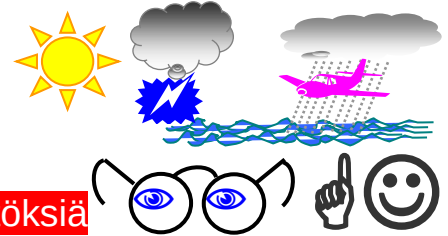


SÄÄOPPI – JOHDANTO

Säätilanteiden vaihtelut muodostavat suurimmat potentiaaliset riskit lentäjille. Kelvotonta säää on aina pidettävä lentämisen esteenä.

Tavoitteet:

- oppia tuntemaan sääilmiöiden taustavoimat
- oppia tekemään omia havaintoja ja johtopäätöksiä
- oppia tulkitsemaan sää tietoja



22012 8000 BR SCT 4500 10/M01 Q1009 NOSIG//

Aiheen painopisteinä ovat:

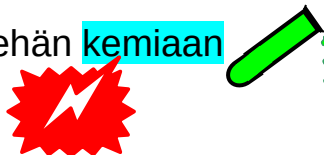
- painesysteemit
- säärintamat
- sää tietojen tulkinta ja sääriskien arviointi.

METEOROLOGISET PROSESSIT

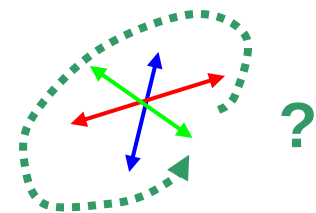
Meteorologia ← Kr. "meteoros" = ilmassa oleva; "logos" = oppi.

Sään vaihtelut perustuvat ilmakehän kemiaan

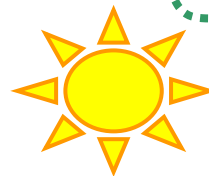
ja eri fysikaalisiin prosesseihin.



Prosessit ovat hyvinkin monitahoisia sisältäen lukuisia sisäisiä riippuvuuksia.

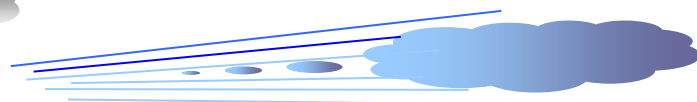


Näissä prosesseissa auringon lämpösäteily on ylivoimaisesti tärkein tekijä.



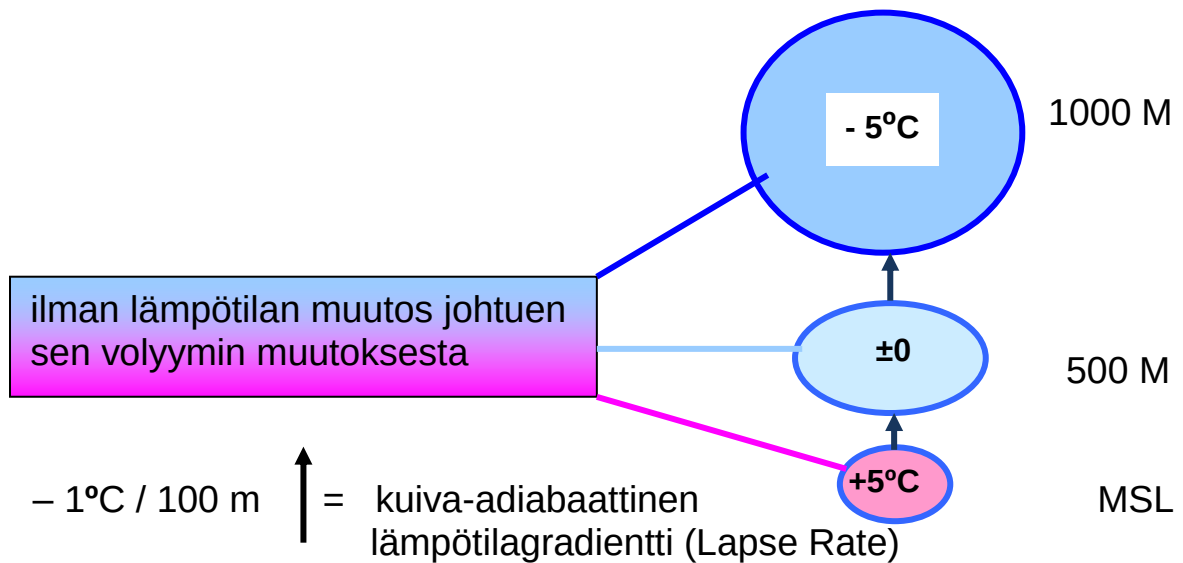
TÄRKEIMMÄT METEOROLOGISET PROSESSIT

1 **Energeettiset** prosessit missä energia muuttuu muodosta toiseen:



esim. lämpöenergia muuttuu tuulen liike-energiaksi

2 **Adiabaattiset** prosessit (Kr. "adiabatos" = "yli-/läpipääsemätön"):

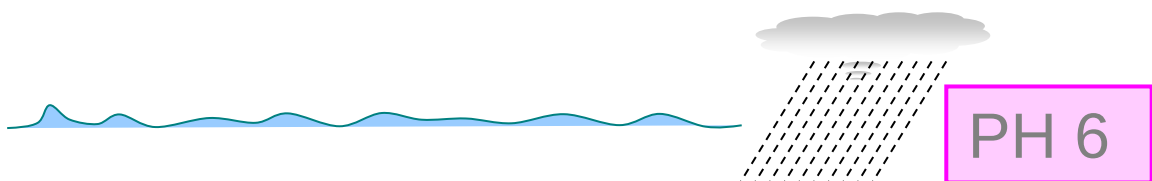


3 **Fysikaaliset** prosessit, esim. veden olomuodon muutokset:

- veden jäätyminen kiinteäksi jääksi, haihtuminen kaasumaiseksi
- höyryn tiivistyminen vesipisaroiksi, härmistyminen jääksi
- jään sulaminen vedeksi, sublimointi kaasumaiseen muotoon

Lisäksi ilmakehän sähköstaattiset purkaukset (ukkonen)

4 Kemiaaliset prosessit, aineiden yhdistelmät ja hajoamistuotteet:

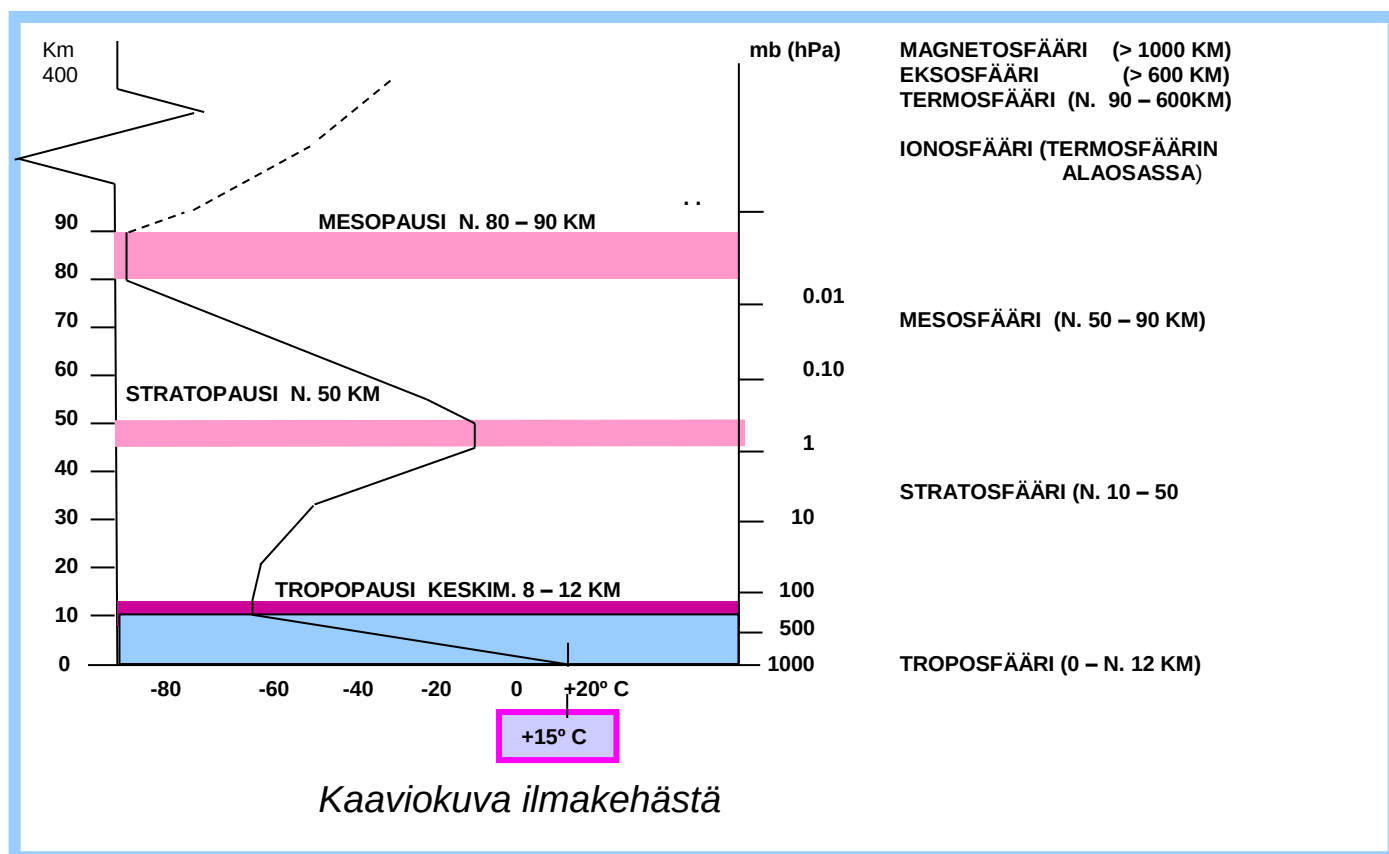


veden happamuus, ilman saastuminen, otsonin hajoaminen jne

ILMAKEHÄ

Maapalloa ympäröi ilmakehä, joka koostuu eri ilmakerroksista:

- Alin kerros on **troposfääri** ja sen yläpuolella on **stratosfääri**
- Troposfäärin ja stratosfäärin välinen rajoittava kerros on **tropopausi**

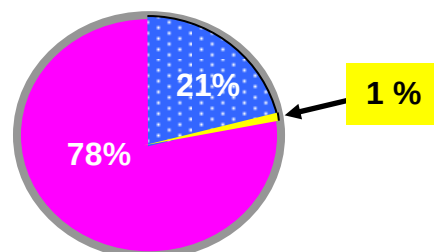


TROPOSFÄÄRI

Troposfäärissä tapahtuvat ne sääilmiöt, jotka koskevat meitä harrastelentäjiä.

Ilmakehä koostuu seuraavista kaasuista:

78 % typpeä
 21 % happea sekä
 1 % argonia, vesihöyryä, hiilidioksiidia jne.



Ilman tärkeimmät ominaisuudet

- lämpötila (esim. °C) }
- kosteus (esim. suhteellinen kosteus %)
- ilmanpaine (voima / pinta-ala, hPa, mmHg)
- tiheys (massa / volyymi, g/m³)

ILMAN TIHEYS (g/m^3)

Ilman **tiheys heikkenee** siirryttäessä kohti **suurempia korkeuksia**.

Tarkkaa ilmakehän ylä-rajaa ei voida kuitenkaan määrittää.

Ilmamolekyylejä löytyy jopa 400 km:n korkeudesta, mutta ne ovat harvassa.

Koska ilma ohenee, vähenee myös hapen osamäärä.

Ilman tiheydellä on suuri merkitys koneen suoritusarvoihin ja lakikorkeuteen:

- kun ilmanpaine nousee, kasvaa myös tiheys.
- kun toisaalta kosteus lisääntyy, vähenee tiheys.
- kun ilman lämpötila nousee, vähenee tiheys.

ICAO:n STANDARDI-ILMAKEHÄ (International Standard Atmosphere, ISA)

Painovoiman kiihtyvyyden arvo on vakio = $980,62 \text{ cm/s}^2$

Lämpötila on **MSL tasolla + 15 ° C** ja ilmanpaine **MSL tasolla 1013,25 hPa**

Pystysuora lämpötilagradientti on - 0,65 ° C / 100 metriä lisää korkeutta

Tropopausin korkeus on keskimäärin 11 km ja sen lämpötila on -56,5 ° C.

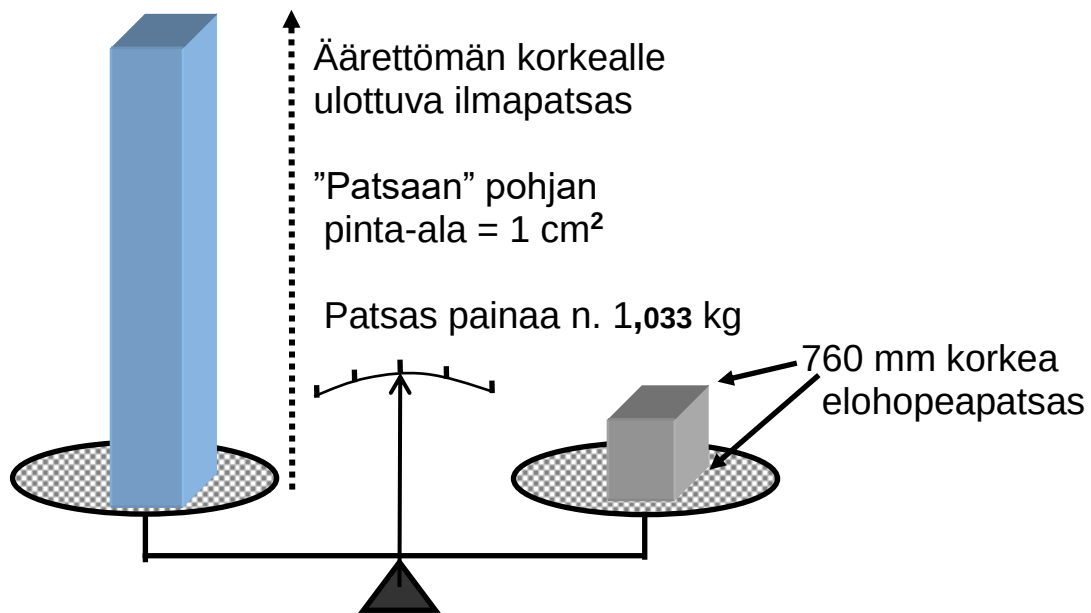
ILMANPAINE - voima / pinta-ala

Ilmanpaine on tietyn korkeuden yläpuolella olevan ilmapatsaan paino/cm².

Ilmanpaine alenee siirryttäessä kohti suurempia korkeuksia

N. 5,5 km korkeudessa ilmanaine on puolet verrattuna MSL tasoon.

Ilmanpaine voidaan mitata mm. elohopea-ilmapuntarilla



Normaaliolosuhteissa pohjapinta-alaltaan 1 cm² ilmapatsas, joka ulottuu ilmakehän ylärajalle saakka, painaa n. 1,03 kg. Tämä vastaa 760 mm korkeata elohopeapatsasta.

Normaali-ilmanpaineeksi on määritelty 760 mmHg = **1013,25 hPa** (mb).

$$[1013,25 \text{ (hPa)} / 100] : 9,8062 \text{ (m/sek}^2\text{)} = 1,0332749 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

ILMANPAINEEN MITTAAMINEN

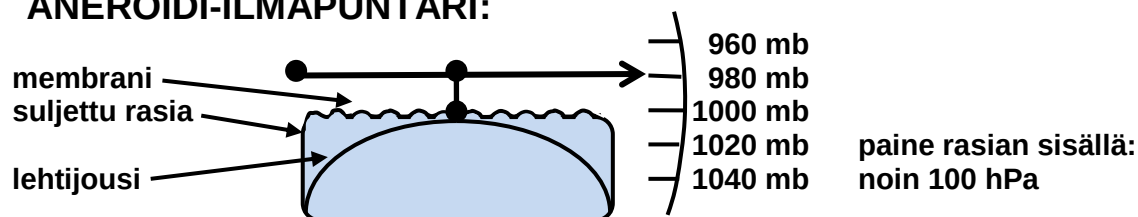
Ilmanpaine mitataan elohopea- tai aneroidi-ilmapuntarilla.

Aneroidi-ilmapuntarissa ilmanpaine vaikuttaa melkein ilmatyhjään rasian pintaan.

Ulkoisen paineen lisääntyessä rasia puristuu kokoon (membrani painuu sisäänpäin), ja paineen vähetessä rasia pullistuu ulospäin.

Tähän periaatteeseen perustuu lentokoneen korkeusmittari.

ANEROIDI-ILMAPUNTARI:



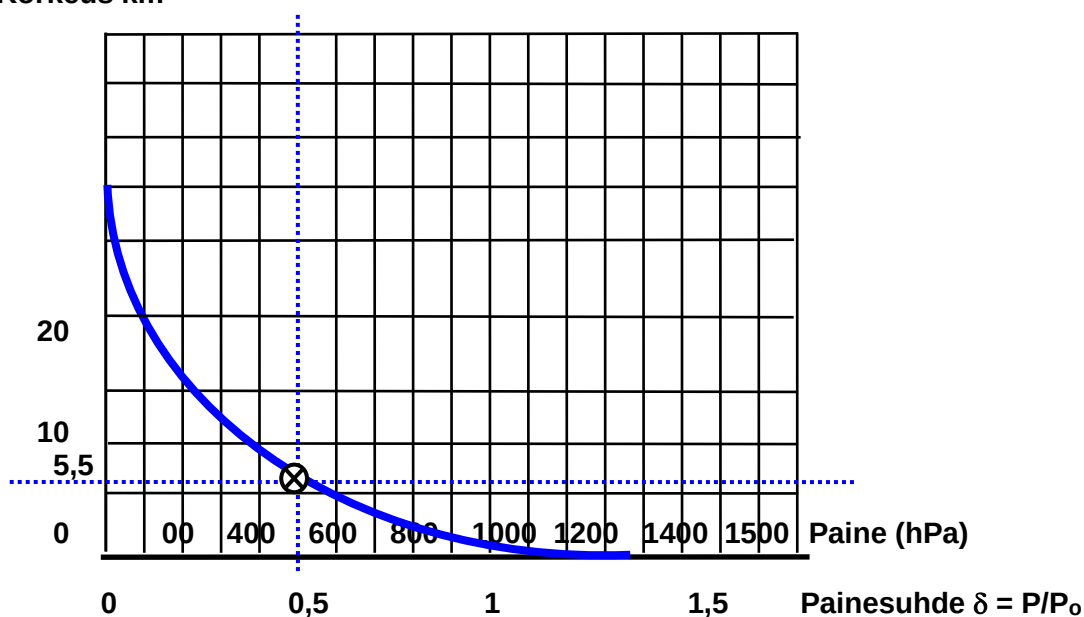
PAINE-ERO VERRATTUNA KORKEUSEROON

Korkeuseron vaikutus ilmanpaineeseen vaihtelee ilmakerroksen korkeudesta riippuen:

Korkeus	Paine	Korkeusero
10 000 m	250 mb	1 mb vastaa n. 26 metriä
5 500 m	500 mb	1 mb vastaa n. 16 metriä
2 500 m	700 mb	1 mb vastaa n. 11 metriä
maanpinta	1000 mb	1 mb vastaa n. 8 metriä

ICAO:n STANDARDI-ILMAKEHÄ - ilmanpaine:

Korkeus km

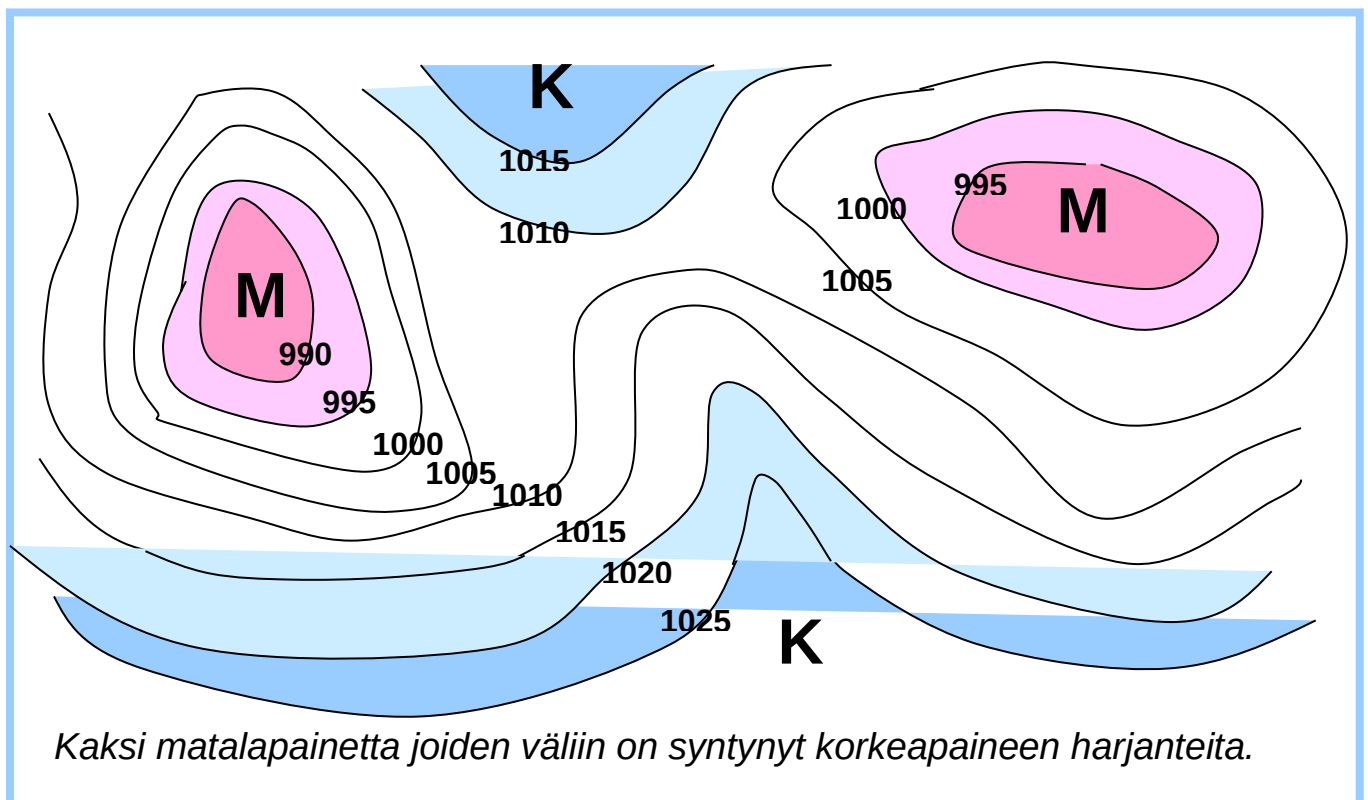


Standardi-ilmakehän mukaan 5,5 km:n korkeudella ilmanpaine on vain puolet MSL:llä vallitsevasta paineesta.

Lennettäessä < 5000 FT tarvitaan tieto **QNH-ilmanpaineesta**. Kun QNH on asetettu korkeusmittariin, se näyttää maassa lentopaikan korkeuden merenpinnasta.

Ilmanpaine kuvataan maanpintakartoissa **isobaareilla** joiden väli on yleensä 5 hPa.

ISOBAARIT – ilmanpaineen vaakasuora jakauma



KORKEUSMITTARIASETUKSET

Korkeusmittari on periaatteessa **ilmapuntari** jolla on paineasetusasteikko.

Korkeusmittarin paineasetukset ovat seuraavat

QFE = **mittari näyttää nolla korkeutta maassa**

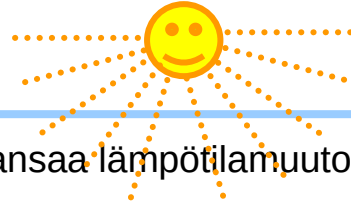
QNH = **mittari näyttää maassa lentopaikan korkeutta suhteessa MSL:aan.**

QNE = standardiasetus, **1013 millibaaria** riippumatta siitä, mikä todellinen ilmanpaine sillä hetkellä ja sillä korkeudella on.

Standardiasetusta käytetään siirtokorkeudella tai sen yläpuolella, käytännössä lennettäessä **yli 5 000 FT/MSL**.

LÄMPÖTILA

Auringon säteily



Tärkein säätekijä on auringon säteily, joka aikaansaa lämpötilamuutoksia

Nämä saavat **ilmamassat liikkeelle** → → → → → →

lämpötilamuutoksista **kosteus haihtuu** ja kosteus **tiivistyy pilviksi.**



Kyseessä on hyvin monitahoiset prosessit, jossa pienikin tekijä voi aikaansaada huomattavan muutoksen säätilaan.

Säätilaan vaikuttavat myös merivirrat – valtamerethän pystyvät varastoimaan hyvin suuria määriä lämpöenergiaa.

LÄMMÖN SIIRTYMINEN

Lämpö siirtyy:

- 1) johtumalla
- 2) säteilyn avulla
- 3) kuljettamalla

konvektio: lämpötilaeroista johtuva lämmön kuljetus **pystysuoraan**

advektio: lämmön/kylmän siirto virtauksen mukana yleensä **vaakasuoraan**

Lämpö siirtyy **lämpimästä kylmempään päin**

LÄMMÖN SIIRTYMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT - LÄMPÖTILAEROT

Ilman lämpötilan vaihteluihin vaikuttavat mm. seuraavat tekijät:

- 1) auringon säteilylämpö
- 2) maanpinnan ulossäteily
- 3) maanpinnan kyky absorboida lämpöä
- 4) pilvisyys – heikentää maanpinnan ulossäteilyä

LÄMPÖTILAN VAAKASUORA JAKAUMA

Vaakasuoraan syntyy huomattavia lämpötilaeroja (lämmön absorbointi).

Ilmakehä heikentää auringon lämpösäteilyä, toisaalta ulossäteilyä yöllä

Maanpinnan lämpeneminen riippuu siitä, missä kulmassa lämpösäteily kohdistuu maahan.

Lämpötilan (max / min) vuorokausivaihtelut:

- maksimi esiintyy maanpinnalla normaalisti n. klo 15 iltapäivällä
- minimi esiintyy yleensä heti ennen auringonnousua

ILMAKEHÄN PYSTYSUORA LÄMPÖTILAJAKAUMA

Lämpötilan pystysuora jakauma määrää ilmakerroksen tasapainotilan, josta pystysuorat ilmavirtaukset puolestaan riippuvat

Troposfäärissä lämpötila laskee normaalisti kohti suurempaa korkeutta, mutta lämpötilan muutoksessa esiintyy kuitenkin joukko epäjatkuvuuksia.

Lämpötilan muutos määrättyä korkeuseroa kohden on nimeltään pystysuora lämpötilagradientti, ja se ilmaistaan °C:ssa per 100 metrin korkeuseroa kohden.

Jos lämpötila laskee siirryttäessä kohti suurempia korkeuksia, gradientti on miinusmerkkinen.

ISOTERMISET KERROKSET JA INVERSIOT

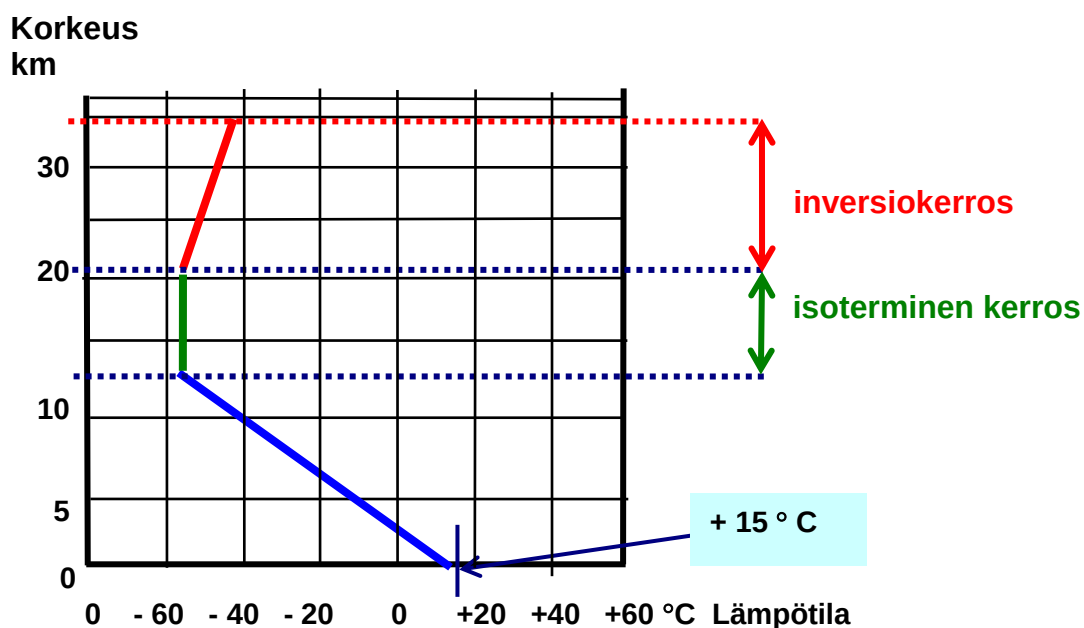
Isotermisessä kerroksessa lämpötila ei muutu korkeuden lisääntyessä,

Joissakin kerroksissa paikallinen gradientti voi olla + merkkinen, silloin kyseessä on inversiokerros.

Inversioita on kahta päätyyppiä:

- maanpintainversio joka syntyy maanpinnan ulossäteilyn tuloksena, jolloin jäähtyminen rajoittuu pintakerrokseen.
- yläinversiot jotka liittyvät säärintamiin, joissa muodostuu rajapinta kahden erilaisen ilmamassan väliin.

ICAO:n standardi-ilmakehä - lämpötila



LÄMPÖTILAN MITTAAMINEN

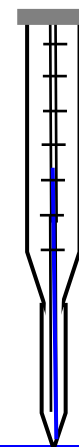
Lämpötila voidaan ilmaista eri asteikoilla, esimerkiksi:

	jään sulamis- lämpötila	ICAO:n std lämpötila MSL	veden kiehumis- lämpötila
Celsius	0° C	+ 15° C	+100° C

- Lämpötila alenee siirryttäessä kohti suurempia korkeuksia

- Lämpötila on n. 5000 FT:ssa laskenut +5,09° C:een = -0,65°C/100m.

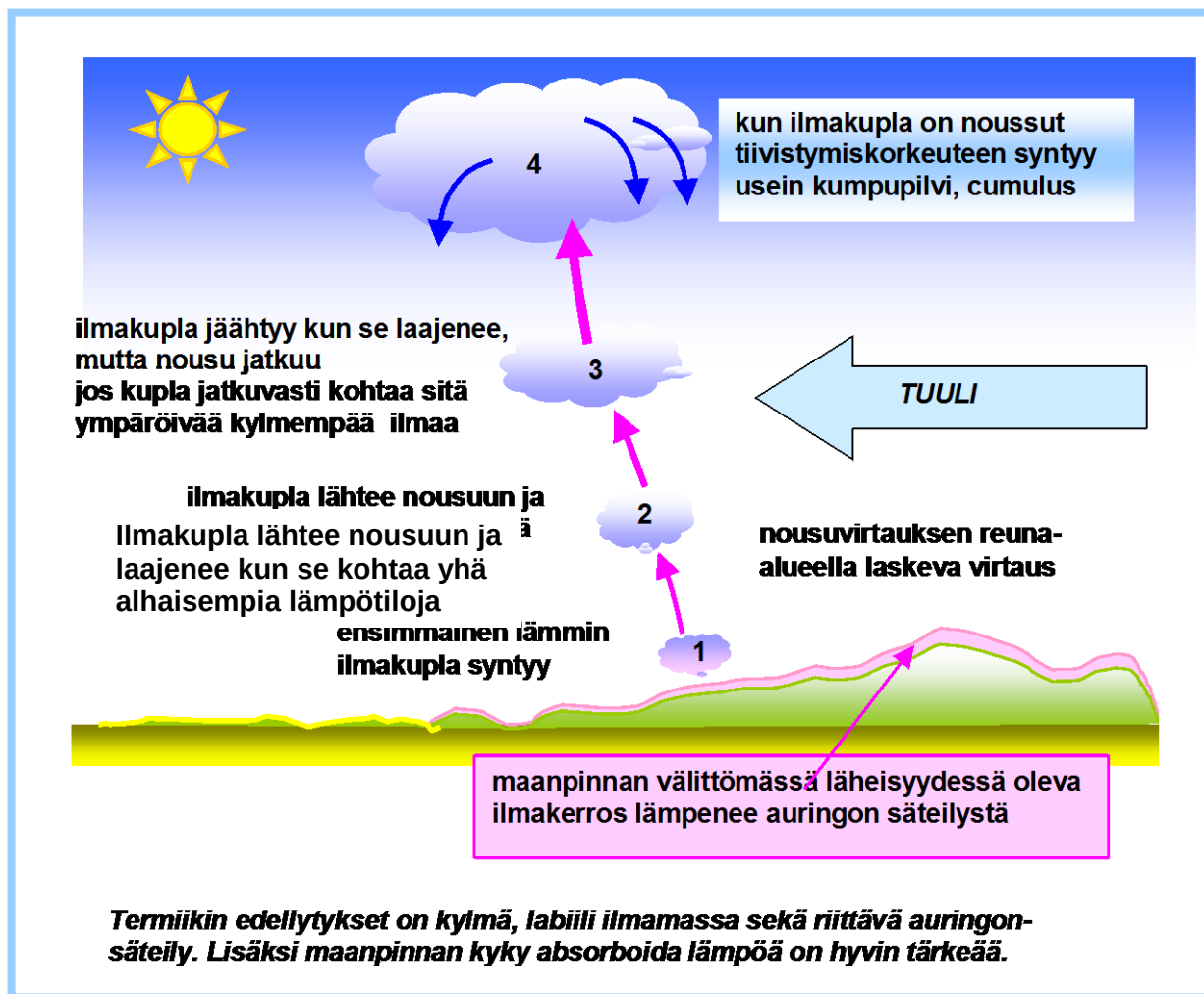
- Keskimääräisen merenpinnan tasolla oleva normaali-lämpötila = + 15° C.



Ilman tasapainotila voi olla.

- vakaa (stabiili) → Vallitsee "rauhallinen lentokeli" ellei tuuli ole kovaa
- epämääräinen (indifferentti), tai → Ilmassa on jonkin verran puuskia
- epävakaa (labiili). → Ilmassa on pystysuoria ilmavirtauksia ja puuskia

TERMIIKIN SYNTYMINEN



ILMAN KOSTEUS - OMINAISUUDET JA MÄÄRITELMÄT

Ilman kosteus on ilman sisältämän vesihöyryn määrä ja sen absoluuttinen kosteus (g/m^3) vaihtelee n. $0 \rightarrow 4 \text{ \text{‰}}$:iin.

Ilman kosteus esiintyy kolmessa olomuodossa:

kaasumaisena näkymättömänä
vesihöyrynä



nestemäisenä eli vetenä sade- ja
sumupisaroina



kiinteässä olomuodossa jääkiteiden, rakeiden ja
lumen muodossa.



Veden muuttuminen olomuodosta toiseen

Kosteuden siirtyminen olomuodosta toiseen tapahtuu seuraavasti:

- a) vesi haihtuu kaasuksi $\leftarrow \rightarrow$ kaasu kondensoituu (tiivistyy) vesipisaroiksi
- b) jää sulaa vedeksi $\leftarrow \rightarrow$ vesi jäätyy kiinteäksi jääksi tai lumeksi
- c) jää sublimoituu suoraan kaasuksi $\leftarrow \rightarrow$ kaasu härmistyy jääksi

VESIHÖYRYN OSAPAINE JA KYLLÄSTYSPAINEN

Ilman sisältämällä vesihöyryllä on oman osuutensa ilmanpaineeseen.

Mitä enemmän ilmassa on vesihöyryä sitä suurempi on **vesihöyryn osapaine**.

Kun vesihöyryn osapaine saavuttaa määrätyn kriittisen arvonsa eli kyllästyspaineen, vesihöyry alkaa tiivistyä näkyviksi vesipisaroiksi.

SUhteellinen Kosteus JA VESIHÖYRYN KYLLÄSTYSPAINEN

Ilman suhteellista kosteutta voidaan mitata hiushygrometrillä.

Vesihöyryn kyllästyspaine riippuu **vesihöyryn määrästä ja ilman lämpötilasta**:

- **lämmin ilma pystyy sisältämään runsaasti vesihöyryä (näkymätöntä)**
- **kylmä ilma on erittäin kuivaa**

Vesihöyry saavuttaa **kyllästystilansa** jos:

- vesihöyryn **määrä** tilavuusyksiköissä kasvaa riittävän suureksi
- ilma **kylmenee** riittävästi

Kyllästystilassa, oleva vesihöyryn suhteellinen kosteus on 100 %.

Kun ilmassa olevan **vesihöyryn määrä pysyy vakiona**:

- jos ilma **lämpenee**, suhteellinen **kosteus laskee**
- jos ilma **jäähtyy**, suhteellinen **kosteus nousee**

Suhteellinen kosteus on ilman sillä hetkellä sisältämän vesihöyryn osapaineen ja kyllästyspaineen välinen suhde (prosenttina).

KASTEPISTE (Dew Point)

Kastepiste on se **lämpötila** missä ilman sisältämä vesihöyry saavuttaa **kyllästystilan**.

Mitä enemmän ilma sisältää vesihöyryä, sitä pienempi on **ilman lämpötilan ja kastepisteen välinen ero**.

Lämpötilan ja kastepisteen välisen **eron väheneminen** tapahtuu seuraavasti:

- a) kun ilma jäähtyy
- b) kun ilman lämpötila ei muutu mutta absoluuttinen kosteus kasvaa
- c) kun ilma jäähtyy samalla kun sen absoluuttinen kosteus kasvaa

KONVEKTIIVINEN TIIVISTYMISKORKEUS



Kun ilman lämpötila ja kastepiste lähestyvät toisiaan riski sumun syntymiselle kasvaa. Pilvikorkeuden voi helposti laskea suurin piirtein kaavasta:

$$125 \times (t - t')$$

missä t = maanpinnalla olevan ilman lämpötila ja

t' = kastepiste.

$$\text{esim. } 125 \times (11^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}) = 125 \times 6 = 750 \text{ m} \approx 2500 \text{ FT}$$

ALIJÄÄHTYNEET VESIPI SARAT

Vaikka puhdas vesi jäätyy 0°C :ssa, esiintyy ilmakehässä nestemäistä kosteutta esim. ukkospilvissä, vaikka lämpötila on alle -20°C .

Alijäähtyneet vesipisarot syntyvät **lämpimän rintaman** jälkeisessä **kosteassa ilmassassa**, joka sataa pakkaspuolella olevan ilmakerroksen läpi.

Alijäähtyneet vesipisarot pysyvät ehjinä mm. ilman epäpuhtauksien vaikutuksesta **jos niihin ei kohdistu mitään ulkoista häiriötä**.

Alijäähtyneen sateen riski on suurimmillaan kevättalvella ja alkukeväällä sekä myöhäissyksyllä ja alkutalvella **lämpötilan ollessa maassa lähellä nollaa**.

ILMAN TIHEYS – yleistä

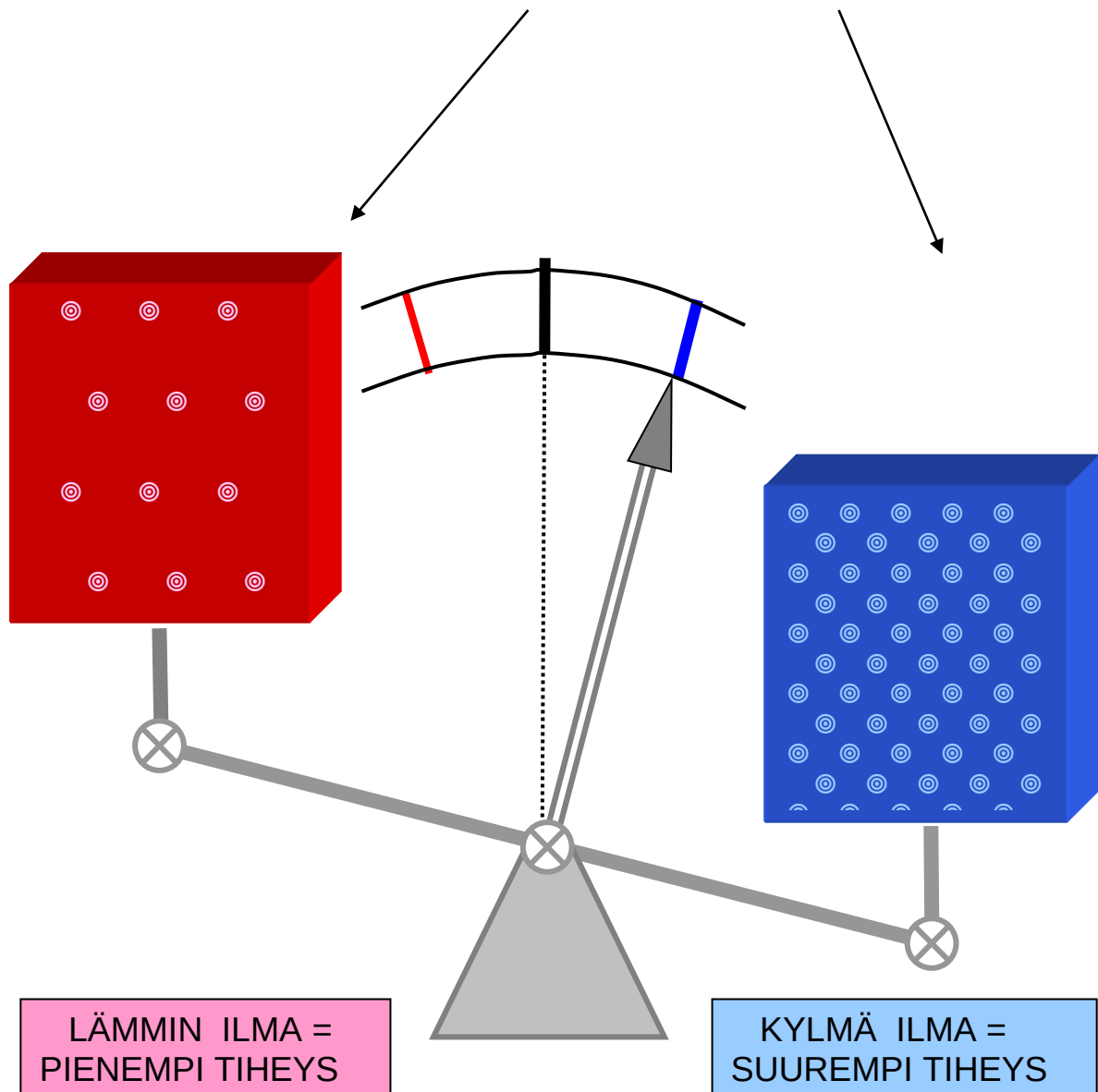
Ilman tiheys alenee korkeuden lisääntyessä.

Ilman tiheys on merenpinnan tasolla $1,225 \text{ kg/m}^3$. Kun on noustu 6 500 metrin korkeuteen tiheys on alentunut puoleen tästä arvosta.

Tarkkaa ilmakehän ylärajaa ei voida määrittää. Korkeuden lisääntyessä vähenee myös hapen osamäärä.

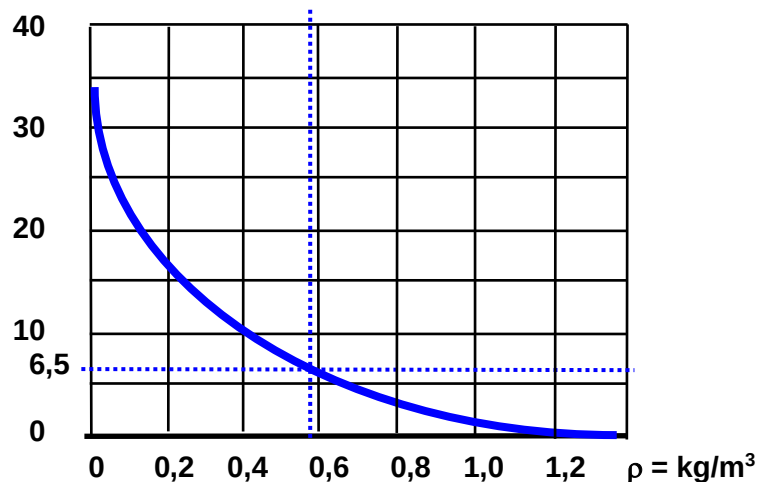
Ilman tiheydellä on suuri merkitys lentokoneen suoritusarvoille.

ILMAN TIHEYS = kg/m^3 : **Lämmin ilma** on **kylmää ilmaa** kevyempää



ICAO:n standardi-ilmakehä - tiheys

Korkeus km



tiheys 6500 metrissä = $0,6125 \text{ kg/m}^3$ = puolet vrt. MSL

PAINEKORKEUS JA TIHEYSKORKEUS

Tiheyskorkeus on ilman tiheyden mitta, jota käytetään kun vertaillaan vallitsevan ilman tiheyttä ICAO:n standardi-ilmakehän vastaavan arvoon.

Jos vallitseva tiheys on ICAO:n standardi-ilmakehän tiheyttä alhaisempi (ilma on huokoisempaa), sanotaan että tiheyskorkeus on suuri.

Suuri tiheyskorkeus = kone käyttäytyy niin kuin se lentäisi todellista korkeutta suuremmalla korkeudella.

Pieni tiheyskorkeus = kone käyttäytyy kuin se lentäisi todellista korkeutta alempana.

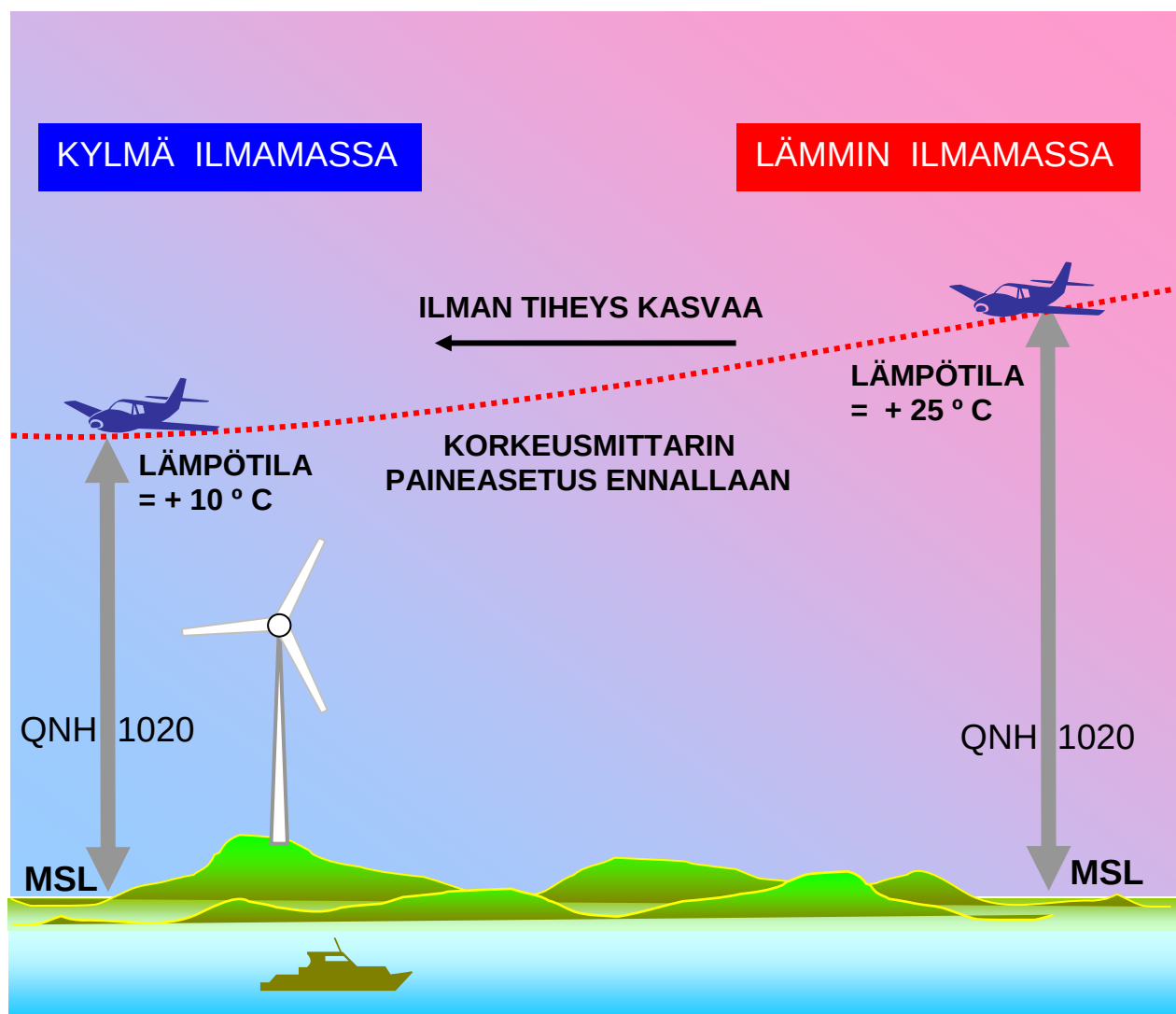
JOHTOPÄÄTÖKSIÄ FYSIIKAN YLEISESTÄ KAASULAISTA

Paineen, lämpötilan ja tiheyden välinen yhteys: Kun tiheys muuttuu:

Ilmanpaine nousee → tiheys kasvaa
 Lämpötila nousee → tiheys vähenee
 Kosteus lisääntyy → tiheys vähenee

(ilman kosteuden vaikutus tiheyteen on tosin melko vähäinen).

LÄMPÖTILAN VAIKUTUS TOSIKORKEUTEEN – paikalliset painevaihtelut



Lennettäessä lämpimästä ilmassasta kylmään, korkeusmittarin näyttämä ei muutu, mutta **tosikorkeus vähenee.**

Lentokone seuraa painekäyriä, jotka tihtenevät kun lämpötila laskee – kun ilma kylmenee, painekäyrät tiivistyvät kohti maanpintaa.

PAINESYSTEEMIT – Ilmanpaineen pystysuora jakauma

Ilmanpaineen pystysuora jakauma riippuu sekä paineesta että lämpötilasta.

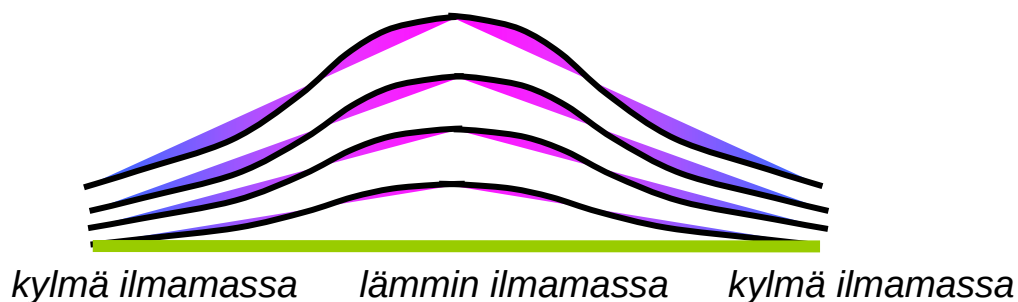
Ilmakehässä esiintyy sekä lämpimiä että kylmiä matalapaineita ja vastaavasti sekä lämpimiä että kylmiä korkeapaineita.

Lisäksi on ainakin teoreettisesti mahdollista, että tiettyyn ilmakerrokseen syntyy tasainen pystysuora lämpötilajakauma ko. painesysteemissä.

995 mb	_____	450 FT
1000 mb	_____	300 FT
1005 mb	_____	150 FT
1010 mb	_____	maanpinta

Tasainen lämpötilajakauma ilmakerroksessa

LÄMPÖTILAEROJEN VAIKUTUS PAINEKUVIOON (POIKKILEIKKAUS)



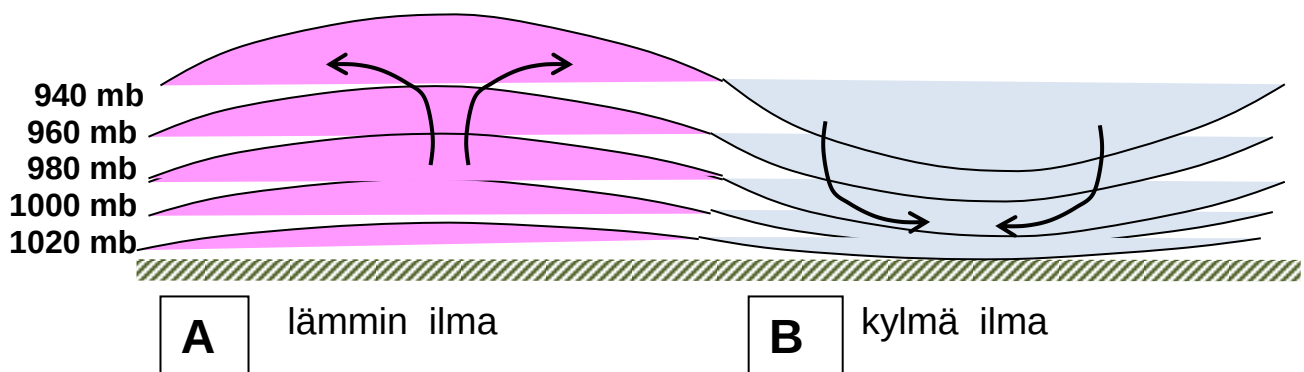
TERMINEN TUULI (1)

Siirryttäessä kohti suurempaa korkeutta ilmanpaine laskee jyrkemmin (esim. °C / 100 m) kylmässä ilmassa kuin lämpimässä.

Kylmässä ilmassa isobaarit "pakkautuvat" tiheämmin kohti maanpintaa kuin lämpimässä ilmassa.

Oletus:

Maanpinnalla vallitsee sama ilmanpaine paikassa A ja B.



Ilmamassat:

1) Lämmin ilmamassa on lämpimämpi kuin sen alusta.

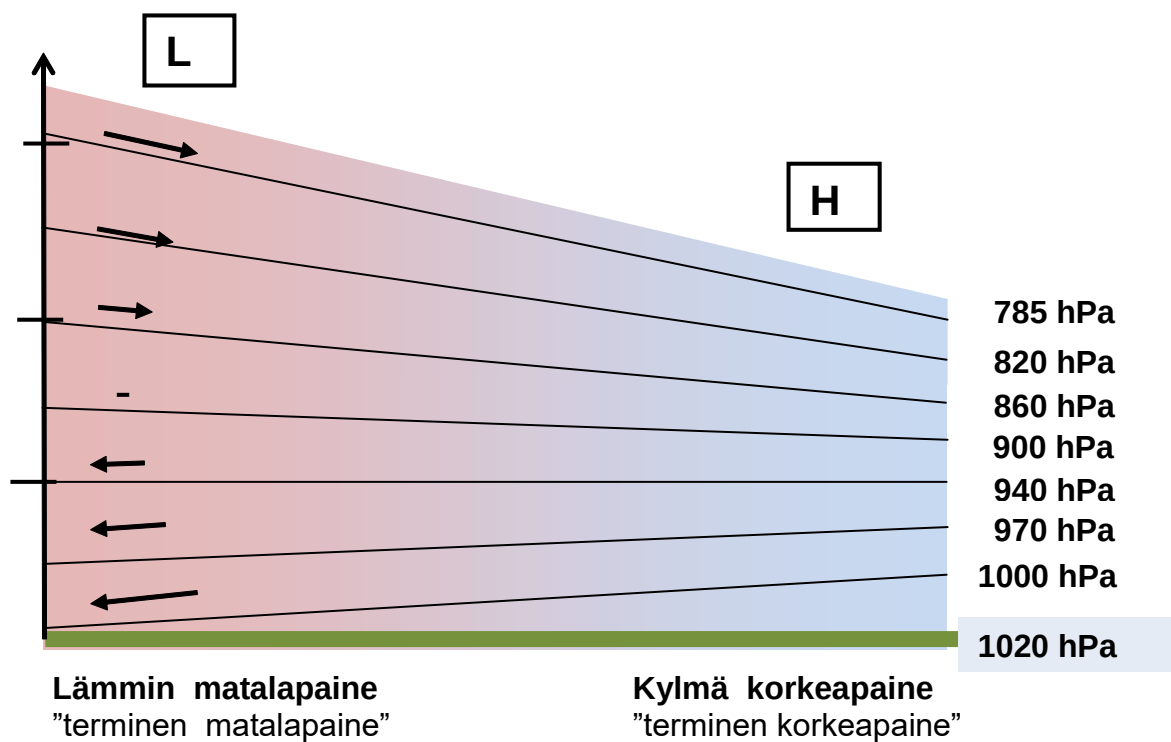
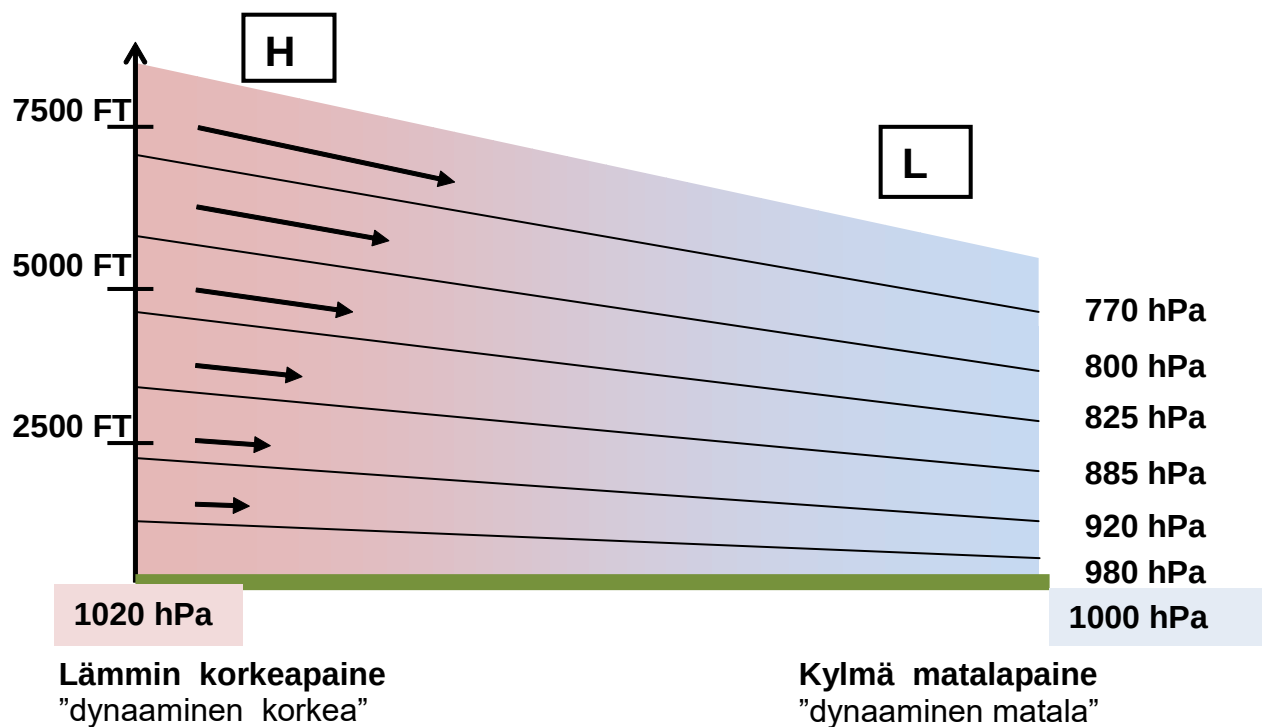
2) Kylmä ilmamassa on kylmempi kuin sen alusta.

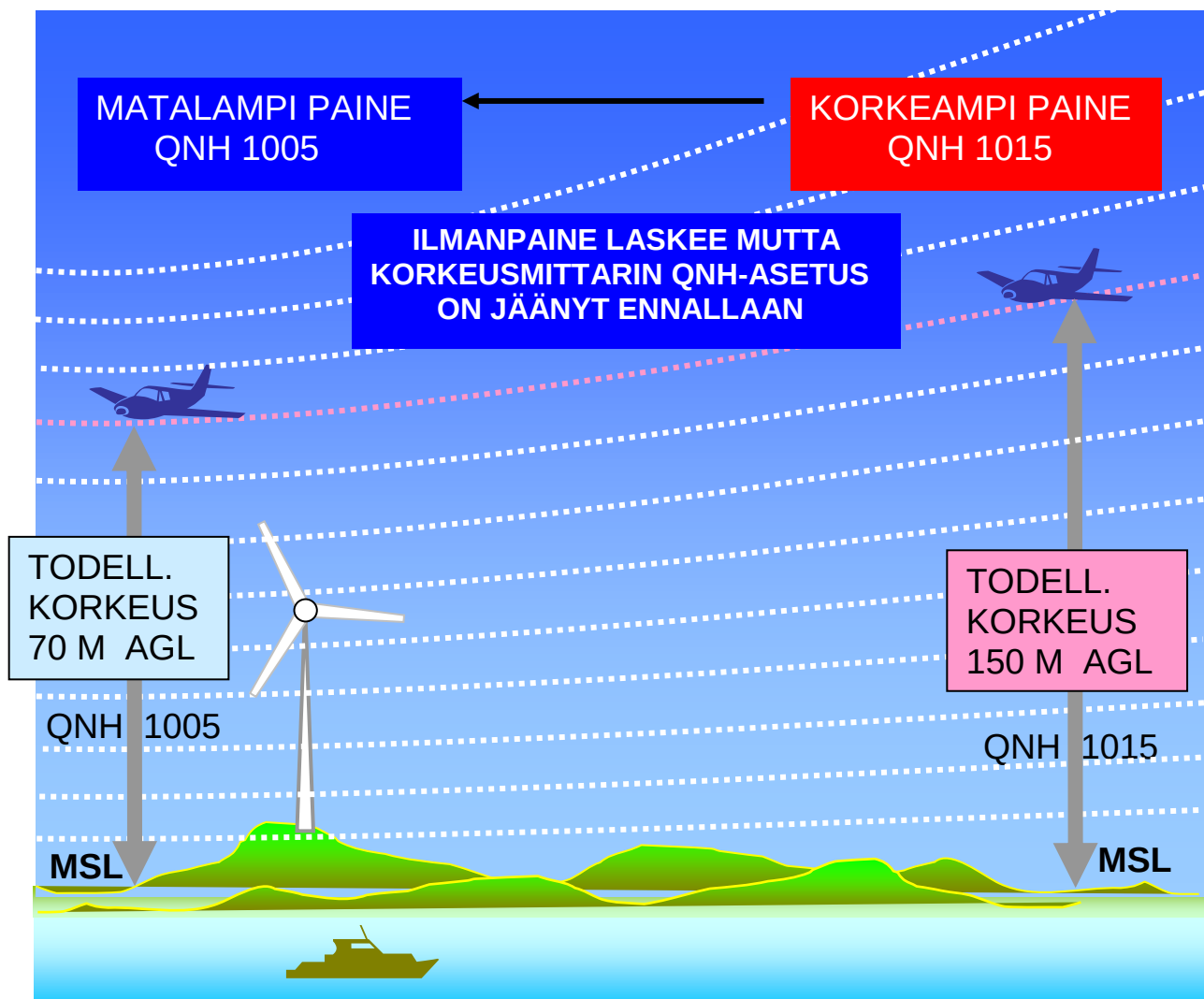
Alustalla tarkoitetaan:

a) maan- /veden- tai merenpintaa taikka

b) ilmakehän alinta pintakerrosta.

TERMINEN TUULI (2)



ILMANPAINEEN VAIKUTUS TOSIKORKEUTEEN

Lennettäessä korkeammasta ilmanpaineesta matalampaan samalla mittarikorkeudella, (QNH tarkistamatta) **tosikorkeus vähenee.**

Ilmanpaineen muutos reitillä edellyttää muuttuneen ilmanpaineen, **uuden QNH:n asettamista korkeusmittariin** jotta todellinen lento-
korkeus ei tahattomasti pääsisi muuttumaan.

Ellei tarkisteta paineasetusta lentokone "seuraa" painekäyriä.

ILMAMASSAT

KYLMÄ ILMAMASSA

Kylmä ilmassa on ilma, joka on **kylmempi kuin sen alusta.**

Massan **alimmat ilmakerrokset lämpenevät** maanpinnan ulossäteilystä.

Lämpenemisestä ne laajenevat ja niiden tiheys vähenee.

Kun tiheys vähenee ne kevenevät ja lähtevät nousemaan.

Tällöin syntyy nousuvirtauksia ja laskevia (konvektio).

Silloin ilmakerroksen tasapainotila on **labiili** (epävakaa).

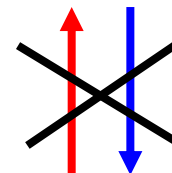


LÄMMIN ILMAMASSA

Lämmin ilmassa on ilma, joka on **lämpimämpi kuin sen alusta.**

Kun lämmin ilma siirtyy kylmän alustan päälle, **massa stabilisoituu.**

Ilman pystysuorat liikkeet lakkaavat



TUULET

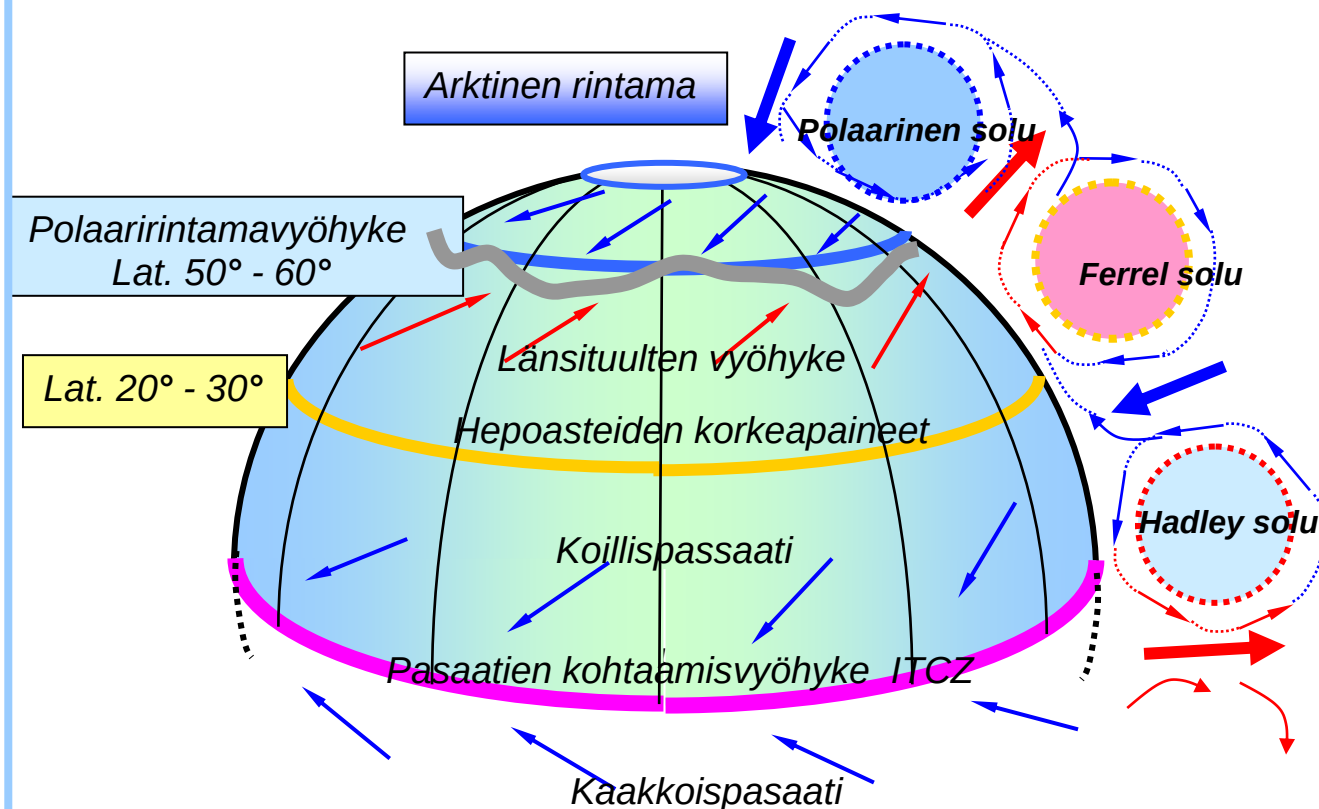
Tuulien pääryhmät:

Yleinen kiertoliike – kolmen tuulisolun malli

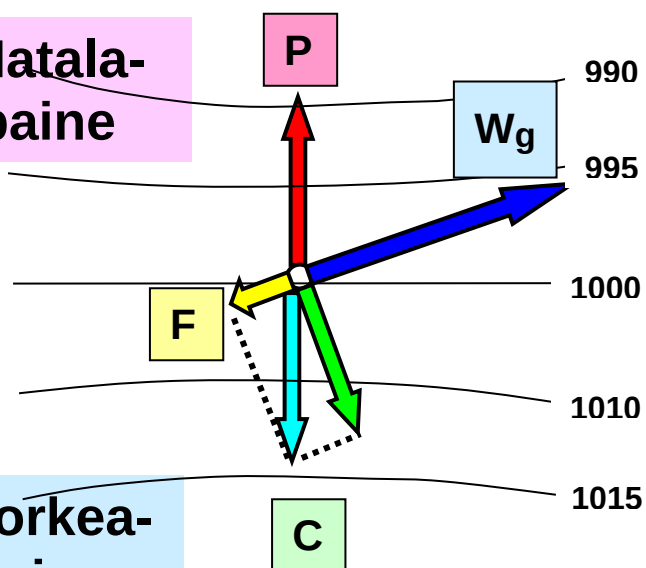
Vapaan ilmakehän tuulet – virtaus kitkakerroksen yläpuolella

Paikalliset tuulet – vuorokausivaihtelut ja maantieteelliset tekijät

ILMAKEHÄN YLEINEN KIERTOLIIKE - KOLMEN SOLUN TEORIA



**Matala-
paine**



**Korkea-
paine**

P = painegradienttivoima

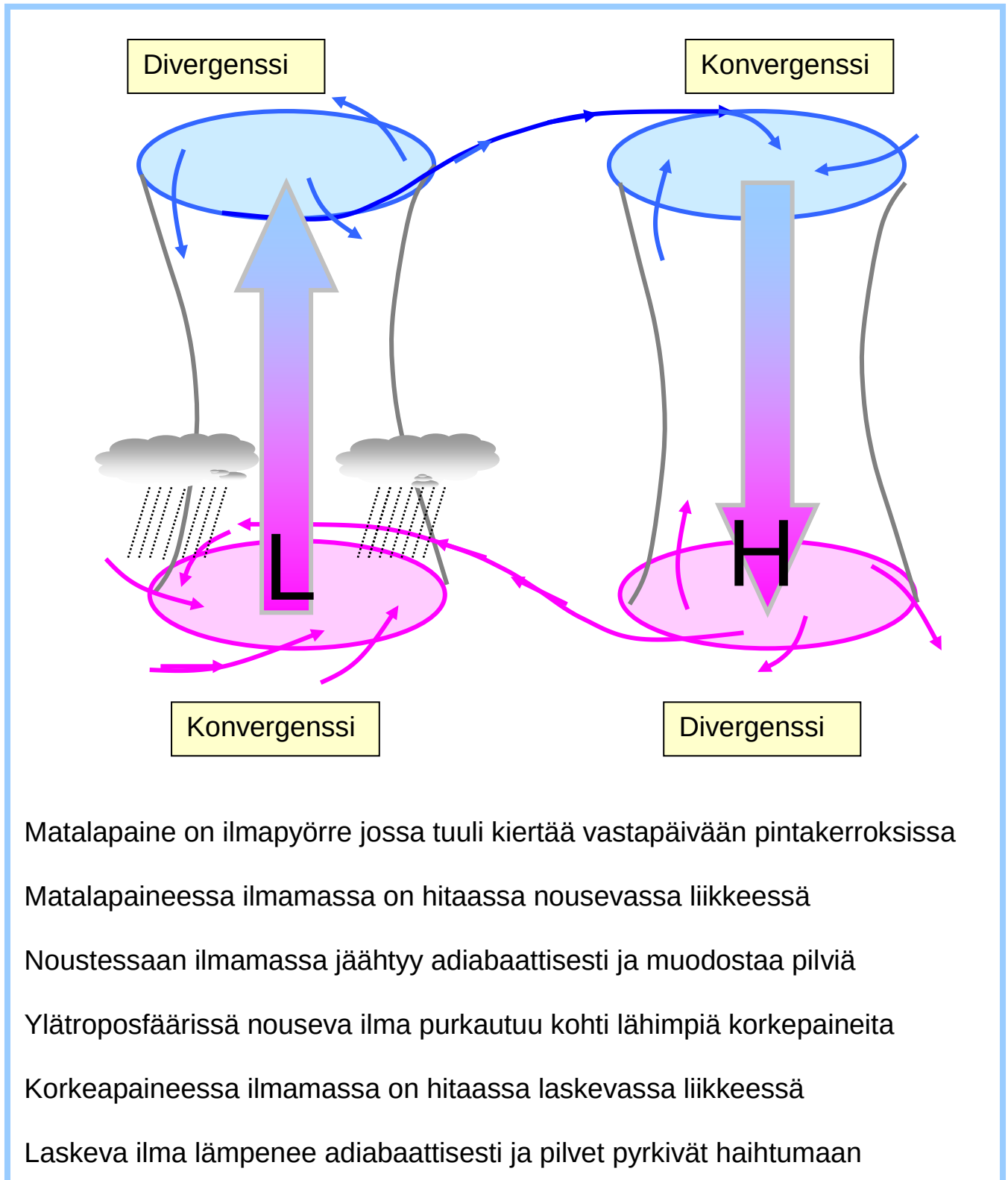
F = kitkavoima

C = Coriolisvoima

W_g = Gradientt virtaus

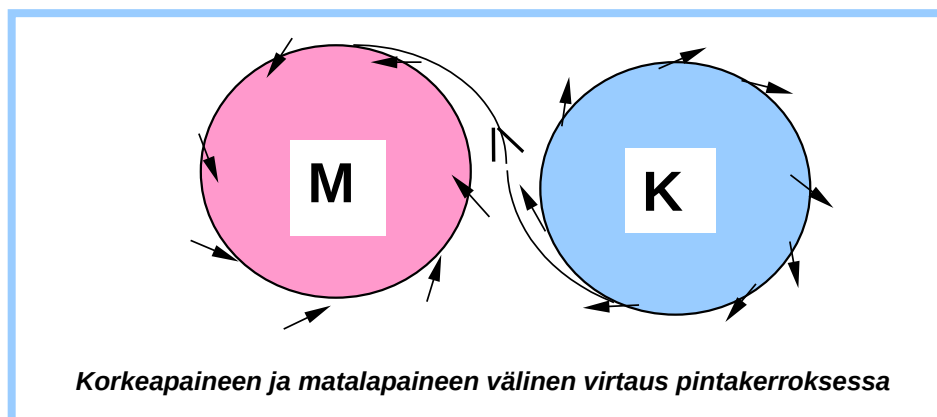
F = Kitkavoima

TUULEN JA PAINEKENTÄN SUHDE - TUULISÄÄNTÖ



BUYS-BALLOT'n TUULISÄÄNTÖ

Kun seistään selkä tuuleen päin, matalampi ilmanpaine on vasemmalla edessä.



TUULIGRADIENTTI KITKAKERROKSESSA

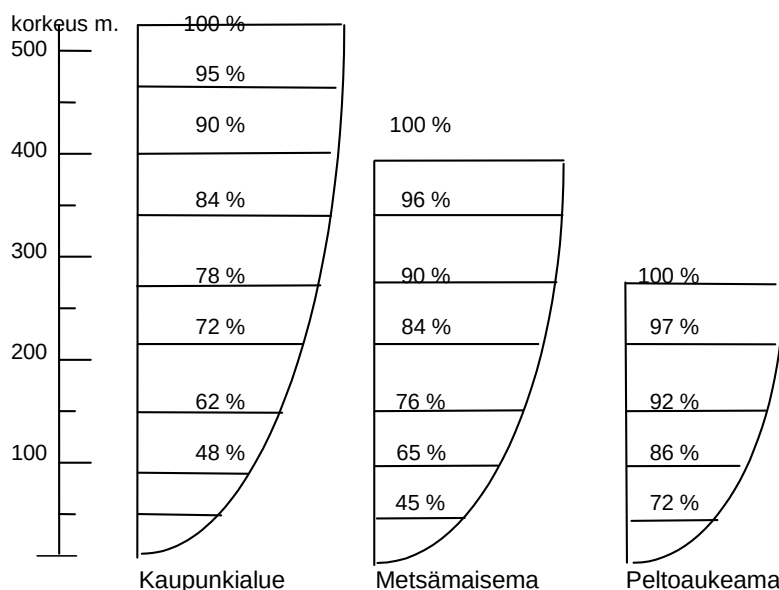
Maanpinnan kitka vaikuttaa tuulen nopeuteen, etenkin pintakerroksessa.

Tämä vaikutus on voimakkainta **kohtalaisen tai kovan tuulen aikana**.

Lähestymisen loppuvaiheessa kovassa vastatuulella koneen ilmanopeus saattaa laskea liikaa tuuligradientin vaikutuksesta aiheuttaen **sakkausvaaran**.

Laskuun tultaessa kovassa tuulella täytyy kiinnittää erityistä huomiota **lentonopeuden säilyttämiseen**.

(tuulen nopeus %:ssa kitkakerroksen ylärajalla puhaltavasta tuulesta)



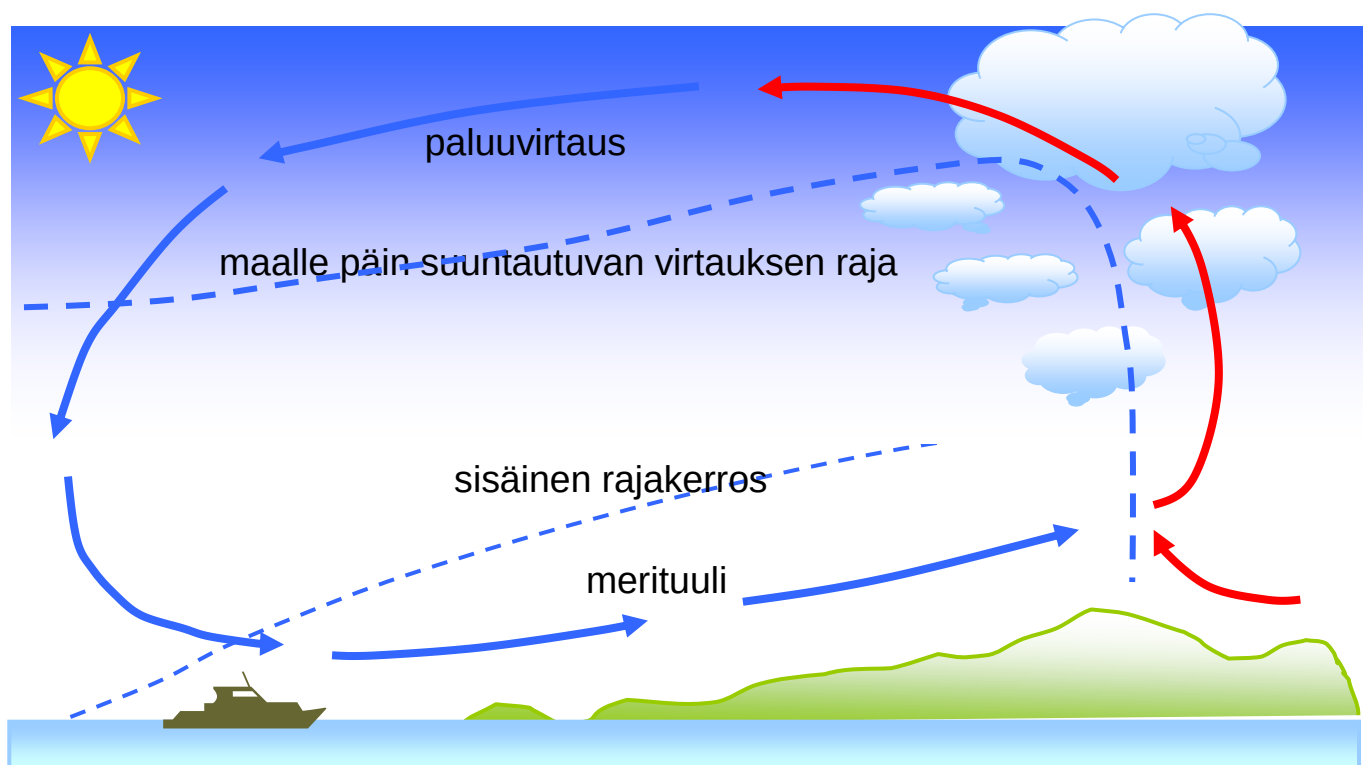
Tuulen nopeusprofiili ja vastaava tuuligradienntti eri maasto-olosuhteissa

PAIKALLISET TUULET – jaottelu

- A) Vuorokausivaihteluista riippuvat tuulet: Merituuli ja maatuuli
- B) Maantieteellisistä tekijöistä riippuvat tuulet:
 - rinnetuulet
 - föhn-tuulet
 - mekaaninen ja terminen turbulenssi
 - vuori- ja laaksotuuli
 - aaltovirtaukset
- C) Ylätroposfäärin tuulet: Jet-virtaukset ja kirkkaan ilman turbulenssi
- D) Vuodenaikaan ja maanosiin sidotut tuulet: Monsuuni, mistral, scirocco jne

MERITUULI – yleinen kuvaus

- merituuli virtaa matalassa kerroksessa mereltä kohti rannikkoa
- syntyy kun meren pinta on yli 5° kylmempi kuin maanpinta
- syntyy kun pilvisyys on enintään puolipilvistä ja maassa on termiikkiä
- syntyy kun gradienttivirtaus merelle < 8 m/s tai maalle > n. 5 m/s.



MERITUULEN OMINAISUUDET

Merituulen **ilmamassa on vakaa** ja virtaa matalassa pintakerroksessa

Mitä suurempi meren ja mantereen välinen **lämpötilaero** on, sen voimakkaampi on merituuli.

Merituuli **on voimakkainta rannikon tuntumassa** ja heikkenee sisämaahan päin

Merituuli **on voimakkainta iltapäivällä** ja voi nousta jopa 10 m/sek. nopeuteen

Tuuli ulottuu sisämaahan jopa 60 km ja **loppuu viimeistään auringonlaskuun**

Merituulen paluuvirtaus "valuu" isobaareja pitkin merelle päin ja muodostaa siellä alasvirtauksen, mistä merituuli lähtee liikkeelle

MAATUULI - yleinen kuvaus

Maatuuli syntyy jos mantereella on ollut termiikkiä päivällä

Merenpinta säteilee lämpöä lähimmälle ilmakerrokselle

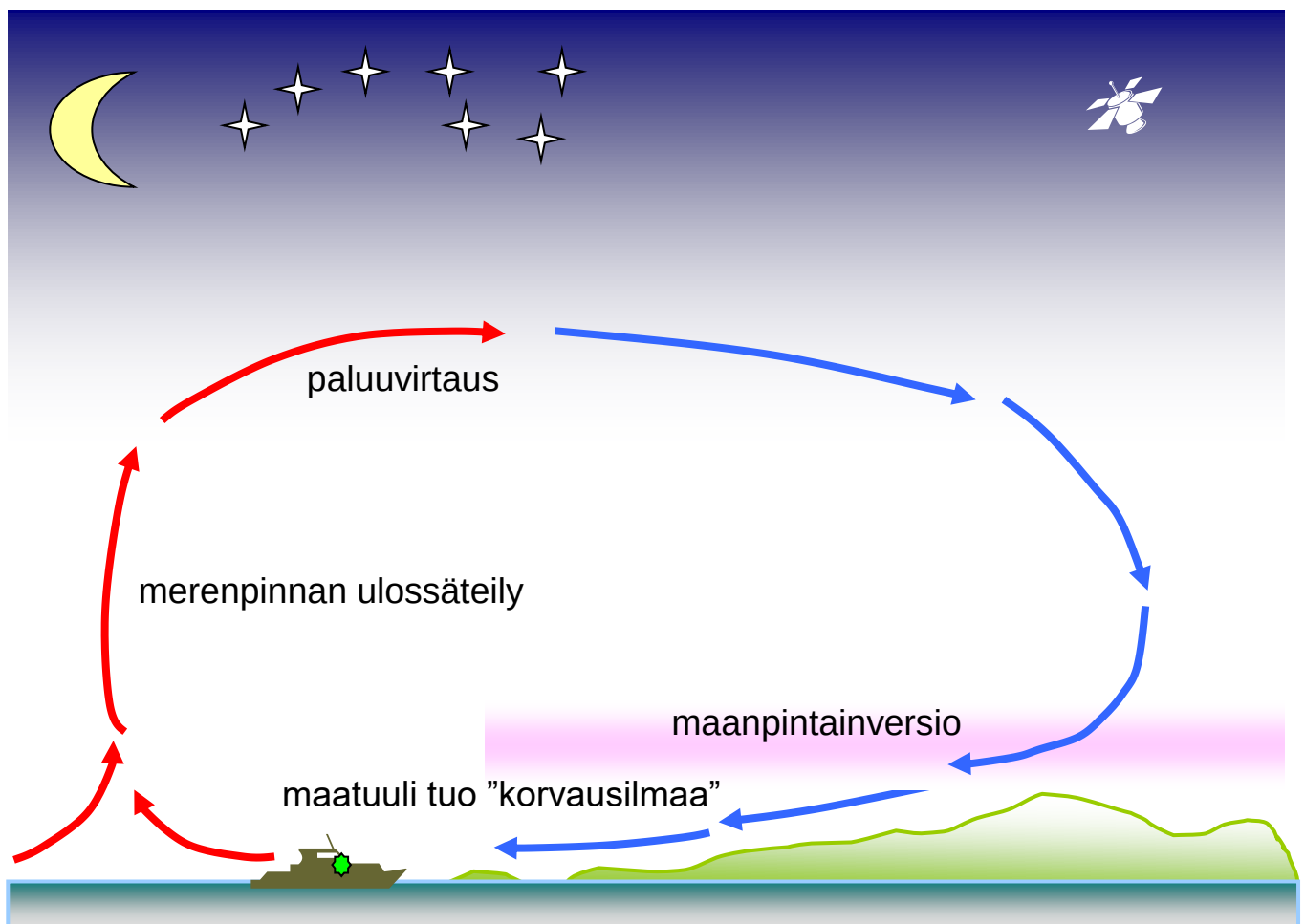
Mantereella jäähtyvät alimmat ilmakerrokset ja inversion vaikutuksesta ilma "valuu" alaspäin ja työntyy mantereelta merelle päin

Näin syntyy merituuleen verrattuna päinvastainen sirkulaatio

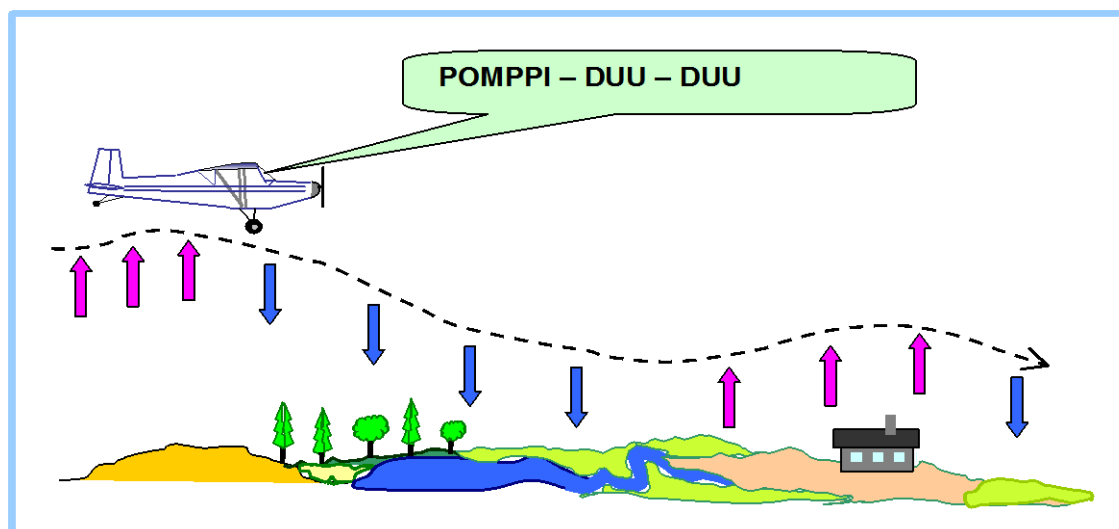
Maatuuli alkaa illalla ja loppuu varhain aamulla.

Maatuulen nopeus on n. 1 - 4 m/s ja mantereella vaikeasti havaittavissa

Selkeinä öinä pintainversio synnyttää tyynen kerroksen maanpinnassa, jonka yläpuolella (yli 10 metrin korkeudessa) maatuuli puhaltaa.



TERMINEN TURBULENSSI

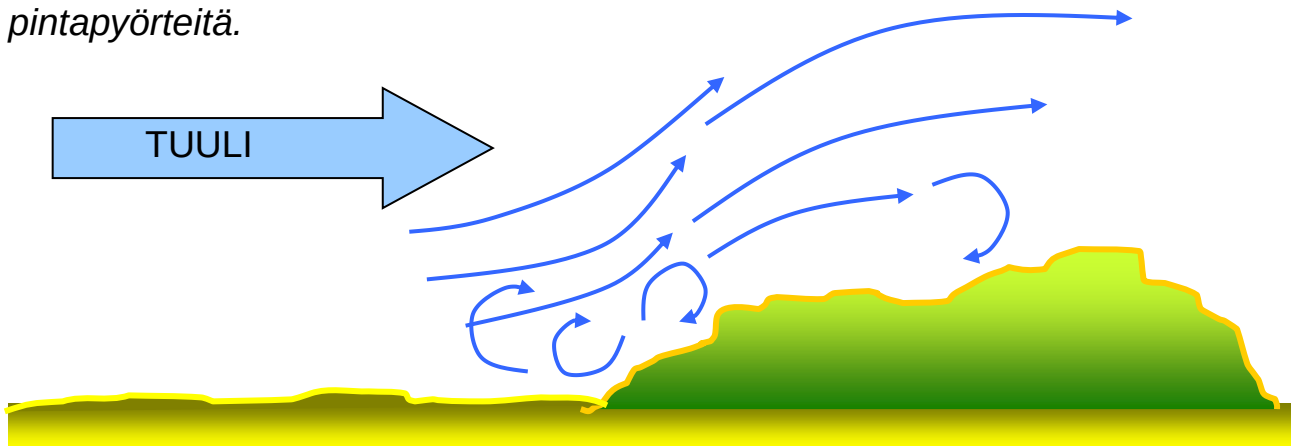


MEKAANINEN TURBULENSSI (lat. *Turba* = epäjärjestys, sekasorto)

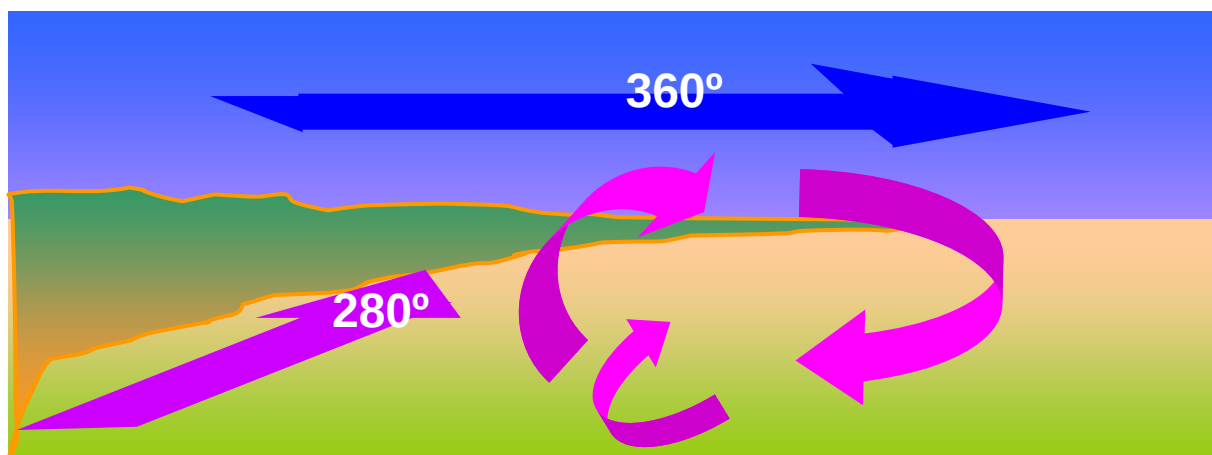
Mekaaninen turbulenssi: Tuuli virtaa maastoesteiden yli ja sen taakse syntyy laskevia virtauksia ja pintapyörteitä



Tavallinen rinnetuuli: Kumpareen etupuolelle syntyy nostavia virtauksia ja pintapyörteitä.



TUULILEIKKAUS



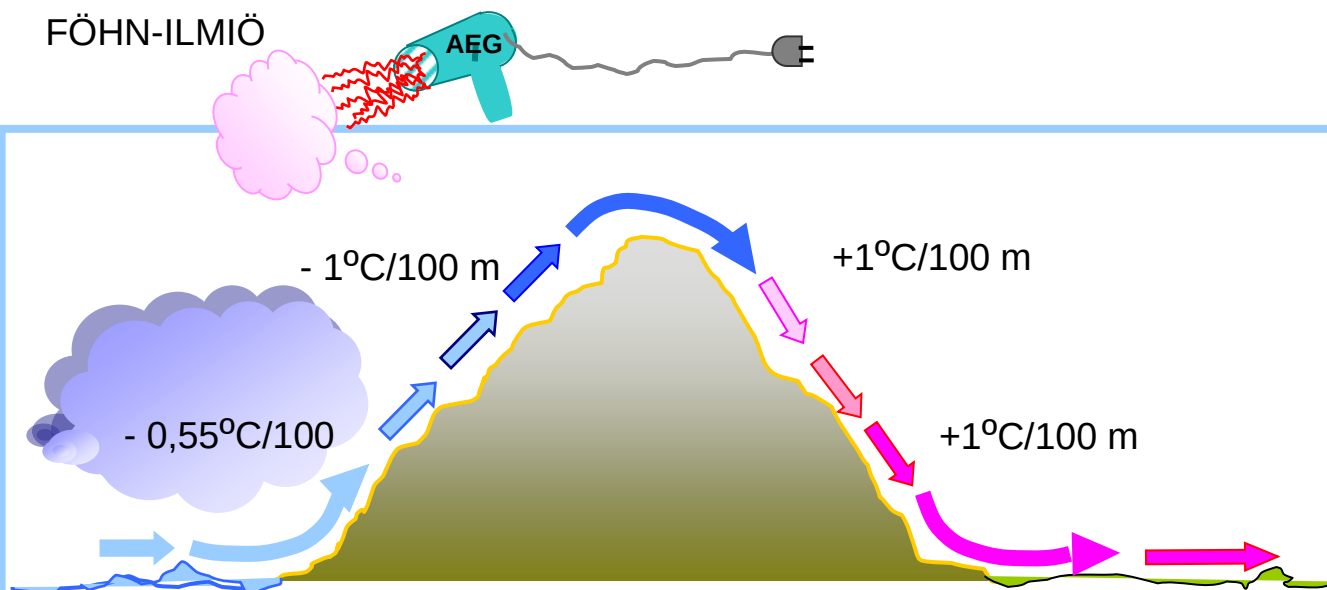
Tuulileikkaus syntyy kahden eri suuntaan liikkuvan ilmakerroksen rajalle.

FÖHN – TUULI (lat. favonius = lauhkea, saksal. = FOEN)

Föhn-tuuli on **lämmen, kuiva ilmavirtaus**, tulee Suomeen Norjasta. Edellytykset föhn-tuulen syntymiselle ovat:

1. **Vakaa tasapainotila** ilmakehässä (ei konvektiota)
2. tasainen, **riittävän voimakas** jatkuva läntinen/luoteinen ilmavirtaus
3. riittävän laaja ja **korkea vuoristo**, joka muodostaa maastoesteen

FÖHN-ILMIÖ



Ilmaa pakotetaan rinnettä ylös. Kun ilma jäähtyy sen kosteus tiivistyy pilviksi.

PILVET JA NIIDEN LUOKITTELU (troposfäärissä)

Pilvet muodostuvat vesihöyryn tiivistymisestä.

Tiivistymisessä voi syntyä joko vesipisaroita tai jääkiteitä.



PILVIEN PÄÄRYHMITTELY: **alapinnan korkeuden** mukaan:

Yläpilvet: $> 5000 \text{ M} \approx 15\,000 \text{ FT}$

Keskipilvet: $2000 \text{ M} \rightarrow 5000 \text{ M} \approx 7000 \text{ FT} \rightarrow 15\,000 \text{ FT}$

Alapilvet: $\text{GND} \rightarrow 2000 \text{ M} \approx \text{GND} \rightarrow 7000 \text{ FT}$

PILVILAJIT: **muodon ja rakenteen** mukaan

Pilvet joilla on suuri pystysuora ulottuvuus: yläraja useita kilometrejä

PILVIEN ALALAJIT: läpinäkyvyys ja pilvielementtien järjestys

LISÄPILVET: erityismuodot

TÄYDENTÄVÄT PIIRTEET: muoto tai muu ominaisuus

1) YLÄPILVET: $> 5000 \text{ m}$

Cirrus

Ci = untuvapilvi

(Cirrus = hiuskihara)



Cirrocumulus

Cc = palleropilvi

(Cumulus = kasa, röykkiö)



Cirrostratus

Cs = harsopilvi

(Cirrus = hiuskihara; Stratus = makaava; kerros)



2) KESKIPILVET: 2000 m → 5000 m

Altostratus As = verhopilvi (*Altus = korkea; Stratus = makaava; kerros*)



Altocumulus Ac = hahtuvapilvi (*Altus = korkea; Cumulus = kasa, röykkiö*)



ALAPILVET: 0 m → 2000 m

Stratocumulus Sc = kumpukerros pilvi (*Stratus = kerros; Cumulus = kasa*)



Nimbo**stratus** Ns = sadepilvi (*Nebula = sumu, Imber = sadekuuro*)



Stratus

St = sumupilvi

(Stratus = makaava; kerros)



4) PAKSUT PILVET (pilvet, joilla on suuri pystysuora ulottuvuus):

Cumulus

Cu = kumpupilvi

(Cumulus = kasa, röykkiö)



Cumulus congestus

Cu Con = korkea Cu

(Congestus = kokoaminen)



Cumulonimbus = Cb = kuuro-/ukkospilvi

(Cumulus = kasa, Nebula = sumu, Imber = sade)



NÄKYVYYTTÄ HUONONTAVAT ILMIÖT – SUMU JA SADE

Sameutta aiheuttaa:

- tiivistynyt kosteus = utu, pilvi, sumu, sade sekä lumituisku
- kiinteät hiukkaset = hiekka, pöly, savu, tuhka

Auer (Haze), johtuu pienistä hiukkasista aiheuttaen hajasäteilyä

Utu (Mist), joka syntyy pienistä vesipisaroista. Vaakanäkyvyys on n. 2 - 5km.

Sumu (Fog) = pinnassa oleva stratuspilvi. Näkyvyys < 2 km.

Pakkasella voi esiintyä jääsumua, joka muodostuu jääkiteistä.
Tiheässä sumussa vaakanäkyvyys on muutama metri → 20 m.

Sade, jonka päämuotoja ovat vesi-, tihku-, räntä- ja lumisade.

SUMUT

Sumut jakautuvat säteilysumuihin ja advektiosumuihin.

Säteilysumu, lähinnä pintasumu esiintyy vain maanpinnalla.

Advektiosumut (yleisimpiä syksyllä ja talvella), syntyvät avomerellä tai rannikkoseuduilla ja leviävät tuulen suuntaan.

Advektiosumu syntyy kun kostea, lämmin ilmassa siirtyy kylmän alustan päälle. Advektiosumu on kaikkein vaarallisin sumutyyppi.

Advektiosumu pystyy leviämään laajalle alueelle varsin nopeasti, etenkin rannikkoseuduilla. Merisumu (advektio) esiintyy usein kesäisin ja syksyisin.



Pintasumu häviää vasta kun aurinko on ehtinyt lämmittää riittävästi

SÄÄRINTAMAT

Säärintama on lämpimän ja kylmän ilmamassan välinen rajapinta.

Rintamatyyppejä on pääasiallisesti kolme:

Lämmin rintama 

Kylmä rintama 

Okluusiorintama 

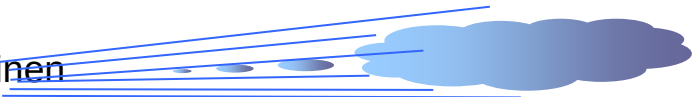
Lisäksi on olemassa ns. stationäärinen rintama 

Okluusiorintaman (lat. *occludere* = sulkeutua) esiintymismuodot ovat:

Lämmin okluusio

Kylmä okluusio

SÄÄRINTAMIIN LIITTYVÄT ILMIÖT

1) Kiihtyvä tuuli, usein puuskainen 

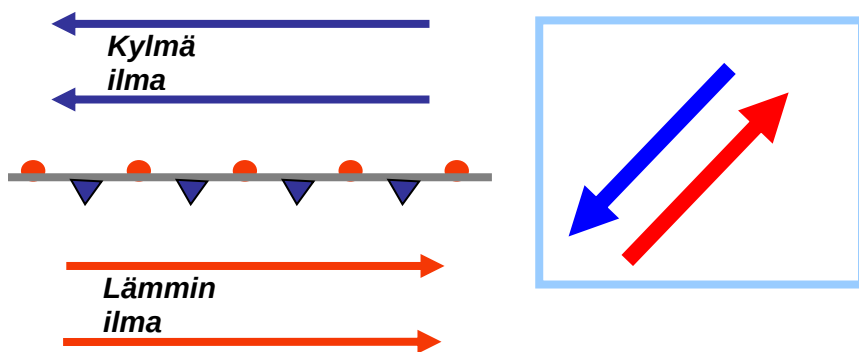
2) Sade tai sadekuuroja 

3) Runsasta pilvisyyttä, ajoittain sumua 

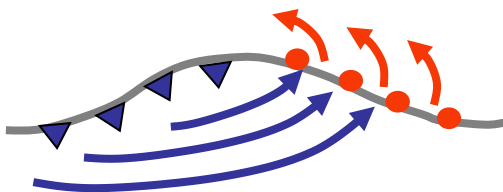
4) Ukkosta 

Matalapaineen syntyvaiheet polaaririntamavyöhykkeessä

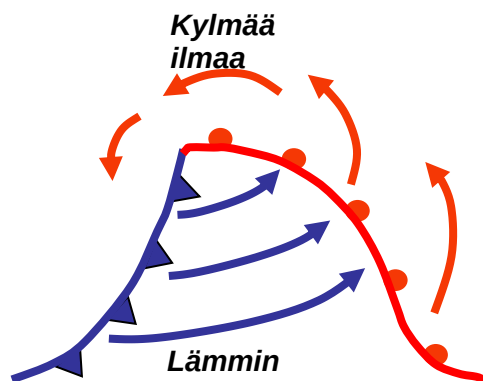
1. Lämmin ilma kohtaa kylmää ilmaa



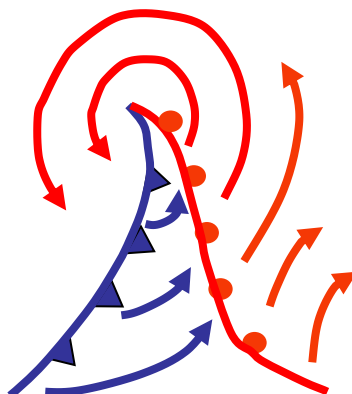
2. Lämmin ilma nousee kylmän ilman päälle – syntyy aaltohäiriö



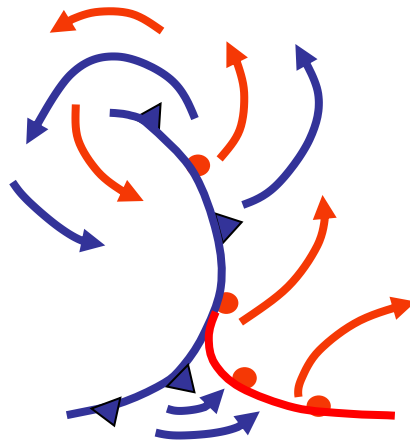
3. Matalapaine syntyy kun kylmä ilma tunkeutuu lämpimän ilman alle



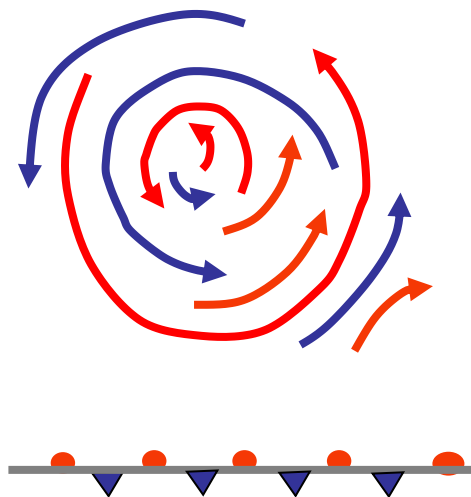
4. Nopeammin liikkuva kylmä ilma tavoittaa vähitellen lämpimän ilman



5. Okluusio syntyy kun ilmamassat sekoittuvat – sää muuttuu epävakaiseksi



6. Ilmamassat ovat sekoittuneet ja polaarihintama palautuu alkuperäiseen tilaan



LÄMMIN RINTAMA - TUNNUSMERKIT

pintatuuli voimistuu, kääntyy **vastapäivään**

pilvet **Ci, Cs, As, Ns, St**

sade alkaa hiljalleen, voimistuu ja jatkuu

näkyvyys huononee vähitellen

ilmanpaine laskee nopeasti

KYLmä RINTAMA - TUNNUSMERKIT

pintatuuli voimistuu, **kääntyy myötäpäivään**

pilvet **Cu, Ns, Cb**

sade **kuurottaista**, voimistuu

näkyvyys kohtalainen, kuuroissa huono

ilmanpaine laskee hetkellisesti, nousee sen jälkeen nopeasti

OKLUUSIORINTAMA

Okluusiossa ilmamassat alkavat **sekoittua** painekeskuksesta alkaen

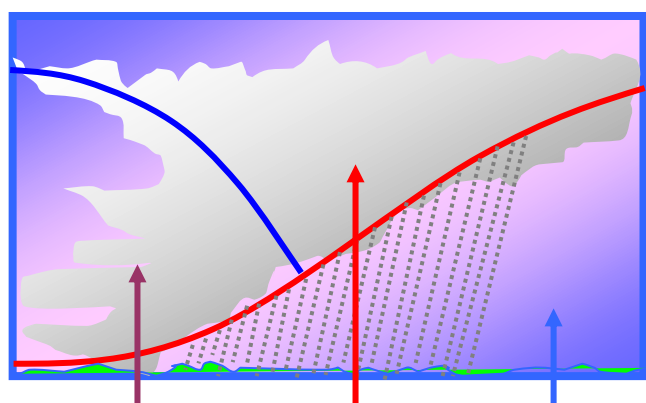
Okluusiorintamassa matalapaine **joko täyttyy tai syvenee.**

Jos matalapaineeseen siirtyy runsaasti kosteutta matalapaine syvenee

Jos matalapaine sen sijaan täyttyy ja ilmamassa kuivuu, rintama häviää

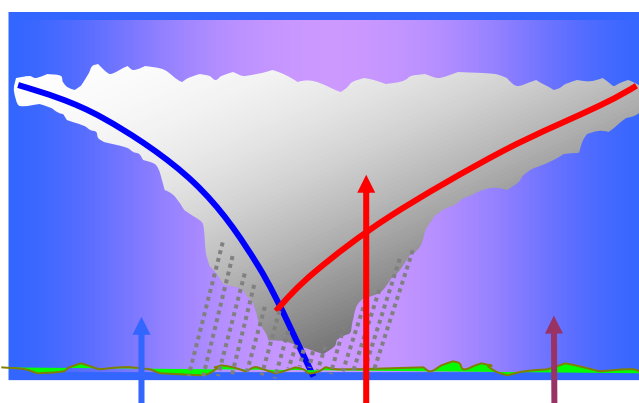
Okluusion vallitessa **sää pysyy epävakaana**

LÄMMIN OKLUUSIO



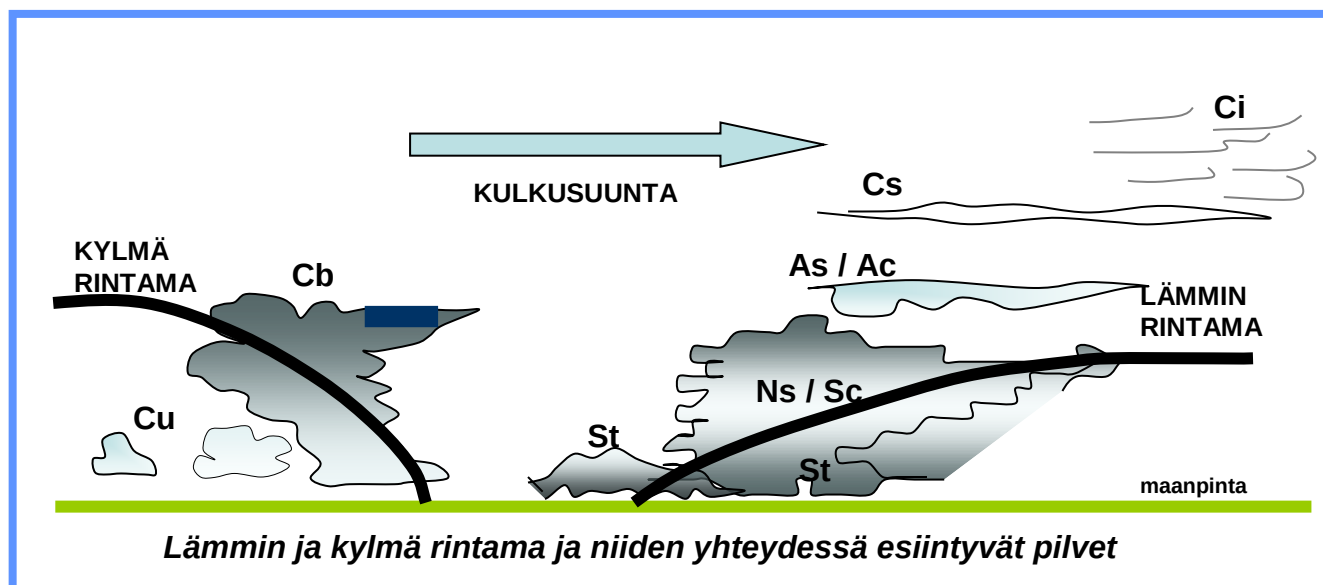
viileä ilma lämmin ilma kylmä ilma

KYLMA OKLUUSIO



kylmä ilma lämmin ilma viileä ilma

MATALAPAINEN JA SÄÄRINTAMAT LÄPILEIKKAUKSENA



JÄÄTÄMINEN

Lentokoneen jäätäminen tapahtuu jos ilmassa on riittävän kostea, ja ilman lämpötila on tietyssä kerroksessa pakkasasteiden puolella.

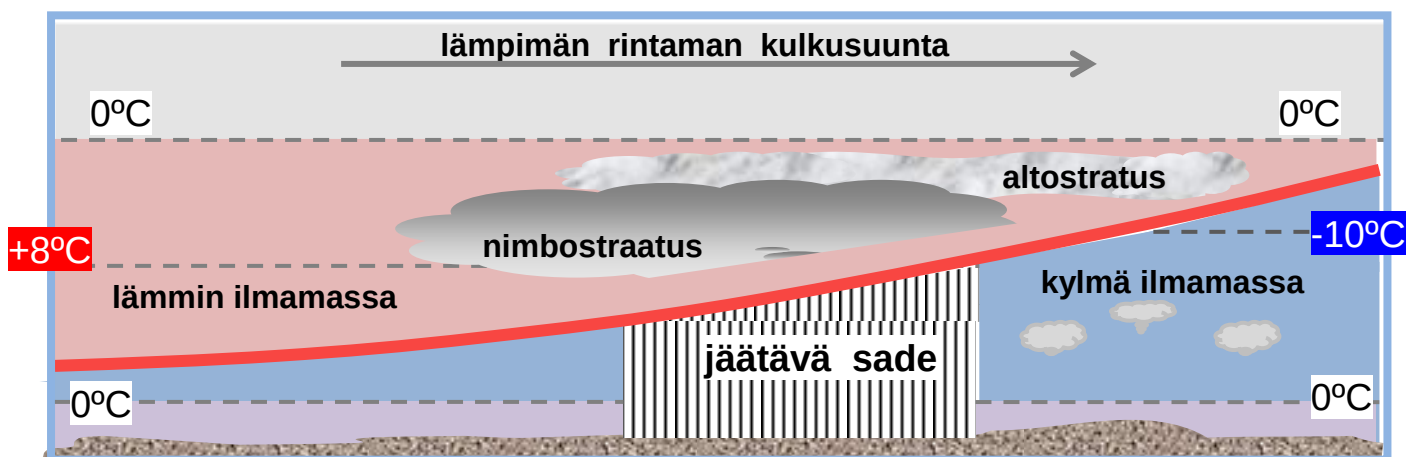
Jäätämisen riski on suurimmillaan syksystä aina kevättalveen saakka.

Jäätäminen esiintyy useimmin lämpimän tai okluusiorintaman yhteydessä.

Jäätäminen lennolla johtuu alijäähtyneistä vesipisaroista.

Tällaiset vesipisarot jäätyvät kirkkaaksi jääksi, joka on kaikkein vaarallisinta.

Kirkkaan jään muodostuminen tapahtuu **yllättävän nopeasti** ja voimakkaasti.



Jäätämisen todennäköisyys on suuri kun lämmin kostea ilmassa liikkuu kylmän ilmassan päälle.

JÄÄTYYPIT

- **Kirkas jää**: sileää, läpinäkyvää jota muodostuu mm. siiven etureunaan. Tämä jäätyyppi on **vaarallisin!**



- Huurre: valkoista tai maitomaista rakeista rosoisen pintaista jäätä.



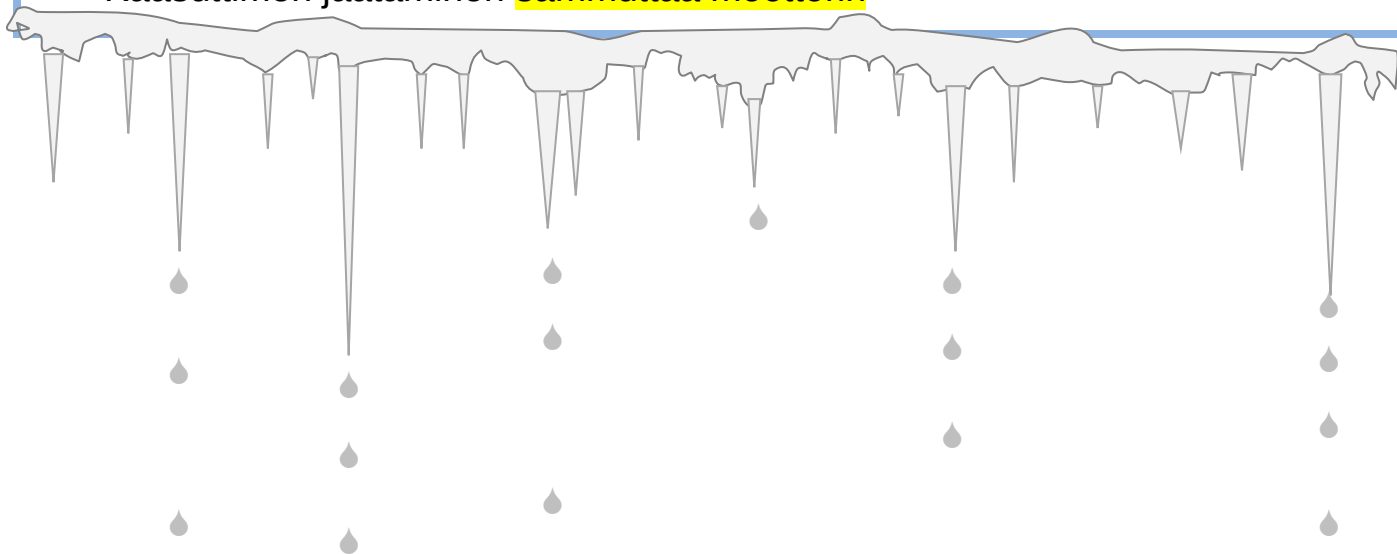
- Kuura: lumen tapaista jäätä, jota muodostuu vesihöyryn härmistymisestä



Huurteisella tai jäätyneellä siivellä ei koskaan saa lähteä lentämään.

JÄÄTÄMISEN HAITAT

- Lento-ominaisuus huononee - siiven profiili muuttuu, **nostovoimahäviö!**
- Koneen paino lisääntyy
- Potkurin teho vähenee ja jää saattaa vaurioittaa potkuria ja spinneriä.
- Pitotputkien jäätäminen saa **nopeusmittarin lakkaamaan** toimimasta
- Jään muodostuminen tuulilasiin estää näkyvyyttä.
- Kaasuttimen jäätäminen **sammuttaa moottorin**



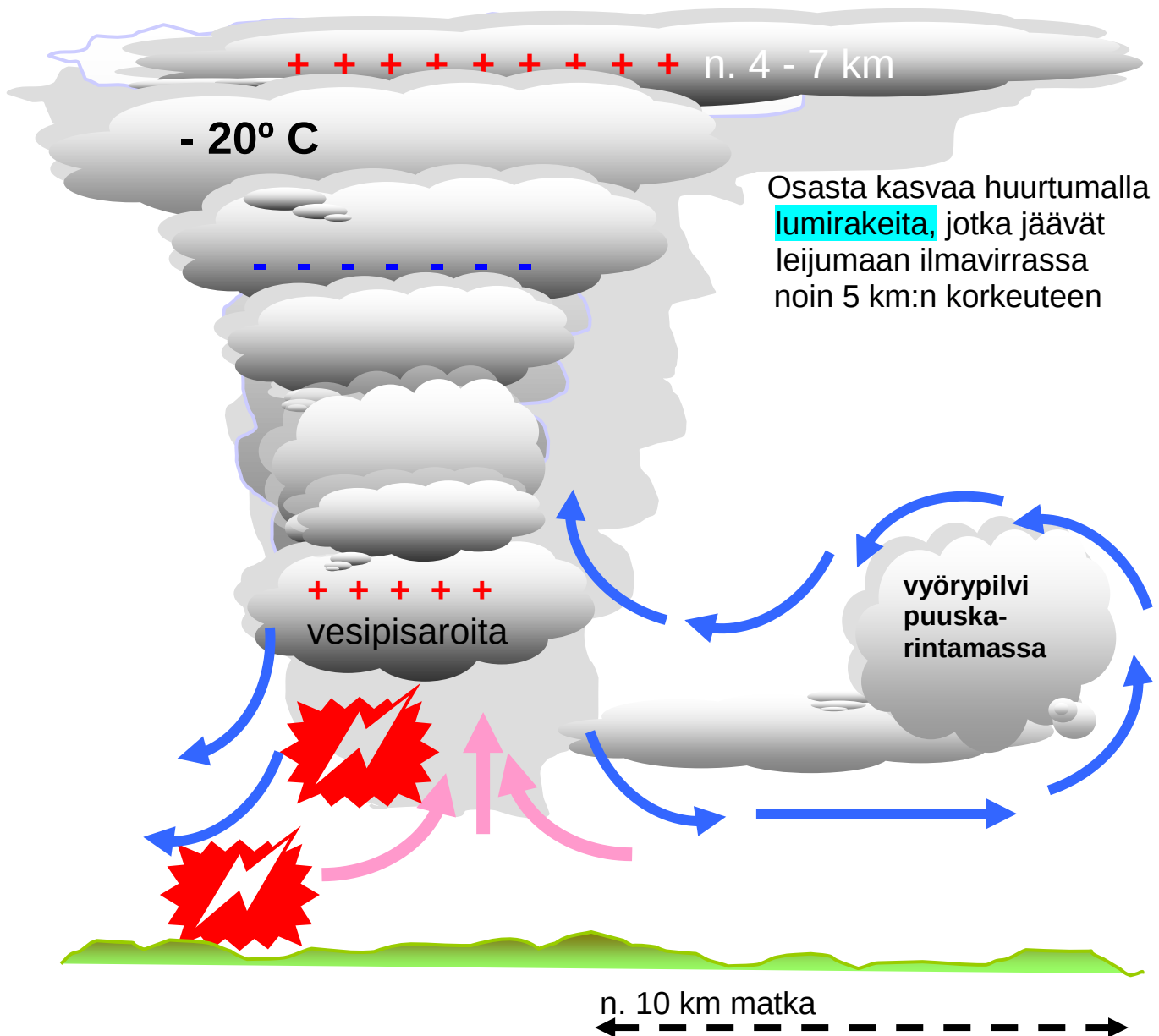
UKKONEN

Ilmakehässä esiintyy aina sähkövarauksia. Kun jännite-erot muodostuvat riittävän suuriksi syntyy salamointia.

Jotta pilvet kasvaisivat ukkospilven mittoihin, niiden huippujen pitää yltää vähintään **20 pakkasasteeseen** eli n. 6 - 7 km:n korkeuteen, joskus 10 km.

Pilvipisarat jäätyvät, ja osa **pienistä jääkiteistä** kulkeutuu pilven yläosaan.

PILVIEN KUNINGAS: CUMULONIMBUS (ANVIL CLOUD)



UKKOSPILVEN ELINKAARI

Cb-pilvellä on 3 vaihetta: kehitysvaihe, kypsyysvaihe ja hajoamisvaihe.

Kehitysvaiheen aikana syntyy voimakkaita nousuvirtauksia pilvessä.

Kypsyysvaiheen aikana salamointi alkaa ja syntyy laskevia virtauksia.

Hajoamisvaiheessa pilvi sataa ja purkautuu erittäin voimakkaalla laskevalla virtauksella maahan asti.

OROGRAFINEN UKKONEN

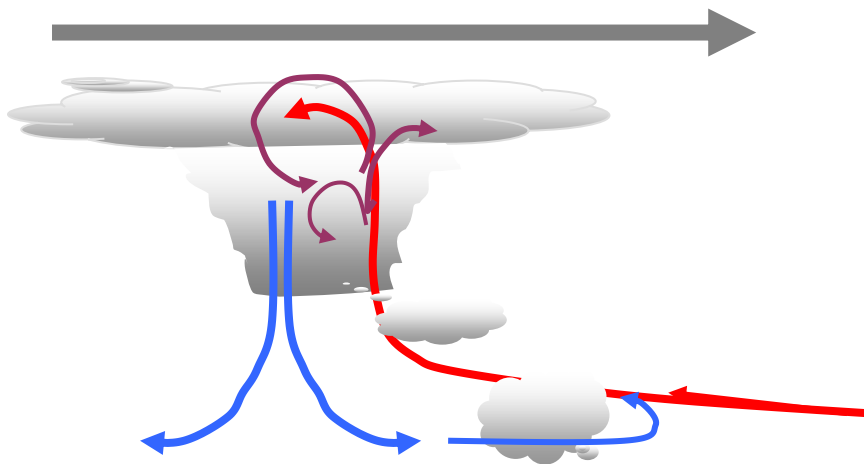
Orografinen ukkonen muodostuu, kun kostea ja labiili ilma joutuu nousemaan pitkin korkeata rinnettä (ns. pakotettu konvektio). Tämä ukkostyyppi esiintyy runsaimmin iltopäivällä ja illalla.

RINTAMAUKKONEN

Rintamaukkonen on yleisintä kylmässä rintamassa ja kylmässä okluusiossa. Ukkospilvien vyöhyke peittää laajan alueen, jonka syvyys on n. 10 - 20 km ja pituus jopa satoja kilometrejä.

LÄMPÖUKKONEN ELI ILMAMASSAUKKONEN

Lämpöukkosta syntyy paikallisesti alueella, joka lämpenee huomattavasti enemmän kuin ympäristö, jolloin tavallinen cumuluspilvi paisuu hyvin korkeaksi ja muuttuu varsinaiseksi ukkospilveksi.



Cb ja vyöröpilvi (korvausilma virtaa perustuulta vastaan)

SÄÄTIETOJEN HANKINTALÄHTEET

- Ilmatieteenlaitos, Ilmailusää:
ilmailusaa.fi
- Foreca:
foreca.fi
- Osalla lentosemilla on vielä käytössä ATIS-palvelu, jonka tiedot voi kuunnella NAV-taajuudelta (EFKU 113.00 MHz)
- Matkalentosää helposti **LLF**:stä
- Ilmoitukset voimakkaista sääilmiöistä annetaan **WXREP** –sanomalla.
- Säävaroitukset annetaan **SIGMET** –sanomalla.

Weather overview

Länsi-Suomi

Itä-Suomi

Pohjois-Suomi

High pressure and mostly clear skies over the area.

FBFN40 EFKL 270800

OVERVIEW FOR AREA fi1 ISSUED 270849

VALID THE 27 OF FEBRUARY 2020 BETWEEN 09 AND 17 UTC

Weather overview

High pressure and mostly clear skies over the area.

Visibility below 5 kilometer or cloudbase below 1000 feet
Is not expected during the forecasted period.

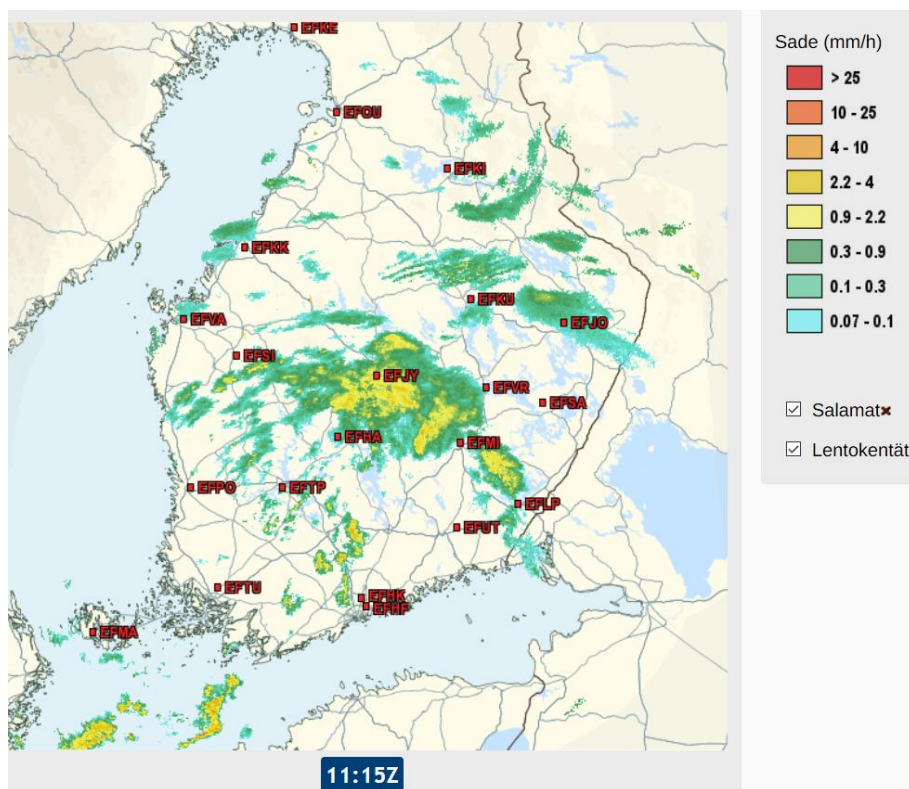
Moderate or severe icing

09-11UTC: Area fi13 and fi12 and fi11

11-17UTC: Area fi12 and fi11

Moderate or severe turbulence

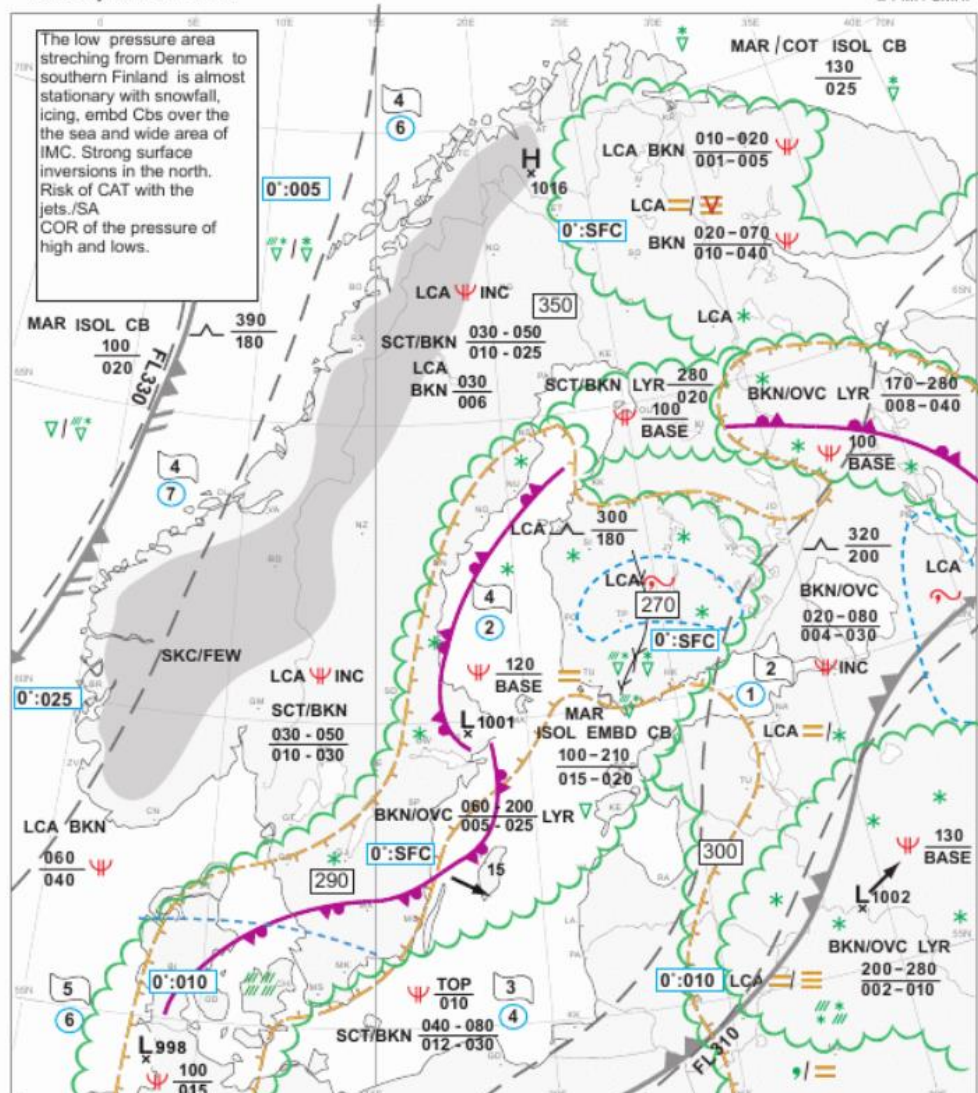
Is not expected during the forecasted period

**SWC SFC-FL450**

Issued by FMI at 0810 UTC

COR valid time 12 UTC 2.2.2018

© FMI / SMHI



SÄÄSANOMAT

Säähavainnot (Observations) **METAR** = lentopaikan vallitseva sää

Ennusteet (Forecasts) **TAF** = lentopaikkaennuste

LLF-ennuste = reittisääennuste

Merkitsevän sään kartta **SWC** (Significant Weather Chart)

Sää tiedot

METAR+TAF

Tulosta

METAR

METAR EFKU 021120Z VRB03KT 9999 -SN SCT025 SCT200 M11/M14 Q1008=

TAF

TAF EFKU 021125Z 0212/0312 07007KT 9999 BKN015 TEMPO 0212/0222 5000 -SN BKN008
TEMPO 0303/0310 3000 -SN BKN012=

Low Level Forecast Finland

Näk, pilvikork, sää

Pilven ylä, turb, jäät

Pintatuuli/QNH

Ylätuulet/lämpötilat

Tekstiennuste

Näkyvyys

Pilvikorkeus

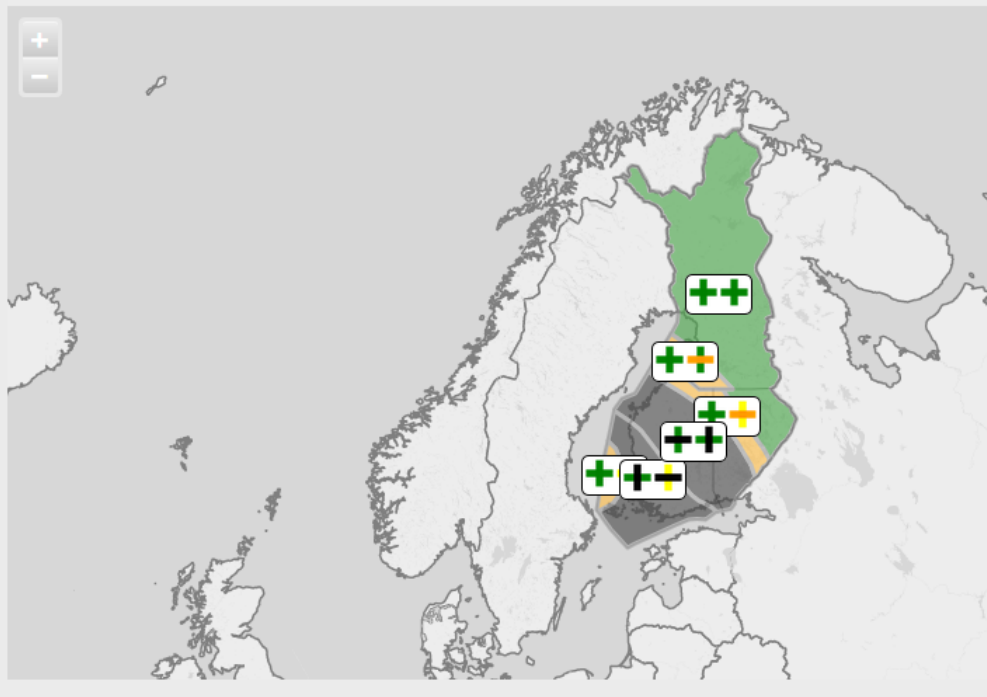
CB

08-10 UTC

10-12 UTC

12-14 UTC

14-16 UTC



ESIMERKKEJÄ SÄÄSANOMISTA

METAR = LENTOPAIKAN VALLITSEVA SÄÄ

EFPO 190950Z 11007KT 3000 -SN FEW010 SCT024 BKN0041
M03/M03 Q1005=

EFTP 190953Z 09007KT 4000 -SN SCT008 BKN050 BKN080 M04/M05 Q1005
06450237 =

EFSI 190950Z AUTO 12009KT 9999 -SG FEW012 OVC039 M04/M06 Q1006 =

TAF = LENTOPAIKKAENNUSTE + TREND

TAF EFHK 190834Z 1909/2009 10006KT 7000 -SN FEW004 BKN010 TEMPO
1909/2009 9999 SCT008 BKN015 PROB30 1909/1915 2500 -SG BKN006
TXM01/1912Z TNM02/2000Z=

TAF EFJY 190833Z 1909/2009 12005KT 7000 -SN SCT010 BKN030 TEMPO
1909/1913 4000 BKN008 BECMG 1913/1915 BKN007 TEMPO 1921/2009 5000 -
SG OVC004 TXM05/1913Z TNM07/2005Z=

MUUT SÄÄSANOMAT

SIGMET = säävaroitus, koskee voimakkaita sääilmiöitä:

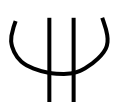
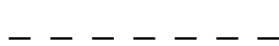
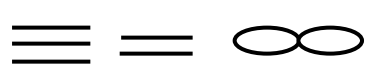
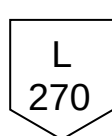
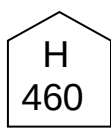
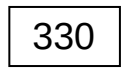
- ukkonen
- raesateesta
- jäätämisestä
- kovasta turbulenssista
- vuoristoaaltoista
- trooppisesta myrskystä
- laajasta pöly- tai heikkamyrskystä

WXREP = lentäjän antama sääilmoitus koskien turbulenssia, ukkosta, rakeita, jäätämistä, tuulileikkausta ym.

WXREP ilmoittaa kun havainnot merkittävästi poikkeavat sääennusteista.

Sanoma on voimassa 2 tuntia.

SWC = MERKITSEVÄN SÄÄN KARTTA - KARTTASYMBOLIT

	merkitsevän sään raja
	kohtalainen / kova turbulenssi
	
	turbulenssialueen raja
	kohtalainen /kova jäätäminen
	
	jäätävän alueen raja
	sade, lumi, räntä
	räntäkuuro, kuurosade, lumikuuro
	jäätävä sade
	ukkonen, rakeita, tihkua
	sumu, utu, auer
	vuoristoaaltoja
	lumituiskua, savua
	lämmin rintama
	kylmä rintama
	okluusiorintama ja sen etenemissuunta
	konvergenssiviiva
	suihkuvirtaus, 90KT, lentopinnalla 310
	tropopausi matalalla / korkealla
	
	tropopausin korkeus
	ilmakehässä radioaktiivia aineita

SWC-KARTAN PILVISYYS- Y.M. ALUEET JA NIIDEN KORKEUSRAJAT

Esimerkkejä:

ISOL CB

$$\frac{100 - 200}{015 - 025}$$

LOC (LCA)


$$\frac{150}{\text{BASE}}$$
BKN/OVC
LYR
$$\frac{200 - 300}{003 - 010}$$

LOC (LCA)

SKC / FEW ST / CI

korkeudet $\geq \text{FL50}$ ilmoitetaan lentopintoina; korkeudet $< \text{FL50}$ ilmoitetaan satoina jalkoina verrattuina maan- tai keskimääräiseen merenpintaan.