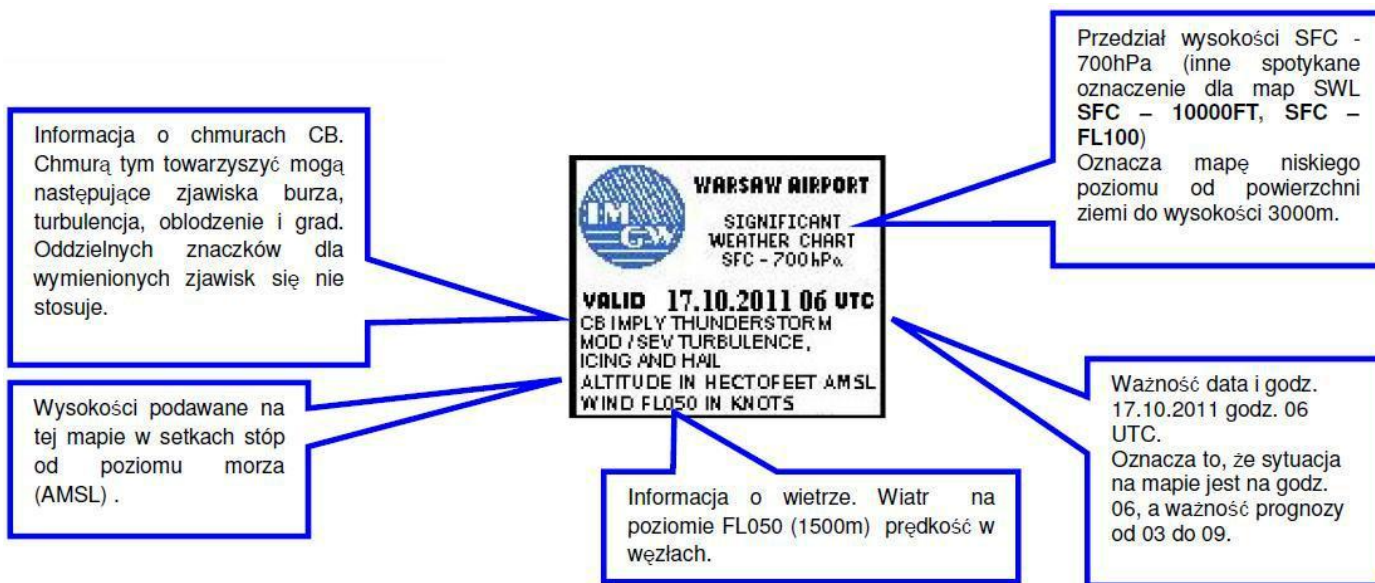
Mapa istotnych zjawisk pogody (poziom niski) – SWL

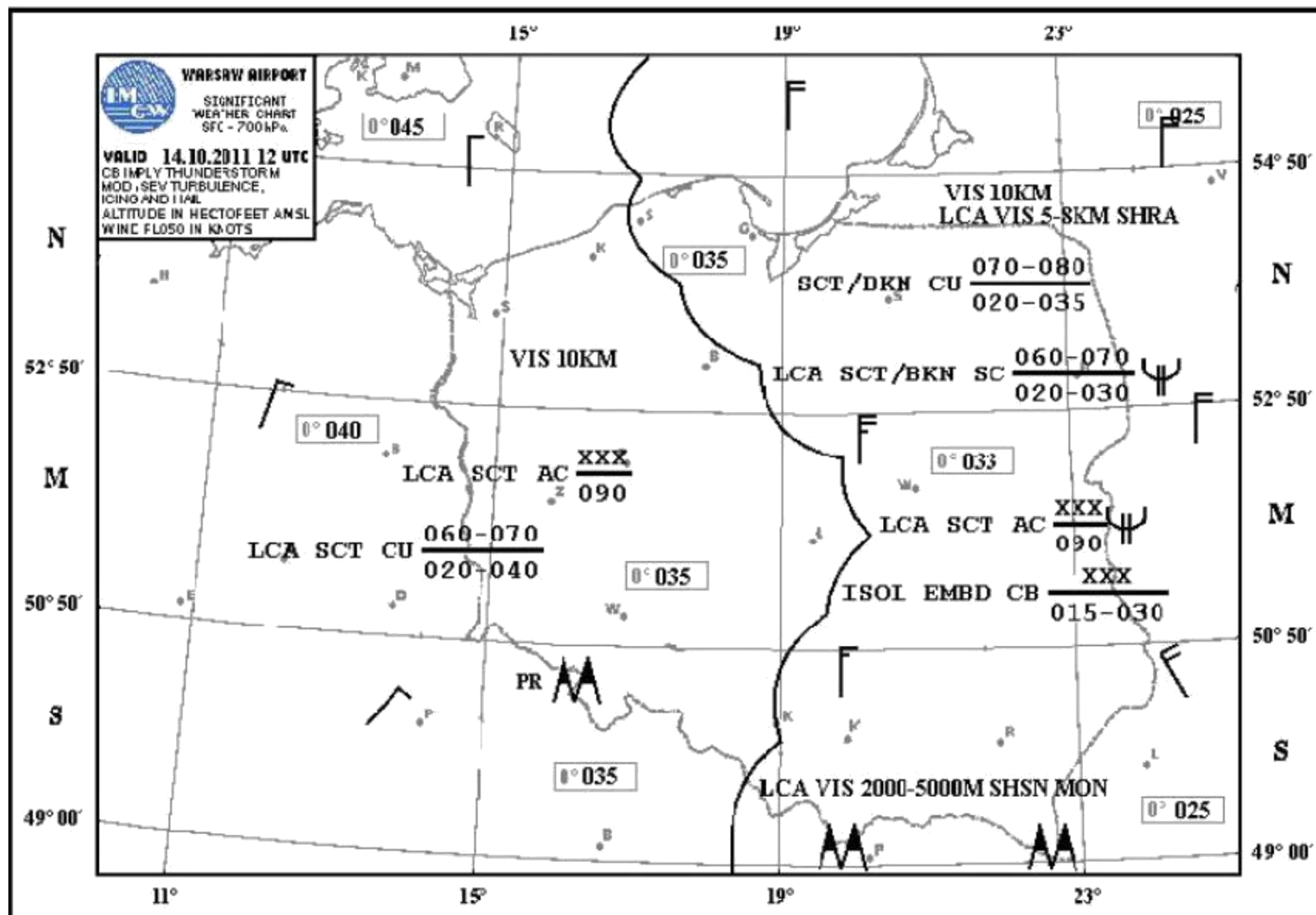
Mapy te obejmują poziom od powierzchni ziemi (SFC) do wysokości FL 100, a w obszarach górzystych do FL 150. Mapy te opracowują biura meteorologiczne wyznaczone do osłony meteorologicznej na terenie danego państwa. SIGWX SWL mogą się różnić co do formy graficznej, jednakże wykonane są zgodnie ze standardami ICAO.

Opracowywane są dla następujących terminów:

- 00.00 UTC** (ważność od 21.00 do 03.00);
- 06.00 UTC** (ważność od 03.00 do 09.00);
- 12.00 UTC** (ważność od 09.00 do 15.00);
- 18.00 UTC** (ważność od 15.00 do 21.00).

Legenda znajduje się w rogu mapy. Zawiera informacje: dla jakiego poziomu jest to mapa, termin ważności, w jakich jednostkach wyrażona jest wysokość oraz czy wysokość mierzona jest od poziomu gruntu (AGL) czy te morza (AMSL) oraz informacja o wietrze dla jakiej wysokości podana jest prędkość i kierunek wiatru oraz jednostki





Mapa istotnych zjawisk pogody (SIGWX) z poziomu niskiego opracowywana przez IMGW.



FIXED TIME CHART VALID UTC 19 BASED ON UTC DATA ON					
	VARIANT	VIS	WEATHER	CLOUD, TURBULENCE, ICING	0°C
	AREA A	10		— SCT CU 025/080 ∩ 050/080	50
	ISOL	8	SHOWERS	— BKN CU 015/XXX ∩ 050/XXX	
	AREA B	10	RAIN	— OVC Lyr ST NS 015/XXX ∩ 050/XXX	50
	OCNL	4000	HEAVY RAIN	EMBD CB 008/XXX HILL FOG	
	ISOL	1000	THUNDERSTORM		
	AREA C	7		BKN to OVC ST SC 010/040	100
	LOC SOUTH COT HILLS	2000	DRIZZLE	OVC ST SC 003/050 HILL FOG	
	AREA D	10	RAIN	OVC Lyr SC NS 010/XXX ∩ 090/XXX	90
	LOC NORTH	5000	RAIN	OVC Lyr ST NS 005/XXX ∩ 090/XXX HILL FOG	
	AREA E	8		SCT SC 020/030	40
	LOC LAND	0500	FOG		
	AREA F	2000	MIST	BKN to OVC ST 020/010	30
	LOC COT HILLS	0200	FOG	OVC ST SFC/015	
AREA G	5000	RAIN	— OVC CU SC NS 010/XXX ∩ 030/150	30	
LOC NORTH	0500	FOG	OVC ST SFC/010		
AREA J	10		SCT CU SC 030/050 ∩ 040/050	40	
LOC HILLS NORTH			MOD CAT BLW 070		
SIGWX BELOW 10 000 FT ISSUED BY AT UTC		WARNING AND/OR REMARKS: EAST TO NE GALES SHETLAND TO HEBRIDES - SEVERE MOUNTAIN WAVES NW SCOTLAND - FOG PATCHES EAST ANGLIA - WDSPR FOG OVER NORTH FRANCE, BELGIUM AND HOLLAND			
Note: 1. Pressure in hPa and speeds in knots. 2. Vis in m or km. Hill fog implies vis 200M or less. 3. Altitude in hectofeet above NSL XXX = above 10 000 ft. 4. R and CB imply MOD/SEV icing and turbulence.					

Mapa istotnych zjawisk pogody (SIGWX) z poziomu niskiego opracowywana przez IMGW.



Mapa istotnych zjawisk pogody (poziom średni SWM i wysoki SWH)

Informacje przedstawione na mapach istotnych zjawisk pogody dla poziomu średniego i wysokiego dotycza przede wszystkim:

- cyklonów tropikalnych;
- linii silnych szkwałów;
- umiarkowanej lub silnej turbulencji;
- umiarkowanego lub silnego oblodzenia;
- rozległych burz piaskowych (pyłowych);
- chmur Cumulonimbus;
- przyziemnego położenia dobrze wyrażonych stref zbieżności;
- przyziemnego położenia układów frontowych, którym towarzysza istotne zjawiska pogody, oraz kierunku i prędkości ich przemieszczania;
- wysokości tropopauzy podana jako poziom lotu;
- prądów strumieniowych;
- erupcji wulkanicznych;
- miejsc przypadkowego uwolnienia do atmosfery materiałów radioaktywnych.

PSRE05 EGRR 150000

CAT AREAS

1		450	30XX	4		390	280	7		380	30XX
2		370	260	5		460	270				
3		420	30XX	6		390	30XX				

ISSUED BY WAFC LONDON
 PROVIDED BY WAFC LONDON
 FIXED TIME PROGNOSTIC CHART
 ICAO AREA C SIGWX
 FL 250-630
 VALD 00 UTC 20 SEP 2011

CB IMPLIES TS, GR,
 MOD OR SEV TURB AND CE
 UNITS USED: HEIGHTS IN FLIGHT LEVELS
 CHECK SIGMET, ADVISORIES FOR TC AND
 VA, AND ASHTAM AND NOTAM FOR VA

Informacje dodatkowe:
 - należy założyć, że chmury Cb związane są z burzą (TS), gradem (GR), umiarkowaną lub silną turbulencją
 - należy sprawdzić SIGMET z informacjami na temat pyłu wulkanicznego (VA) oraz cyklonów tropikalnych (TC).

punkty turbulencji nieba bezchmurnego CAT

rejon mapy według podziału ICAO

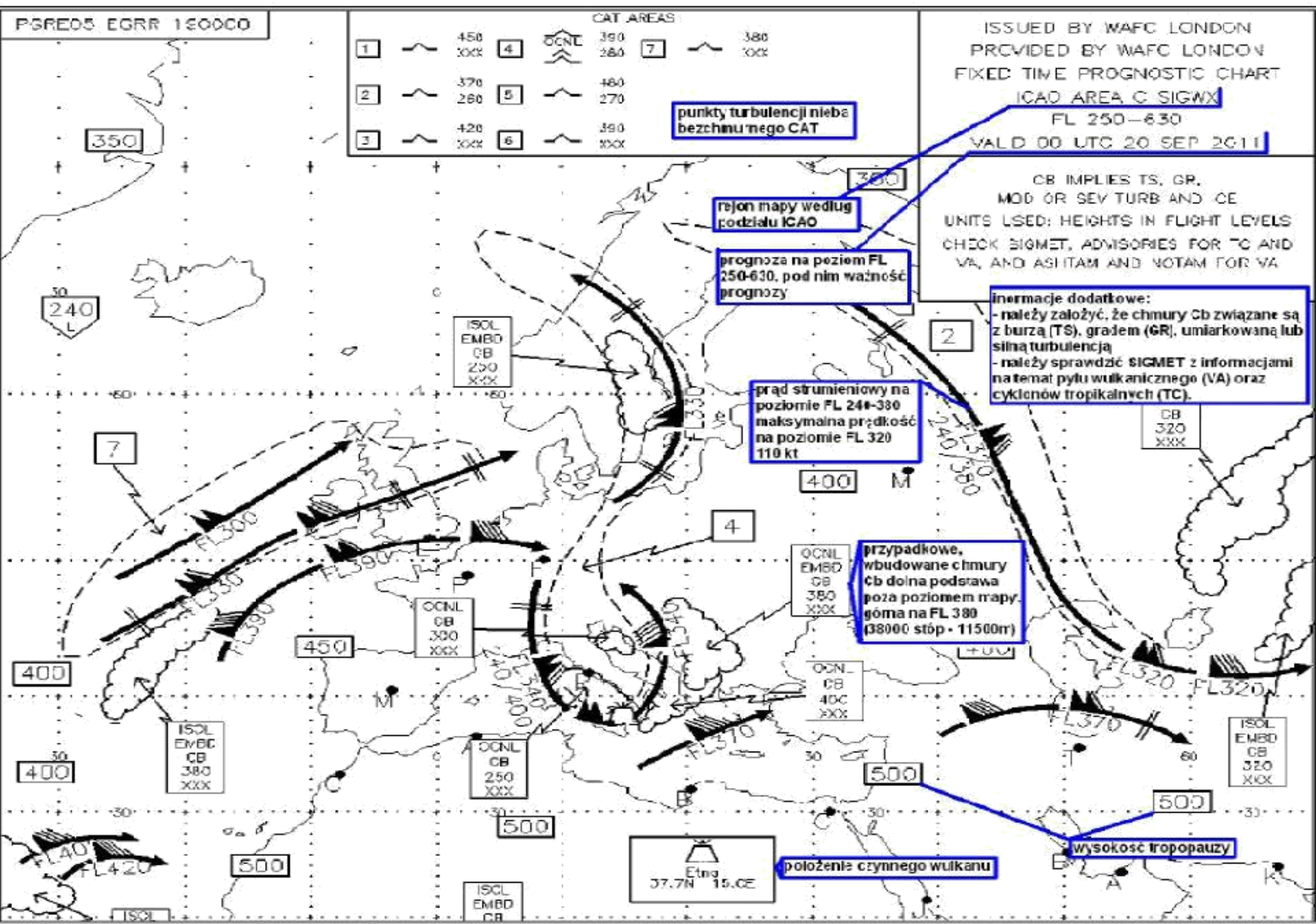
prognoza na poziom FL 250-630, pod nią ważność prognozy

prąd strumieniowy na poziomie FL 240-380
 maksymalna prędkość na poziomie FL 320 110 kt

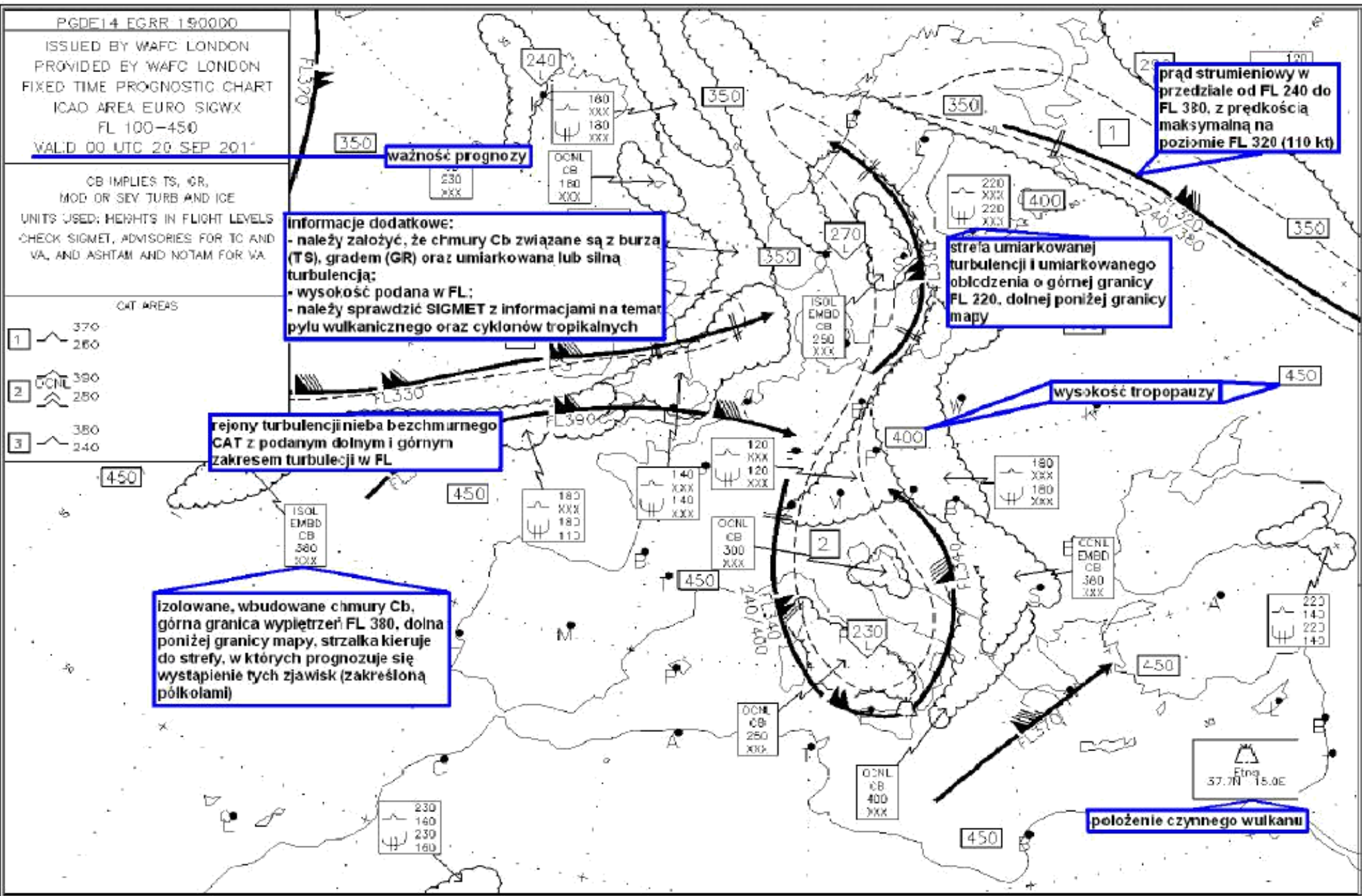
przypadkowe, wbudowane chmury Cb dolna podstawa górną na FL 380 (38000 stóp - 11500m)

położenie czynnego wulkanu

wysokość tropopauzy

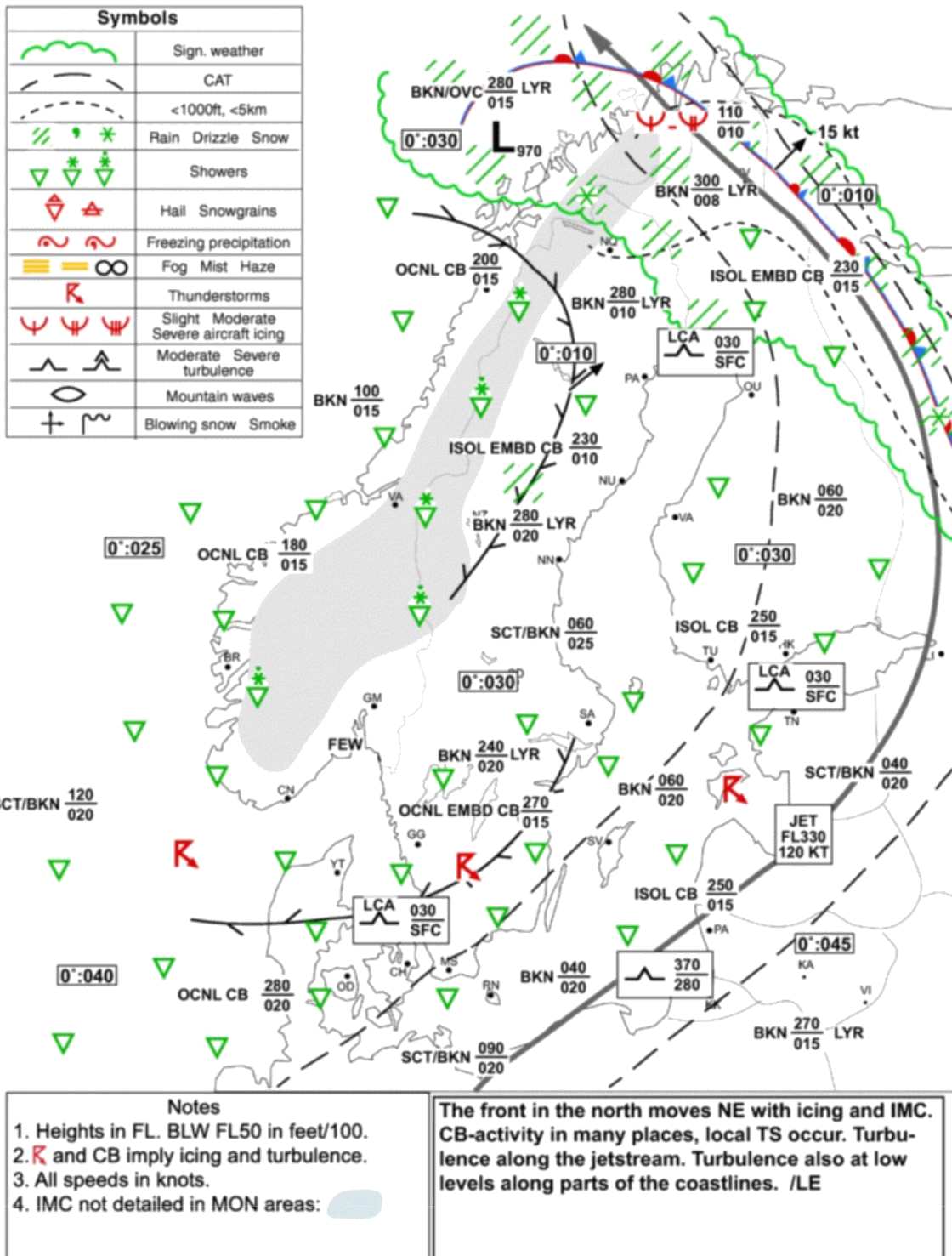


Mapa istotnych zjawisk pogody (SIGWX) dla poziomu niskiego - połączenie graficznej formy z opisowa




























Mapa istotnych zjawisk pogody (SIGWX) z poziomu wysokiego (powyżej FL 250)

SMHI SIGWX CHART VALID 12 UTC 2011-10-19
SFC-FL400 ISSUED BY MET OFFICE ESSA



Przykład mapy SIGWX łączącej trzy poziomy od powierzchni

SYMBOLE STOSOWANE NA MAPACH SIGNIFICANT

	Thunderstorms (Burza)		Drizzle (Mżawka)
	Tropical cyclone (Cyklon tropikalny)		Rain (Deszcz)
	Severe squall line* (Linia silnej nawałnicy)		Snow (Śnieg)
	Moderate turbulence (Turbulencja umiarkowana)		Shower (Opad przelotny)
	Severe turbulence (Turbulencja silna)		Hail (Grad)
	Mountain waves (Fala górską)		Widespread blowing snow (Obszar zawiei śnieżnej)
	Moderate aircraft icing (Oblodzenie umiarkowane)		Severe sand or dust haze (Zmętnienie pyłowe lub piaskowe)
	Severe aircraft icing (Oblodzenie intensywne)		Widespread sandstorm or dust storm (Burza pyłowa lub piaskowa)
	Widespread fog (Mgła)		Widespread haze (Zmętnienie opalizujące)
	Radioactive materials in the atmosphere** (Materiały radioaktywne w atmosferze)		Widespread mist (Zamglenie)
	Volcanic eruption*** (Erupcja wulkaniczna)		Widespread smoke (Zadymienie na większym obszarze)
	Mountain obscuration (Zakrycie wierzchołków gór przez chmury)		Freezing precipitation**** (Opad mrozujący)
			Visible ash cloud***** (Chmura pyłu)

* W dokumentacji lotu dla lotów operacyjnych FL100 symbol ten odnosi się do „linii nawałnicy”

** Z boku mapy powinny być zawarte: symbole materiałów radioaktywnych; długość/szerokość geograficzna; data i godzina miejsca zdarzenia, a także sprawdzić NOTAM w celu uzyskania pozostałych informacji.

*** Z boku mapy powinno być zawarte: symbol erupcji wulkanicznej; nazwa i międzynarodowy numer wulkanu jeśli posiadamy informacje; długość/szerokość geograficzna; data i czas pierwszej erupcji (jeśli wiemy); Przy erupcji wulkanicznej trzeba sprawdzić SIGMET's i NOTAM dla ASHTAM.

**** Symbol ten nie odnosi się do oblodzenia wynikającego z powodu kontaktu opadów ze statkiem powietrznym, który ma bardzo niską temperaturę.

***** Symbol chmury pyłu dotyczy tylko modelu VAG, a nie SIGWX. Uwaga: Wskaznik wysokości pomiędzy którym zjawisko jest oczekiwane, znajduje się poniżej górnej granicy jak na legendzie.



	Cold front at the surface (Front chłodny przy ziemi)		Position, speed and level of max. wind (Pozycja, prędkość i poziom wiatru maksymalnego)
	Warm front at the surface (Front ciepły przy ziemi)		Convergence line (Linia zbieżności)
	Occluded front at the surface (Front okluzji przy ziemi)		Freezing level (Poziom zamarzania)
	Quasi-stationary front at the surface (Front quasi-stacjonarny)		Intertropical convergence zone (Miedzynwrotnikowy rejon zbieżności)
	Tropopause High (Wyż tropopauzy)		State of the sea (Stan morza)
	Tropopause Low (Niż tropopauzy)		Sea-surface temperature (Temperatura powierzchni morza)
	Tropopause Level (Poziom tropopauzy)		Widespread Strong surface wind*



Wind arrows indicate the maximum wind in jet and the light level at which it occurs. Significant changes (speed of 20 knots or more, 3000 ft (less ir praticable) in night level) are marked by the double bar, in the example, at the double bar the wind speed is 220 km/h - 120 kt

Strzałka w iatru wskazuje maksymalny wiatr i najwyższy poziom na jakim wystąpi w prądzie strumieniowym. Znaczące zmiany (prędkość 20 węzłów lub więcej, poziom 3000 stóp (zadziej w praktyce)) określają podwójne kreski. W przykładzie powyżej podwójne kreski określają prędkość wiatru 220 km/h - 120 węzłów.

The heavy line delineating the jet axis begins/ends at the point where a wind speed of 150 km/h - 80 kt is forecast

Grube linie określają osie prądów strumieniowych zaczynające się/kończące nad punktami gdzie prognoza prędkości wiatru wynosi 150km/h - 80 węzłów.

* This symbol refers to widespread surface wind speeds exceeding 60 km/h (30kt)

*Symbol ten odnosi się do prędkości wiatru przyziemnego na większym obszarze osiagającego prędkość 60km/h (30 węzłów).

RODZAJ ZACHMURZENIA

Symbol	Rodzaj
CI	Cirrus
CC	Cirrocumulus
CS	Cirrostratus
AC	Altostratus
AS	Altostratus
NS	Nimbostratus
SC	Stratocumulus
ST	Stratus
CU	Cumulus
CB	Cumulonimbus

WIELKOŚĆ ZACHMURZENIA BEZ CHMUR CB

Symbol	Explanation	Wyjaśnienie
SKC	sky clear (0/8)	niebo bezchmurne (0/8)
FEW	few (1/8 to 2/8)	małe (1/8 to 2/8)
SCT	scattered (3/8 to 4/8)	rozproszone (3/8 to 4/8)
BKN	broken (5/8 to 7/8)	z przerwami (5/8 to 7/8)
OVC	overcast (8/8)	całkowite (8/8)

WIELKOŚĆ ZACHMURZENIA DLA CHMUR CB

Symbol	Explanation	Wyjaśnienie
ISOL	individual CBs (isolated)	izolowane
OCNL	well-separated CBs (occasional)	okazjonalne
FRQ	CBs with little or no separation (frequent)	częste
EMBD	CBs embedded in layers or other clouds or concealed by haze (embedded)	wbudowane

Wysokości są podane na mapach SWH i SWM w poziomach lotu (FL), górna nad dolna granica. Gdy jest uyte **XXX**, górna lub dolna granica są poza warstwa atmosfery, do której mapa się odnosi. Na mapach SWL:

1. Wysokości są podane ponad średnim poziomem morza;
2. Skrót SFC jest używany do wskazania poziomu terenu

PRZEDSTAWIENIE LINII I UKŁADÓW NA MAPACH (POL.)

Mapy istotnych zjawisk pogody (wysokiego i średniego poziomu)

Symbol	Wyjaśnienie
Linia muszelkowa	Oznacza rejon istotnych zjawisk pogody
Linia gruba przerywana	Określa rejon CAT
Gruba linia pojedyncza przerywana przez strzałkę wiatru i poziom lotu	Położenie osi prądów strumieniowych ze wskazaniem kierunku i prędkości wiatru w kt lub km/h i wysokości w poziomach lotu
Liczby przy strzałkach	Prędkość w kt lub km/h przesuwania się frontu
Poziomy lotów wewnątrz małych prostokątów	Wysokość tropopauzy w poziomach lotu. Niż i wyż topografii tropopauzy podane są przez litery L i H, każda osobno w pięcioboku wraz ze wskazaniem wysokości w FL

Mapa istotnych zjawisk pogody (dolny poziom)

Symbol	Wyjaśnienie
X	Położenie ośrodków ciśnienia w hPa
L	Ośrodek niskiego ciśnienia
H	Ośrodek wysokiego ciśnienia
Linie muszelkowe	Oznacza rejon istotnych zjawisk pogody
Linie kreskowane	Wysokość izotermy 0°C w stopach (hektostopach) lub metrach UWAGA: Poziom 0°C może być podany w postaci <input type="text" value="0° : 060"/> , tj. 0°C jest na wysokości 6000ft
Liczby przy strzałkach	Prędkość posuwania się frontów, niżów lub wyżów w kt lub km/h
Liczby zawarte wewnątrz symbolu stanu morza	Wysokość fali w stopach lub metrach
Liczby zawarte wewnątrz symbolu temperatury powierzchni morza	Temperatura powierzchni morza w °C
Liczby zawarte wewnątrz symbolu wiatru	Wiatr w kt lub km/h

Strzałki i piórka

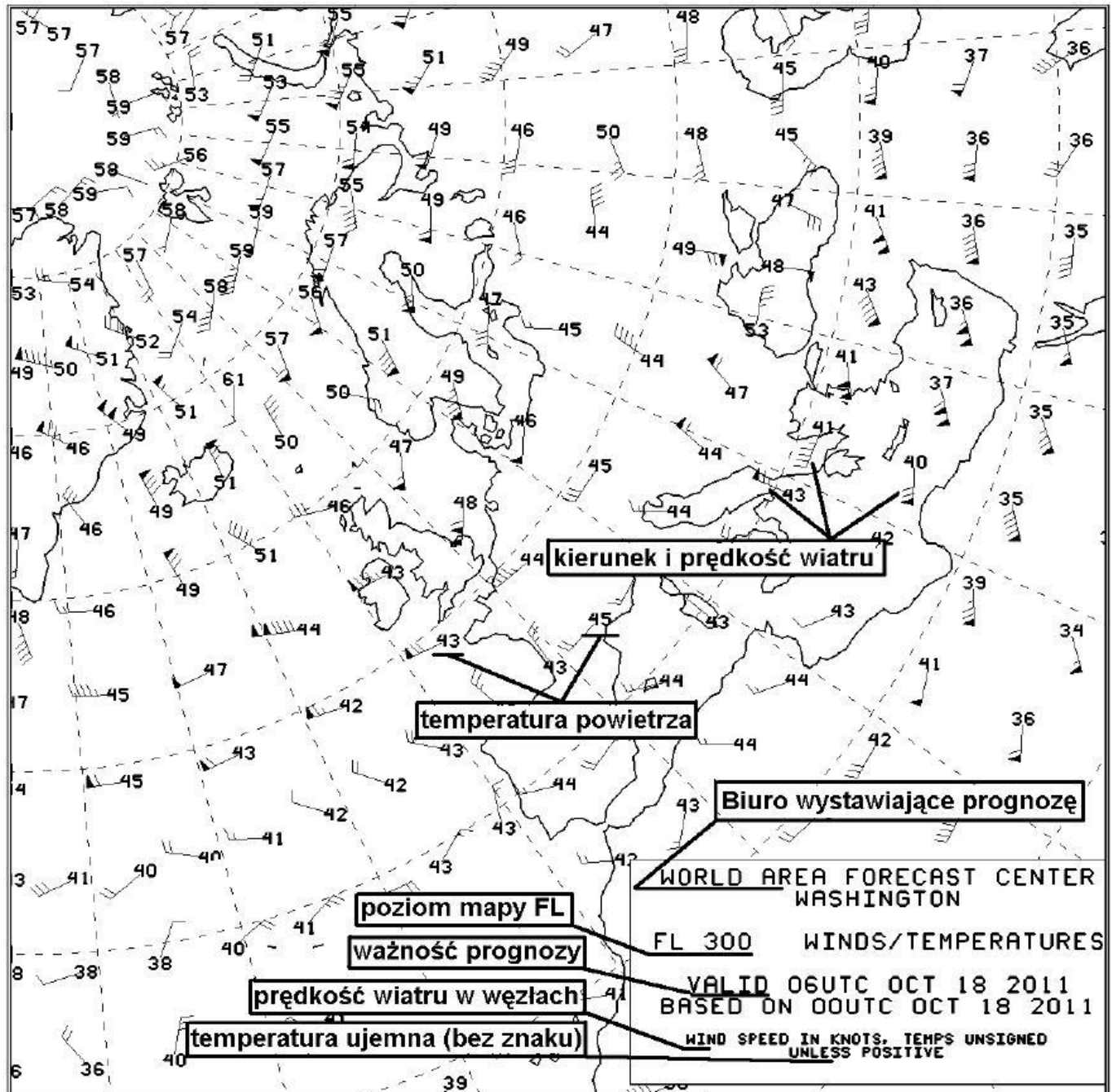
Strzałki wskazują kierunek. Liczba chorągiewek i/lub piórek odpowiada prędkości.

Przykład:



270°/115 kt (213 km/h)
Chorągiewka odpowiada 50 kt (93 km/h)
Piórko odpowiada 10 kt (18 km/h)
Połowa piórka odpowiada 5 kt (9 km/h)

MAPY WIATRÓW GÓRNYCH I TEMPERATURY NA STANDARDOWYCH
WYSOKOSIACH POWIERZCHNI IZOBARYCZNYCH.



1. Chorągiewki oznaczają prognozowany kierunek i prędkość wiatru (w węzłach siatki) na danym poziomie:
 - a) długa kreska oznacza kierunek, z którego wieje wiatr do punktu siatki;
 - b) poprzeczne kreseczki i trójk
 - krótsza kreseczka to 5 kt (2m/s)
 - dłuższa kreseczka to 10 kt (5 m/s)
 - trójkąt to 50 kt (25 m/s).

- Liczby umieszczone w węzłach siatki (na koncu kresek wyrażających kierunek wiatru) to prognozowane wartości temperatury na danym poziomie w stopniach Celsjusza.
- Punkty oznaczone dwiema literami to największe miasta zaznaczone dla łatwiejszej orientacji (na niektórych mapach).

Dostępne są mapy wiatrów górnych i temperatury na wysokościach dla następujących poziomów standardowych wyrażonych w setkach stóp: FL 050, FL 100, FL 180, FL 240, FL 300, FL 340, FL 390.

UWAGA: Mapy wiatru i temperatury mogą być przedstawione w różnych odwzorowaniach geograficznych (stereograficznym lub Mercatora) a także w postaci liczbowej (ryc. 58): gdzie (w wersji stosowanej w Australii) od góry podana jest wysokość tropopauzy (FL); kolejny wiersz to poziom (FL) kierunek (w dziesiątkach stopni)

Predkosc wiatru w węzłach – dla maksymalnej prędkości wiatru; kolejne opasują kierunek wiatru (w dziesiątkach stopni), prędkość wiatru w węzłach, oznaczenie znaki temperatury P dla temperatury dodatniej, (M) dla temperatury ujemnej, następnie wartość temperatury w pełnych stopniach Celsjusza.

Przykład zapisu:

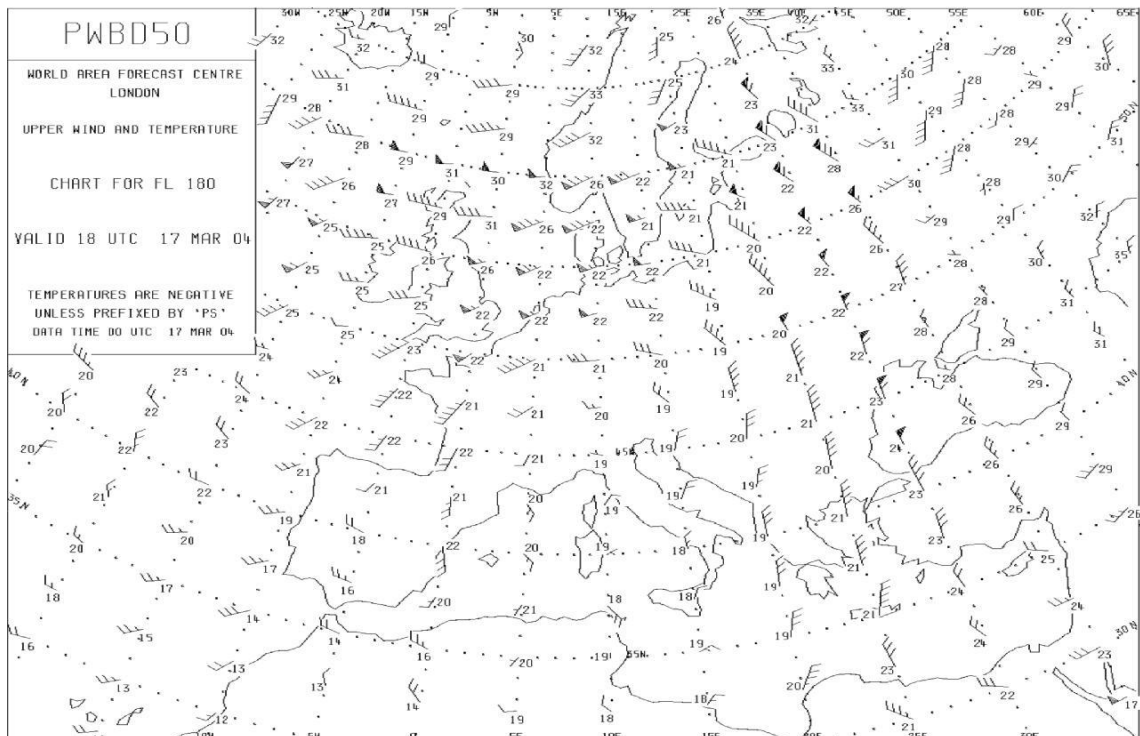
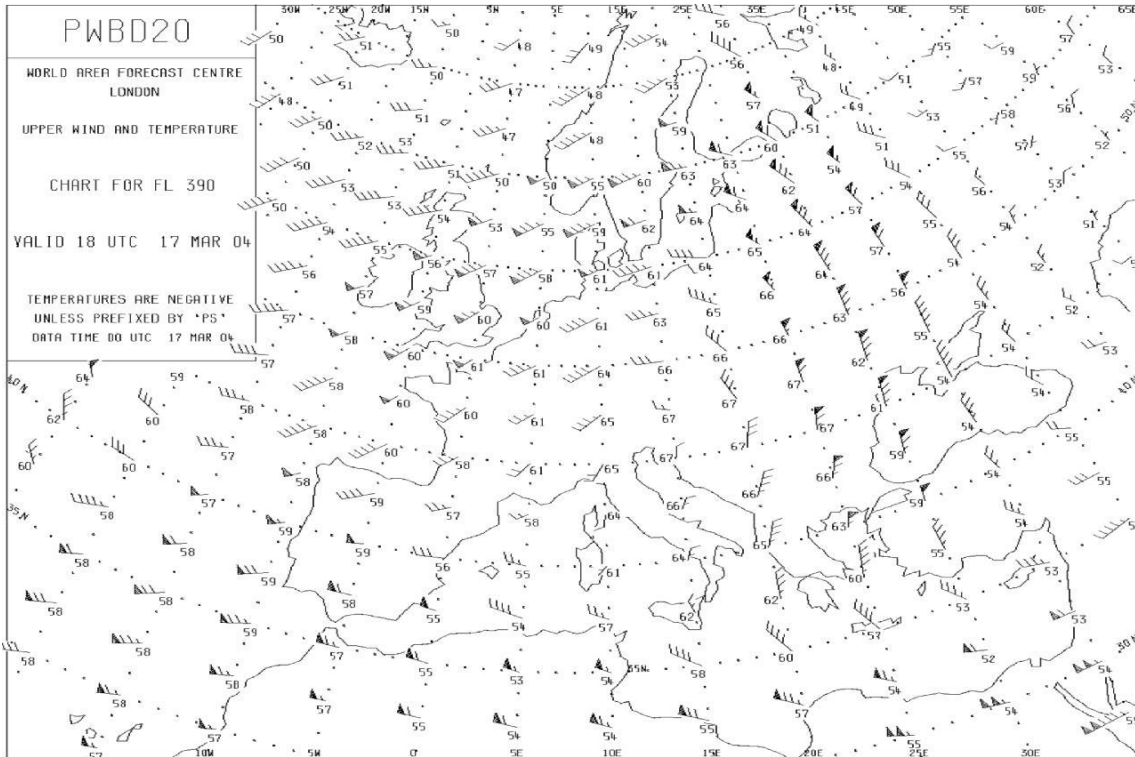
Wysokość tropopauzy FL 540, maksymalna prędkość wiatru na poziomie FL 430 z kierunku 060 stopni o prędkości 20 węzłów; na poziomie FL 450 wiatr z kierunku 060 stopni o prędkości 15 węzłów, temperatura -66°C; na poziomie FL 390 wiatr z kierunku 350 stopni o prędkości 10 węzłów, temperatura -56°C itd. Opis poziomów znajduje się z prawej strony mapy.

GRID POINT FORECAST				DATA PRESENTATION				
ISSUED BY				FL of tropopause		Legend		
Valid				FL, dd, fff of maximum wind		FL = Flight level		
Based on				dd, fff, MTT FL450/150 hPa		dd = wind direction (tens of degrees)		
				dd, fff, MTT FL390/200 hPa		fff = wind speed (knots)		
				dd, fff, MTT FL340/250 hPa		TT = temperature (°C) preceded by		
				dd, fff, MTT FL300/300 hPa		M or P as appropriate		
				dd, fff, MTT FL240/400 hPa				
				dd, fff, MTT FL180/500 hPa				
				Forecast values apply to centre points of 5°C squares of superimposed grid				
540	540	550	550	550	540	540	530	530
43006020	42002015	39031020	37030030	39030030	37030030	36032030	37033025	37035020
06015M66	08010M66	10010M66	35005M66	31010M66	18010M66	16015M66	15015M66	12015M67
35010M56	35010M55	31020M56	30025M57	30030M57	29020M58	32020M58	34020M59	36015M59
02010M44	01010M44	31015M44	31025M45	31025M45	31020M45	33020M45	33020M45	32010M45
33005M34	30005M34	36005M33	36010M34	29020M34	32025M34	34025M34	30020M33	28015M33
35005M18	35005M18	33010M18	34010M18	28020M19	28020M18	29015M19	31015M18	31010M18
20005M06	23005M06	21005M06	34005M07	04005M07	34005M07	32005M07	35010M06	04015M06
480	500	540	550	550	540	540	530	530

Fragment mapy wiatru i temperatury w postaci tabelarycznej (w wersji stosowanej w Australii).

61. Analiza i prognozowanie pogody
Mapy prognostyczne dla lotnictwa ogólnego

Mapy górne wiatrów





Mapy górne wiatrów

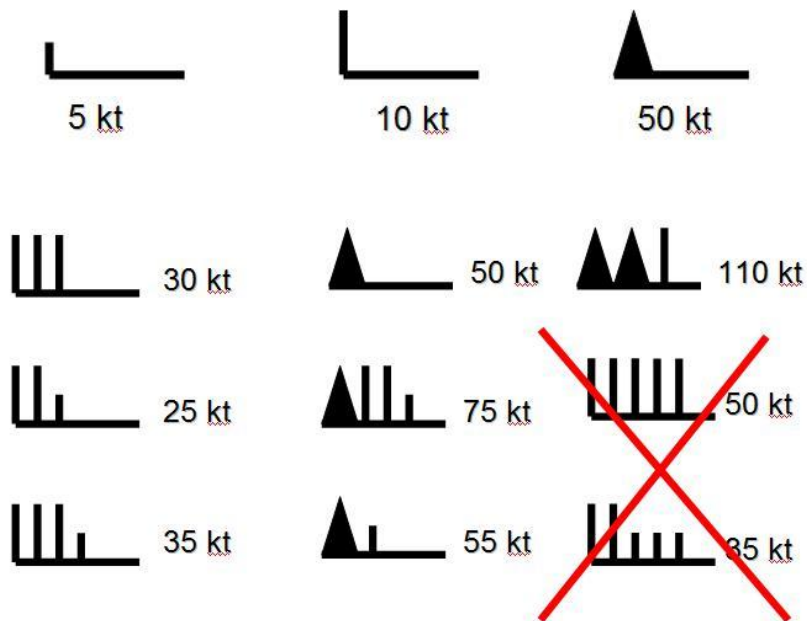
Mapy górnych wiatrów są bardzo ważne dla pilotów samolotów o małych prędkościach przelotowych. Mapy są opracowywane dla poszczególnych poziomów lotu.

Mapy te zawierają informację o:

- Kierunku i prędkości wiatru
- Temperaturze powietrza (OAT – Outside Air Temperature)

Kierunek wiatru odniesiony jest do południków geograficznych.

Temperatura OAT pozwala określić stopień zagrożenia oblodzeniem na danej wysokości (Poziomie lotu – Flight Level).

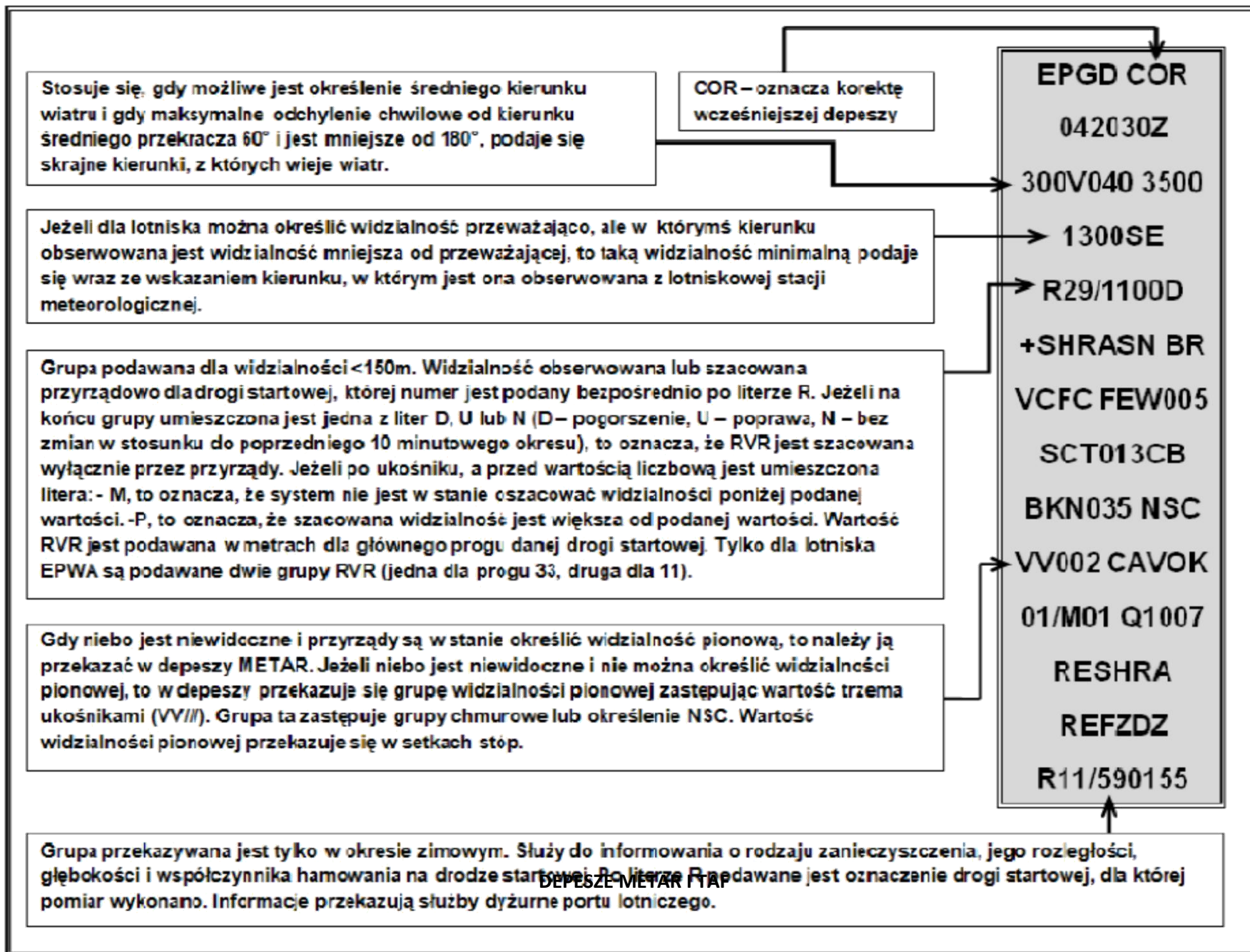


62. Informacje meteorologiczne dla planowania lotu

Komunikaty i prognozy dla lotniska startu, na trasę, dla lotniska docelowego i zapasowego (zapasowych)

W lotnictwie występują następujące **komunikaty meteorologiczne**:

- **TAF** – Aerodrome forecast – prognoza pogody dla lotniska
- **METAR** – depesza z wynikami obserwacji dla potrzeb lotnictwa (z prognozą na lądowanie TREND lub bez niej)
- **SPECI** – depesza z wynikami specjalnie wybranych obserwacji dla potrzeb lotnictwa (z prognozą na lądowanie TREND lub bez niej)
- **SIGMET** – depesze dotyczące zjawisk meteorologicznych występujących lub mogących wystąpić i mających wpływ na bezpieczeństwo lotów
- **AIRMET** - depesze dotyczące zjawisk meteorologicznych występujących lub mogących wystąpić i mających wpływ na bezpieczeństwo lotów na małych wysokościach
- **Komunikat na rejon lub na trasę** – komunikat meteorologiczny na określony rejon lub określoną trasę na przelot
- TAF i METAR są ujednoliconym standardem prezentowania danych pogodowych, dla potrzeb lotnictwa.
- Standard ten stosowany jest w większości cywilizowanych krajów, członków WMO (World Meteorological Organization).
- Dopuszcza się pewne różnice, związane ze stosowanymi w poszczególnych krajach systemami miar, format przedstawiania danych nie pozostawia jednak w tym zakresie wątpliwości, co zostanie przedstawione dalej



62. Informacje meteorologiczne dla planowania lotu Dekodowanie depeasz METAR, TAF, GAFOR, GAMET.

TAF – jest **prognozą** pogody dla lotniska na okres 9 lub 18 godzin i jest aktualizowana co 3 godziny z 2 godzinnym wyprzedzeniem.

Jeżeli przewiduje się istotne zmiany w stosunku do opublikowanej prognozy rozpowszechnia się wtedy **Amendment TAF (TAF AMD)**.

TAF AMD (amendment - poprawiona) zawiera zmiany:

- ✓ wiatru przyziemnego
- ✓ widzialności
- ✓ zjawisk pogody
- ✓ chmur
- ✓ widzialności pionowej

METAR - Aviation Routine Weather Report

- Jest wynikiem bieżącej obserwacji pogody na lotnisku.

atmosferycznych, rozpowszechnia się (zwykle tylko w obrębie danego lotniska) depeaszę

Aviation Selected Special Weather Report (SPECI)

W Polsce opracowywany jest co **30** minut, zawsze w **:25** i **:55** minucie godziny (np. o 12:25 i 12:55), z ważnością na **:30** i **:00** (w naszym przykładzie 12:30 i 13:00).

W krajach „Europy Zachodniej” depeaszę opracowywane są w **:20** i **:50** minucie.

Jeśli w okresie między kolejnymi publikacjami nastąpią, istotne dla bezpieczeństwa zmiany warunków W krajach „Europy Zachodniej” depeaszę opracowywane są w **:20** i **:50** minucie.

Poza małymi wyjątkami składnia i skróty stosowane w depeaszach TAF i METAR są podobne.

Przedstawione zostaną na przykładzie METAR’u

• **Identyfikator:**

1. Rodzaj depeaszę: **METAR, TAF** lub **SPECI**
2. Lotnisko, czteroliterowy kod ICAO: **EPWA**
3. Data i czas obserwacji: dzień bieżącego miesiąca (**15**), godzina (**12:00**), oznaczenie użytego czasu (**Z**, czyli Uniwersalny Czas Skoordinowany – UTC). W przypadku komunikatu, który poprawia poprzednio wydany stosuje się symbol **CC**, po którym następuje litera oznaczająca kolejne poprawki do komunikatu (**CCA, CCB** itd.), wygląda to tak:

METAR EPWA 151200Z

• **Wiatr (Wind): 26010G17MPS 190V300.**

Pierwsze trzy cyfry oznaczają kierunek (Direction) wiatru zaokrąglony do najbliższej dziesiątki stopni. Następnie podaje się dwie lub trzy cyfry oznaczające prędkość wiatru (Speed).



Jeśli występują porywy dodaje się symbol **G** (Gusty),

po którym następują dwie lub trzy cyfry oznaczającą maksymalną prędkość wiatru w porywie.

Porywem wiatru nazywamy sytuację, kiedy jego maksymalna prędkość wzrośnie o 5 m/s lub 10 kt, w stosunku do średniej prędkości wiatru w ciągu minionych 10 minut.

Dalej mamy literowy symbol jednostki prędkości: **MPS** [m/s], **KT** [węzły - kt] lub **KMH** [km/h].

W przypadku kiedy kierunek wiatru zmieni się o więcej niż 60° i jego prędkość jest większa niż 3 m/s lub 6 kt przedstawia się to następująco: **190V300**, liczby oznaczają zakres zmian kierunku wiatru.

Kiedy wiatr zmienia kierunek lecz jest słabszy lub równy 3 m/s, 6 kt stosuje się symbol **VRB** (Variable).

0000MPS oznacza warunki bezwietrzne (Calm).

- **RVR (Runway Visual Range)**, zasięg widzialności wzdłuż drogi startowej. Podaje się przy widzialności poniżej 1500 metrów, więc w tym przykładzie nie występuje ale zwykle wygląda tak **R24L/0300N**: Litera **R** (Runway) i następujące po niej dwie cyfry to oznaczenie pasa i ewentualnie litery w przypadku pasów równoległych:

L (left), pas lewy,

C (center), pas środkowy,

R (right), pas prawy,

łamane przez wartość RVR – tutaj w metrach (**300** m),

Literowy symbol na końcu oznacza tendencję, na podstawie 5 minutowych zmian, w okresie pomiaru (10 minut) *(za istotną zmianę uważa się taką, która przekracza 100 metrów lub 300 stóp)*.

Może być:

U (increasing), w przypadku wzrostu, **N**

(not changing), przy braku tendencji, **D**

(decreasing), w przypadku spadku.

Możemy też spotkać:

M, co oznacza, że wartość RVR jest niższa, niż przewidziana zakresem pomiarowym urządzenia (np.

M600FT). **P**, kiedy wartość RVR przewyższa zakres pomiarowy (np. **P1500**)

V (Variable), jeśli zmiany RVR, w ciągu 10 minut pomiaru przekraczają 20% wartości średniej (np.

R06L/2000V4000FT).

- **Istotne zjawiska pogodowe (Significant weather): -SHRA**

Sekcja ta składa się ze znaku wskazującego intensywność zjawiska:

„ - ” (Light), w przypadku małej intensywności.

„+” (Heavy), w przypadku dużej,

„bez znaku” (Moderate), w przypadku średniej.

Po znaku intensywności następuje dwuliterowy skrót oznaczający charakter zjawiska (np.: **SH** (shower) - przelotny),

Jeśli zjawisko zachodzi w promieniu 8 kilometrów od stacji, na samej stacji zaś nie, stosuje się oznacznik **VC** (Vicinity) w połączeniu z następującymi zjawiskami:

Oznaczniki		Zjawiska		
Intensywność	Opis	Opady	Ograniczenia widzialności	Inne
- Słaba (Light)	MI Niska (<i>Shallow</i>)	DZ Mżawka (<i>Drizzle</i>)	PY Spray	PO Wiry piaskowo / pyłowe (<i>Dust/sand Whirls, Dust Devils</i>)
(bez)	BC Płatv (<i>Patches</i>)	RA Deszcz (<i>Rain</i>)	BR Zamglenie (<i>Mist</i>), widzialność 1 - 10 km	SQ Nawałnica (<i>Squall</i>)
Srednia (Moderate)	PR Częściowy (<i>Partial</i>)	SN Śnieg (<i>Snow</i>)	FG Mgła (<i>Fog</i>), widzialność poniżej 1000 metrów	+FC Tornado lub trąba wodna (<i>Tornado or Waterspout</i>)
+ Duża (Heavy)	R Niska zamięć (<i>Low Drifting</i>), pow. 2 metrów	SG Granulki śnieżne (<i>Snow Grains</i>)	FU Dym (<i>Smoke</i>)	FC Trąba powietrzna (<i>Funnel Cloud</i>)
VC W pobliżu (In the Vicinity)	BL Zawieja (<i>Blowing</i>), pow. 2 metrów	IC Igły lodowe (<i>Ice Crystals</i>)	VA Pył wulkaniczny (<i>Volcanic Ash</i>)	SS Burza piaskowa (<i>Sandstorm</i>)
	SH Pizelotny (<i>Shower</i>)	PL Kulki lodowe (<i>Ice Pellets</i>)	DU Pył (<i>Dust</i>)	DS Burza Pyłowa (<i>Duststorm</i>)
	TS Burza z piorunami (<i>Thunderstorm</i>)	GR Grad (<i>Hail</i>)	SA Piasek (<i>Sand</i>)	
	FZ Marznacy (<i>Freezing</i>)	GS Krupa śnieżna (<i>Snow Pellets</i>)	HZ Zmętnienie (<i>Haze</i>)	

- **Chmury (clouds): BKN020**

Na początku podaje się wielkość zachmurzenia w ósmych częściach pokrycia powierzchni nieba (oktas), może być:

SKC	→	SKy Clear	→	Bezchmurnie	0/8
FEW	→	FEW	→	Niewielkie	1/8-2/8
SCT	→	SCaTtered	→	Rozrzucone	3/8-4/8
BKN	→	BroKeN	→	Poprzerywane	5/8-7/8
OVC	→	OVerCast	→	Całkowite	8/8

Po tym następują trzy cyfry, oznaczające wysokość podstawy zachmurzenia w **setkach stóp nad poziom lotniska** (np.: **020**, co znaczy 2000 stóp), wartość ta jest **zaokrągleniem w dół do pełnej setki** (np.: 007 znaczy 700 do 799 stóp). Powyżej 10000 stóp (3000 metrów) podaje się podstawę co 1000 stóp (300 metrów).

Jeśli zachmurzenie składa się z wypiętrzonych chmur typu cumulus (towering cumulus), lub cumulonimbus, dodaje się na końcu odpowiednio **TCU** i **CB**, innych rodzajów chmur nie wyszczególnia się w tej sekcji.

Mogą być wyszczególnione **trzy grupy (warstwy) chmur „zwykłych”** i dodatkowo, jeśli istnieje, również **TCU** lub **CB**. **Warunkiem tego jest:** jeśli najniższa warstwa pokrywa 1/8 powierzchni nieba, kolejne muszą **pokrywać przynajmniej, odpowiednio 3/8 i 5/8** (niemożliwa jest sytuacja **FEW002 FEW040**, musi być przynajmniej **FEW002 SCT040**), nie dotyczy to **TCU** i **CB**.

W przypadku kiedy niebo (chmury) jest niewidoczne z powodu słabej widzialności podaje się **VV** (Vertical visibility) - widzialność pionową, również w setkach stóp (np.: **VV004**). **VV///** oznacza, że nie da się określić widzialności pionowej.



CAVOK (Ceiling And Visibility OK)

zwrot ten zastępuje sekcję widzialności, zjawisk i chmur, w przypadku kiedy występują **razem** poniższe warunki:

- ✓ widzialność wynosi ponad 10 kilometrów,
- ✓ podstawa chmur jest powyżej 1500 metrów, lub powyżej najniższej, minimalnej wysokości sektorowej (Minimum Sector Altitude),
- ✓ CB i inne istotne zjawiska pogodowe nie występują.

NSC (No Significant Clouds)

Zwrot zastępuje sekcję chmur, kiedy nie występuje istotne zachmurzenie.

NSW (No Significant Weather)

kiedy nie występują istotne zjawiska pogodowe.

NSC	No Significant Clouds	Brak istotnych chmur
CAVOK Ceiling And Visibility OK. <ul style="list-style-type: none"> •Widzialność powyżej 10 km; •Brak chmur poniżej 1500m AGL; •Brak: burz, opadów i mgły 		

- **Temperatura/punkt rosy (Temperature/Dew point): 03/MO2**

Podaje się w stopniach Celsjusza, jeśli wartość jest ujemna przed temperaturą dodaje się **M**.Wartość temperatury zaokrągla się do pełnego stopnia, jeśli zmierzono równo połówkę, wtedy zaokrągla się do „cieplejszego” (2,5°C → **03**; -1,5°C → **M01**; -0,5°C → **M00**).

- **Nastawa wysokościomierza (Altimeter setting): Q1021 749.1**

Podaje się wartość ciśnienia **QNH** w:

Q1021: milibarach lub hektopaskalach - 1021 mBar lub hPa,
A2992: calach słupa rtęci (inches of mercury) – 29,92 cali Hg

W Polsce podaje się też wartość ciśnienia **QFE**, w mmHg jako drugą liczbę (tutaj **749.1** mmHg).

- **Ostatnio występujące zjawiska (Recent weather): RESN**, dotyczy zjawisk typu:

- Marznący opad (Freezing precipitation);
- Średniej lub dużej intensywności mżawka, deszcz lub śnieg (Moderate or heavy drizzle, rain or snow);
- Średniej lub dużej intensywności kulki i słupki lodowe oraz grad (Moderate or heavy ice or snow pellets, hail);
- Średniej lub dużej intensywności zawieja śnieżna (Moderate or heavy blowing snow);
- Burza piaskowa lub pyłowa (Sandstorm or duststorm);
- Tornado, trąba wodna i powietrzna (Tornado, waterspout or funnel cloud);



- Burza (Thunderstorm);
- Pył wulkaniczny (Volcanic ash),

które trwały w ciągu ostatnich 30 minut i zanikły, lub zmieniła się ich intensywność.

Składa się z przedrostka **RE**, po którym następuje skrót danego zjawiska (np.: **RA** (rain) - deszcz, razem **RERA**),

- **Uskok wiatru „niski” (do 1600 stóp) (Low level Wind Shear):**

WS LDG RWY28L

WS, uskok wiatru,

Strefę, w której występuje zjawisko:

LDG (Landing), w strefie lądowania (podejścia końcowego),
TKOF (Takeoff), w strefie startu (odlotu).

Jakiego pasa dotyczy **RWY28L**.

Może być też **WS ALL RWY**, czyli dla wszystkich pasów.

Uwagi – RMK (Remarks):

Stosowane w niektórych krajach, np.:

RMK SF6AC1 ACSL OVR RDG NW SLP992

używa się bardziej swobodnych skrótów, mamy tutaj (tylko dla przykładu):

RMK – uwagi,

SF6AC1 – stratus fractus 6/8, altocumulus 1/8,

ACSL – altocumulus lenticularis (Altocumulus Standing Lenticular), **RDG NW** – nad grzbietem (ridge) w kierunku NW,

SLP992 – ciśnienie na poziomie morza (sea level pressure) 992 hPa

- **Prognoza na lądowanie -**

TREND: TEMPO 3000 BKN008

Dodawana na końcu depechy, ważna do 2 godzin po ukazaniu się METAR’u

Jest prognozą krótkoterminową, do dokładności której przywiązuje się szczególną uwagę, gdyż z założenia służy pilotom do określenia w trakcie lotu lub przed możliwością lądowania na lotniskach i podejmowania na tej podstawie decyzji.

Może zawierać większość wymienionych wcześniej grup, dodatkowo można spotkać:

BECMG (Becoming), zjawisko które w trakcie trwania okresu pojawia się i pozostaje.

TEMPO (Temporary), zmiana nie trwa dłużej niż 1 godzinę i suma wszystkich zmian nie przekracza połowy okresu ważności prognozy.



- **NOSIG** (No Significant Changes) – brak istotnych zmian.

O istotnej zmianie mówimy gdy:

- Wiatr, którego średnia prędkość przekracza 40 km/h (20 kt), zmieni kierunek o więcej niż 30°.
- Wiatr, którego średnia prędkość wynosi ponad 60 km/h (30 kt), zmieni ją o ponad 20 km/h (10 kt).
- Widzialność, przekroczy lub osiągnie próg: 200 m, 400 m, 600 m, 800 m, 1500 m, 3000 m i w przypadku dużej liczby operacji VFR 5000 m i 8000 m (w Polsce tylko 5000).
- Zjawiska Niebezpieczne, burze i marznące opady, pojawią się lub zanikną.
- Wysokość podstawy chmur pokrywających więcej niż 4/8, osiągnie lub przekroczy: 100 stóp, 200 stóp, 300 stóp, 500 stóp i 1000 stóp (30, 60, 90, 150, 300 metrów). W przypadku dużej liczby operacji VFR również 1500 stóp (450 metrów).
- Wielkość pokrycia, chmur zalegających poniżej 1500 stóp, przekroczy granicę pomiędzy 4/8 i 5/8 w dowolnym kierunku.

Znak „=” oznacza koniec depeszy

Przykładowa depesza METAR:



TAF

Identyfikator (tutaj występują różnice):

TAF EPWA 151000Z 151221

Rodzaj depeszy: **TAF** lub **TAF AMD**

Lotnisko, czteroliterowy kod ICAO: **EPWA**

Data i czas opracowania prognozy:

dzień bieżącego miesiąca (**15**),

godzina (**10:00**),

oznaczenie użytego czasu (**Z**-Uniwersalny Czas Skoordynowany – **UTC**).



Okres ważności prognozy:
dzień bieżącego miesiąca (**15**),
godzina rozpoczęcia (**12:00**)
zakończenia (**21:00**).

Pogoda: Składnia jest podobna do METAR;u i TREND'u.

Występować może jednak wiele okresów czasowych, w których zachodzą różne zjawiska np.:

TEMPO 1921

znaczy, że zmiana o charakterze przebiegu **TEMPO**, będzie trwać między godziną **19:00** i **21:00**.

Może być określone prawdopodobieństwo wystąpienia zmiany:

PROB40 - Co znaczy prawdopodobieństwo wystąpienia 40%

TEMPO 1921, gdzie po skrócie **PROB** następuje wielkość prawdopodobieństwa w procentach i dalej zjawisko, którego dotyczy.

Jeśli zastosowano symbol **WS** i składnię:

Przykładowa depeza TAF:



**WS015/300
45KT**

oznacza to uskok wiatru nie związany z aktywnością konwekcyjną (np. burzą), lecz będący skutkiem zmiany prędkości i/lub kierunku

wiatru na pewnej wysokości.

Tego rodzaju uskoku nie przedstawia METAR i tak:

pierwsze trzy cyfry (**015**) to wysokość w setkach stóp (1500 stóp), na jakiej zjawisko występuje, łamane przez pięć cyfr, oznaczających kierunek i prędkość wiatru oraz oznaczenie jednostki prędkości **30045KT** (300 stopni 45 węzłów)

Stosuje się też skrót **FM** (From), dla oznaczenia początku zjawiska, po którym podaje się czas **FM2300**, znaczy od **23:00**

**EPGD 061100Z 23006MPS 170V280 3000 -RA FEW009 BKN021 OVC130 06/03
Q0997 METAR EPP0 061100Z 22007MPS 8000 BKN200 09/04 Q1002**



EPWA 061100Z 23006MPS 180V260 CAVOK 11/03 Q1004
NOSIG EPWR 061100Z 23006MPS CAVOK 13/03 Q1004 742.8
EPP0 061100Z VRB02KT 8000 NSC 09/03 Q1006 NOSIG
EPKT 061100Z 24009MPS 210V270 9999 FEW033 BKN200 14/03 Q1009
NOSIG EPKK 061100Z 26005MPS 210V280 CAVOK 13/02 Q1010 NOSIG
EPWA 061100Z 22008G11MPS 3000 OVC040 07/02 Q1004 NOSIG RMK QFE733
EPWA 061100Z 24008G13MPS 9999 BR OVC040 07/02 Q1005 NOSIG RMK
QFE733 EPKT 061100Z 19006MPS 9999 OVC011 03/02 Q1000 NOSIG = EPWA
261930Z 32013KT 9999 BKN020 02/M01 Q1011 NOSIG =
EPWA 261100Z 31013KT 3500 -RA BR BKN006 BKN015 02/01 Q1007 BECMG 3000 BR
= EPKK 261400Z 26009KT 9999 -SN BKN009 BKN012 01/M01 Q1012

63. Rozgłaszanie informacji meteorologicznych dla lotnictwa VOLMET, ATIS, SIGMET

Nadawane przez 24 godziny na dobę komunikaty

ATIS

(Automatic Terminal Information Service)

podają pilotom statków powietrznych i zainteresowanym służbom ważniejsze informacje operacyjne oraz dotyczące pewnych zjawisk i warunków atmosferycznych na lotnisku.

Komunikat ATIS podaje przez radio podstawowe informacje odlotowe lub przylotowe (DEP/ARR - *departure / arrival information*):

- wiatr,
- temperatura,
- ciśnienie,
- pas w użyciu,
- stan DS,
- prace służb technicznych,
- dostępność pomocy radionawigacyjnych

słowem wszystko co istotne dla tego co on robi w czasie startu lub lądowania
Informacje do komunikatu ATIS pochodzą zasadniczo z dwóch źródeł:

- z lokalnej stacji meteorologicznej
- od kontroli lotniska (TWR).

Dane meteorologiczne pochodzą ze zautomatyzowanego systemu pomiarowego. Większość parametrów pobierana jest przez system bezpośrednio z czujników. Inne są wprowadzane ręcznie na podstawie obserwacji (zachmurzenie itp.), informacji od wyspecjalizowanych służb (stan dróg startowych, współczynnik hamowania, itp.), lub depesz służb ruchu lotniczego (NOTAM, METAR, TAF).

Kontrolerzy lotniska i zbliżania dysponują bieżącymi wartościami kierunku i siły wiatru oraz widoczności wzdłuż dróg startowych. Na podstawie podejmuje się decyzje o kierunkach startu i lądowania i dostępności dróg startowych oraz innych części pola wzlotów.



Do wprowadzania danych służą terminale systemu ATIS. Główny terminal zawiera pełny zestaw danych do wysłania do monitorów informacyjnych i rozgłośni radiowej.

W nowoczesnych systemach rozgłośnia jest po prostu komputerowym generatorem głosu - najczęściej jest to zwykły PC z kartą dźwiękową i odpowiednim oprogramowaniem sieciowym. Z wyjścia systemu komunikat trafia do nadajnika radiowego, a także do przyłącza telefonicznego, co daje możliwość słuchania ATIS przez telefon.

W starszych systemach komunikaty były nagrywane przez dyżurnego asystenta - systemy takie gdzieś tam są nadal w użytku. Służą do tego specjalny podwójny zestaw magnetofonów; Jeden zestaw odtwarza komunikaty, drugi czeka gotowy do nagrywania.

Same magnetofony mają konstrukcję odmienną od urządzeń do użytku domowego - przede wszystkim czas zapisu jest ograniczony do 1 - 3 minut. Niektóre nagrywają na taśmę; albo taśma jest sklejona końcami, albo magnetofon ma mechanizm szybkiego powrotu.

1. Zapowiedź:

This is Wąchock information CHARLIE

Kolejna litera alfabetu (tutaj C) identyfikuje aktualny komunikat. Według tego kontroler upewnia się że pilot dysponuje aktualnymi danymi.

Observation at 1233

Komunikat Charlie opisuje stan z godziny 12:33.

2. Informacja operacyjna o podejściu i kierunkach lądowania i startu.

Expect radar vectoring for ILS runway 33

Standardowo dostępne podejście na ILS kierunek 33 (chyba że pilot poprosi o inne). Jeżeli system podejścia jest wyposażony w odległościomierz DME podaje się ILS/DME.

Arrival runway 33, departure runway 29

Do lądowania czynny jest kierunek 330°, do startów kierunek 290°. W razie potrzeby podaje się także informacje o działaniu urządzeń lotniskowych albo zamknięciu dróg startowych.

VOR/DME OKE unserviceable

3. Stan drogi startowej

Runway condition...

Podaje się stan nawierzchni i warunki hamowania.

Jeżeli nawierzchnia jest czysta i sucha informację o stanie DS można pominąć.

Czasem podaje się kilka wartości - oznacza to że warunki hamowania zmieniają się wzdłuż drogi startowej. Wartości są uszeregowane od aktywnego progu pasa.

Śnieg:

- **runway covered by dry (or wet) snow. Contamination 25 percent;**
- **snow banks;**
- **friction coefficient ...** (podaje się tylko wartość po przecinku).



Woda:

- **damp** (nawierzchnia wilgotna, zmiana barwy nawierzchni);
- **wet** (nawierzchnia mokra);
- **water patches** (nawierzchnia mokra z kałużami);
- **flooded** (nawierzchnia pokryta wodą na znacznej powierzchni).

Hamowanie (braking action):

- **good** (współczynnik hamowania powyżej 0.40);
- **medium to good** (0.39 - 0.36);
- **medium** (0.35 - 0.30)
- **poor to medium** (0.29 - 0.26)
- **poor** (poniżej 0.25)
- **unreliable** (szybko zmieniające się)

Czasem podaje się kilka wartości - oznacza to że warunki hamowania zmieniają się wzdłuż drogi startowej. Wartości są uszeregowane od aktywnego progu pasa.

4. Poziom przejściowy.

Transition level 60.

Poziom lotu (flight level) przy przekraczaniu którego w dół należy przestawić wysokościomierz z ciśnienia QNH na standard 1013 hPa.

Od poziomu przejściowego w górę wysokość lotu podaje się jako FL, w dół - jako altitude (w stopach). Poziom lotu podaje się w setkach stóp, czyli hektostopach.

Po starcie przestawienie z QNH na Standard następuje na wysokości przejściowej (transition altitude). Jako że poziom lotu jest powierzchnią o stałym ciśnieniu atmosferycznym, poziom przejściowy zależy od ciśnienia atmosferycznego; zmiana ciśnienia powoduje "pływanie" wysokości przejściowej względem poziomu przejściowego.

5. Wiatr przyziemny (QAN).

Wind 310 degrees, 5 meters per second.

Podaje się wiatr meteorologiczny, tzn. skąd wieje względem południka magnetycznego, mierzony na wysokości około 2 m nad gruntem.

Wartości dotyczą poprzedzających 10 minut, chyba że zmiana kierunku jest większa niż 60 stopni - wtedy należy podać zakres

...variable between...

Do prędkości 3 m/s nie podaje się kierunku - wiatr jest zmienny (**variable**). Jeżeli prędkość waha się o więcej niż 5 m/s w ciągu 10 minut, podaje się porywy

...gusts to... albo ...maximum to...



6. Widzialność

Visibility 5 kilometers

Podaje się w km co 1 km

Jeżeli:

- ✓ widzialność jest powyżej 10 km,
- ✓ nie ma żadnych chmur poniżej 1500 m,
- ✓ nie ma CB ani innych istotnych zjawisk

podaje się:

CAVOK
(ceiling and visibility OK)

7. Widoczność wzdłuż drogi startowej (RVR - Runway Visual Range).

Runway visibility 1500 meters

RVR uśrednione w czasie 1 minuty podaje się dla każdej z czynnych dróg startowych, z rozdzielczością 50 m. Jeżeli wartość jest większa niż maksymalna którą może określić używany system pomiarowy (np. 2000 m):

Runway visibility more then 2000 meters

8. Zachmurzenie wysokość podstawy chmur.

Clouds few on 1600 feet, broken on 3000 feet

Zachmurzenie zasadniczo podaje się w ósmych częściach.

W komunikatach mówionych przekłada się wg klucza:

- **sky clear** (SKC);
- **few** (FEW: 1/8 - 2/8);
- **scattered** (SCT: 3/8 - 4/8);
- **broken** (BKN: 5/8 - 7/8);
- **overcast** (OVC: 8/8).

9. Temperatura i wilgotność (QMU).

Temperature 15, dew point 3

Temperatury podaje się w stopniach Celsjusza, zaokrągloną do pełnych stopni.

Temperatura punktu rosy zależy od wilgotności i ciśnienia; jest to temperatura przy której para nasycona zacznie się skraplać.

Znana jest praktyczna formuła, mówiąca że

wysokość podstawy chmur = (temperatura – temperatura punktu rosy)x123



10. Ciśnienie atmosferyczne.

QNH 1015 hectopascals

Podaje się QNH

ciśnienie na średnim poziomie morza:

MSL - mean sea level, odniesione do ciśnienia atmosferycznego w punkcie pomiaru

Gdziekolwiek jeszcze słyszy się dodatkowo wartość ciśnienia w milimetrach słupka rtęci, chociaż okres warunkowego dopuszczenia tych jednostek już upłynął:

...761 milimeters

11. Zjawiska meteorologiczne

Krótko mówiąc wybryki natury takie jak:

- turbulencja (**wake turbulence, clear air turbulence**),
- uskoki wiatru (**windshear**),
- burze (**thunderstorm**),
- oblodzenie umiarkowane (**moderate icing**) lub silne (**severe icing**),
- zamiecie śnieżne (**blizzard**),
- cumulonimbusy (**CB clouds on...**)
(wysokość CB musi być mniejsza lub równa niższej podstawie chmur)

Podaje się także niedawne zjawiska mające wpływ na sytuację operacyjną.

Jeżeli nie ma zjawisk tę informację po prostu pomija

12. Prognoza na lądowanie.

Trend NOSIG

Zależy od warunków lokalnych. W Europie trasy są krótkie a obszarów bez pokrycia radiowego raczej nie ma, więc podaje się '**NOSIG**' (no significant changes),

albo:

Trend not available.

Chyba że zostanie wydany jakiś znaczący TAF, co się dawno w „Wąchocku” nie zdarzyło.

13. Zakończenie komunikatu.

You have received information Charlie

This is Warsaw information FOXTROT

Observation at 0647.

Expect radar vectoring for runway 33 ILS/DME.

Approach Arrival runway 33, departure runway 29.

Runway are wet. Braking action good

Transition level 60.



Wind 170 degrees, 6 knts.

Visibility 1600 meters.

RVR 33 more than 1500 meters increasing RVR 29 variable between 1100 and more than 1500 meters Increasing mist

broken 300 feet broken 8300 feet

Temperature 4 dew point 3.

QNH 1030 hectopascals.

Tempo visibility 1200 meters

You have received information FOXTROT

DEPESE SIGMET

Informacje **SIGMET** wydawane są przez meteorologiczne biuro nadzoru i podają tekstem otwartym, z użyciem obowiązujących skrótów, zwięzły opis, występujących i/lub przewidywanych, określonych, istotnych zjawisk meteorologicznych na trasie lotu, mogących wpływać na bezpieczeństwo statków powietrznych, a także obraz rozwoju tych zjawisk w czasie i w przestrzeni. Informacje opracowuje się z wykorzystaniem, wymienionych w **tabeli skrótów**:

Informacje **SIGMET** sporządzane są tekstem otwartym, z wykorzystaniem skrótów zaakceptowanych przez **ICAO** i wartości liczbowych, nie wymagających opisu.

Depesze zawierające informacje SIGMET dla potrzeb poddźwiękowych statków powietrznych oznaczane są jako „**SIGMET**”, zaś zawierające informacje SIGMET dla naddźwiękowych statków powietrznych w trakcie lotu z prędkościami przy- lub naddźwiękowymi, oznaczają się „**SIGMET SST**”.

Kolejny numer opracowania depeszy z informacją SIGMET, odpowiada liczbie informacji SIGMET wydanych dla rejonu informacji powietrznej, od godziny 0001 UTC danego dnia. Dla informacji "SIGMET" i "SIGMET SST" wykorzystuje się oddzielne serie numerów porządkowych.

Okres ważności depeszy zawierającej informację SIGMET nie powinien przekraczać 6 godzin, przy preferowanych 4 godzinach. Okres ważności powinien być zaznaczony przez użycie słowa „VALID”.

PRZYKŁAD:

**YUCC SIGMET 5 VALID 221215/221600 YUDO- AMSWELL FIR SEV TURB OBS
AT 1210Z YUSB FL250 MOV E 40 KMH WKN**

ZNACZENIE:

Płata informacja SIGMET, wydana dla AMSWELL FIR (YUCC) przez meteorologiczne biuro nadzoru Donlon/International (YUDO), od godziny 0001 UTC; informacja jest ważna od godziny 1215 UTC do 1600 UTC dnia 22 bm.; intensywna turbulencja była obserwowana o godzinie 1210 UTC nad lotniskiem Siby/Bistock (YUSB) na poziomie lotu 250; oczekiwane jest przemieszczanie turbulencji w kierunku wschodnim z prędkością 40 km/h i osłabienie jej intensywności.

Lokalizacje podane w przykładzie są fikcyjne.



Skróty stosowane w informacjach SIGMET dla poddźwiękowych poziomów lotu

<p>burza:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ukryta (zamaskowana) <ul style="list-style-type: none"> • wbudowana • częsta • linia szkwałów • ukryta (zamaskowana) z gradem <ul style="list-style-type: none"> • wbudowana z gradem • częsta z gradem • linia szkwałów z gradem 	<p>TS OBSC TS EMBD TS FRQ TS SQL TS OBSC TS GR EMBD TS GR FRQ TS GR SQL TS GR</p>
<p>cyklon tropikalny:</p> <ul style="list-style-type: none"> • cyklon tropikalny ze średnią prędkością wiatru przyziemnego 63 km/h (34 kt) w ciągu 10 minut 	TC (+ nazwa cyklonu)
<p>turbulencja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • silna turbulencja 	SEV TURB
<p>oblodzenie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • silne oblodzenie • silne oblodzenie z powodu marznącego deszczu 	SEV ICE SEV ICE (FZRA)
<p>fale górskie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - silne fale górskie 	SEV MTW
<p>burza pyłowa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - silna burza pyłowa 	HVY DS
<p>burza piaskowa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - silna burza piaskowa 	HVY SS
<p>popiół wulkaniczny:</p> <ul style="list-style-type: none"> - popiół wulkaniczny 	VA (+ nazwa wulkanu, jeśli jest znana)

Skróty stosowane w informacjach SIGMET dla około dźwiękowych i naddźwiękowych poziomów lotu

<p>turbulencja:</p> <ul style="list-style-type: none"> - umiarkowana turbulencja - silna turbulencja 	MOD TURB SEV TURB
<p>chmury cumulonimbus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pojedyncze izolowane chmury cumulonimbus - przypadkowe chmury cumulonimbus - częste chmury cumulonimbus 	ISOL CB OCNL CB FRQ CB
<p>grad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - grad 	GR
<p>popiół wulkaniczny:</p> <ul style="list-style-type: none"> - popiół wulkaniczny 	VA (+ nazwa wulkanu, jeśli jest znana)

DEPESZE AIRMET

Informacja **AIRMET** jest wydawana przez meteorologiczne biuro nadzoru, zgodnie z regionalnym porozumieniem żeglugi powietrznej, uwzględniając intensywność ruchu lotniczego **poniżej poziomu lotu FL 100**.

Informacja **AIRMET** podaje zwięzły opis (tekstem otwartym z użyciem obowiązujących skrótów) zaobserwowanego i/lub przewidywanego wystąpienia określonych, istotnych zjawisk meteorologicznych na trasie lotu, które mogą mieć wpływ na bezpieczeństwo lotów na małych wysokościach. Informacja uwzględnia również ewolucję zjawisk w czasie i przestrzeni. Informacja AIRMET nie może zawierać zbędnych materiałów opisowych. Do opisu zjawisk



pogody, będących przedmiotem informacji AIRMET, nie włącza się żadnego dodatkowego materiału opisowego. W informacji AIRMET dotyczącej burz lub chmur *Cumulonimbus*, nie uwzględnia się turbulencji i oblodzenia, związanych z tym zjawiskiem. Informacje AIRMET są anulowane, gdy w danym obszarze, istotne zjawisko, nie będzie dłużej występowało lub nie oczekuje się jego wystąpienia.

Informacje AIRMET są sporządzane tekstem otwartym, z wykorzystaniem skrótów zaakceptowanych przez ICAO i wartości liczbowych, nie wymagających opisu.

Kolejny numer opracowania depeszy z informacją AIRMET, powinien odpowiadać liczbie informacji AIRMET wydanych dla rejonu informacji powietrznej od godziny 0001 UTC danego dnia. *Okres ważności informacji AIRMET nie powinien przekraczać 6 godzin, przy preferowanych 4 godzinach. Powinno być to zaznaczone poprzez użycie słowa "VALID".*

Powyższe informacje opracowuje się wykorzystując skróty zawarte w tabeli

Na poziomach przelotowych **poniżej poziomu lotu FL 100 (lub poniżej poziomu lotu FL 150 w obszarach górzystych lub wyżej, gdzie jest to konieczne)**

YUCC AIRMET 2 VALID 221215/221600 YUDO-

AMSWELL FIR MOD MTW OBS AT 1205Z AND FCST N48 E10 FL080 STNR NC

Znaczenie:

Druga informacja AIRMET, wydana dla AMSWELL FIR (YUCC) przez meteorologiczne biuro nadzoru Donlon/International (YUDO), od godziny 0001 UTC; informacja jest ważna od godziny 1215 UTC do 16000 UTC dnia 22 bm.; umiarkowana fala góraska została zaobserwowana o godzinie 1205 UTC 48 stopni szerokości geograficznej północnej i 10 stopni długości geograficznej wschodniej, na poziomie lotu 080; oczekuje się, że fala pozostanie stacjonarna.

Lokalizacja zawarta w depeszy jest fikcyjna



Skróty stosowane w informacjach AIRMET na poziomach przelotowych poniżej FL 100

<p>prędkość wiatru przyziemnego:</p> <ul style="list-style-type: none"> • średnia prędkość wiatru przyziemnego na znacznym obszarze powyżej 60 km/h (30 kt) 	SFC WSPD (+ prędkość wiatru oraz użyta jednostka)
<p>widzialność przyziemna:</p> <ul style="list-style-type: none"> • widzialność na znacznym obszarze poniżej 5000 m, włączając zjawisko meteorologiczne powodujące ograniczenie widzialności 	SFC VIS (+ widzialność i zjawisko meteorologiczne)
<p>burze:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pojedyncze izolowane bez gradu • przypadkowe bez gradu • pojedyncze izolowane z gradem • przypadkowe z gradem 	ISOL TS OCNL TS ISOL TSGR OCNL TSGR
<p>całkowicie zasłonięte wzgórza:</p> <ul style="list-style-type: none"> • niewidoczne wzgórza 	MT OBSC
<p>zachmurzenie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • całkowite lub przerywane zachmurzenie na znacznym obszarze o podstawie poniżej 300 m (1000 ft) nad poziomem ziemi: <ul style="list-style-type: none"> - przerywane - całkowite 	BKN CLD (+ wysokość podstawy, górna granica i użyta jednostka) OVC CLD (+ wysokość podstawy, górna granica i użyta jednostka)
<p>chmury cumulonimbus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pojedyncze izolowane • przypadkowe • częste 	ISOL CB OCNL CB FRQ CB
<p>chmury cumulus wypiętrzone:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pojedyncze izolowane • przypadkowe • częste 	ISOL TCU OCNL TCU FRQ TCU
<p>oblodzenie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • umiarkowane oblodzenie (pomijając oblodzenie chmurach konwekcyjnych) 	MOD ICE
<p>turbulencja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • umiarkowana turbulencja (pomijając turbulencję w chmurach konwekcyjnych) 	MOD TURB
<p>fale górskie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • umiarkowane fale górskie 	MOD MTW



Dziękujemy za uwagę.

W przypadku jakichkolwiek pytań lub wątpliwości prosimy o kontakt z naszymi instruktorami.

Pozdrawiamy, zespół FTO Ventum Air.