



METEOROLOGY – Meteorologi FAGKODE: 3





Del 0 Innledning

Mål for undervisningen i Meteorology

- Å gi kunnskap om
 - atmosfæren og de fysiske prosesser som skaper været
 - værforhold
 - meteorologiske observasjoner, varsler og dokumentasjon for flygende personell
- Spesielt med tanke på flysikkerhet og for å unngå hendelser, skader og ulykker



- Motiverte og forberedte elever!
- Som har lest eller leser gjennom pensumlitteraturen parallelt med klasseromsundervisningen
- Flyskolen følger pensum som beskrevet i Sportsfly-seksjonens nettside under skoledokumenter

Forutsetninger



Del 1 Atmosfæren



Atmosfærens inndeling og egenskaper

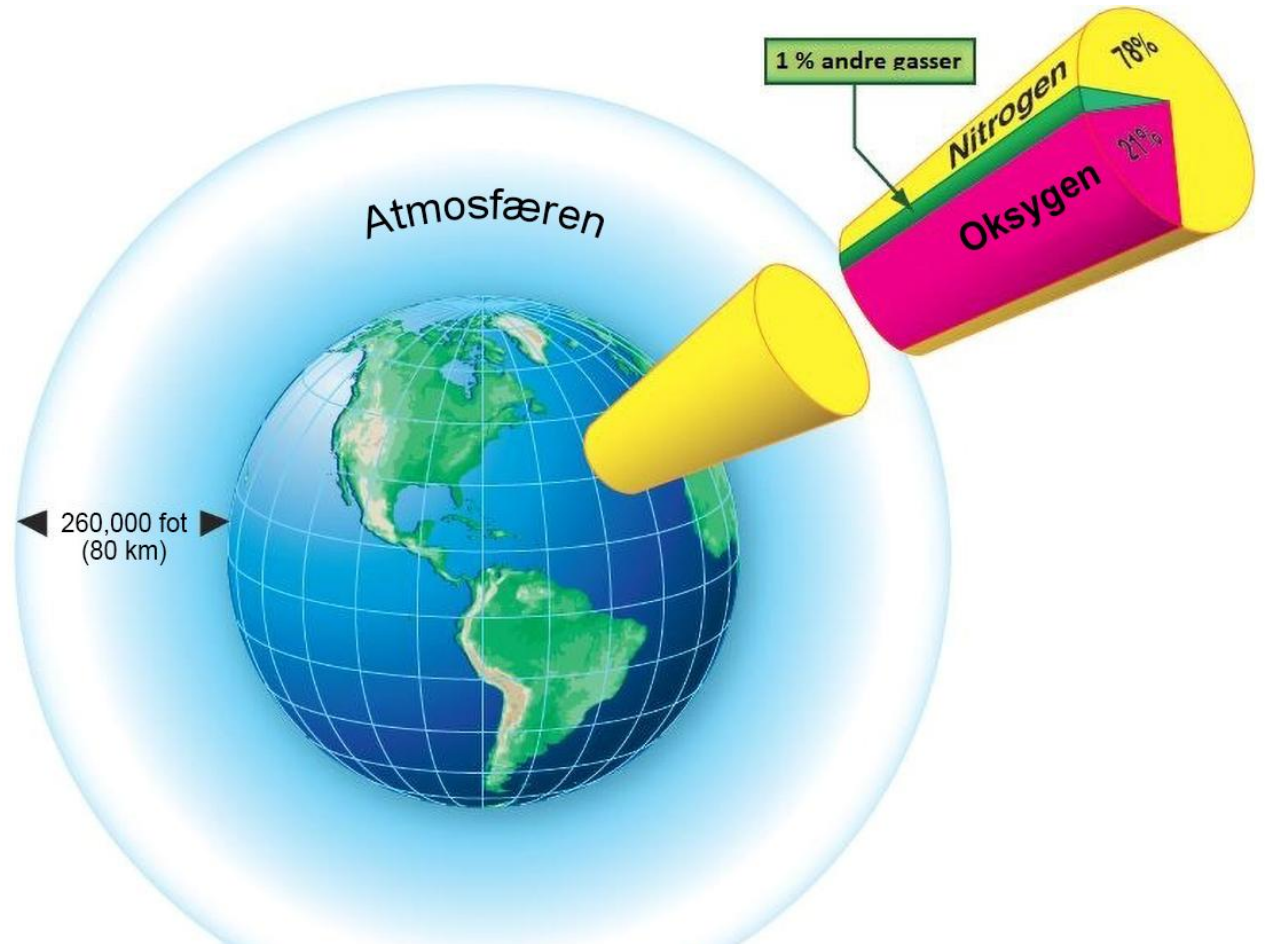


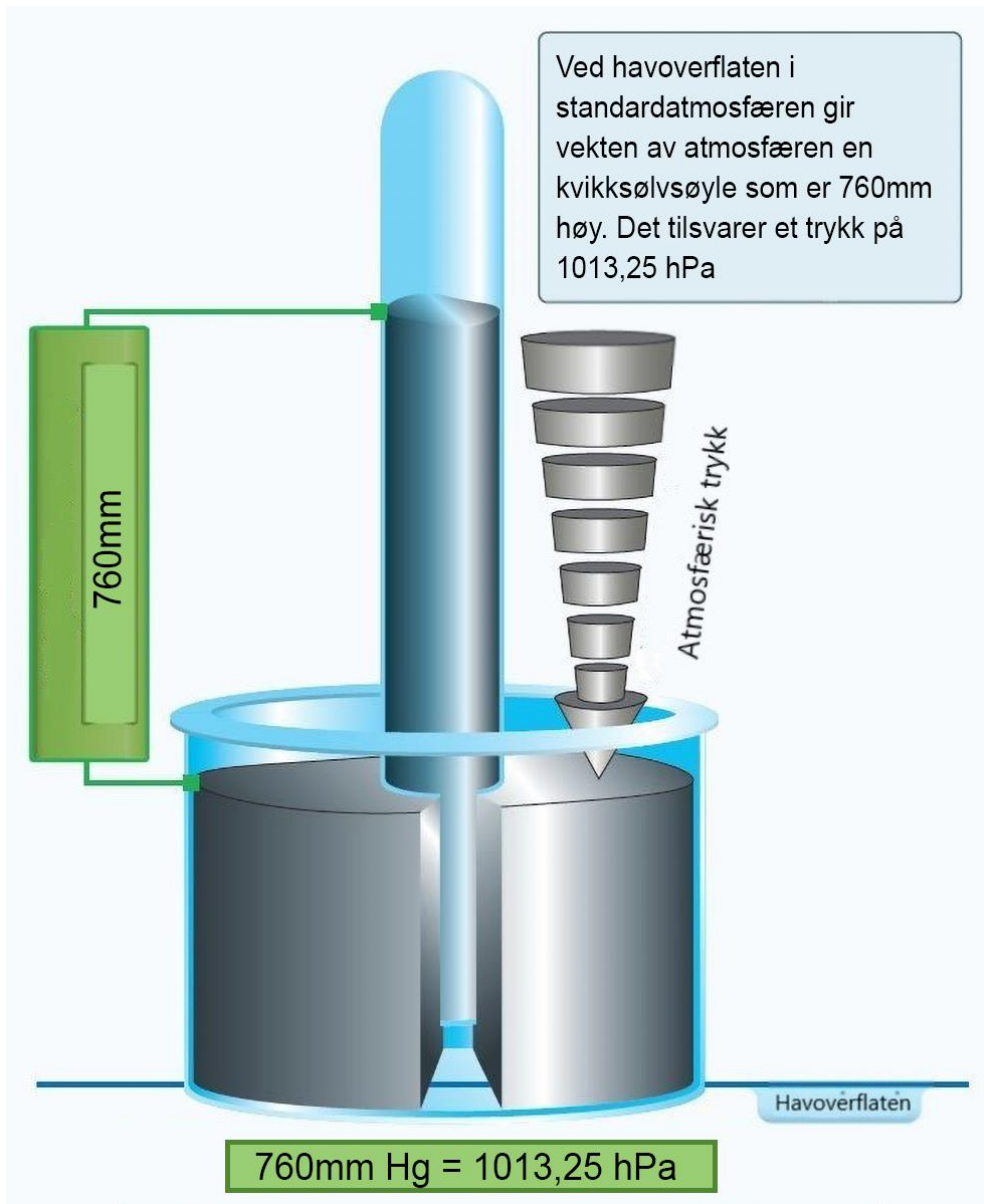
Inndeling av atmosfæren

- Luften som omgir oss
- De laveste områdene er delt inn i:
 - Troposfæren til gjennomsnittlig 11 kilometer
 - Tropopausen - grenselag
 - Stratosfæren – fra tropopausen til cirka 50 kilometer over jordens overflate
 - Mesosfæren/Termosfæren

Atmosfærens innhold

- 78 prosent Nitrogen
- 21 prosent Oksygen
- Cirka en prosent andre gasser
- Prosentvise innhold er konstant med økende høyde





Atmosfærens egenskaper

- Beveger seg hele tiden, både vertikalt og horisontalt
- Har egenskaper
 - trykk
 - temperatur
 - tetthet
 - fuktighet

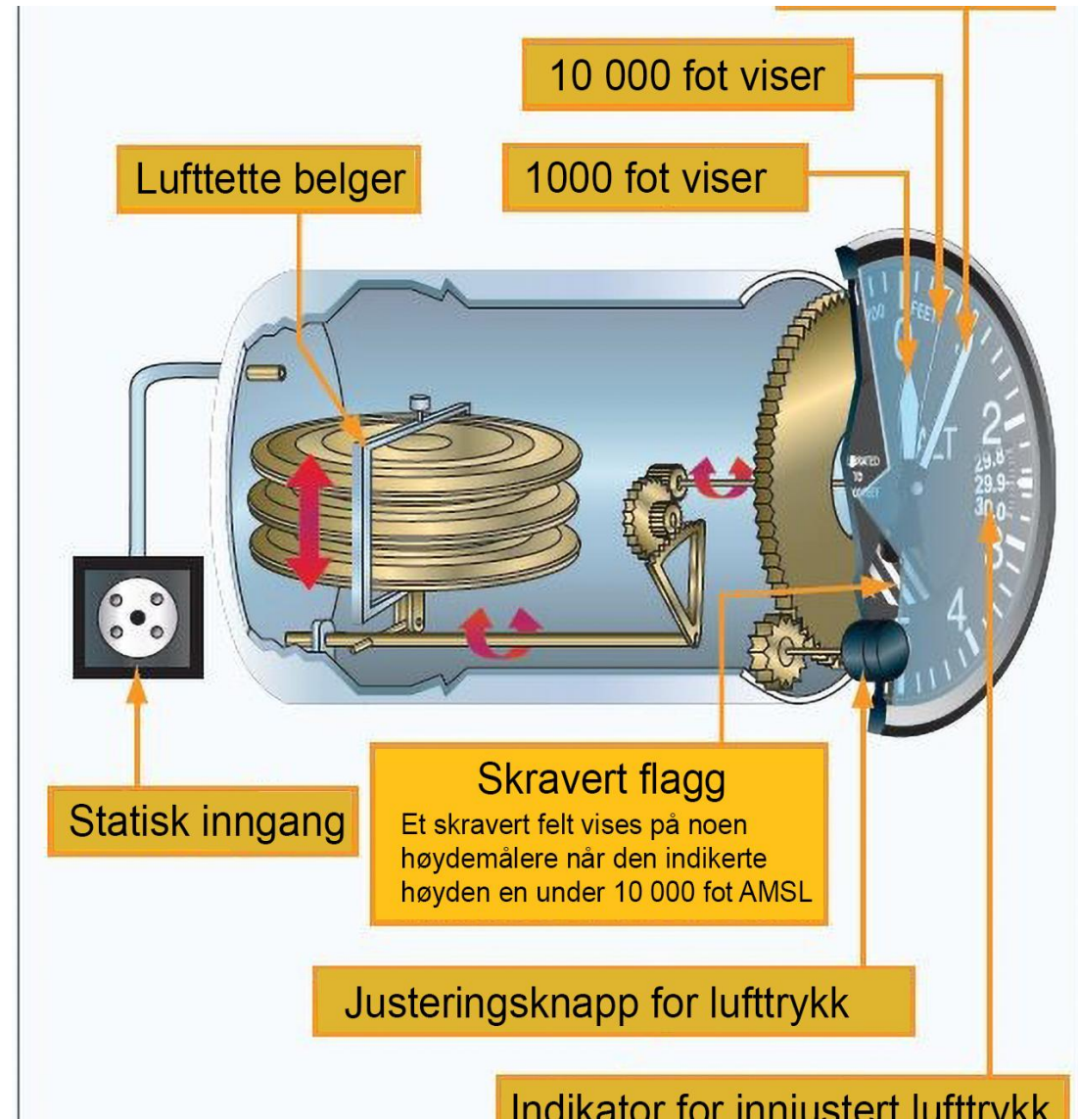


Atmosfærens trykk

- Kraft per flateareal
- Oppgis i enheten pascal
- Gjennomsnittlig lufttrykk ved havoverflaten er 1013,25 hektopascal (hPa)
- Lufttrykket synker med høyden – 1 hPa tilsvarer omtrent åtte meter (27 fot). Til eksamen kan det være regnet med 30 fot

Måling av lufttrykk

- På bakken måles lufttrykket med et barometer og en barograf. Sistnevnte gir variasjoner i trykket over tid
- I et fly måles lufttrykket ved hjelp en eller flere høydemålere
- De gir oss flyets høyde i forhold til et referanseplan



Atmosfærens temperatur

- Temperaturen faller med gjennomsnittlig 0,65 grader Celsius per 100 meter (2 grader Celsius per 1000 fot) i Troposfæren
- Tropopausen er kjennetegnet ved at temperaturen slutter å falle med høyden
- Mens temperaturen øker med høyden i Stratosfæren

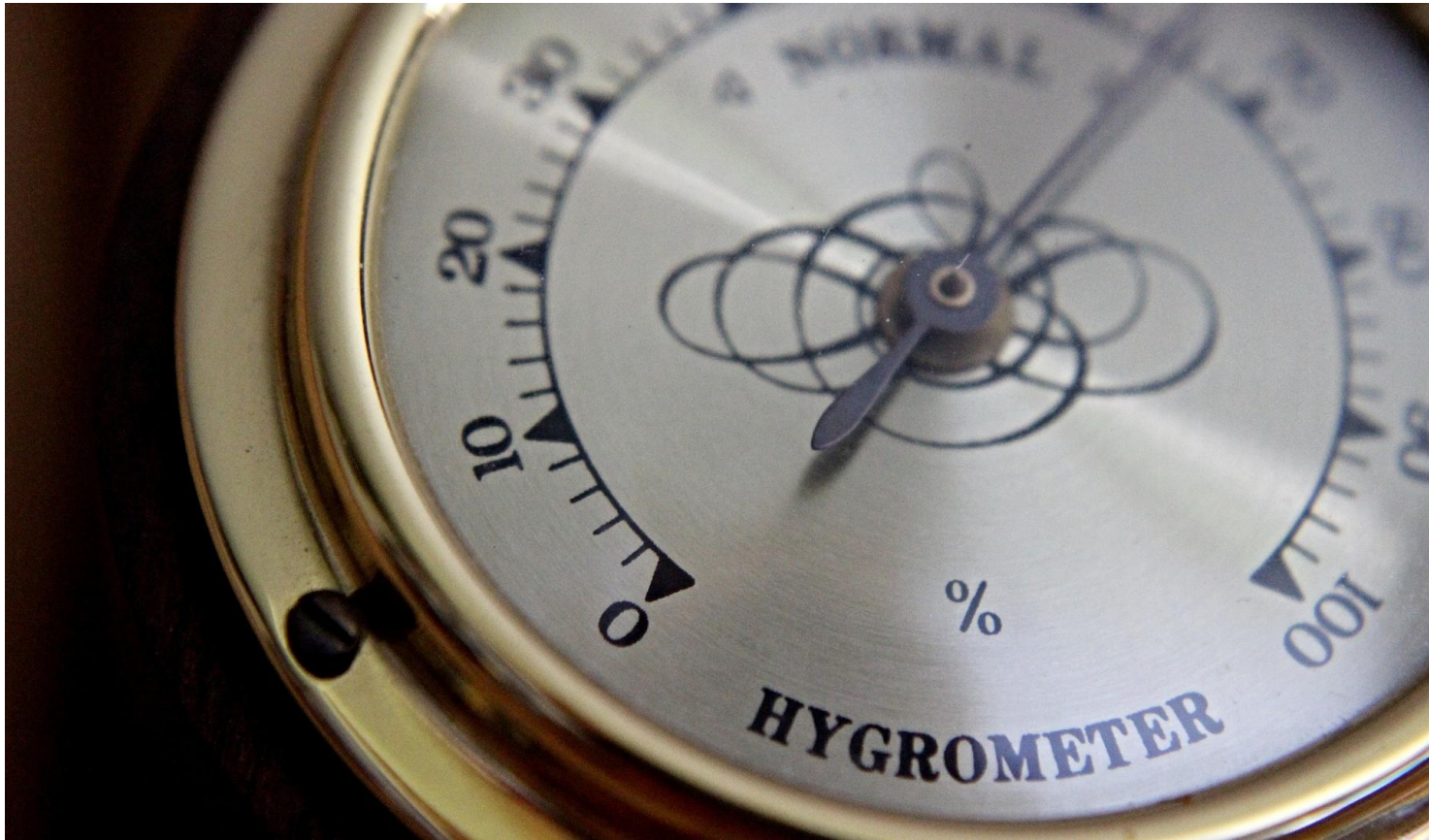
Lufttemperatur

- Oppgis i grader C eller grader F
- Vi ganger med 1,8 og legger 32 til svaret for å regne om fra Celsius til Fahrenheit.
- Vi trekker av 32 og ganger med 0,5556 for å regne om fra Fahrenheit til Celsius
- I mindre fly måles lufttemperaturen med et direkte-avlesningstermometer («direct reading thermometer»). Det fungerer ved at bi-metaller i termometeret utvider eller trekkes sammen.
- På flyplassene måles temperatur med et termometer som er plassert i en liten instrumenthytte, slik at termometeret står i skygge. Hytten er montert over bakken og har god gjennomlufting



Atmosfærens tetthet

- Masse per volumenhet
- Påvirkes av trykket, temperaturen og hvor mye vanndamp det er i luften
- Synker med økende høyde
- Synker med økende vanndampinnhold og temperatur



- Hvor mye fuktighet det er i luften kan måles med et hygrometer
- Et duggpunkthygrometer er et hygrometer som bruker avkjølte speil for å måle kondensasjon på speilflaten.
- Moderne instrumenter bruker elektronikk

Hygrometer



Internasjonal standard atmosfære



Internasjonal standardatmosfære

- «ISA – international standard atmosphere»
- En teoretisk referanseatmosfære
- Forandres ikke med årstidene eller områdene vi flyr over
- Har global utbredelse
- Er *konstruert* og ikke målt eller observert og har derfor
 - en fastlagt vertikal fordeling av temperatur, trykk og tetthet, og er
 - tilnærmet lik gjennomsnittsforholdene ved 45 graders breddegrad, med et viktig unntak: Luften er tørr, helt uten vanndampinnhold

- Luften inneholder ikke vanndamp og dens sammensetning er lik i alle nivåer
- Trykket ved havets nivå er 1013,25 hPa og faller med 1 hPa per 30 fot
- Temperaturen settes til 15 grader Celsius ved havoverflaten og faller med 0,65 grader Celsius per 100 meter (2 grader Celsius/1000 fot)
- Luftens tetthet er bestemt for alle høyder og det har innvirkning på både farts- og høydemåler som er innstilt (kalibrert) etter ISA
- Alle grafer, tabeller og figurer i flyets håndbok har ISA som utgangspunkt

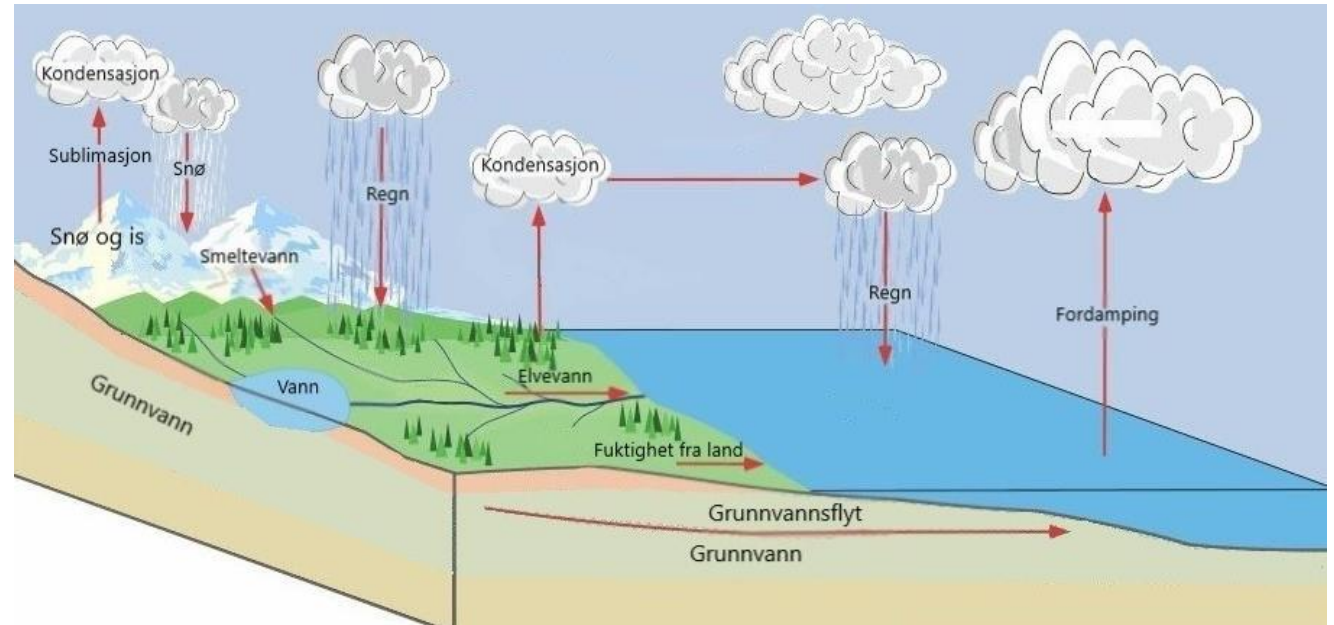
Internasjonal standard atmosfære - egenskaper



Luftens stabilitet

Vanndampen og dens kretsløp

- Fordamping («evaporation») fra væske til gass
- Sublimasjon fra fast form (is) til gass
- Sublimasjon fra gass til fast form (is). Men også ordet fortetning («deposition») brukes her
- Kondensasjon fra gass til væske
- Smelting fra is til vann
- Frysing fra vann til is



Vanndampens kretsløp krever energi



Når vanndamp går direkte til is – frigjøres det varme



Når is går direkte til vanndamp – tilføres det varme



Når vanndamp går over til væske – frigjøres det varme som blir tatt opp i omgivende luft



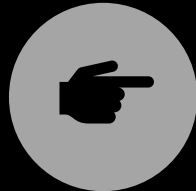
Når vann går til vanndamp – tilføres det varme



Når vann fryser – frigjøres det varme



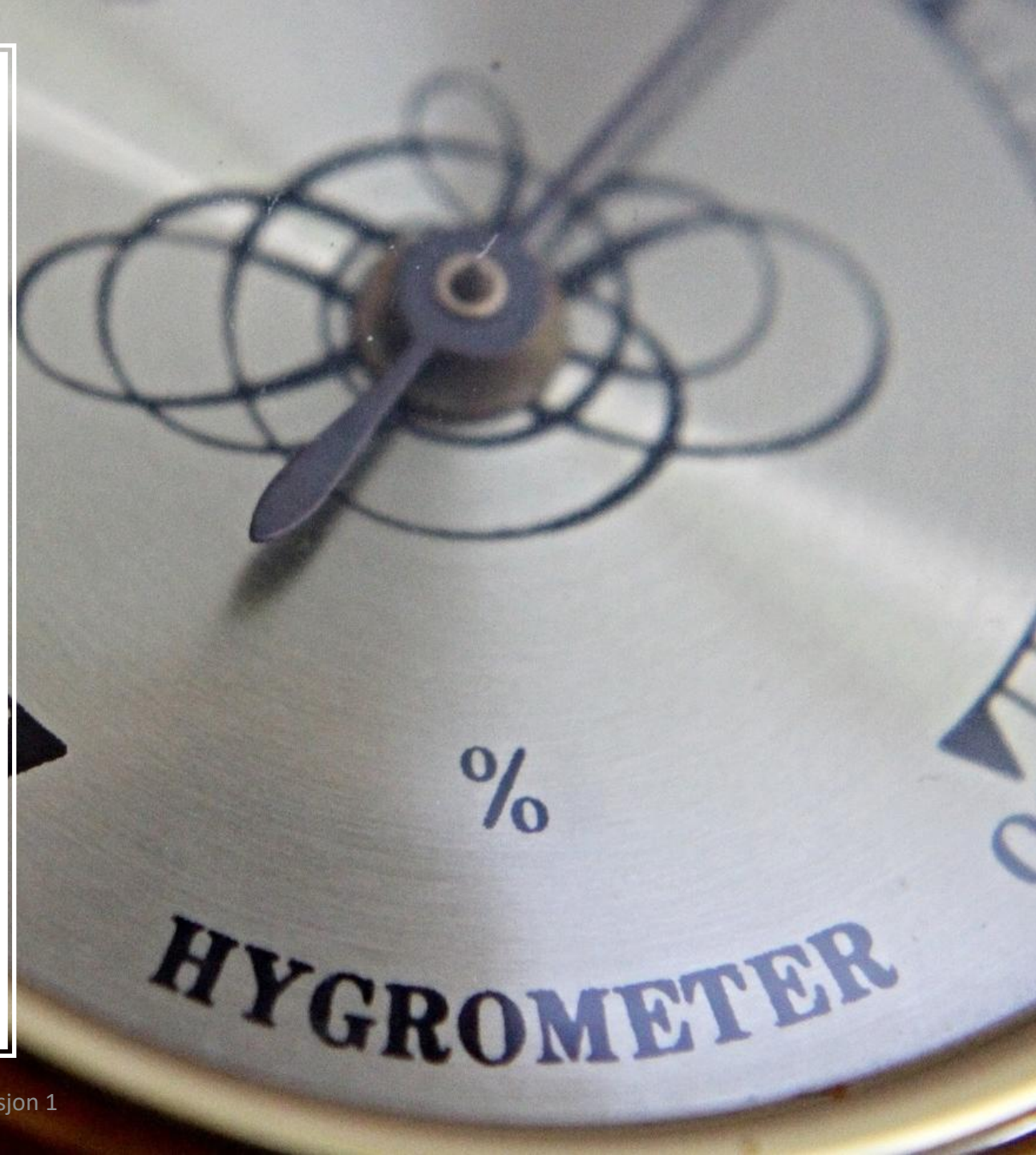
Når is smelter – tilføres det varme

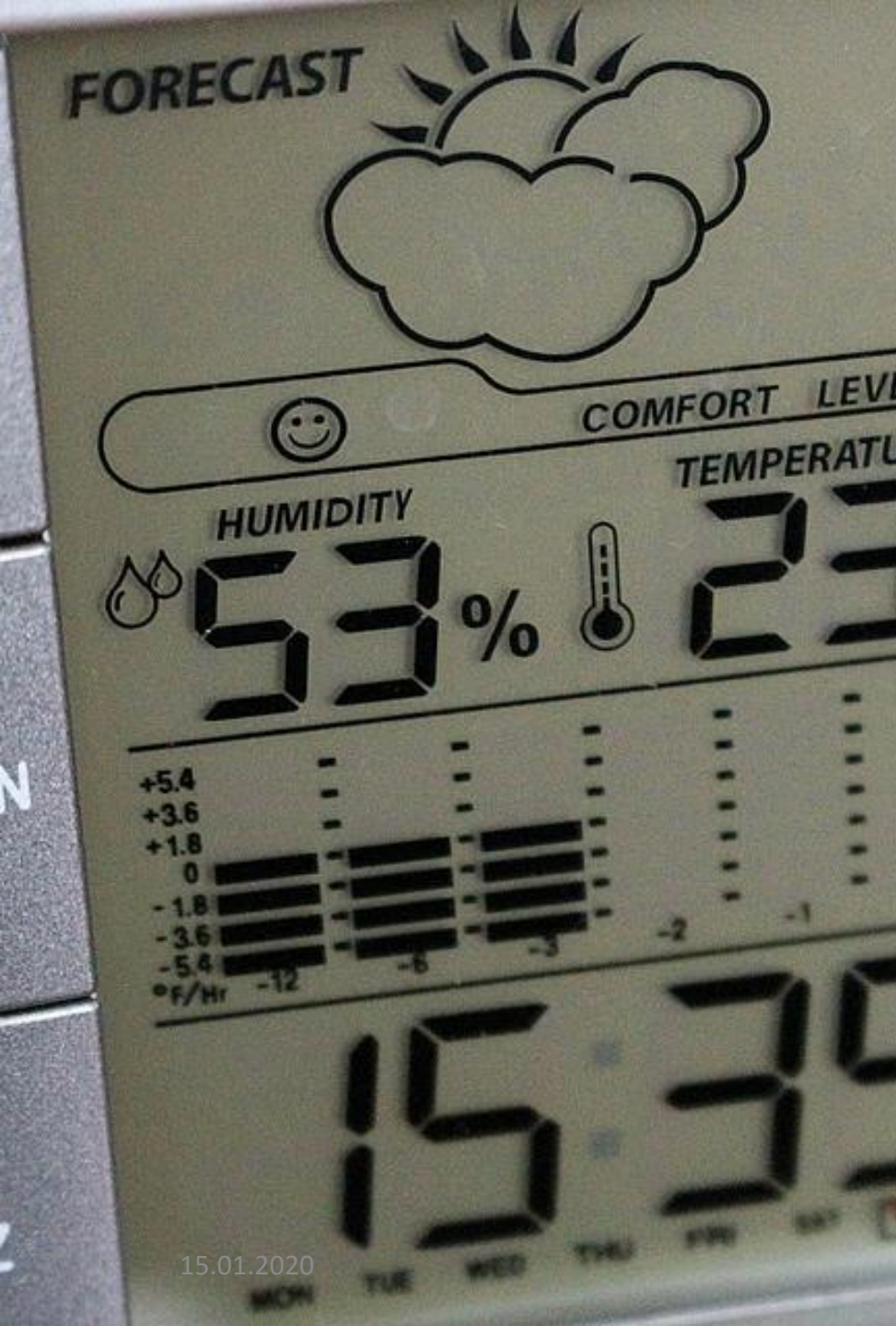


Mengde vanndamp er derfor særdeles viktig for luftens stabilitetsforhold

Viktige begreper – mettet luft («saturated air»)

- Luften er mettet når den inneholder så mye vanndamp som mulig
- Luftens metningsstatus er avhengig av temperaturen
 - Varm luft har større kapasitet til å holde på vanndamp enn kald luft
- Luften kan også bli mettet om vi blander to luftmasser som i seg selv ikke er mettet





Viktige begreper – relativ fuktighet

- Et mål for hvor mye vanndamp luften inneholder
- Forholdet mellom hvor mye vanndamp det er i luften (absolutt fuktighet) og hvor mye vanndamp luften klarer å holde ved en gitt temperatur
- Hvis det ikke foregår noen fordamping fra en vann-, is- eller snøflate er luften mettet. Da er også den relative fuktigheten 100 prosent



Viktige begreper – duggpunktstemperatur T_D

- T_D («dew point temperature»)
- Temperaturen som luften må kjøles ned til for at den skal bli mettet med vanndamp
- Differansen mellom temperatur og duggpunktstemperatur kalles «spredningen» eller «splitten»
- Når den er 2-3 grader eller mindre er det fare for tåke dersom temperaturen faller

Viktige begreper – temperaturgradienter («lapse rates»)

- Hvor mye temperaturen synker eller stiger per høydeenhet – normalt angitt i antall grader Celsius per 100 meter
- Omgivelsenes temperaturgradient («ELR – environment lapse rate»)
- Tørradiabatisk temperaturgradient («DLR – dry adiabatic lapse rate») – 1 grad Celsius per 100 meter
- Fuktigadiabatisk temperaturgradient («SLR – saturated lapse rate») – omtrent 0,6 grader Celsius per 100 meter



Omgivelsenes temperaturgradient («ELR»)

- Viser hvordan luftens temperatur i omgivelsene – det vil si den aktuelle luften som er rundt målestedet – oppfører seg
- Normalt synker temperaturen med høyden – men ikke alltid
- Hvor mye den aktuelle temperaturen endres med høyden er avhengig av lokale forhold
- Viktig fordi den bestemmer hva som skjer med luft som heves

Tørradiabatisk temperaturgradient («DALR»)

- Tørr eller umettet luft stiger
 - Avkjøles adiabatisk på grunn av at trykket synker med økende høyde
- Tørr eller umettet luft synker
 - Oppvarmes adiabatisk på grunn av at trykket øker med lavere høyde
- 1 grad Celsius per 100 meter (cirka 3 grader Celsius per 1000 fot)

Fuktigadiabatisk temperaturgradient («SALR»)

- Når luften er mettet og stiger vil den avkjøles
- Det frigjøres varme slik at SALR er lavere enn DALR
- Cirka 0,6 grader Celsius per 100 meter
- Luften kondenserer da den inneholder fuktighet
- Det dannes skyer



Luftens stabilitet

- Om vi tenker oss at vi sender en volumenhet med luft opp i atmosfæren kalles det
 - **Absolutt stabilitet** om volumenheten med luft søker tilbake til utgangspunktet
 - **Absolutt instabilitet** om volumenheten med luft fortsetter i samme retning som den blir sendt, og
 - **Betinget instabilitet** avhengig om volumenheten er mettet eller ikke og hvor høyt opp i atmosfæren den når

Konveksjon, subsidens og adveksjon



- Når luft flyttes vertikalt oppover, kaller vi det for konveksjon
- Når luft flyttes vertikalt nedover, kaller vi det for subsidens
- Når luft flyttes horisontalt, kaller vi det for adveksjon



Varmetransport i atmosfæren

Solstråling

- *Kortbølget* stråling som
 - reflekteres i rommet
 - absorberes av atmosfæren
 - treffer jordens overflate og varmer denne opp uten at atmosfæren varmes nevneverdig opp





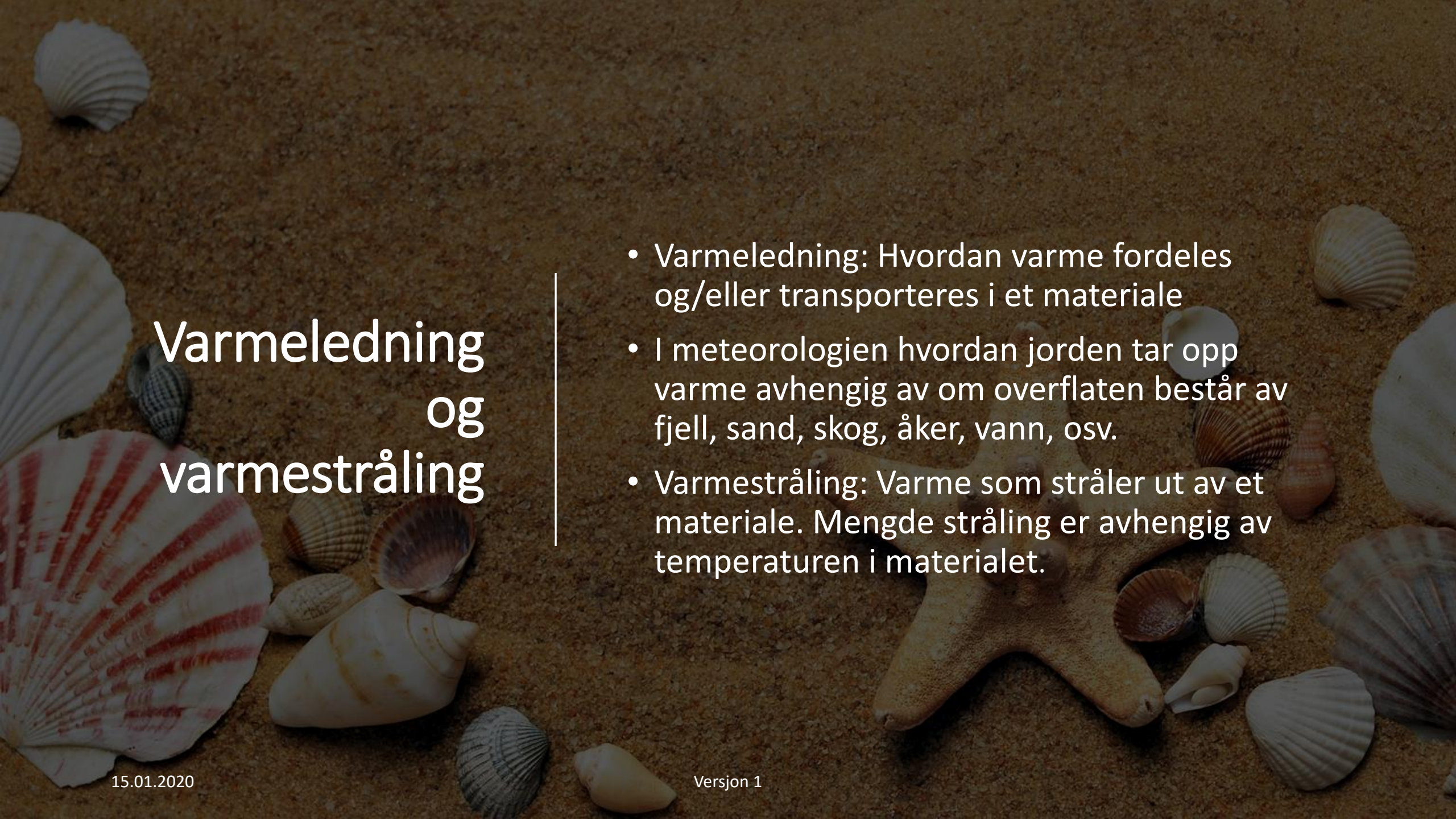
Solstråling –refleksjon og absorpsjon

- Refleksjon
 - Thermos og mesosfæren seks prosent
 - Skyer 24 prosent
 - Jordens overflate seks prosent
- Absorpsjon
 - støv, vanndamp og oson i atmosfæren 14 prosent
 - Skyer tre prosent
 - Jordens overflate 47 prosent



Jorden og atmosfæren er i balanse

- Solstråling som absorberes i jordoverflaten, fører til at overflaten blir oppvarmet
- Deler av denne varmen stiger opp i troposfæren
- Dette er *langbølget* stråling som utgjør 64 prosent
- Det tilsvarer mengde kortbølget stråling som jordoverflaten og atmosfæren absorberer
- Jorden og atmosfæren er med andre ord i balanse

The background of the slide is a close-up photograph of a sandy beach. Scattered across the sand are various seashells, including scallops with prominent red and white stripes, and a light-colored starfish. The lighting is soft, creating a warm, natural atmosphere.

Varmeledning og varmestråling

- Varmeledning: Hvordan varme fordeles og/eller transporteres i et materiale
- I meteorologien hvordan jorden tar opp varme avhengig av om overflaten består av fjell, sand, skog, åker, vann, osv.
- Varmestråling: Varme som stråler ut av et materiale. Mengde stråling er avhengig av temperaturen i materialet.



Temperaturvariasjoner

- Årstider på grunn av jordklodens vinkel mot solen
- Så lenge energien som kommer inn i atmosfæren er større enn energien som stråler fra jordoverflaten – blir overflaten oppvarmet
- Underlaget har mye å si
 - Åkerjord, sand og utmark absorberer godt og raskt og kan avgi mye varme
 - Vann(hav), trær og annen vegetasjon absorberer sakte, og avgir varmen over tid
 - Ujevn oppvarming skaper vinder og turbulens

Inversjoner

- Normalt vil temperaturen synke med høyden
- Når det er en inversjon til stede stiger temperaturen med høyden i stedet
- En inversjon har operative konsekvenser i det den kan gi et vindskifte og har betydning for atmosfærens stabilitet. Den påvirker også flyets ytelser
- Vi regner med fire former for inversjon
 - Bakkeinversjon (temperaturinversjon)
 - Frontinversjon
 - Subsidenstinversjon
 - Turbulensinversjon



- Gir et lag som er ganske grunt, og som består av stabil luft ganske nærme jordoverflaten.
- Toppen av inversjonen fungerer som et lokk som holder vær og forurensning nede, og er luften fuktig nok, kan det også oppstå skyer, tåke og dis på toppen.
- Vindskjær

Bakke(temperatur)inversjon



Frontinversjon

- Inversjoner kan også oppstå i forbindelse med frontaktivitet, hvor vindskiftet på toppen av inversjonslaget kan være sterkt.
- Skjer når varm luft glir over et kaldt nedre lag.
- Stor fuktighet i inversjonen – skyer og nedbør

Subsidensinversjon

- Luften som synker i et høytrykk vil ikke falle helt ned til jordoverflaten men blir den liggende ca. 2 – 5000 fot over overflaten, slik at luftmassene ved bakken er kaldere enn de i luften.
- Kan være dårlig sikt om sommeren på grunn av forurensing under inversjonslaget. Denne forurensingen gir dis. Dersom fuktigheten er stor og de lavere luftlag er kalde om vinteren, gir dette tåke under inversjonslaget.

Turbulensinversjon

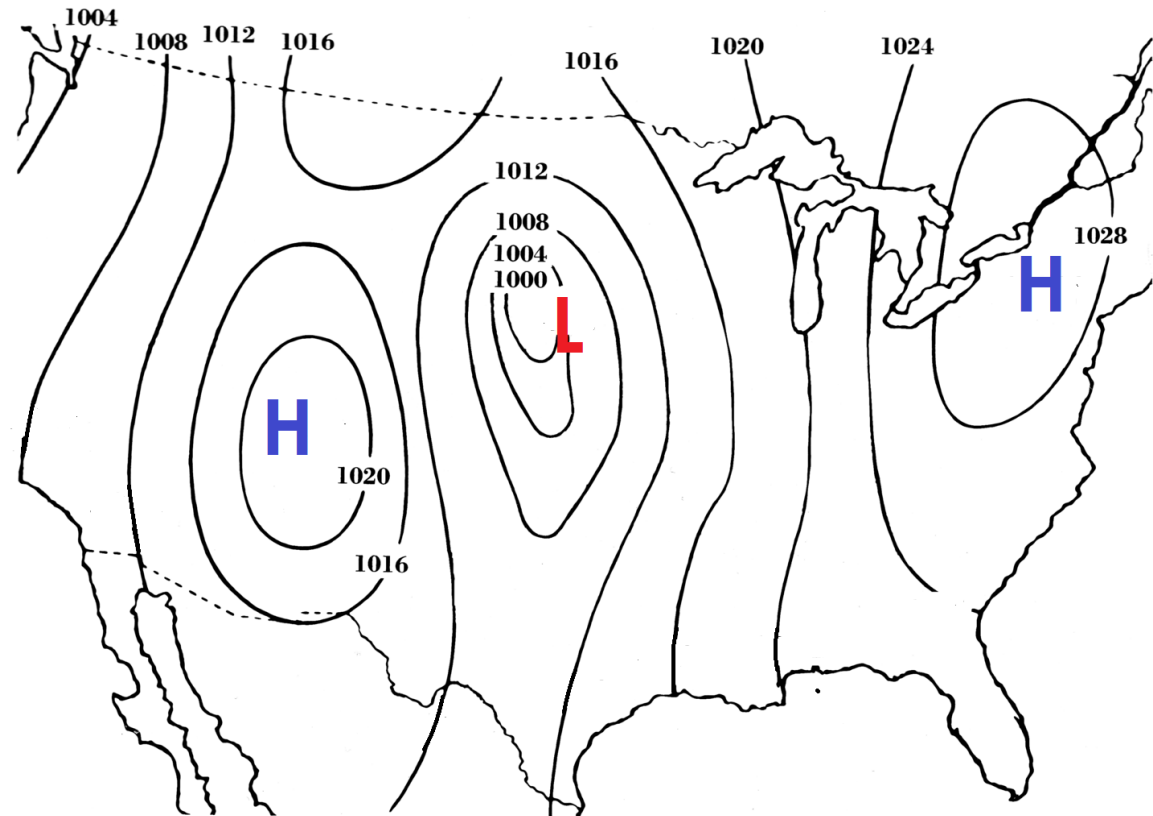
- Dannes ofte når stille luft ligger over turbulent luft
- Får en blanding av luftmassene hvor den øverste delen blir avkjølt
- Kan også være medvirkende for at det blir en subsidensinversjon



Lufttrykk

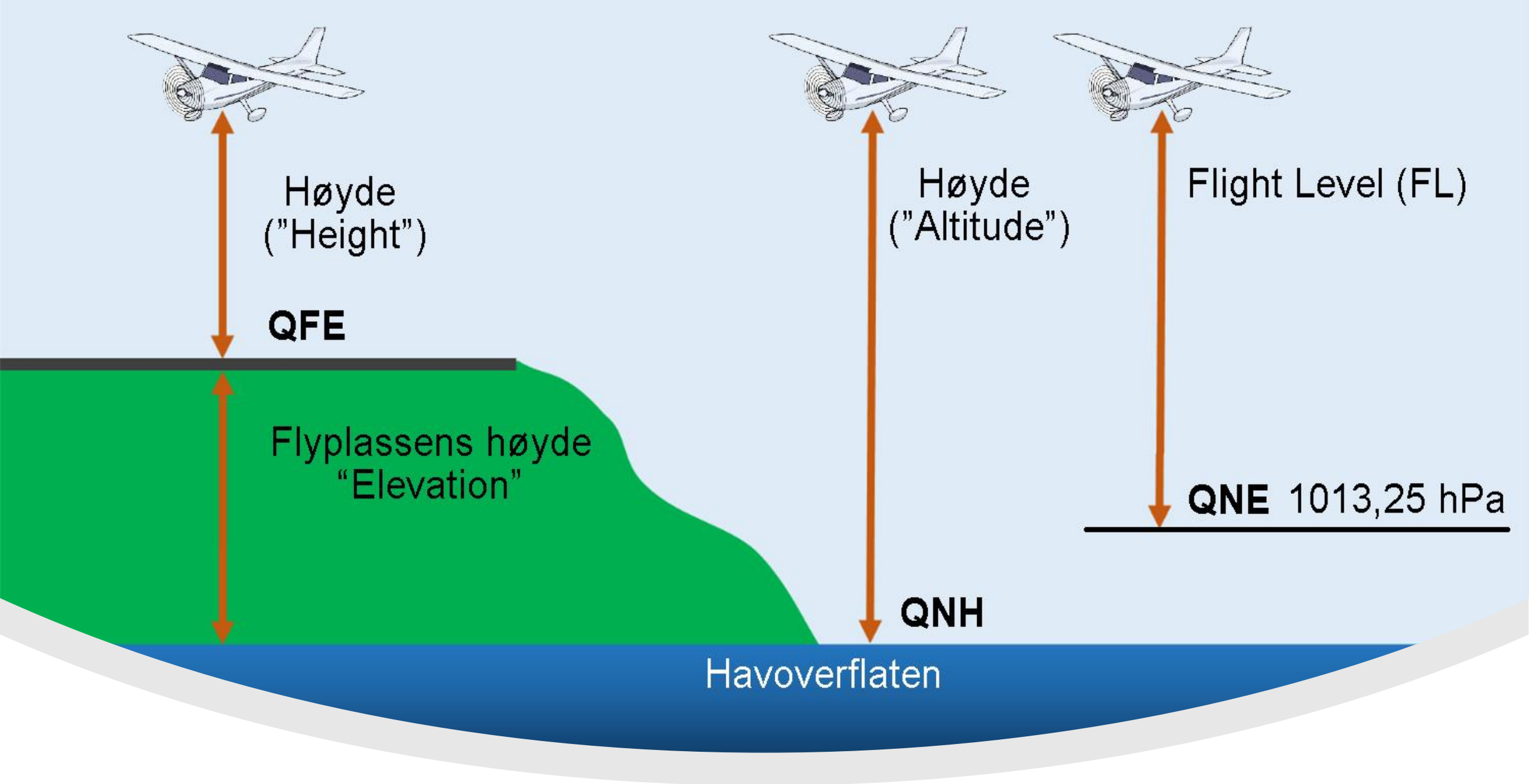
Isobarer

- Forbinder områder med samme trykk
- Ligger tett rundt et lavtrykk og trykkgradienten er stor
- Ligger med god avstand rundt et høytrykk og trykkgradienten er liten



Q-koder

- QFE = det lokale trykket på flyplassen.
Høydemåleren viser null år vi står på flyplassen. I luften vil den vise høyden over flyplassen (terrenget)
- QNH = Det lokale trykket på flyplassen omregnet til havets nivå ved hjelp av egenskapene til standardatmosfæren. Høydemåler viser flyplassens høyde over havoverflaten når vi står på bakken. I luften vil den vise høyden vår over havoverflaten
- QNE = Standard trykk (1013,25 hPa). Dette trykket er utgangspunktet i ISA, og når vi setter det inn på høydemåleren vil vi ha samme forhold mellom høyde og trykk som i standardatmosfæren.
- Vi flyr da på flygenivå («FL – Flight Level»).





Lufttethet



Forhold mellom trykk, temperatur og tetthet

- Tettheten er proporsjonal med lufttrykket. Dess større trykk, dess høyere tetthet og dess lavere trykk, dess lavere tetthet
- Tettheten er omvendt proporsjonal med temperaturen. Dess høyere temperatur, dess lavere tetthet og dess lavere temperatur, dess høyere tetthet
- Lav tetthet gir en stor (høy) tetthetshøyde («DA – Density Altitude») og dårlige ytelser, mens stor tetthet gir en lav tetthetshøyde og bedre ytelser.
- Det gjelder både motorens ytelser og vingens kapasitet til å løfte

Bilde: Samedan flyplass (LSZS) i Sveits er Europas høyest beliggende flyplass på 5600 fot



Høydemåling

Høydebegreper

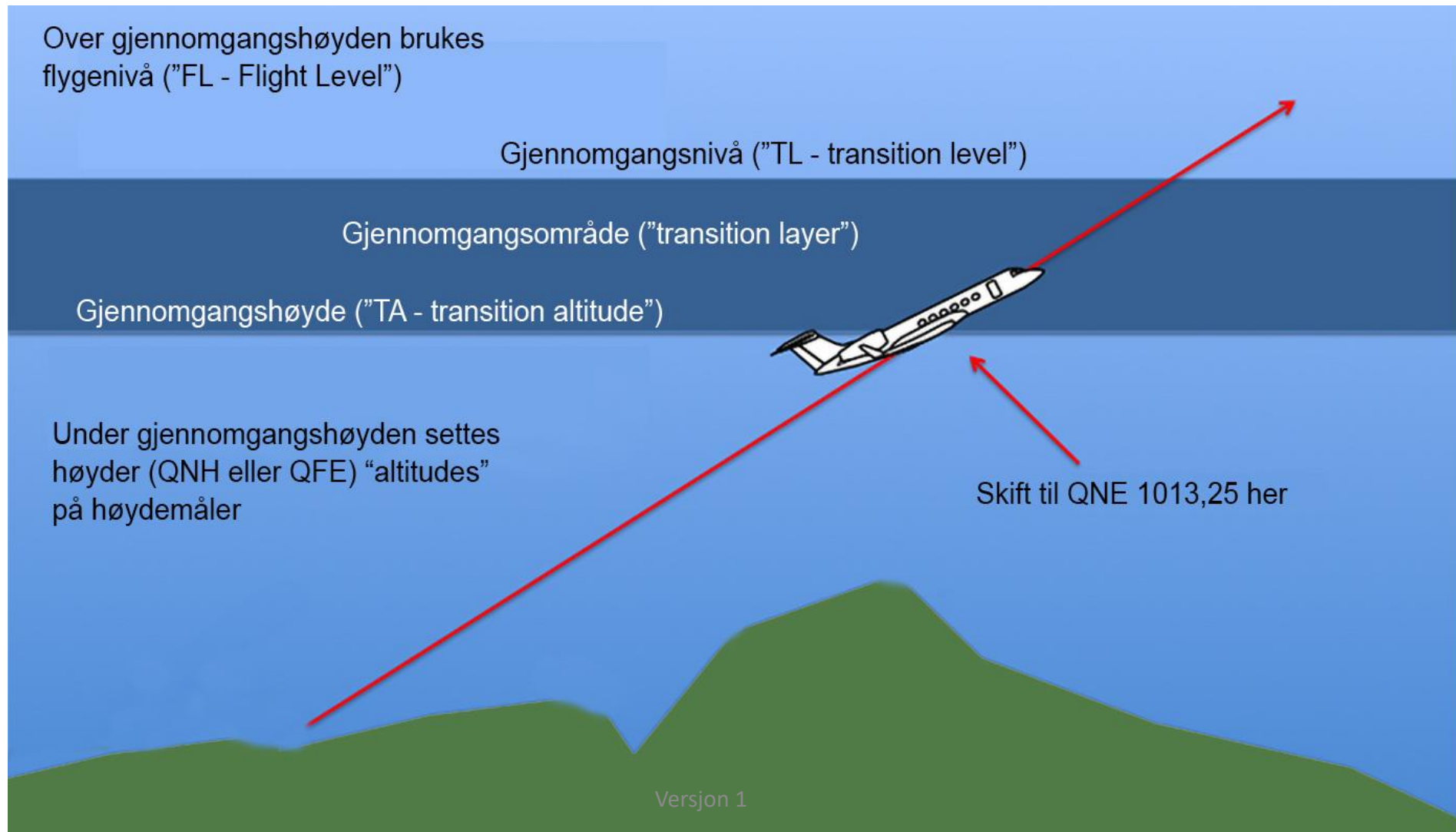
- *Indikert høyde* («indicated altitude») er høyden som høydemåleren indikerer og som vi leser direkte av instrumentet når vi har satt QNH inn på høydemåleren
- *Sann høyde* («true altitude») er flyets sanne høyde – det vil si vertikal avstand over havoverflaten. I tillegg til temperatur- og trykkvariasjoner vil også instrumentfeil spille inn her
- *Absolutt høyde* («absolute height»), denne høyden viser vertikal avstand over bakken («AGL – above ground level»)
- *Trykkehøyde* («pressure altitude») er som vi har sett tidligere, det nivå som vises når vi setter standard trykk (1013.25 hPa) inn på høydemåleren
- *Tetthetshøyde* («density altitude») er høyden vi får når vi korrigerer trykkehøyden for avvik fra standard temperatur (+15°C) utenfor flyet. Varmere luft gir større høyde

Gjennomgang:

Flyging mellom høyde og nivå

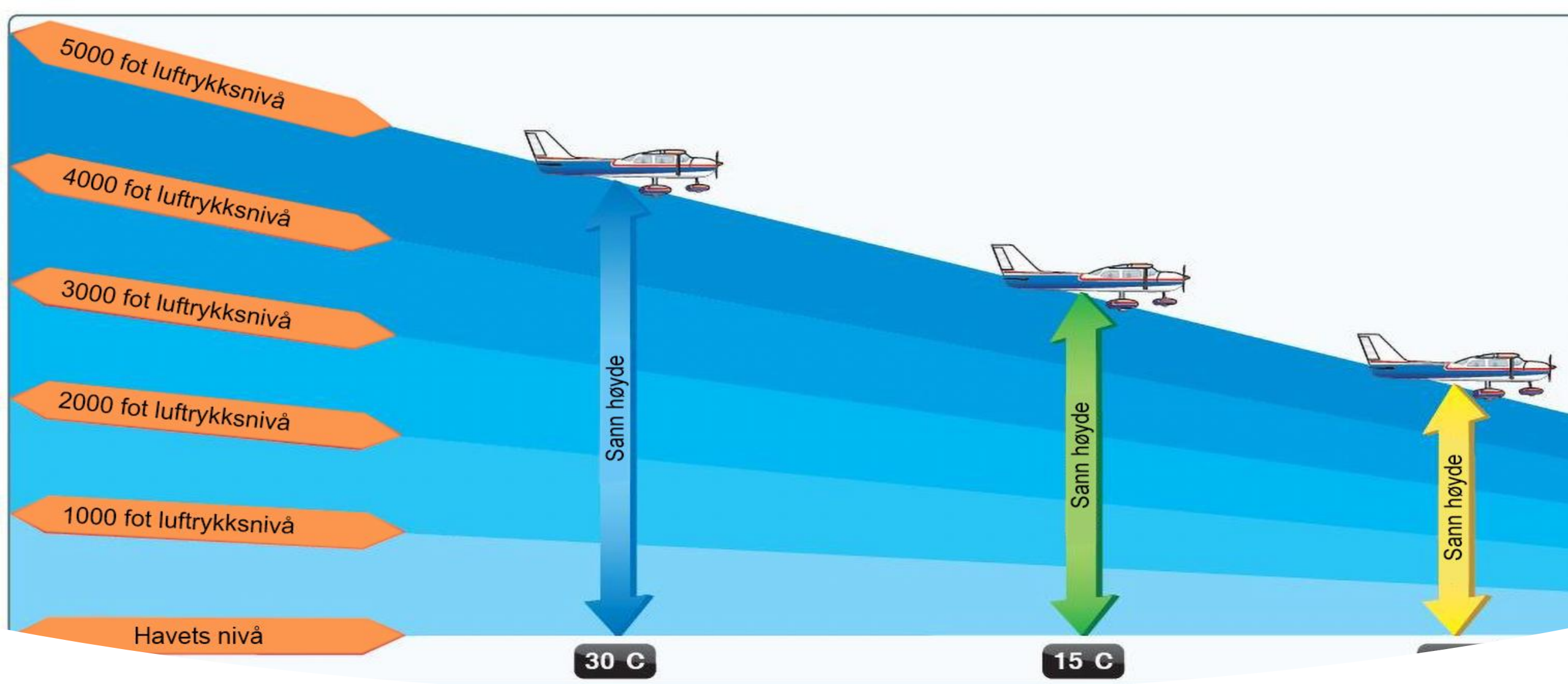
- **Gjennomgangshøyden** er den høyden (i fot over havets nivå) under stigning der en stiller inn høydemåleren fra QNH til QNE for flyging i større høyder. All flyging under gjennomgangshøyden skal foregå på lokalt lufttrykk, som en får oppgitt av lufttrafikkjenesten.
- **Gjennomgangsnivået** er det flygenivået (Flight Level) under nedstigning der en stiller inn høydemåleren fra QNE til QNH (eller QFE) for videre flyging på lokalt trykk.
- **Gjennomgangsområdet** er det høydesjiktet som ligger mellom gjennomgangshøyde og gjennomgangsnivået, hvor denne justeringen av høydemåleren skal foregå.
- **Innstilling av høydemåler:** For hver hPa en stiller på høydemåleren vil viserne endre seg 27 fot (8 m). Det vil si at dersom lufttrykket en dag er 1033 hPa, vil forskjellen være 540 fot mellom QNH og QNE.

Gjennomgangshøyde og -nivå



Feilkilder ved avvik i temperatur og trykk

- Vi korrigerer for et ikke-standard-trykk ved å sette inn dagens lokale trykk (QNH) på høydemåleren ved hjelp av justeringsskruen
- Vi kan ikke justere direkte for temperaturavvik eller trykkavvik med høyden i den aktuelle atmosfæren
- Flyr vi fra et område med høyt trykk til et område med lavt trykk uten å vite at trykket er endret, vil høydemåleren fremdeles vise høyden som var basert på det opprinnelige høye trykket, mens flyets aktuelle høyde over bakken vil være lavere enn den indikerte høyden
- Avvik fra standard kan også oppstå om luft presses opp og ned over fjelltopper, eksempelvis når det blåser sterkt over kupert terreng. Det samme er tilfelle dersom vi flyr fra et område med høy temperatur til et område med lav temperatur; flyets aktuelle høyde over bakken vil være lavere enn den indikerte høyden. Det skyldes at kald luft er tettere enn varm luft



Huskeregel!

Dersom en flyr fra ett værsystem til et annet

Forhold	Når vi flyr	Vil flyets høyde bli
Trykk	fra høyere til lavere trykk,	lavere enn indikert
	fra lavere til høyere trykk,	høyere enn indikert
Temperatur	fra varmere til lavere temperatur,	lavere enn indikert
	fra kaldere til høyere temperatur,	høyere enn indikert

From high to low - look out below

Gjelder både trykk og temperatur:

From high to low (trykk), from hot to cold (temperatur) look out below»

Utrekninger/trykkavvik og trykkendringer – 1

- Et fly er på en flyplass som ligger 350 fot over havet. Trykket som er satt inn på høydemåleren er 1002 hPa, men aktuell QNH er 993 hPa
- Hva viser høydemåleren? Vi antar at $1 \text{ hPa} = 27 \text{ fot}$
- QNH er flyplassens lokale trykk omregnet ned til havoverflaten etter standard atmosfærens egenskaper
- Forskjellen mellom 1002 og 993 hPa er 9 hPa som vi ganger med 27 og får 243 fot som vi legger til flyplassens høyde på 350 fot. Høydemåleren viser 593 fot
- Hvordan vet vi om vi skal legge til eller trekke fra? Tegn det opp!

Utrekninger/trykkavvik og trykkendringer – 2



Du skal fly til en flyplass som ligger 1500 fot over havets overflate. QFE ble målt til 940 hPa. 1 hPa = 27 fot



Hva er QNH for plassen? Husk at QNH må bli større i verdi enn QFE, da QNH også inkluderer luftsøylen som flyplassen ligger på



Vi får følgende regnestykke: $1500 / 27 = 55$, det vil si at luftsøylen på 1500 fot tilsvarer 55 hPa. QNH blir da: $940 \text{ hPa} + 55 \text{ hPa} = 995 \text{ hPa}$

Utrekninger/trykkavvik og trykkendringer – 3

- Hva leser vi av høydemåleren om vi har satt inn et trykk på 978 hPa, mens korrekt QNH er 993 hPa og flyplassens høyde er 770 fot?
- Hadde vi satt inn korrekt trykk (993 hPa) hadde vi lest av en høyde på 770 fot. Men vi har satt inn et trykk som er 15 hPa lavere. Det vil si at vi har satt inn $15 \times 27 \text{ fot} = 405 \text{ fot}$ feil. Luftsøylen blir med andre ord mindre og vi må her trekke 405 fot fra 770 fot
- Vi leser dermed av på 365 fot på høydemåleren
- Tegn det opp om du er i tvil!



Vind, trykksystemer og turbulens

Vind

- Vind oppstår fordi det er ubalanse og forskjeller i trykk og temperatur i atmosfæren
- Forskjeller i temperatur, gir endringer i trykket, som igjen gir en kraft som vi kaller vind
- Denne kraften prøver å utligne horisontale trykkforskjeller i atmosfæren, og dette får luften til å sette seg i bevegelse
- Dess større trykkforskjeller, dess større kraft og dess mer blåser det

Vindmåling

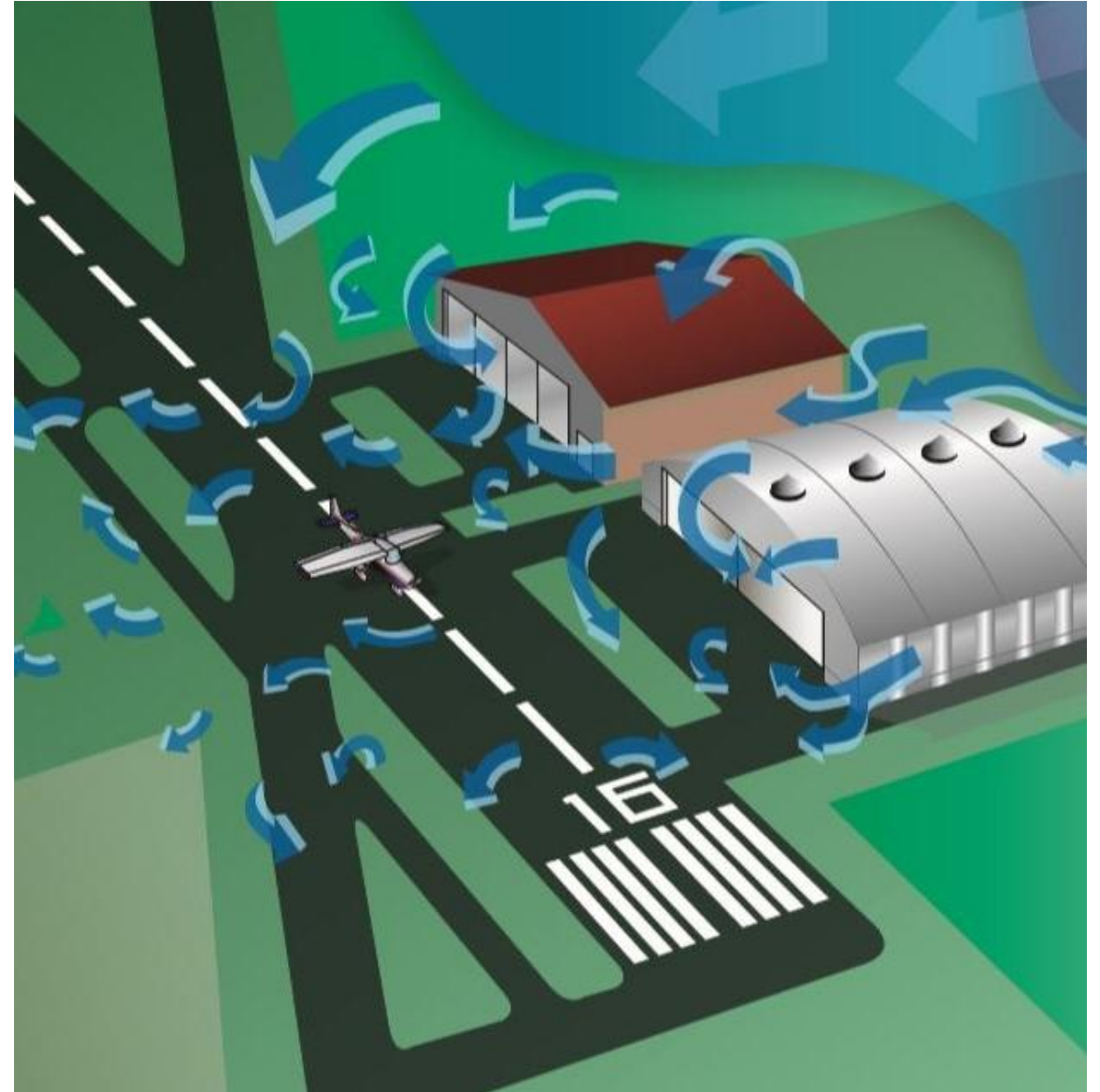
- Vindretning – er alltid fra retningen det blåser, oppgis som magnetisk vind ved avgang og landing, og som sann vind i meteorologiske meldinger
- Vindstyrke oppgis i:
 - Knop (NM/t)
 - Kilometer i timen (km/t)
 - Meter per sekund (m/s)
- Fra m/s til km/t – gange med 3,6 – fra km/t til m/s – dele med 3,6
- Fra m/s til knop – gange med 1,94 – fra knop til m/s – dele med 1,94
- Fra knop til km/t – gange med 1,85 – fra km/t til knop – dele med 1,85

Begreper

- Turbulens
- Vindkast
- Friksjonslaget
- Trykkgradient
- Corioliskraften
- Gradient og Geostrofisk vind

Turbulens

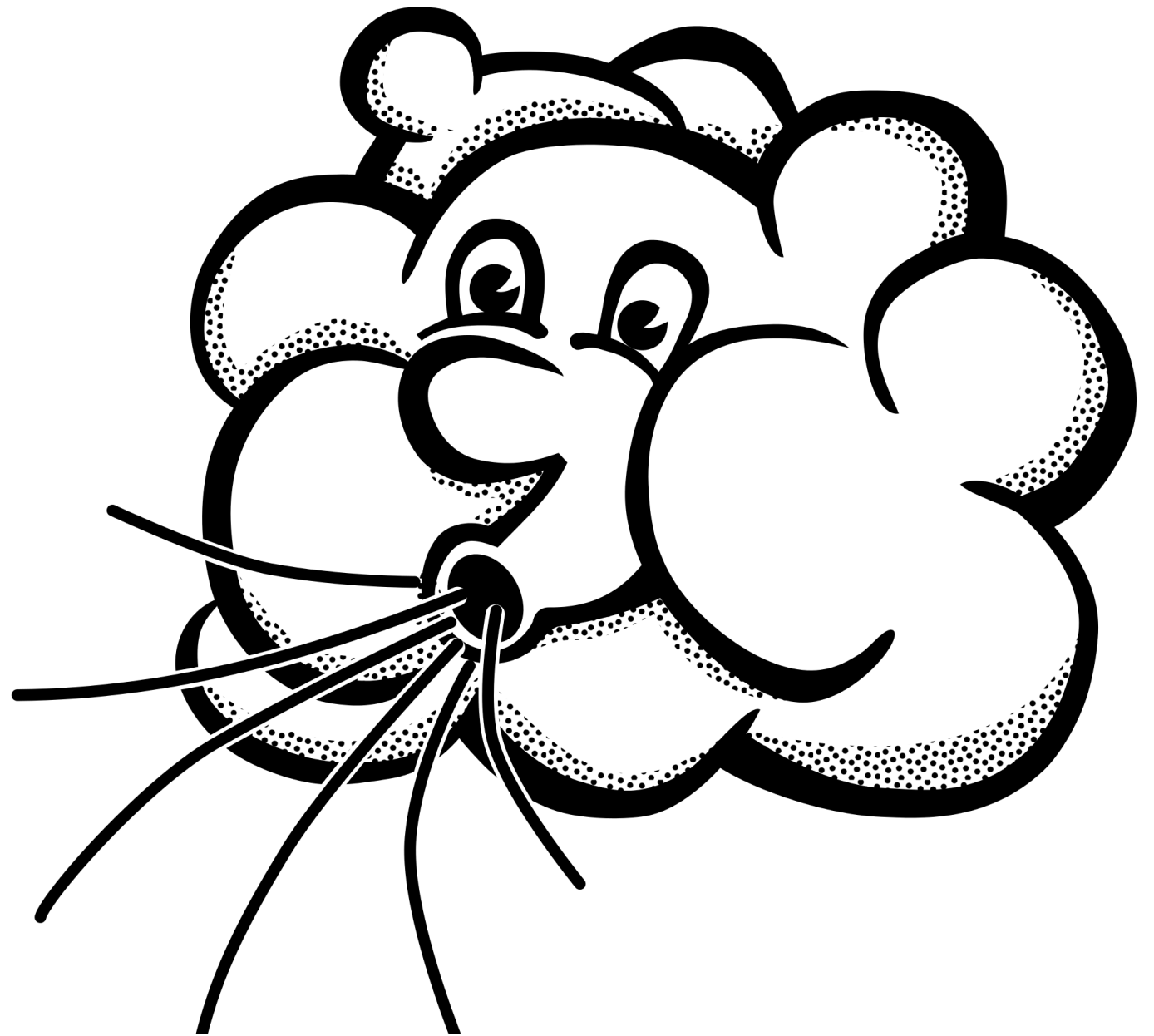
- Uregelmessige og tilsynelatende tilfeldige variasjoner i luftens bevegelse
 - Mekanisk (dynamisk) turbulens forårsaket av bygninger og fjell
 - Termisk turbulens forårsaket av oppvarming av overflaten



Vindkast

Vindkast – endring av vindens
retning og styrke over et gitt
tidsrom

15.01.2020

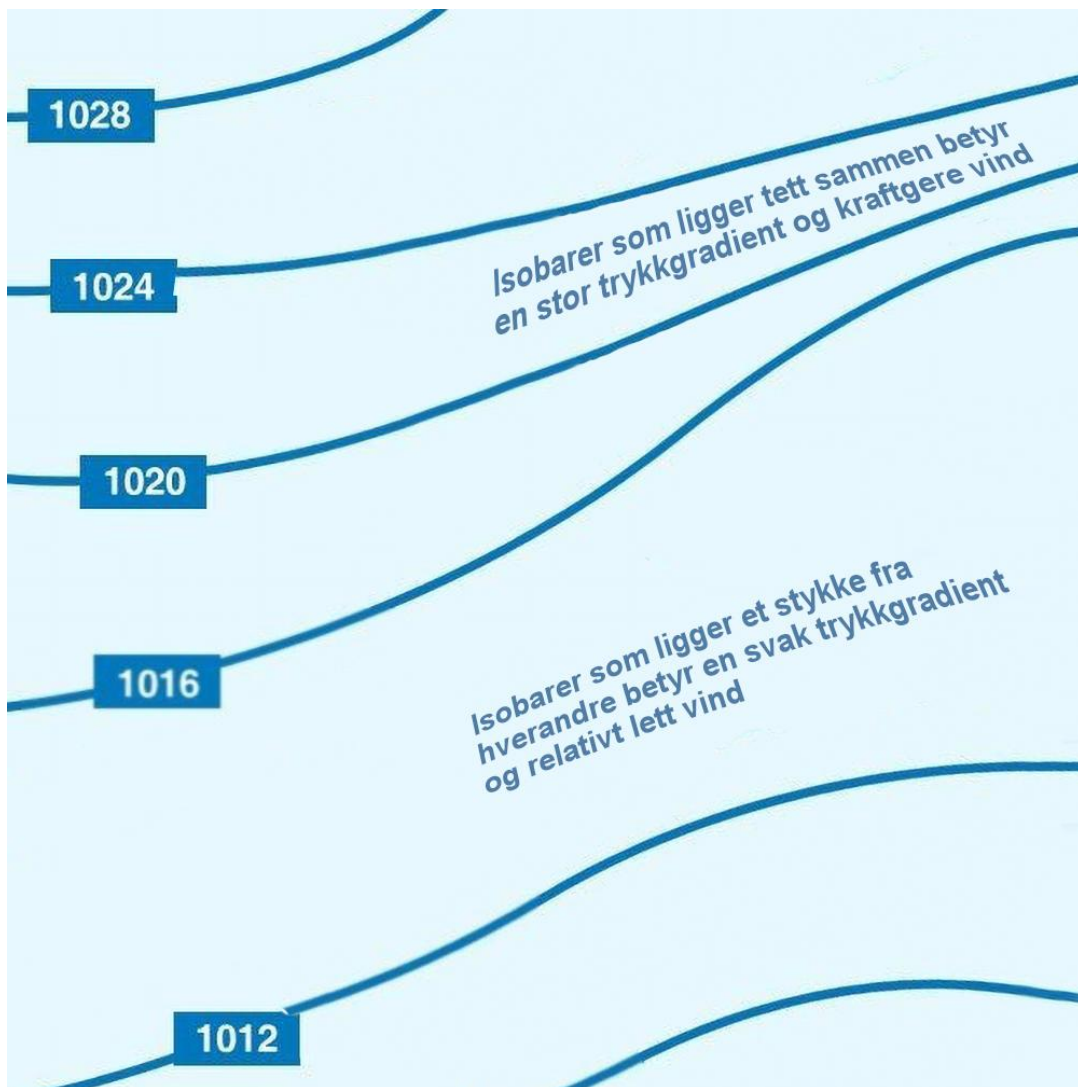


Versjon 1



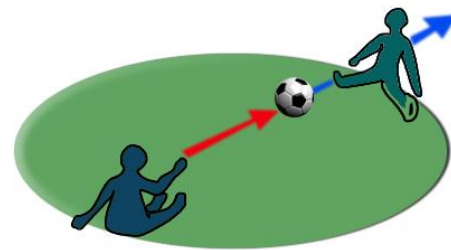
Friksjonslaget (grensesjiktet)

- Når luften beveger seg i nærheten av bakken, vil vindens hastighet gå noe ned på grunn av motstand, friksjon, fra underlaget. Friksjonen skaper mekanisk turbulens opp til en høyde hvor bakken hvor terrenget ikke har noen innvirkning lenger.
- Her finner vi friksjonslaget som normalt ligger på en høyde av rundt 1000 meter over bakken
- Over friksjonslaget blåser vinden parallelt med isobarene, og i en høyere hastighet enn ved bakken
- Under og i friksjonslaget vil friksjonen redusere vindens hastighet og også Corioliskraften, slik at vinden blåser inn mot det lavere trykket med en gjennomsnittlig vinkel på 30°

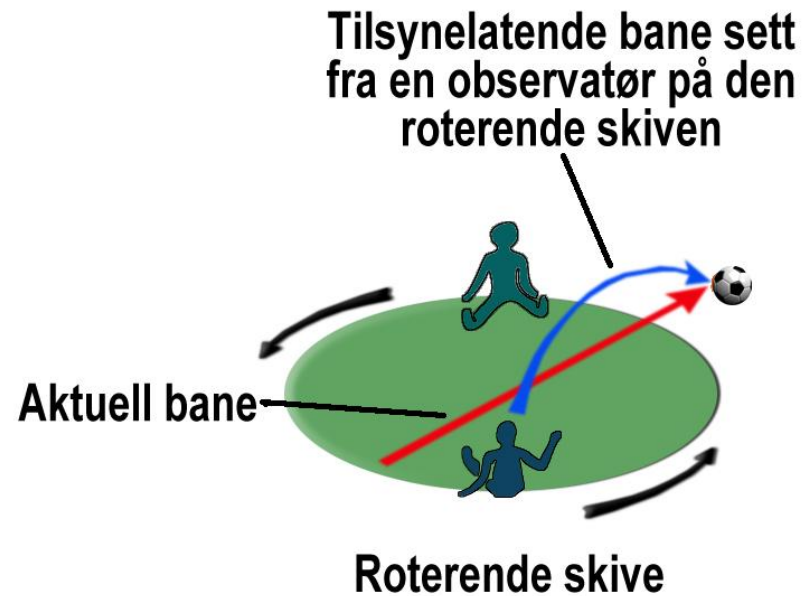


Trykkgradient

- Trykkgradient (pressure gradient) finner vi ved å ta forskjellen mellom trykk på to målestasjoner og dele på distansen mellom de to trykkene
- Er trykkgradienten stor (liten avstand mellom isobarene) blåser det godt
- En trykkgradienten liten (stor avstand mellom isobarene) blåser det mindre eller ikke i det hele tatt



Stillestående skive



Corioliskraften

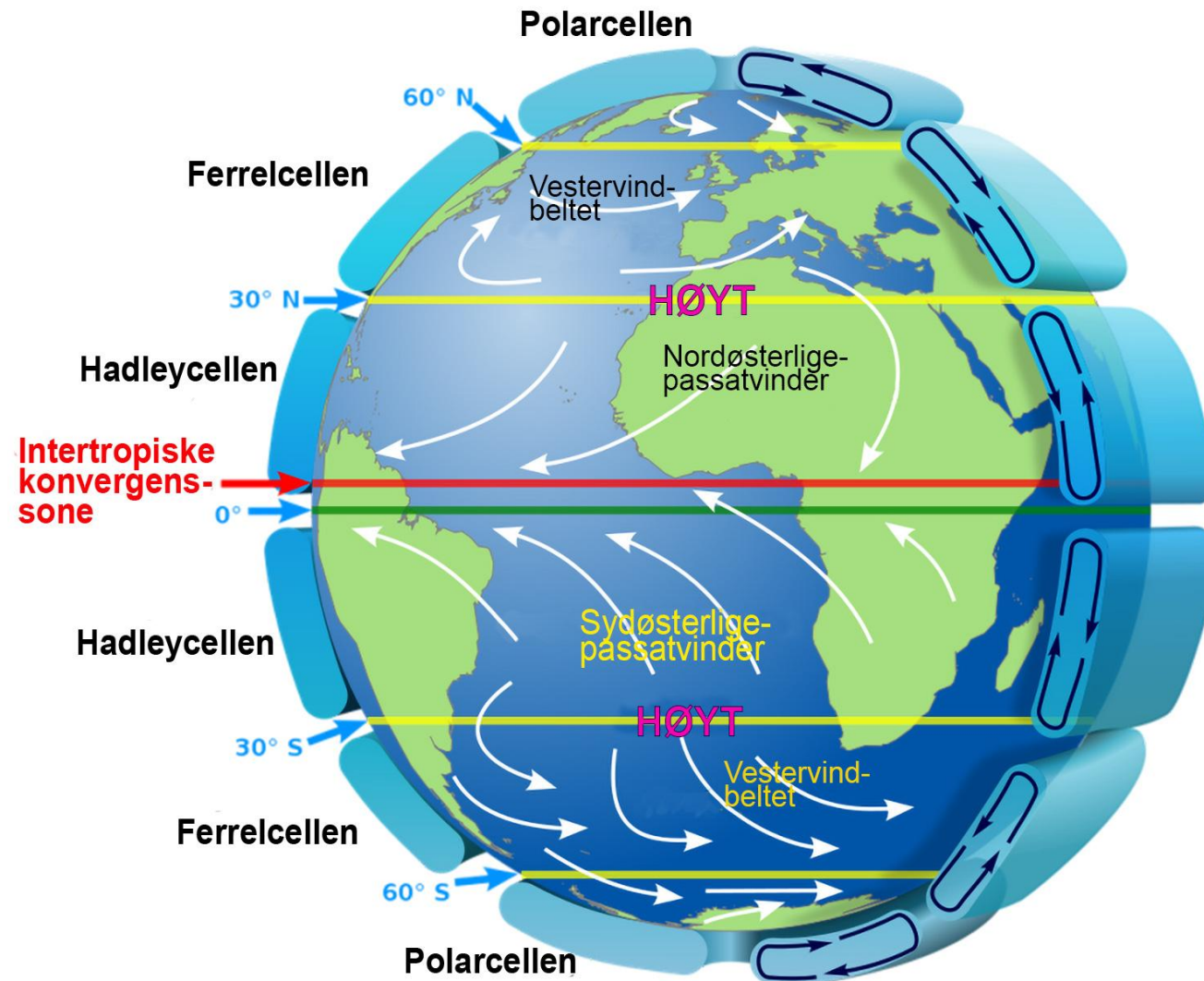
Med en gang luften i atmosfæren begynner å bevege seg, blir den påvirket og avbøyet av jordrotasjonen av en kraft som vi kaller for Coriolis kraft (Coriolis force)

I praksis vil dette si at vinden dreier til høyre for opprinnelige retning på nordlige halvkule. Kraften har liten innvirkning på lokale vinder som for eksempel pålands- og fralandsvinder om sommeren, men er viktig når vi ser på de store globale vindsystemene

Gradientvind og geostrofisk vind

- Gradientvind er vinden som blåser fra høyt trykk til lavt trykk, denne vinden blir avbøyet
- Geostrofisk vind er en vind hvor det er balanse mellom corioliskraften og trykk-gradientkraften
- Geostrofisk vind strømmer parallelt med isobarene over friksjonslaget
- Under friksjonslaget er det balanse mellom friksjonen og Corioliskraften og vinden på den nordlige halvkule blåser mot klokken og inn i et lavtrykk, og ut og med klokken fra et høytrykk

Globale vindsystemer



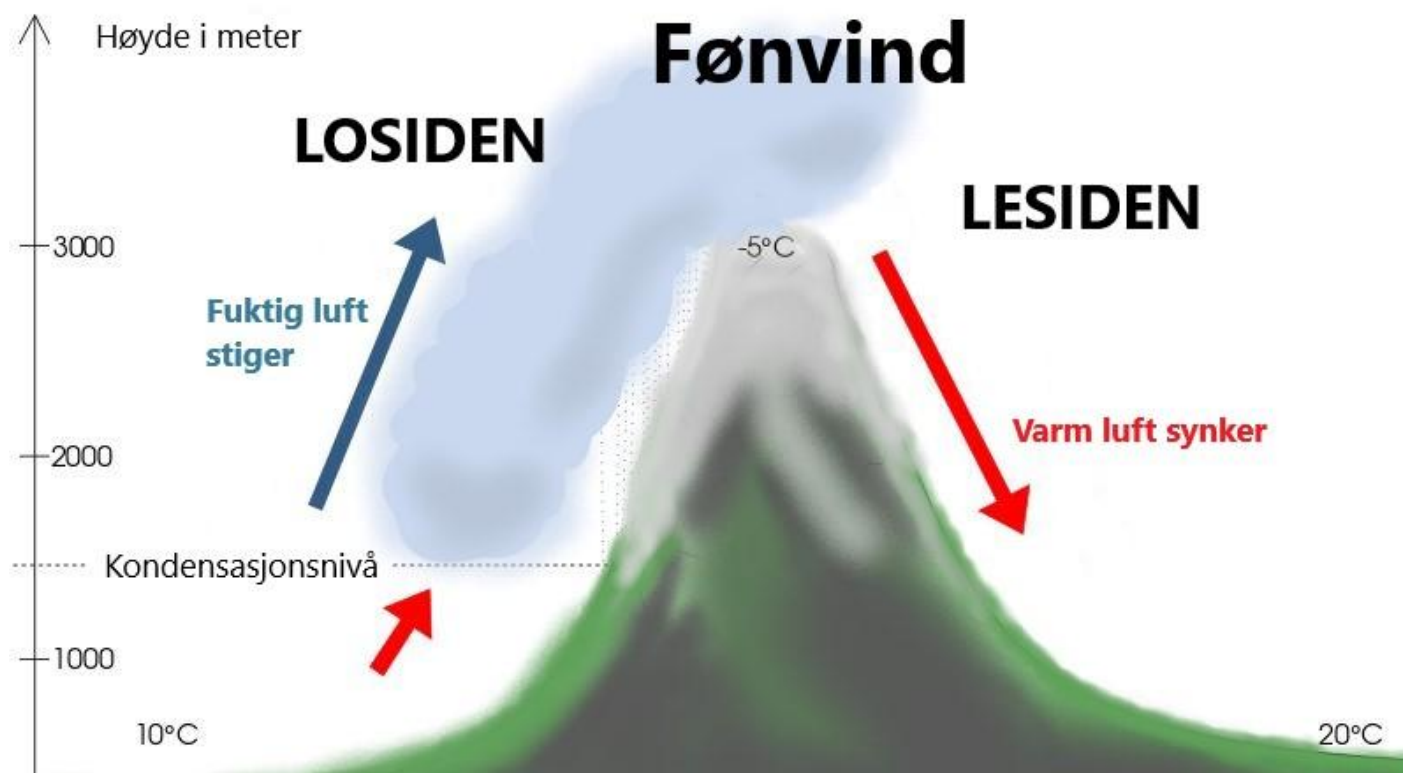
Lokale vindsystemer – fjellvind og dalvind

- **Fjell- og dalvind (mountain and valley breezes):** Lokal vindsirkulasjon
- Om dagen varmer solen opp dalsidene og får luften til å stige. Dette gir en bris oppover som vi kaller for **dalvind**. Vind som flyter oppover terrenget kaller vi for anabatiske vinder.
- Om natten snur systemet, fordi dalsidene kjøles hurtig ned, og dermed blir også luften kaldere og tyngre, og «renner» ned i dalen. Da kalles vinden for **fjellvind**, men siden det er tyngdekraften som forårsaker denne strømmen med luft, kalles den også på engelsk for «gravity winds» eller «nocturnal drainage»
- Er sterkest om morgenen, like før solen står opp. Dalvinden når sitt maksimum om ettermiddagen, og snur når solen ikke varmer opp dalsidene lenger

Lokale vindsystemer – katabatiske vinder

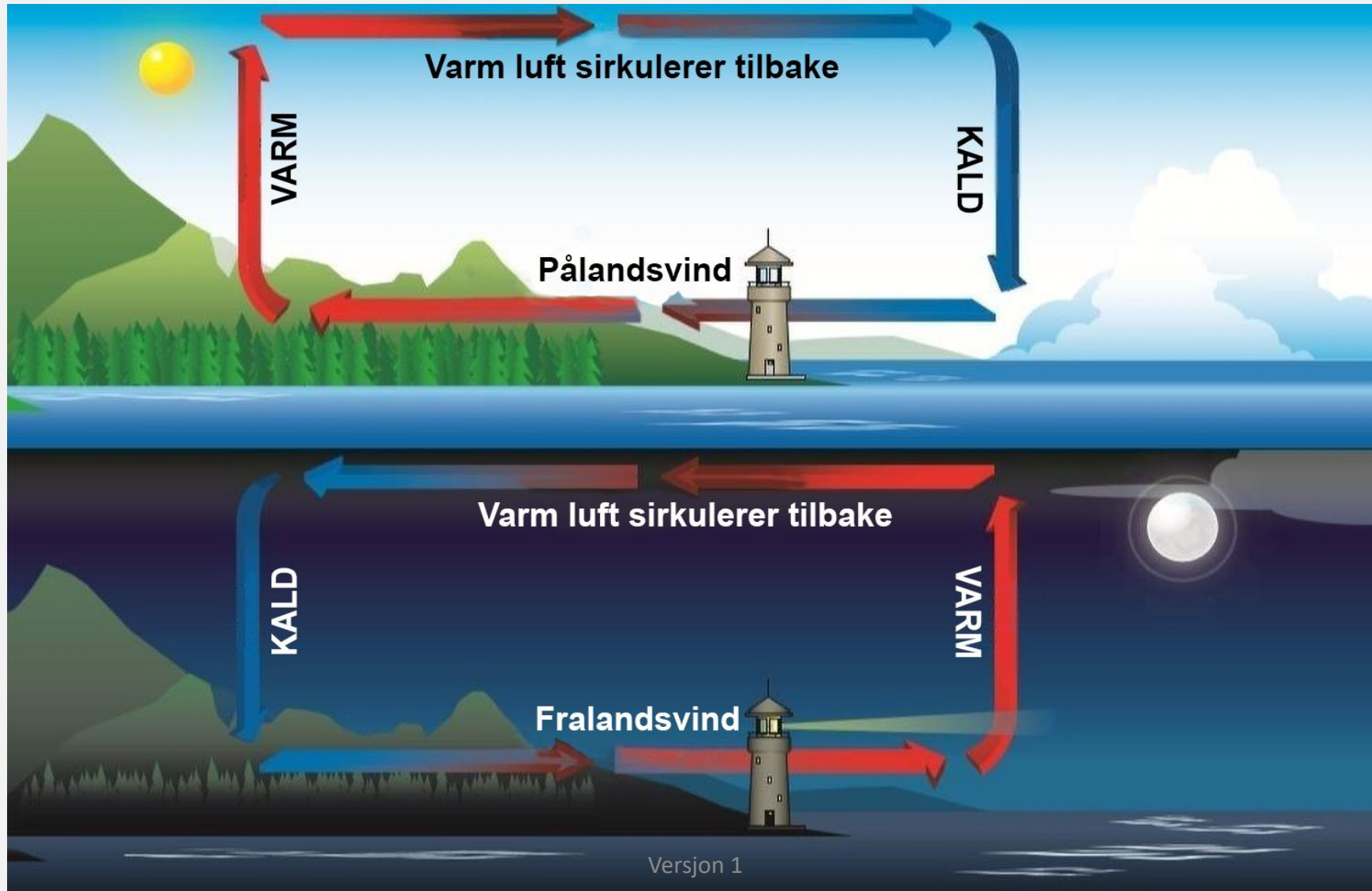
- Kalles også for fallvinder, og vi skiller mellom vind som er varmere enn omgivelsene (fønvind) eller vind som er kjøligere enn omgivelsene eksempelvis Mistral i Middelhavsområdet og Bora i Adriaterhavområdet
- Et godt arnested for en katabatisk vind er et høyt platå i et fjell-landskap, hvor det er åpninger i terrenget slik at vinden lett kan renne ned. Spesielt i områder hvor det er snø om vinteren vil luften på platået bli ekstremt kald, og med det tung, og kan noen ganger renne ned langs terrenget med hastigheter på nesten 200 km/t

Lokale vindsystemer – fønvind



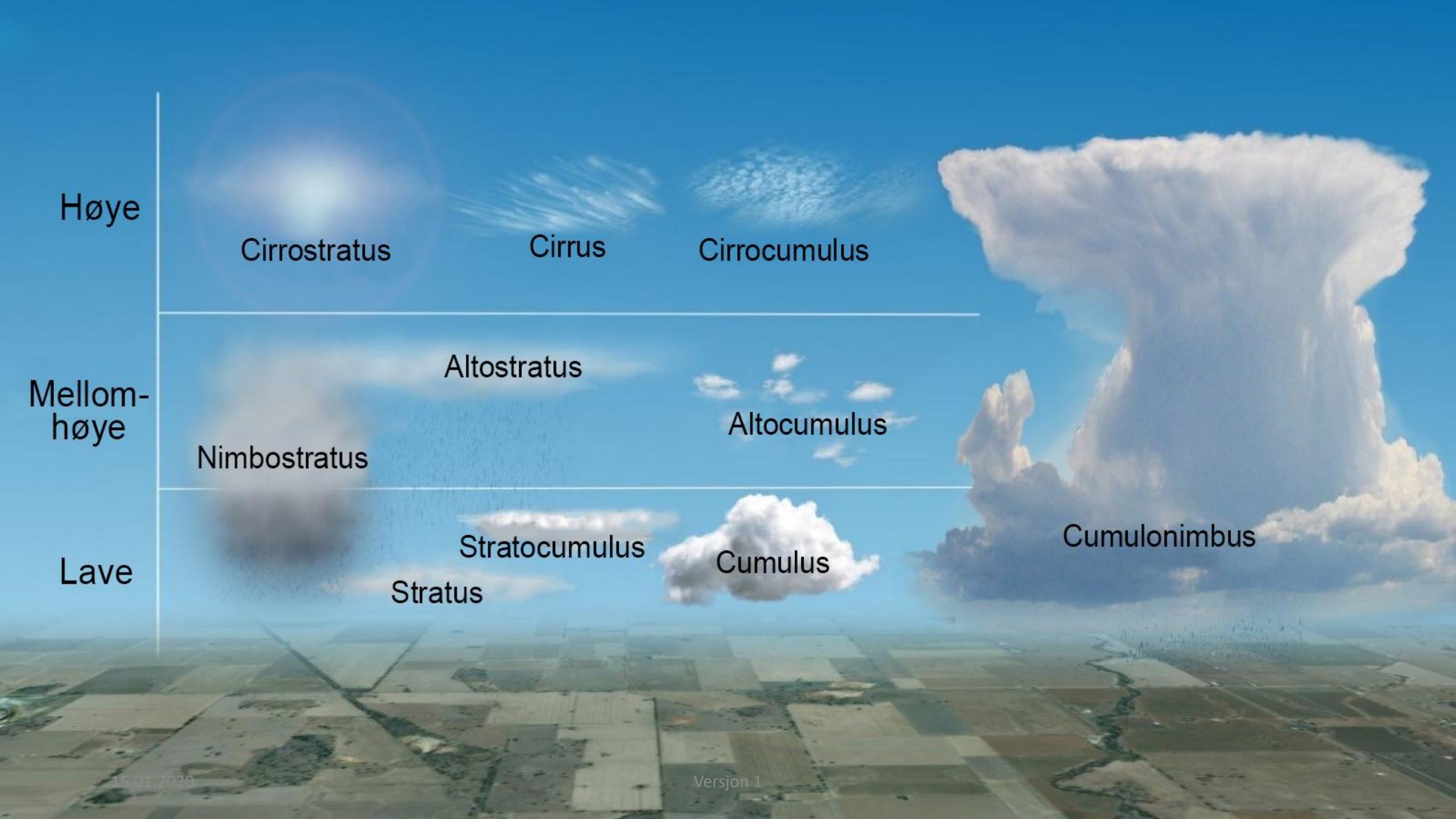
- Det motsatte av en kald fjellvind er en varm **fønvind** («foehn wind»)
- Den starter sitt liv som en anabatisk vind, det vil si at den løftes opp på losiden av et fjell og blir avkjølt. Luften er fuktig, og vanndampen i luften kondenserer, og det dannes skyer og regn opp langs fjellet.
- Nå oppstår kondensering, slik at temperaturfallet blir mindre med økende høyde. Alt regnet blir felt ut på losiden, slik at luften på andre siden av fjellet er tørr.
- Den blir derfor varmet opp mer per meter på vei ned, enn den ble kjølt ned da den ble løftet opp på losiden. Da renner det varm, tørr luft ned fjellsiden

Lokale vindsystemer – vind i kyststrøk





Skyer og tåke



Høye

Cirrostratus

Cirrus

Cirrocumulus

Mellom-
høye

Altostratus

Altopcumulus

Nimbostratus

Lave

Stratocumulus

Cumulus

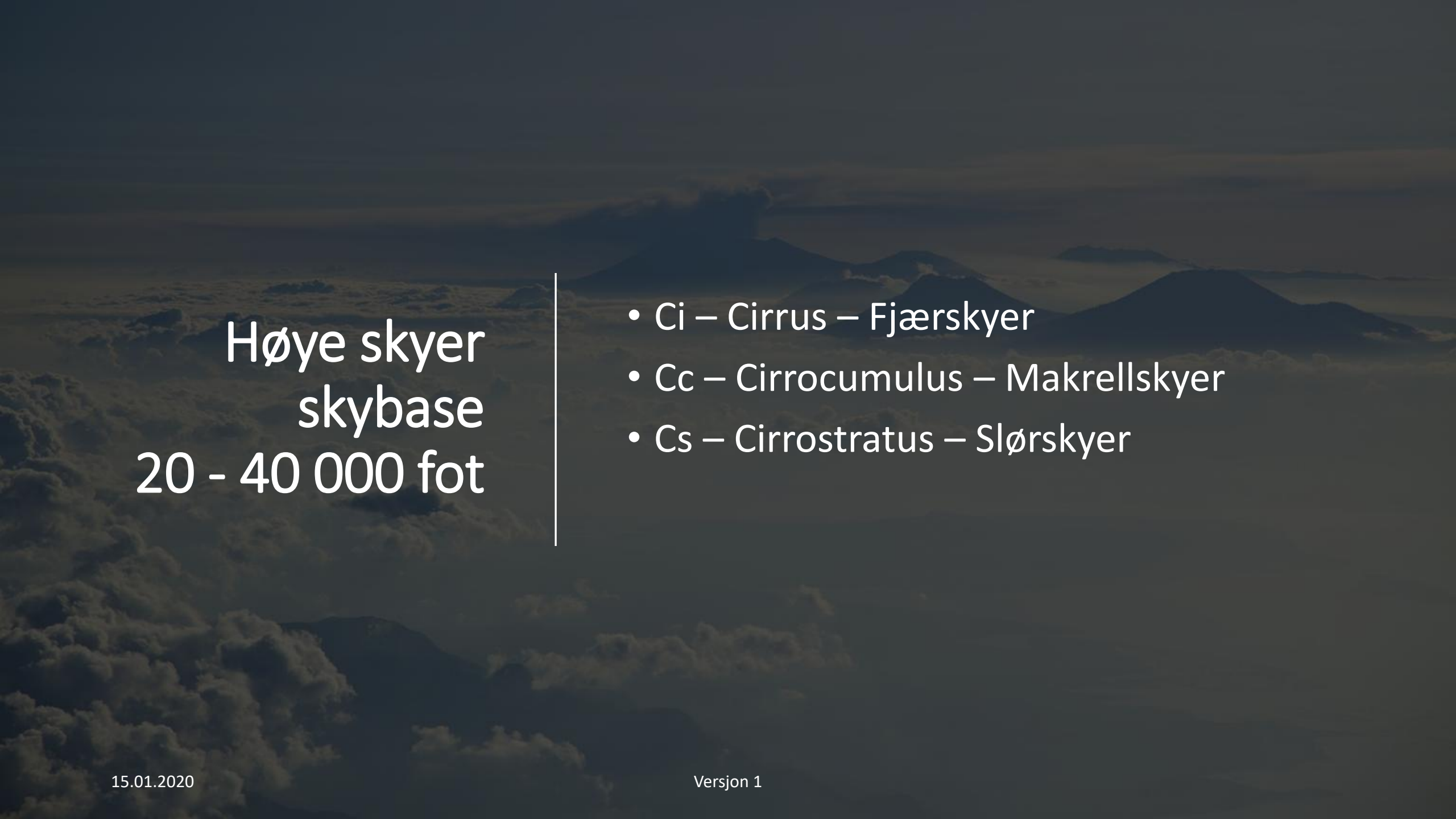
Stratus

Cumulonimbus



Hvordan det dannes skyer

- Adiabatisk prosess – avkjøling
- Adveksjon
- Konveksjon
- Kondensasjon
- Det dannes skyer på himmelen når meget små vanndråper eller iskrystallene henger seg på partikler som vi kaller kondensasjonskjerner («condensation nuclei»)
- En sky kan bestå av vanndråper, underkjølte vanndråper og iskrystaller



Høye skyer skybase 20 - 40 000 fot

- Ci – Cirrus – Fjærskyer
- Cc – Cirrocumulus – Makrellskyer
- Cs – Cirrostratus – Slørskyer



Ci – Cirrus – Fjærskyer

- Silkeaktige med glinsende fine og hvite tråder
- Dannes av iskrystaller
- Godværsfjærskyer, eller
- Opptrekksfjærskyer som varsler fronter
- Kalles for amboltfjærskyer i byggevær – er da tettere og mørkere

Cc – Cirrocumulus - Makrellskyer

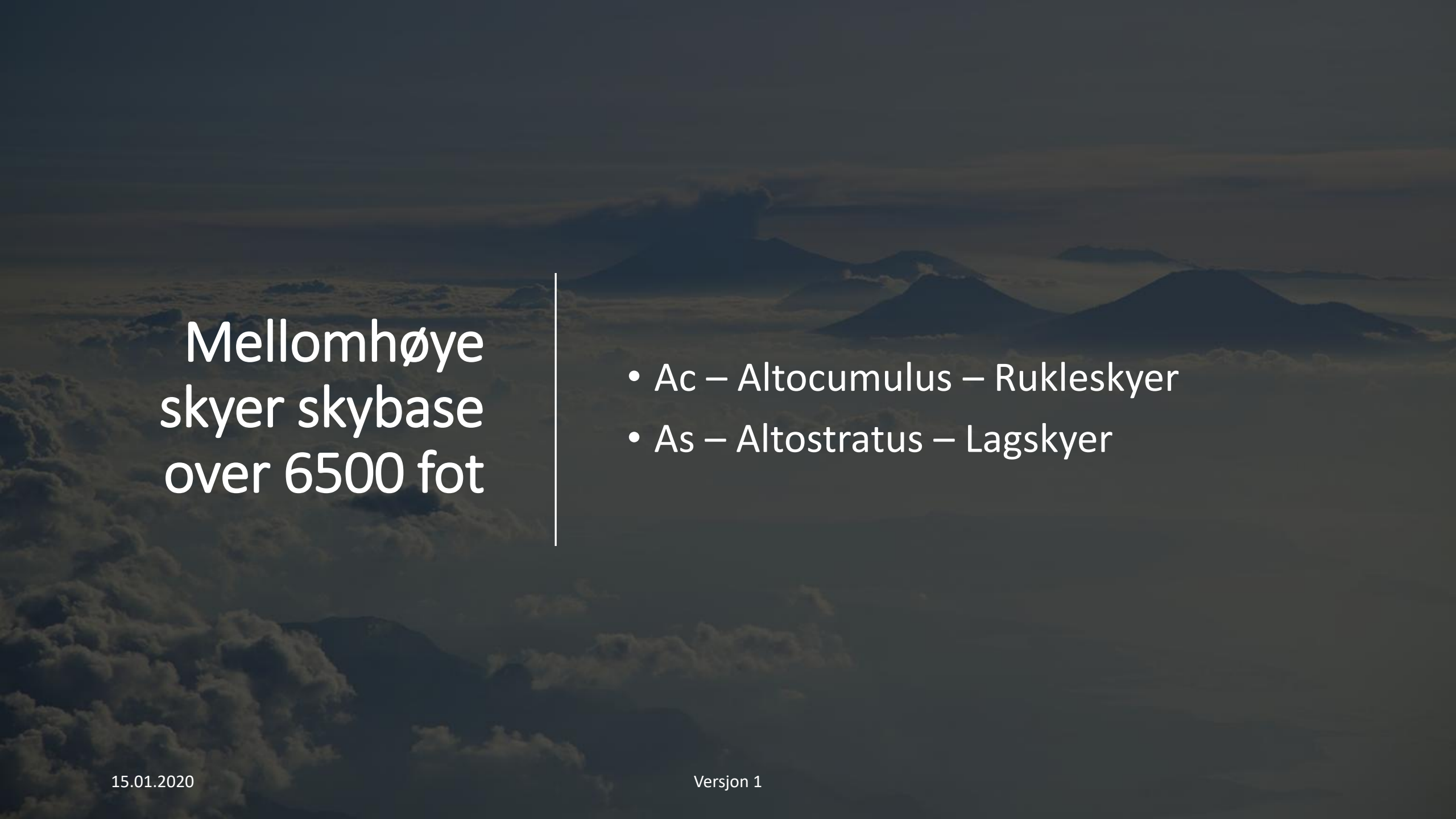
- En mengde små skyballer i et mønster
- Når parallelle bånd er det sterke og konsentrerte vinder i høyden
- I tordenforhold endrer de stadig formasjon = urolige flyforhold
- Dannes av iskrystaller og gjerne ved at slørskyer løses opp
- Ligner på skinnet på en makrell



Cs – Cirrostratus – Slørskyer

- Består gjerne av opptrekket til Cirrus
- Tetter raskt til – danner et finstripet lag med skyer
- Himmelen får et melkehvitt utseende
- Dannes av iskrystaller
- Kan gi nedbør i form av regn eller snø





Mellomhøye skyer skybase over 6500 fot

- Ac – Altocumulus – Rukleskyer
- As – Altostratus – Lagskyer

Ac – Altocumulus - Rukleskyer

- Skybase mellom 7000 og 18 000 fot
- Ligner litt på makrellskyer men ligger lavere
- Stort og tynt, men regelmessig flak som er satt sammen av små skyballer
- Består i hovedsak av vanndråper
- Dannes ofte ved at lagskyer løses opp



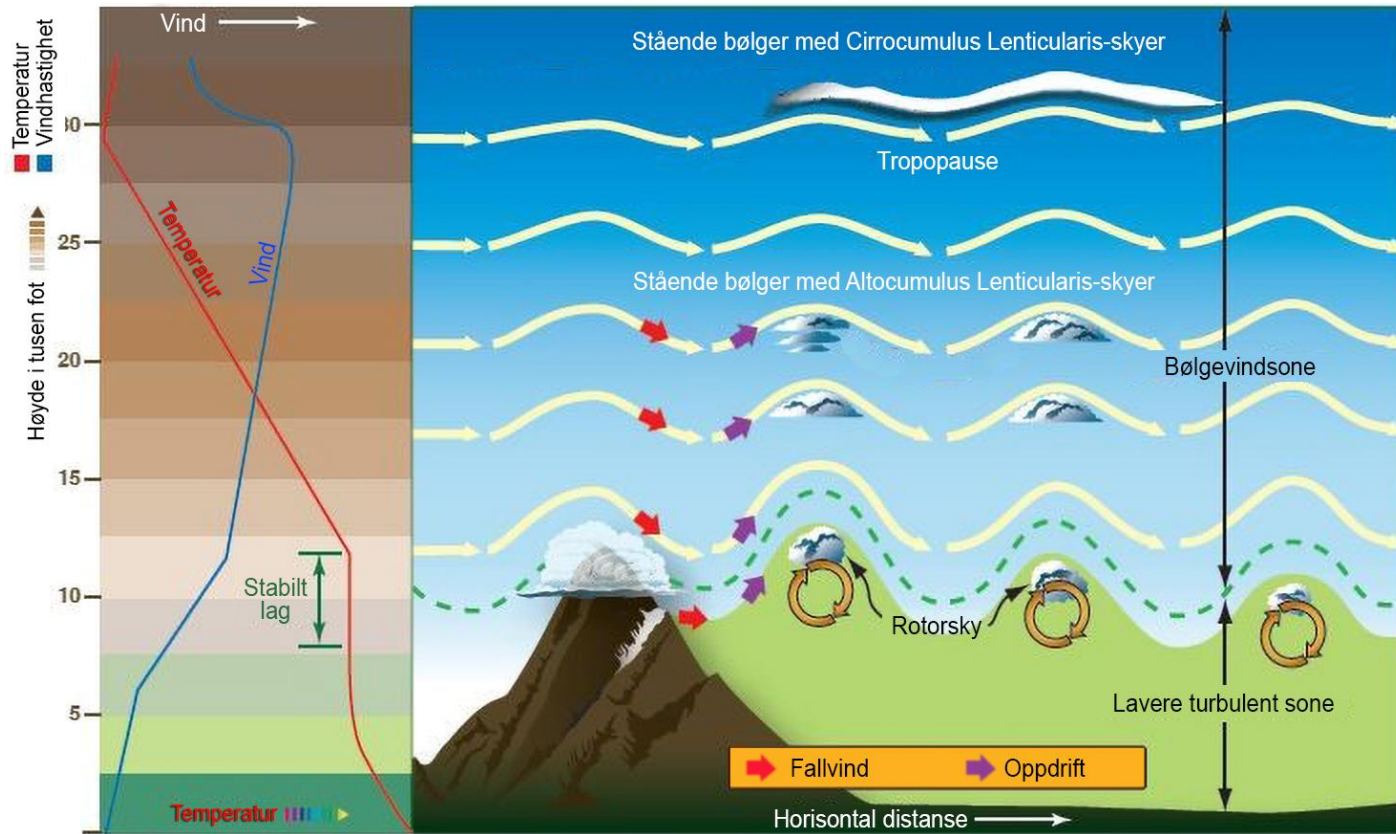


Photo by Marc Veraart CC-BY

- Altocumulus Lenticularis = mandelsky, linsesky eller bølgesky
- Viser at det blåser sterkt i høyden som skyene ligger i
- Avhengig av luftens fuktighet og stabilitet

Altocumulus Lenticularis

Alto cumulus Lenticularis og fjellbølger



- Dersom det blåser kraftig på tvers av et fjell skaper det en bølgebevegelse på lesiden – siden luft strømmer opp på losiden og ned på lesiden slik at det blir en forsterket vind over fjellkammen
- Kalles for fjellbølger og er en pulserende bevegelse av luften som kan gi en vertikal bevegelse på opp til 2000 fot per minutt.
- På bølgetoppene blir luften avkjølt og det dannes Alto cumulus Lenticularis som ser ut som de ligger stille, selv om det blåser kraftig i høyden som skyene ligger i.



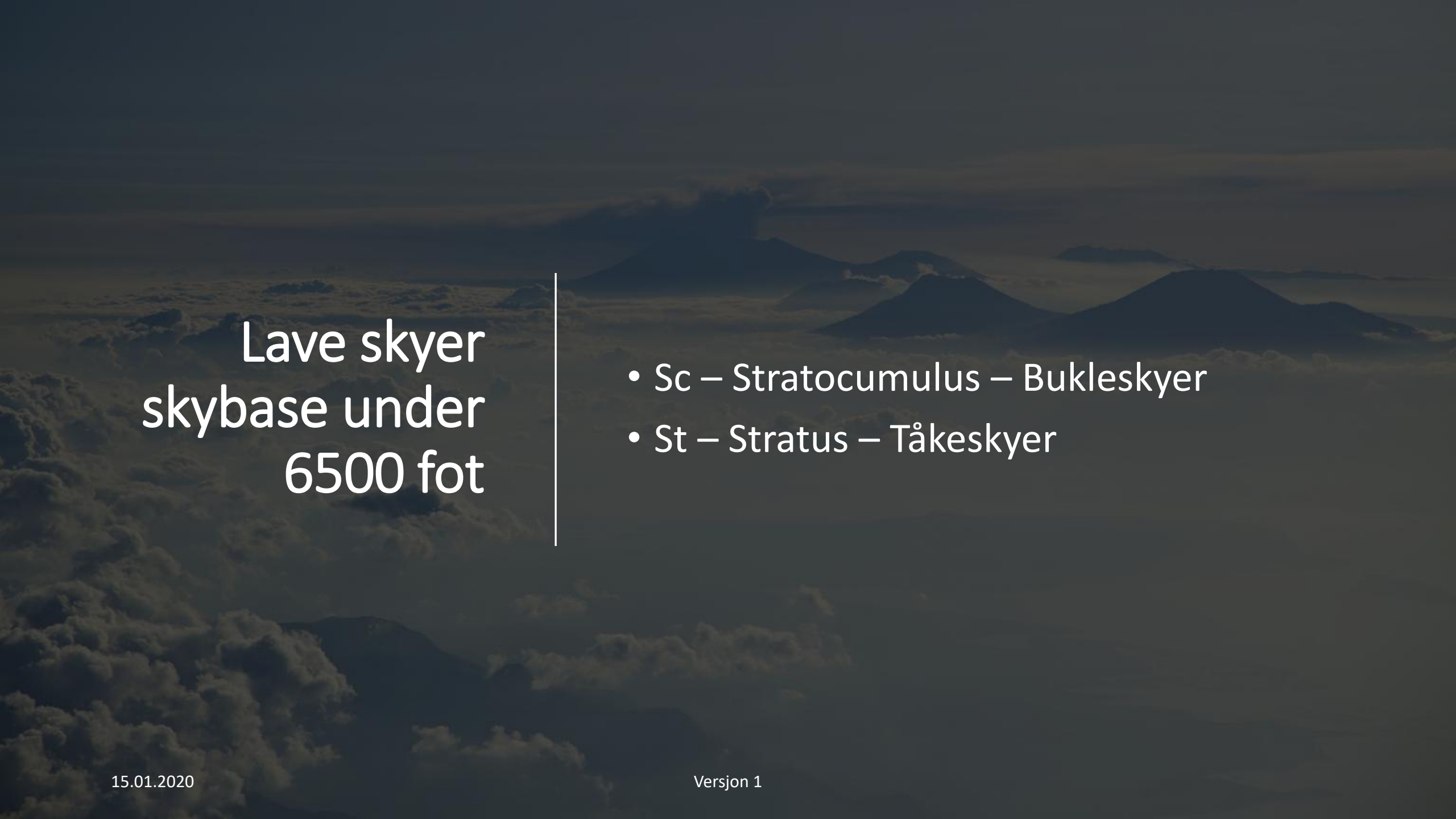
Altocumulus Castellanus

- Ligner nedenfra på en vanlig Ac, men er noen steder mørk i farge
- Fra siden ser vi at den består av tårn som vokser ut av skyens overside som små utskudd, derav navnet Castellanus (tårn på latinsk)
- Oppstår normalt når et kaldere luftlag strømmer inn over et område med Ac
- Instabilitet i luften – Luftbobler stiger fra skybasen og kondenseres til Castellanus
- Kan utvikles videre til Cb og tordenvær
- Indikerer urolig flyvær

Altostratus - Lagskyer

- Skybase mellom 6500 og 20 000 fot
- Tynne lagskyer hvor en del sollys slipper igjennom
- Undersiden er sløret med grå eller blålig farge
- Ofte et ensformet lag som dekker store områder. Under lagskyene finner vi små lave skydotter.
- Ofte nedbør i form av regn og snø. Kommer det et nedbørområde inn, omdannes gjerne Cirrostratus gradvis til Altostratus foran nedbørsområdet
- I toppen på skyen er det iskrystaller og snøstjerner. Lengre ned finner vi som oftest vanndråper





Lave skyer skybase under 6500 fot

- Sc – Stratocumulus – Bukleskyer
- St – Stratus – Tåkeskyer



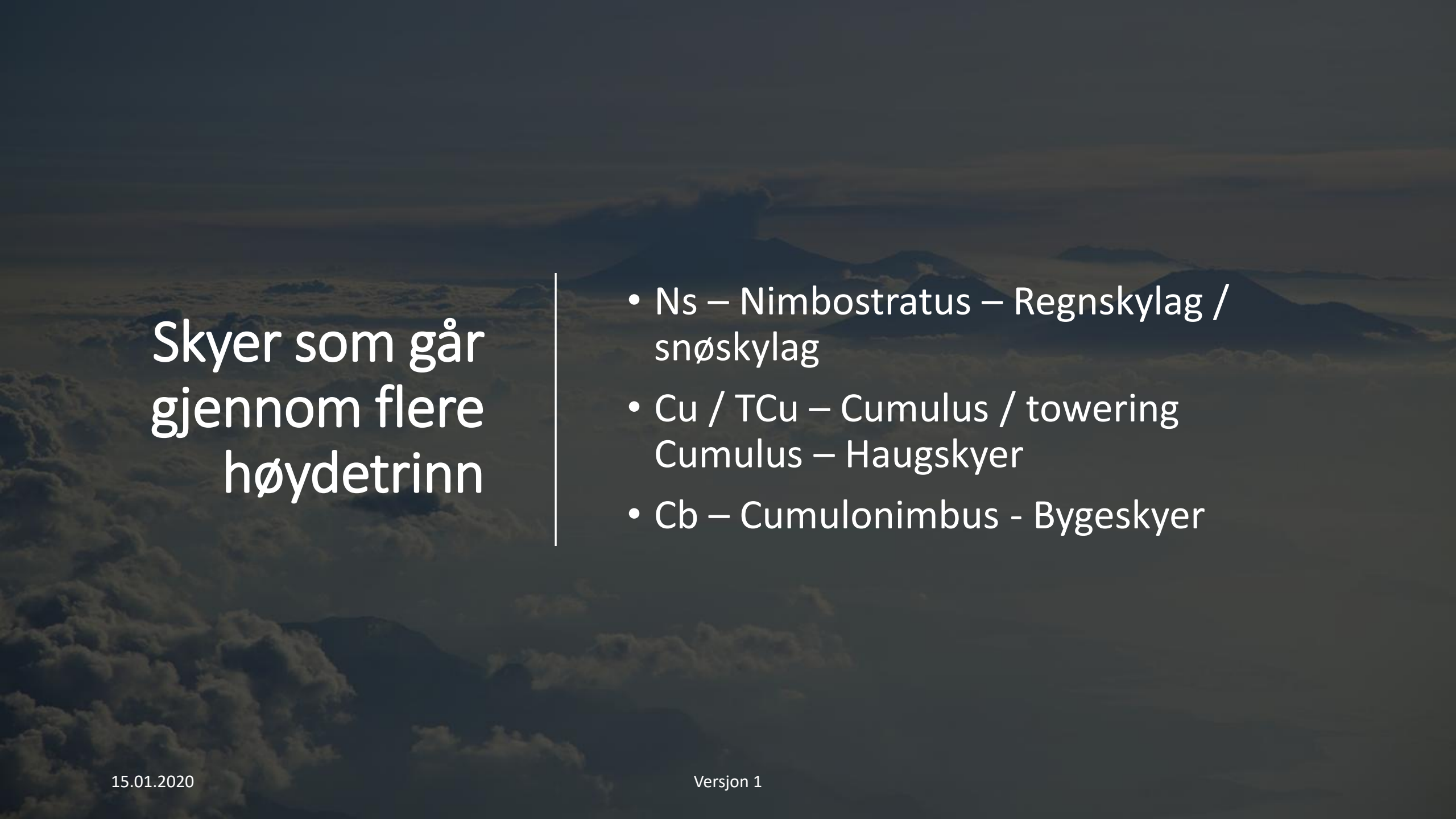
Sc – Stratocumulus - Bukleskyer

- Skybase mellom 1200 og 6500 fot
- Store skyballer som er hvitaktige eller gråblå. Ligner på Ac, men ligger lavere og har et mer ruglete utseende.
- Kan dannes ved en relativ sakte heving av fuktig luft over et større område hvor den kondenserer. Skylaget relativt tynt
- Kan også oppstå på grunn av at St brekker opp eller at Cu løses opp.
- Kan bli til bygeskyer
- Kan bestå av vanndråper og iskrystaller avhengig av årstid
- Bygenedbør



St – Stratus - Tåkeskyer

- Skybase mellom 0 og 1200 fot
- Variabelt utseende – klar underside, ujevnt lag, eller disige i bunn
- Ganske jevn grå eller hvit farge
- Jevnt nedbør
- Dannes når det er stille og stabile luftmasser og det blåser en bris som frakter fuktig luft over kaldere land eller havoverflaten
- Kan også dannes når tåke blir varmet opp av solen og begynner å stige
- Vi finner gjerne Stratus oppover åser og høydedrag, og den er derfor den skytypen som har potensial til å gi oss mest problemer under en VFR-flyvning

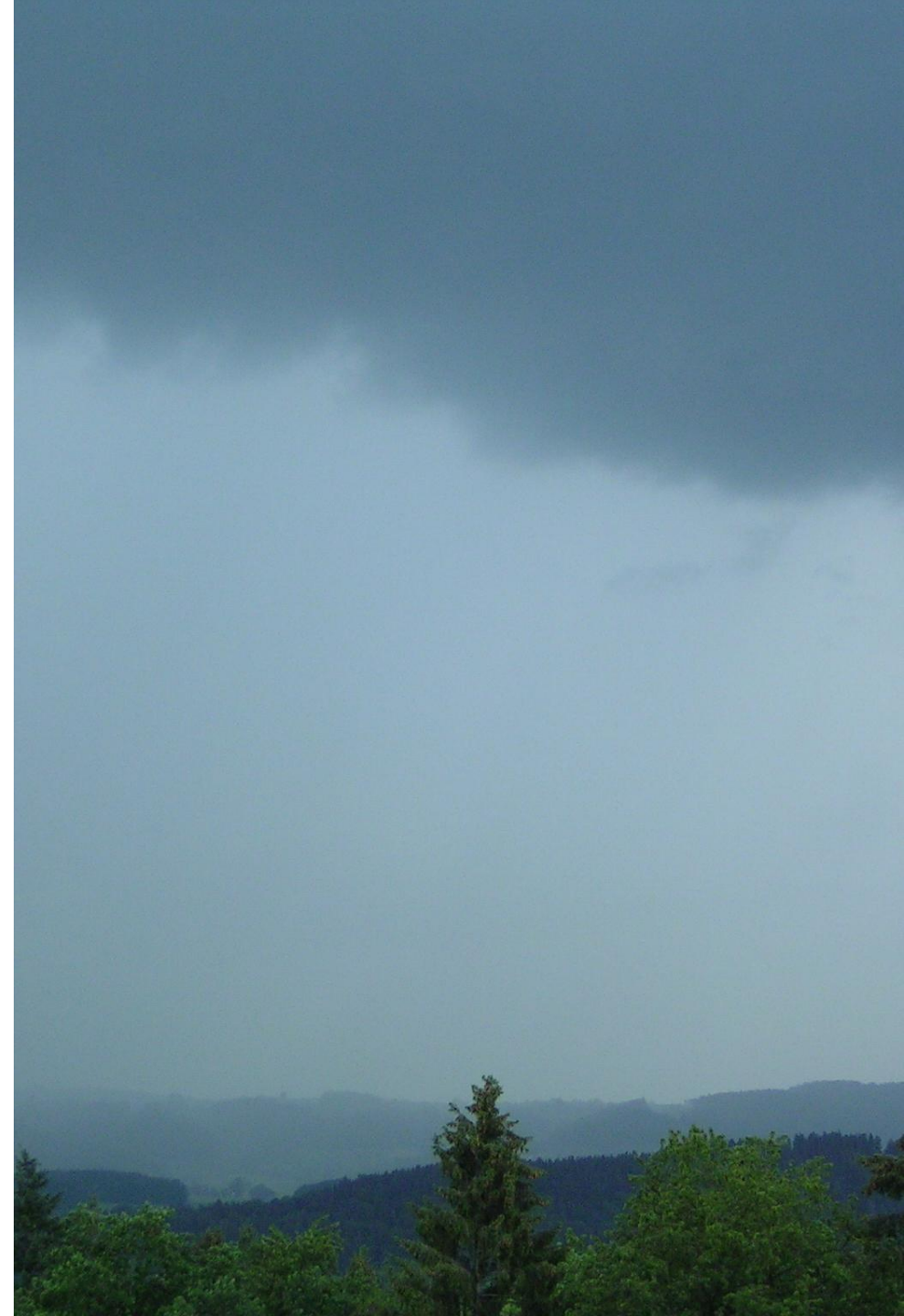


Skyer som går gjennom flere høydetrinn

- Ns – Nimbostratus – Regnskylag / snøskylag
- Cu / TCu – Cumulus / towering Cumulus – Haugskyer
- Cb – Cumulonimbus - Bygeskyer

Ns – Nimbostratus – Regnskylag / snøskylag

- Skybase mellom 2000 og 10 000 fot
- Ensfarget, grått og trist, ingen spesiell form, men er sløret på grunn vedvarende nedbør
- Dekker mesteparten av himmelen, men kan også være «gjemt» over Stratus som dannes i nedbøren under skyen
- Oppstår når en As utvikles og tettes i forbindelse med frontaktivitet. Nederst består skyen av vanndråper og øverst av iskrystaller, men kan skjule «all slags vær»
- Mellom topp og bunn finner vi fallende snøstjerner eller vanndråper som gjør at undersiden får det stripeete eller slørete utseendet. Ns kan strekke seg helt opp til Tropopausen





Cu / TCu – Cumulus / towering Cumulus - Haugskyer

- Skybase mellom 1200 og 6500 fot
- En markert flat underside og tydelige konturer
- Dersom skyene ikke har stor vertikal utstrekning og har svake skygger er det snakk om godværshaugskyer
- Dersom skyene tårner seg opp blir undersiden mørk mens oversiden ser blomkålaktig ut og vokser. Det tyder på at det er oppgående luftstrømmer i området. En Cumulus som vokser vil ofte, men ikke alltid, gå over til å bli en bygesky
- En Cumulus utvikles på grunn av konveksjon.
- Rundt kysten kan Cumulus dannes over land på dagen når vind fra havet («sea breeze») frakter fuktig luft inn over land som så varmes opp av bakken. Om natten skjer det motsatte da sjøen blir varmere enn land og det dannes Cumulus over hav

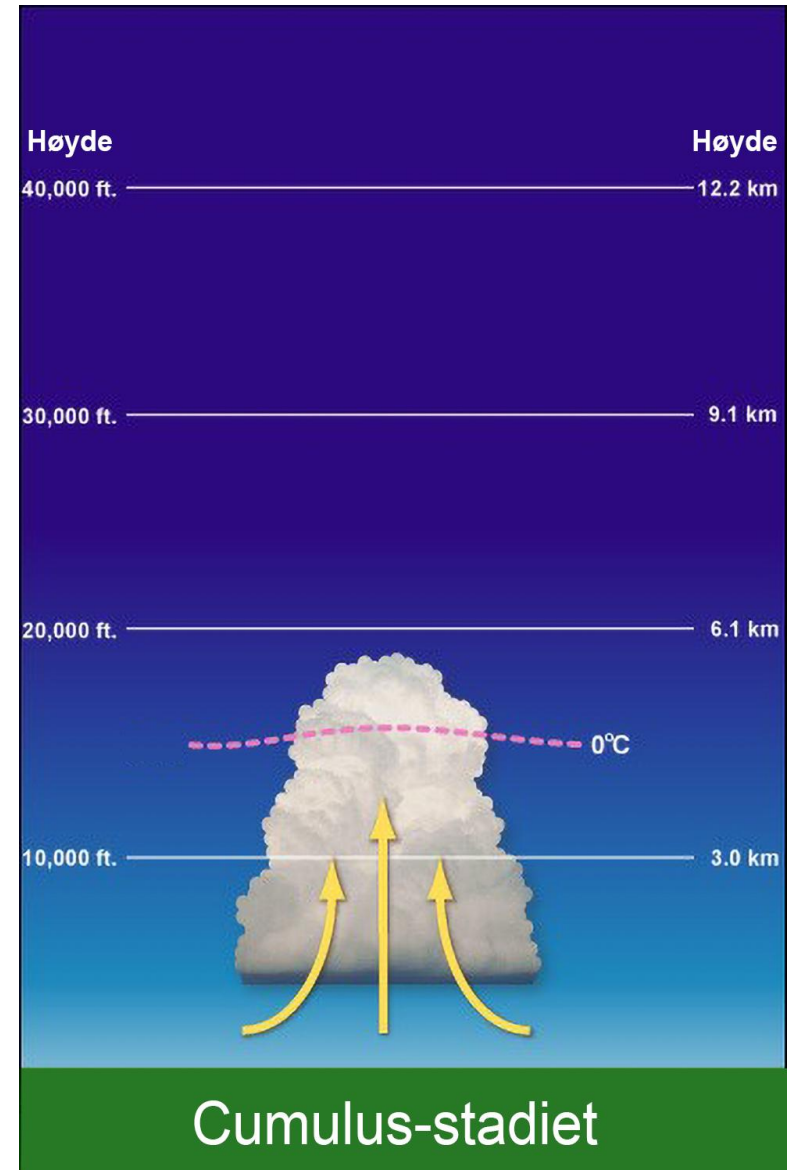


Cb – Cumulonimbus – Bygeskyer

- Skybase mellom 1100 og 6500 fot
- Er en opptårnet haugsky med en eller flere ambolter på toppen. Stripete struktur. Strømmer luft under og ut av skyen
- Voldsomt vær med kraftige regnbyger («downpours»), haglbyger, turbulens, lyn og torden og noen steder kan det også oppstå tornadoer. Vi kaller en Cb for en «celle»
- Dannes på grunn av konveksjon. Skyene vokser og vokser til de blir som store kraftstasjoner hvor det er lagret ufattelig mye energi, før de eksploderer i en kakofoni av lyd (torden) lys (lyn) og vann (regnbyger)
- Avhengig av at det varm og fuktig luft, et stort lag av instabilitet i luften samt heving av luften i området.
- Skyen bygges opp i tre adskilte stadier

Cumulus- stadiet

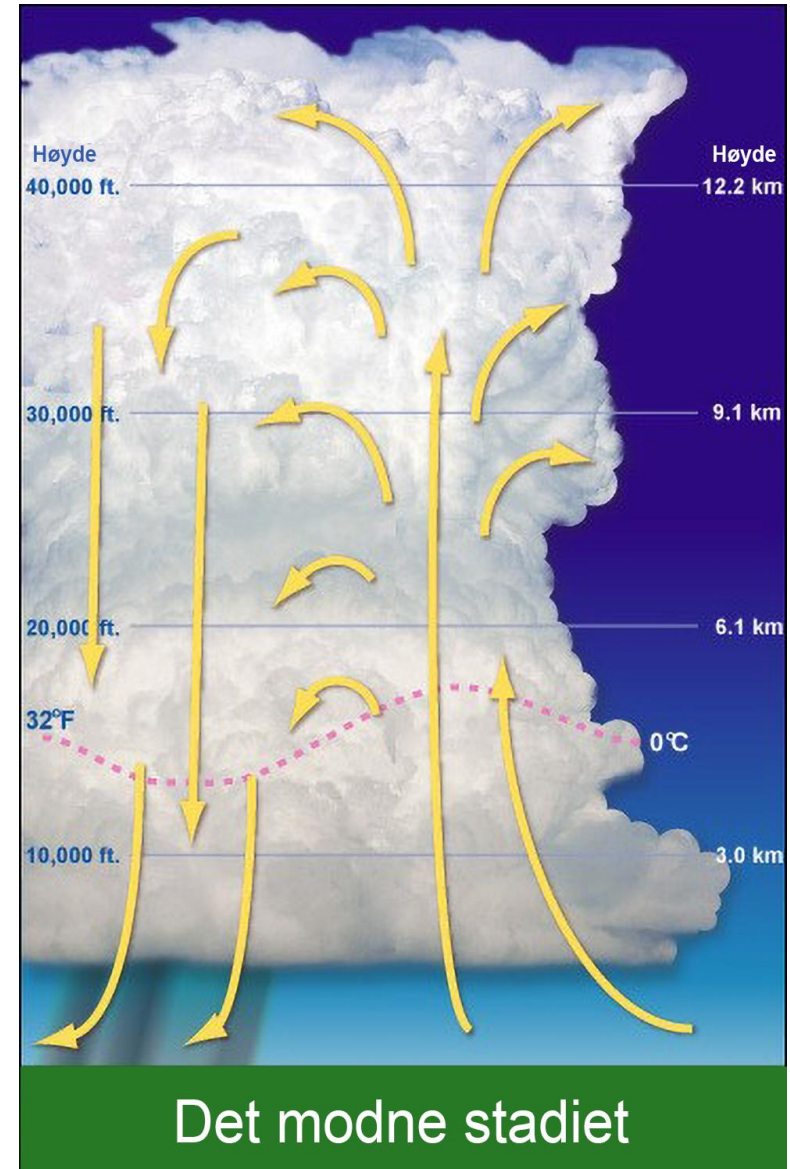
15.01.2020



Versjon 1

Cumulonimbus- regn - eller det modne stadiet

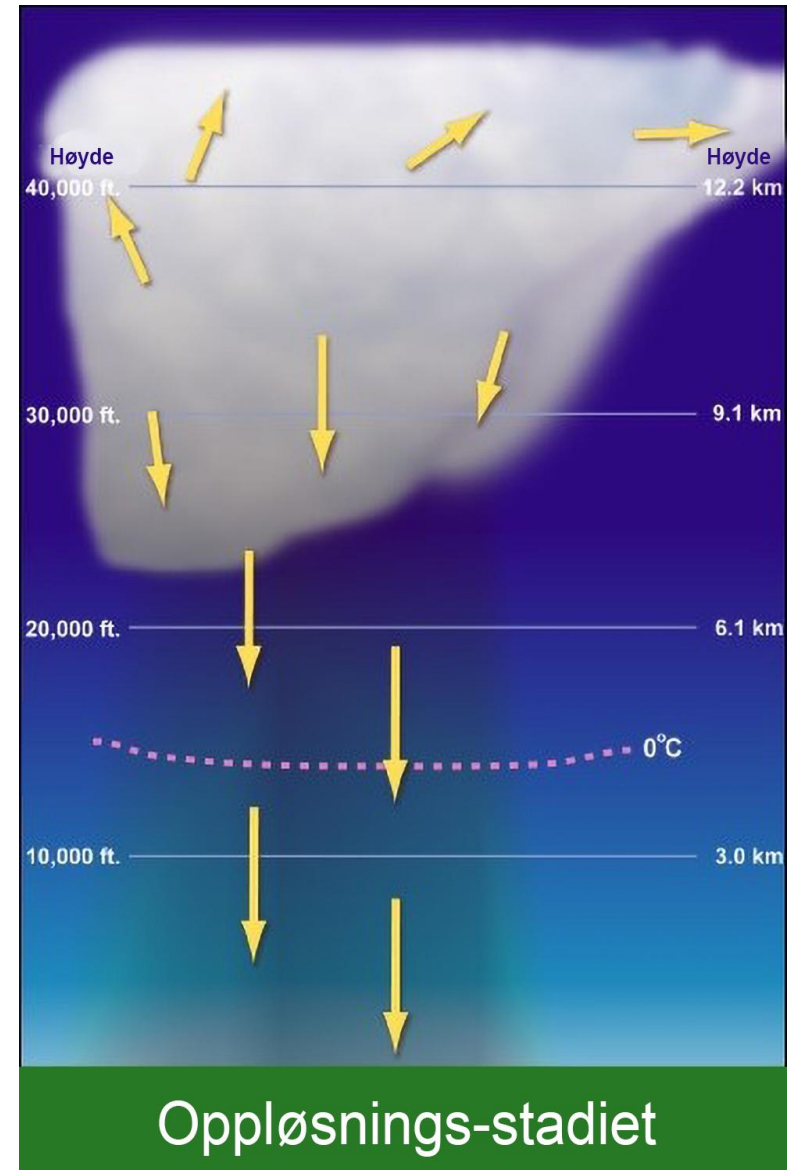
15.01.2020



Versjon 1

Oppløsningsstadiet

15.01.2020



Versjon 1

Tåke

- Adveksjonståke
- Strålingståke
- Fronttåke / regntåke
- Daltåke
- Fjelltåke
- Frosttåke

Adveksjonståke – «advection fog»

- Oppstår når luften blir avkjølt nedenfra. Medvirkende forhold:
 - Mye fuktighet i luften
 - Luft som strømmer over fuktig underlag eller vann
 - Stor temperaturforskjell i underlaget
 - Svak vind
- Oppstår gjerne om våren og tidlig sommer langs kysten
- Kan også oppstå når en varm front glir over et område som er dekket med snø
- Kan forme et høyt vertikalt lag

15.01.2020



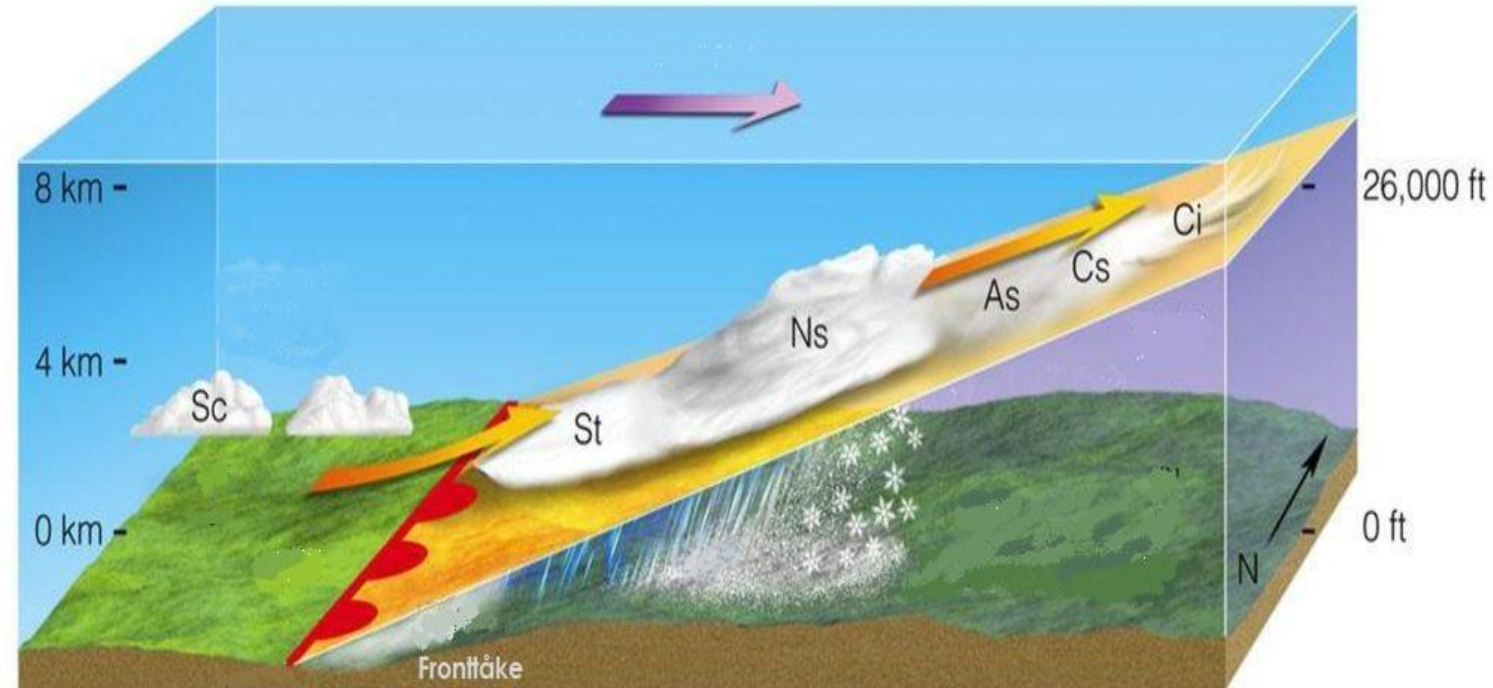


Strålingståke

- Oppstår når fuktig luft avkjøles på grunn av varmeutstråling («radiation») fra bakken, slik at duggpunktet nåes
- Vanlig i innlandet i Norge om høsten. Medvirkende forhold:
 - Fuktig luft ved bakken
 - Tørr luft i høyden
 - Fuktig underlag
 - Svak vind og klar himmel
- Oppløses normalt etter soloppgang når bakken oppvarmes, kan også bli underkjølt («freezing fog») dersom den oppstår i temperaturer under null

Fronttåke / regntåke – «frontal fog»

- Oppstår i forbindelse med en front, eller i varmt jevnt tett regnvær med små dråper som faller langsomt
- Luften blir mettet av regndråpene og det blir tåke
- Forekommer oftest ved en varmfront





Daltåke – «valley fog»

- Oppstår når kald tett luft blir liggende i lave deler av en dal og avkjøles.
- Ofte resultat av temperaturinversjon, altså at lufttemperaturen stiger med høyden, eller at varmere luft kommer inn i høyden.
- Er avhengig av lokal topografi, men kan på vinteren bli liggende i dagevis



Fjelltsåke – «upslope fog»

- Kalles også orografisk såke
- Oppstår når det blåser opp over for eksempel et fjell
- Luften avkjøles når den blir løftet opp og det blir såke
- Nødvendig med noe vind for at såken skal dannes

Frostattåke – «steam fog»

- Kalles også sjørøyk, frostrøyk eller damptåke
- Kan bli liggende i dager
- Dannes når kald luft flyter over relativt varmt vann i rolig vær med en klar inversjon i lav høyde. Den kalde luften får tilført varme og fuktighet når den kommer i kontakt med vannflaten og blandes deretter med kaldere luft før den kondenseres



A photograph of a wooden pier or walkway extending from the foreground into a calm body of water. The sky is a pale, hazy yellow, suggesting dawn or dusk. The water reflects the light from the sky.

Geografisk og daglig variasjon i Norge

- Mye tåke i Sør-Norge på grunn av mild og fuktig luft kommer inn over land. Spesielt merkbart om høsten og vinteren
- Om våren varmes landet opp, samtidig som kaldt vann fra Østersjøen og fra de norske elvene strømmer og renner mot kysten. Det gir mye tåke rundt kysten, mens det er lite tåke i innlandet
- Om sommeren vil normalt varm luft fra kontinentet avkjøles over den kalde sjøen, og kan gi store tåkebelter i Norske- og Nordishavet. Med svak vind inn mot land, kan det bli tåke på store deler av kysten
- Daglig variasjon: Mest tåke på den tid av døgnet hvor bakken er kaldest. Når den daglige temperaturvariasjonen er liten, vil tidspunktet hvor det er mest tåke, forskyves ut på dagen.
- Vinden vil ha en stor innvirkning



Oppløsning av tåke

- Dersom luften blir varmet opp, vil tåken stige og bli til tåkeskyer, som til slutt brekker opp og forsvinner
- Det kan skje om tåken driver inn over et varmere underlag, eller når luftens innhold av vanndamp avtar
- Vinden spiller også en stor rolle, det samme gjør turbulens som gjør at kondensasjonen skjer i høyden, og ikke ved bakken
- Tåke vil normalt oppløses i løpet av et par døgn, med forbehold om at den stadig holdes vedlike ved at det tilføres fuktighet, eller at temperaturen går ned

Siktbegreper – meteorologisk sikt

- Meteorologisk sikt (bakkesikt) – «ground visibility»
- Sikten på en flyplass angitt av en godkjent observatør eller av automatiske systemer
- ICAO Annex 3, har følgende definisjoner:
- Den største distanse hvor et mørkt objekt i passende størrelse og plassert nær bakken kan bli sett og gjenkjent når det observeres mot en lys bakgrunn – det er meteorologisk optisk rekkevidde (MOR)
- Den største distanse hvor lys på 1000 candelas kan bli sett og identifisert mot en uopplyst bakgrunn



- Flysikt – «flight visibility»
- Sikten forover fra førerkabinen i et luftfartøy under flyging

Siktbegreper – flysikt

Siktbegreper – skråsikt

- Skråsikt – «slant range visibility»
- Sikt fra flyet mot bakken

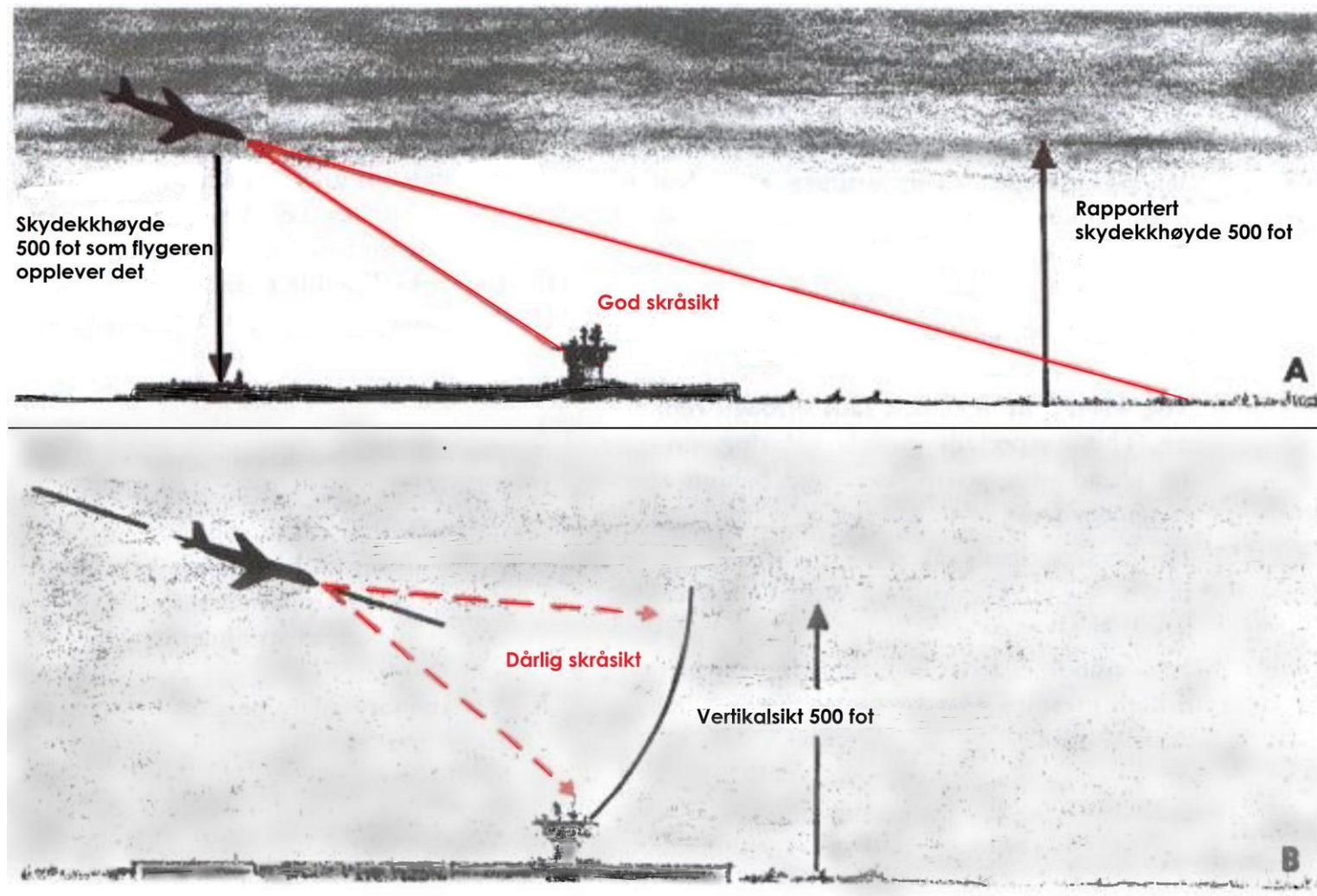
15.01.2020



Siktbegreper – vertikalsikt

- Vertikalsikt (VV) – «vertical visibility» – Den vertikale avstanden oppover vi klarer å kjenne igjen et objekt.
- Er det lave skyer i området, vil vi kunne se objektet litt inn i skyene, og vertikalsikt kan derfor noen ganger være større enn den høyden skyene ligger over bakken

Skråsikt og vertikalsikt sammenlignet



Siktbegreper – rullebanesikt

- Rullebanesikt (RVR) – «runway visual range» - den distanse innenfor en flyger i et luftfartøy på rullebanens senterlinje kan se oppmerkinger eller lys som viser banens begrensninger eller markerer dens senterlinje





Nedbør

Nedbør

- Regn og yr
- Underkjølt regn og yr
- Kornsnø og snøkorn
- Hagl
- Snø og sludd
- Nedbør og skytyper





Hvordan nedbør oppstår

- Vanndamp som kondenserer blir til små vanndråper som til slutt blir skyer
- I noen skyer oppstår det fysiske prosesser som får de små dråpene til å vokse sammen med andre dråper, og til slutt er de blitt så store og tunge at de rett og slett faller ut av skyen som regn
- På våre breddegrader er det også vanlig at skyene inneholder iskrystaller som vokser slik at vi får en kjedereaksjon med iskrystaller på toppen, og nedbør ut fra bunnen av skyen. Om det blir snø eller regn, er avhengig av temperatur

Regn og yr

- Frontregn («frontal rain»): når to luftmasser blandes slik at varm luft kjøles ned og vanndampen kondenserer
- Orografisk regn (regn i forbindelse med terreng): når høyt terreng skyver fuktig luft oppover slik at luften kondenserer og det blir skyer
- Regn i forbindelse med konveksjonsskyer («convective rain»): vertikale bevegelser som skyldes instabilitet gjør at vanndampen stiger, avkjøles og kondenseres til skyer. En regnbyge fra en Cu eller Cb er et godt eksempel
- Yr består av små regndråper som er mindre enn regndråper. Faller gjerne fra lave skyer som har skybase under cirka 6500 fot. Så lenge yr ikke er underkjølt, eller faller fra tåke eller lave stratiforme skyer vil det ikke ha store operative konsekvenser for en VFR-flyvning



Underkjølt regn og yr Farlig klar is

- Underkjølt yr («freezing drizzle») eller regn («freezing rain»)
- Dannes når nedbør faller i et område med minusgrader
- Underkjølt betyr at en dråpe avkjøles til en temperatur som er under det normale frysepunktet, men forblir i flytende form. Når dråpene treffer et kaldt objekt fryser de umiddelbart samtidig som treffhastigheten gjør at de blir spredt ut på overflaten og danner et tynt lag ruglete is, eller farlig **klaris**, som kan være svært vanskelig å se
- Kalles for underkjølt regn eller glasur («glaze»). Dersom dråpene er små kalles nedbøren for underkjølt yr
- Særdeles farlig for luftfarten!

Kornsnø og snøkorn

- Kornsnø («snow grains»):
 - Små ugjennom-siktige korn av is
 - Ganske flate og langstrakte av utseende
 - Diameter under en millimeter.
 - Faller i hovedsak fra stratiforme skyer, og aldri i form av byger
- Snøkorn («snow pellets»):
 - Sprø, hvite (eller ugjennomsiktige) runde ispartikler. Dannes ved at vann fryser på iskrystaller i skyen, og vokser med tilgang på underkjølt regn
 - Diameter mindre enn 5 millimeter.
 - Faller i hovedsak som byger fra cumuliformede skyer, og er mykere og større enn kornsnø. Snøkorn forveksles ofte med kornsnø, men er sprø, og faller i hovedsak som byger
- Kornsnø og snøkorn indikerer at det er ising i skyer



Hagl

- Gjennomsiktige eller delvis ugjennomsiktige ispartikler som er kuleformet eller form som uregelmessige klumper.
Variabel størrelse
- Oppstår i forbindelse med Cumulonimbusskyer og tordenvær
- Dannes ved hjelp av kraftige luftstrømmer som går både opp og ned
 - Temperaturen på toppen av skyen svært kald
 - Vanndråper blir ført oppover, fryser på toppen - haglkjerne, faller ned, smelter og kolliderer med vanndråper på vei opp. Dette gjentas til de blir for tunge og faller mot bakken
- Hagl fører til store ødeleggelser på infrastruktur på bakken, kan gi alvorlige skader. Er haglebygene tette nok, kan de også senke flysikten betraktelig



Snø og sludd

- Hvit eller gjennomsiktig nedbør
- Dannes ved at vanndamp fryser på en kondensasjonskjerne, og skaper en iskrystall som vokser videre og blir til krystaller og flak. Form er avhengig av luftens temperatur og fuktighet
- Operativt:
 - Dårlig sikt
 - Muligheter for snøfokk og bakkesikten går ned
- Sludd («sleet») er en blanding av snø og regn

Nedbør og skytyper

- Fra rukleskyer (Alto cumulus) kan det komme lette byger
- Lagskyer (Alto stratus) gir regn eller snø
- Nimbostratus (regnskylag og snøskylag), kan regne eller snø både tungt og lenge
- Bukleskyer og tåkeskyer (Strato cumulus og Stratus) gir yr
- Haugskyer (Cumulus) gir snø og regnbyger
- Bygeskyer (Cumulonimbus) gir snø og regnbyger
- Høye skyer gir ikke nedbør

Oversikt nedbør

Type nedbør	Engelsk betegnelse	Beskrivelse
Yr	Drizzle	Små vanndråper med diameter under 0,5 millimeter som faller sakte, hovedsakelig fra stratiforme skyer
Regn	Rain	Fallende væskedråper som har en diameter større enn 0,5 millimeter
Snø	Snow	Hvite (eller gjennomsiktige) iskrystaller som lager komplekse heksagonal former (med seks sider) og som danner snøflak
Sludd	Sleet	Frosne regndråper som dannes når kalde regndråper (eller delvis smeltet snøflak) fryser på nytt når de falle gjennom et relativt dypt lag med temperatur under frysepunktet.
Underkjølt yr og regn	Freezing rain	Underkjølte regndråper som faller gjennom et relativt smalt luftlag med temperaturer under frysepunktet, og fryser når de treffer kalde objekter i luften eller på bakken
Kornsnø	Snow grains (granular snow)	Hvite eller ugjennomsiktige ispartikler som er mindre enn 1 millimeter i diameter. Faller hovedsakelig fra stratiforme skyer
Snøkorn	Snow pellets (graupel)	Sprø, hvite (eller ugjennomsiktige) runde ispartikler med diameter mindre enn 5 millimeter. Faller i hovedsak som byger fra cumuliformede skyer, og er mykere og større enn kornsnø.
Hagl	Hail	Gjennomsiktige eller delvis ugjennomsiktige ispartikler som er kuleformet eller form som uregelmessige klumper. Oppstår i forbindelse med Cumulonimbus og tordenvær. Dimensjonene er variable. Der er observert en diameter på 20 centimeter og en vekt på 0,88 kg (USA 2012).



Luftmasser og fronter

Luftmasser

- Store områder med luft som har samme egenskaper som områdene de kommer fra
- Kan ta opp egenskapene til underlagene de beveger seg over
- En luftmasse over en varm overflate varmes opp – luften stiger opp og blir ustabil og fuktig. Gir haugskyer, bygevær og turbulens, mens sikten på bakken er god
- En luftmasse over en kald overflate kjøles ned – luften blir stabil og sikten på bakken dårlig. Kan gi lave tåkeskyer og tåke

Bestemmelse av luftmasser



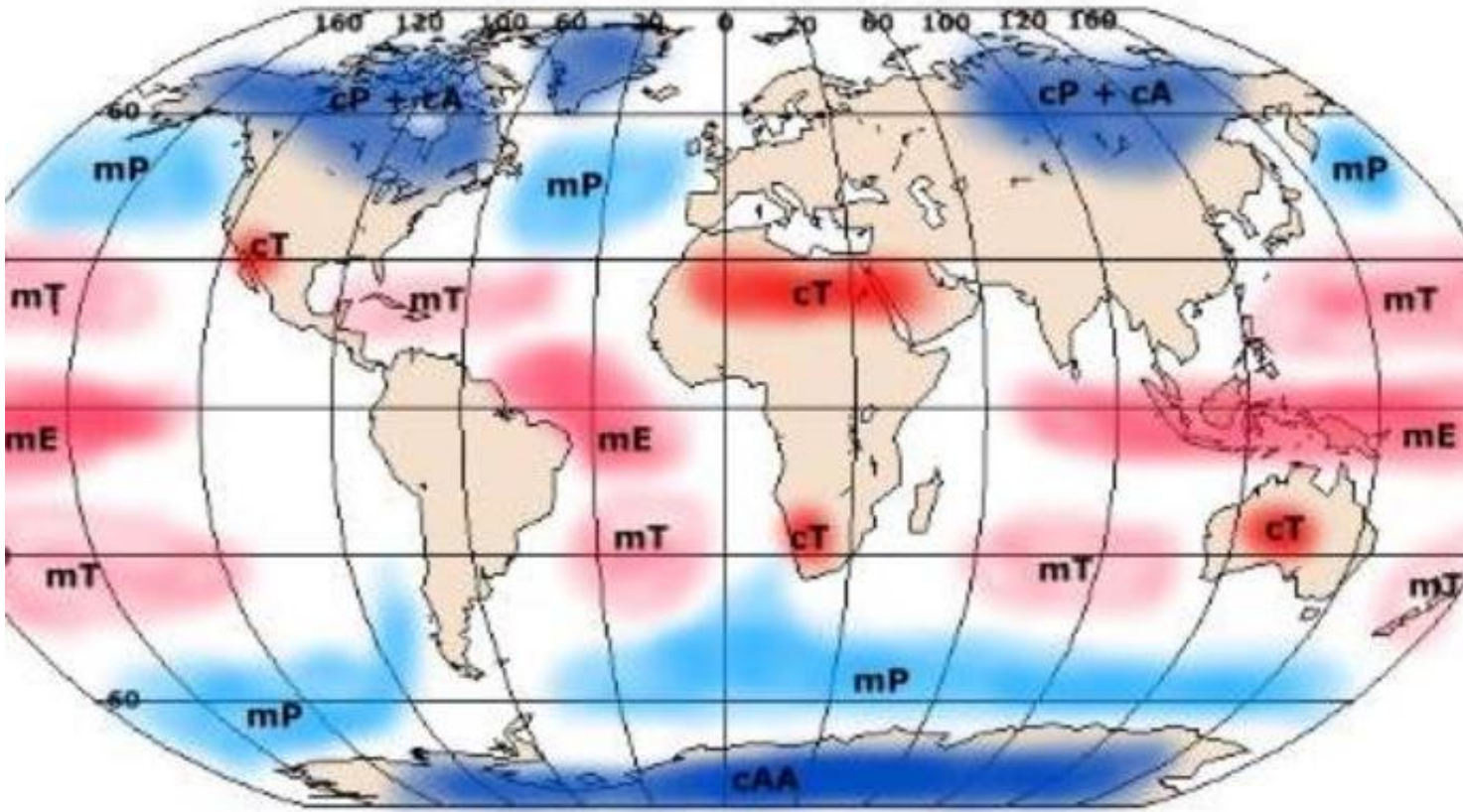
OMRÅDENE LUFTMASSENE
(«SOURCE REGIONS») FLYTER FRA,
OG OMRÅDENE DE PASSERER



FUKTIGHET



TEMPERATUR I FORHOLD TIL
OMRÅDENE LUFTEN STRØMMER
OVER



Klassifisering av luftmasser

- Bestemt av temperatur:
 - Polare (P)
 - Arktiske (A)
 - Ekvatoriale (E)
 - Tropiske (T)
- Bestemt av fuktighet og opprinnelsesområde (hav/land):
 - Maritime (m)
 - Kontinentale (c)

Flyværet i maritim varmluft

- Rolige vindforhold og lite turbulens
- Overskyet, lave tåkeskyer, men lite skyer i høyden
- Tåke, tåkedis og yr
- Dårlig sikt nær bakken eller havet, bedre sikt i større høyder





Flyværet i kontinental varmluft

- Luften er ofte betinget ustabil – kan bli bygeaktivitet/tordenvær når forholdene er tilstede:
 - Tåke og tordenvirksomhet
 - Ishagl, kraftige regnbyger og vindrosser
- Om luften er tørr og stabil:

Flyværet i maritim kaldluft



- Luften blir oppvarmet nedenfra og blir ustabil
- Urolige vinder, en del turbulens
- Haugskyer og bygeskyer med relativt høy skydekkehøyde
- Bygenedbør, noen ganger som hagl og tordenvær
- Meget god sikt utenom bygene

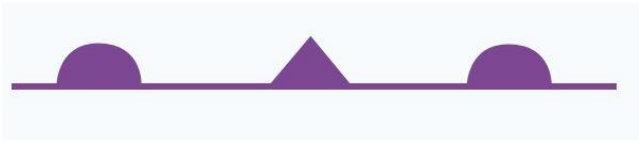


Flyværet i kontinental kaldluft

- Normalt om vinteren i Europa, men mindre vanlig i Skandinavia
- Luften er normalt tørr med spredte haugskyer
- Lite nedbør
- Dersom den kommer til Skandinavia har den normalt plukket opp fuktighet og blitt ustabil på vei over havområdene
- Da gir den kraftige snøbyger

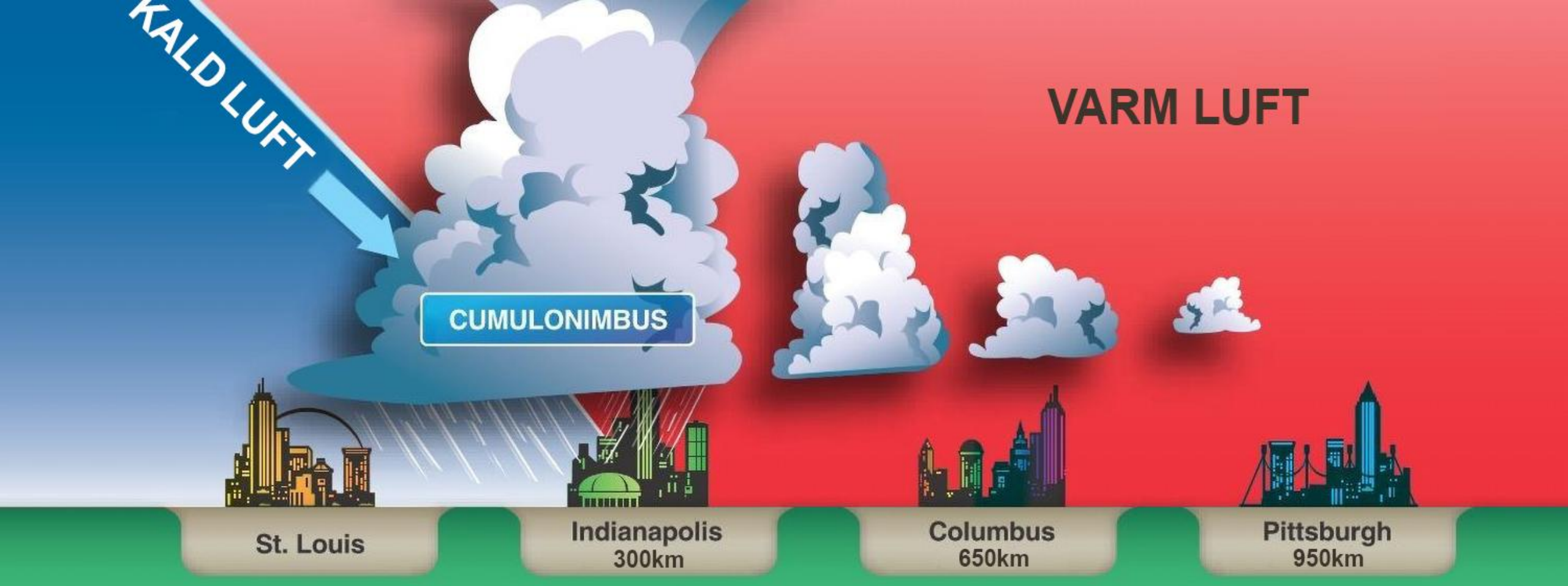
Fronter

- Grenseflaten mellom to typer luftmasser (varme/kalde)
- Varmfront – den varme luften sklir over den kalde luften
- Kaldfront – den kalde luften fortrenger den varme luften
- Stasjonær front – fronten ligger stille
- Okklusjon – oppstår når en kaldfront innhenter en varmfront
- Egenskaper som skråning, hastighet, lufttrykk, vindforhold og vær

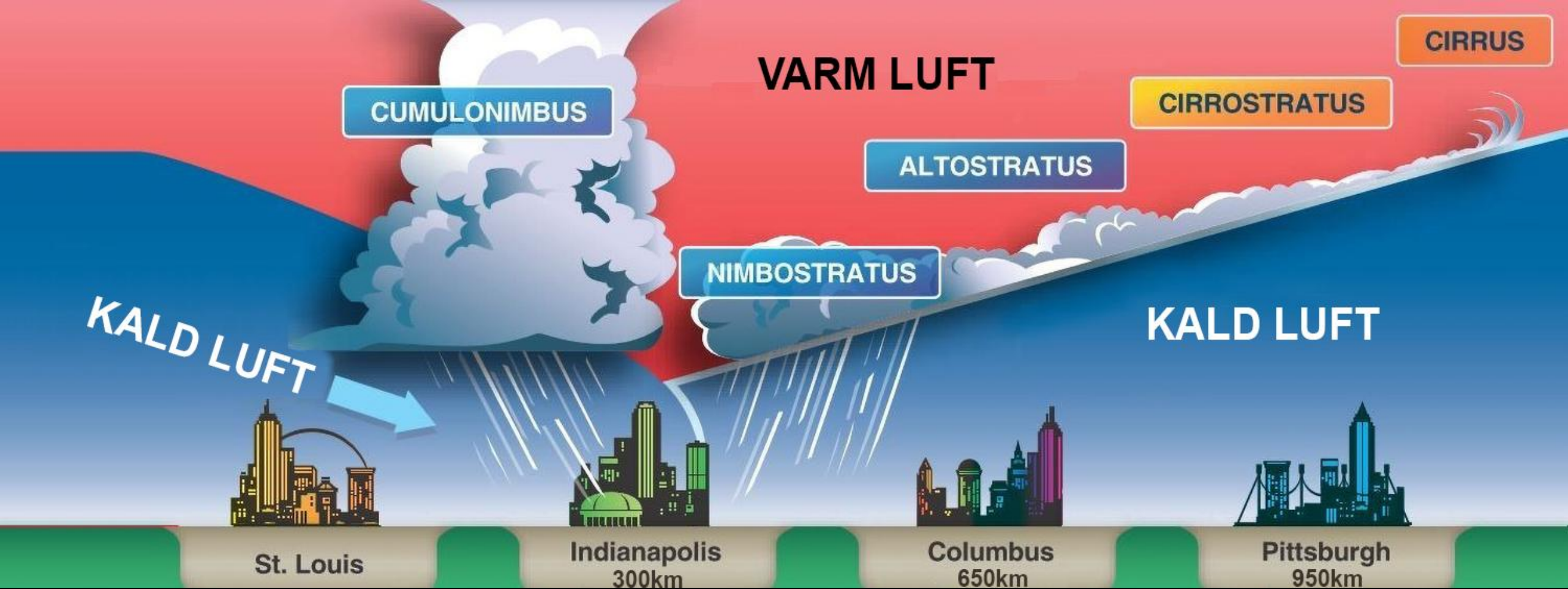




Varmfront



Kaldfront



Okklusjon



Trykksystemer

Høytrykk (anti-cyclone)



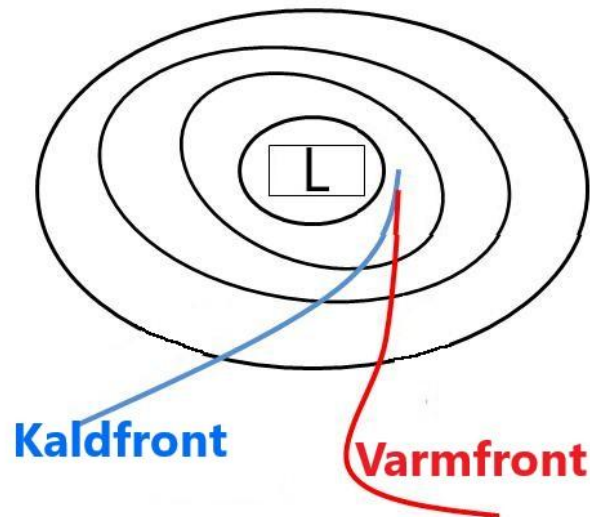
- Luften synker (subsiden) – eventuelle skyer løses opp – kan bli subsidensinversjon
- Høytrykksrygg er et V-formet område og ligger normalt mellom to lavtrykk. Gir mye av det samme været som i et høytrykk, men vinden kan bli ganske sterk
- **Vind:** Isobarene ligger langt fra hverandre, og det betyr lett vind
- **Sikt:** Kan være dårlig sikt (dis) om sommeren under inversjonslaget. Kan bli tåke under inversjonslaget om vinteren
- **Nedbør:** Ingen, mulighet for lett yr om vinteren.
- **Skyer:** Hovedsakelig ingen, Sc kan forekomme, men oppløses om dagen, og dannes på nytt om natten. Dersom luften under subsidensinversjonen er ustabil eller betinget ustabil, kan det også oppstå Cu om dagen
- På den nordlige halvkule vil luften som strømmer ut fra et område med høyt trykk til et område med lavt trykk bli avbøyet til høyre og gir en sirkulasjon med klokken. Det kalles for antisyklonisk sirkulasjon

Lavtrykk («cyclone»)

- Luften strømmer inn mot lavtrykket og det oppstår en sirkulasjon mot klokken. Sirkulasjonen kaller vi for syklonisk. Luft som strømmer inn i området i et lavtrykk, medfører som regel økende skymengde og nedbør. Lavtrykk og dårlig vær henger derfor sammen.
- **Vind:** Isobarene ligger tett sammen, og det betyr mye vind
- **Sikt:** Kan være bra, men også veldig dårlig i nedbør
- **Skyer:** Siden luften i lavtrykksområdet stiger, får vi adiabatisk kjøling på grunn av at luften utvides. Dette gir igjen store skysystemer. Er det ustabil luft, oppstår cumuliformede skyer. Er det stabil luft, ser vi at det dannes stratiforme skyer som ligger lavt
- **Nedbør:** Cumuliformede skyer kan gi sterke nedbørsbyger, og det er vanlig med tordenvær. Når stratiforme skyer er tilstede, er det mulighet for kontinuerlig, men lett nedbør



Frontlavtrykk (polarfronten)



- Et «vandrende lavtrykk» som dannes på grunn av en kombinasjon av lavtrykk og fronter, og skyldes at det er horisontale temperaturmotsetninger og hastighetsvariasjoner mellom to luftmasser. Disse forskjellene skaper bølger i atmosfæren på samme måte som vinden lager bølger på en vannflate
- Bølgene dannes i hovedsak langs stasjonære fronter eller langs saktegående kaldfronter
- Frontlavtrykk som Polarfronten kommer gjerne flere etter hverandre og pendler frem og tilbake. De er luftens største urokråke og har med seg ustabile vær- og vindforhold, og er derfor viktig for hvilket vær som oppstår i Vest-Europa og Norge
- Når Polarfronten passerer, vet vi altså at det kommer mye spennende vær, men hvilket vær som kommer er avhengig av i hvilken sektor vi befinner oss

Konsekvens av konvergens og divergens

- Konvergens Når vinden blåser inn mot et lavtrykk, for så å stige til værs. Lavtrykket suger til seg luftmasser fra områder hvor lufttrykket er høyere – medfører som regel økende skymengde og nedbør
- Når luften synker ned til jordoverflaten for å spres ut i alle retninger fra sentrum av et høytrykk. Luften synker, og eventuelle skyer løses opp. Pent vær og lite vind



Del 3 Flysikkerhet



Turbulens

Turbulens

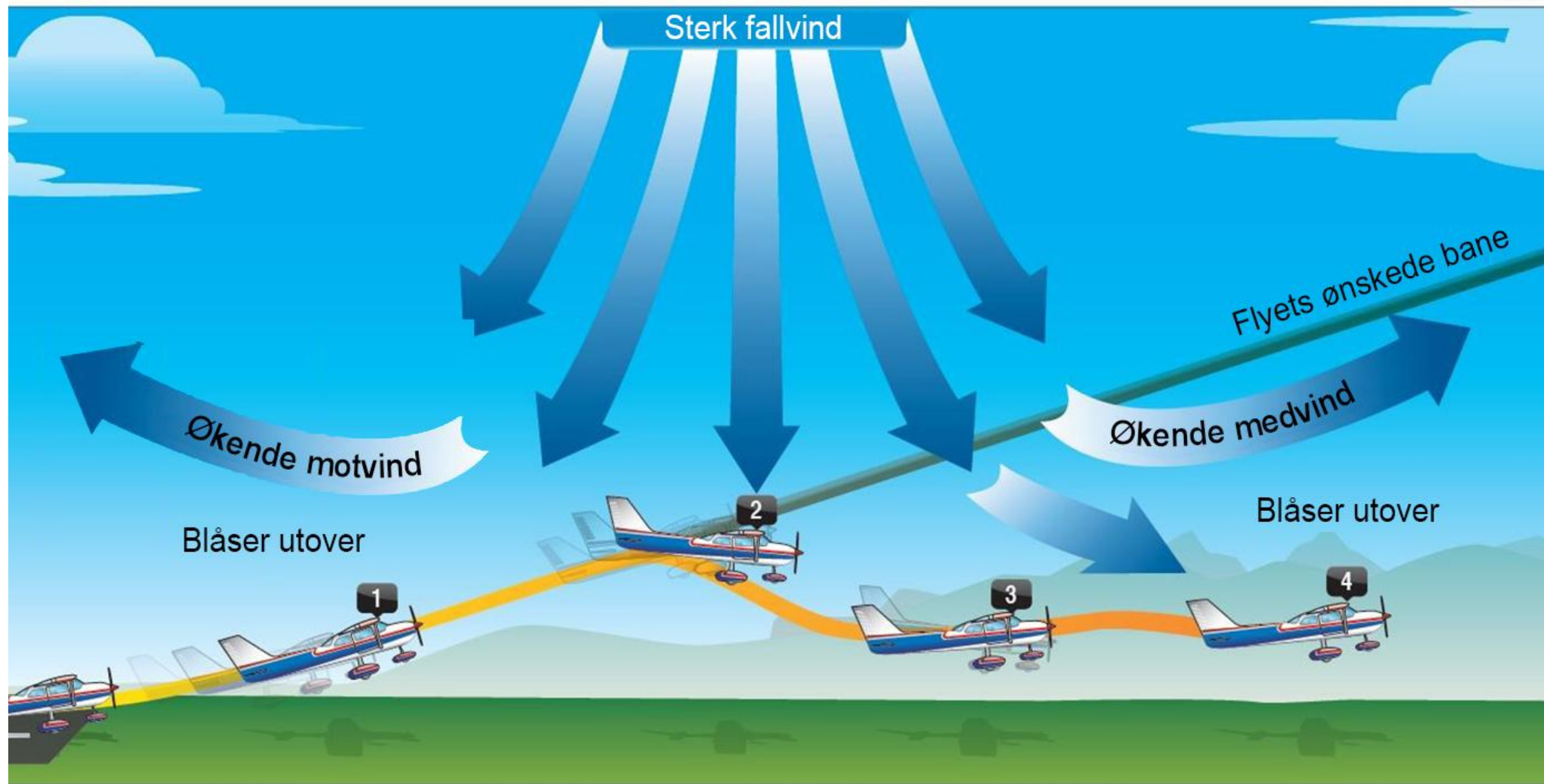
- Kan endre lastfaktor, og dess hurtigere vi flyr, dess større innvirkning har det på lastfaktoren.
- Kan endre retningen på relativ luftstrøm, og derfor brått endre angrepsvinkelen uavhengig av hvilken hastighet vi flyr med
- Kan gi flutter om vi i utgangspunktet allerede har høy hastighet
- Kan være farlig ved avgang, utflyging, innflyging og landing

ICAOs klassifisering av turbulens		
Klassifisering	Forklaring	Kode i meteorologiske meldinger
Lett (LIGHT):	Svake, uregelmessige endringer i flystilling og / eller høyde	FBL
Moderate (MODERATE):	Som lett turbulens, men med større intensitet, også endringer i hastighet kan oppstå, men det er mulig å holde kontroll over flyet til enhver tid	MOD
Severe (SEVERE):	Store, brå endringer i flystilling og høyde sammen med store variasjoner i hastighet. Effektiv kontroll av flyet kan være mulig i korte perioder, men løse gjenstander kan bli kastet rundt i flyet, og det kan også oppstå skader på flyets konstruksjon	SEV
Ekstrem (EXTREME):	Ekstrem turbulens som kan gi strukturell skade og føre til fatalt tap av flyet.	



Vindskjær







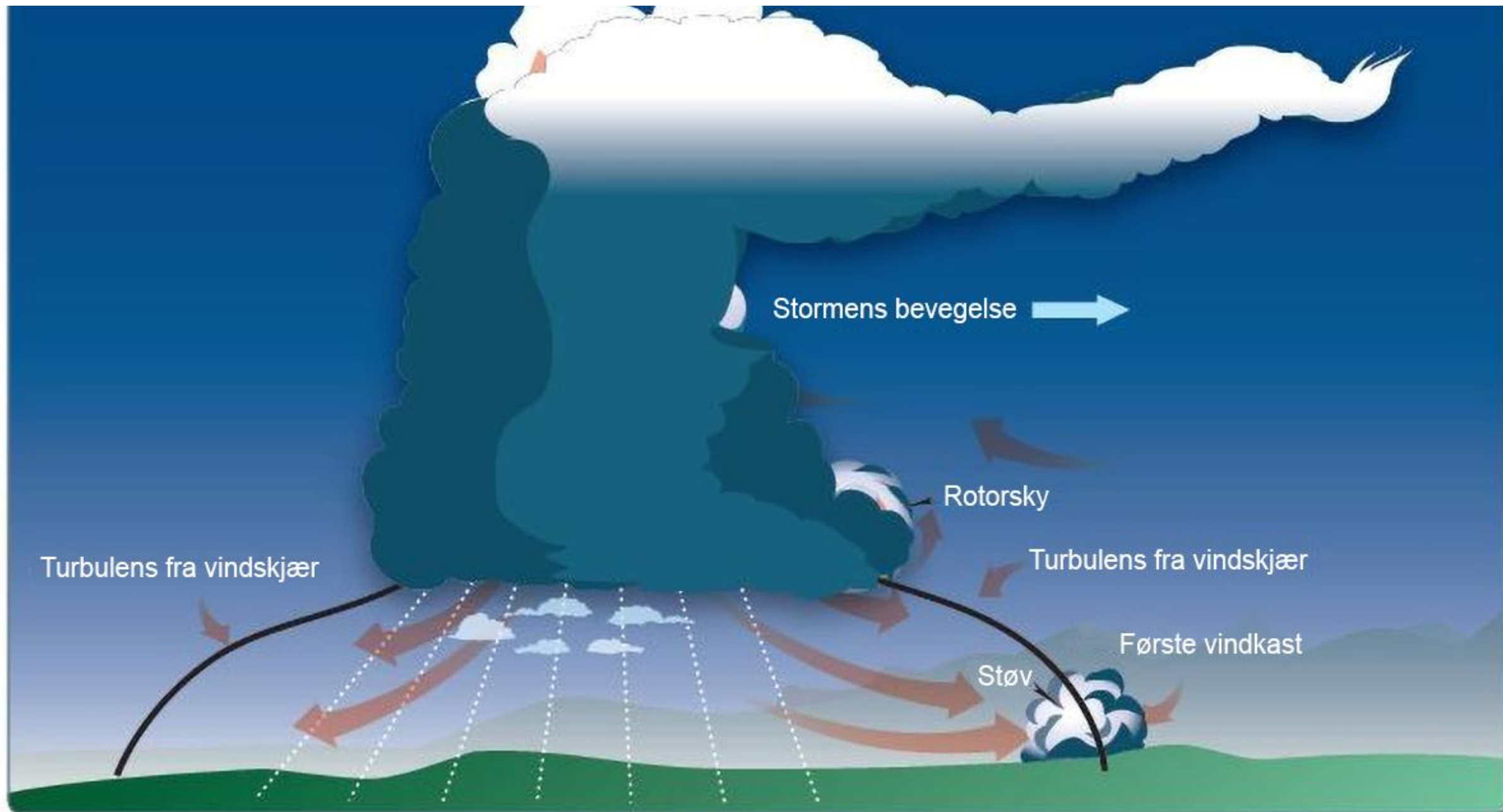
Vindskjær – farer og radiofraseologi

- Defineres som raske horisontale eller vertikale endringer i retning og / eller styrke. Mikroburst er vindskjær i forbindelse med blant annet tordenbyger som oppstår i lav høyde
- Også turbulens og vindskjær i lav høyde dersom det er frontaktivitet, tordenbyger eller Cb eller TCu tilstede i området. Også fjellbølger skaper vindskjær.

Frageologi:	Betydning:
WIND SHEAR FORECAST (vindskjær varslet)	Værsituasjonen indikerer at vindskjær kan forekomme under 3000 fot AAL
WIND SHEAR FORECAST AND REPORTED (vindskjær varslet og rapportert)	Værsituasjonen indikerer at vindskjær kan forekomme under 3000 fot AAL og minst ett luftfartøy under inn- eller utflyging har rapportert vindskjær i løpet av de siste 30 minutter
WIND SHEAR REPORTED (vindskjær rapportert)	Minst ett luftfartøy har rapportert vindskjær under inn- eller utflyging i løpet av de siste 30 minutter, men det er ikke grunnlag for å utstede varsel om vindskjær



Tordenvær







Ising

Ising – farer

- Snø, is og rim øker steilefarten, det vil si at flyet steiler før enn normalt, dvs. med en lavere angrepsvinkel enn normalt
- Vi har også et fly hvor vi ikke har peiling på hvordan det vil oppføre seg når det steiler, og ikke minst hvor den direkte effekt snø, is og rim er helt ukjent
- Snø, is og rim på flyet vil derfor alltid ha en negativ aerodynamisk effekt, men hvordan det nøyaktig kommer til å slå ut i en gitt situasjon, vet vi ikke





Ising – farer – hva vi vet:

- Luften over vingen blir turbulent mye tidligere enn normalt
- Belegg bakover vingen kan ødelegge balanserorenes funksjon, og får rorene til å slå motsatt vei (aileron reversal)
- Flyets steilevarsel kan slutte å fungere og vingene kan steile asymmetrisk
- Flyets masse og motstand øker, og vil i beste fall føre til at vi flyr saktere og bruker mer drivstoff, samt at vi klatrer dårligere
- Haleflaten kan steile ut. Det kan skje ved hastigheter over normalen for steiling rett frem. Det finnes ikke noe varselsystem som sier ifra om dette
- Is på propellen ødelegger en nøye avbalansering, og kan føre til vibrasjoner og tap av trekk-kraft, og i verste fall at den rister i stykker på grunn av ubalanse

All rim, snø og is skal derfor alltid fjernes fra flyet før avgang!

ICAOs klassifisering av ising

ICAO klassifisering av ising på luftfartøy		
Klassifisering	Forklaring	Kode i meteorologiske meldinger
Spor (TRACE):	Det er mulig å se is på flyet, og hastigheten isen bygges opp med på flyet er så vidt større enn den mengde is som forsvinner på grunn av sublimasjon.	
Lett (LIGHT):	Hastigheten som isen bygges opp med på flyet kan utgjøre et problem for flyvinger over en time. Med mindre vi utsettes for denne isingen i mer enn en time, er det ikke nødvendig å bruke flyets systemer som beskytter mot- og fjerner is (om montert) eller å forandre kurs.	FBL («feable»)
Moderate (MODERATE):	Hastigheten som isen bygges opp med på flyet er slik at til og med korte perioder i disse forholdene er potensielt farlige. Det er nødvendig å bruke flyets systemer som beskytter mot- og fjerner is, samt endring av høyde og / eller kurs.	MOD
Alvorlig (SEVERE):	Hastigheten isen bygges opp med på flyet er slik at selv flyets systemer som beskytter mot- og fjerner is ikke klarer å fjerne isen, og det er nødvendig med en umiddelbar endring av høyde og / eller kurs	SEV

Ikke alle skytyper har isingsforhold, men vi skal holde oss unna skyer uansett.



Del 4 Meteorologisk informasjon



Observasjoner og varsler

METAR – Meteorological Terminal Air Report

- Utgis hver 20 og 50 minutt over hel time – observasjonstidspunkt oppgis som UTC
- Inneholder været slik det er observert i de siste ti minutter før observasjonstidspunktet for en spesifisert flyplass
- Angis i kode
- TREND er forventede endringer innen **to timer** etter observasjonstidspunktet
- SPECI er en allerede utgitt METAR som er endret

METAR – innledning

- Innledning: flyplassens ICAO-kode pluss ordet METAR eller koden «SA» og deretter dag i måneden samt observasjonstidspunktet i UTC. AUTO indikerer at observasjonen er tatt av et automatisk system
- Eksempel: ***ENBR METAR 191050Z***
 - METAR for Bergen Lufthavn Flesland
 - Observasjonstidspunkt 1050 UTC den 19 dagen i måneden

TAF – Terminal Aerodrome Forecast

- Utgis med en gyldighetsperiode på 24 timer
- Gyldighetsperioden står i varslet og UTC brukes både for utstedelsestidspunkt og gyldighetsperiode
- En uttalelse om forventede meteorologiske forhold for en spesifisert periode på en gitt flyplass
- Angis i kode
- TAF AMD er endring av en allerede utgitt TAF når det gjelder vær
- TAF COR er endring av en allerede utgitt TAF om det oppdages skrivefeil eller andre formelle feil'
- TAF som kanselleres innledes med TAF og stasjonsindikator, gyldighetstid og så ordet CNL til slutt

TAF – innledning

- Innledning: flyplassens ICAO-kode pluss ordet TAF eller kodene «FC eller FT» og deretter dag i måneden samt utstedelsestidspunktet i UTC
- Eksempel: ***ENGM TAF 190800Z***
- TAF for Oslo Lufthavn Gardermoen
 - Utstedelsestidspunkt 0800 UTC den 19 dagen i måneden



METAR og TAF – opplysninger om været

- Inndelt i følgende:
 - Vind
 - Sikt
 - Skyer
 - Værforhold
- I **tillegg** har METAR temperatur, duggpunktstemperatur og trykk
- Differansen mellom temperatur og duggpunktstemperatur kalles «spredningen» eller «splitten», og skrives: 15/13
- Dersom spredningen **nærmer seg null** kan det bli tåkedannelse

METAR og TAF – vind

- Gjennomsnittsvind i retning (grader) og styrke (knop)
- I METAR gis vind som er målt i observasjonsperioden (10 minutter). Dersom den sterkeste vinden i denne perioden er 10 knop mer enn gjennomsnittsvinden, kalles det for en «gust» (vindkast). Vinden kan for eksempel skrives som: 21015G25
- Det betyr vind fra 210 grader, med en gjennomsnittsstyrke på 15 knop og med vindkast på 25 knop de siste 10 minutter
- Dersom vindretningen varierer:
- VRBXXKT = variabel vind xx knop når vindretningen varierer med mer enn 60 grader og blåser med maks to knop eller mindre, eller dersom variasjonene i vindretningen er 180 grader eller mer og gjennomsnittstyrken er tre knop eller mer, eller
- For eksempel 12012KT 030V190 når vindretningen varierer med mer enn 60 grader, men mindre enn 180 grader og det gjennomsnittlig blåser tre knop eller mer

METAR og TAF – horisontal sikt

- Rapporteres som hovedsikt i meter, den største siktverdi som er oppnådd innenfor minst halve horisonten eller innenfor halvparten av flyplassens areal
- Dersom sikten er 10 kilometer eller mer, brukes kode 9999
- Dersom laveste sikt avviker fra hovedsikten, og er mindre enn 1500 meter eller mindre enn 50 prosent av hovedsikten, vil den laveste sikten også rapporteres i generelle retning i forhold til flyplassen.
- Dersom hovedsikten er 10 kilometer eller mer, det vil si kode 9999, og det er lavere sikt i en annen retning, vil også den lavere sikten rapporteres



METAR og TAF – skyer

- Oppgis i grupper og forteller oss hvor mange deler av himmelen som er dekket av skyer og hvor høyt over flyplassen skyene ligger
- Høyde angis i fot
- Hvilken type skyer det er, tas ikke med, med mindre det dreier seg om tordenskyer (Cb) og haugskyer som strekker seg oppover (TCu)
- Dersom skyene ligger under flyplassens høyde (elevation) oppgis skyhøyden (height) som `///FEW///` - noe som i dette tilfellet betyr at det er 1-2/8-deler med skyer under flyplassens høyde



METAR og TAF - åttendedeler

15.01.2020

Versjon 1

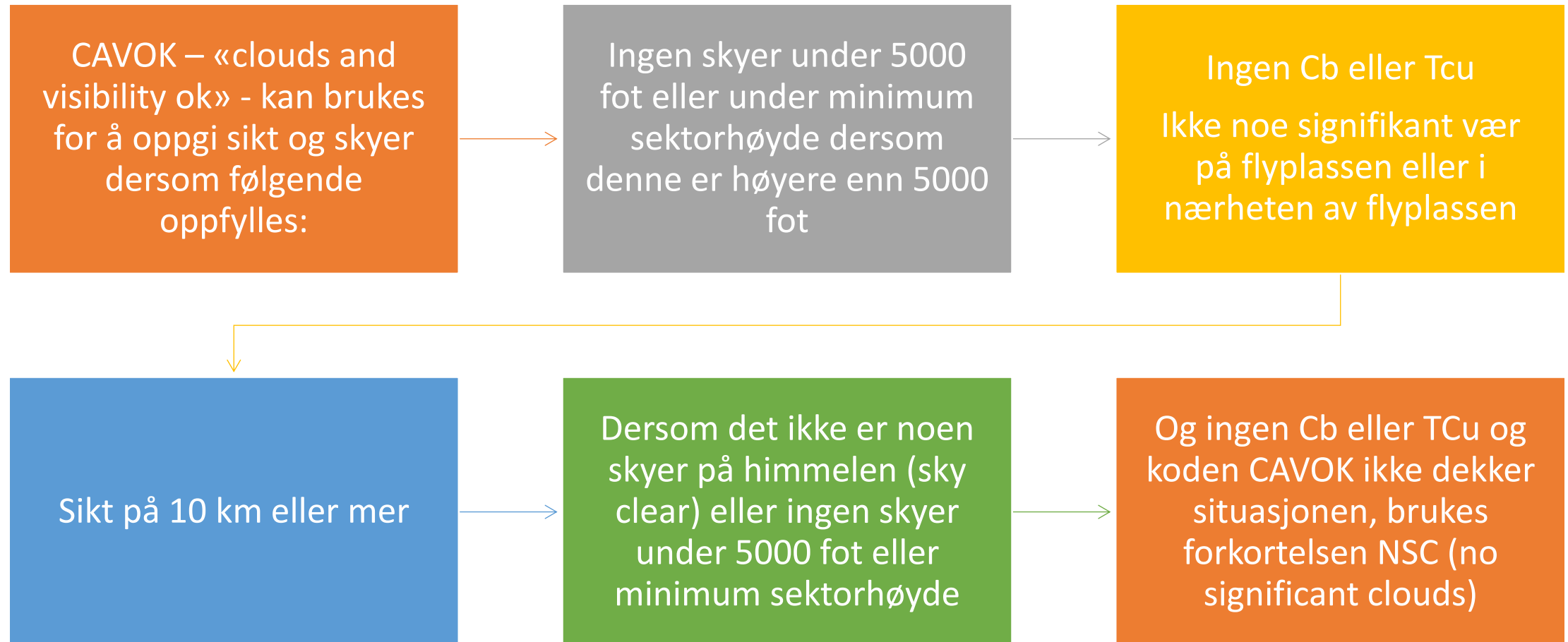
- **FEW** (få): 1-2/8-deler av himmelen er dekket av skyer
- **SCT** (spredte): 3-4/8-deler av himmelen er dekket av skyer
- **BKN** (brutte): 5-7/8-deler av himmelen er dekket av skyer
- **OVC** (overskyet): 8/8-deler av himmelen er dekket av skyer
- «**Obscured**» (skjult) betyr at det kan være skyer på himmelen, men at observatøren på bakken ikke kan se disse
- Tre grupper:
 - De laveste skyene, uavhengig av hvor stor del av himmelen de dekker
 - Skyer i utstrekning SCT, BKN og OVC
 - Skyer i utstrekning BKN og OVC

METAR og TAF

- vertikalsikt

- **Vertikalsikt** brukes dersom det ikke er mulig å skjelne skyenes høyde («clouds obscured»)
- Vertikalsikt er hvor langt oppover vi kan gjenkjenne en ballong, et fly eller andre siktemerker
- Indikeres med koden VV etterfulgt av vertikal sikt i fot
- Når skyene ligger lavt, er normalt vertikalsikten større enn skyhøyden fordi det er mulig å se et stykke inn i skyen

METAR og TAF – CAVOK og NSC



METAR og TAF

– utvikling av været (tendens)

- **TREND:** Et kort varsel i en METAR, som brukes for å vise at det ventes endringer innenfor to timer etter observasjonstidspunktet. Det er kun spesielt godkjente flyplasser som kan bruke TREND i METAR
- Følgende koder angir også tendenser (andre enn TREND):
 - **NOSIG:** No significant change – ingen signifikant endring i været ventes de neste to timer
 - **TEMPO:** Indikerer at det temporært vil oppstå en endring i været som angitt etter koden TEMPO
- **BECMG:** Becoming – Utvikler seg til. Indikerer at det er minst 50 prosent sjanse for en gradvis overgang til en lengre varig endring av været som angitt etter koden BECMG

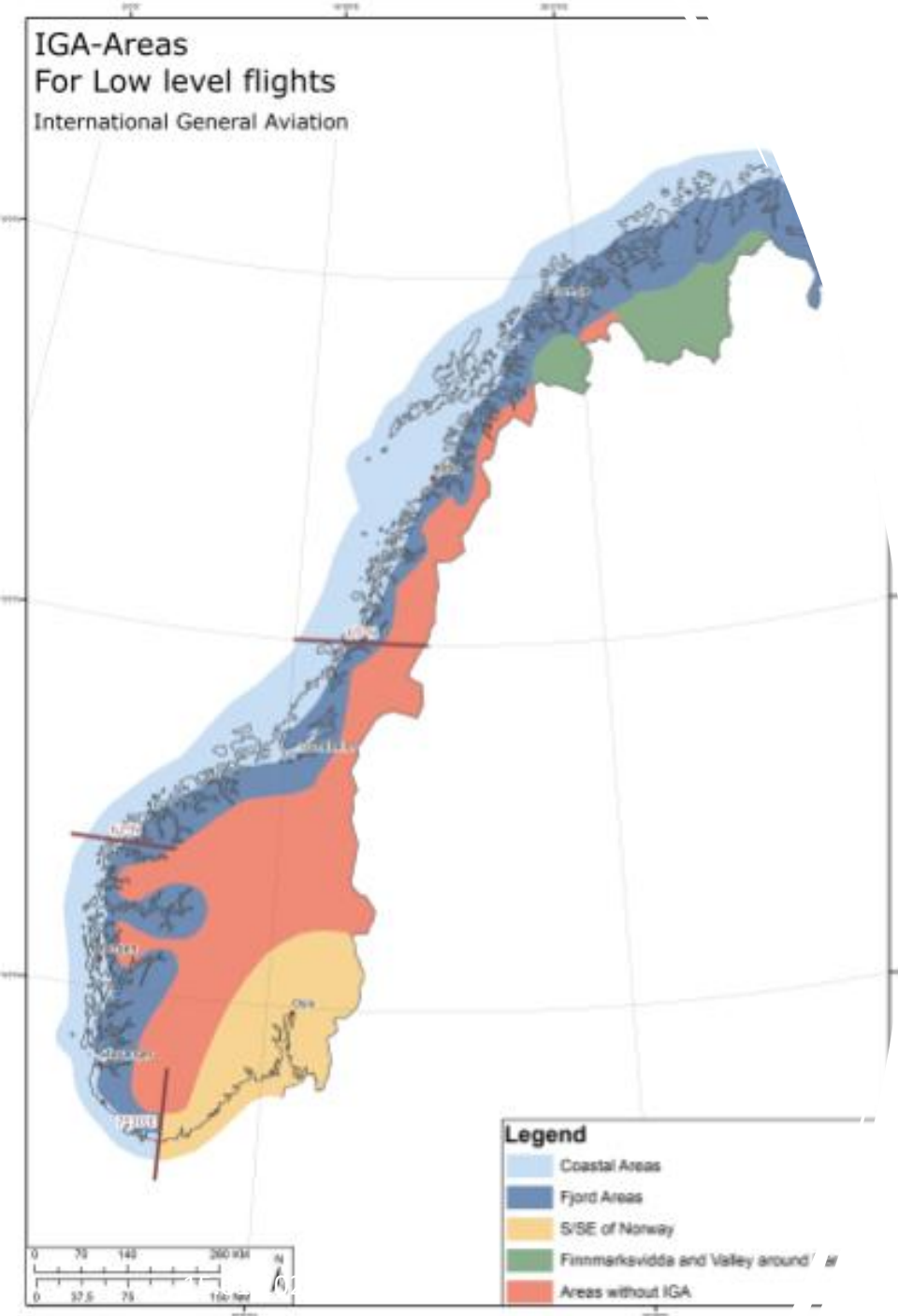
TAF – utvikling av været (tendens)

- **PROB30/40** betyr at det er henholdsvis 30 og 40 prosents sjanse for de endringer som beskrives etter koden
- **TEMPO**, fulgt av dato og en tosifret tidsgruppe, indikerer at det er en **midlertidig endring** til været som angitt etter TEMPO
- **BECMG**, fulgt av dato og en tosifret tidsgruppe indikerer at det er minst 50 prosents sjanse for en gradvis overgang til en **lengre varig endring** av været som angitt etter koden
- **FM**, from, fulgt av dato og en firesifret tidsgruppe i timer og minutter UTC indikerer at det vil komme en rask endring i været.

Styrke	Beskrivelse	Nedbør	Vær som reduserer sikten	Andre værfenomener
- Lett («light»)	MI: grunn («shallow»)	DZ: yr («drizzle»)	BR: dis («mist»)	PO: støv og sandvirvler («sand swirls»)
Moderat	BC: flak («patches»)	RA: regn	FG: tåke («fog»)	SQ: byger («squalls»)
+ Kraftig («heavy»)	PR: delvis, deler av RWY*	SN: snø	FU: røyk	FC: tornado «twister»
VC Innenfor 16 km fra flyplassen, men ikke på flyplassen	DR: drivende («drifting»)	SG: snøkorn («snow grains»)	VA: vulkansk aske	SS: sandstorm
	BL: blåsende («blowing»)	IC: isnåler («ice needles»)	DU: støvvirvel («dust devils»)	DR: støvstorm
	SH: byger («showers»)	PL: iskorn («ice pellets»)	SA: sand	
	TS: torden («thunder»)	GR: hagl	HZ: tørr dis, «haze»	
	FZ: frysende («freezing»)	GS: små hagl		

Signifikante værforhold

Signifikante værforhold - significant weather- som kan påvirke flyoperasjoner observeres eller varsles enten på flyplassen eller på en viss distanse fra flyplassen og vil publiseres i METAR eller TAF



IGA

International General Aviation prognose

- Et meteorologisk varsel for flere områder i norsk luftrom for allmennflyvninger under FL 100 (10.000 FT)
- Blanding av koder og forkortet tekst og utgis for fire norske områder
- Delt opp i følgende områder:
Vind, værforhold, sikt, skyer, 0-isoterm, ising og turbulens

IGA – innledning

- Innledning: områdekode for området det varsles for, hvem som har utstedt det og utstedelsestidspunktet. Gyldighetsperiode og beskrivelse av området
- Eksempel: ***FBN041 ENMI 291502 IGA PROG 291500-292400 UTC
JAN 2018 NORWAY FIR SE PART COAST AND LOWLAND AREAS EAST OF
E00740 AND S OF N6100***
- Utstedt av Det norske meteorologiske institutt den 29. i måneden klokken 1502 UTC.
- Gyldighetsperiode 29. januar klokken 15:00 UTC til klokken 24:00 UTC samme dag.
- Område innenfor Norway FIR – sydøstlige deler langs kysten og i lavlandet

IGA – vær og vind

- **Vind** varsles i retning (grader) og styrke (knop) for bakkenivå, 2000 fot, FL050 og FL100
- **Temperatur** varsles i grader Celsius
- **Værforhold** innledes med koden WX
- **Sikt** gis i kilometer
- **Skyer** forteller oss også her hvor mange deler av himmelen som er dekket av skyer og hvor høyt skyene ligger.
- **0-isoterm**. Høyden oppgis i fot
- **Isingsforhold**
- **Turbulens**
- IGA er noen ganger tilknyttet et varsel for morgendagen



SIGMET og AIRMET

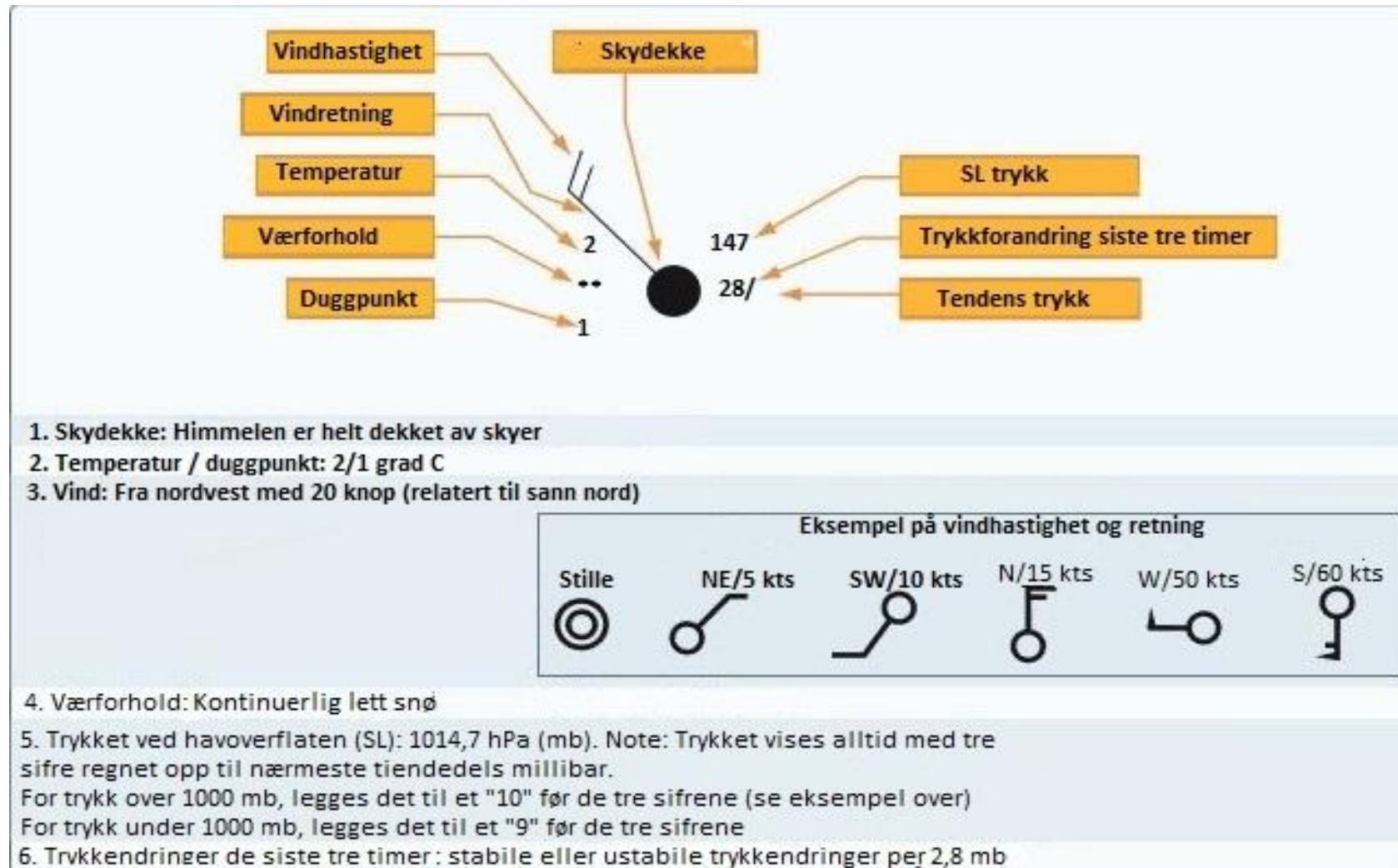
- Meldinger som gjelder observerte eller varslede værphenomen som kan ha sikkerhetsmessig betydning – en signifikant melding
- AIRMET er beregnet for trafikk under en viss høyde – i Norge varsler den kun moderat ising
- Klartekst og forkortelser
- En utgitt SIGMET eller AIRMET vil kun inneholde ett værphenomen

Værkart

- I Norge publiseres følgende:
 - Bakkekart (surface analysis)
 - Prognosekart ved bakkenivå (surface prognosis)
 - Kart for observert temperatur (temperature observed)
 - Vind og temperatur i høyden (upper wind and temperature)
 - Signifikant værkart (significant weather chart)
 - Advarsel mot turbulens (turbulence warning maps)
 - Kart som viser lynnedslag (lightening maps)

[IPPC](#)

Stasjonssirkel





PIREP, AIREP og AIREP SPECIAL

- PIREP er forkortelse for pilot report - det er mulig å sende rapport om det aktuelle været vi møter underveis. Sendes over radio under flyging eller etter landing
- AIREP og AIREP SPECIAL er mer rutinepregede rapporter – brukes i hovedsak av større trafikkfly – sendes gjerne automatisk fra flyets systemer
- AIREP SPECIAL brukes når man opplever eksempelvis ising, turbulens, fjellbølger og vulkanske utbrudd



Informasjon før flyging

Meteorologisk informasjon før flyging

- Forskjellige kilder:
 - ippc.no eller tilsvarende tjenester i andre land
 - Meteorologiske kontorer – i hovedsak per telefon
 - Ved bruk av apper – nøyaktighet kan ikke garanteres
- Få informasjon fra
 - METAR og TAF for avgangsplass, destinasjonsplass og alternativ, eventuelt flyplasser i nærheten
 - IGA-varsel
 - Værkart og temperatur/vind i høyden



Del 5 Klimatologi

Hva er klima?

- Typiske værmønstre på et sted
- Mesoklima
- Makroklima
- Globalt klima





Globalt klima

Faktorer som spiller inn:

- Solstråling og breddegrad
- Hvordan land- og sjøområdene ligger i forhold til hverandre
- Havstrømmer
- Rådende vind
- Hvor høytrykk- og lavtrykk ligger
- Om det er fjellområder som virker som naturlige grenser



Klimasoner

Systemet deler klima inn i fem hovedgrupper, hvorav hver av disse deles inn i undergrupper basert på sesongmessig nedbør og temperatur.

- A – tropisk
- B – tørr
- C – temperert (mild middels breddegrad)
- D – kontinental (kald middels breddegrad)
- E – polar
- Alle klimasonene har plass i en av disse gruppene.



Klimasoner - undergrupper

- Regnskog
- Monsun
- Tropisk savanne
- Fuktig subtropisk
- Fuktig
- Havklima
- Middelhavsklima.
- Ørken
- Steppe
- Subarktisk klima
- Tundra
- De polare iskapper



Makroklima – Norge - generelt

- Store variasjoner mellom landsdelene.
- Dype motsetninger som skyldes geografiske forhold
- Store variasjoner fra år til år



Nedbør og vær

- Mild og fuktig luft fra havet.
- Heving av luftmasser
- Nedbør i vest
- Tørrere i øst
- Variabelt



Slutt fag 3
