

V E N T U M   A I R



FLIGHT ACADEMY

*Passion for Profession*

PPL (A) KURS TEORETYCZNY

**METEOROLOGIA**

## Spis treści:

- **47. Atmosfera**

- Skład i budowa (str. 6)

- **48. Ciśnienie, gęstość i temperatura**

- Ciśnienie barometryczne, izobary (str. 7)

- Zmiany ciśnienia, gęstości i temperatury wraz z wysokością (str. 8)

- Terminologia związana z pomiarem wysokości (str. 12)

- Promieniowanie energii słonecznej i ziemskiej, temperatura (str. 14)

- Dobowe zmiany temperatury (str. 15)

- Pionowy gradient temperatury (str. 17)

- Równowaga stała i chwiejna mas powietrza (str. 18)

- Wpływ radiacji, osiadania adwekcyjnego, konwergencji (str. 22)

- **49. Wilgotność i opady atmosferyczne**

- Para wodna w atmosferze (str. 23)

- **50. Ciśnienie i wiatr**

- Obszary wysokiego i niskiego ciśnienia (str. 26)

- Ruch atmosfery, gradient ciśnienia (str. 31)

- Ruch pionowy i poziomy, konwergencja, dywergencja (str. 32)

- Wiatr przyziemny i geostroficzny (str. 35)

- Związek pomiędzy izobarami i wiatrem, prawo Buys Ballot'a (str. 40)

- Turbulencja i porywy wiatru (str. 41)

- Wiatry lokalne, wiatr halny, bryza morska i lądowa (str. 47)

- **51. Powstawanie chmur**

- Ochładzanie wskutek adwekcji, radiacji, adiabaticzne rozprężanie (str. 50)

- Rodzaje chmur i warunki lotów (str. 51)

- **52. Mgła, zamglenie, zmętnienie**

- Mgła radiacyjna, adwekcyjna, frontowa, marznąca (str. 58)

- Ocena prawdopodobieństwa wystąpienia ograniczonej widzialności (str. 62)

- Niebezpieczeństwa w locie z powodu ograniczonej widzialności poziomej i pionowej (str. 63)

- **53. Masy powietrza**

- Opis i czynniki wpływające na właściwości mas powietrza (str. 64)

- Zmiany właściwości mas powietrza w czasie ich przemieszczania się (str. 66)

- Tworzenie się wyży i niżów (str. 70)

- Pogoda związana z układami barycznymi (str. 72)

- **54. Fronty atmosferyczne**

- Granica pomiędzy masami powietrza (str. 74)

- Chmury i pogoda z nim związane (str. 76)

- Pogoda w cieplejszej masie powietrza (str. 80)

- Rozwój frontu chłodnego (str. 81)

- Chmury i pogoda związana z frontem chłodnym (str. 83)

- Okłuzje (str. 87)

- Fronty stacjonarne (str. 90)

- Chmury i pogoda związana z frontem stacjonarnym (str. 90)

- **55. Oblodzenie**

- Warunki sprzyjające powstawaniu oblodzenia (str. 91)

- Skutki pokrycia szronem, lodem matowym, lodem szklistym (str. 93)

- Wpływ oblodzenia na osiągi samolotu (str. 90)

- Oblodzenie zespołu napędowego (str. 102)

- Środki ostrożności i unikanie warunków oblodzenia (str. 104)

- **56. Burze**

- Tworzenie się – masy powietrza, burze frontowe, orograficznie (str. 106)

- Wymagane warunki powstawania (str. 107)

- Rozpoznawanie warunków sprzyjających powstawaniu (str. 110)

- Unikanie lotów w rejonach burzowych (str. 112)

- **57. Lot w rejonie górzystym**

- Zagrożenia (str. 113)

- Fala górską, uskok wiatru, turbulencja, ruch pionowy, zjawisko i wpływ rotorów, wiatr w dolinach (str. 114)

- **58. Klimatologia**

- Ogólna cyrkulacja troposferyczna w różnych porach roku w Europie (str. 116)

- Pogody i wiatry lokalne w różnych porach roku (str. 118)

- **59. Pomiar wysokości**
  - Operacyjne aspekty nastawy ciśnienia na wysokościomierzu (str. 120)
  - Wysokość ciśnieniowa, wysokość gęstościowa (str. 121)
  - Wysokość względna (height), bezwzględna (altitude), poziom lotu (flight level) (str. 122)
  - Atmosfera standardowa wg ICAO (str. 123)
  - QNH, QFE, nastawa standard (str. 123)
  - Wysokość ciśnieniowa, wysokość gęstościowa (str. 126)
- **60. Służba meteorologiczna**
  - Lotniskowe biura meteorologiczne (str. 126)
  - Służba prognozowania (str. 128)
  - Służby meteorologiczne na lotniskach (str. 129)
  - Dostępność okresowych prognoz pogody (str. 130)
- **61. Analiza i prognozowanie pogody**
  - Mapy synoptyczne, symbole i oznaczenia (str. 131)
  - Mapy SIGNIFICANT (str. 134)
  - Mapy prognostyczne dla lotnictwa ogólnego (str. 137)
- **62. Informacje meteorologiczne dla planowania lotu**
  - Komunikaty i prognozy dla lotniska startu, na trasę, dla lotniska docelowego i zapasowego (zapasowych) (str. 138)
  - Dekodowanie depeesz METAR, TAF, GAFOR, GAMET (str. 139)
- **63. Rozgłaszanie informacji meteorologicznych dla lotnictwa**
  - VOLMET, ATIS, SIGMET (str. 148)

## 47. Atmosfera

### Skład i Budowa

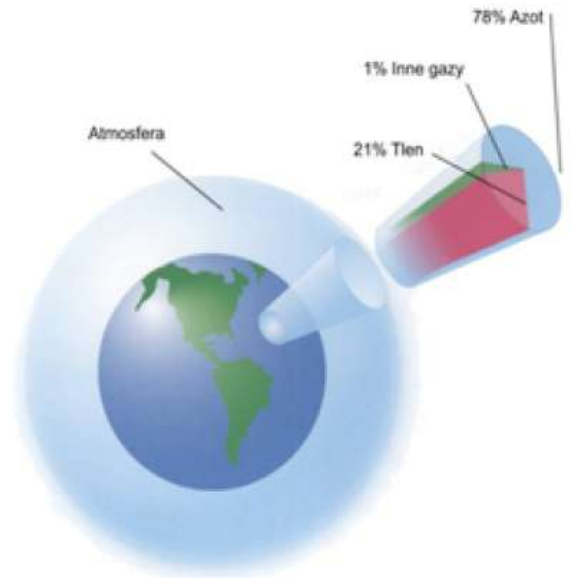
#### Skład atmosfery:

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

#### Inne gazy:

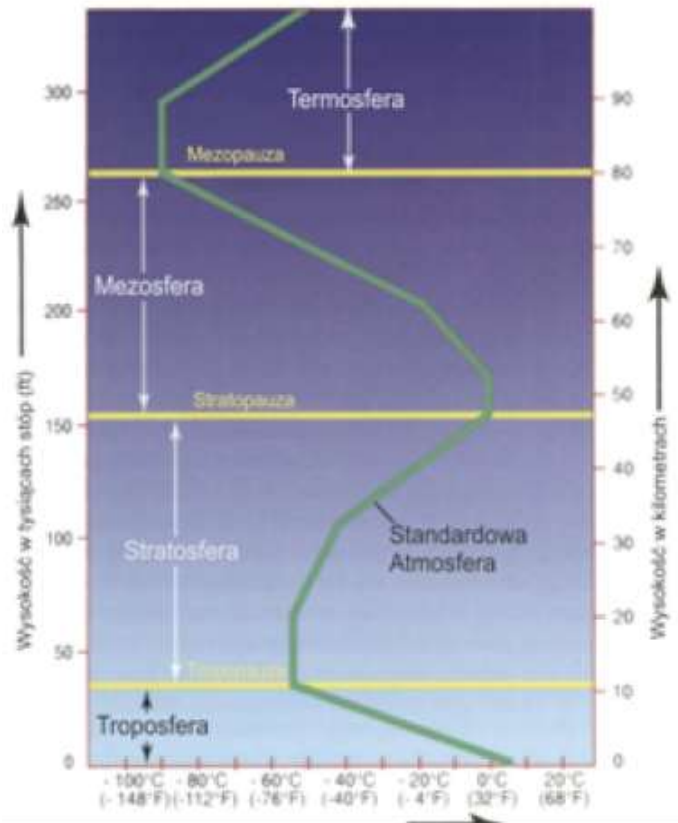
(neon, tlenek azotu, hel, dwutlenek azotu, krypton, tlenek węgla, xenon, dwutlenek siarki, wodór, metan, ozon)

Skład chemiczny powietrza jest stały do wysokości 60 km.



#### Podział pionowy

- Zjawiska i procesy fizyczne, którymi zajmuje się meteorologia, zachodzą w atmosferze.
- Atmosfera jest to warstwa gazów otaczających kulę ziemską, przy czym zwykliśmy ją dzielić na następujące części:
  - Troposferę, sięgającą do wysokości około 11 km.
  - Stratosferę, sięgającą do około 50 km.
  - Mezosferę, sięgającą do około 80 km.
  - Termosferę, zwaną również jonosferą, sięgającą do około 800 km.
  - Egzosferę występującą powyżej 800 km.

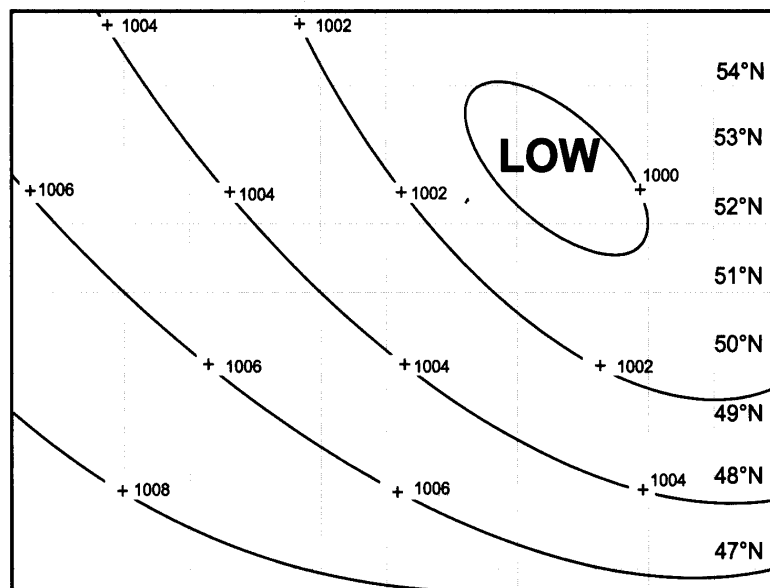


## 48. Ciśnienie, gęstość i temperatura

### ciśnienie barometryczne, izobary

- 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

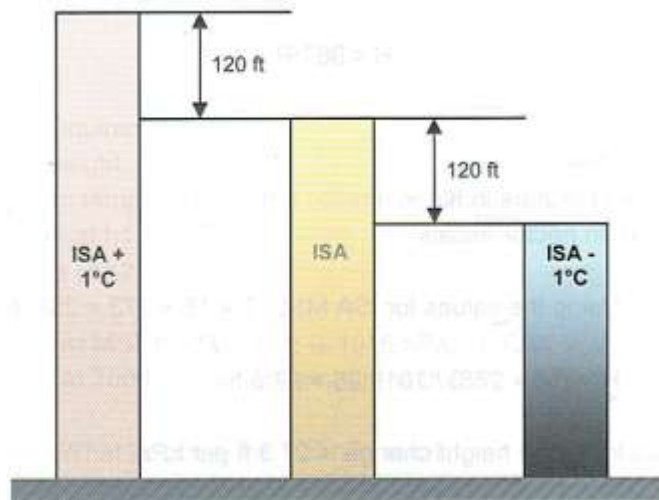


- Izobary - linie łączące obszary jednakowego ciśnienia ( $p = \text{const}$ )
- Wartości ciśnienia podawane na poziomie morza
  - pomiar rzeczywisty redukowany przez poprawkę na wysokość punktu pomiaru
  - mapy pogody pokazują rozkład ciśnienia na poziomie morza!!!
- Poprawki stosowane do wys. 500 m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

## 48. Ciśnienie, gęstość i temperatura

### Zmiany ciśnienia, gęstości i temperatury wraz z wysokością

- 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!

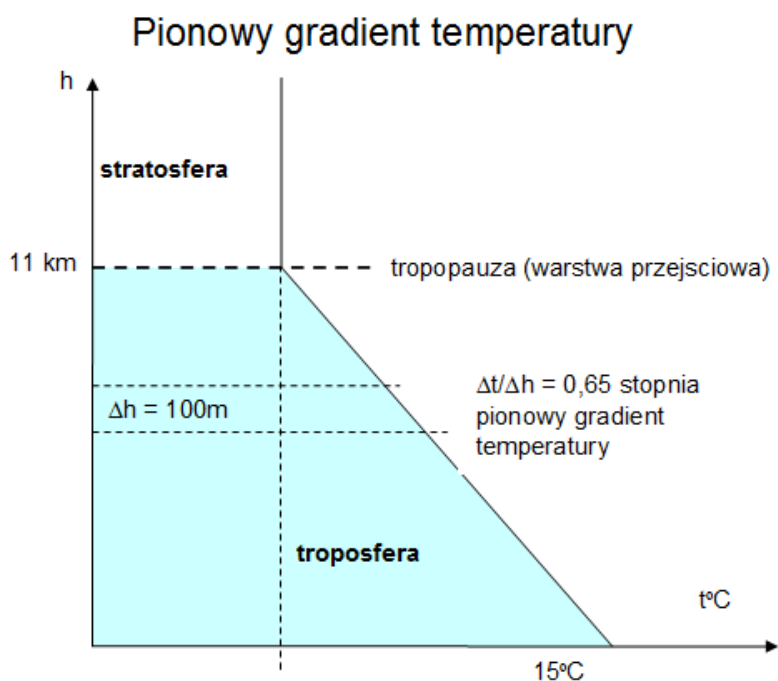
- Na jeden stopień różnicy temperatury od ISA przypada zmiana wysokości o 120 ft. przy tym samym poziomie ciśnienia.

### 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  $-56^{\circ}\text{C}$  (średnio około  $0,6^{\circ}\text{C}$  na każde 100 m wysokości lub  $2^{\circ}\text{C}$  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 przyczyną inwersji temperatury jest na ogół wypromieniowanie ciepła z powierzchni Ziemi w czasie bezwietrznych pogodnych nocy.

- Sytuacja odwrotna do zachodzącej, normalnie w troposferze to **inwersja**.

## Inwersja



- Rodzaje inwersji:

**przyziemne** – nocne, z wypromieniowania ciepła (400 – 800 m).

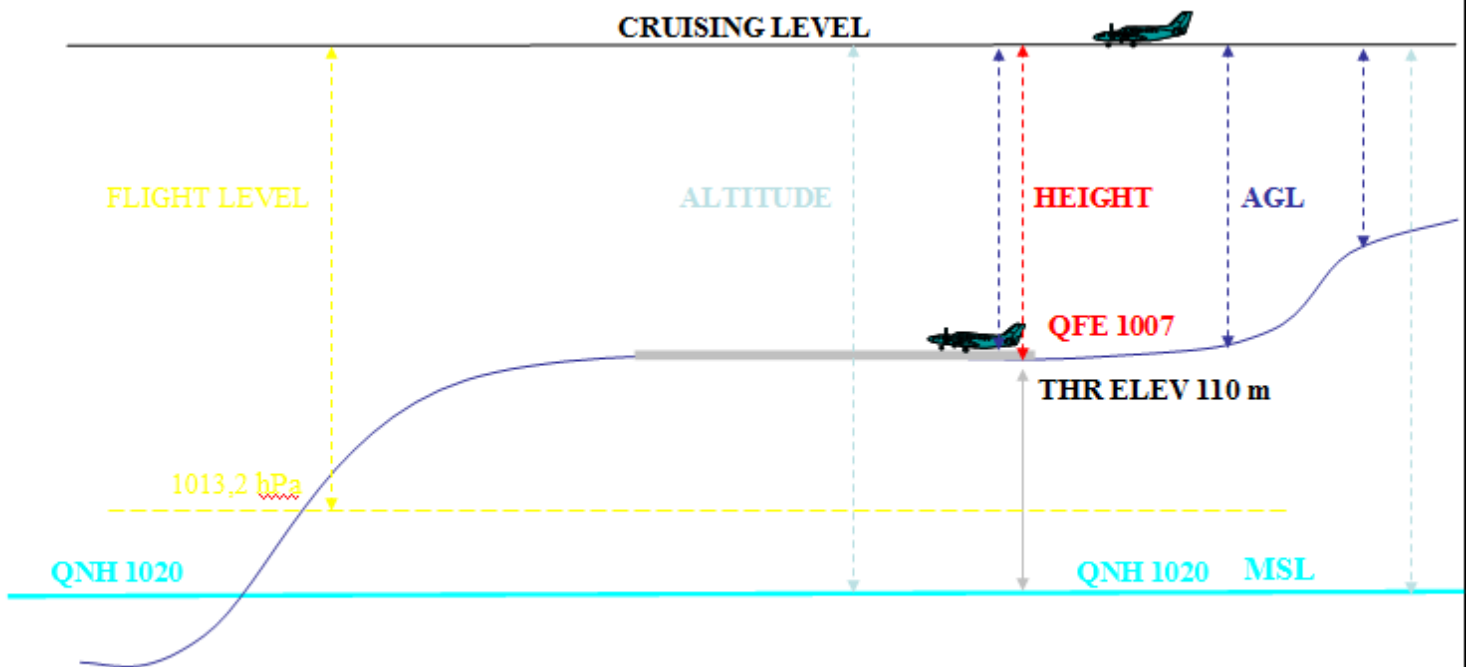
**górne** – z osiadania następują wyżej, od poziomu ziemi temperatura spada, a potem przez jakiś czas rośnie i znowu spada.

**napływowe** – z napływem ciepłego powietrza.

**frontowe** – towarzyszące frontom.

- Poziom lotu - Flight level
- Powierzchnia izobaryczna o stałym ciśnieniu odniesiona do szczególnej wartości ciśnienia atmosferycznego 1013,2 hPa (760 mmHg) i oddzielona od innych takich powierzchni określonymi różnicami ciśnienia.

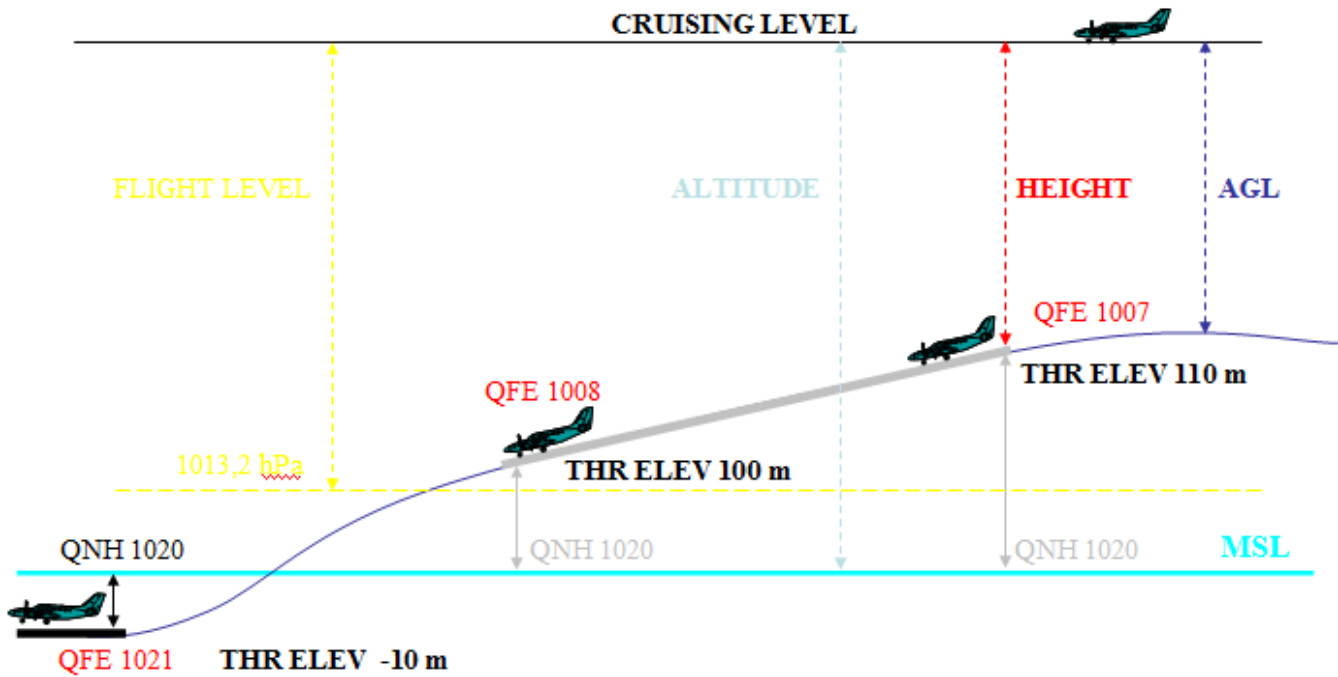
## Ciśnienia - pojęcie wysokości lotu



QNH jest to nastawienie ruchomej skali wysokościomierza tak, aby wskazywał elewację miejsca, gdy jest na ziemi  
 QFE jest to ciśnienie atmosferyczne na poziomie lotniska lub na progu drogi startowej w użyciu

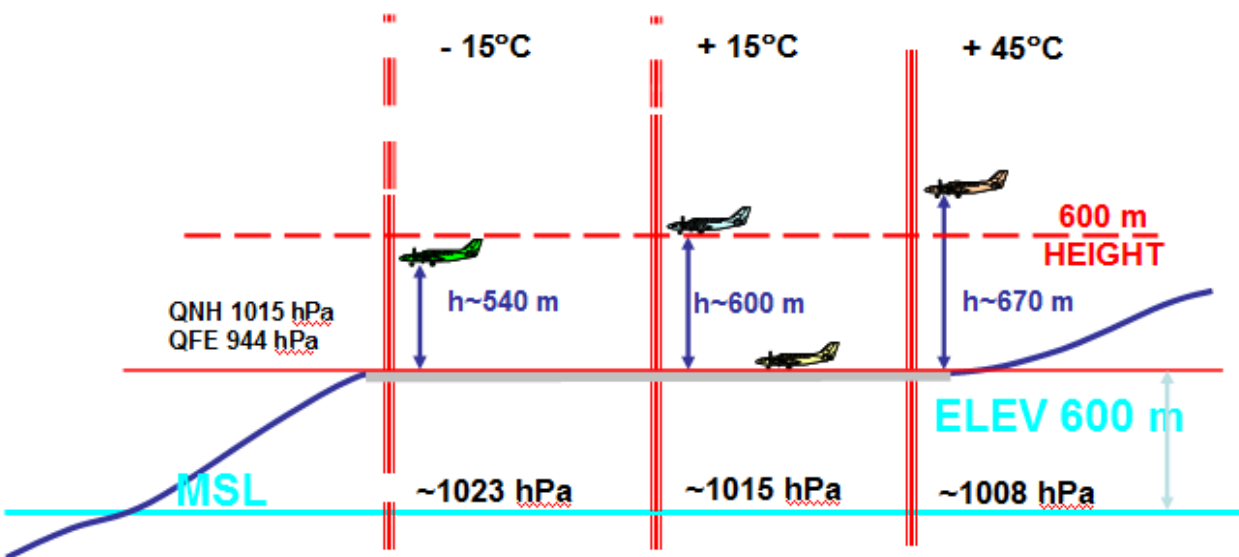
## 48. Ciśnienie, gęstość i temperatura

Terminologia związana z pomiarem wysokości



QNH jest to nastawienie ruchomej skali wysokościomierza tak, aby wskazywał elewację miejsca, gdy jest na ziemi  
QFE jest to ciśnienie atmosferyczne na poziomie lotniska lub na progu drogi startowej w użyciu

### CIŚNIENIE ATMOSFERYCZNE NA ŚREDNIM POZIOMIE MORZA

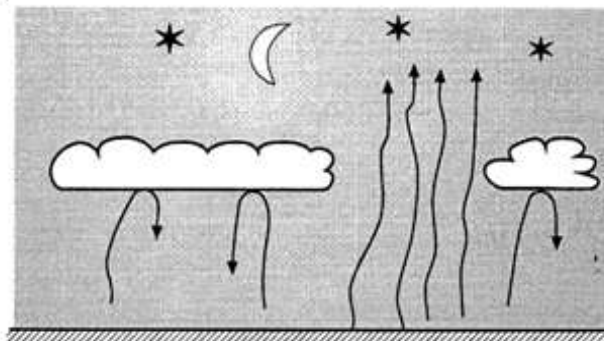
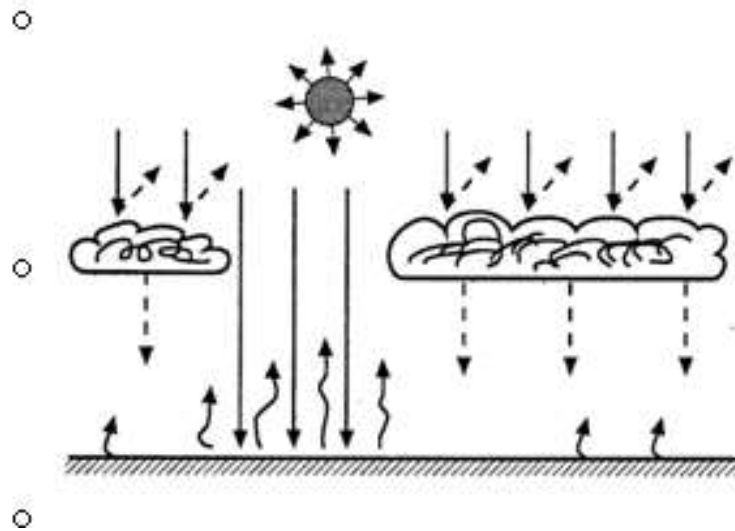
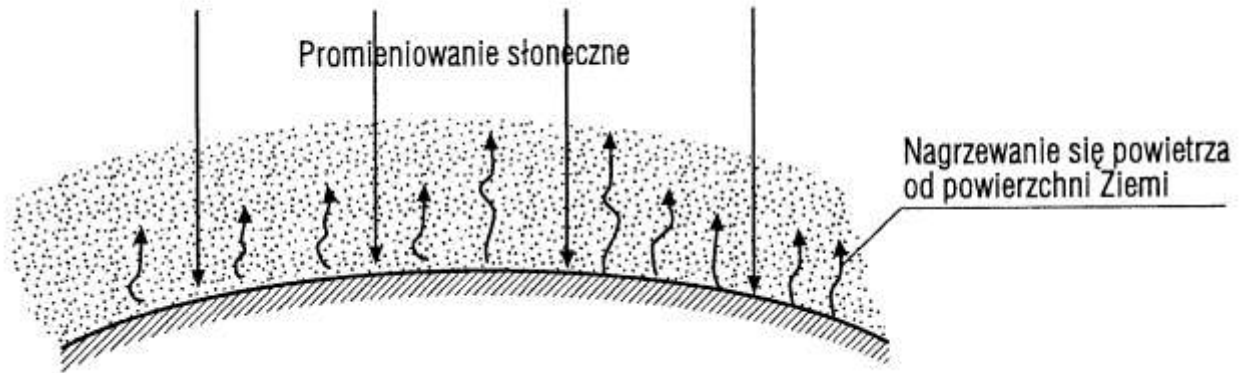


QNH :  
jest to nastawienie ruchomej skali wysokościomierza tak, aby wskazywał elewację miejsca, gdy jest na ziemi.

QFE:  
jest to ciśnienie atmosferyczne na poziomie lotniska lub na progu drogi startowej w użyciu

## 48. Ciśnienie, gęstość i temperatura

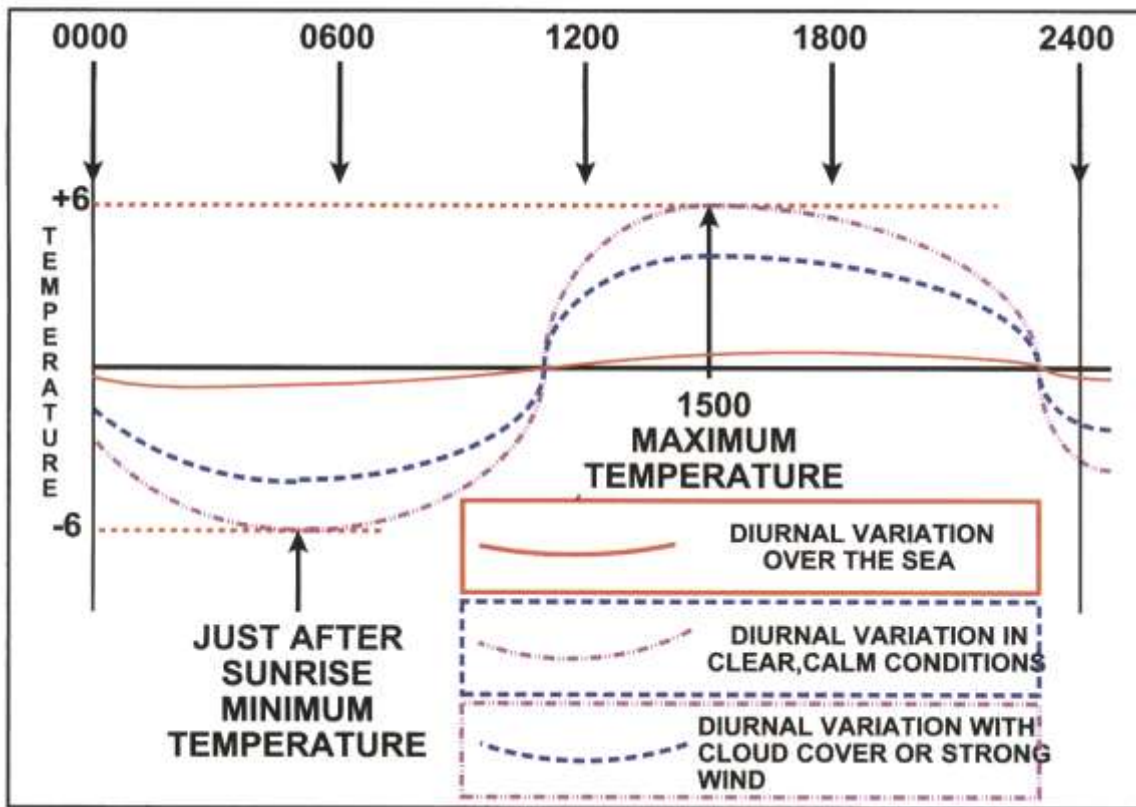
Promieniowanie energii słonecznej i ziemskiej, temperatura

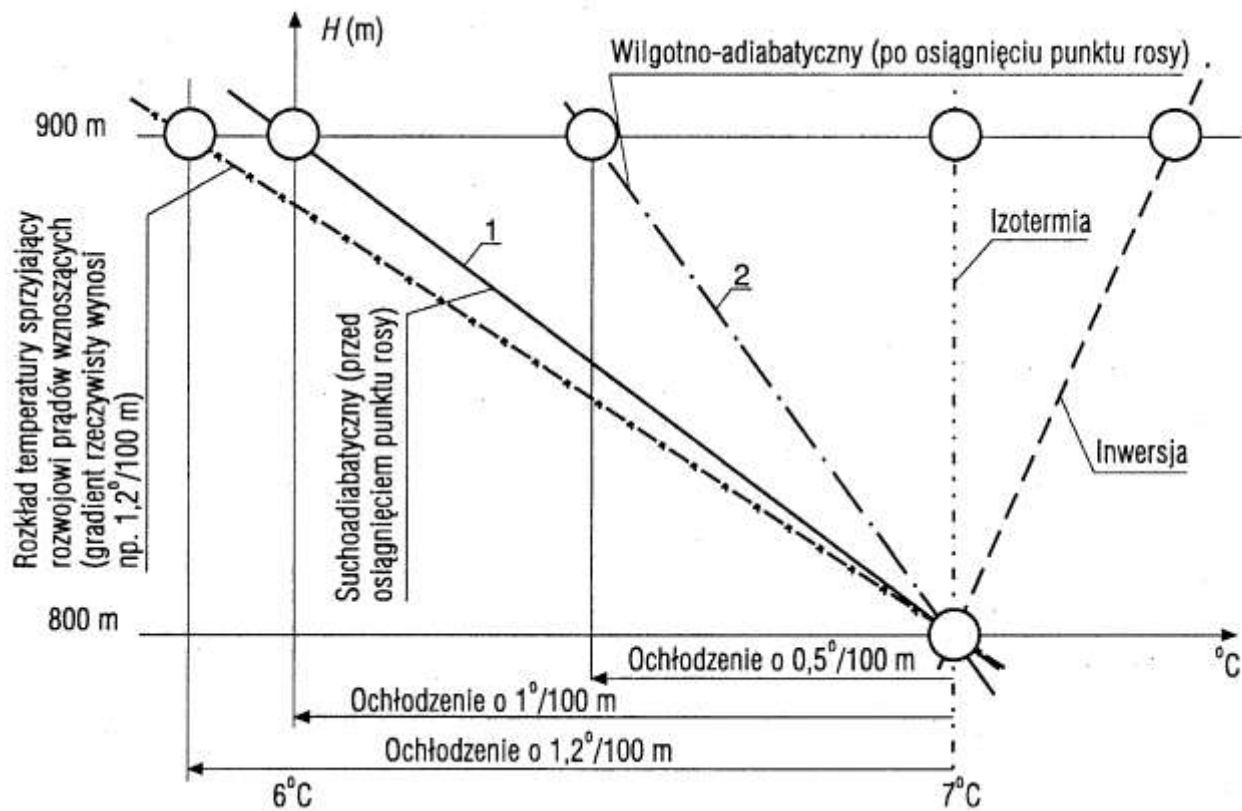


## 48. Ciśnienie, gęstość i temperatura

### Dobowe zmiany temperatury

- Przemiany adyabatyczne - rodzaje gradientów temperatury.



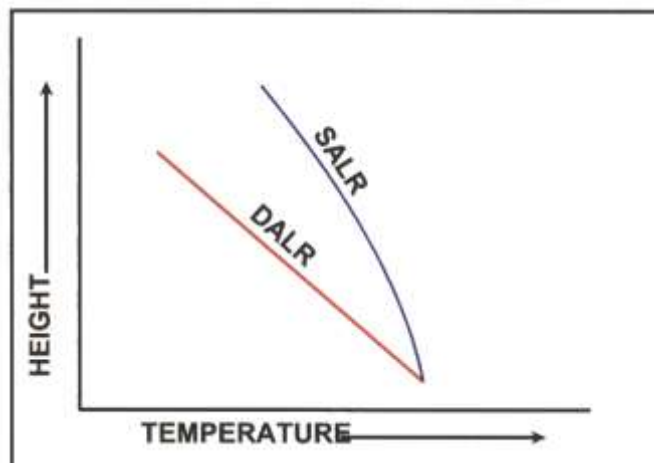
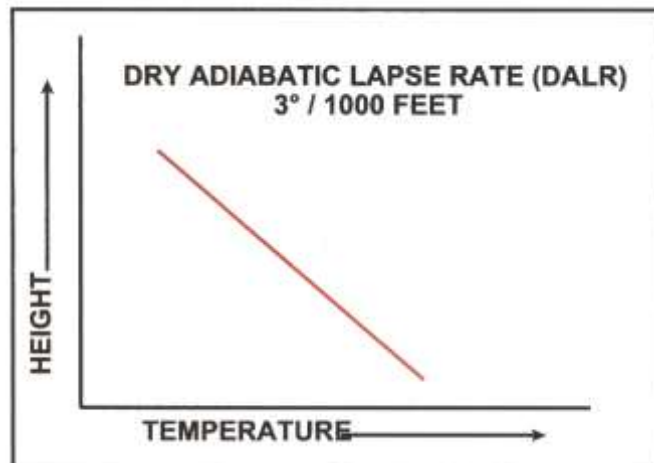




## 48. Ciśnienie, gęstość i temperatura

### Pionowy gradient temperatury

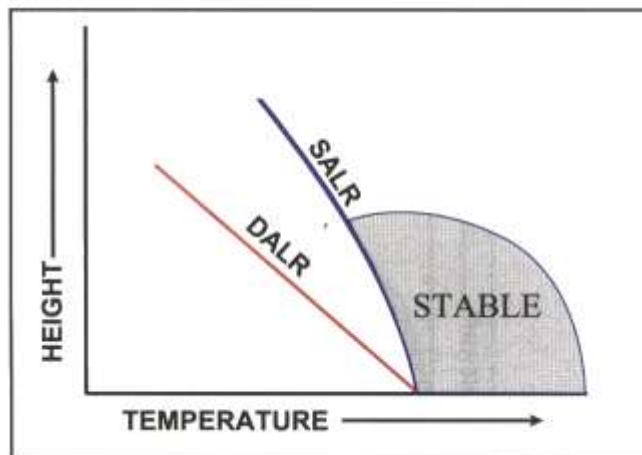
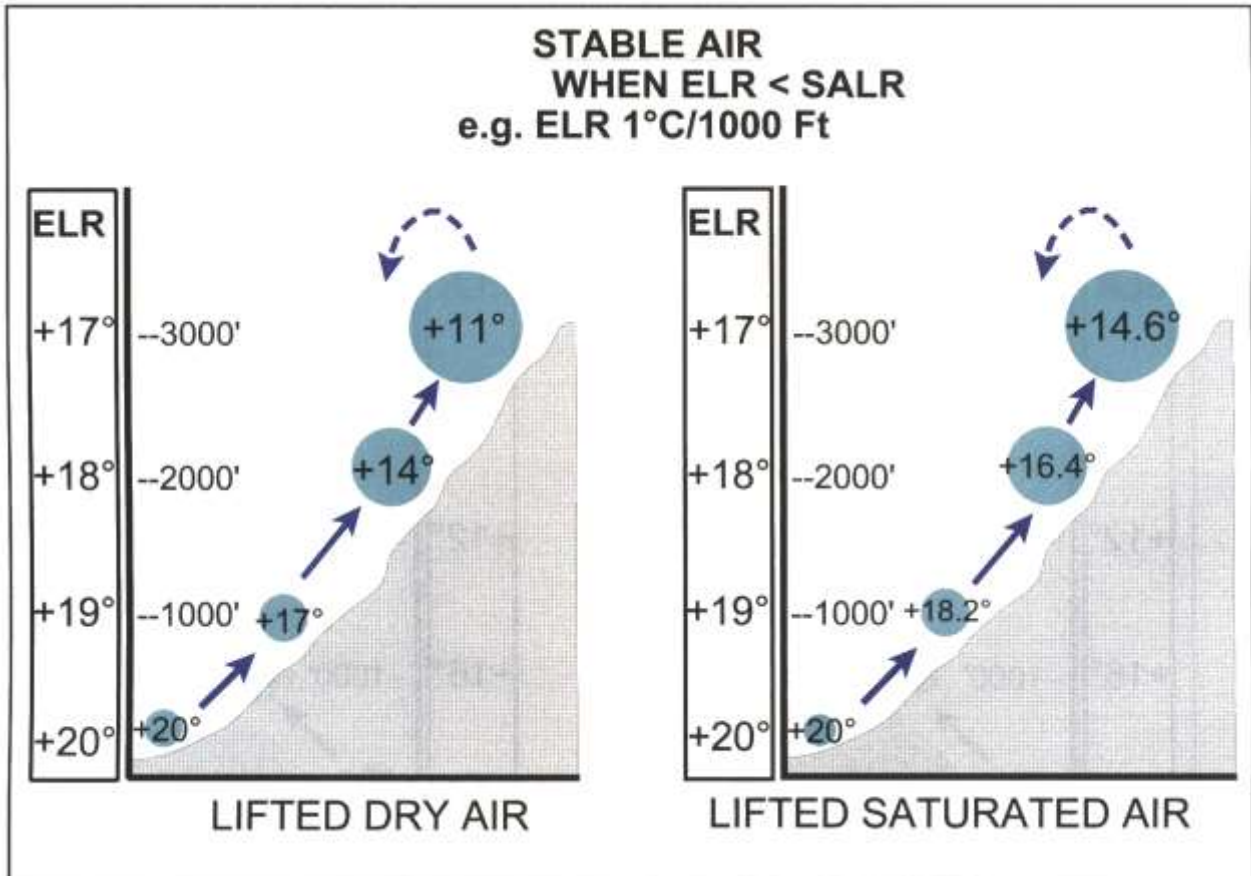
- Spadek temperatury wraz ze wzrostem wysokości określa tzw. **pionowy gradient temperatury**, wyrażamy go w  $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ . Nie jest on stały, zależy od pory roku, rodzaju mas powietrza, pory doby itp. Podczas wznoszenia się do góry powietrze ulega adiabatycznemu ochładzaniu się (bez wymiany ciepła z otoczeniem).
- **Gradient suchoadiabatyczny (Dry Adiabatic Lapse Rate)**. Jeśli powietrze nie jest nasycone parą wodną, spadek temperatury z wysokością wynosi  $10^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ .
- **Gradient wilgotnościadiabatyczny (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).



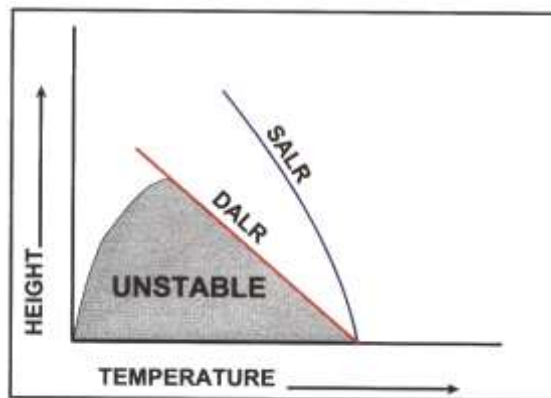
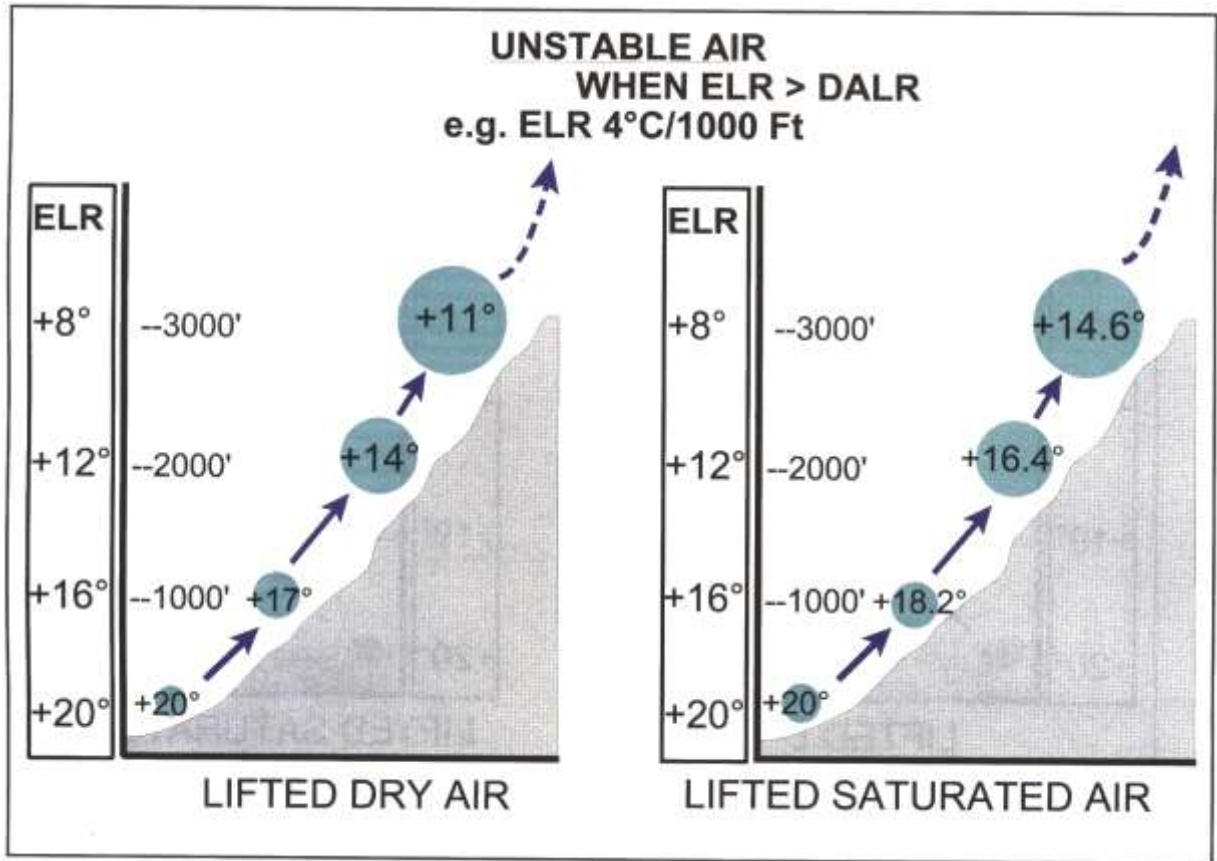
## 48. Ciężnienie, gęstość i temperatura

Równowaga stała i chwiejna mas powietrza

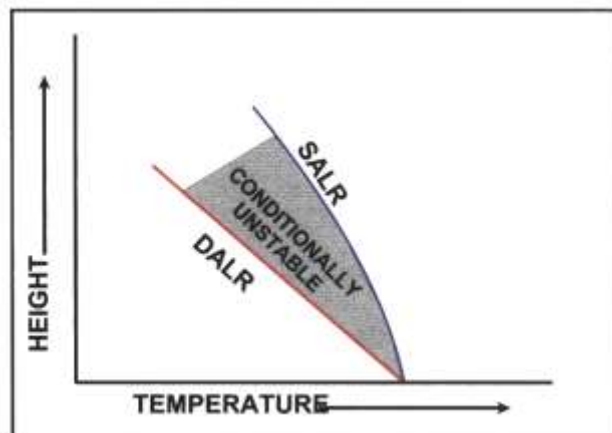
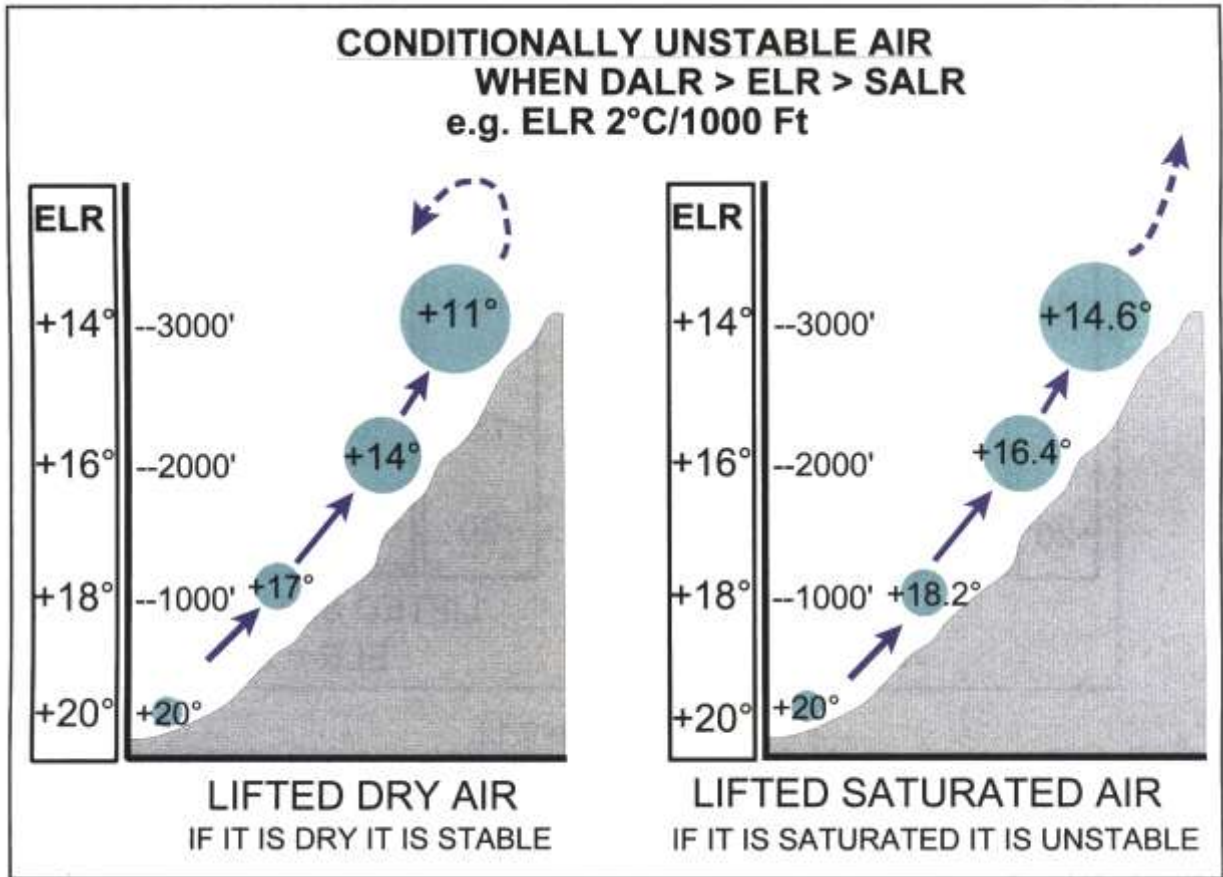
- Stabilność atmosfery – równowaga stała



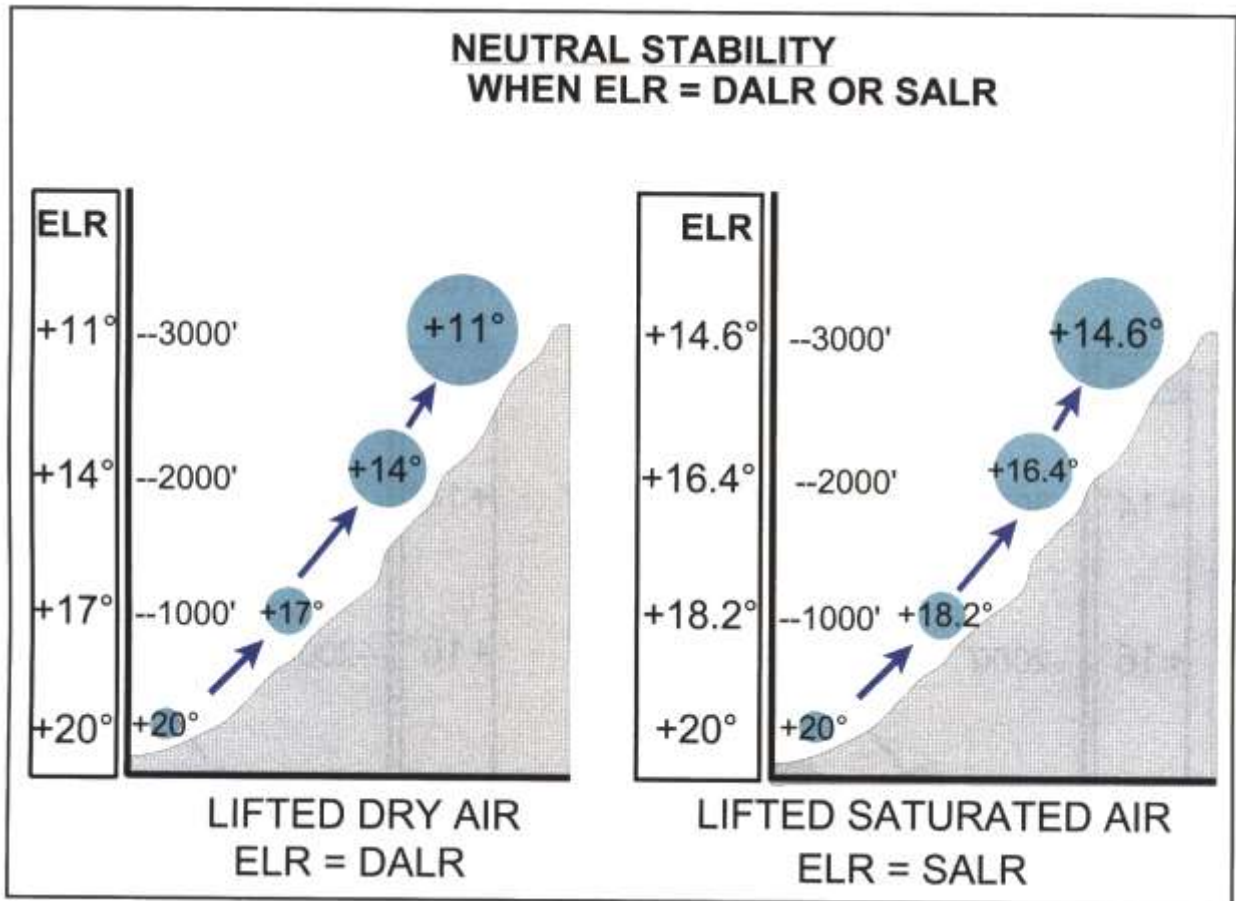
- Stabilność atmosfery – równowaga chwiejna



- Stabilność atmosfery – równowaga warunkowa



- Stabilność atmosfery – równowaga obojętna



## 48. Ciśnienie, gęstość i temperatura

### Wpływ radiacji, osiadania 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.
- **Adwekcja** – powstaje, gdy nad wychłodzoną powierzchnię ziemi napływa cieplejsze powietrze. Warstwa powietrza granicząca z powierzchnią, ochładza się, a powietrze powyżej pozostaje ciepłe.
- **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 paszami góorskimi) 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

- 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 usiłowali 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/m<sup>3</sup>);
- **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.

## 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 ściśłym, 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 górskie.



## 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

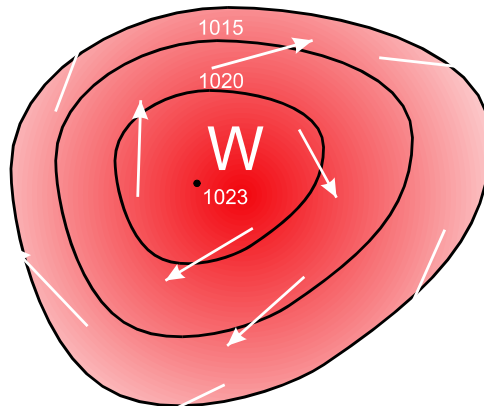
## 50. Ciśnienie i wiatr

### Obszary wysokiego i niskiego ciśnienia

- Układy baryczne:

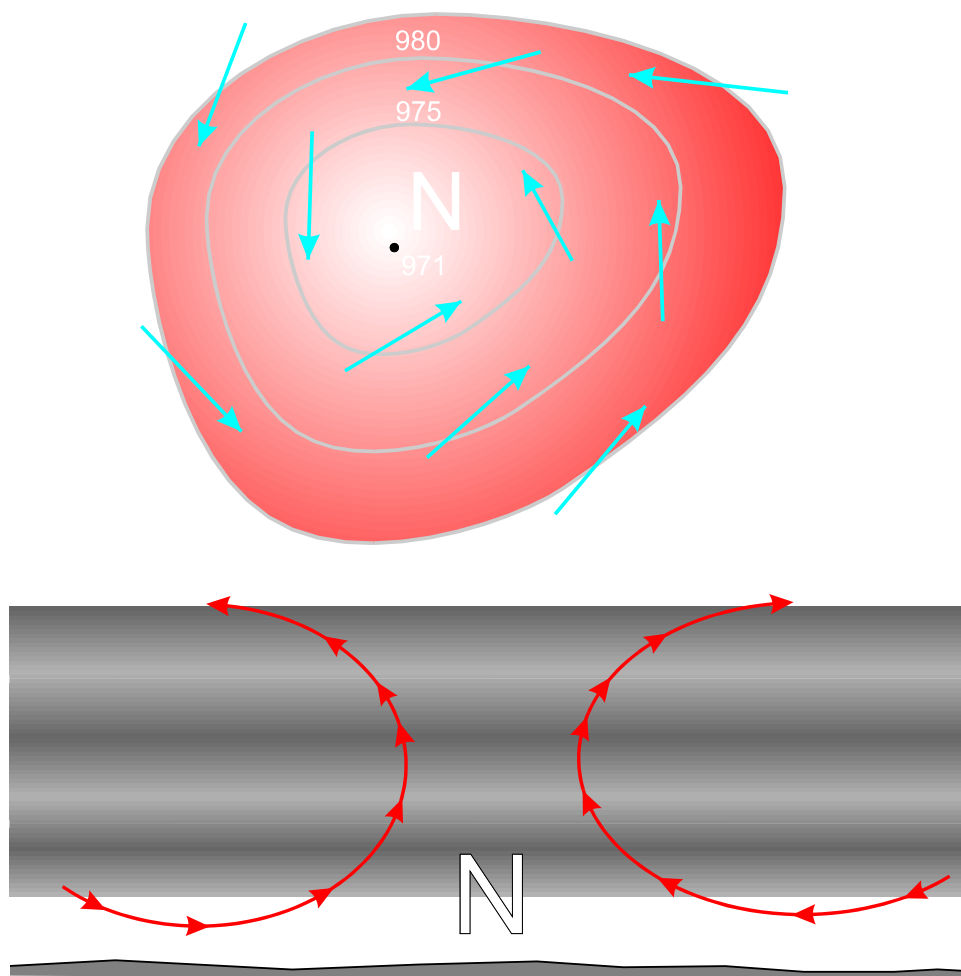
#### Wyż

- Jest to układ ciśnienia, w którym izobary tworzą również koliste, zamknięte linie z tym, że 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 skrzywieniem (o około 30°) na zewnątrz wyżu.
- Schemat ruchów pionowych w wyżu przedstawia. Na skutek osiadania powietrza w wyżu nie dochodzi do powstawania chmur lub też chmury już istniejące - zanikają.



## Niż

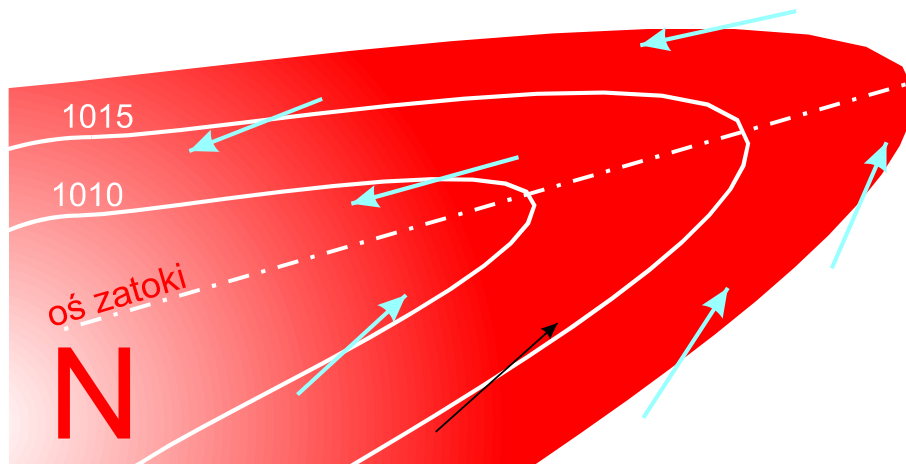
- Jest to układ ciśnienia, w którym izobary tworzą koliste, zamknięte linie.
- Najniższe ciśnienie występuje w środku niżu i rośnie na zewnątrz.
- Ruch powietrza w niżu jest kierowany w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara z niewielkim skrzyśem (o około 30 $\text{s}$ ) ku ciśnieniu niższemu.
- Powietrze, które dołem splywa ku środkowi niżu jest następnie wynoszone ku górze i rozplywa się na boki. Schemat ten w najogólniejszy sposób tłumaczy duże zachmurzenie w niżach powstające w wyniku adyabatycznego ochładzania podczas wznoszenia się powietrza ku górze.





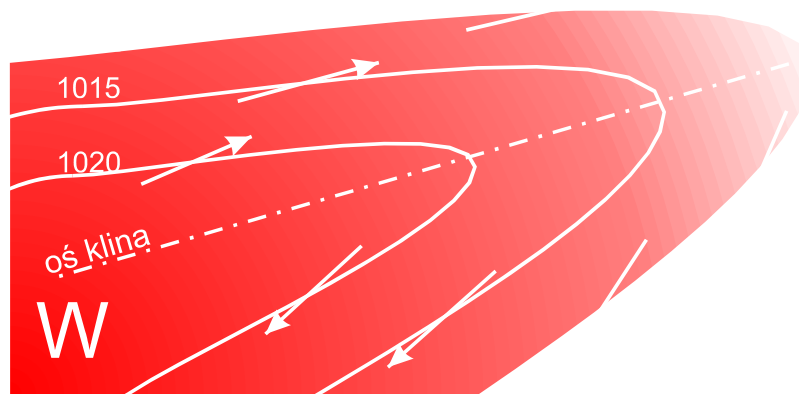
- Poza głównymi układami ciśnienia tj. niżem i wyżem występują następujące formy pochodne:
  - zatoka niskiego ciśnienia,
  - klin wysokiego ciśnienia,
  - bruzda niskiego ciśnienia,
  - wał wysokiego ciśnienia,
  - siodło.

### Zatoka niskiego ciśnienia



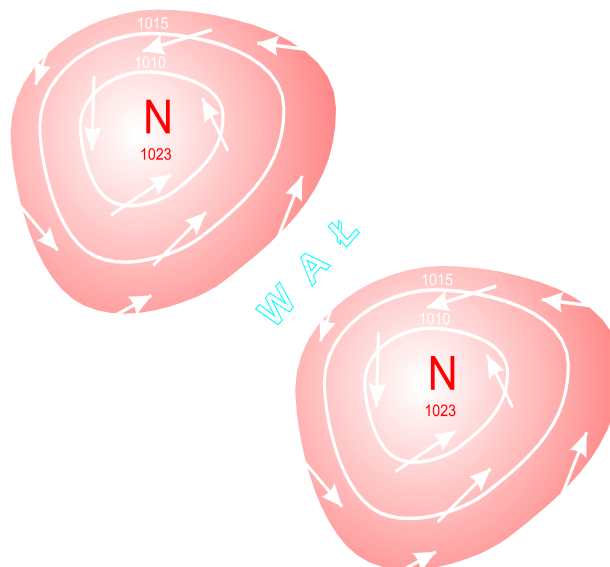
- Jest to układ ciśnienia, w którym izobary układają się w kształcie zatoki z najniższym ciśnieniem w środku.

## Klin wysokiego ciśnienia



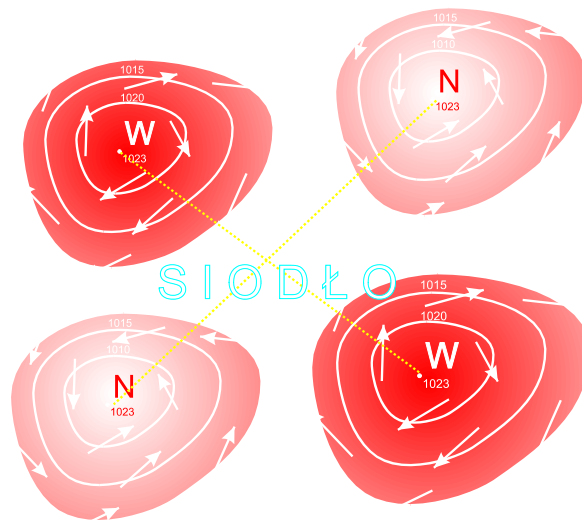
- Jest to układ ciśnienia, którym izobary układają się w kształt klina z najwyższym ciśnieniem w środku. Linie, wzdłuż której następuje znaczny skręt wiatru nazywamy osią klina. Oś klina stanowi linię rozbieżności wiatru.

## 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.

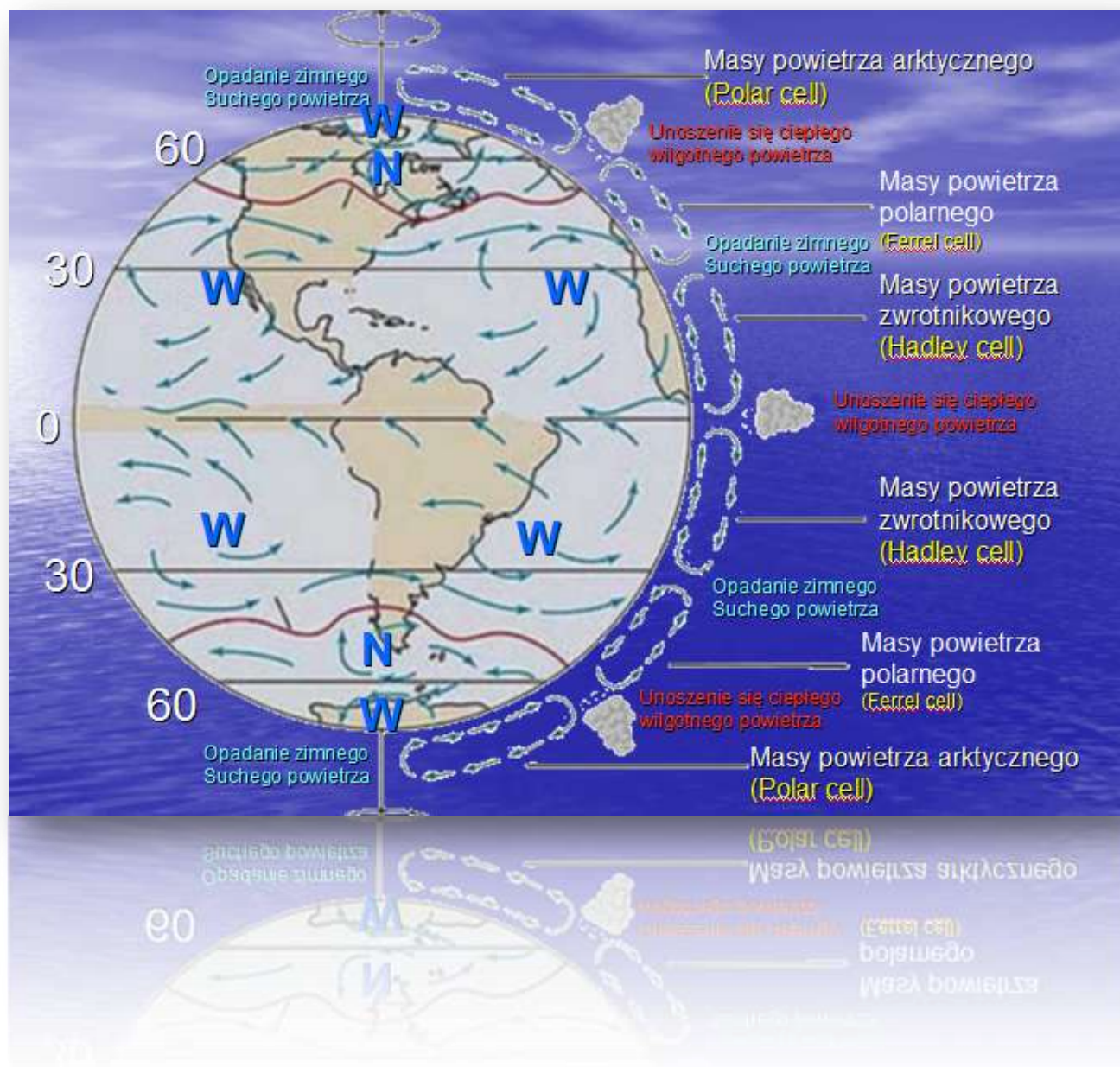
## Siodło



- 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



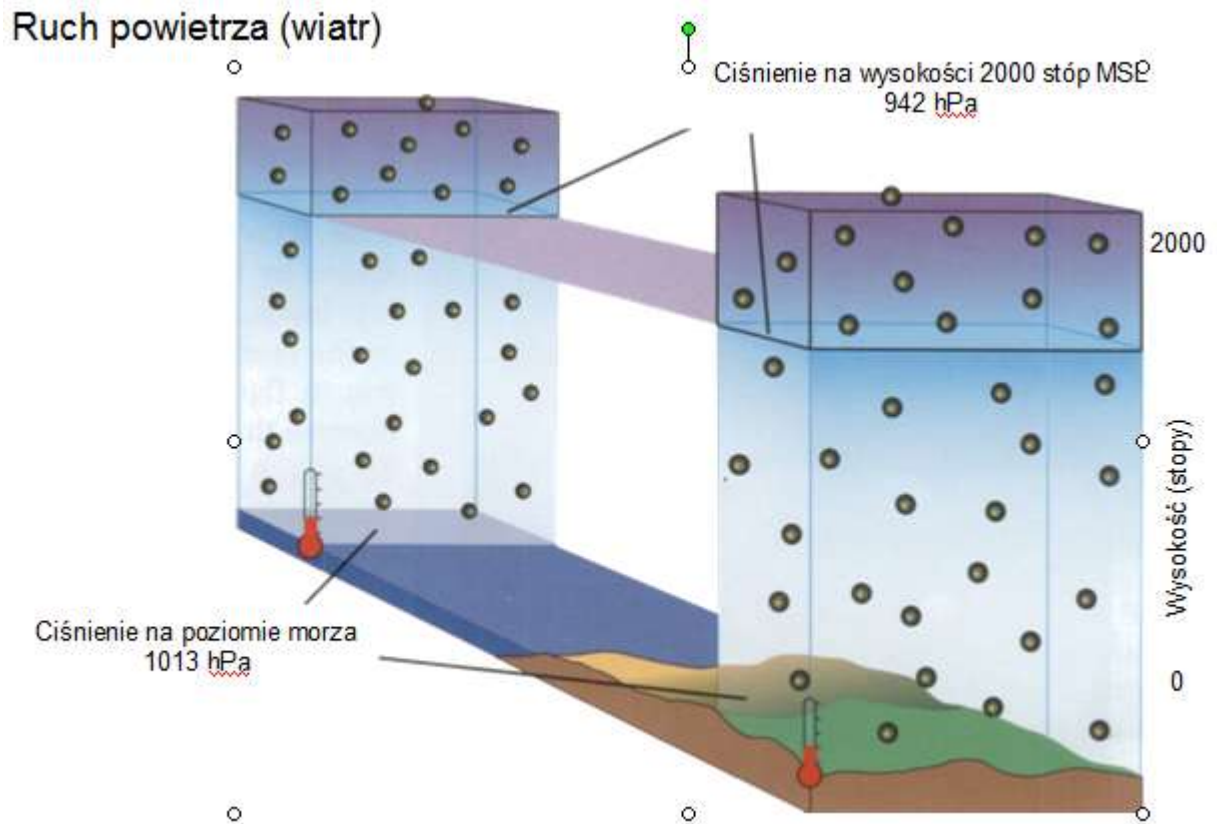
- Ruch pionowy i poziomy, konwergencja, dywergencja
- Ruch powietrza - Wiatr (definicja)
- Wiatr jest to poziomy ruch mas powietrza, którego przyczyną powstawania jest nierównomierny rozkład ciśnienia (w poziomie).
- Ten nierównomierny rozkład ciśnienia powstaje w wyniku nierównomiernego nagrzewania się powierzchni ziemi

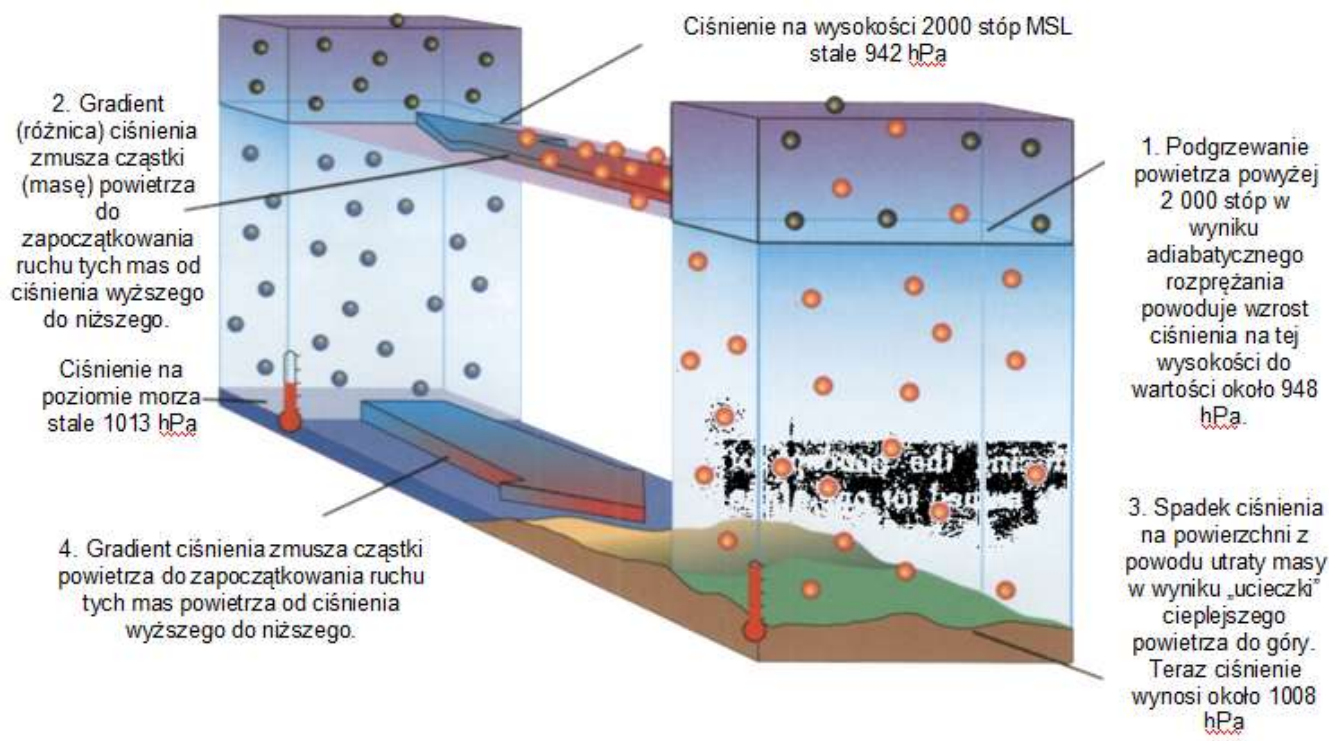


(powietrze nagrzane jako lżejsze - wznosi się, powietrze zimne - jako cięższe - opada).

## 50. Ciśnienie i wiatr

Ruch pionowy i poziomy, konwergencja, dywergencja



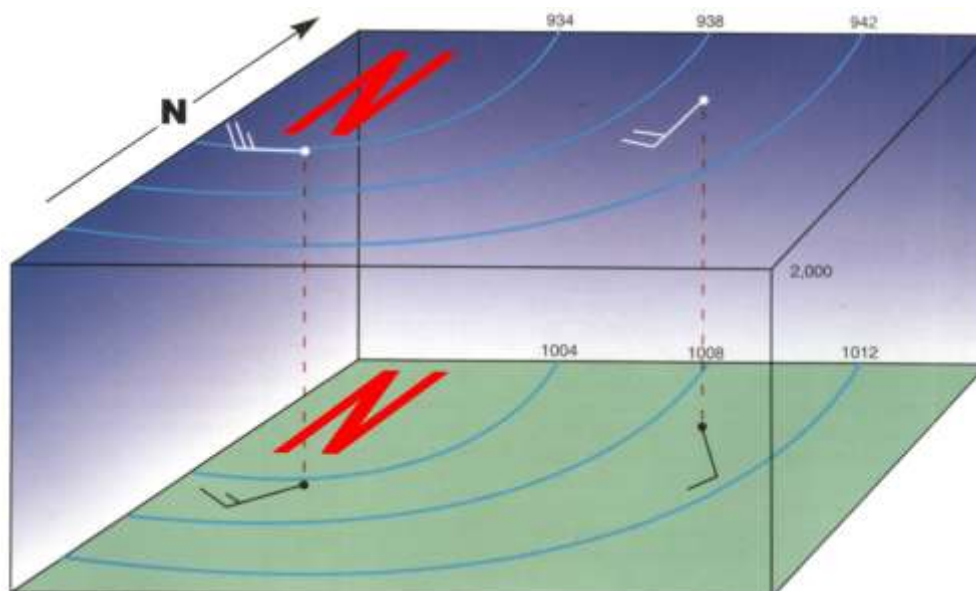


- Siła Coriolisa zmienia kierunek wiatru.



- I tak 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 tarcia

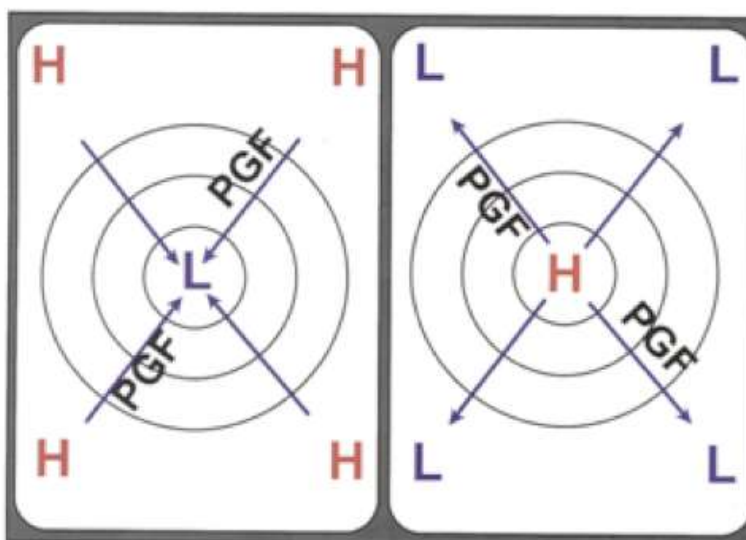


## 50. Ciężnienie i wiatr

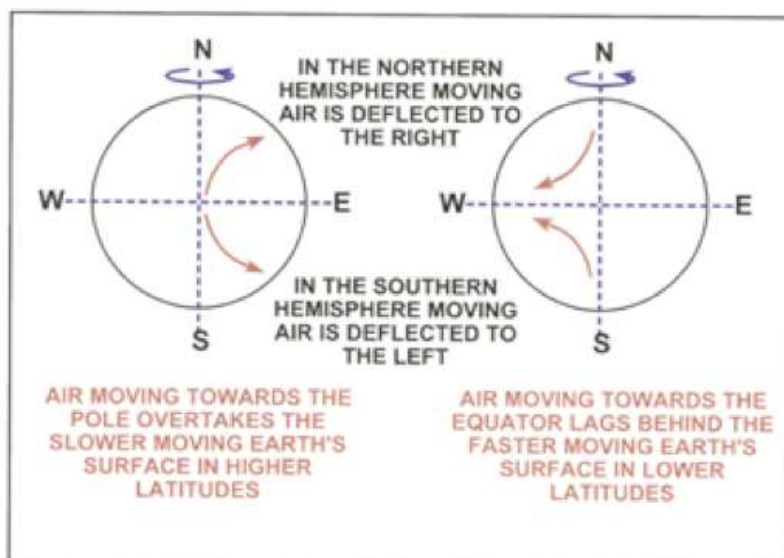
### Wiatr przyziemny i geostroficzny

- Wiatr geostroficzny – powyżej warstwy tarcia

#### Gradient ciężnienia



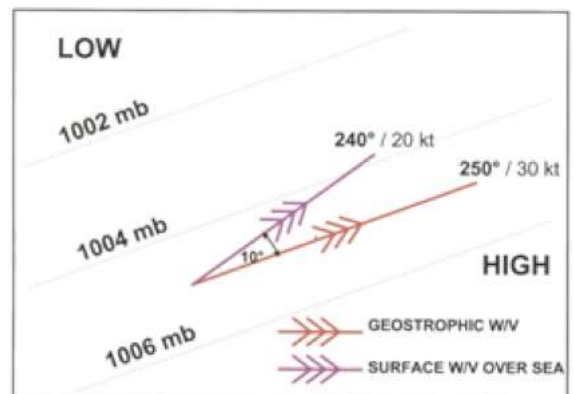
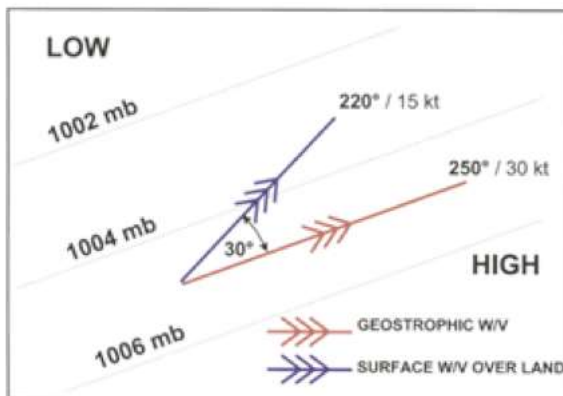
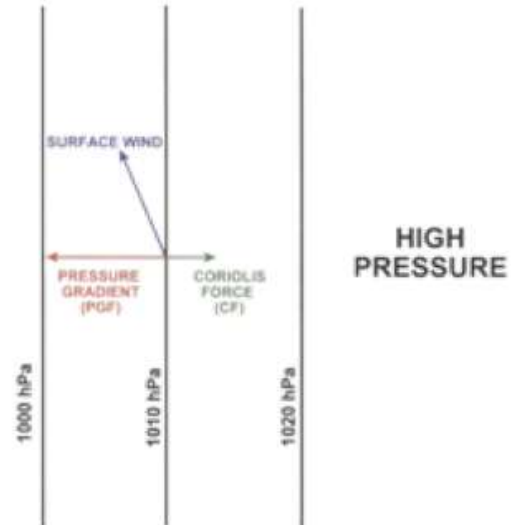
#### Wpływ siły Coriolisa



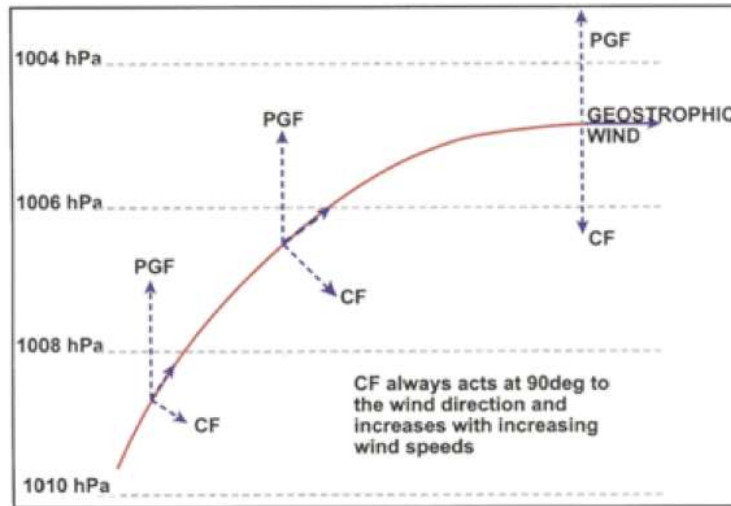
- Mniejsza prędkość na skutek tarcia – siła Coriolisa zmniejsza się, wiatr odchyła się w kierunku gradientu ciśnienia

## Wiatr przyziemny

LOW  
PRESSURE



## Wiatr geostroficzny – powyżej warstwy tarcia

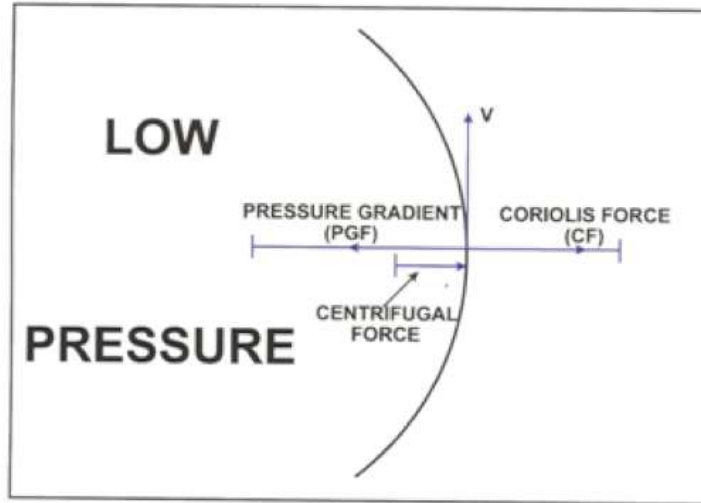


### Powstanie wiatru geostroficznego

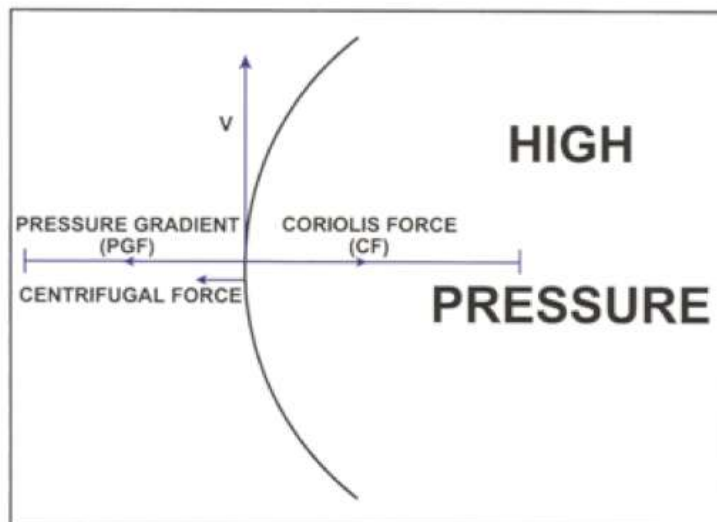


Wiatr geostroficzny – tylko siła gradientu ciśnienia i Coriolisa

## Wiatr gradientowy

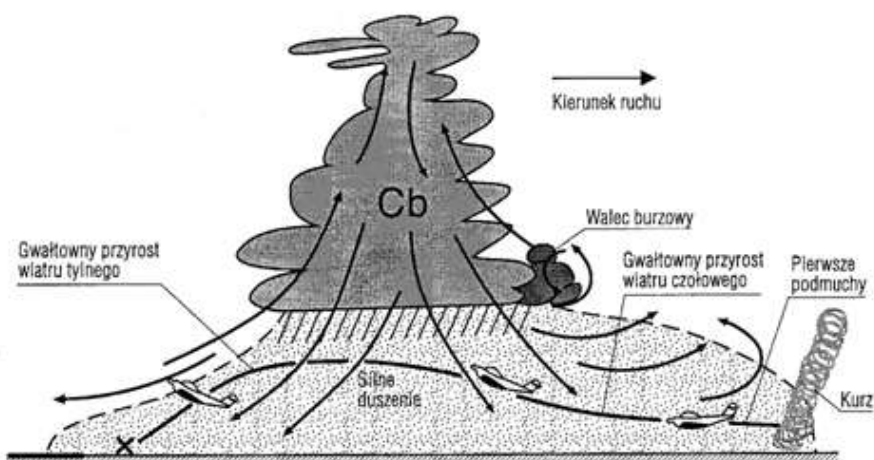


Mniejsza prędkość w niżu

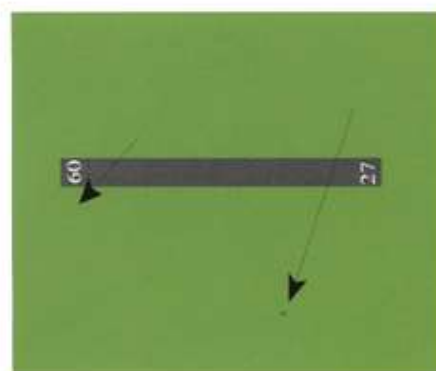
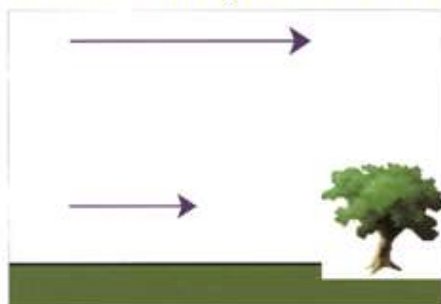


Większa prędkość w wyżu

## Zmiana prędkości i kierunku wiatru

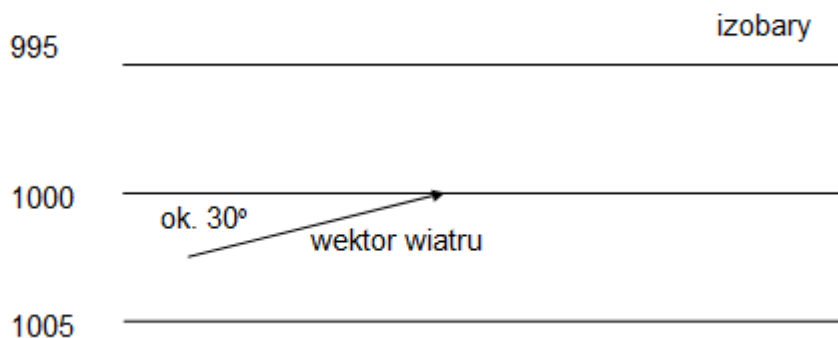


## Wpływ uskoku wiatru na start i lądowanie samolotu



## Związek pomiędzy izobarami i wiatrem, prawo Buys Ballot'a

## Związek pola ciśnienia z wiatrem



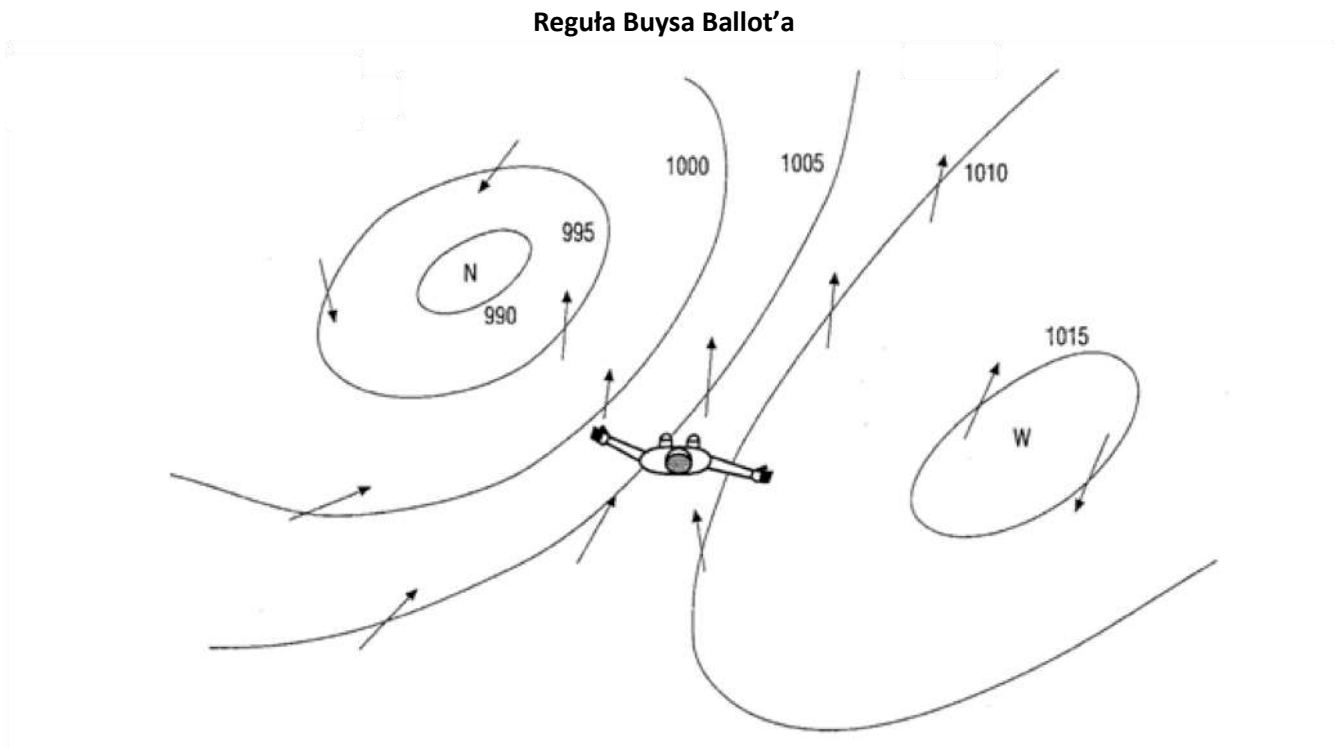
- Wektor wiatru odchyła się względem izobary o kąt około 30 stopni w kierunku ciśnienia niższego.
- Odchylenie wynika z ruchu obrotowego Ziemi



- Kąt wiatru jest mniejszy na ocenach (mniejsze tarcie)

## 50. Ciśnienie i wiatr

Związek pomiędzy izobarami i wiatrem, prawo Buys Ballot'a



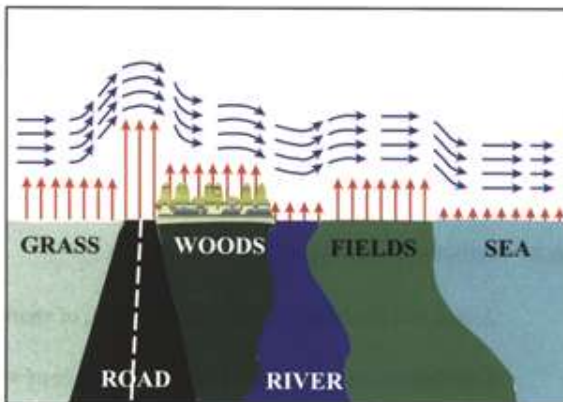
- Stojąc tyłem do wiatru na półkuli północnej wyż będziemy mieli lekko z prawej, niż zaś z przodu lekko z lewej.

## 50. Ciśnienie i wiatr

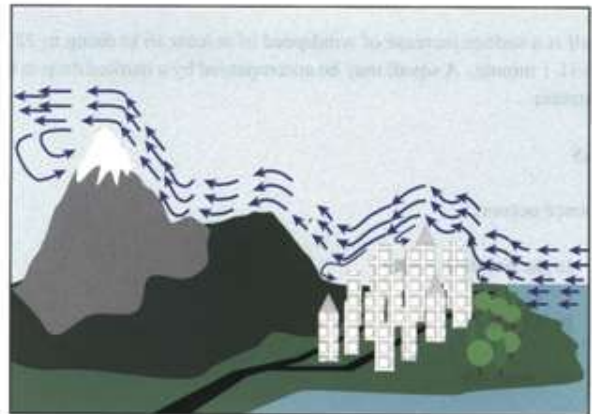
### Turbulencja i porywy wiatru

#### Turbulencja i porywy wiatru

Turbulencja termiczna



Turbulencja mechaniczna

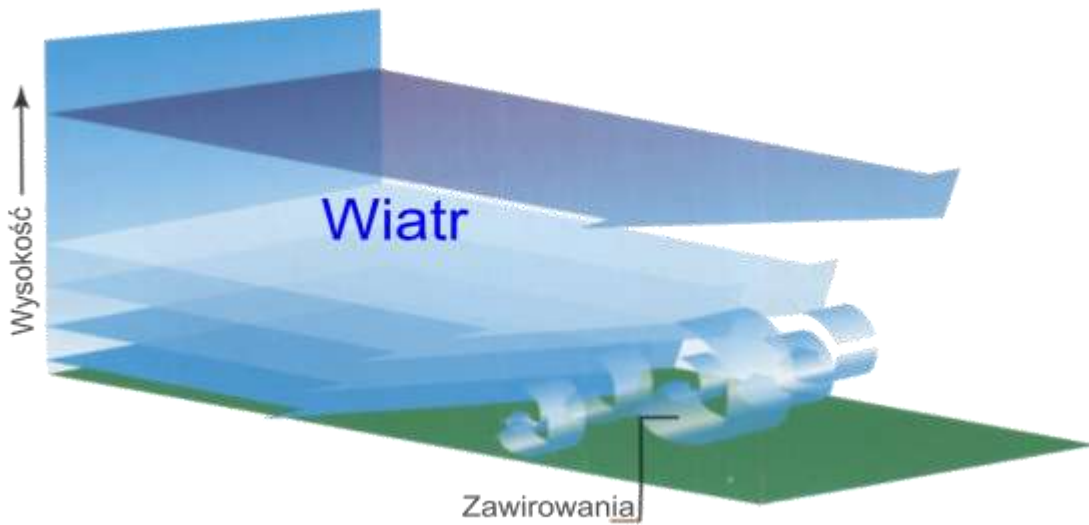


**Poryw wiatru** – nagła zmiana prędkości wiatru trwająca poniżej 1 minuty.

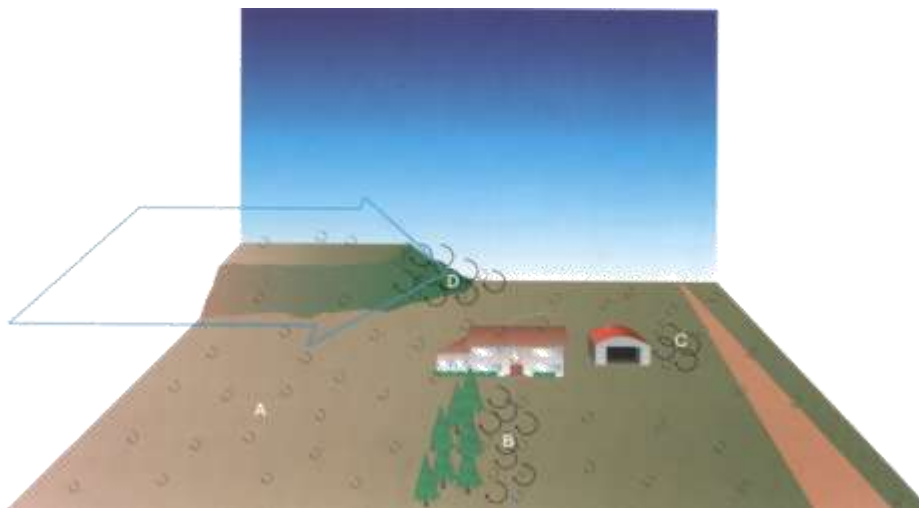
$$\frac{\text{range of fluctuation}}{\text{mean wind speed}} \times 100\% = \text{GUST FACTOR}$$

- W atmosferze, przez analogię do hydrodynamiki, wyróżniamy dwa rodzaje ruchów:
  - **ruch laminarny** - będący ruchem spokojnym, uporządkowanym, w którym linie prądu są regularne.
  - **ruch turbulencyjny** - w którym na ogólny przepływ nakłada się ruch chaotyczny, nieuporządkowany.

## Mechaniczna turbulencja

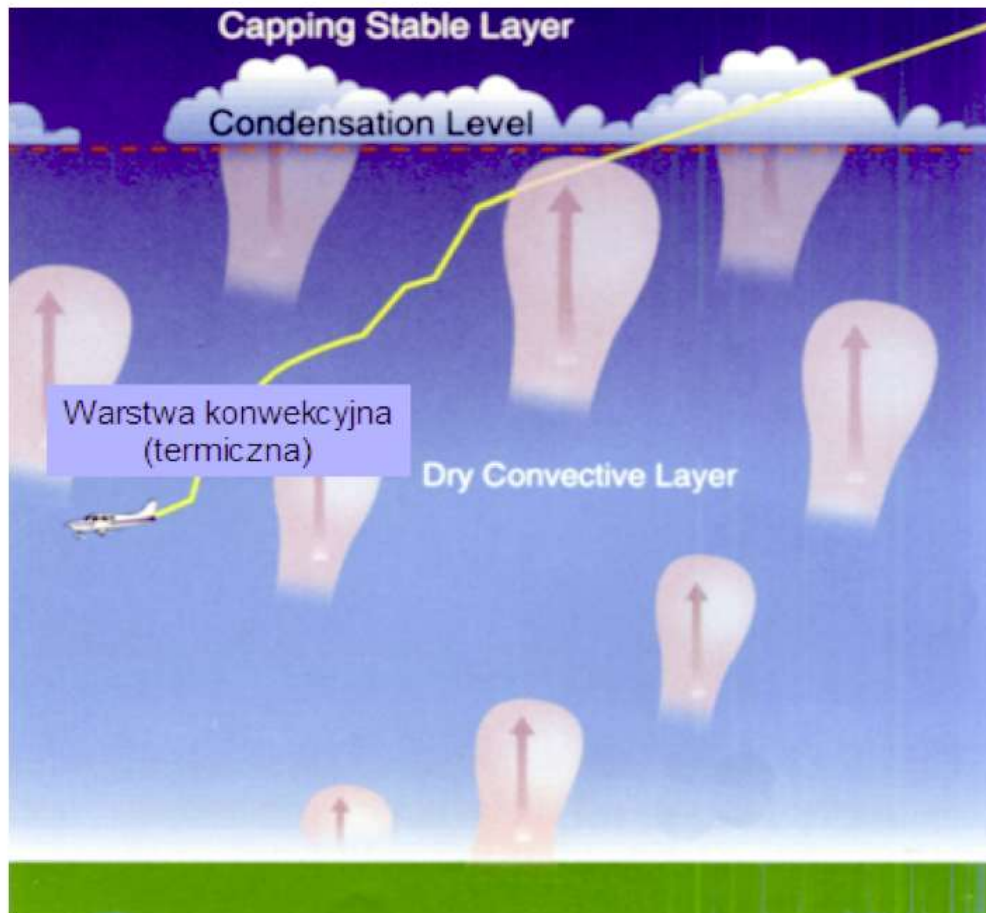


- Gwałtowny wzrost prędkości wiatru blisko powierzchni ziemi wytwarza tzw. turbulencję mechaniczną.
- Zawirowania turbulencyjne wytwarzają dodatkowe pionowe ruchy powietrza , które się przemieszczają razem z wiatrem.

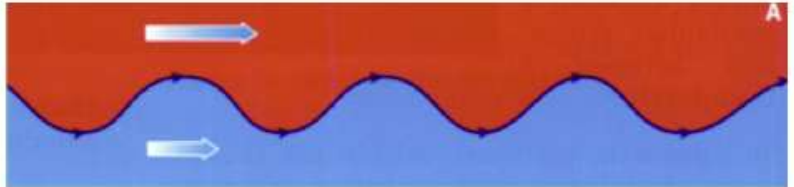


## Turbulencja termiczna

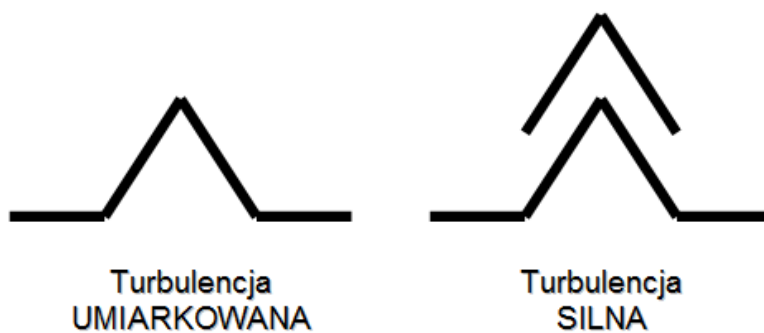
Górna stabilna warstwa



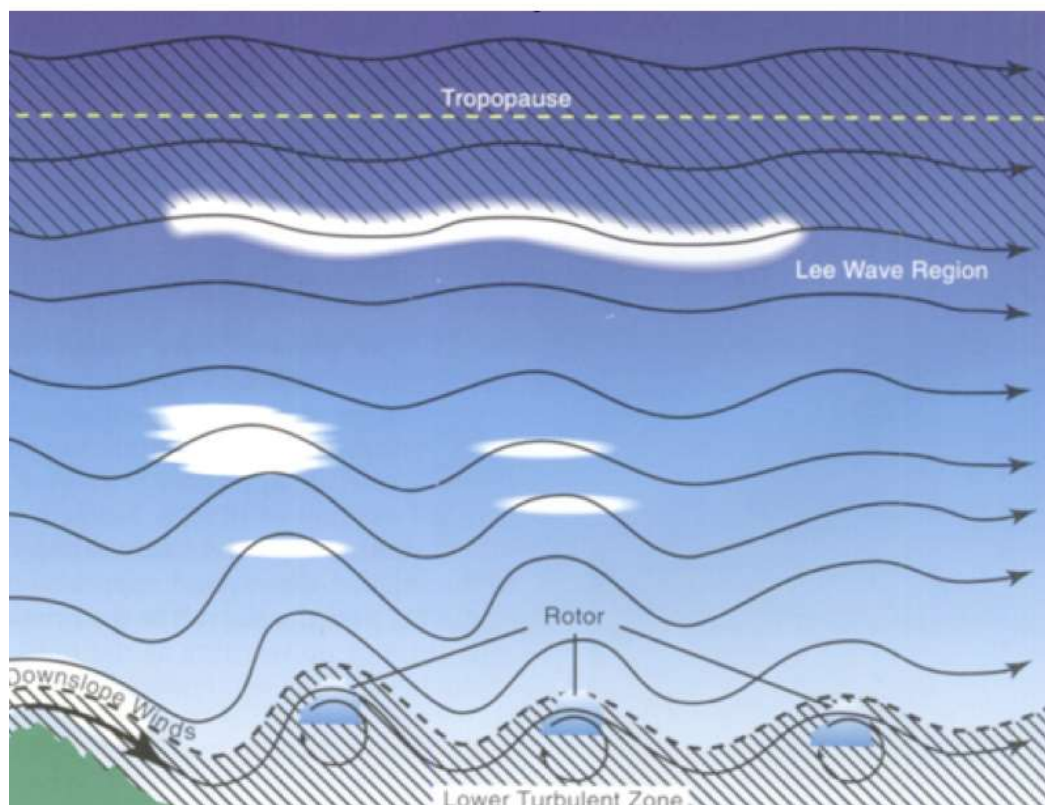
# Turbulencja czystego nieba CAT



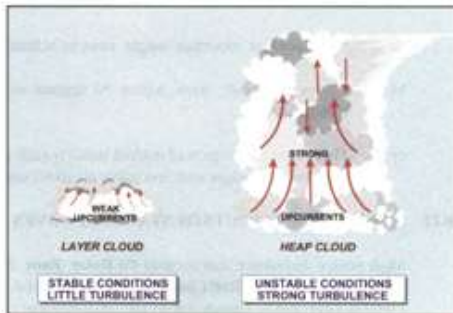
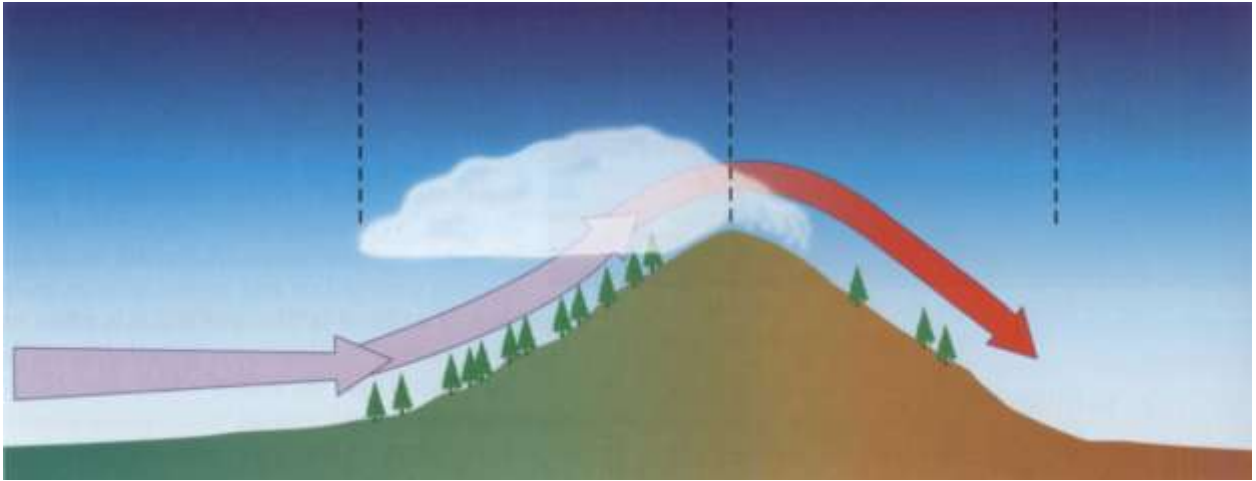
Ruchy turbulencyjne oddziałują na samolot podczas lotu wywołując rzucanie samolotu. Przy słabych rzucaniach jest to tylko zjawisko nieprzyjemne dla pasażerów i załogi. Natomiast przy silnych rzucaniach pilotaż jest bardzo utrudniony



Turbulencja fali górskiej

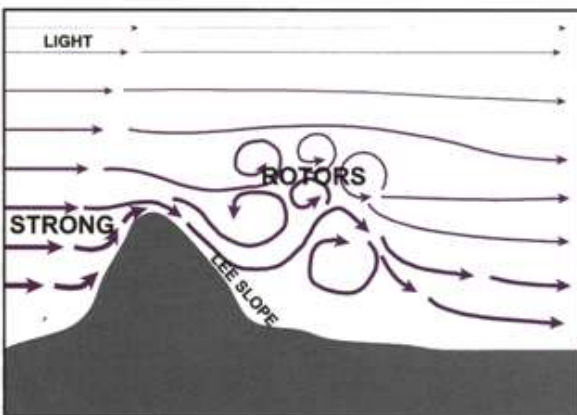
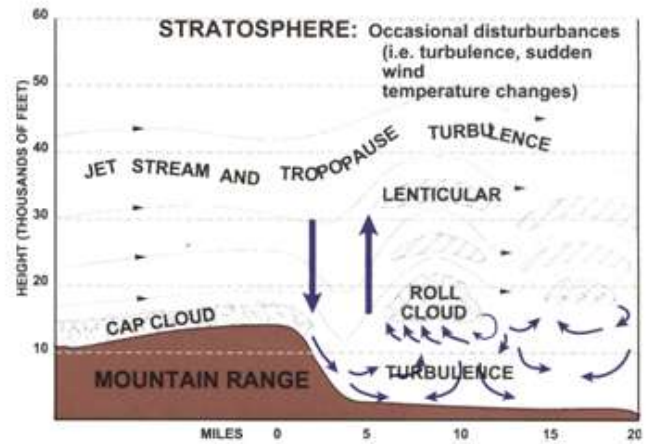


## Wiatry Fenowe



Turbulencja od chmur kłębiastych

## Fala górska

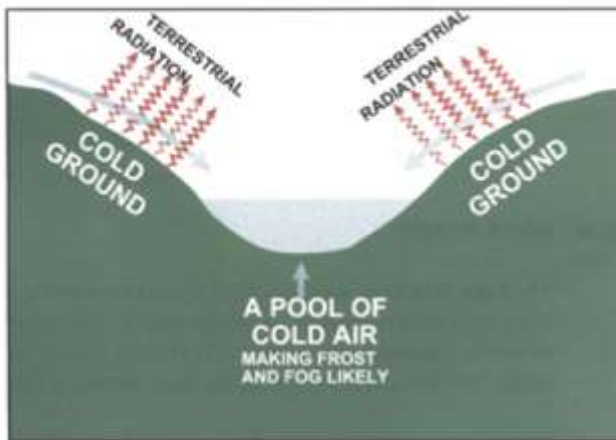


Rotory po stronie zawietrznej

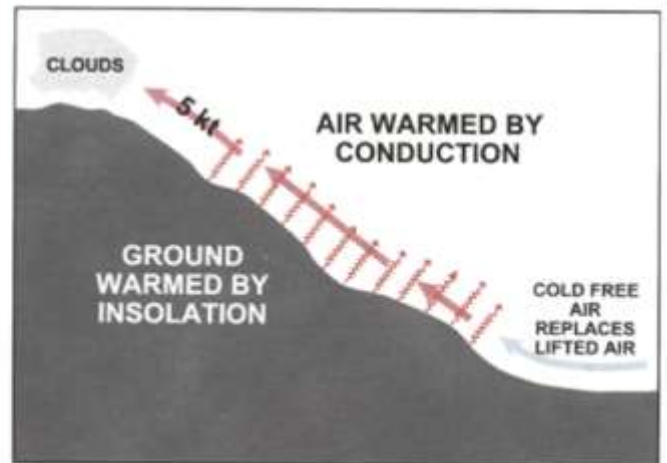
## 50. Ciśnienie i wiatr

Wiatry lokalne, wiatr halny, bryza morską i lądową

### Wiatry lokalne



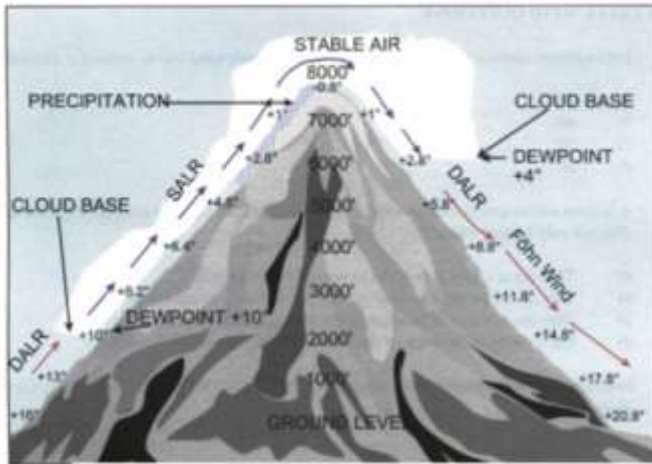
Wiatr katabatyczny



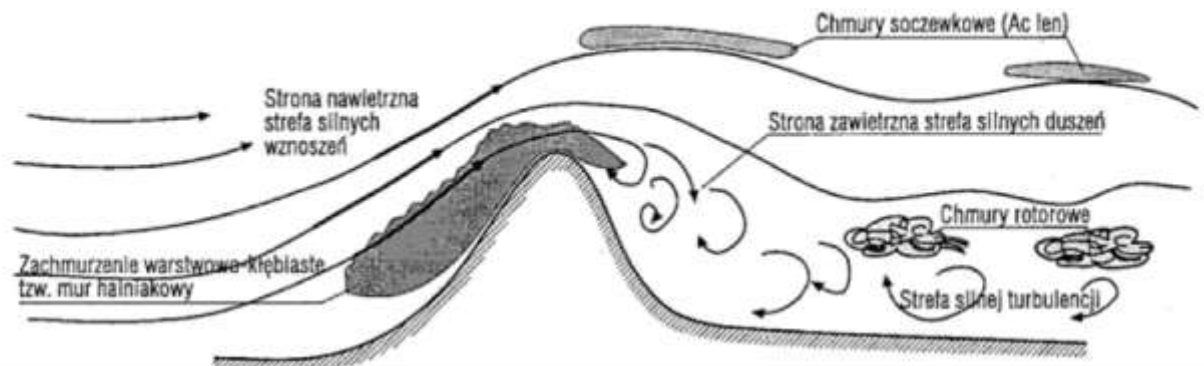
Wiatr anabatyczny

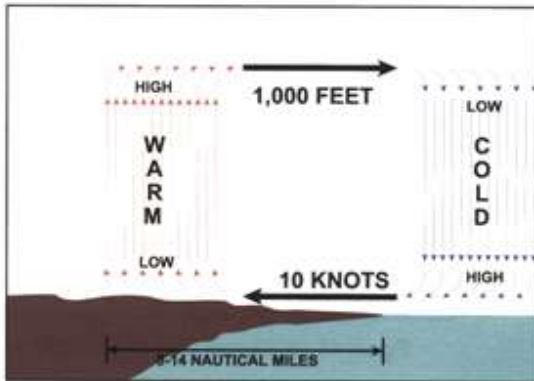


## Fen / Halny

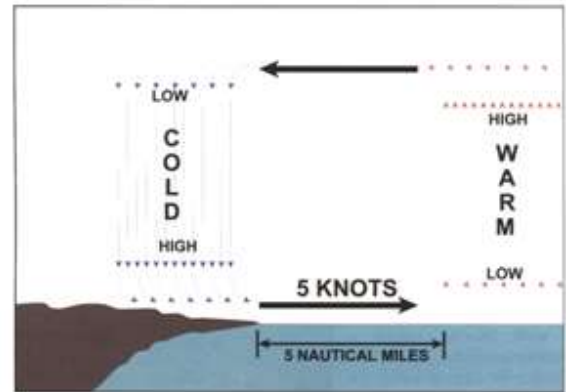


Halny to silny i ciepły (wzrost temp. o 10°C) wiatr zboczowy.

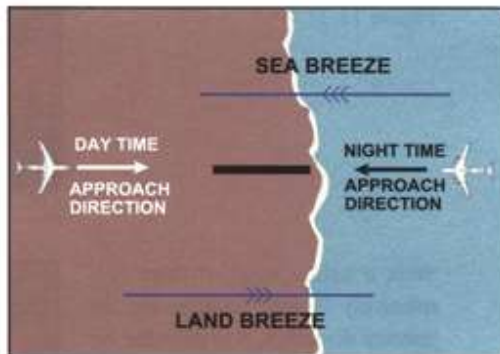




Bryza morska w czasie dnia



Bryza lądowa w nocy



Wpływ bryzy na kierunek startu/ładowania

## 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

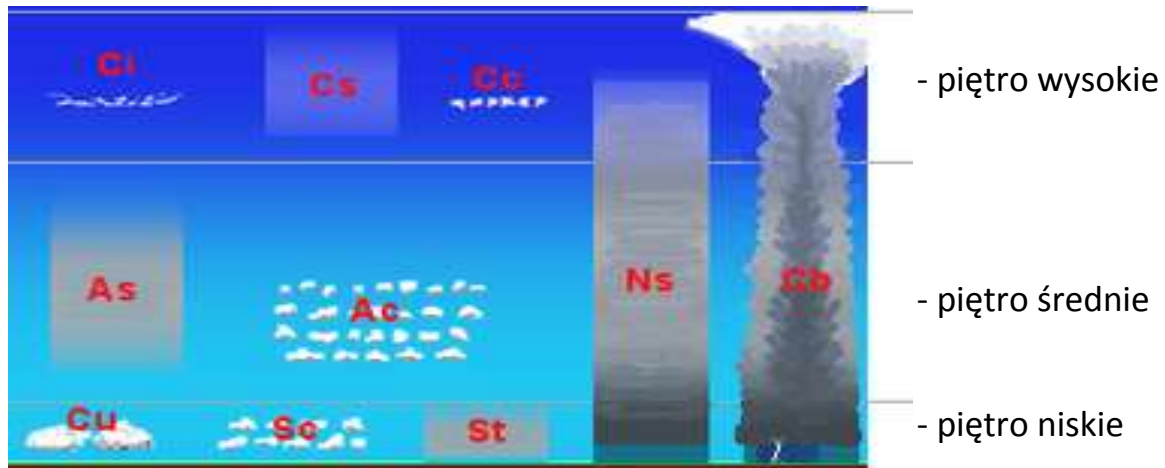
#### Rodzaje chmur

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

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

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

- 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)



### Cirrus - Ci - pierzaste



**Podstawa:** od 6000 m do 9000 m (lub wyżej).


**Grubość:** kilkaset metrów.

**Widzialność:** dobra - do kilku km.

**Oblodzenie:** nie występuje.


**Turbulencja:** brak.

**Cirrocumulus - Cc - kłębiasto-pierzaste**



**Podstawa:** od 6000 m do 9000 m (*nieco niżej niż Ci*).  
**Grubość:** kilkaset metrów.  
**Widzialność:** dobra - do kilku km.  
**Oblodzenie:** nie występuje.  
**Turbulencja:** wyraźna.

**Cirrostratus - Cs - warstwowo-pierzaste**



**Podstawa:** od 6000 m do 8000 m  
**Grubość:** kilkaset metrów  
**Widzialność:** dobra - do kilku km  
**Oblodzenie:** właściwie nie występuje.  
**Turbulencja:** brak.

**Alto**cumulus - **Ac** - średnie-kłębiaste

**Podstawa:** od 2500 m do 6000 m

**Grubość:** kilkaset metrów.

**Widzialność:** do kilkuset metrów.

**Oblodzenie:** może wystąpić.

**Turbulencja:** znaczna.

**Altostratus - As** - średnie-warstwowe



**Podstawa:** od 2000 m do 4000 m.

**Grubość:** od kilkuset metrów do 2000 metrów.

**Widzialność:** od 20 do 100 metrów.

**Oblodzenie:** może wystąpić.

**Turbulencja:** brak.

**Nimbostratus - Ns** - warstwowe-deszczowe



**Podstawa:** od 2000 m do 100 m (lub niżej).

**Grubość:** 3000m do 5000m.

**Widzialność:** mniejsza niż 20-10 m.

**Oblodzenie:** występuje i jest bardzo groźne.

**Turbulencja:** wyraźna.



## Stratocumulus - Sc – kłębiasto-warstwowe

**Podstawa:** od 300 m do 700 m.

**Grubość:** 150 m do 1000m.

**Widzialność:** 10 m do 30 m.

**Oblodzenie:** występuje.

**Turbulencja:** umiarkowana.

## Stratus - St – niskie-warstwowe

**Podstawa:** od kilkudziesięciu metrów do 300 m.

**Grubość:** 150 m do 500 m (wyjątkowo 800 m).

**Widzialność:** mniejsza niż 20-10 m.

**Oblodzenie:** występuje.

**Turbulencja:** nie występuje.

## Cumulus - Cu – kłębiaste

**Podstawa:** od 500 m do 2000 m (latem do 3000 m).

**Grubość:** od kilkudziesięciu metrów do kilku kilometrów.

**Widzialność:** kilka metrów.

**Oblodzenie:** może występować w wierzchołkach.

**Turbulencja:** silna.

## Cumulonimbus - Cb – kłębiaste-deszczowe

**Podstawa:** od 100 m do 1000 m.

**Grubość:** od 8 km do 12 km.

**Widzialność:** kilka-kilkanaście metrów.

**Oblodzenie:** występuje w wierzchołkach.

**Turbulencja**

## 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.
- **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.

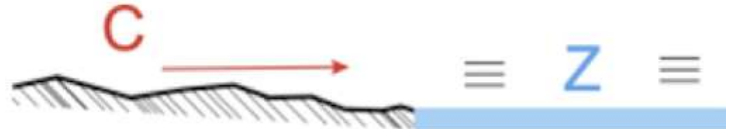
- Sprzyjające warunki:
  - Niewielkie zachmurzenie
  - Słaby wiatr (do 3-4 m/s) – w warunkach bezwietrznych zamiast mgły powstaje rosa
  - Obszary wysokiego ciśnienia
  - Otwarte przestrzenie; polany, niziny, bagna a także lotniska
  
- Znika po ogrzaniu powietrza pod wpływem promieniowania słonecznego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



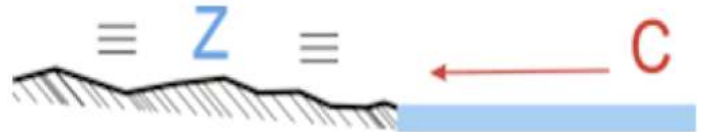
- **Mgła adwekcyjna** – nad zimne podłoże napływa ciepłe i wilgotne powietrze, które schładza się do punktu rosy. Najgroźniejsze dla lotnictwa. Występują na dużych obszarach (brak lotnisk zapasowych).
- Są długotrwałe, nawet 10 dni.
- Powstają w różnych porach doby, przy prędkości wiatru nawet rzędu 8-12 m/s.
- Ich pionowy zasięg jest znaczny, dochodzi do kilkudziesięciu metrów, widzialność maleje wraz ze wzrostem wysokości.

- Mgła powstająca na pograniczu lądów i mórz przy sprzyjających wiatrach.

- Wczesną wiosną ląd jest już nagrzany, 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 sływie na chłodny ląd może być przyczyną powstawania mgły na lądzie. Mgła ta unoszona przez wiatr może sięgać kilkadziesiąt kilometrów w głąb lądu.



### Mgła z wyprowania

- Powstaje wskutek intensywne parowania po opadach lub z terenów o zielonej roślinności czy podmokłych.
- Nad obszar cieplejszej (o minimum 10 C) wody napływa chłodne powietrze.
- Inwersja występująca wyżej „przytrzymuje” mgłę do podłoża.
- Powstaje najczęściej w godzinach wieczornych.
- Tym gęstsza im większa jest różnica temperatur między wodą, a powietrzem.



- 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 kropelek 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 mokrą 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 kropelek 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.
  
- **Ograniczenie widzialności wskutek zamglenia, śniegu, dymu, krzywu 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

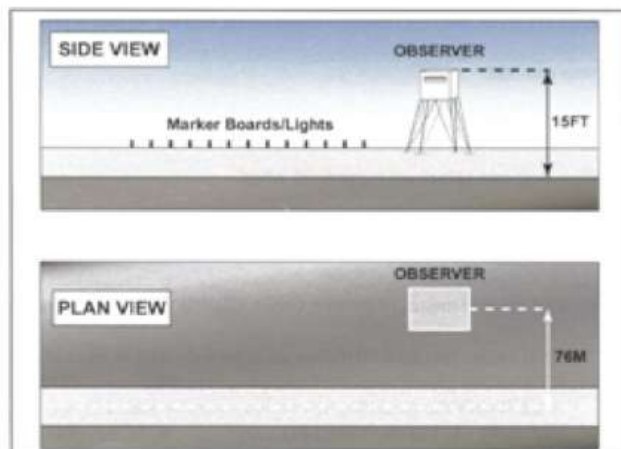
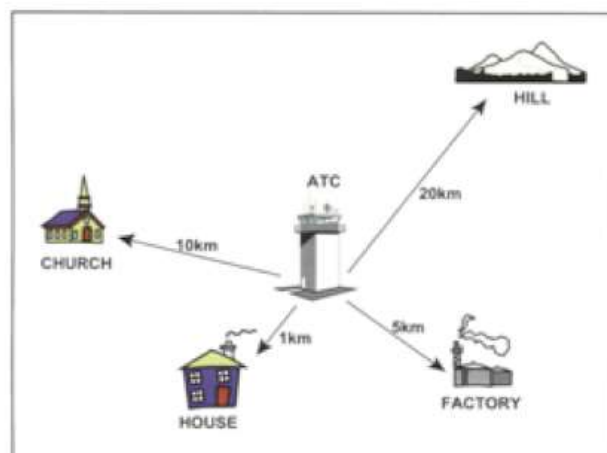
- Możliwość wystąpienia zjawisk powodujących spadki widzialności – występowanie zamglenia i zmętnienia, lot „pod i ze słońcem”.
- Rodzaj napływających mas powietrza:
  - chłodne i chwiejne masy powietrza zwiastują lepszą widzialność,
  - ciepłe i chwiejne masy: wilgotne słaba widzialność, suche dobra,
  - 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

#### Rodzaje i pomiary widzialności:

- Wyróżniamy widzialność poziomą, pionową i skośną.
- Pomiar widzialności

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

## 52. Mgła, zamglenie, zmętnienie

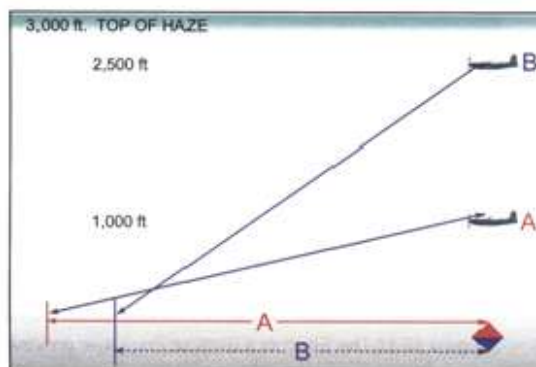




## Niebezpieczeństwa w locie z powodu ograniczonej widzialności poziomej i pionowej

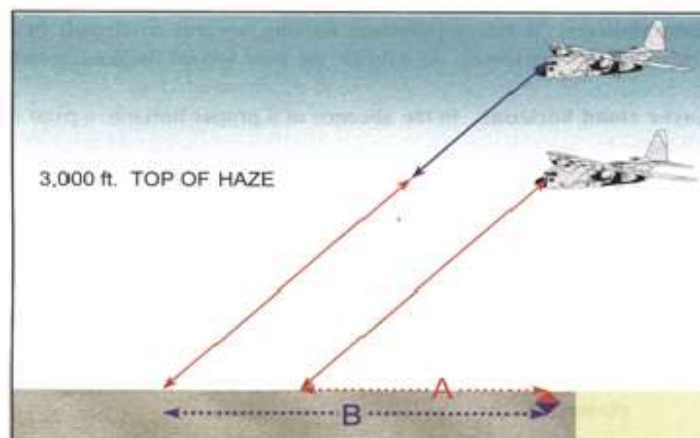
### Widzialność wewnątrz warstwy zmętnienia

Lot na większej wysokości wewnątrz warstwy zmętnienia wiąże się z pogorszeniem widzialności.



### Widzialność powyżej warstwy zmętnienia

Jeśli lecimy powyżej warstwy zmętnienia ze wzrostem wysokości widzialność zwiększa się.

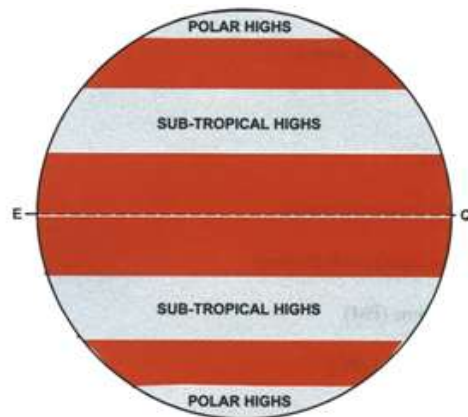


## 53. Masy powietrza

Opis i czynniki wpływające na właściwości mas powietrza

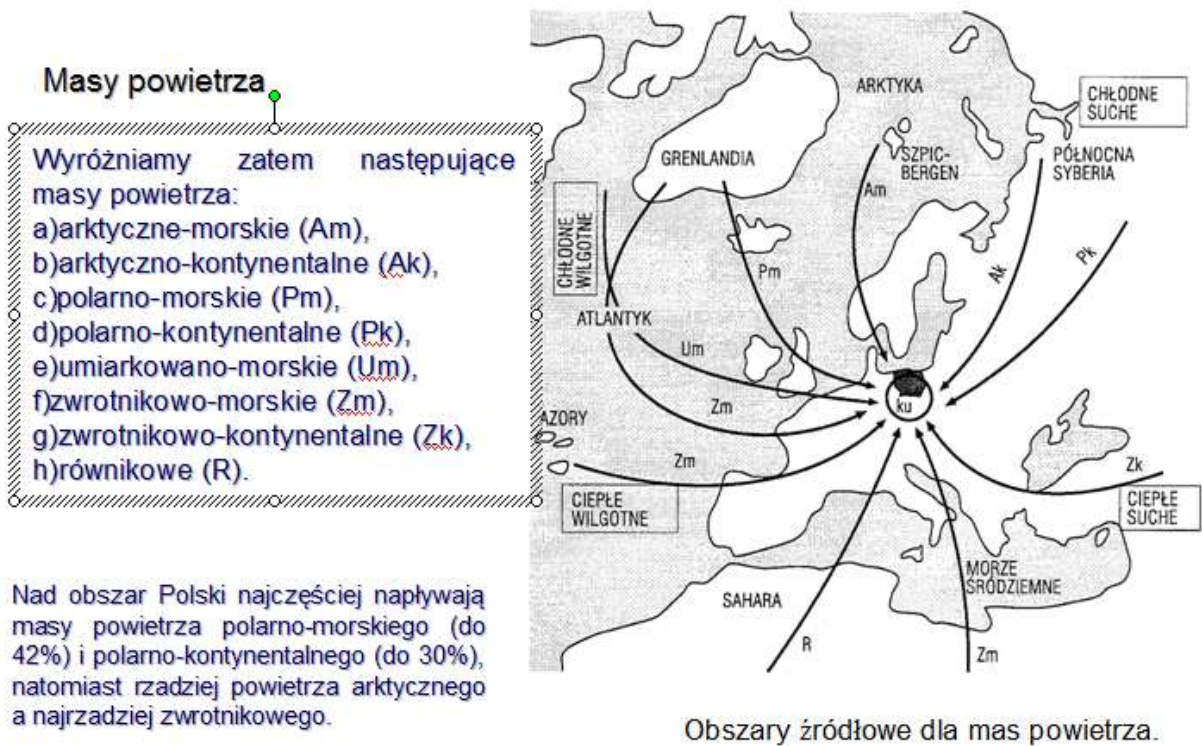
- **Masa powietrza** duży to obszar o stałej wilgotności i temperaturze w płaszczyźnie poziomej.
- Obszarami źródłowymi dla mas powietrza są rozległe ośrodki wyżowe, gdyż w wyżu, z uwagi na słabe poziome gradienty ciśnienia, masy powietrza zalegają przez dłuższy czas i dlatego nabierają właściwości charakterystycznych dla danego obszaru.

Obszary źródłowe dla mas powietrza.



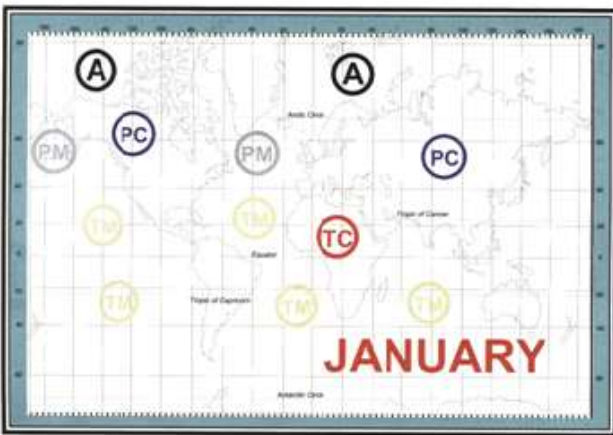
- Właściwości masy powietrza zmieniają się wraz z przemieszczaniem się jej nad obszarami o różnych charakterystykach.
- Masa powietrza przemieszczająca się nad obszar cieplejszy ogrzewa się w dolnej warstwie i staje się:
  - chwiejna,
  - cieplejsza,
  - mniej wilgotna.
- Masa powietrza przemieszczająca się nad obszar chłodniejszy staje się:
  - stabilna,
  - chłodniejsza w dolnej warstwie,
  - bardziej wilgotna.
- W zależności od położenia geograficznego i temperatury masy powietrza dzielimy na:
  - powietrze arktyczne (A),
  - powietrze polarne (P),

- powietrze zwrotnikowe (Z),
  - powietrze równikowe
- W zależności od podłoża kształtowania się mas wyróżniamy jeszcze powietrze:
    - morskie (m),
    - kontynentalne (k),
    - umiarkowane (u) jako mieszanina powietrza polarnego i zwrotnikowego.



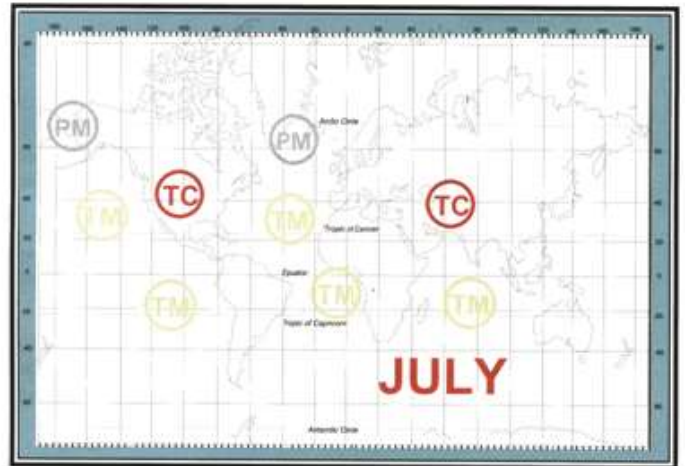
### 53. Masy powietrza

Zmiany właściwości mas powietrza w czasie ich przemieszczania się



Obszary źródłowe dla mas powietrza w styczniu.

Obszary źródłowe dla mas powietrza w lipcu.



**1. Powietrze zwrotnikowo-morskie** powstaje nad Azorami i akwenem morza śródziemnego, dociera do Polski po północnych peryferiach Wyżu Azorskiego sięgającego klinem nad obszar Europy Centralnej lub w ciepłych wycinkach cyklonów za frontem ciepłym.

- **Zimą** masa ta napływa nad wychłodzone podłoże, do wys. 1000-1500m tworzą się liczne inwersje. Posiada wybitnie stałą równowagę. Charakteryzuje ją zupełny bark przebiegu dobowego elementów

meteorologicznych. Zachmurzenie jest zazwyczaj całkowite przez chmury St o podstawach 100-200 m, górna granica 500-1200 m. Pojawia się opad mżawki lub deszczu z mżawką. Widzialności słabe, rzadko powyżej 4 km, ograniczone przez zamglenia, mgły adwekcyjne, opady mżawki często poniżej 1 km. Wiatr jest zazwyczaj laminarny, słaby. Temperatury rzędu 5-10OC, niezwykle małe amplitudy dobowe wynoszące zaledwie 1-2OC.

- **Latem PZm** charakteryzuje się dużą wilgotnością, napływa nad kontynent nieco się uchwijnia, przyjmując w dzień równowagę chwiejną a w nocy stałą. Nocą pojawiają się chmury St, Sc o podstawach 300-500 m, zaś w ciągu dnia rozwijają się chmury kłębiaste Cu, Cb o podstawach 600-1000 m dające opady i burze przelotne. Nocą z chmur warstwowych może padać mżawka. Widzialności przy opadach mżawki w nocy poniżej 4 km, przy roz pogodzeniach mogą pojawić się mgły. W ciągu dnia widzialności rzędu 8-10 km, ograniczone zamgleniem i zmętnieniem. Wiatr w nocy jest laminarny, w ciągu dnia porywisty. Temperatura maksymalnie 26-28OC, minimalnie 14-16OC. Amplituda dobowa, wobec tego wynosi około 12OC.

## 2. Powietrze zwrotnikowo-kontynentalne.

- **Zimą** bardzo rzadko dociera do Polski, najczęściej z Afryki przez Włochy i Jugosławię, posiada równowagę stałą, bardzo szybko ulega transformacji na powietrze Pk. Podczas napływu tej masy powietrza występuje zachmurzenie niewielkie w postaci ławic Sc o podstawach ok. 1000 m lub ławic Ac. Opadów nie notuje się, widzialności są ograniczone zamgleniem (VV=4-8 km). Wiatr laminarny, średnia dobowa temperatura ok. 10OC.
- Powietrze Zk **latem** napływa do Polski z Azji Mniejszej, południowej Ukrainy lub Bałkanów, charakteryzuje się równowagą stałą i jest bardzo suchym powietrzem o wilgotności nie przekraczającej 30%. Zachmurzenie przy napływie tej masy jest bardzo małe lub go brak, widzialności 4-8 km, występują silne zmętnienia i zapylenia powietrza. W powietrzu Zk temperatury maksymalne przekraczają 30OC, minimalne osiągają wartość około 14OC, zatem amplitudy dobowe są rzędu 16OC.

## 3. Powietrze polarno-morskie.

- **Zimą** napływa z północnego-zachodu, zachodu lub południowego-zachodu. Jego obszar źródłowy znajduje się nad Atlantykiem, jest to więc powietrze o znacznej wilgotności na ogół powyżej 80%. Zimą, napływając nad wychłodzony kontynent europejski, przyjmuje równowagę stałą, masa ta

przynosi zawsze odwilże, pogodę pochmurną, niskie chmury St; przy silnych wiatrach, turbulencja przeobraża je w Sc. Podstawy chmur znajdują się nisko 100-300 m, chmury te dają mżawki, mżawki z deszczem lub śniegu ziarnistego. Widzialności przy mżawce poniżej 1 km. Wiatr jest raczej laminarny, czasami przy dużym gradiencie barycznym dość silny. Temperatura, przy napływie tych mas powietrza do Polski, ma następujący rozkład: na zachód kraju ok. 6OC, na wschód ok. 0OC. Amplituda dobową temperatury powietrza nie przekracza 3-6OC.

- **Latem** tworzy się w wyniku transformacji z powietrza arktyczno-morskiego, podczas wtargnięcia tej masy do umiarkowanych szerokości geograficznych. Do Polski masa ta przychodzi po północnych peryferiach antycyklonu, ewentualnie w tylnych częściach cyklonu za polarnym frontem chłodnym. Masa posiada równowagę chwiejną. Powietrze Pm cechuje się typowym zachmurzeniem jak dla chwiejnej wilgotnej masy powietrza, nocą jest bezchmurnie, w dzień następuje intensywny rozwój chmur kłębiastych, dających 5-7/8 zachmurzenia o podstawach 600-1000 m. W godzinach popołudniowych pojawiają się liczne opady przelotne deszczu i burze. Wieczorem chmury Cu, Cb rozmywają się przechodząc w stadium Sc, Ac, po czym po zachodzie Słońca znikają. Powietrze Pm posiada bardzo dobre widzialności rzędu 10-20 km i więcej, po wieczornych opadach nad ranem pojawiają się liczne mgły radiacyjne, znikające 1-2 godziny po wschodzie słońca. Wiatr za dnia nasila się i staje się porywisty, nocą słabnie do ciszy. Temperatury w tej masie powietrza osiągają max. wartości 20-40 OC, minimalnie około 8 OC. Amplitudy dobowe znaczące, dochodzące do 16 OC

#### 4. Powietrze polarno-kontynentalne.

- **Zimą** napływa z kierunku wschodniego, po peryferiach wyżu z centrum nad Białorusią lub Litwą. Jest to masa bardzo wychłodzona o równowadze stałej. Często przy napływie tej masy powietrza pogoda jest bezchmurna, czasem tworzą się ławice Sc dające słabe opady śniegu z przerwami. Widzialności początkowo bardzo dobre, w miarę starzenia się masy powietrza ulegają pogorszeniu, wówczas nocą mogą występować silne zamglenia i mgły. Temperatura w dzień ok. -5 do -30OC. Amplitudy rzędu 20 OC.
- Powietrze Pk **latem** wędruje nad Polskę ze wschodu, z nad kontynentalnej Rosji. Formuje się w antycyklonach stacjonarnych. Masa ta nocą cechuje się równowagą stałą, w dzień chwiejną. Charakteryzuje się małą wilgotnością 30-50%. Przy napływie tych mas powietrza z reguły jest bezchmurnie, rzadko mogą występować chmury Cu con lub Cb o podstawach 1500-2000 m; kiedy jednak występują chmury Cb, to po południu mogą one dać słabe opady przelotne deszczu oraz tzw. „suche burze” (bez opadu). Masa ta posiada dobre widzialności 8-12 km przy lekkim zmętnieniu, po opadach nad ranem możliwe są przyziemne mgły radiacyjne. Wiatr w dzień jest porywisty, na noc uspokaja się aż do ciszy. Kiedy Polska jest pod wpływem powietrza Pk, latem pojawiają się bardzo duże amplitudy dobowe temperatury osiągające wartość nawet 18OC. Temperatura maksymalna ok. 30OC, minimalna 10-12 OC.

#### 5. Powietrze arktyczno-morskie.

- **Zimą** dociera w tylnych częściach cyklonów z kierunków północno-zachodnich. Jest stałą masą, napływając nad ląd jej stałość rośnie. Masa ta daje zachmurzenie całkowite (8/8) przez chmury St i Sc, mogą występować w niej słabe opady deszczu ze śniegiem, marznącej mżawki. Widzialność w dzień 10-15 km, w nocy 4-8 km, zamglenia. Wiatr z reguły laminarny, słaby; w dzień silny i porywisty.

Temperatura maksymalna 2-3OC na zachodzie kraju, (-2) do (-3)OC na wschodzie. Nocą od (-6) do (-10) OC. Amplituda 4-6OC. W dzień przy silnych wiatrach mogą tworzyć się linie szkwałowe z opadami przelotnymi śniegu, zwłaszcza wczesną wiosną – wówczas przy tych opadach widzialności mogą spadać do zera.

- o Powietrze Am **latem** przychodzi w tylnych częściach cyklonów, jest masą chłodną o równowadze chwiejnej. Powietrze to posiada stosunkowo małą wilgotność, dlatego też w powietrzu rzadko występują burze. Noce są zwykle bezchmurne, w dzień rozwijają się chmury kłębiaste o podstawach 600-1000 m, czasami pojawiają się Cb. W przypadku, gdy w tyle cyklonu rozwija się klin wysokiego ciśnienia z inwersją osiadania, rozwój chmur kłębiastych jest ograniczony do Cu hum lub Sc. Kiedy pojawia się Cb mogą występować też opady przelotne deszczu, krupy śnieżnej. Widzialności w tej masie są bardzo dobre, wręcz nieograniczone, powyżej 30 km. Wiatr jest słaby, w nocy cisza, w ciągu dnia porywisty zwykle z północnego-zachodu i północy. Temperatury maksymalnie ok. 20OC, minimalne 4-6OC, amplitudy ok. 16OC

## 6. Powietrze arktyczno-kontynentalne.

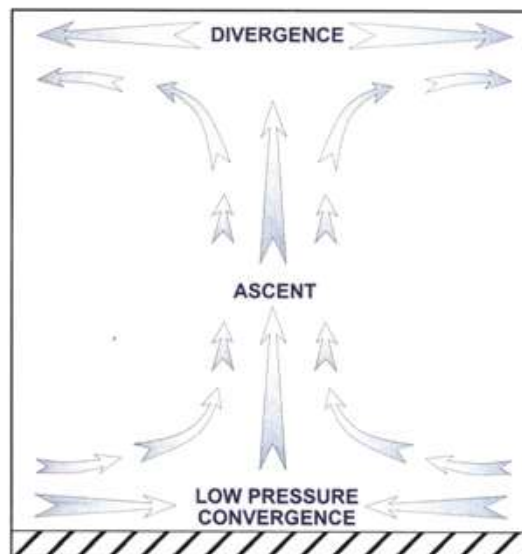
- Powietrze Ak **zimą** wędruje do Polski dwoma trasami:
  - I. Z kierunku północno-wschodniego – w tylnej części cyklonu za arktycznym frontem chłodnym; powietrze Ak wówczas przynosi równowagę stałą i zachmurzenie duże, chmury Sc, opady śniegu jednostajnego lub o charakterze przelotnym, nocą rozpogodzenia. Widzialności w tej masie są bardzo dobre 20-30 km – poza opadami. Wiatr północny, północno-wschodni laminarny, w dzień dość silny. Temperatura średnia (-15) do (-20) OC. Amplitudy dobowe 3-4OC.
  - I. Z kierunku wschodniego – w tym przypadku powietrze kontynentalne dociera po peryferiach antycyklonu, którego centrum zalega nad Litwą. Taki napływ przynosi pogodę bezchmurną, brak opadów, widzialności bardzo dobre. Wiatr laminarny, na peryferiach antycyklonu porywisty, może powodować zamiecie śnieżne. Temperatura średnia około (-20) OC.
- Powietrze Ak **latem** do Polski nie dociera.

## 53. Masy powietrza Tworzenie się wyży i niżów

- Mechanizmu tworzenia się niżu lub wyżu nie da się rozpatrywać oddzielnie, w atmosferze stanowi to jeden proces. Tworzeniu się niżu w nieodległej przestrzeni musi towarzyszyć powstanie wyżu 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

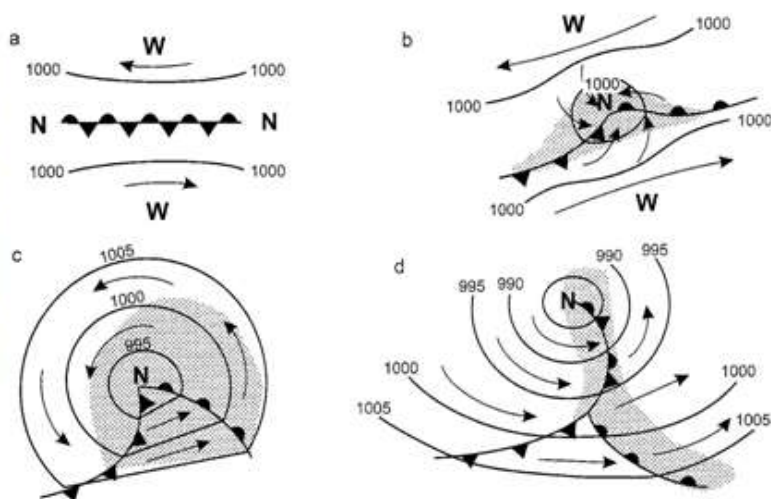
Jest to rejon obniżonego ciśnienia otoczony kilkoma zamkniętymi i koncentrycznymi izobarami otaczającymi jego centrum gdzie ciśnienie jest najniższe. Występują dwa typy niżów: termiczne i frontowe. Niż jest obszarem zbieżności i wznoszenia. Wiatr przyziemny wieje przeciwnie do ruchu wskazówek zegara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



- **Niefrontowe cyklony (nize)** 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.



**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

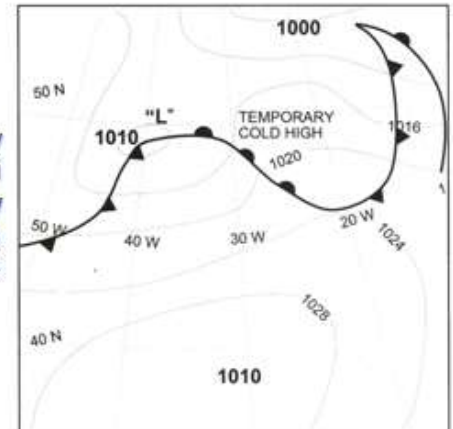
- W **przedniej części** niżu zalega front ciepły i on określa typ pogody w tym fragmencie układu barycznego.
- **Tylna część** niżu to front chłodny, pogoda za tym frontem zależy od charakteru napływających mas powietrza. Tak zimą, jak i latem, kiedy w tylnej części niżu obserwowany jest silny wzrost 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

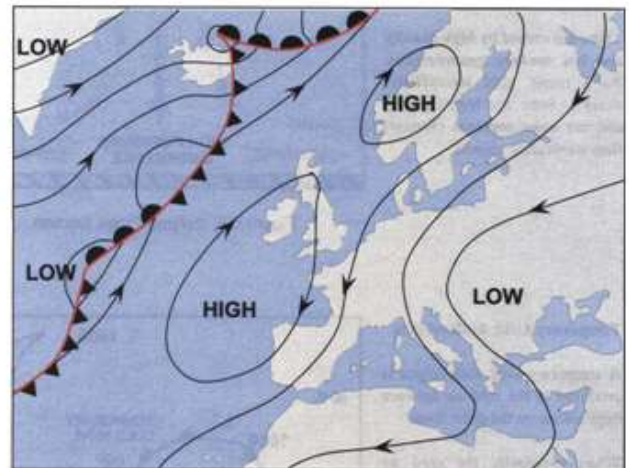
### Pogoda związana z układami barycznymi

#### 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.

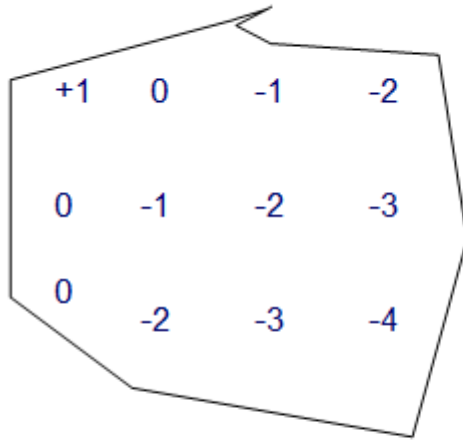


## Masy powietrza – Pogoda w antycyklonach

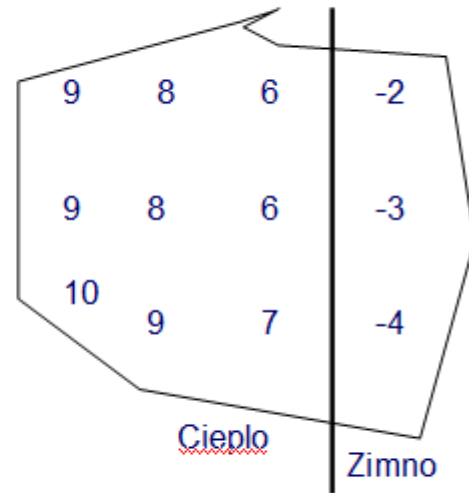
- W **chłodnej** porze roku wyże mogą być mroźne i bardzo pogodne lub dosyć ciepłe i pochmurne. Pierwszy typ pogody związany jest z silnymi wyżami, objętymi osiadającymi masami powietrza. Adyabatyczne ogrzewanie opadających mas powoduje spadek wilgotności i zanik zachmurzenia. Zimą taki model pogody 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 **cieplej** 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



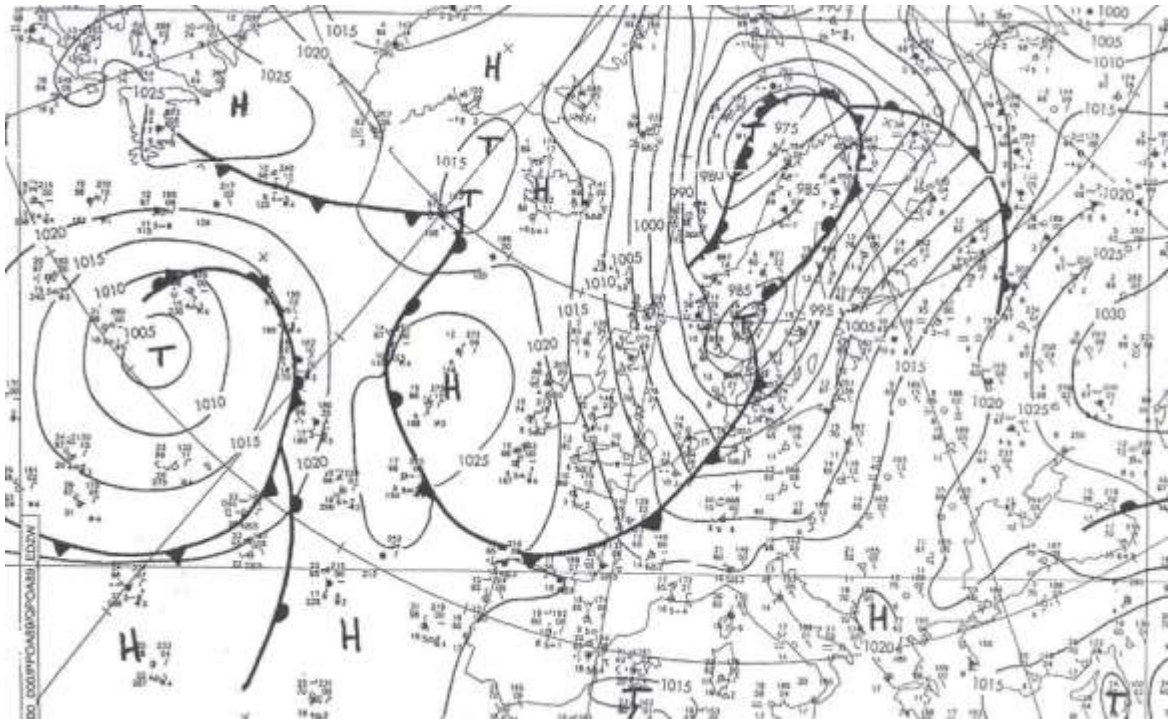
Frontu nie ma



**Front atmosferyczny**

Kąt nachylenia powierzchni frontowych wynosi około  $1^\circ$ .

- 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.



## Fronty ciepłe i zimne

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



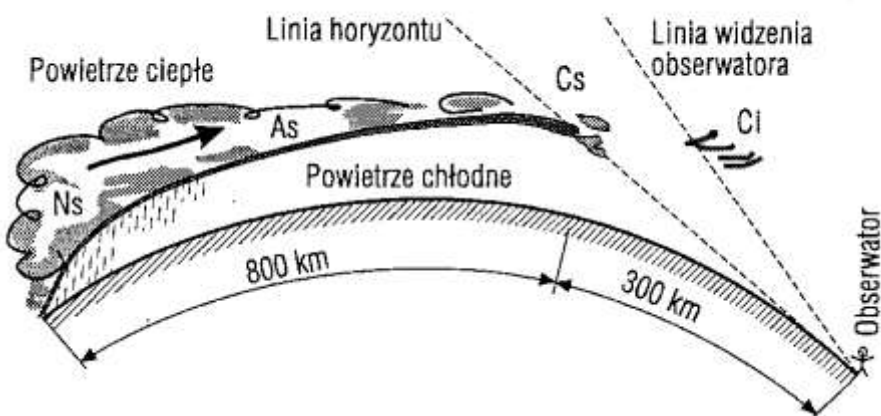
symbol frontu zimnego  
(lub linie w kolorze niebieskim)



symbol frontu ciepłego  
(lub linie w kolorze czerwonym)

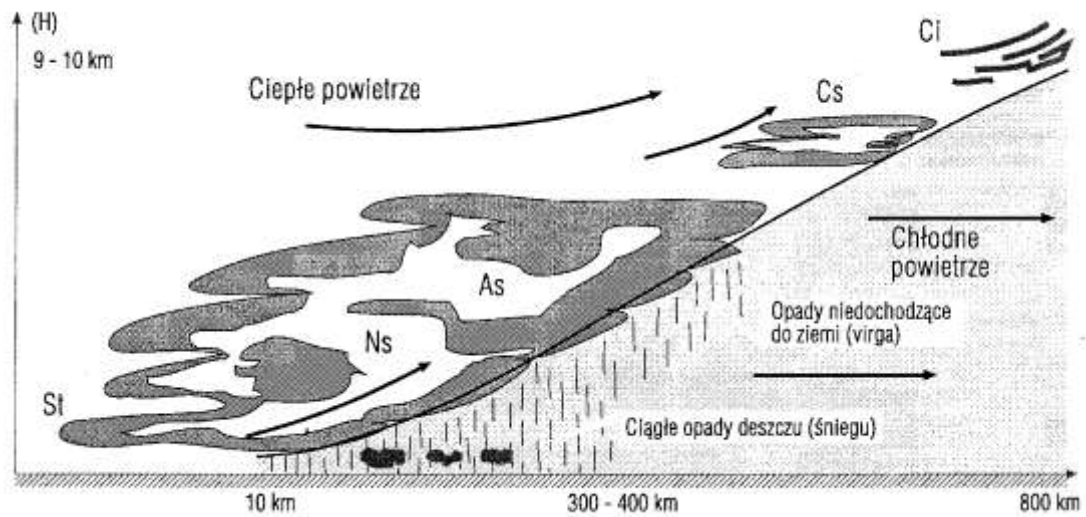
## 54. Fronty atmosferyczne Chmury i pogoda z nim związane

- Spokojny wślizg ciepłego powietrza po klinie powietrza chłodnego
- Składowa pionowa prędkości wślizgu jest niewielka – liczona w cm/sek
- $V_p \approx \text{cm/sek}$
- Rezultatem wślizgu jest powstanie chmur warstwowych.
- Strefa zachmurzenia sięga do 8-9 km wysokości.
- Długość frontu do 1000 km, szerokość 600-800 km.
- Najwyższe chmury (Ci) będące zwiastunem frontu ciepłego pojawiają się około 1000 km przed linią frontu, strefa opadów 300 km przed frontem.



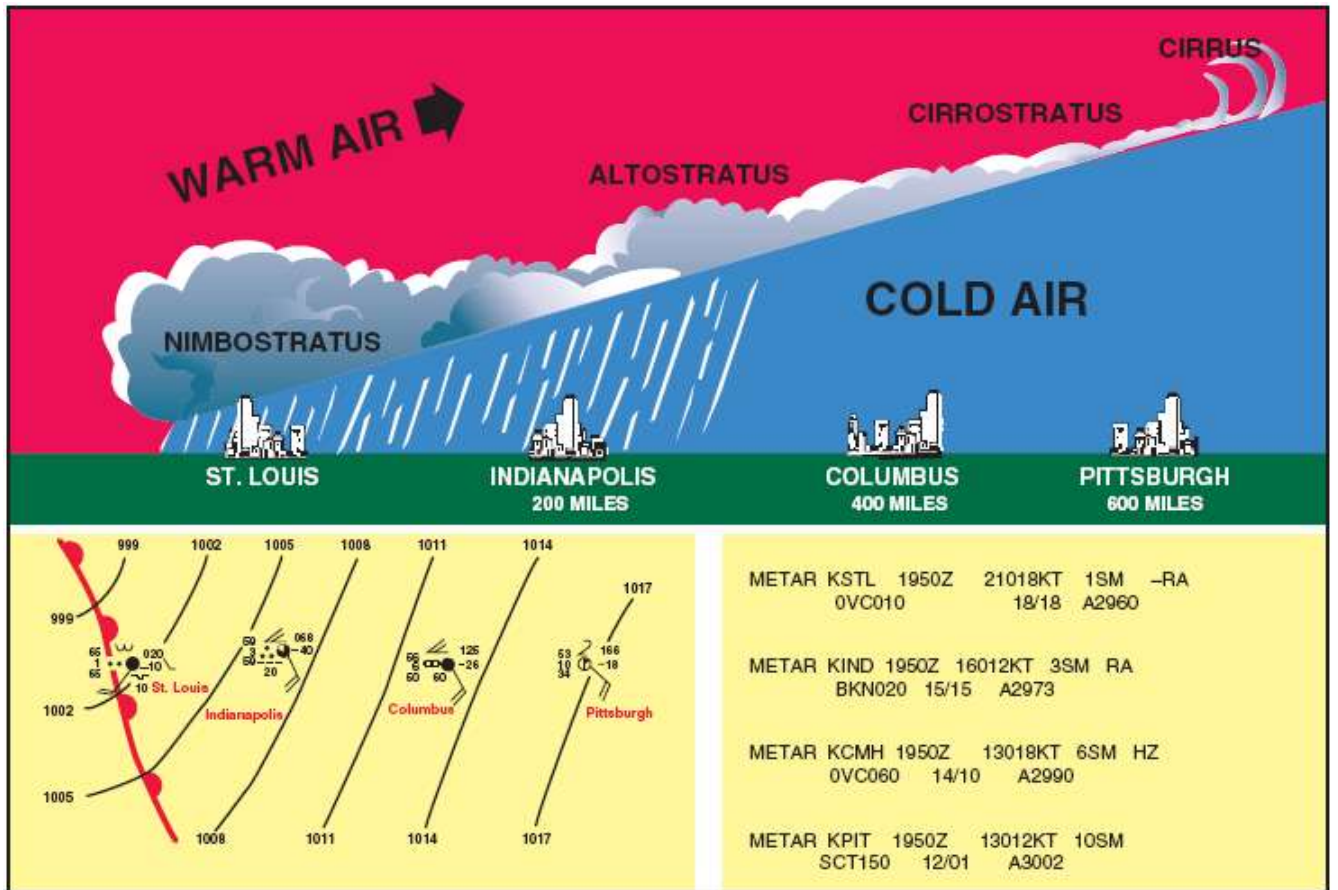
- Prędkość pozioma frontu ciepłego ok. 30–40 km/h, przejście trwa przeciętnie 26 godzin
- Strefa opadów ok. 10-12 godzin, może jednak trwać nawet do 3 dni

- 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

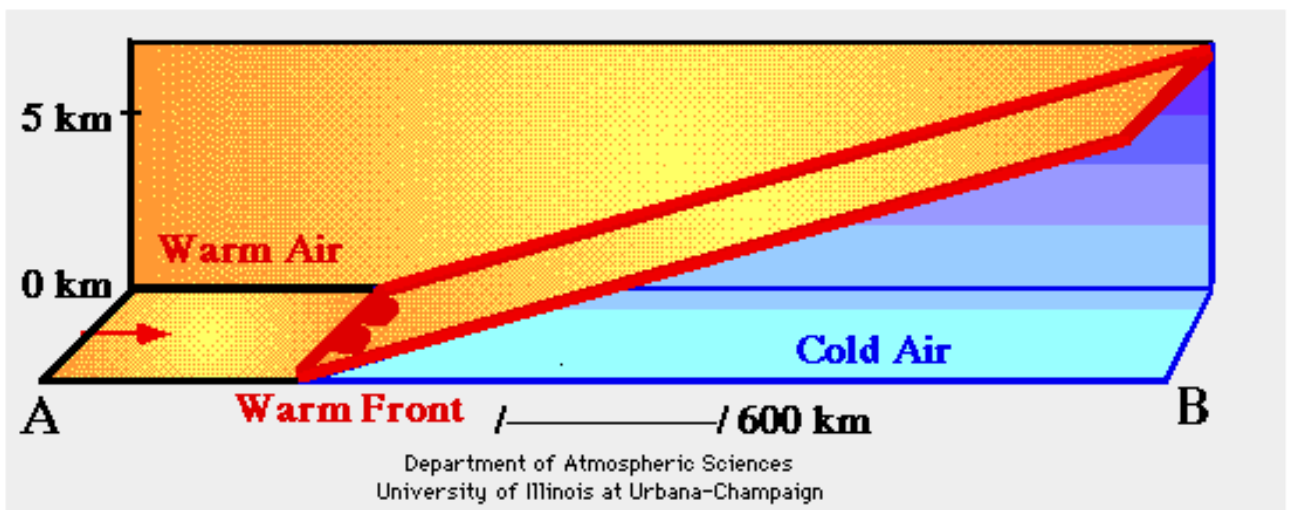


*Uwaga: Cu i Sc nie należą do chmur frontu ciepłego.  
Są to jedynie chmury zwiastujące front ciepły.*

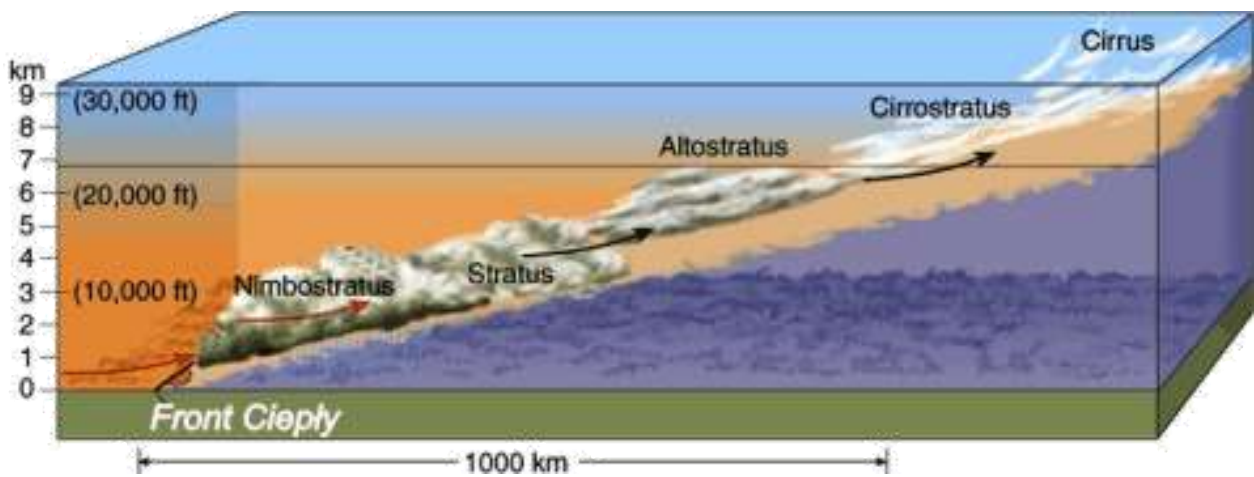
### Front ciepły w komunikatach



Front ciepły







Front ciepły – charakterystyczna pogoda

Zmiany pogody podczas przemieszczania się frontu ciepłego (wg Schmidta, 1975, zmienione)

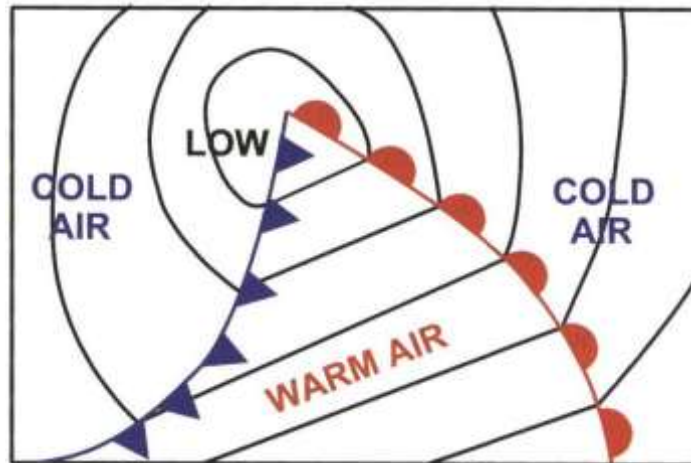
Element meteorologiczny	Przed frontem	Podczas przechodzenia frontu	Po przejściu frontu
Ciśnienie	Równomierny spadek	Bez zmian	Niewielkie wahania lub słaby spadek
Wiatr	Nasila się	Skreca w prawo i czasami wzmacnia się	Kierunek nie zmienia się
Temperatura	Nie zmienia się lub nieco rośnie	Rośnie stopniowo	Wyraźny wzrost
Zachmurzenie	<i>Ci, Cs, As, Ns, St fra</i>	Chmury <i>Ns, St fra</i>	<i>St</i> lub <i>Sc</i>
Widzialność	Poza strefą deszczu dobra	Słaba	Zwykle zła, mogą występować mgły
Zjawiska	Opad ciągły deszczu lub śniegu	Mgły, deszcz, mżawka	Opad ustaje lub pada mżawka, słaby deszcz, zimą śnieg

## 54. Fronty atmosferyczne

### Pogoda w cieplejszej masie powietrza

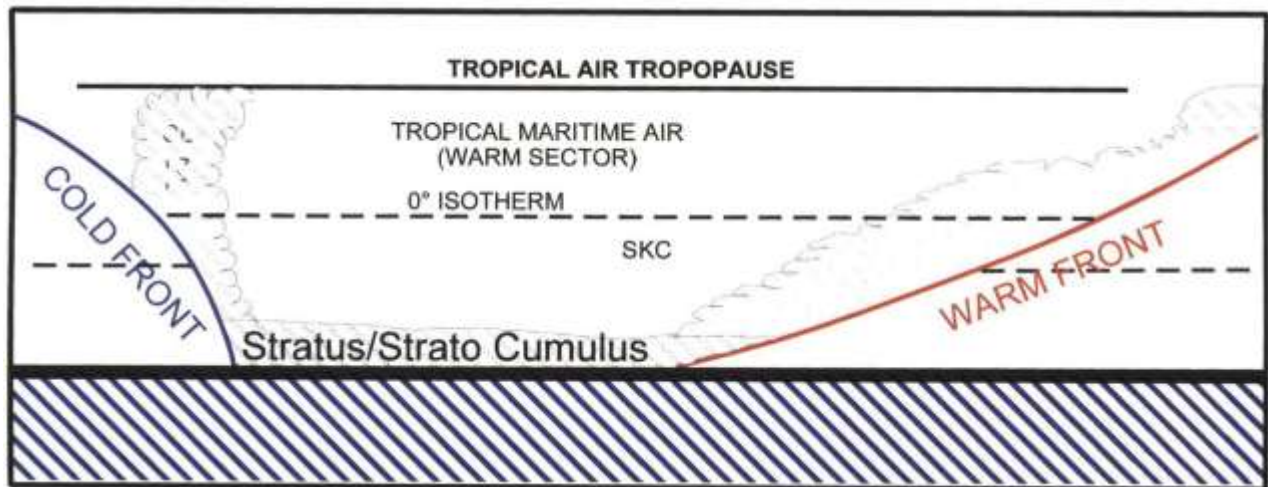
Pogoda w ciepłym wycinku cyklonu

- 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.

Pogoda w ciepłym wycinku cyklonu:

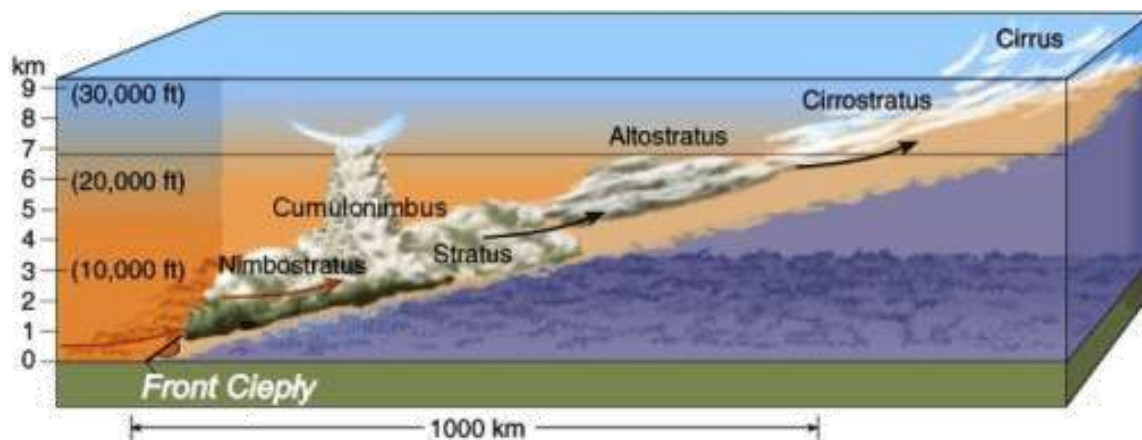
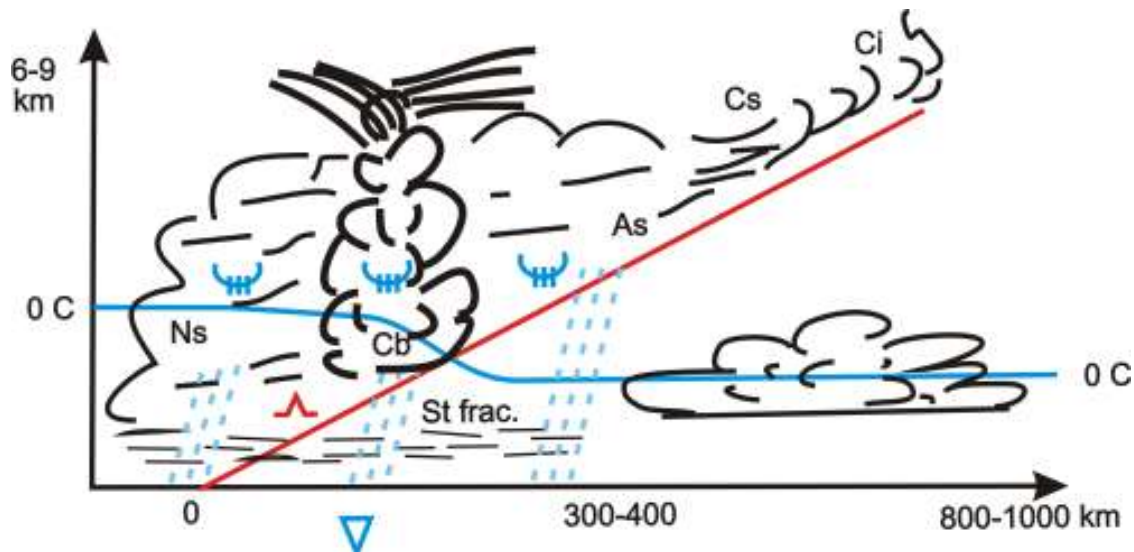


- **Zimą** ciepły sektor cyklonu objęty jest całkowitym zachmurzeniem warstwowym (St), często z opadami mżawki. Masa powietrza wykazuje stałą równowagę, co prowadzi do licznych mgieł adwekcyjnych. Bardzo rzadko, zimą, na linii brzegowej oceanu, powietrze w ciepłym sektorze może być chwiejne. Stąd w tych rejonach możemy w ciepłym wycinku nie spotkać całkowitego zachmurzenia. Mogą również pojawić się chmury o charakterze kłębiastym. Dotyczy to tylko brzegowych części kontynentów.

## 54. Fronty atmosferyczne

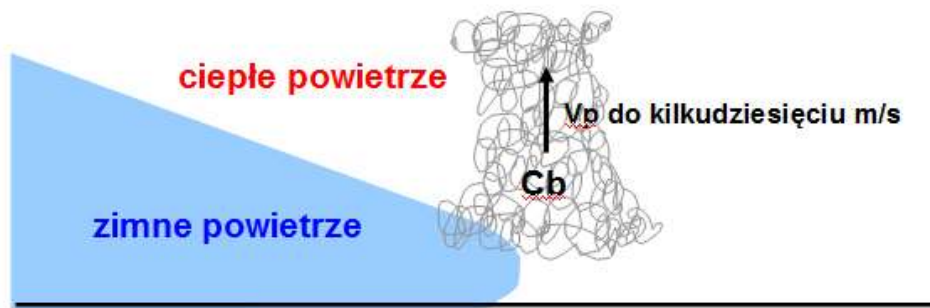
### Rozwój frontu chłodnego

## Fronty atmosferyczne 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.

**Front chłodny – ciepłe powietrze wyrzucane do góry**

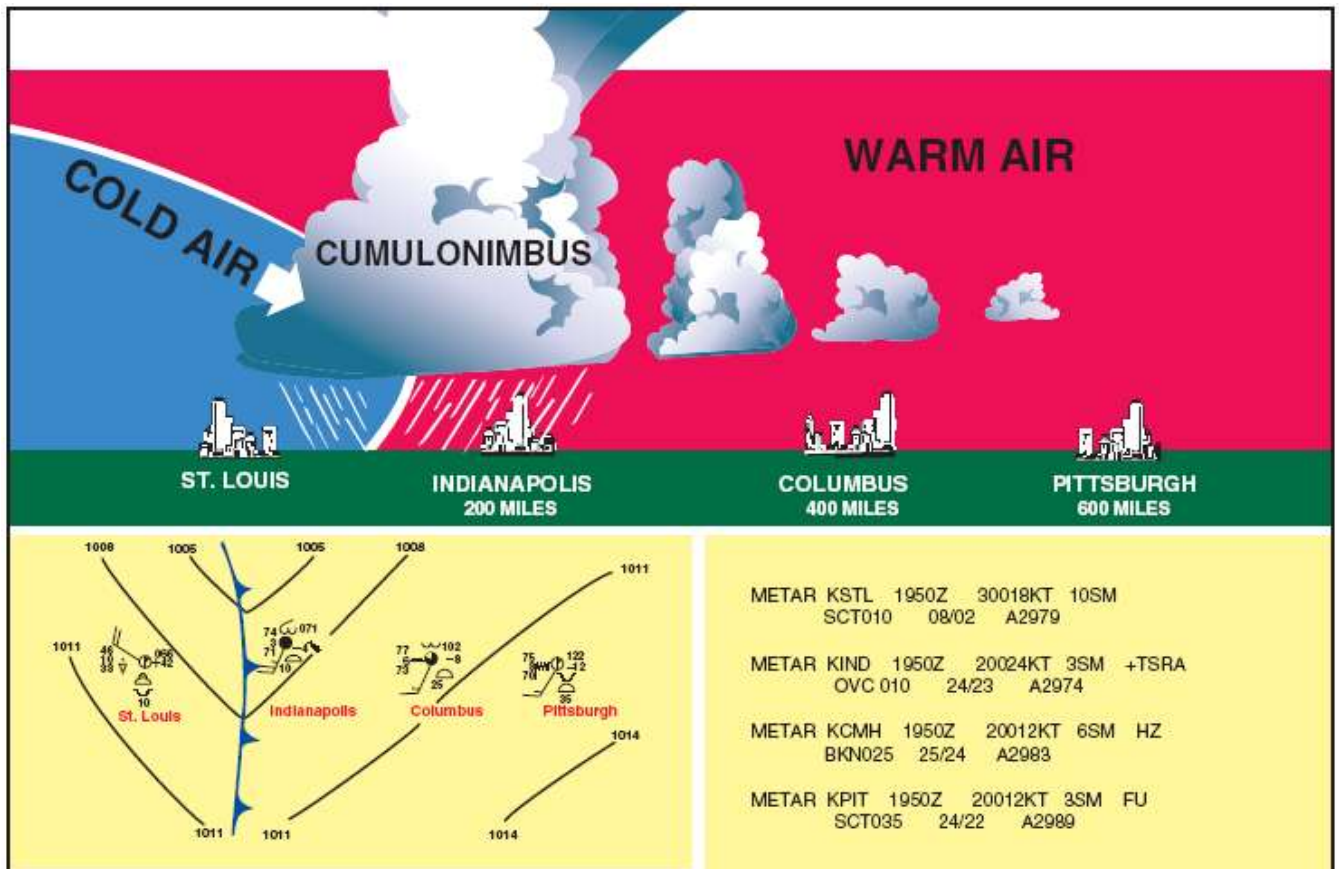


$V_z \gg V_x$   
dużo szybszy  
niż front ciepły



Dwa rodzaje:  
I – opóźniony,  
II – szybki.

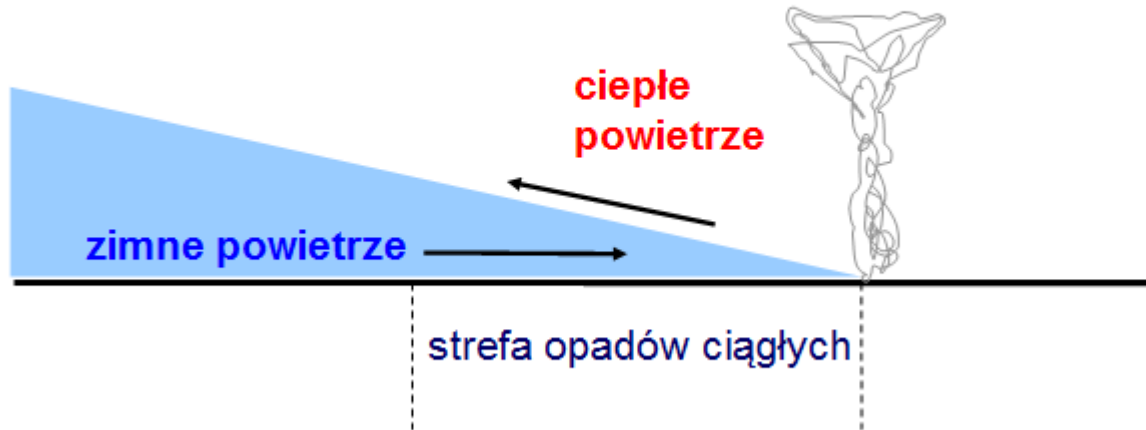
Front chłodny



## 54. Fronty atmosferyczne

### Chmury i pogoda związana z frontem chłodnym

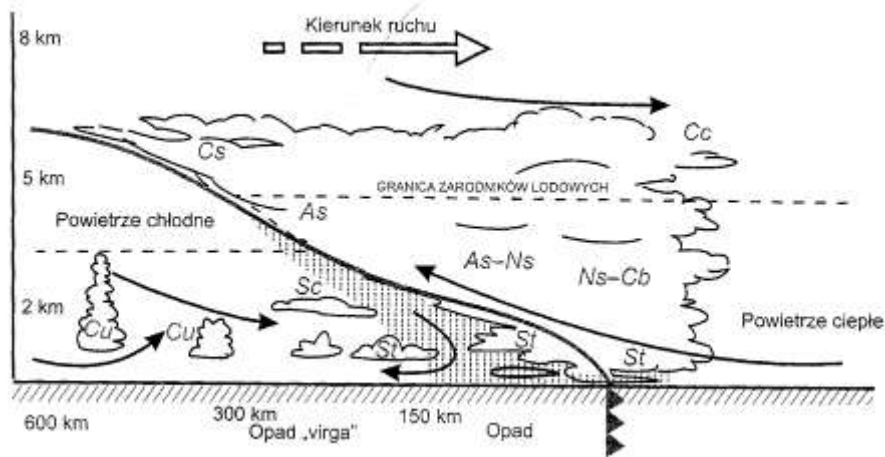
#### Front chłodny opóźniony (I-go rodzaju)



#### 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 wólcg 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.

#### Front chłodny opóźniony (I-go rodzaju)



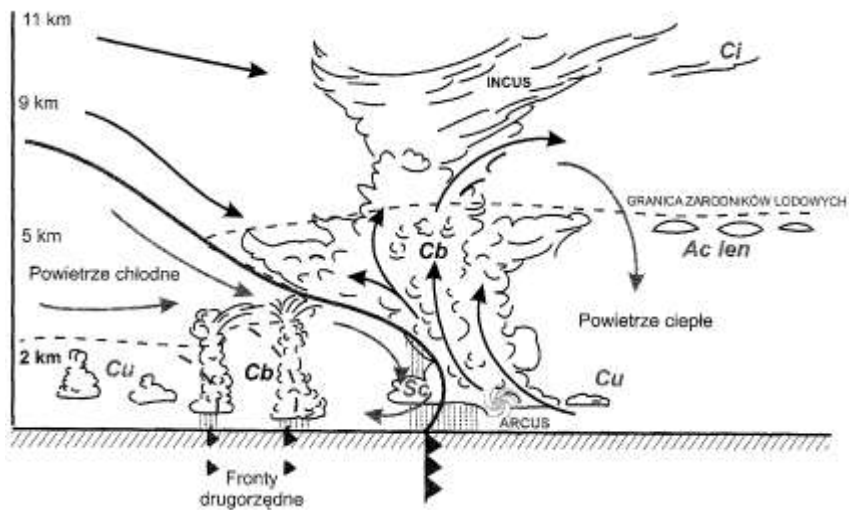
### Front chłodny II-go rodzaju (szybki)

- 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.

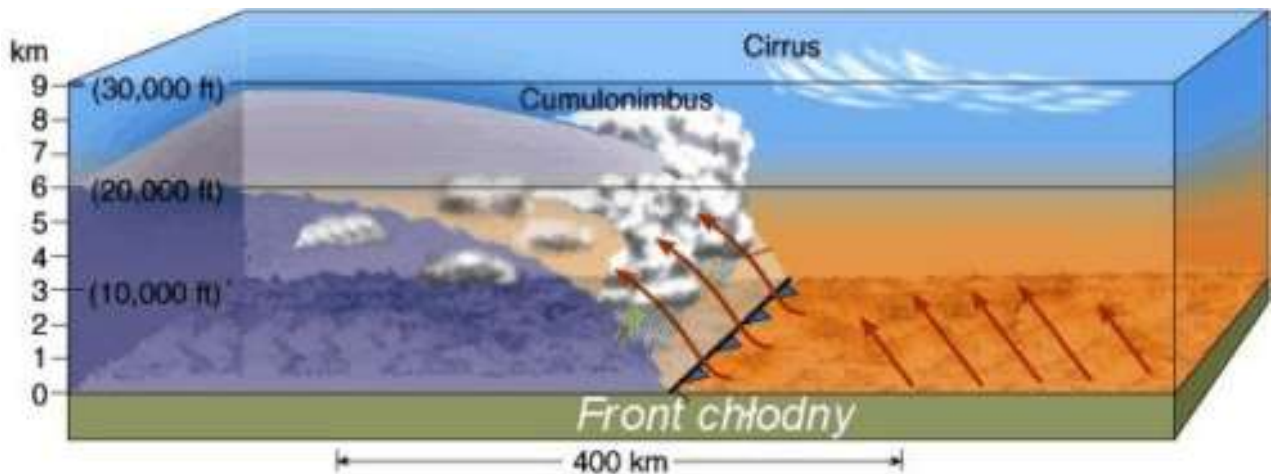
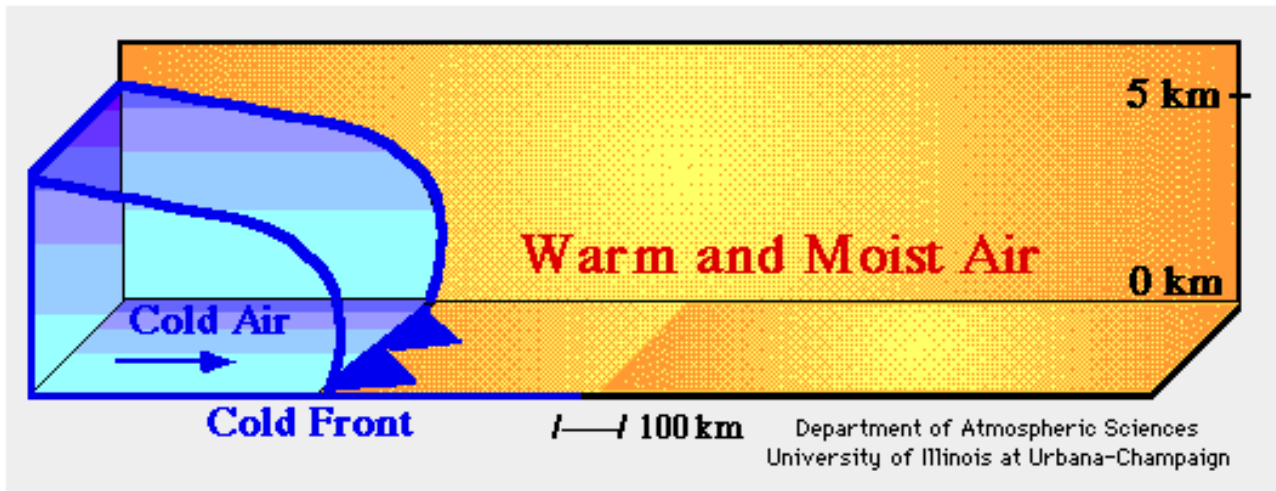
## Charakterystyka

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



## Front chłodny



Zmiany pogody podczas przemieszczania się frontu chłodnego (wg Schmidta, 1975, zmienione)

Element meteorologiczny	Przed frontem	Podczas przechodzenia frontu	Po przejściu frontu
Ciśnienie	Spada	Szybko rośnie	Rośnie stopniowo
Wiatr	Wzmaga się, kręci czasami w lewo, często porywisty	Nagle skręca w prawo, silny, porywy i szkwały	Silny i porywisty
Temperatura	Spada w strefie opadów	Gwałtownie obniża się	Stopniowo obniża się
Zachmurzenie	<i>Ac</i> lub <i>As</i> oraz <i>Cb</i>	<i>Cb</i> z <i>St fra</i> w chłodnej porze roku układ <i>Cb-Ns</i>	Podstawy chmur podnoszą się szybko, występuje <i>Ac, As, Cu, Cb</i>
Widzialność	Dobra, przy opadach zła	Umiarkowana, lecz szybko poprawia się	Bardzo dobra poza opadami
Zjawiska	Czasami deszcz lub burza	Często silny deszcz i burze	Opady przelotne, częste przejaśnienia



## 54. Fronty atmosferyczne

### Okluzje

#### Front okluzji



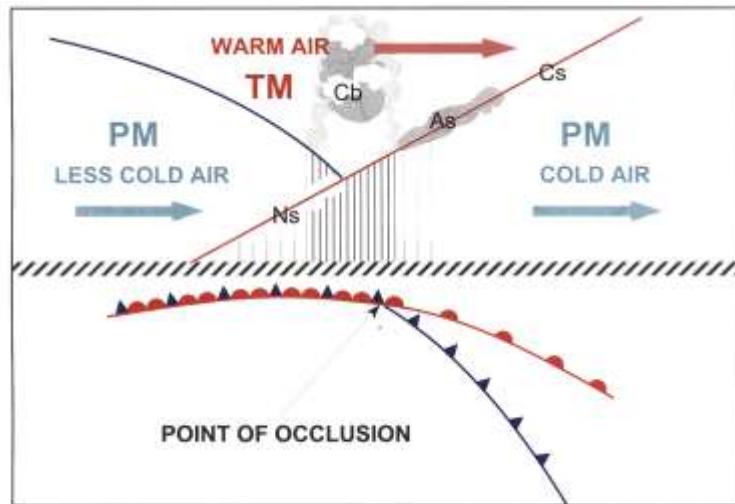
Na skutek różnicy w prędkościach przemieszczania się frontów dochodzi do zetknięcia się frontu chłodnego z ciepłym. Front zokludowany zmniejsza znacznie swoją prędkość.

#### Front okluzji – spotkanie 2 frontów

Powstaje połączenie frontu chłodnego z ciepłym.

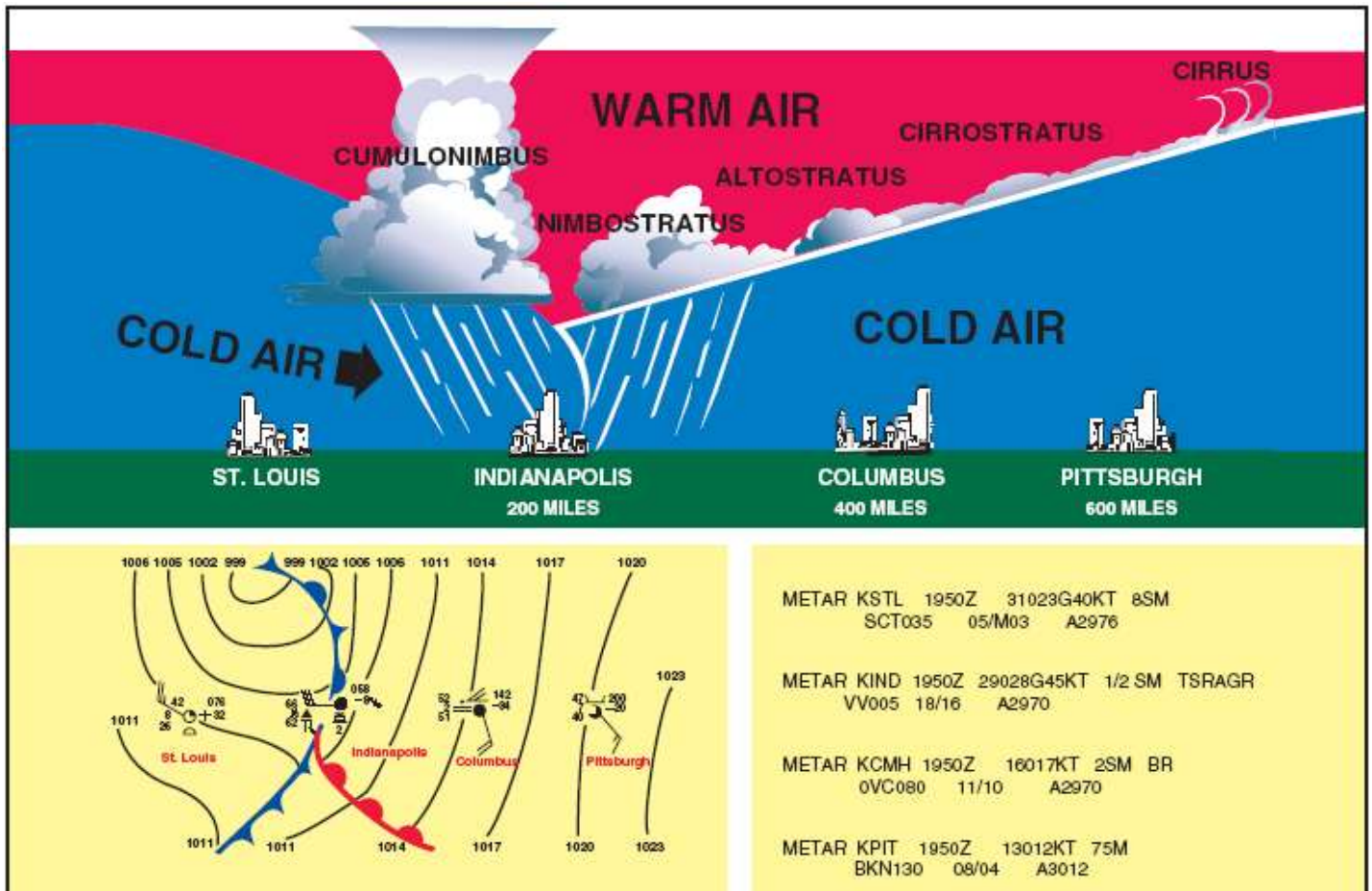
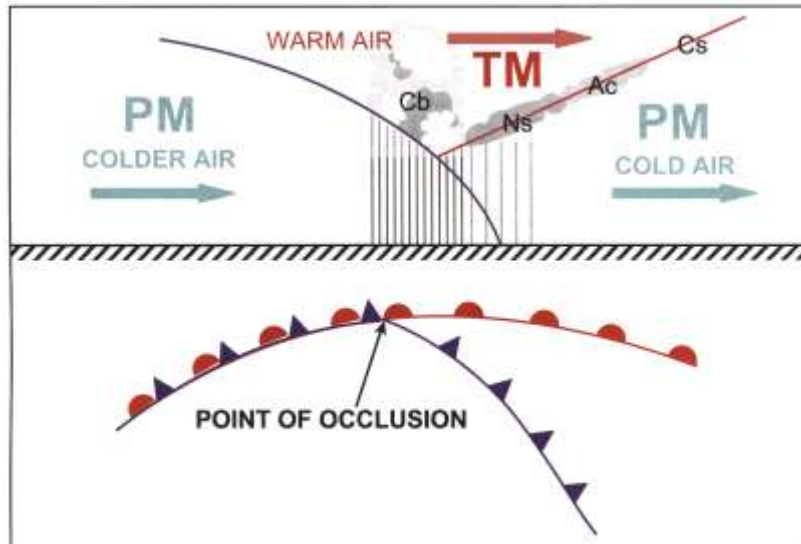
- Wynika z różnicy prędkości frontów
  - zimny szybszy od ciepłego
- Okluzja ciepła – podobna do frontu ciepłego.
- Różnica: na górnym froncie chłodnym wystąpią chmury Cb, a z nich opady przelotne i burze.
- Występuje gdy zimne powietrze frontu chłodnego jest cieplejsze niż chłodne powietrze przed frontem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

## Okluzja ciepła



## Okluzja chłodna

- 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 jest zimniejsze od chłodnego powietrza przed frontem ciepłym.
- Front górny postępuje za frontem dolnym o 40-60 km.
- Najczęściej podczas lata.



## **54. Fronty atmosferyczne**

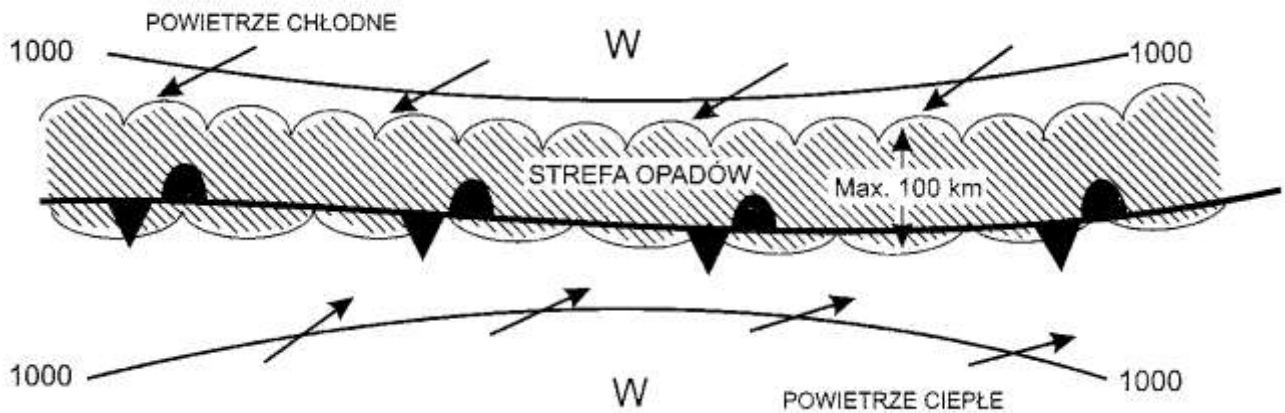
### Fronty stacjonarne

#### **Fronty stacjonarne**

- 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.

## **54. Fronty atmosferyczne**

### Chmury i pogoda związana z frontem stacjonarnym



- 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.

## 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.

oblodzenia:

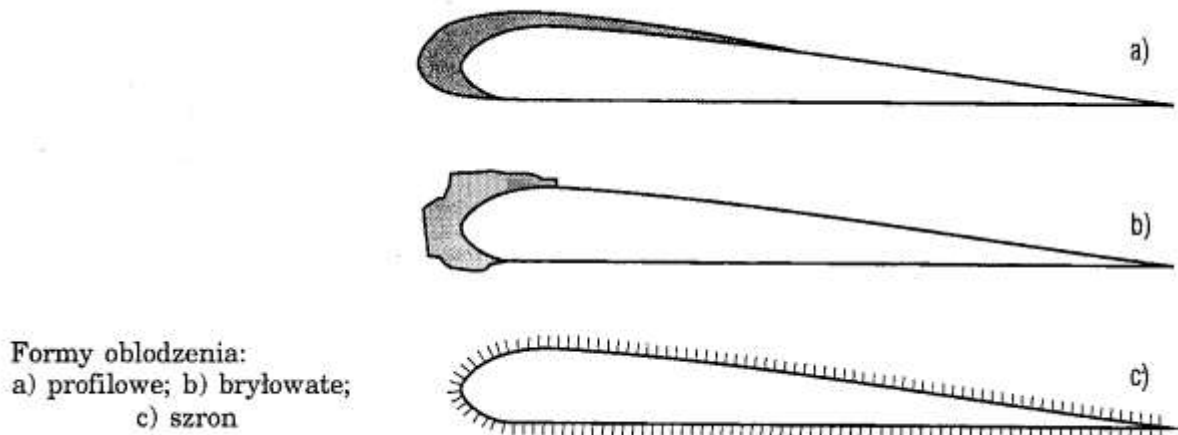
- woda w stanie ciekłym,
- temperatura powietrza poniżej 0 OC,
- temperatura płatowca poniżej 0 OC.

Warunki powstania

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

## Oblodzenie – rodzaje

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



- **Oblodzenie profilowe.** Jeśli duża przechłodzona kropelka ciecży uderzy w samolot, zacznie zamarzać a to wydzieli utajone ciepło krzepnięcia. Opóźnia to proces zamarzania powodując, że część kropelek będzie opływać płatowiec tworząc dużą powierzchnie zajęta 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 bryłowym.
- **Oblodzenie bryłowate.** Gdy przechłodzone kropelki ciecży lub krople zawieszony w chmurach są małe zamarzają od razu po uderzeniu w płatowiec. 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 powierza 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 -5°C do -7°C wszędzie tam gdzie istnieją drobne kropelki ciecży, w chmurach: Ns, As, Ac, St, Sc i w częściach chmur kłębiastych gdzie istnieją małe przechłodzone kropelki ciecży. 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 OOC poprzez warstwę inwersji.

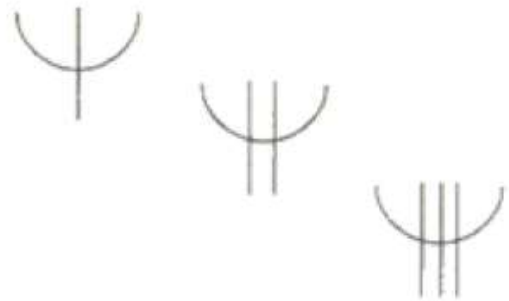
- Ten rodzaj oblodzenia nie jest zbyt intensywny ani groźny. Znika na skutek wlecenia w obszar o wyższej temperaturze (zniżanie) lub rozpędzenie samolotu (rozgrzanie na skutek tarcia, ogrzewania kinetycznego).

Ze względu na strukturę lodu wyróżniamy następujące jego rodzaje:

- **lód szklisty** – powstaje w chmurach o dużej wodności, w temperaturach od 0OC do -20OC 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 -10OC, 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

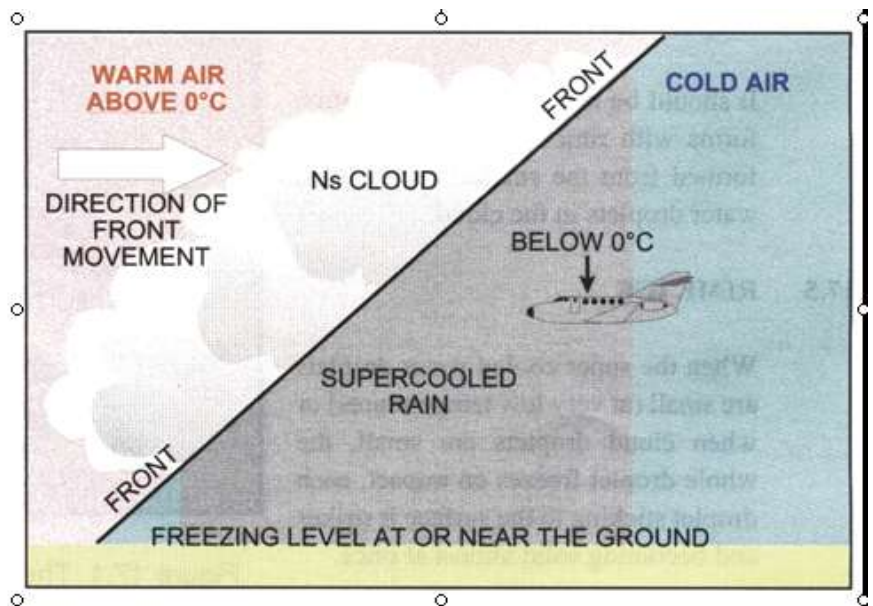
**Wpływ oblodzenia na osiągi samolotu**

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



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

Marznący 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.



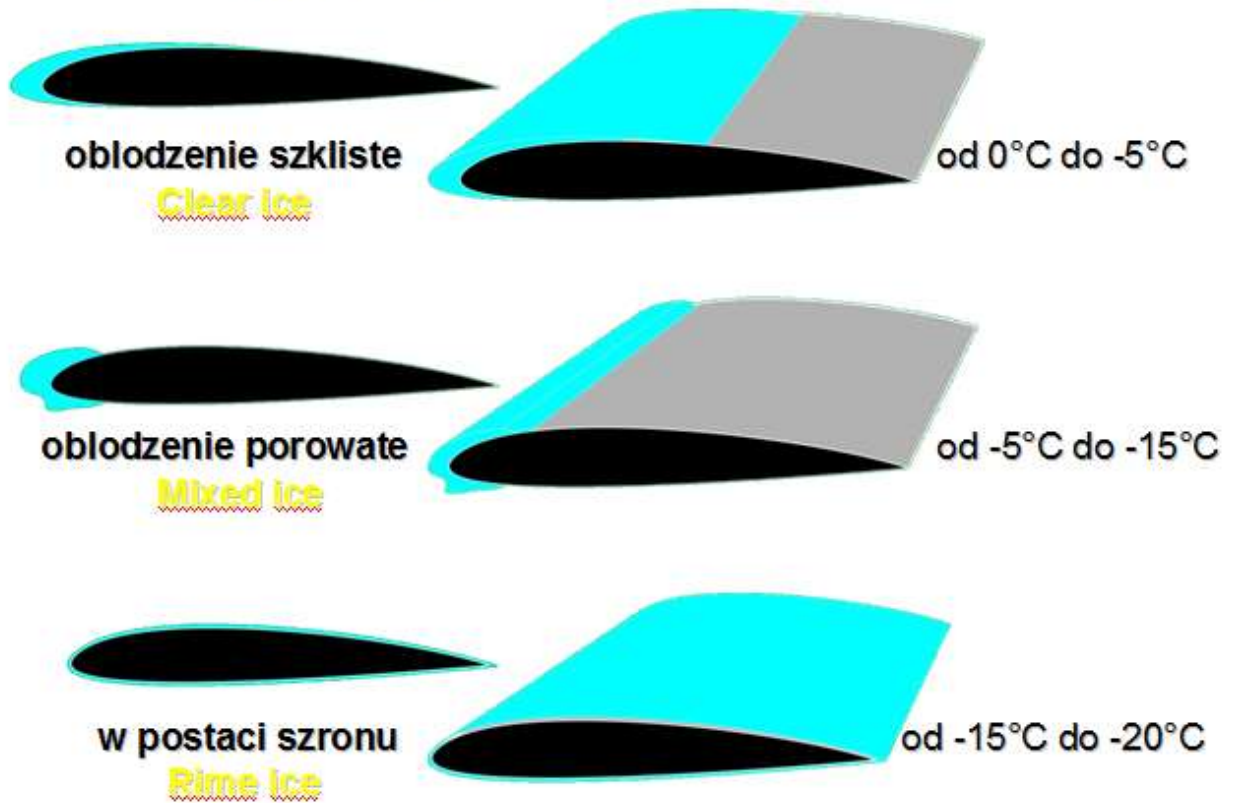
**Rozmiar przechłodzonych kropelek ciecży.** Zależy to od typu zachmurzenia i temperatury:

- **Umiarkowane/ silne oblodzenie profilowe** – duże przechłodzone kropelki ciecży występują w chmurach Cu, Cb, Ns wówczas gdy temperatura wynosi od 0OC do -20OC.
- **Lekkie/umiarkowane oblodzenie bryłowate** – małe przechłodzone kropelki ciecży występujące w chmurach warstwowych, temperatura od 0OC do -10OC.
- **Lekkie oblodzenie bryłowate** – w chmurach warstwowych przechłodzone krople są mniejsze poniżej -100 C.
- **Oblodzenie bryłowate** – w chmurach Cu, Cb i Ns mogą występować małe przechłodzone krople ale tylko w temperaturach od -20OC do -40OC.

Poniżej -40OC przechłodzone kropelki ciecży są bardzo małe i występujące oblodzenie jest pomijalnie małe.

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

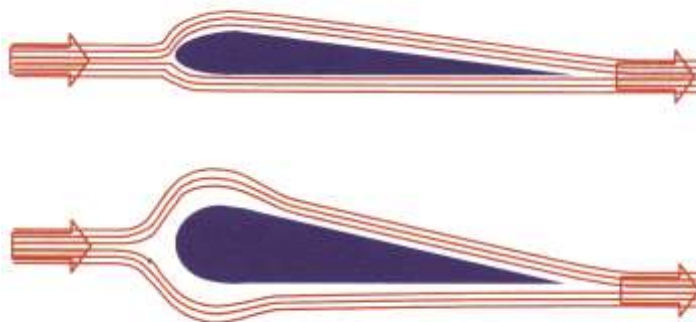
## Wpływ oblodzenie na osiągi samolotu



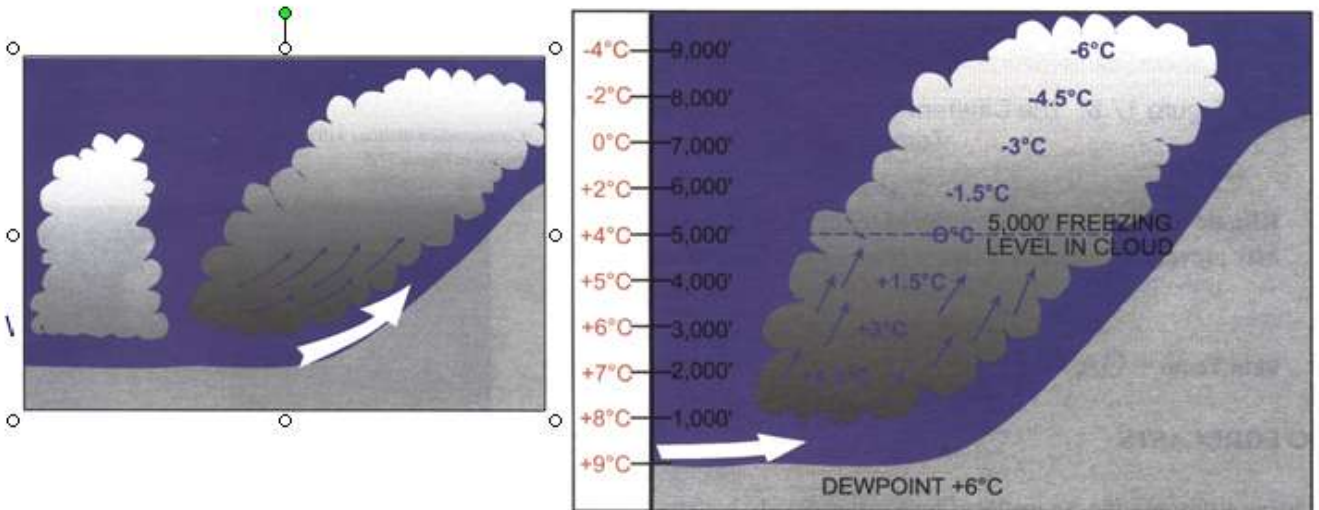
- Zawsze najwięcej kropeł zbiera się blisko podstawy chmury, gdzie jest najcieplej. Oblodzenie dla poszczególnych chmur jest następujące:
  1. Cu, Cb – silne,
  2. Ns – umiarkowane do silnego,
  3. Sc – słabe do umiarkowanego.
  4. Inne – lekkie (dla Ci, Cs, Cc brak oblodzenia).



**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.

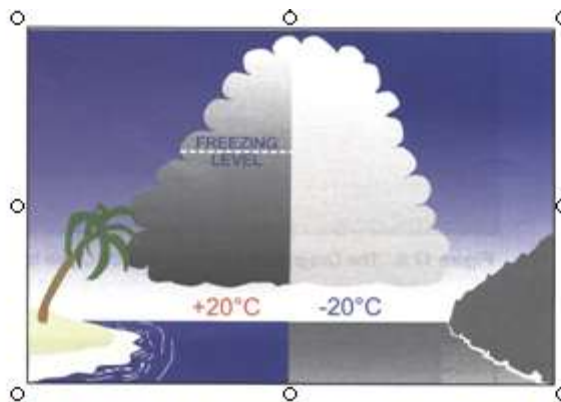


**Bliskość gór.** Opływ pasma górskiego powoduje powstanie prądów wznoszących w chmurach powodując wzrost liczby i wielkości kropelek ciecizy zwłaszcza przy podstawie chmura, a co i za tym idzie intensywność oblodzenia.



- 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.

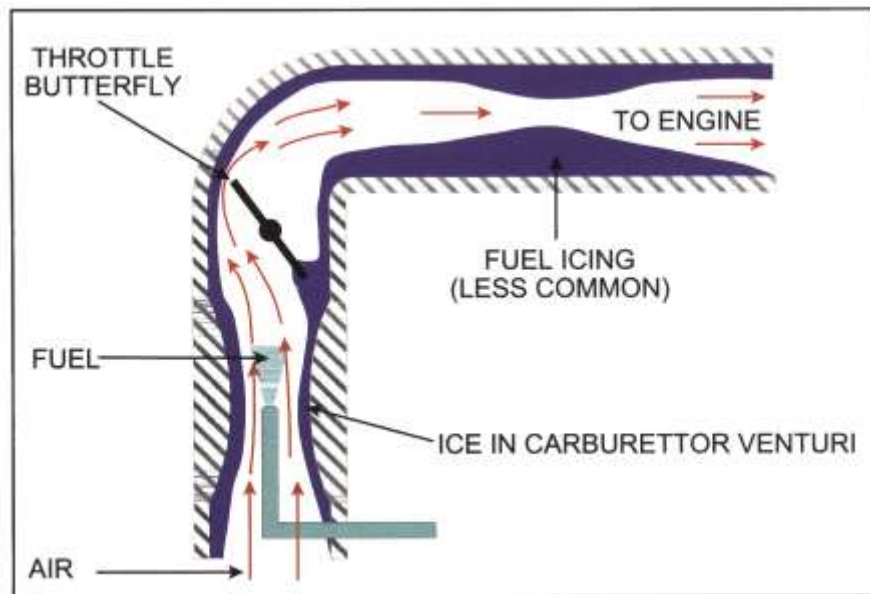


Zawartość pary wodnej w chmurze jest zależna od temperatury.

**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 bryłowe 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 rurek Pitota'a i Venturi.** Oblodzenie rurki Pitota powoduje zafałszowanie wskazań prędkościomierza, całkowite zatkanie dajników ciśnień 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 chwyty powietrza.



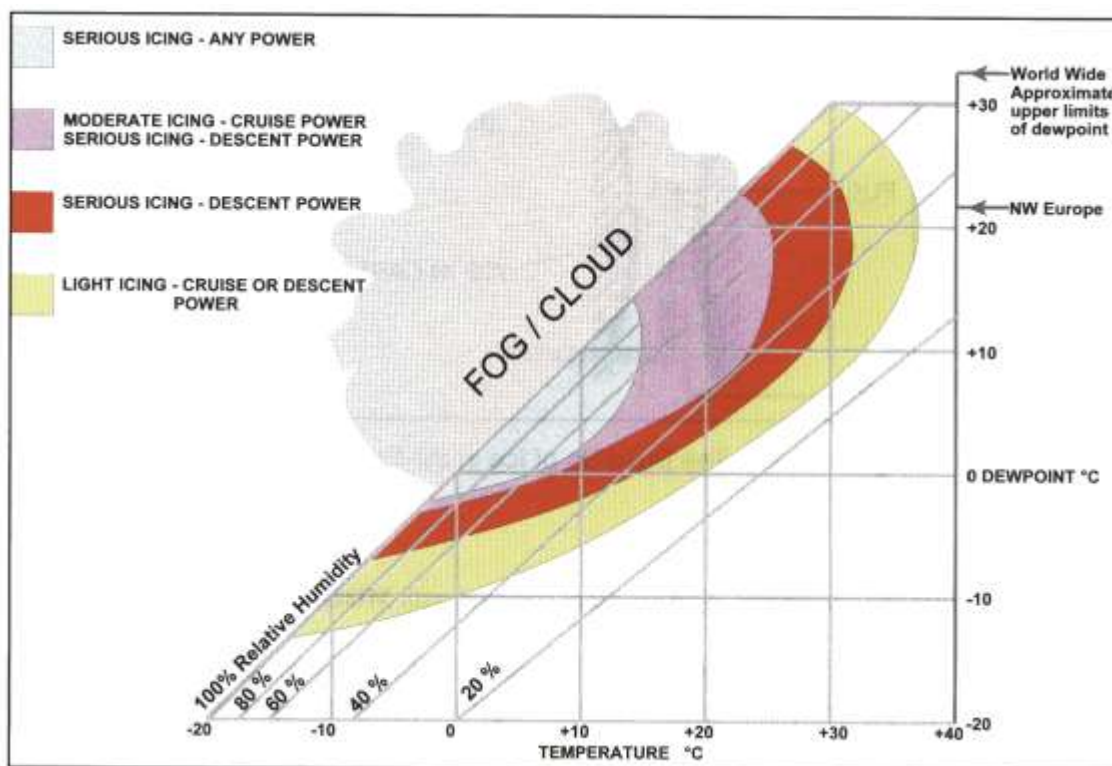
#### Zasady stosowania podgrzewu gaźnika:

- 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.



Wskaźnik temperatury mieszanki



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 uszkodzenie poszycia przez odrywające się odłamki lodu. Zapobieganie poprzez ogrzewanie śmigła lub użycie cieczy o niskiej temperaturze krzepnięcia.

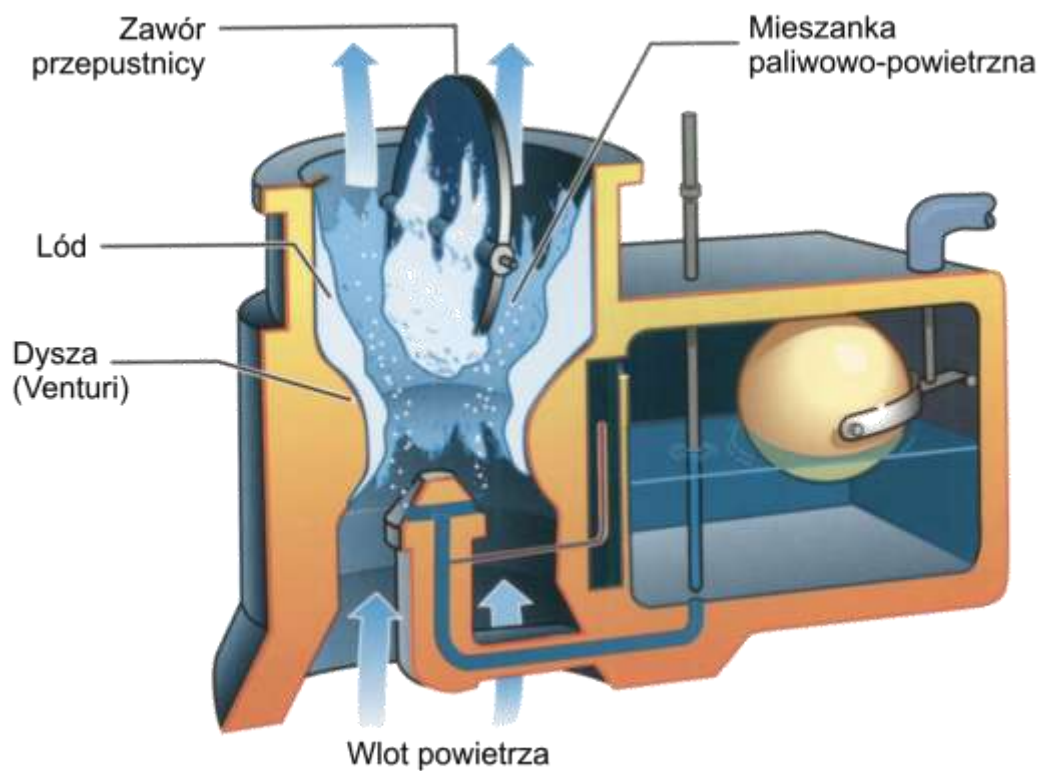




## 55. Oblodzenie

### Oblodzenie zespołu napędowego

#### Oblodzenie gaźnika



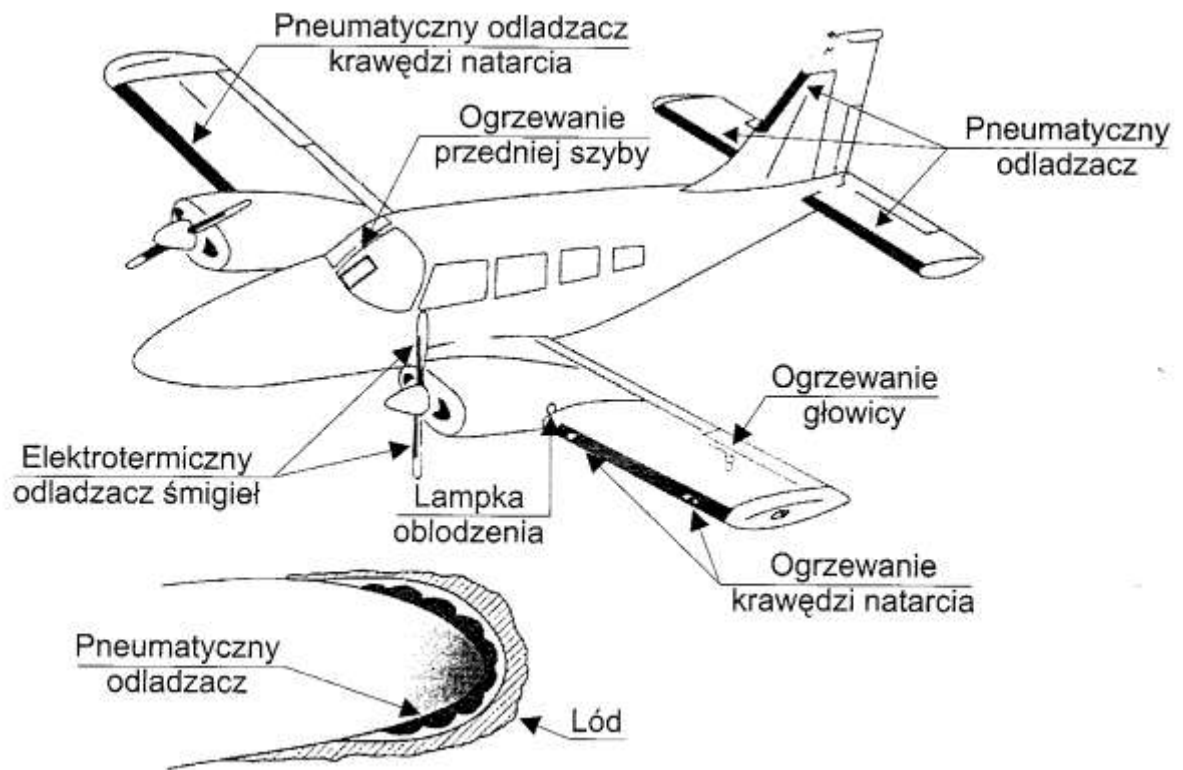
#### Środki ostrożności i unikanie warunków oblodzenia

- 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.

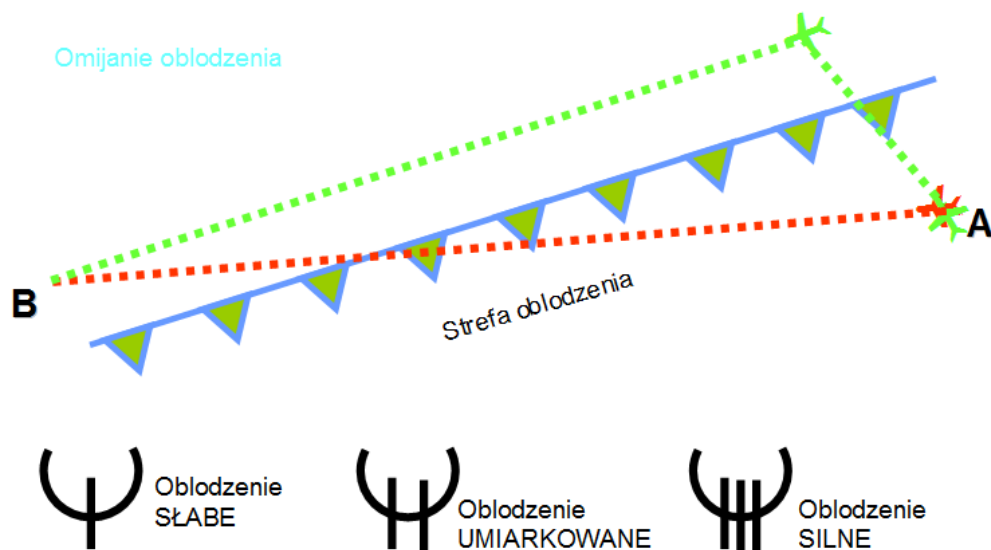
## **55. Oblodzenie**

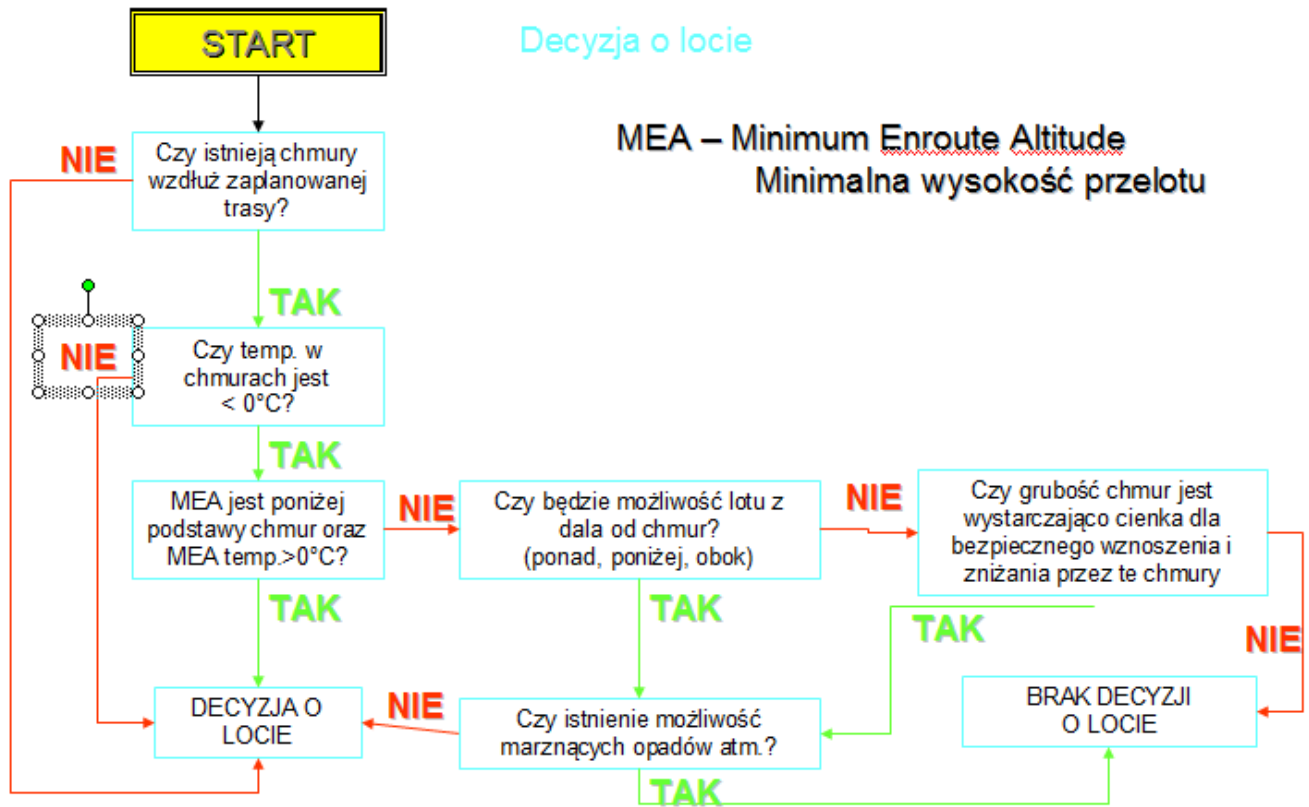
### **Środki ostrożności i unikanie warunków oblodzenia**

#### **Instalacja przeciwooblodzeniowa**



Elementy instalacji przeciwooblodzeniowej samolotu PZL M-20 Mewa





## 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 wilgotnoadiabatyyczny w warstwie o grubości co najmniej 3 km i rozciągającej się ponad izotermę 00C.
- Odpowiednia ilość wilgoci pozwalająca na powstanie i rozwój chmury.
- Nasycenie 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.

**Burze ciepłe** występują najczęściej w porze ciepłej. Można je podzielić na adwekcyjne i konwekcyjne:

- a) są odizolowane,
- b) Występują najczęściej nad lądem w porze ciepłej,
- c) Tworzą się podczas dnia rozpadają w nocy,
- d) Powstają w zatokach niżów i płytkich niżach.

Burze adwekcyjne mogą powstawać w dzień i w nocy, nad lądem i morzem w każdej porze roku. Powoduje je napływ chłodnego powietrza nad rozgrzany kontynent.

**Burze frontowe** rozwijają się na frontach atmosferycznych i mogą występować jako burze frontu chłodnego (i okluzji chłodnych) lub burze frontu ciepłego:

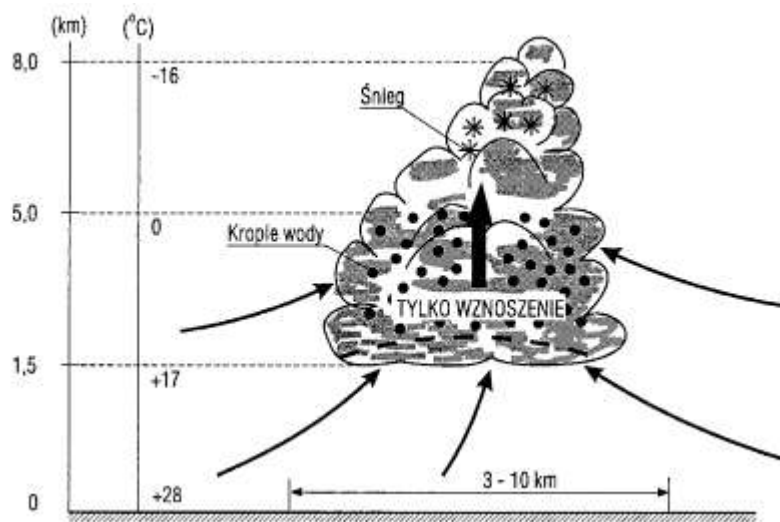
- a) występują najczęściej w porze chłodnej,
- b) mogą powstawać w dzień i w nocy, nad lądem i morzem,
- c) powstają przed frontem chłodnym lub frontem okluzji,
- d) powstają w aktywnych niżach i zatokach niskiego ciśnienia,
- e) często towarzyszą im szkwały.

## 56. Burze

### Wymagane warunki powstawania

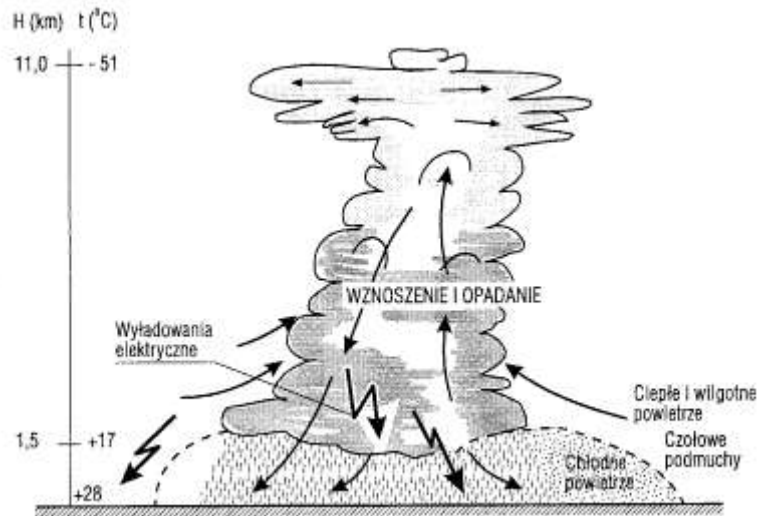
#### Stadium rozwoju.

- 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 zapełnić przestrzeń po wznoszącym się powietrzu, towarzyszy temu silna turbulencja. Faza ta trwa od 10 do 20 minut.



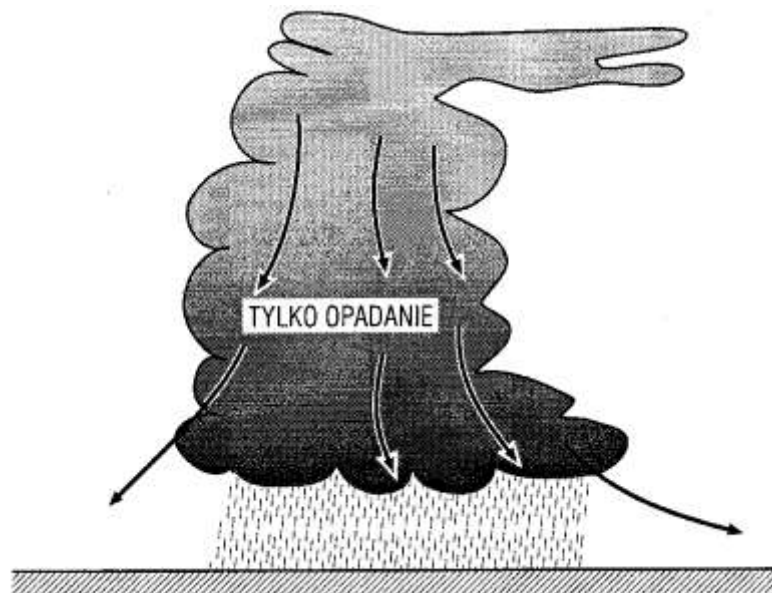
#### Stadium dojrzałości.

- 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.

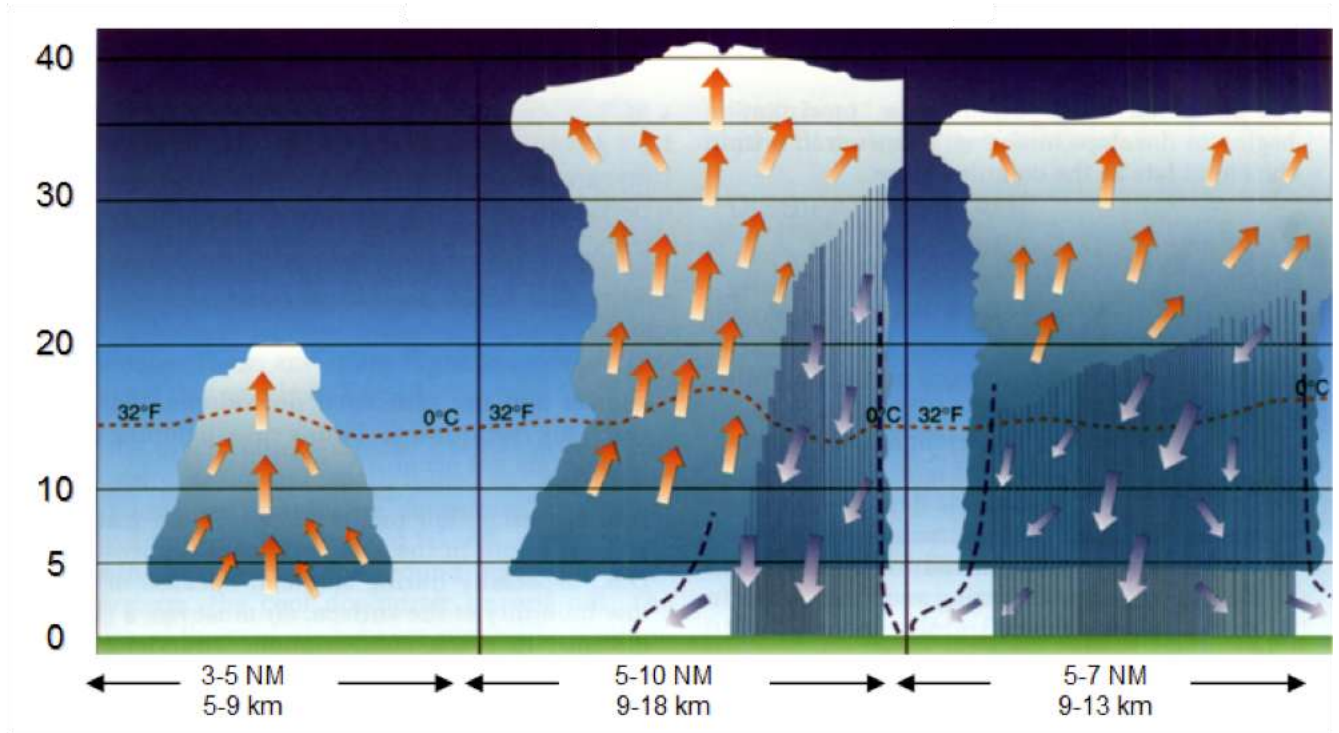


### Stadium rozpadu.

- Znikają 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.



### Stadia rozwoju burzy termicznej





## 56. Burze

### Rozpoznawanie warunków sprzyjających powstawaniu

#### Stadia powstawania burzy termicznej



**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 m. 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.

**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 OOC, 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.

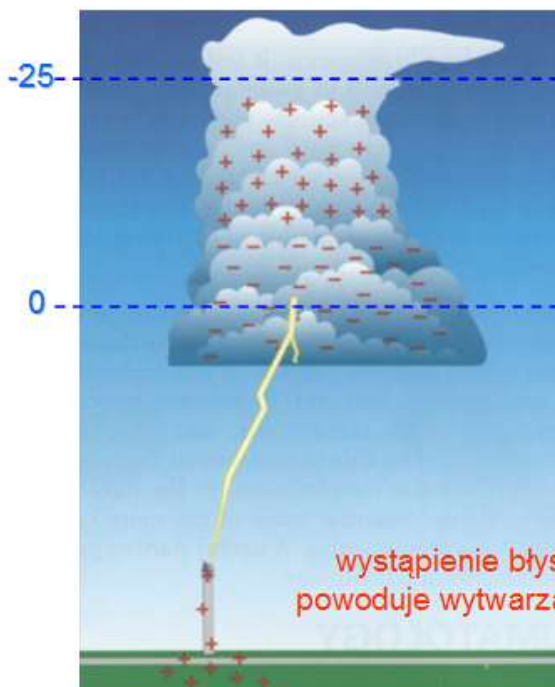
**Zmiany ciśnienia.** Gwałtowne fluktuacje ciśnienia powodują błędy wskazań wysokościomierzy i wariometrów. Należy polegać na sztucznym horyzoncie o ile jego wskazania wciąż są poprawne (turbulencja).

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

**Uskok wiatru – wind shear/microburst**



**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

## 56. Burze

### Unikanie lotów w rejonach burzowych

**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 pobliże 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.

### Radar pogodowy



## 57. Lot w rejonie górystym

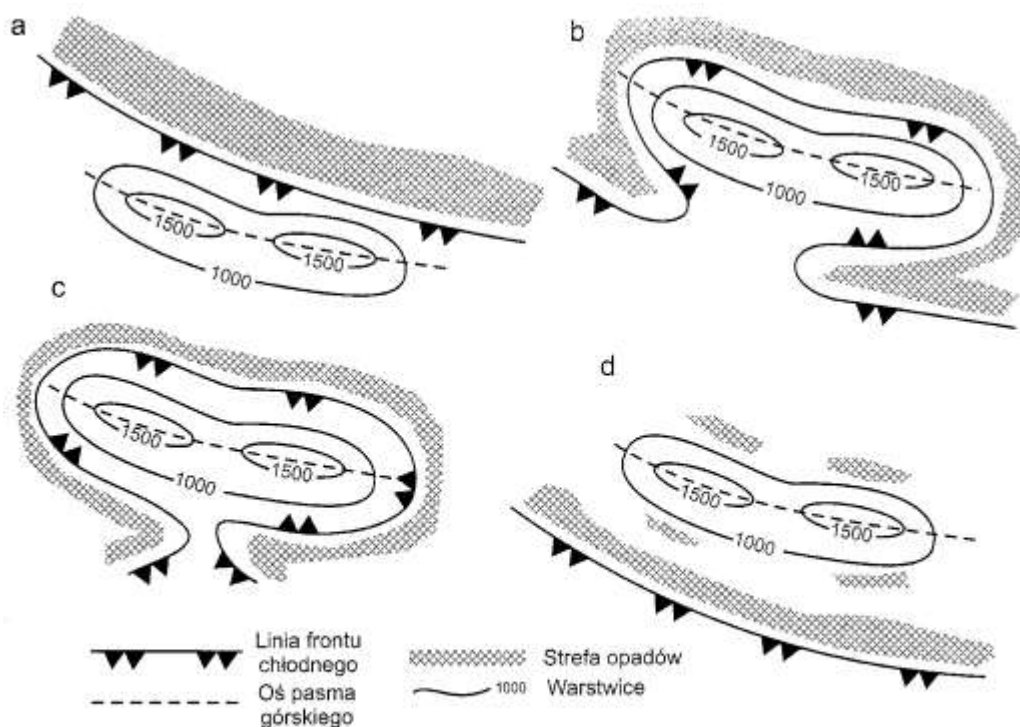
### Zagrożenia

- 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,
- Turbulencja orograficzna, strona nawietrzna, zawietrzna,
- Występowanie mgieł zboczowych - unoszenie wilgotnego powietrza o równowadze stałej,
- Burze orograficzne, konwekcja dynamiczna, ogrzewanie nasłonecznionych zbocz,
- Wiatry lokalne (anabatyczne i katabatyczne),
- Przyspieszenia przepływu wiatru między wzniesieniami,
- Szczyty omijamy co najmniej na wysokości większej o połowę maksymalnych wzniesień,

### 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)

## 57. Lot w rejonie górskim

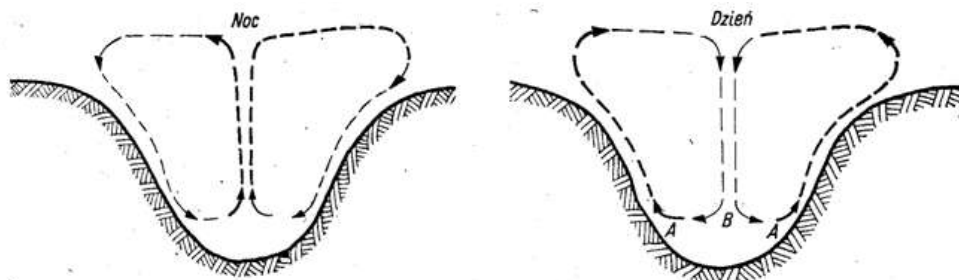
Fala górską, uskok wiatru, turbulencja, ruch pionowy, zjawisko i wpływ rotorów, wiatr w dolinach

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,

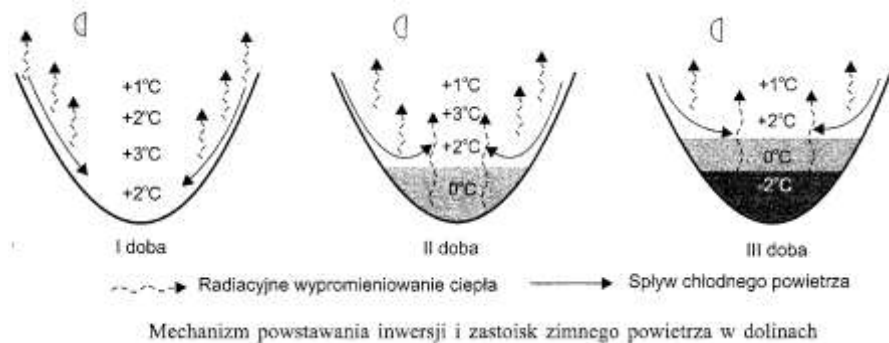
Wpływ obszarów górskich na lokalne procesy meteorologiczne:

- **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,

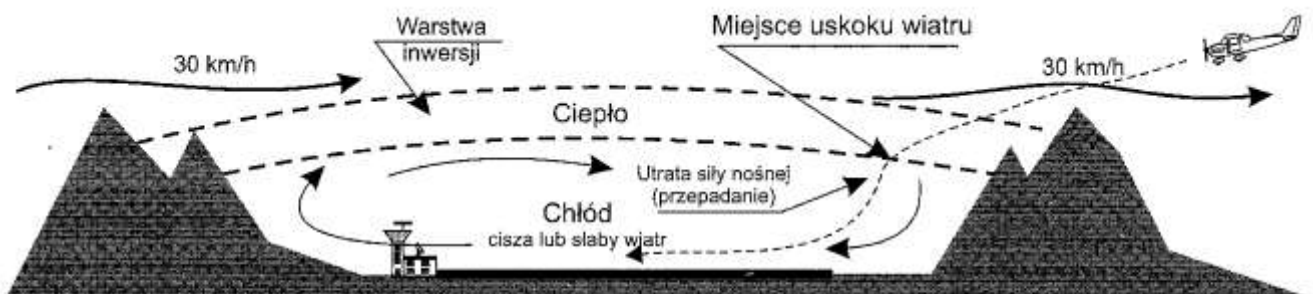


Cyrkulacja górsko-dolinna

- **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.



### 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 wieją słabe wiatry, ponieważ dolina jest osłonięta

## 58. Klimatologia

Ogólna cyrkulacja troposferyczna w różnych porach roku w Europie

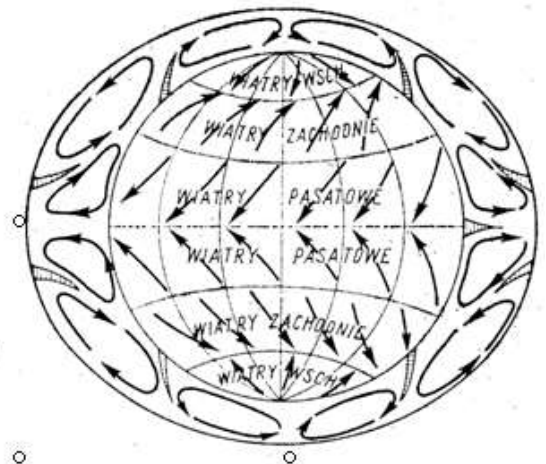
**Klimat** to średni stan warunków atmosferycznych, które są charakterystyczne dla danego miejsca w określonym sezonie roku lub miesiącach.

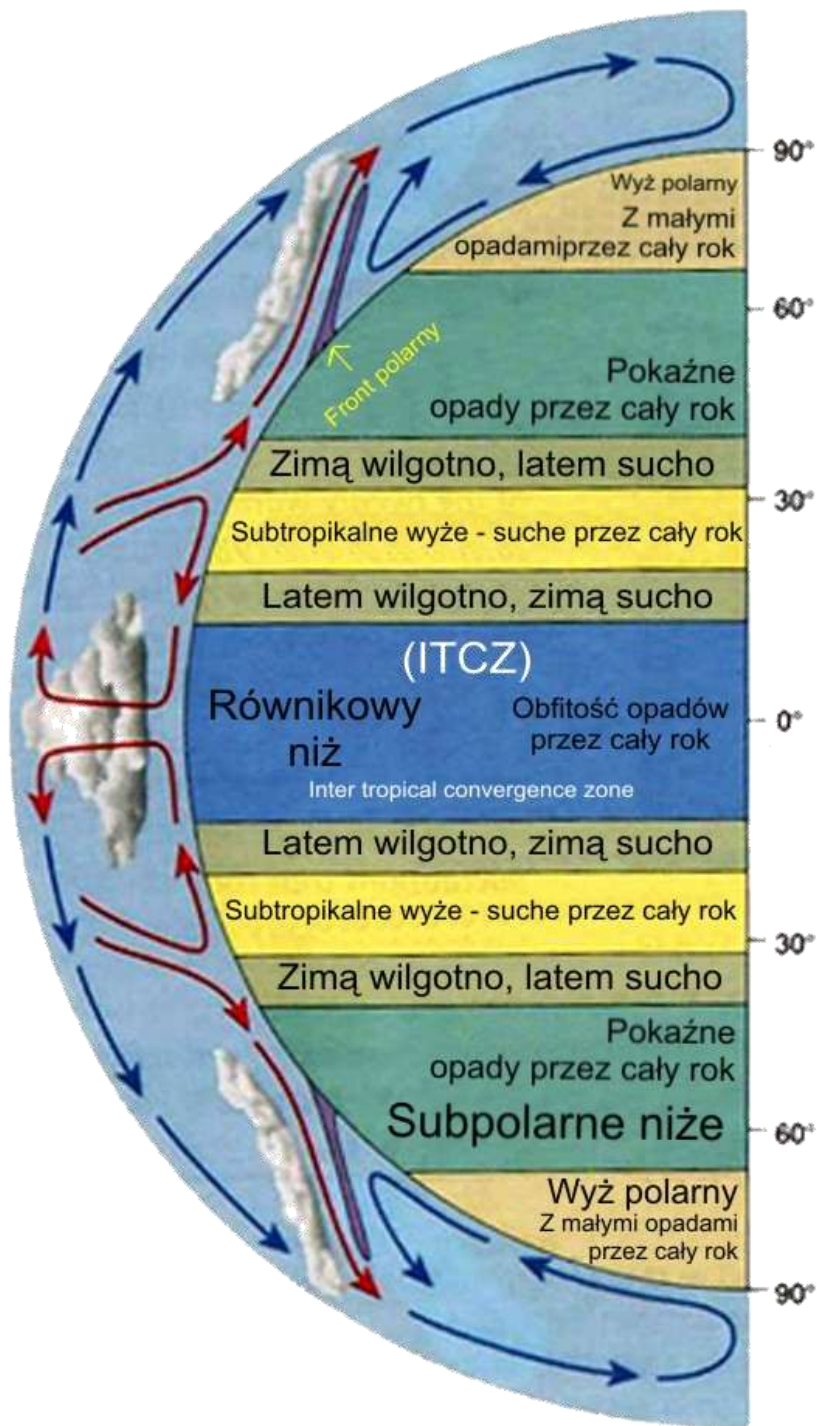
**Klimat** na ziemi cechuje strefowość, wynikająca z nierównomiernego dopływu ciepła do różnych części naszego globu. Czynniki powodujące fluktuacje:

- 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

- Wznoszenie powietrza nad równikiem,
- Przemieszczanie się w stronę biegunów i osiadanie na szerokościach 30-40° N i S,
- Odchylenie pod wpływem siły Coriolisa,
- Osiadanie powietrza nad biegunami i odpływ w stronę równika,

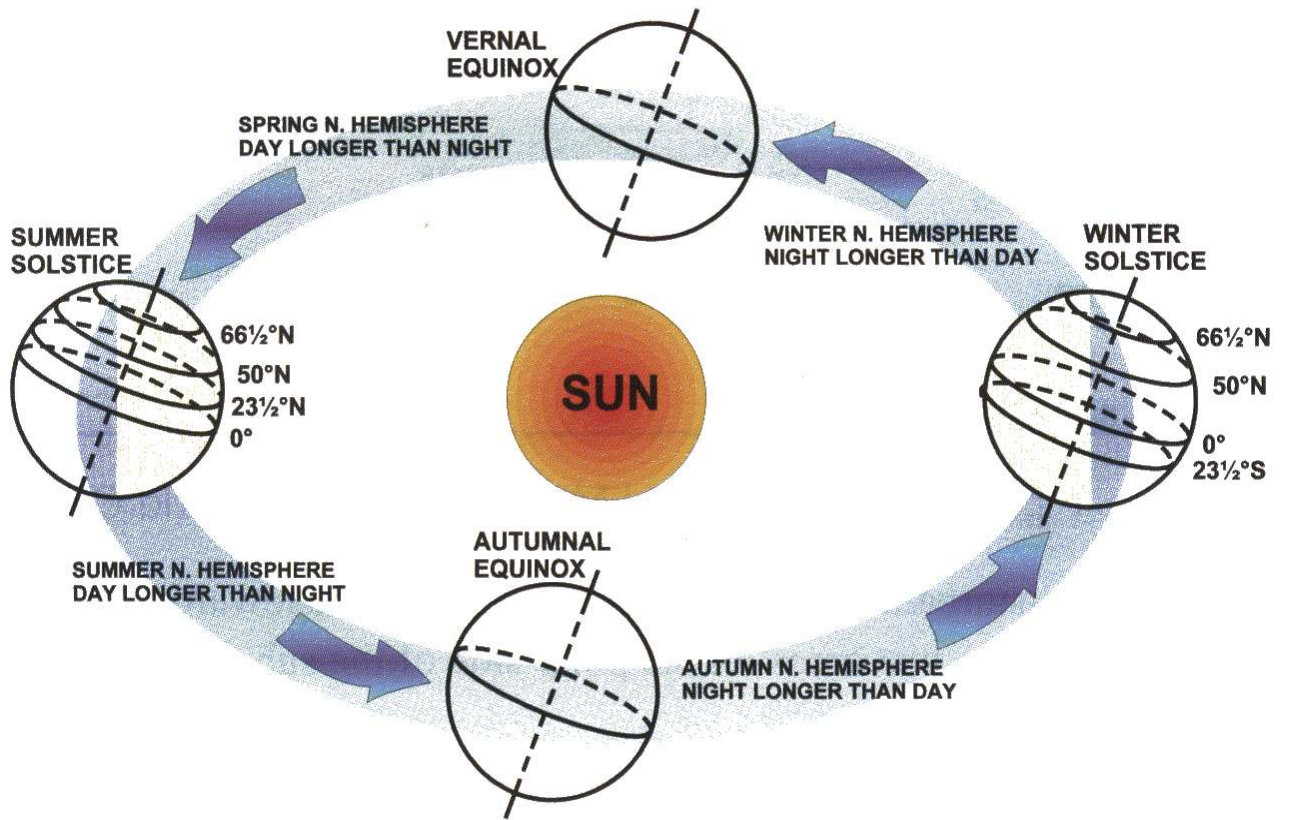


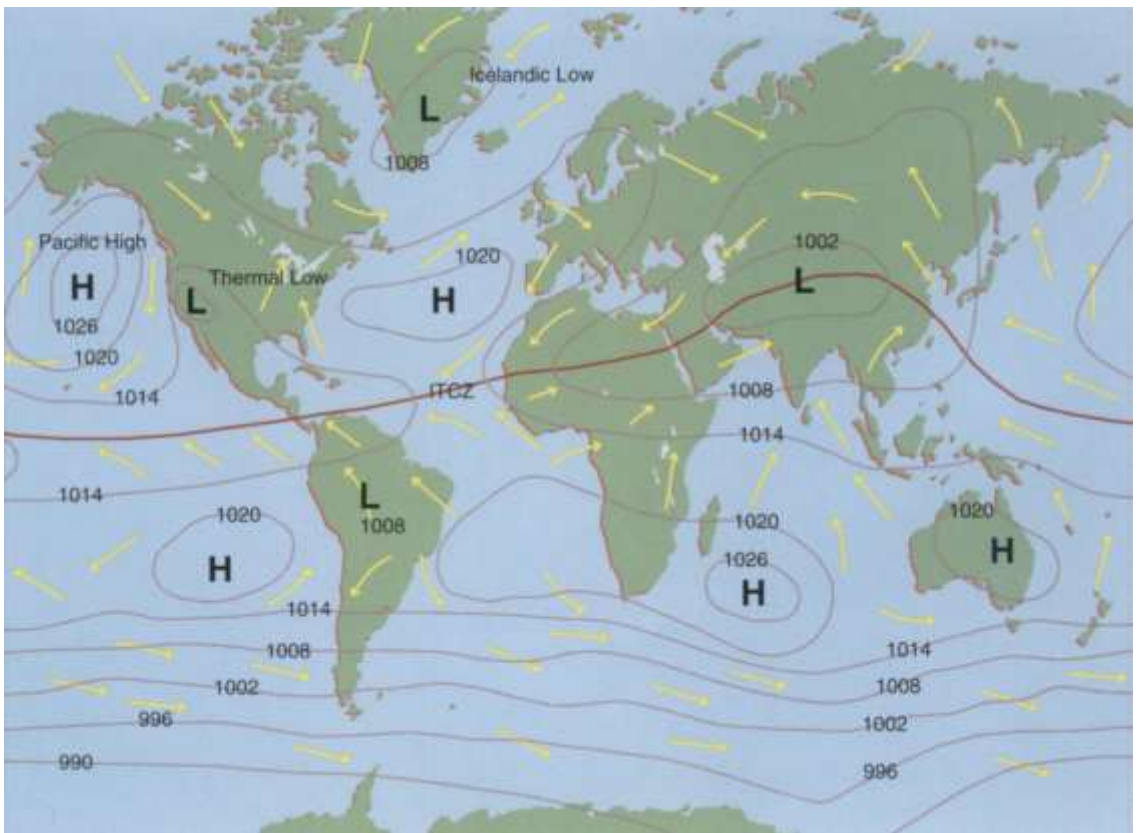
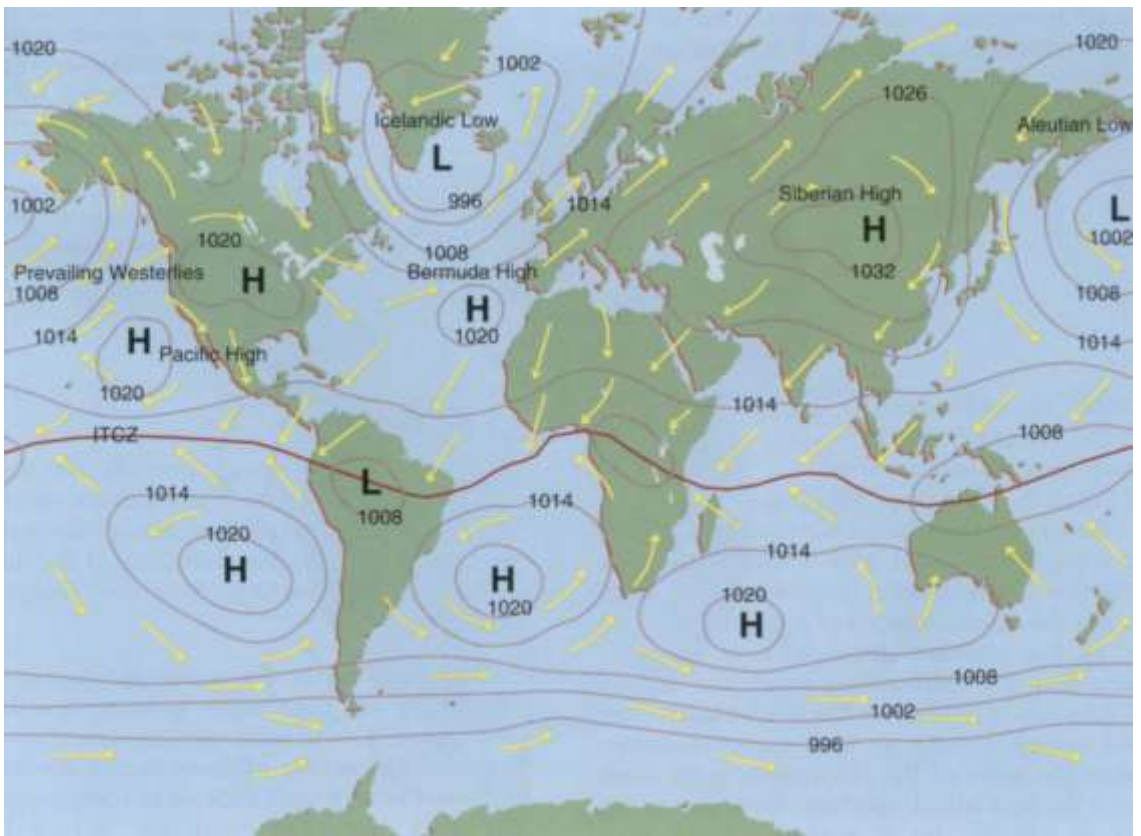


### 58. Klimatologia

Pogoda i wiatry lokalne w różnych porach roku







## 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

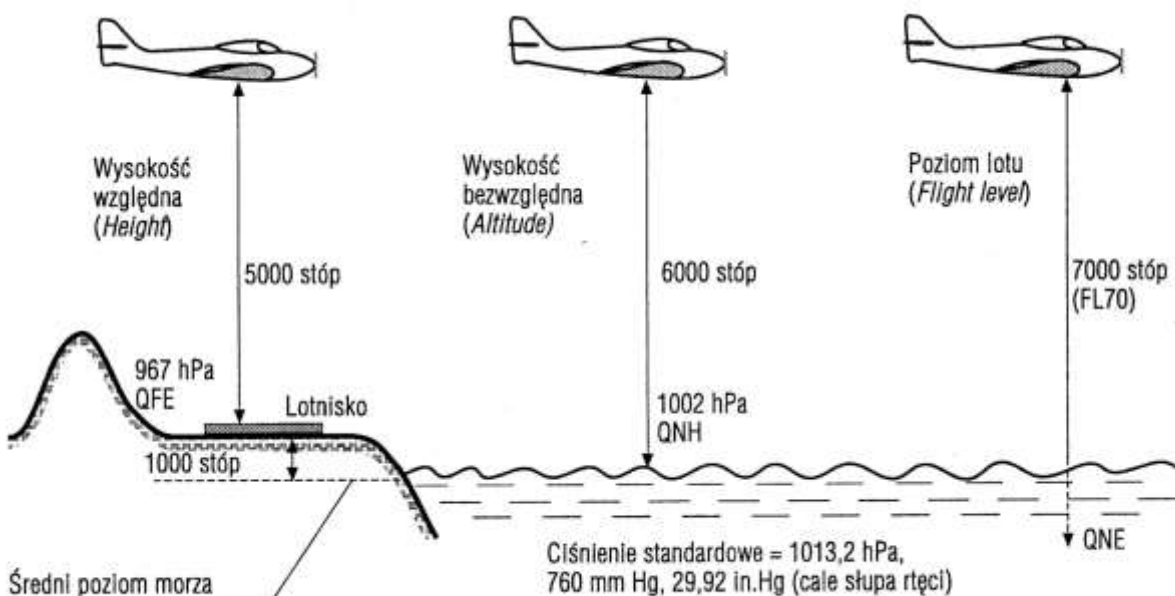
### Wysokość ciśnieniowa, wysokość gęstościowa

- **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)

- **Wysokość poprawiona (Calibrated Altitude)** – wysokość przyrządowa poprawiona o wartość błędu przyrządowego i wartość poprawki aerodynamicznej (odczytanych z wykresu poprawek danego wysokościomierza).
- **Wysokość przejściowa (Transition Altitude)** – wysokość na której przestawiamy wysokościomierz z QNH na QNE. W Polsce wynosi ona 6570 ft o ile ATC nie zaleci inaczej



Rodzaje geometrycznych wysokości lotu

## **59. Pomiar wysokości**

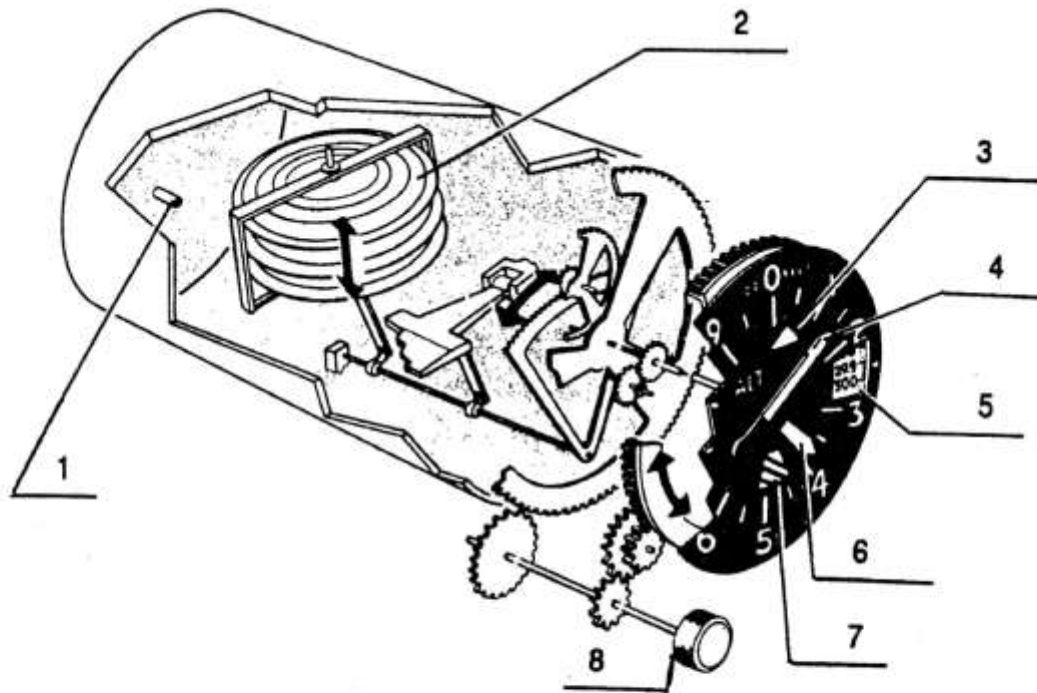
### Atmosfera standardowa wg ICAO

- 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**

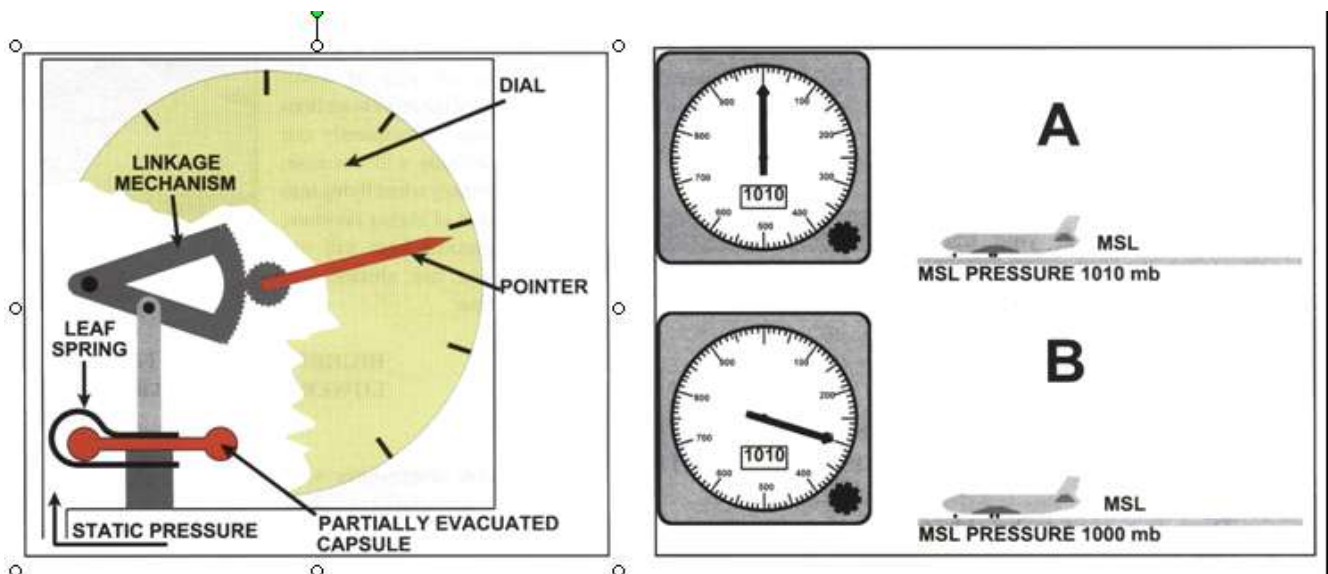
### QNH, QFE, nastawa standard

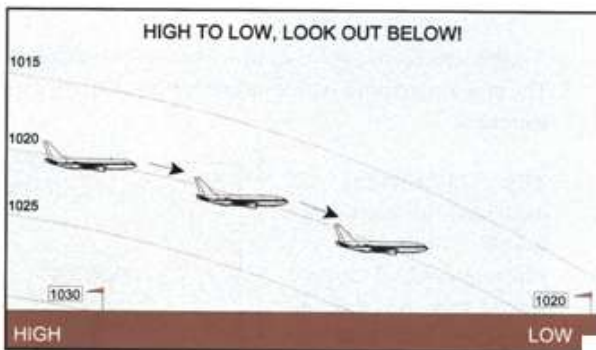
**Wysokościomierz barometryczny**



Podstawowe elementy budowy wysokościomierza barometrycznego:

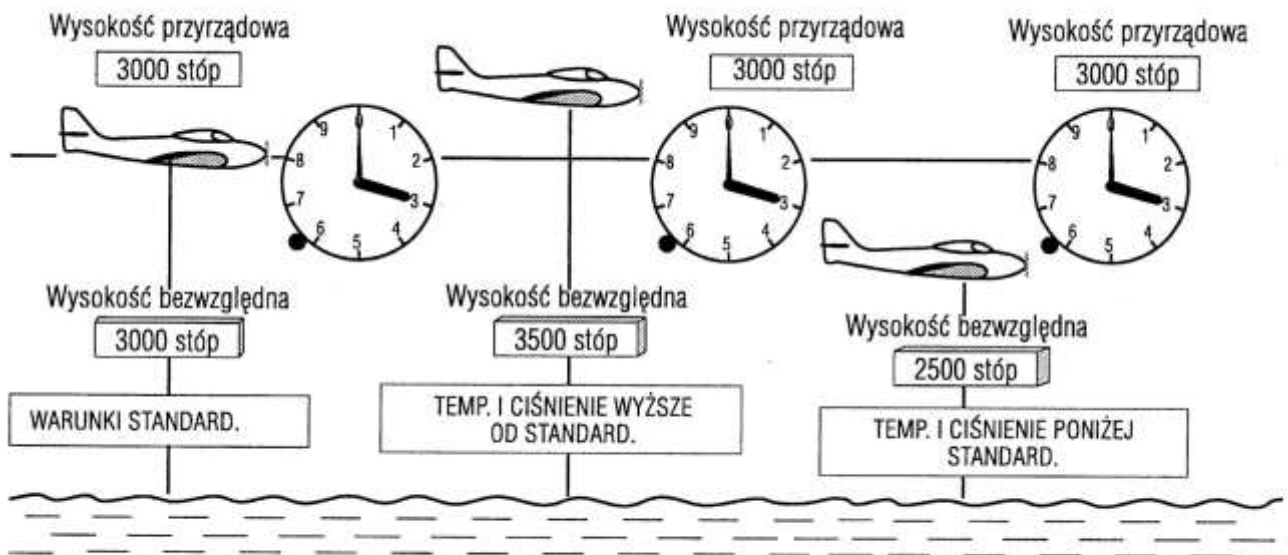
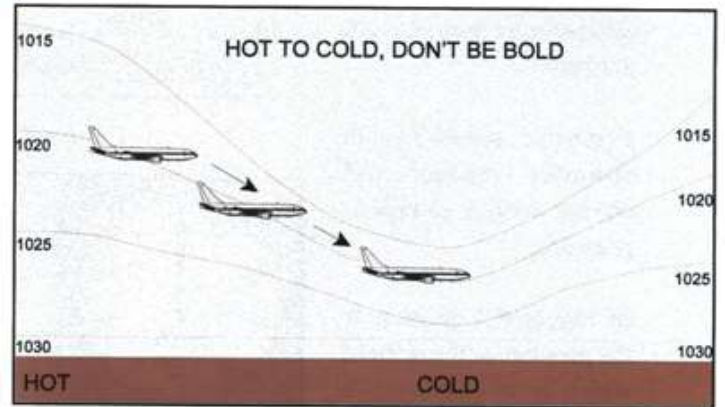
- 1 – otwór ciśnienia statycznego; 2 – zespół puszek próżniowych; 3 – wskazówka 10.000 stóp;
- 4 – wskazówka 100 stóp; 5 – okienko odczytywania wartości ustawionego ciśnienia w calach słupa rtęci (z lewej strony tarczy znajduje się analogiczne wyskalowane w hektopaskalach);
- 6 – wskazówka 1000 stóp;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





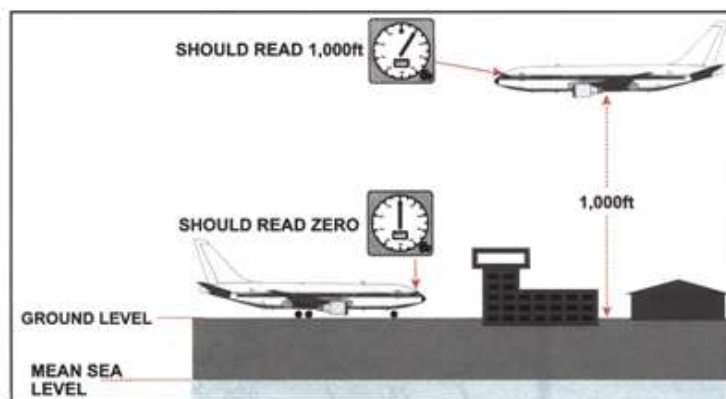
Wpływ zmian ciśnienia na dokładność wskazań wysokości.

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

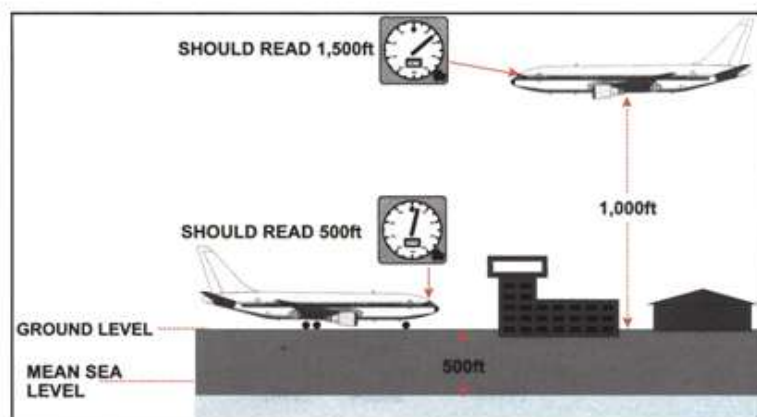


Zmiany wysokości bezwzględnej powodowane odchyleniem warunków meteorologicznych od warunków standardowych (przy tym samym wskazaniu wysokościomierza)





Ustawione QFE



Ustawione QNH

## 59. Pomiar wysokości

Wysokość ciśnieniowa, wysokość gęstościowa

- **Poziom przejściowy (Transition Level)** – Poziol 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



## Meteorologia

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	Elżbieta 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, aktynometrycznych 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 umożliwiających 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.



## 61. Analiza i prognozowanie pogody

### Mapy synoptyczne, symbole i oznaczenia

Rozróżnia się mapy synoptyczne:

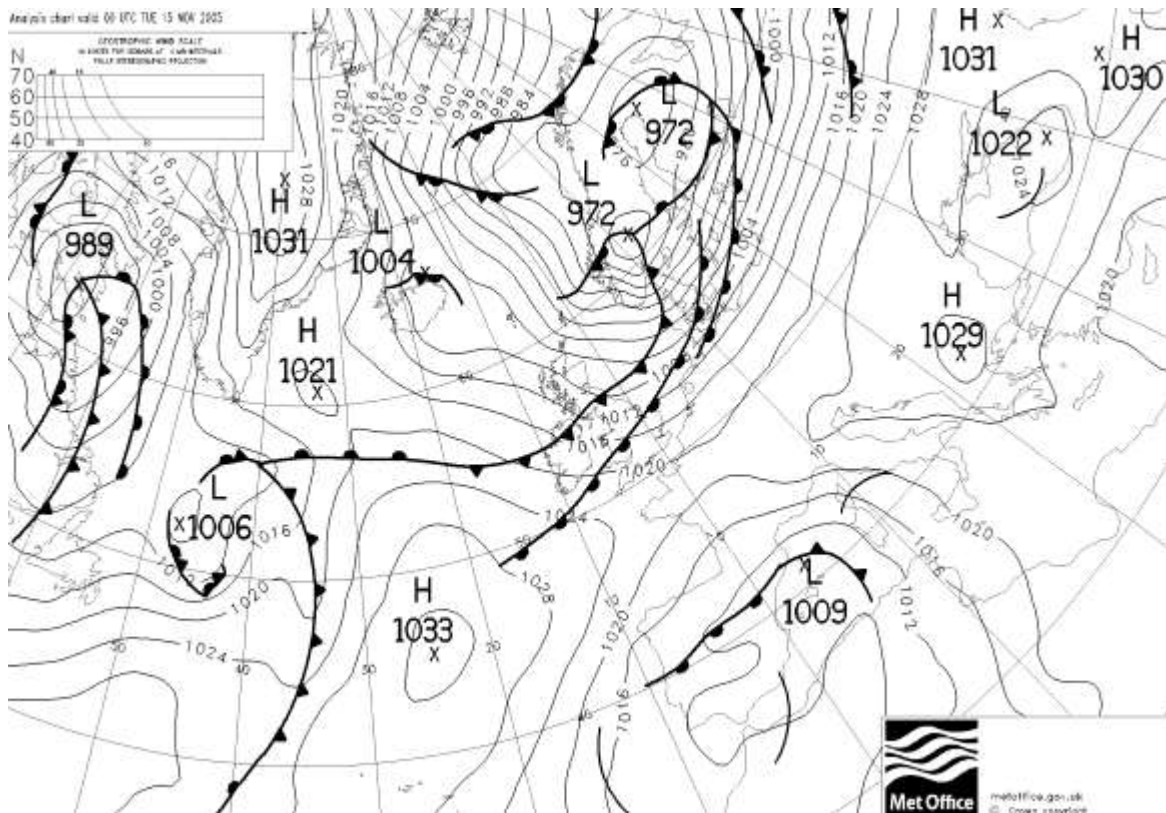
**Mapy dolne**, zawierające dane meteorologiczne, takie jak:

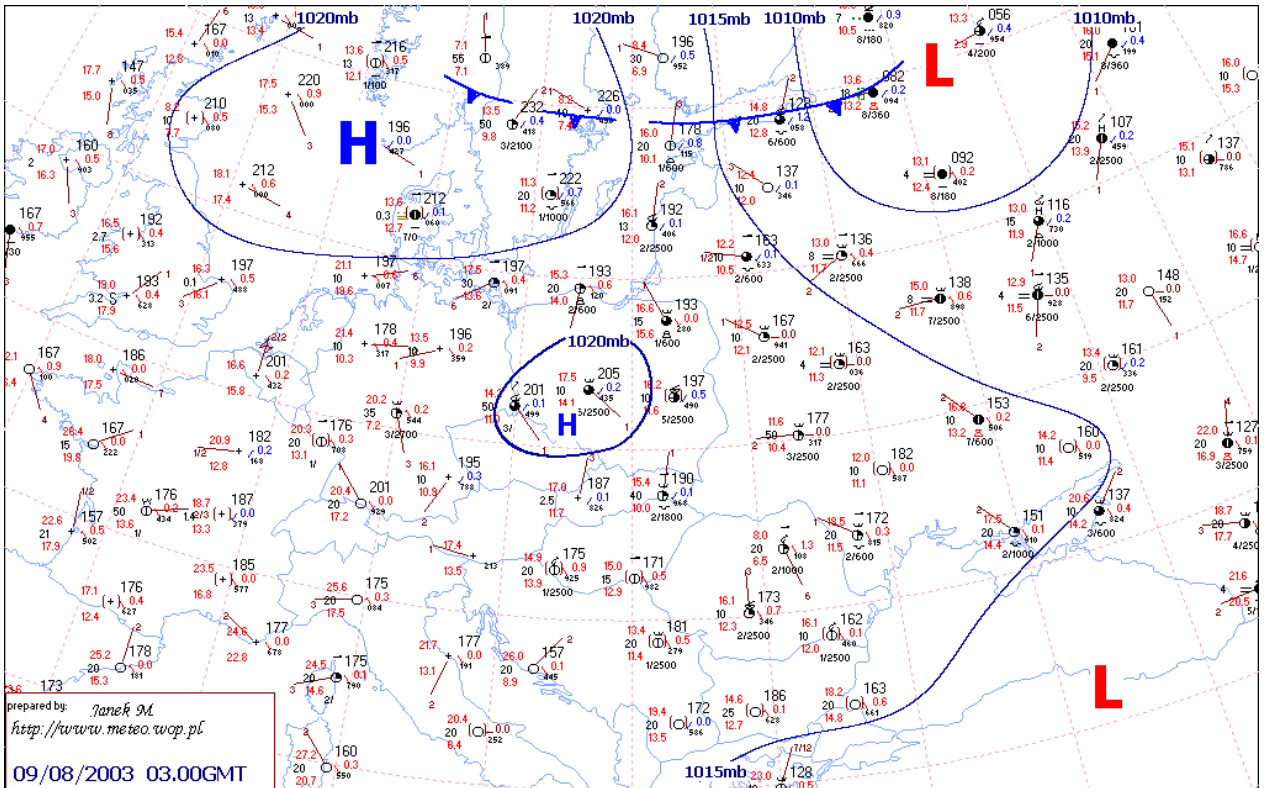
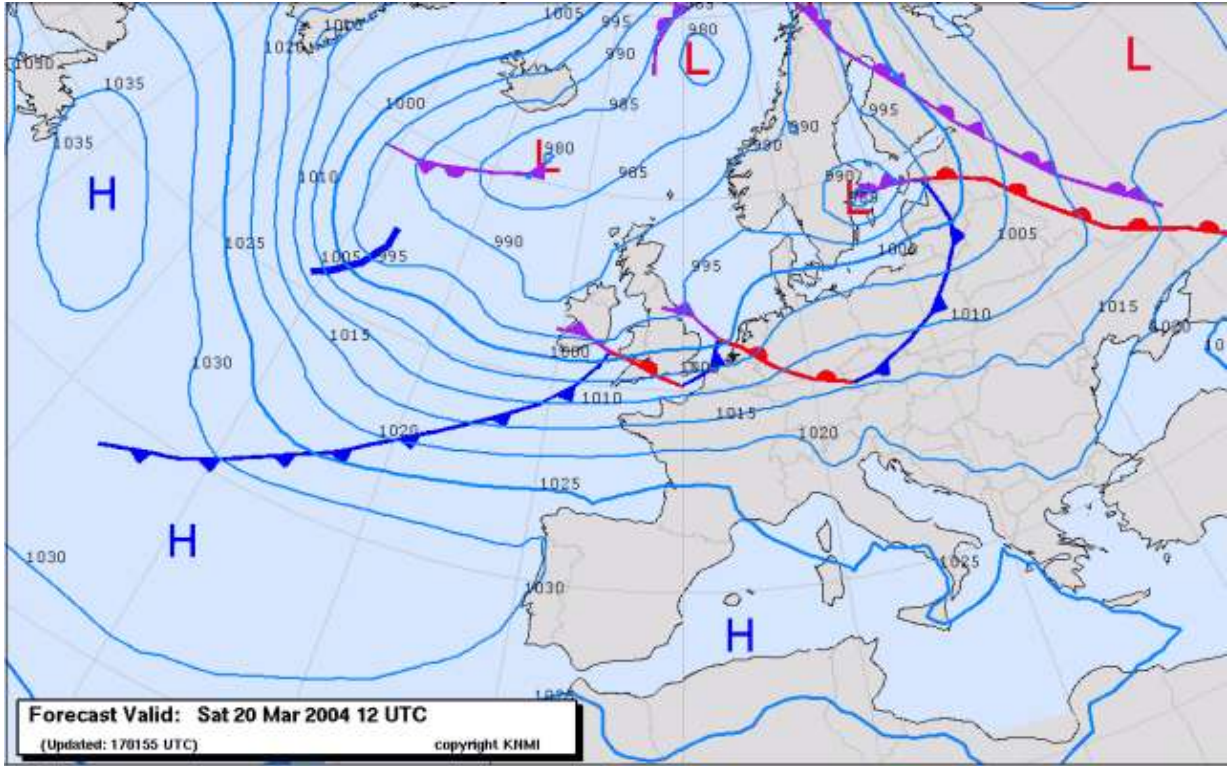
- temperatura,
- ciśnienie zredukowane do poziomu morza (QFF),
- wilgotność powietrza,
- zachmurzenie oraz rodzaje chmur,
- prędkość i kierunek wiatru,

(dane umieszcza się na mapie przy pomocy umownych symboli, z wykreślonymi izobarami i frontami atmosferycznymi)

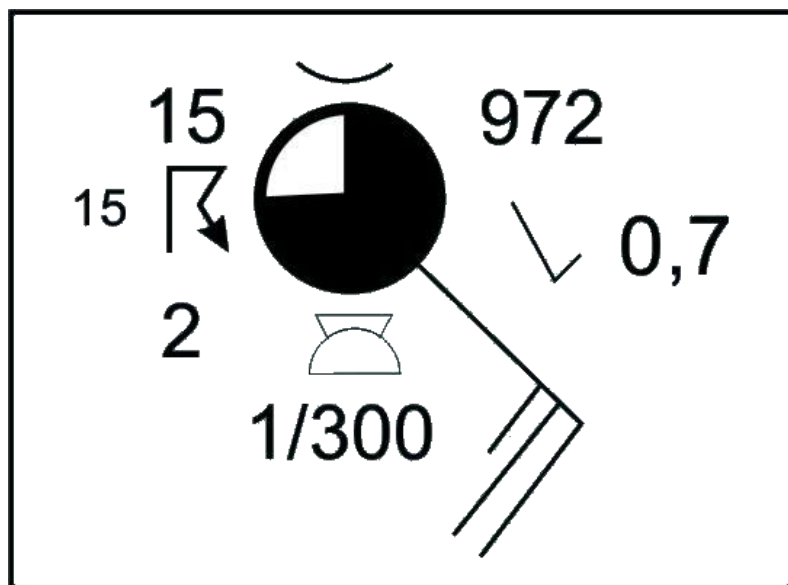
**Mapy górne**, zawierające dane meteorologiczne uzyskane przy pomocy obserwacji aerologicznych (radiosondażowych).

#### Mapy dolne









- |    |           |
|----|-----------|
| ☁  | mżawka    |
| ●  | deszcz    |
| ✪  | śnieg     |
| ▲  | grad      |
| ⚡  | burza     |
| ≡  | zamglenie |
| ≡≡ | mgła      |

Pogoda

- |   |    |
|---|----|
| ⤴ | Cl |
| ⤵ | Cs |
| ⤶ | Cc |

CH

- |   |    |
|---|----|
| ☾ | Ac |
| ⤵ | As |
| ⤶ | Ns |

CM

- |   |    |
|---|----|
| ☾ | Cu |
| ☾ | Cb |
| — | St |
| ⤶ | Sc |

CL

Zachmurzenie przez chmury:  
CH - Cl, Cc, Cs  
CM - Ac, As, Ns  
CL - St, Sc, Cu, Cb

Ciśnienie powietrza zredukowane do poziomu morza

Wielkość tendencji barometrycznej za ostatnie 3 godziny

Charakterystyka tendencji barometrycznej

Kierunek wiatru dolnego

Prędkość wiatru dolnego

Wielkość zachmurzenia przez chmury CL, a w przypadku ich braku przez chmury CM

Podstawy najniższych chmur ponad poziom gruntu

- |   |     |   |                   |
|---|-----|---|-------------------|
| ○ | 0/8 | ⊕ | 5/8               |
| ◐ | 1/8 | ◑ | 6/8               |
| ◒ | 2/8 | ◓ | 7/8               |
| ◔ | 3/8 | ◕ | 8/8               |
| ◖ | 4/8 | ⊗ | niebo niewidoczne |

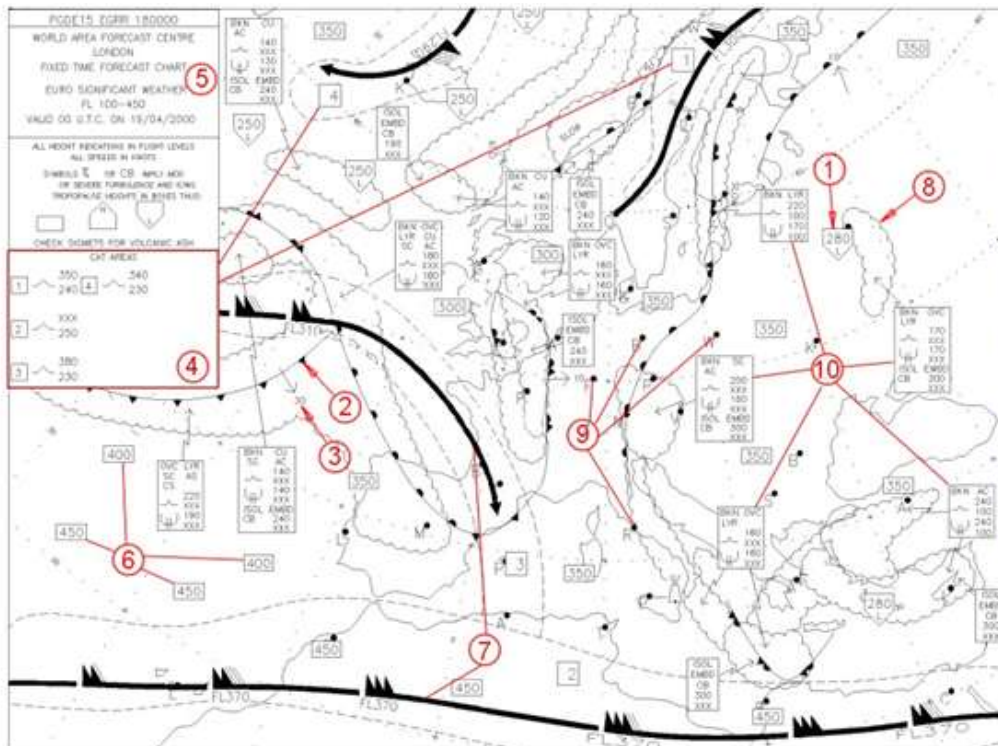
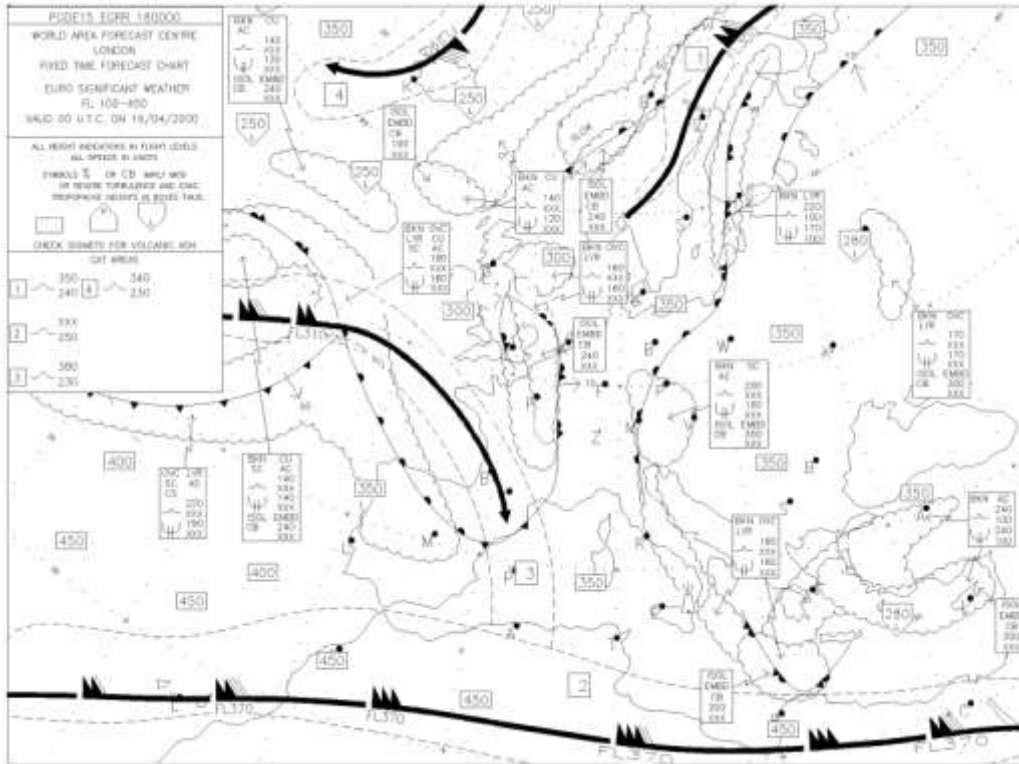
- |   |                     |
|---|---------------------|
| ⤴ | wzrost -> spadek    |
| ⤵ | wzrost - stan stały |
| ⤶ | nieregularny wzrost |
| ⤷ | spadek -> wzrost    |
| ⤸ | spadek - stan stały |
| ⤹ | nieregularny spadek |

- |        |
|--------|
| 5 kts  |
| 2 kts  |
| 10 kts |

# 61. Analiza i prognozowanie pogody

## Mapy SIGNIFICANT

### Mapy górne SIGNIFICANT



- 1 – centrum niżu, tropopauza na wysokości 280 000 stóp
- 2 – front chłodny
- 3 – kierunek i prędkość przemieszczania się frontu
- 4 – rejony turbulencji w czystym powietrzu - CAT
- 5 – ogólne informacje o mapie
- 6 – wysokość tropopauzy w danym miejscu
- 7 – oznaczenie prądów strumieniowych (Jetstream)
- 8 – granica rejonu istotnej pogody
- 9 – położenie głównych miast
- 10 – pogoda w poszczególnych rejonach istotnej pogody

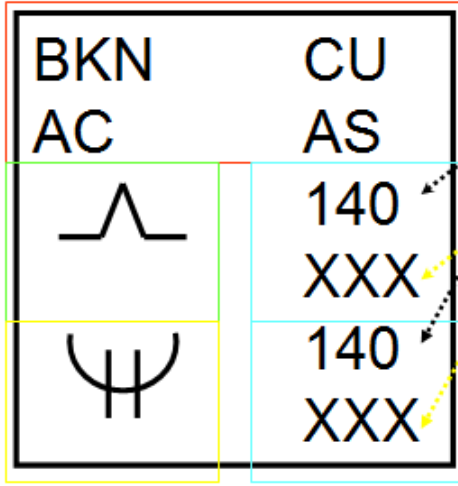
EUROSIGNIFICANT WEATHER  
 FL 100-450  
 VALID 08 U.T.C. ON 16 NOV 2005

## Mapy górne SIGNIFICANT

### Wielkość i rodzaj zachmurzenia

Wielkość turbulencji

Wielkość oblodzenia

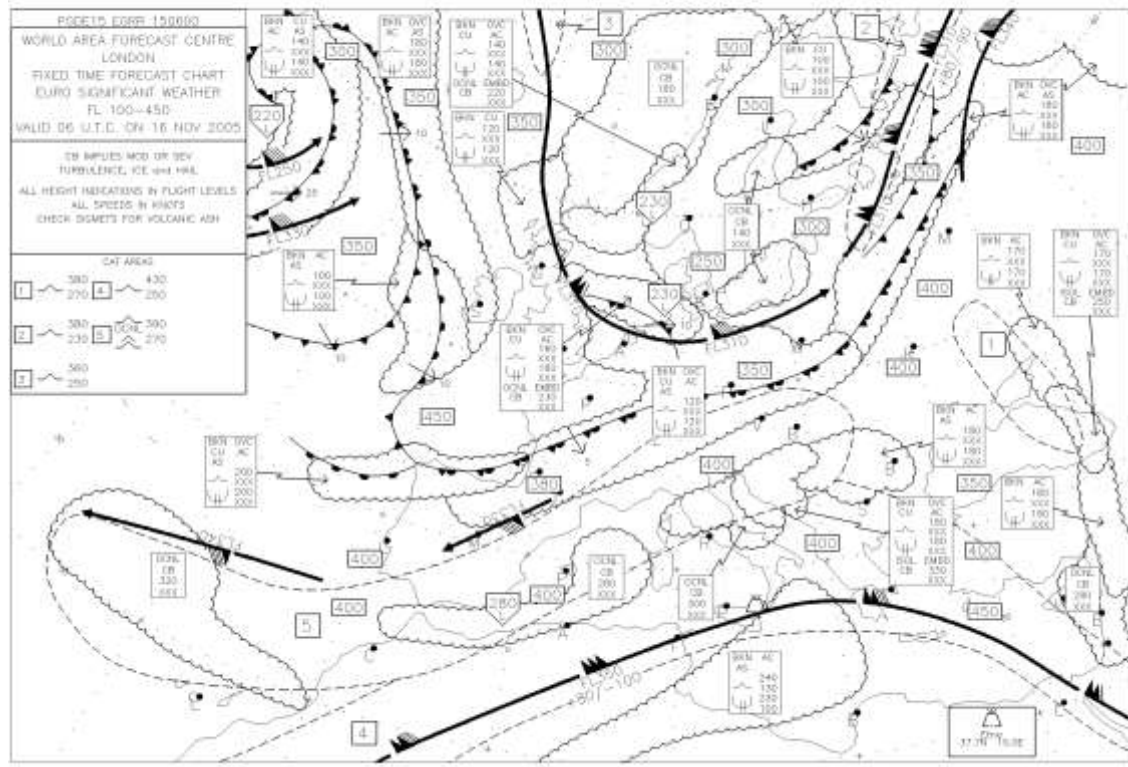


Górna granica zasięgu zjawiska

Doła granica zasięgu zjawiska

Zasięg zjawiska

Zasięg zjawiska



## Mapy górne wiatrów

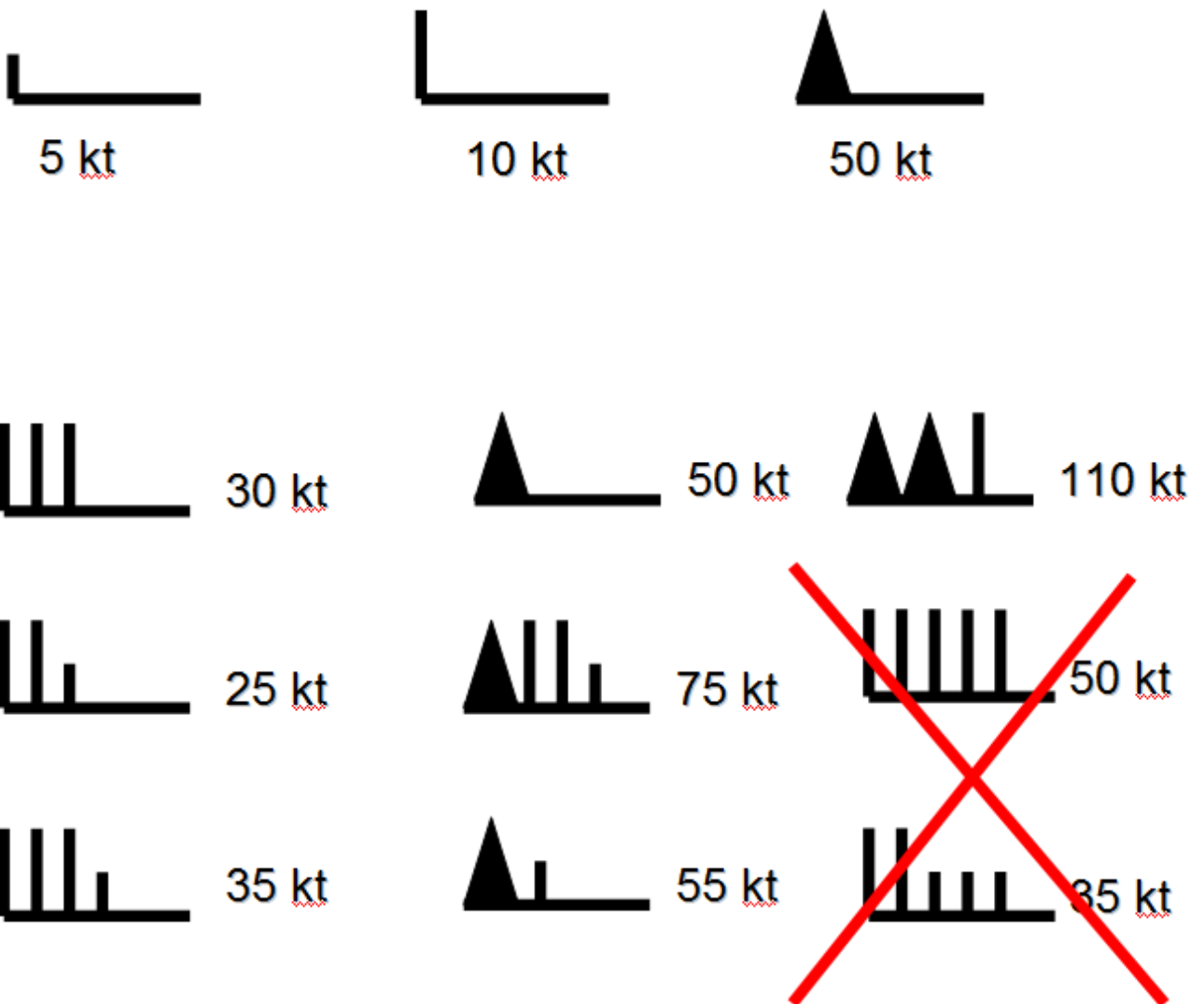
Mapy górnych wiatrów są bardzo ważne dla pilotów samolotów o małych prędkościach przelotowych. Mapy są opracowywane dla poszczególnych poziomów lotu.

Mapy te zawierają informację o:

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

Kierunek wiatru odniesiony jest do południków geograficznych.

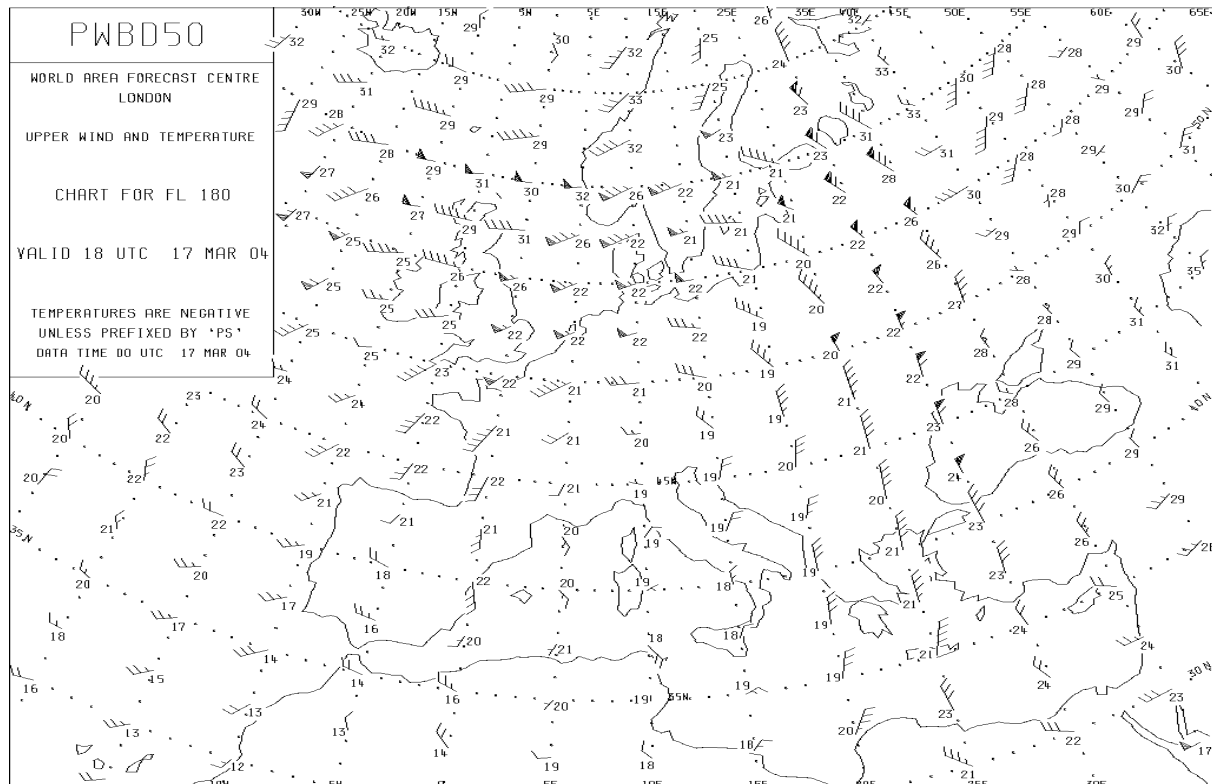
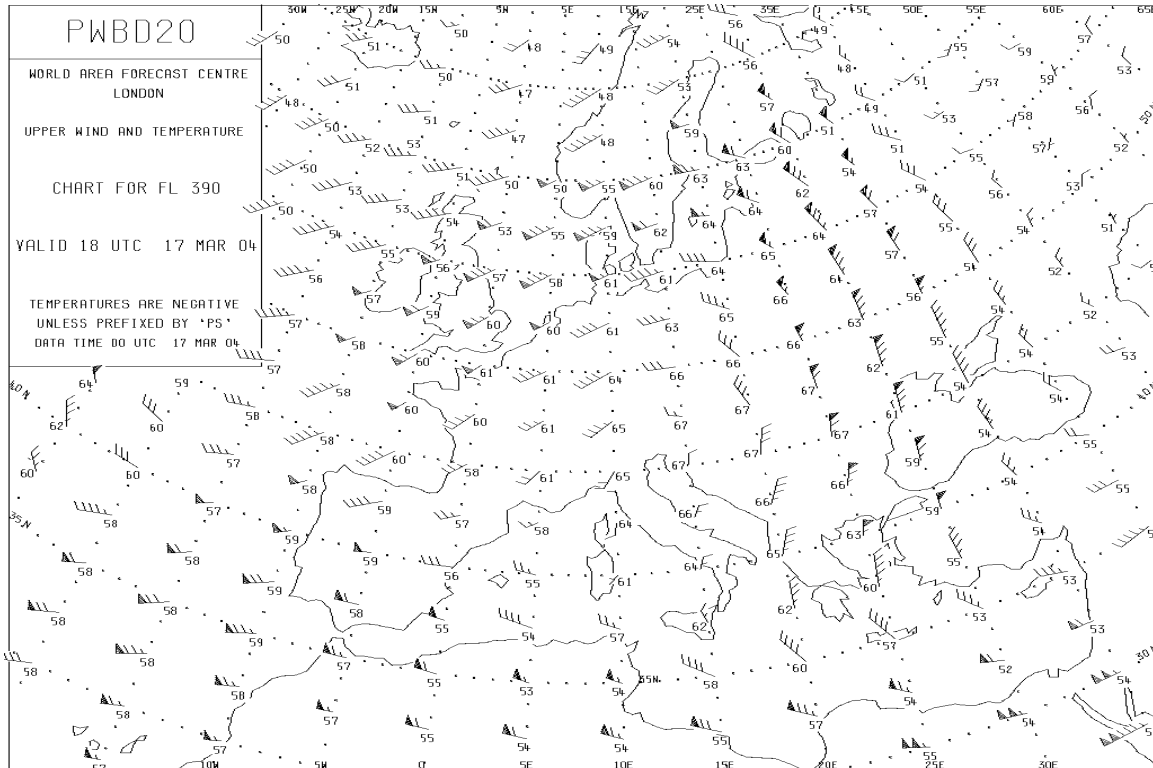
Temperatura OAT pozwala określić stopień zagrożenia oblodzeniem na danej wysokości (Poziomie lotu – Flight Level).



# 61. Analiza i prognozowanie pogody

## Mapy prognostyczne dla lotnictwa ogólnego

### Mapy górne wiatrów



## 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 depeesz METAR, TAF, GAFOR, GAMET.

**TAF** – jest **prognoza** 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) depezę

### **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” depeze opracowywane są w **:20** i **:50** minucie.

Jeśli w okresie między kolejnymi publikacjami nastąpią, istotne dla bezpieczeństwa zmiany warunków

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

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

Przedstawione zostaną na przykładzie  
METAR'u

- **Identyfikator:**

1. Rodzaj depeży: **METAR, TAF** lub **SPECI**

1. Lotnisko, czteroliterowy kod ICAO: **EPWA**

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

- **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 sekcje 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.

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

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

Podaje się w stopniach Celsjusza, jeśli wartość jest ujemna przed temperaturą dodaje się **M**.Wartość temperatury zaokrąglą się do pełnego stopnia, jeśli zmierzono równo połówkę, wtedy zaokrąglą 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 depeszy, 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 załęgających poniżej 1500 stóp, przekroczy granicę pomiędzy 4/8 i 5/8 w dowolnym kierunku.

**Znak „=”**, oznacza koniec depeszy

## Przykładowa depeza METAR:



### TAF

**Identyfikator** (tutaj występują różnice):

**TAF EPWA 151000Z 151221**

Rodzaj depezy: **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 Skoordinowany – **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%

### 62. Informacje meteorologiczne dla planowania lotu

Dekodowanie depezy METAR, TAF, GAFOR, GAMET.

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

Jeśli zastosowano symbol **WS** i składnię:

**WS015/30045KT**

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**

## Przykładowa depesza TAF:



**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  
EPPO 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 depech 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 użyciu. 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.*

#### 3. Stan drogi startowej (cd..)

##### **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 than 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

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

**...761 millimeters**

## 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 knots.  
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



Dziękujemy za uwagę.

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

Pozdrawiamy, zespół FTO Ventum Air.