

# Meteorologi



Oppsummering og nyttig info

## Innhold

Innhold .....	2
Atmosfæren og standardatmosfæren (ISA).....	3
METAR/TAF .....	4
Vær-apper og annet nyttig.....	6
Værkart og symboler .....	7
Trykk og trykksystemer .....	8
Vind .....	9
Lufttemperatur og luftfuktighet .....	10
Skyer.....	12
Nedbør, tåke og sikt.....	13
Fronter .....	14

Utarbeidet av: Thomas Fredriksen

Sist revidert: 20. oktober 2020

Revisjon: 1

Bilder fra: Wikipedia (Cmglee, KMJ), Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge

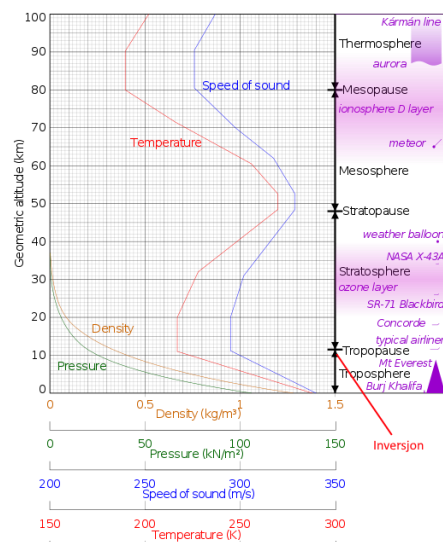
# Atmosfæren og standardatmosfæren (ISA)

## Standardatmosfæren

<b>Lufttrykk ved havnivå:</b>	1013,25 hPa (29.92mmHg)
<b>Temperatur ved havnivå:</b>	15°C (59°F)
<b>Vertikal temperaturgradient:</b>	2°C per 1000 fot (0,65°C per 100 meter)
<b>Vertikal trykkforandring nedre nivå:</b>	1 hPa per 30 fot
<b>Luftfuktighet:</b>	Ingen/sees bort fra
<b>Gravitasjon:</b>	9,81 m/s <sup>2</sup>

Trykket reduseres med høyden, og er:

- ½ av havets nivå ved 18 000'
- ⅓ av havets nivå ved 27 500'
- ¼ av havets nivå ved 33 700'



## Q-koder for trykk

<b>QFE</b>	Flyplassens lufttrykk, høydemåler vil vise 0ft når vi står på flyplassen
<b>QNH</b>	Flyplassens lufttrykk redusert til havets nivå etter standardatmosfæren. Høydemåler vil vise flyplassens høyde over havet når vi står der
<b>QNE</b>	Trykkehøyde, høydemåler settes på 1013 og vil vise nåværende trykkehøyde. Brukes når vi flyr på flygenivå (flight level)
<b>QFF</b>	Lufttrykket omregnet til havets nivå i samsvar med nåværende trykk og temperatur. Benyttes av meteorologer (men ikke piloter) til å kartlegge trykkforholdene ved havets nivå.

## Trykkehøyde (pressure altitude)

Trykkehøyde er høyde over SDP (Standard Datum Plane), som er et teoretisk nivå hvor trykket er 1013,25 hPa og luftens vekt er 14,7 psi. Dette nivået kan være både over og under havnivå. Trykkehøyde er viktig i ytelsesberegninger og for å bestemme flygenivå.

Vi kan finne trykkehøyde ved å stille høydemåleren inn på 1013 og lese av, ved å benytte regneskiva eller ved å regne oss frem til det:

$$QNE = QNH\text{-høyde} - ((QNH\text{-trykk} - 1013) * 30) \text{ Eks: } 7 \text{ fot} - ((1023 - 1013) * 30) = -293 \text{ fot}$$

## Tetthetshøyde (density altitude)

Tetthetshøyden er trykkehøyden kompensert for lufttettheten, og er det mest korrekte å benytte i ytelsesberegninger. Etter hvert som tettheten øker (lavere tetthetshøyde) vil ytelsen øke, og motsatt. Dette er spesielt viktig å ta hensyn til ved avgang fra og landing på høytliggende kortbaner.

Lufttettheten synker ved lavere trykk (høyere høyde) og ved høyere temperatur. Jo lavere vi er og jo kaldere det er, jo høyere lufttetthet er det. Høyere luftfuktighet gir også lavere lufttetthet.

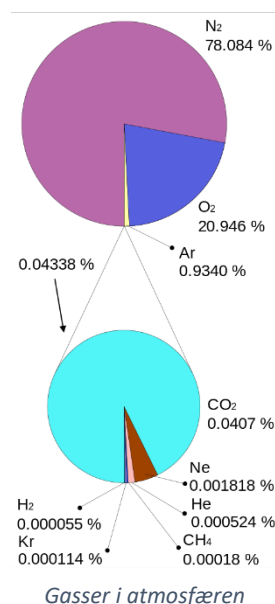
Ved høy temperatur og høy luftfuktighet: forvent kraftig redusert ytelse

Bruk regneskiva: beveg temperaturskalaen til korrekt plass over trykkehøyden, avles tetthetshøyden under merket «Density altitude»

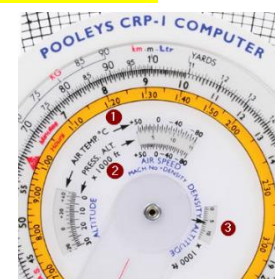
Alternativ kan du regne deg frem til svaret med denne formelen:

$$\text{Tetthetshøyde} = \text{trykkehøyde} + (120 * (\text{OAT} - \text{ISA Temp})) \text{ (OAT = Outside Air Temperature)}$$

For å finne ISA-temperatur: Doble høyden (ta vekk de siste tre 0 først), trekk fra 15 og sett et minustegn foran



Gasser i atmosfæren

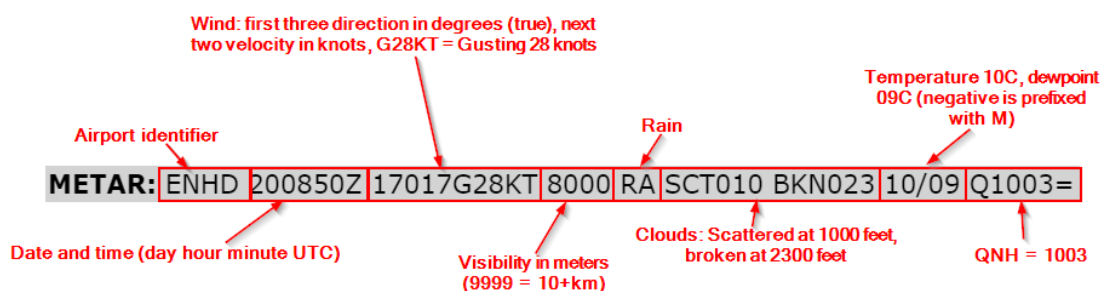


## METAR/TAF

Qualifier		Weather Phenomena		
Intensity or Proximity 1	Descriptor 2	Precipitation 3	Obscuration 4	Other 5
- Light	MI Shallow	DZ Drizzle	BR Mist	PO Dust/sand whirls
Moderate (no qualifier)	BC Patches	RA Rain	FG Fog	SQ Squalls
+ Heavy	DR Low drifting	SN Snow	FU Smoke	FC Funnel cloud
VC in the vicinity	BL Blowing	SG Snow grains	DU Dust	+FC Tornado or waterspout
	SH Showers	IC Ice crystals (diamond dust)	SA Sand	SS Sandstorm
	TS Thunderstorms	PL Ice pellets	HZ Haze	DS Dust storm
	FZ Freezing	GR Hail	PY Spray	
	PR Partial	GS Small hail or snow pellets	VA Volcanic ash	
		UP *Unknown precipitation		

The weather groups are constructed by considering columns 1–5 in this table in sequence: intensity, followed by descriptor, followed by weather phenomena (e.g., heavy rain showers(s) is coded as +SHRA).  
\* Automated stations only

METAR angir været slik det var de siste 10 minuttene før den ble utstedt (men innen vi får den, er observasjonen gjerne 15 minutt gamle), og kommer hver halvtime, som regel xx:20 og xx:50. Regn siden sist, men ikke i de siste 10 minuttene, vil angis som RERA (Recent Rain). Dersom været forandrer seg så mye at en ny METAR er nødvendig før neste, kan en SPECI sendes ut.



Sikt og skylag kan forkortes til CAVOK (Ceiling and Visibility OK) dersom det er 10km+ sikt og ingen skyer under 5000 fot eller laveste sektorhøyde (den høyeste av de to), og det ikke er meldt noe signifikant vær som f.eks. regn.

Sky Cover	Contraction
Less than 1/8 (Clear)	SKC, CLR, FEW
1/8–2/8 (Few)	FEW
3/8–4/8 (Scattered)	SCT
5/8–7/8 (Broken)	BKN
8/8 or (Overcast)	OVC

Sikt kan også i noen tilfeller være ulik i forskjellig retning (spesielt på vår flyplass), og da kan sikten deles opp i to deler, f.eks. «9999 1000SW» for å angi at det er 10km+, men bare 1km mot sørvest)

Legg spesielt merke til eventuelle remarks (RMK), spesielt for vindskjær (WS) og eventuelle SIGMET/AIRMET. (WS RWY31 = Windshear reported for runway 31)

Vind er gjennomsnittsverdi de siste 10 minuttene (siste to minutt på baneterskelen for «wind check»). Dersom retningen på vinden varierer mer enn 60 grader vil retningen indikeres som VRB dersom det er under 2kts styrke og som 030V190 dersom styrken er over 2kts (og retningen varierer mellom 30 og 190 grader i dette eksemplet). Variasjon i styrke indikeres som vist i METAR-eksemplet over (dersom styrken varierer med mer enn 10kts over snittet).

Merk at vindretning som angis i METAR og TAF er sann retning. Vindretning du får fra tårnet ved avgang- og landingsklarering eller en «wind check» er angitt i magnetisk retning.

## TAF

TAF (Terminal Aerodrome Forecast) bruker samme forkortelser som METAR, men er et varsel om hva som kommer fremover. En TAF er gyldig i en periode på mellom 6 og 24 timer. Det er to typer TAF på norske flyplasser, den vanligste er prefikset med FC og har relativt kort gyldighet. Noen få flyplasser (Sola blant annet) har også en «lang-TAF» som er gyldig i vesentlig lenger tid, denne er prefikset med FT.

Gyldighetstid angis i DDHH-format, f.eks. 1909/1918 betyr at den er gyldig for den 19. mellom 09 og 18 UTC.

Noen andre forskjeller:

- NOSIG => No significant change: ingen signifikant forandring
- BECMG => Becoming: brukes for å angi en gradvis varig endring over tid, en gang mellom tidene som er angitt rett etter BECMG
- TEMPO => Temporary: brukes for å angi en midlertidig endring (har en gyldighetsperiode)
- PROB40 => Probability 40: brukes for å angi sannsynligheten for at dette varslet treffer (40%)

Siden vi ligger såpass nær både Sola og Bergen, kan vi ofte bruke deres TAF og METAR for å se hvordan været kan utvikle seg her hos oss.

## Andre viktige koder

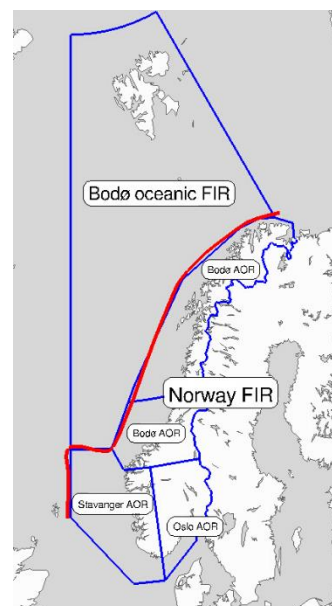
TCU: Towering Cumulus

CB: Cumulonimbus

## Flyværtjeneste

Noen ganger kan det være nyttig å snakke med meteorologene direkte. Da kan vi benytte oss av flyværtjenesten. Det nærmeste kontoret for oss ligger i Bergen.

Bergen har ansvar for Stavanger AOR og Bodø AOR sør for 65°N (se kart til høyre).



MWO	Ansvarsområde	Telefonnummer	ICAO-lokasjonsidentifikator
<b>Tromsø</b>	Bodø Oceanic FIR Bodø AoR nord for 65°N	+47 77 62 13 00	ENVN
<b>Bergen</b>	Bodø AoR mellom 62°N og 65°N Stavanger AoR	+47 55 23 66 50	ENVV
<b>Oslo</b>	Oslo AoR	+47 22 69 25 62	ENMI

## Eksempler

+SHRA: Heavy showers of rain.

MIFG: Shallow fog.

FZFG Freezing fog.

PRFG: Partial fog, part of the runway is obscured by fog.

-DZRA: Light drizzle and rain

RA:Rain

VCSH: Precipitation within 16 kilometers (but not at) the aerodrome.

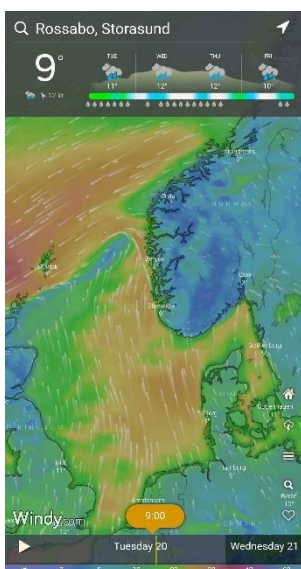
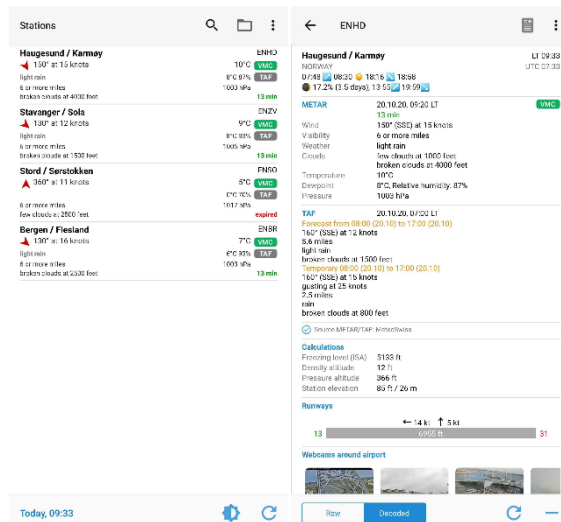
## Vær-apper og annet nyttig

Alle disse appene er tilgjengelig både for Android og iOS.

### AeroWeather

Gir deg rask og enkel tilgang til METAR, TAF og NOTAM for de fleste flyplasser i verden. METAR/TAF kan vises både i raw og i dekodet-form.

Pro-versjonen gir en del ekstra nyttig informasjon, som sidevindkomponent for aktiv rullebane.



### Windy.com

Windy gir god oversikt over vind, nedbør og skyhøyde. Både nåværende, og estimert fremover i tid.

Windy er også tilgjengelig på windy.com

### HemsWX

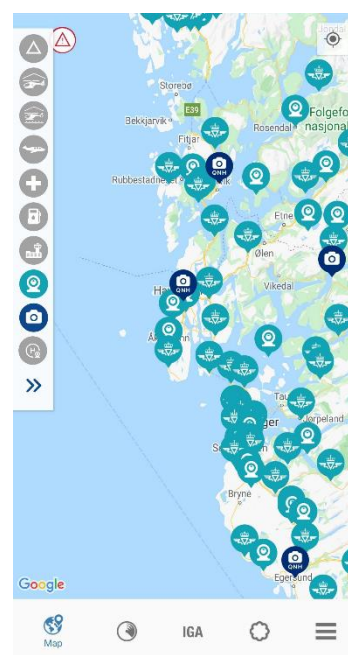
HemsWX er Luftambulansen sin egen værapp. Haugaland Flyklubb har fått tilgang til denne.

Her har vi enkel oversikt over gjeldende vær og værmeldinger, inkludert IGA-prognoser. Appen gir tilgang til Luftambulansens sitt nettverk av værkamera og enkel tilgang til Vegvesenet sine veikamera.

HemsWX er også tilgjengelig på hems wx.no

### ippc.no

Avinor Internet Pilot Planning Center er en av de viktigste ressursene for norske piloter. Her er det enkel tilgang til værmeldinger, IGA-prognoser, hjelp og forklaringer og masse annet nyttig.





# Tegnforklaring Low Level SIGWX kart Norge



For luftrommet fra SFC-FL150 iht. ICAO Annex 3. For turbulens, ising og skyer gis øverste og nederste grense

## Generell informasjon

- Signifikant vær, ICE/TCU/CB (ising, towering cumulus, cumulonimbus)
- Signifikant vær, TURB/VA/RC (turbulens, vulkansk aske, radioaktiv sky)
- Sikt- og skybasereduksjon: skybase<1000ft og/el sikt<5km.
- Markerer trykksenteret
- Markerer lavtrykk
- Markerer høytrykk
- Varmfront
- Kaldfront
- Okklusjon

## Fare

- Moderat turbulens (ikke CAT)
- Kraftig (SEV) turbulens (ikke CAT).
- Fjellbølger
- Moderat ising
- Kraftig(SEV) ising
- Underkjølt nedbør. FZRA/FZDZ

## Vær

- Hagl (GR)
- Torden
- Tåke (FG)
- Iståke (FZFG),
- Tåkedis/mist BR
- Snø
- Regn
- Yr
- Regnbyger
- Snøbyger

## Tilleggsinformasjon

- Bakkevind  $\geq 30$ kt (i knop)
- 0-isoterm (i hektotof, se Skyer)
- Mountain Obscuration
- Sjøtemperatur
- Vulkansk aske
- Radioaktivt utslipp

Calm	NW/5 kts	SW/20 kts
E/35 kts	N/50 kts	W/105 kts

## Bølger [seastate iht METAR-koden]:

S'	Betegnelse	Bølgehøyde i m
3	Slight	0.5 - 1.25
4	Moderate	1.25 - 2.5
5	Rough	2.5 - 4
6	Very rough	4 - 6
7	High	6 - 9
8	Very high	9 - 14
9	Phenomenal	Over 14

## Skyer

Skyhøyde i hektotof, feks 010 tilsvarer 1000ft.

### CB – Cumulonimbus og

### TCU – Towering cumulus angis med:

**ISOL**(isolated)=Individual CB/TCU with a max spatial coverage less than 50% of the area concerned.

**OCNL**(occasional)=Well-separated CB/TCU with a max spatial coverage between 50 and 75 per cent of the area concerned.

**FRQ**(frequent)=Little or no separation between adjacent CB/TCU with a max spatial coverage greater than 75 per cent of the area concerned

**EMBD**= Embedded in layers of other clouds and cannot be readily recognized.

### CU – Cumulus og

### STF – Stratiform clouds angis med:

**FEW** = (few) skymengde 1 - 2 åttedeler

**SCT** = (scattered) skymengde 3 - 4 åttedeler

**BKN** = (broken) skymengde 5 - 7 åttedeler

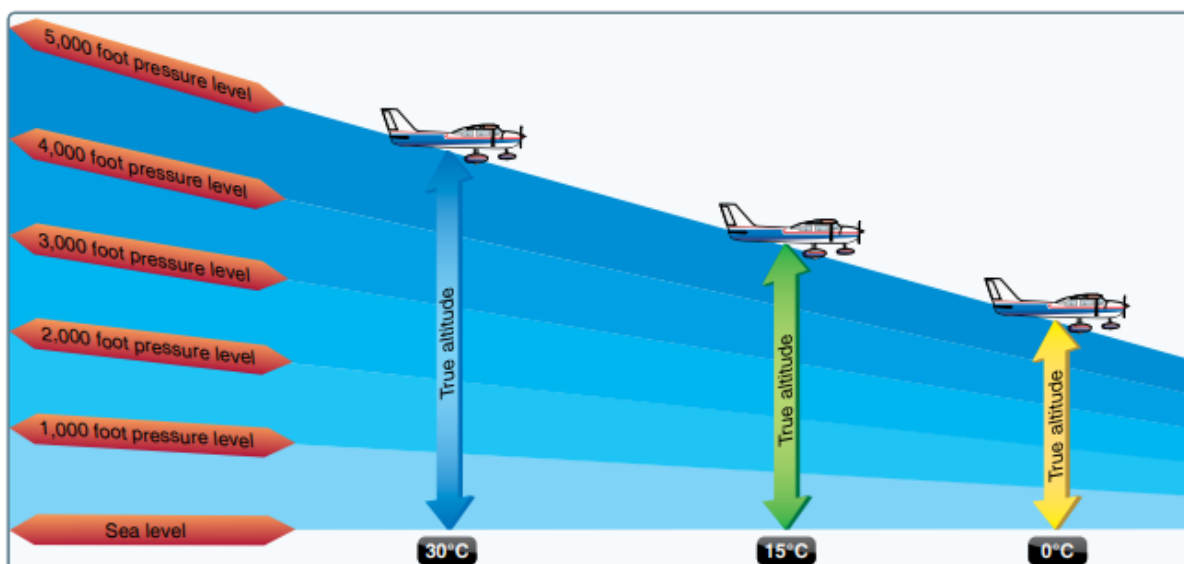
**OVC** = (overcast) skymengde 8 åttedeler

**NSC** = Nil significant cloud

## Trykk og trykksystemer

Luftrykket synker jo høyere opp vi kommer. Selv om differansen mellom trykkflatene forandrer seg jo høyere opp vi kommer, regner vi alltid 30 fot per hPa i de nedre nivåene. Det vil si at når vi beveger oss 300 fot oppover, synker trykket med 10 hPa.

Temperatur og luftfuktighet påvirker også luftrykket.



Som vist av tegningen over kan den faktiske høyden variere veldig dersom vi flyr på flygenivå, derfor er det viktig å kunne huskeregelen: «**From high to low, look out below**». (husk denne regelen dersom du får oppgitt en lavere QNH enn den du allerede var på)

Reported Temp 0 °C	Height Above Airport in Feet													
	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000	5,000
+10	10	10	10	10	20	20	20	20	20	30	40	60	80	90
0	20	20	30	30	40	40	50	50	60	90	120	170	230	280
-10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	290	390	490
-20	30	50	60	70	90	100	120	130	140	210	280	420	570	710
-30	40	60	80	100	120	140	150	170	190	280	380	570	760	950
-40	50	80	100	120	150	170	190	220	240	360	480	720	970	1,210
-50	60	90	120	150	180	210	240	270	300	450	590	890	1,190	1,500

Tabellen over viser hvor stort avvik høydemåleren kan ha under gitte temperaturforhold, legg spesielt merke til det store avviket ved kald temperatur. I det mest ekstreme eksemplet her kan høydemåleren indikere hele 1500 fot høyere enn du faktisk er, som kan være kritisk for å unngå hindringer.



## Vind

En enkel tommelfingerregel for å regne om m/s til kts: gang med to ( $5\text{m/s} = 9,7\text{kts}$ )

### Buys-Ballots vindlov

Hvis du står med vinden i ryggen (på den nordlige halvkule) har du lavtrykket noe foran deg og til venstre, høytrykket noe bak deg og til høyre.

### Vindpølsa

Vindpølsa vil i tillegg til å indikere vindretning, også indikere vindstyrke. Hver ring tilsvarer 3 knop i styrke.

Så på pølsa til høyre får vi styrkenivåene: 3, 6, 9, 12 og 15



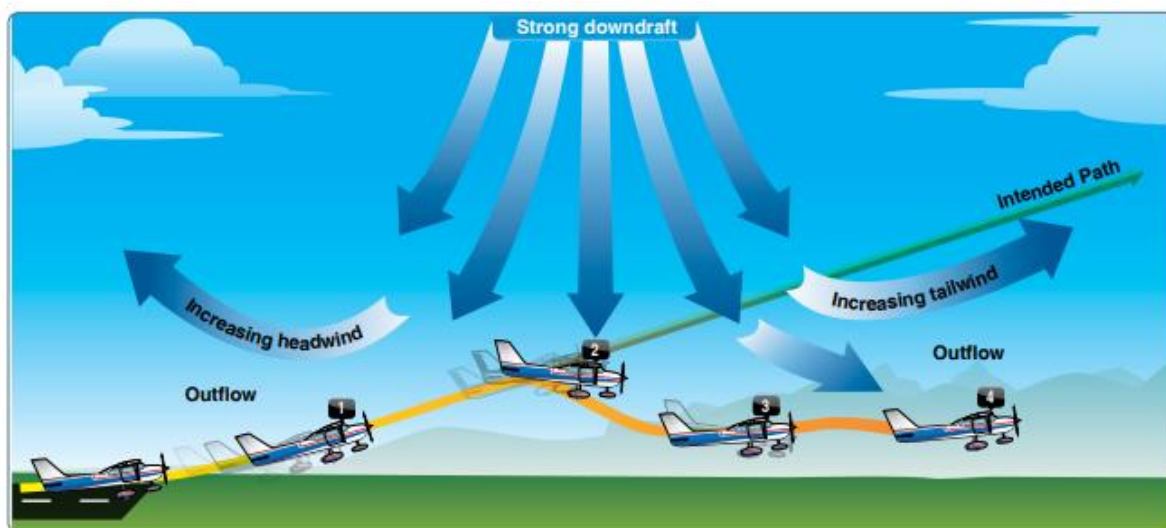
### Vindskjær

Vindskjær er en plutselig og drastisk endring i vindretning og/eller hastighet. Dette kan utsette et fly for kraftig updraft eller downdraft i tillegg til plutselige forandringer i flyets horisontale bevegelse.

Vindskjær kan oppstå i alle høyder, men er utvilsomt farligst lavt nede. Lavnivå vindskjær er som oftest assosiert med forbigående frontsystemer, tordenbyger, temperaturinversjoner og kraftig øvre vind (25kts+).

### Microburst

Den farligste typen lavnivå vindskjær vi kan oppleve er microburst. Som vist av grafikken under kan det få fatale konsekvenser dersom vi havner i en microburst under avgang.



## Lufttemperatur og luftfuktighet

### Oppvarming og nedkjøling

Jordas varmekilde er sola, som utstråler kortbølget og synlig varme. Strålingen blir delvis reflektert (både av atmosfæren og av jordoverflaten) og delvis absorbert. Jorda vil utstråle langbølget usynlig varme, som er det som i hovedsak varmer opp atmosfæren.

Denne utstrålingen fortsetter gjennom natta, og den kaldeste tiden på døgnet vil derfor være like etter soloppgang (ettersom sola må komme tilstrekkelig høyt nok til å begynne oppvarmingen igjen). På klare netter, uten skyer, vil strålingen forsvinne, og det blir betydelig kaldere enn det hadde blitt om vi hadde hatt skyer som kunne reflektert varmestrålene.

Vann (spesielt verdenshavene) har en mye større varmelagringskapasitet, og bidrar til å jevne ut forskjellene mellom kalde- og varme årstider.

### Adiabatisk temperaturforandring

Luft som blir komprimert blir varm, og luft som utvides blir kald.

Luft som heves i atmosfæren kjøles adiabatisk, ettersom trykket synker. Luft som senkes i atmosfæren blir oppvarmet, ettersom trykket øker.

Når lufta ikke er mettet med fuktighet kalles dette tørradiabatisk temperaturendring. Dersom lufta er mettet får vi fuktadiabatisk temperaturendring, og på grunn av varmen som avgis under kondensering vil ikke temperaturfallet være like bratt.

Gjennomsnittlig temperaturendring for tørradiabatisk temperaturendring er 3°C per 1000 fot (1°C per 100m). Gjennomsnittlig temperaturendring for fuktadiabatisk temperaturendring er 1,5°C per 1000 fot (0,5°C per 100m), altså ca. halvparten.

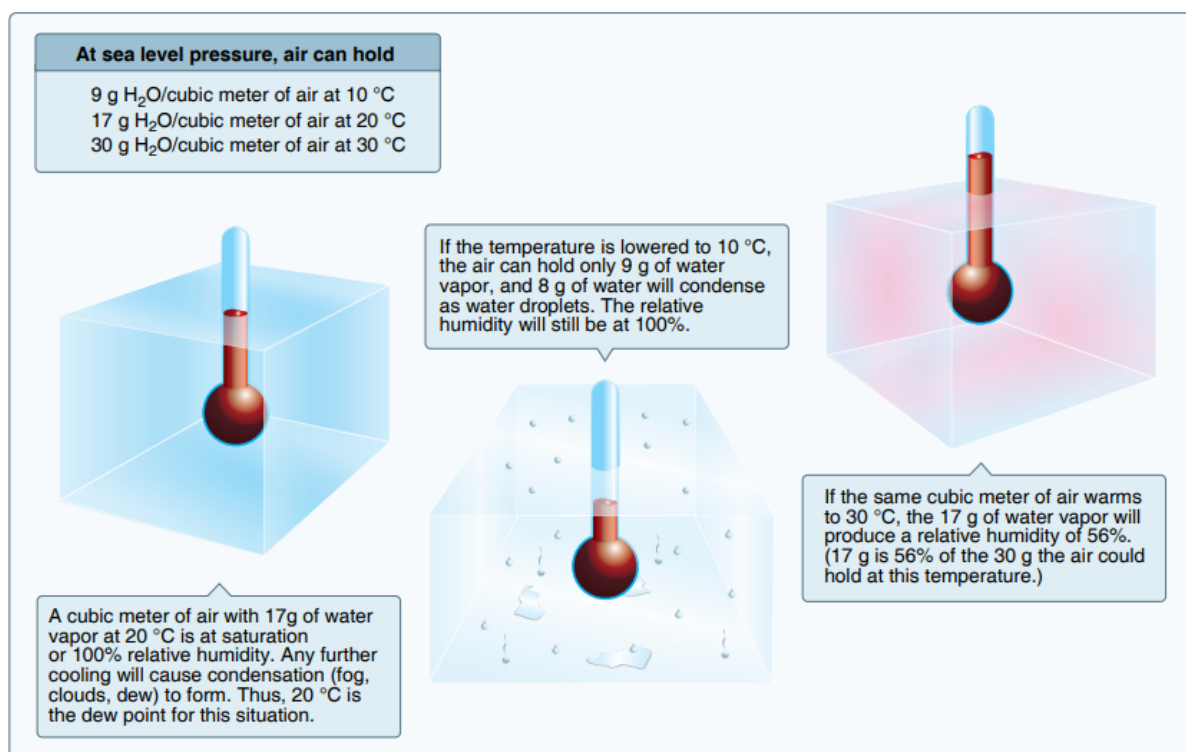
Siden atmosfæren inneholder både mettet og umettet luft, bruker vi et snitt på 0,65°C per 100 meter.

### Inversjon

I en inversjon vil temperaturen øke med høyden og ikke lenger minke som den vanligvis gjør. Siden kaldluft er tyngre enn varmluft vil et luftlag med en inversjon være svært stabilt, og dette kan føre til at toppen av luftlaget virker som et lokk der luften blir fanget innenfor laget.

En inversjon kan ofte oppstå ved bakken, og kan da føre til at forurensning som smog kan samle seg opp i større konsentrasjoner enn i situasjoner uten inversjoner. Temperaturinversjoner oppstår ofte om vinteren i klarvær på grunn av stor varmeutstråling fra bakken. Inversjoner kan også stoppe konveksjonsprosesser.

## Luftfuktighet



Mengden fuktighet luft kan holde på forandrer seg med temperaturen, varm luft kan holde på mer fuktighet enn kald luft. Når vi snakker om luftfuktighet snakker vi ofte om relativ fuktighet, som er en prosentverdi av maks for nåværende temperatur. Det betyr at 90% relativ fuktighet i 0°C grader er betydelig lavere enn 90% relativ fuktighet i 30°C grader.

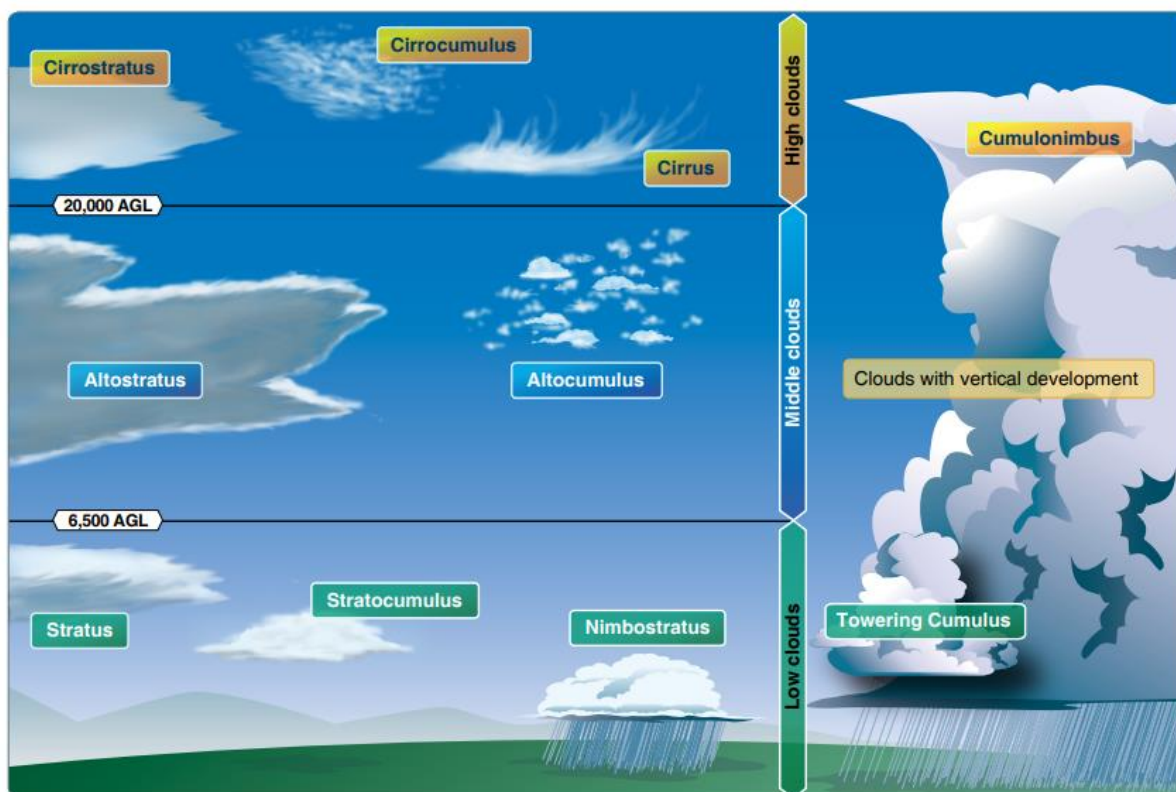
Dersom vi når 100% (metning) vil ikke luften lenger klare å holde på fuktigheten, og det vil resultere i dugg eller tåke.

Vi oppnår metning ved å enten kjøle ned luften (slik at den ikke klarer å holde på like mye lenger), tilføre mer fuktighet eller blande to luftmasser (for å oppnå en av de to første).

Siden mengden fuktighet luften kan holde på synker med synkende temperatur, kan vi beregne hvilken temperatur metningspunktet ligger på for nåværende luftfuktighet. Dette kalles duggpunktstemperaturen.

Når lufttemperaturen og duggpunktstemperaturen er veldig nær hverandre på værmeldingen, kan vi som regel forvente tåke.

## Skyer



Latinsk navn	Forkortelse	Norsk navn	Høyder
<i>Cirrus</i>	Ci	Fjærskyer	Høye skyer 16 500 – 45 000 fot
<i>Cirrocumulus</i>	Cc	Makrellskyer	
<i>Cirrostratus</i>	Cs	Slørskyer	
<i>Altocumulus</i>	Ac	Rukleskyer	Mellomhøye skyer 6 500 – 23 000 fot
<i>Altostratus</i>	As	Langskyer	
<i>Stratocumulus</i>	Sc	Bukleskyer	Lave skyer 0 – 6 500 fot
<i>Stratus</i>	St	Tåkeskyer	
<i>Nimbostratus</i>	Ns	Regn/snøskyer	Alle nivåer Vertikal oppbygging
<i>Cumulus</i>	Cu	Haugskyer	
<i>Cumulonimbus</i>	Cb	Bygeskyer	

Skytyper med “Nimbo”/“Nimbu” i navnet er regnførende.

## Flygeforhold og skyer

Skyer	Sikt	Turbulens	Nedbør	Vind
<i>Stratiformet</i>	Ofte dårlig	Lite	Jevn	Rolig
<i>Cumuliformet</i>	Meget god utenom byger	En del	Byger	Urolig

## Nedbør, tåke og sikt

I tillegg til skyer kan også nedbør redusere sikten. Det er yr som gir generelt dårligst sikt.

Minimum RVR for landing under VFR er 1500m.

### Tåke

Tåke er skyer som ligger helt ned mot bakkenivå. Sikten er under 1000 meter.

For at tåke skal løses opp må det enten tilføres varme eller fjernes fuktighet, evt. så kan vind bidra til å blande luften og heve tåkelaget (slik at det blir skyer). Vanndråpene i tåke vil binde seg til nedbør som faller gjennom tåkelaget, slik at de til slutt blir borte.

### Strålingståke (radiation fog)

Strålingståke dannes kun over land, og oppstår når jordoverflaten kjøles ned etter solnedgang. Varmestrålingen fra bakken fører til lavere temperatur, og kondensasjon i luftlaget over bakken.

Dannes hyppigere når det er klart vær, lett vind og tilstrekkelig med fuktighet.

Blir som regel oppløst når temperaturen stiger igjen etter soloppgang. Men kan vedvare over flere dager om høsten og vinteren.

### Orografisk tåke/fjelltåke (upslope fog)

Orografisk tåke dannes ved fjell og andre hindringer som fører til at luften presses oppover og blir adiabatisk nedkjølt. Når temperaturen synker under duggpunktet, dannes tåken. Dersom luften ikke er stabil kan den fortsette å stige, og i stedet danne Cumulusskyer.

### Adveksjonståke (advection fog)

Adveksjonståke oppstår når en fuktig luftmasse kommer over en kaldere overflate og dermed blir avkjølt tilstrekkelig til at duggpunktstemperaturen nås. Det kan dannes et tåkelag som blir opptil 2000 fot tykt.

Er vanligst over hav, hvor tåken kan vedvare over lengre perioder.

### Frontal tåke

Frontal tåke oppstår når nedbør faller gjennom kaldere luftlag. Høyere temperaturforskjell øker sannsynligheten for dannelse av tåke.

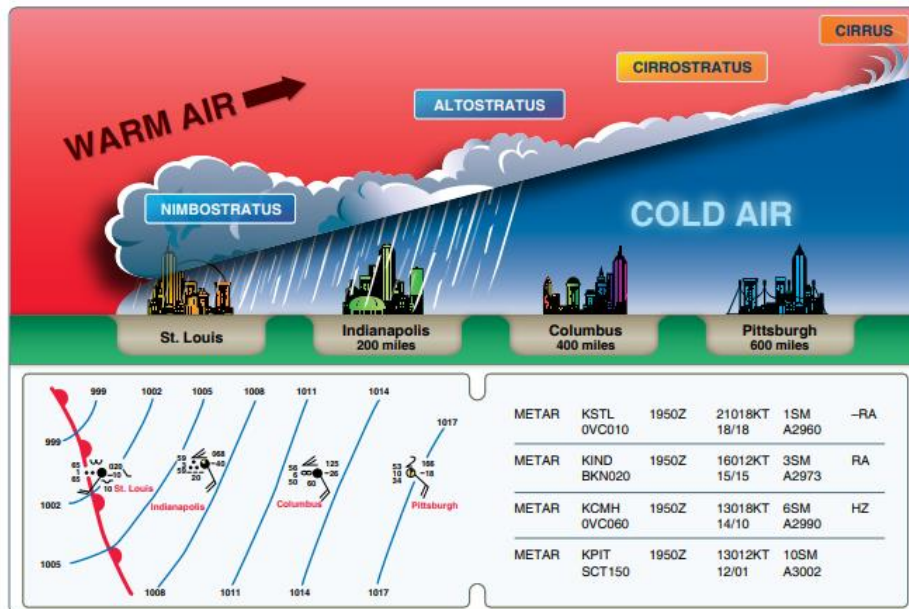
### Frostrøyk

Frostrøyk oppstår når kald luft kommer inn over et varmt og fuktig underlag. Den kalde luften blir varmet opp og tilført fuktighet, som gjør at den begynner å stige.

## Fronter

### Varmfront

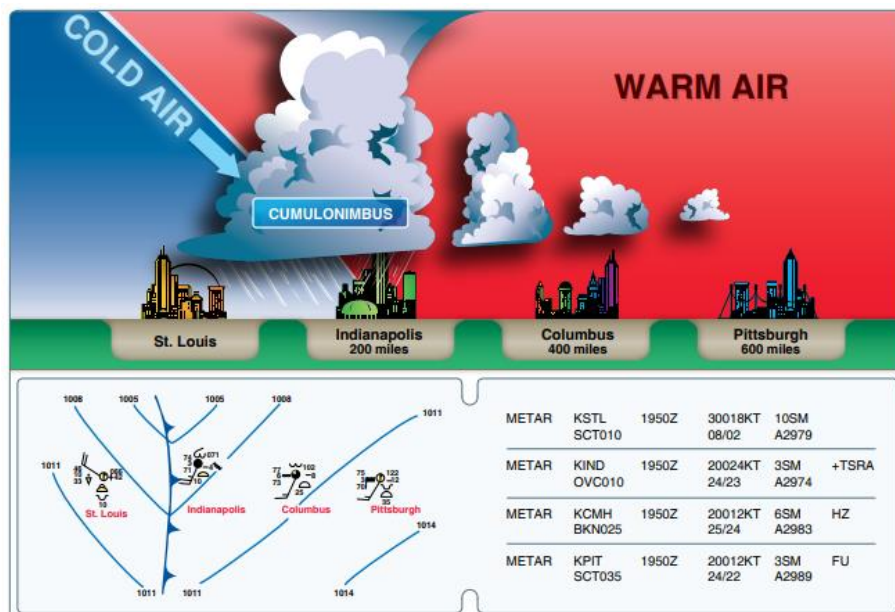
En varmfront fører med seg et stort område av Cirruskyer og regn. En varmfront er ikke like voldsom som en kaldfront, men kan vare veldig lenge.



### Kaldfront

En kaldfront skyver varmluft opp i et tårn av Cumuluskyer, etterfulgt av byger og sterk vind. Virkningene er kortvarig, men kan bli ganske voldsomme.

Kaldfronter beveger seg hurtigere enn varmfronter. De er kalde og tette, holder seg nær bakken, og fungerer nærmest som en plog.





## Okklusjon

En okklusjon (eller okkludert front) oppstår når en kaldfront (som beveger seg hurtig) tar igjen en varmfront (som beveger seg sakte). Det fører til at kaldfronten blir løftet oppover av varmfronten den tar igjen.

