

Vind, Vejr og Trykssystemer

- 4.1 Den globale luft cirkulation
- 4.2 Vejret i tropiske zone
- 4.3 Tropiske cykloner
- 4.4 Vejret i subtropiske zone
- 4.5 Vejret i tempererede zone
- 4.6 Luftens stabilitet
- 4.7 Fronter og frontvejr
- 4.8 Tempererede cykloner

Vind, Vejr og Trykssystemer

4.1 Den globale luft cirkulation (R)

4.2 Vejret i tropiske zone

4.3 Tropiske cykloner

4.4 Vejret i subtropiske zone

4.5 Vejret i tempererede zone

4.6 Luftens stabilitet

4.7 Fronter og frontvejr

4.8 Tempererede cykloner

Repetition

Termiske tryk

Høj og lavtryk der dannes ved opvarmning og afkøling

Dynamiske tryk

Høj og lavtryk der dannes ved luftens bevægelser

Ækvatoriale
lavtryk

Subtropiske
højtryk

Subtropisk jet

Hadley-celle

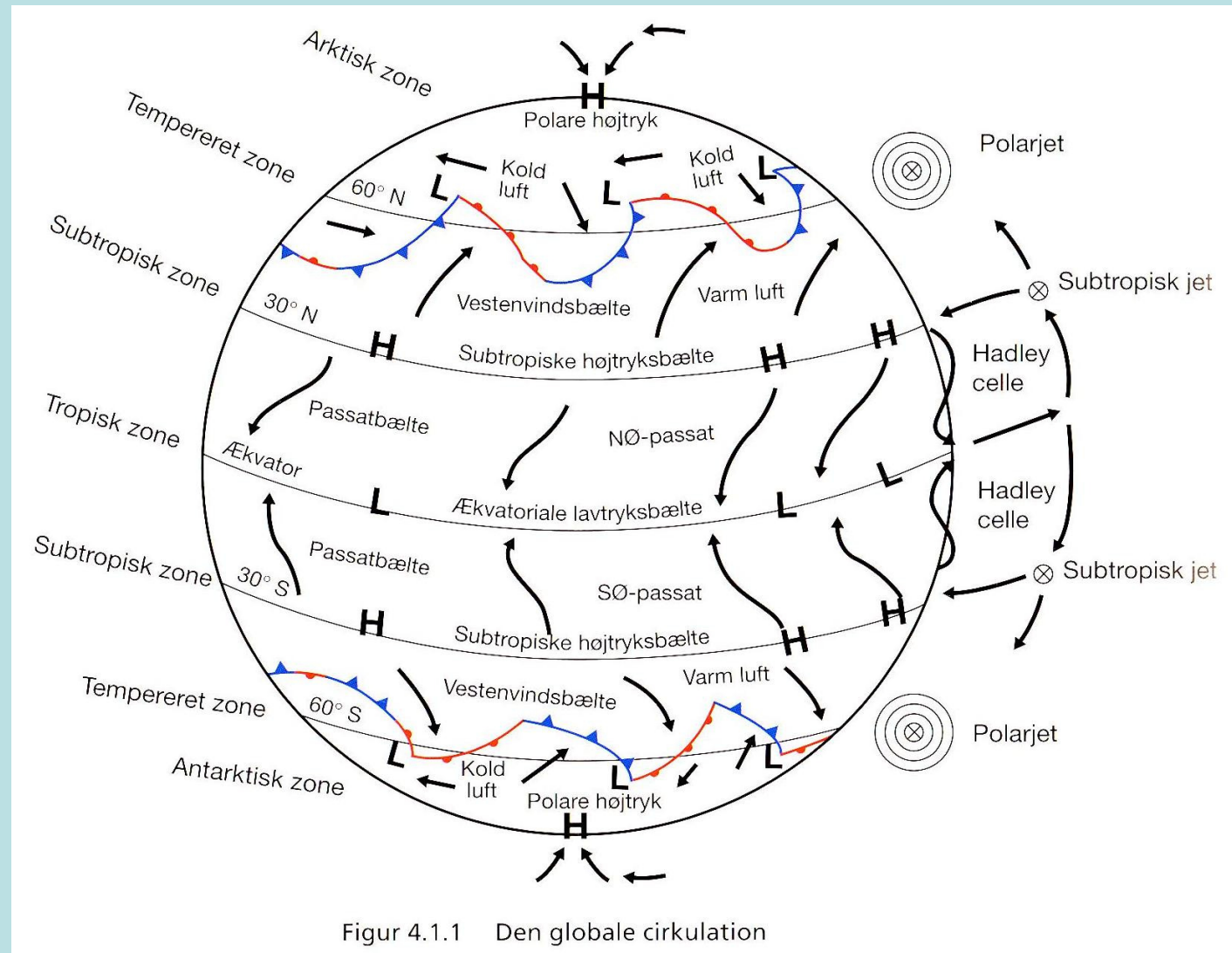
Vilhelm Bjerknes

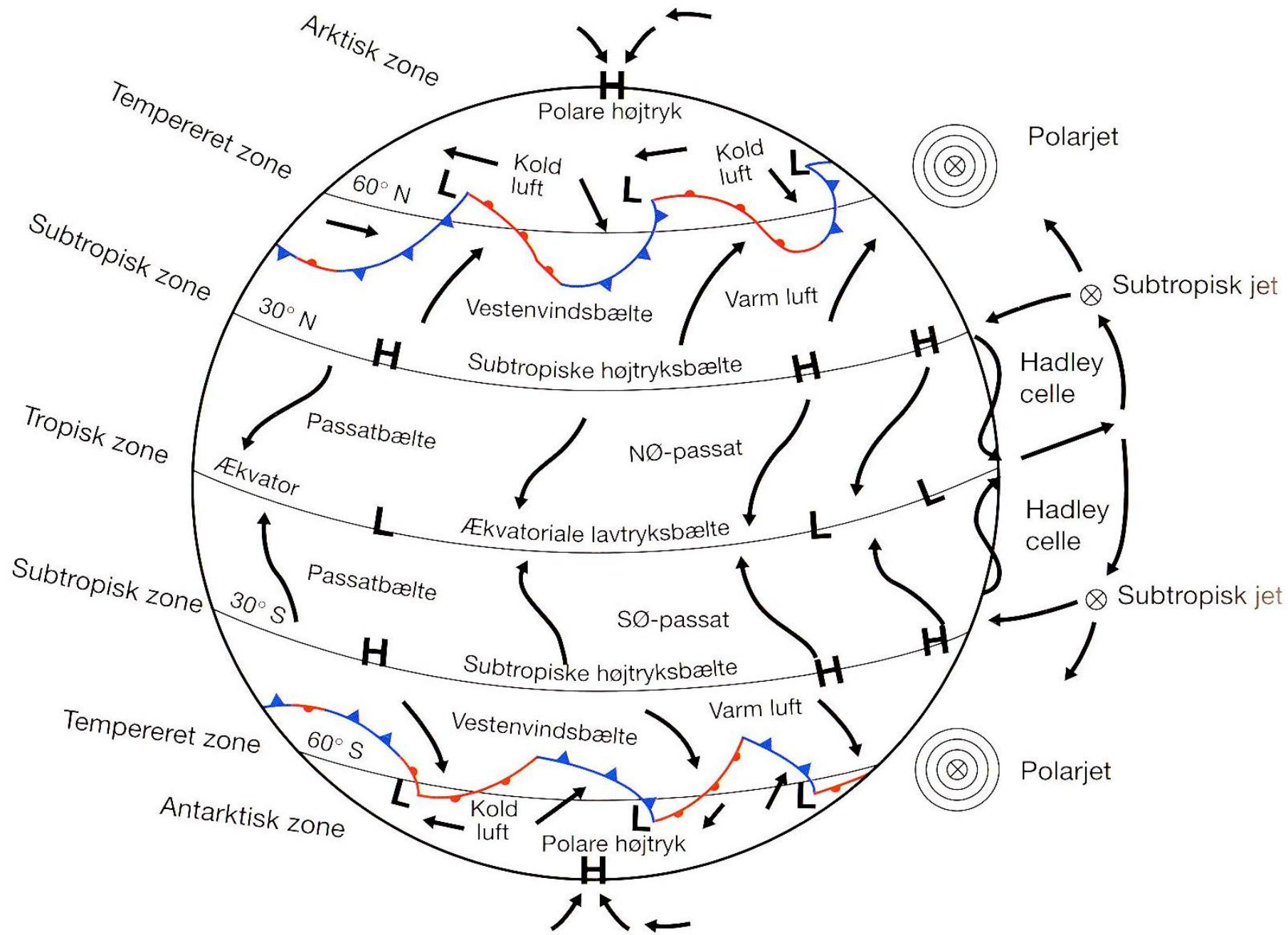
Vestenvinds
bæltet

Polære højtryk

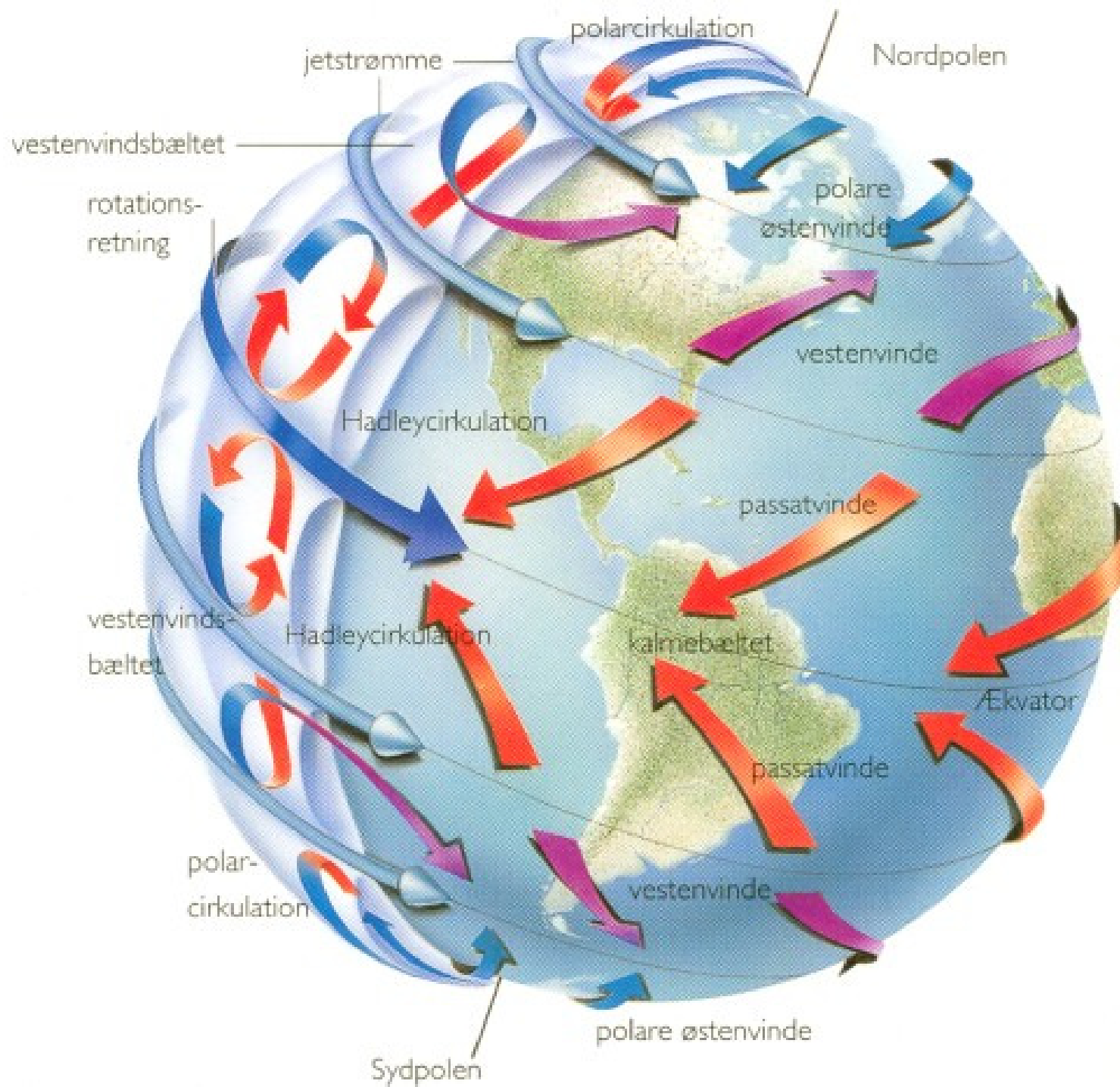
Østenvinds
bæltet

Rosbybølger



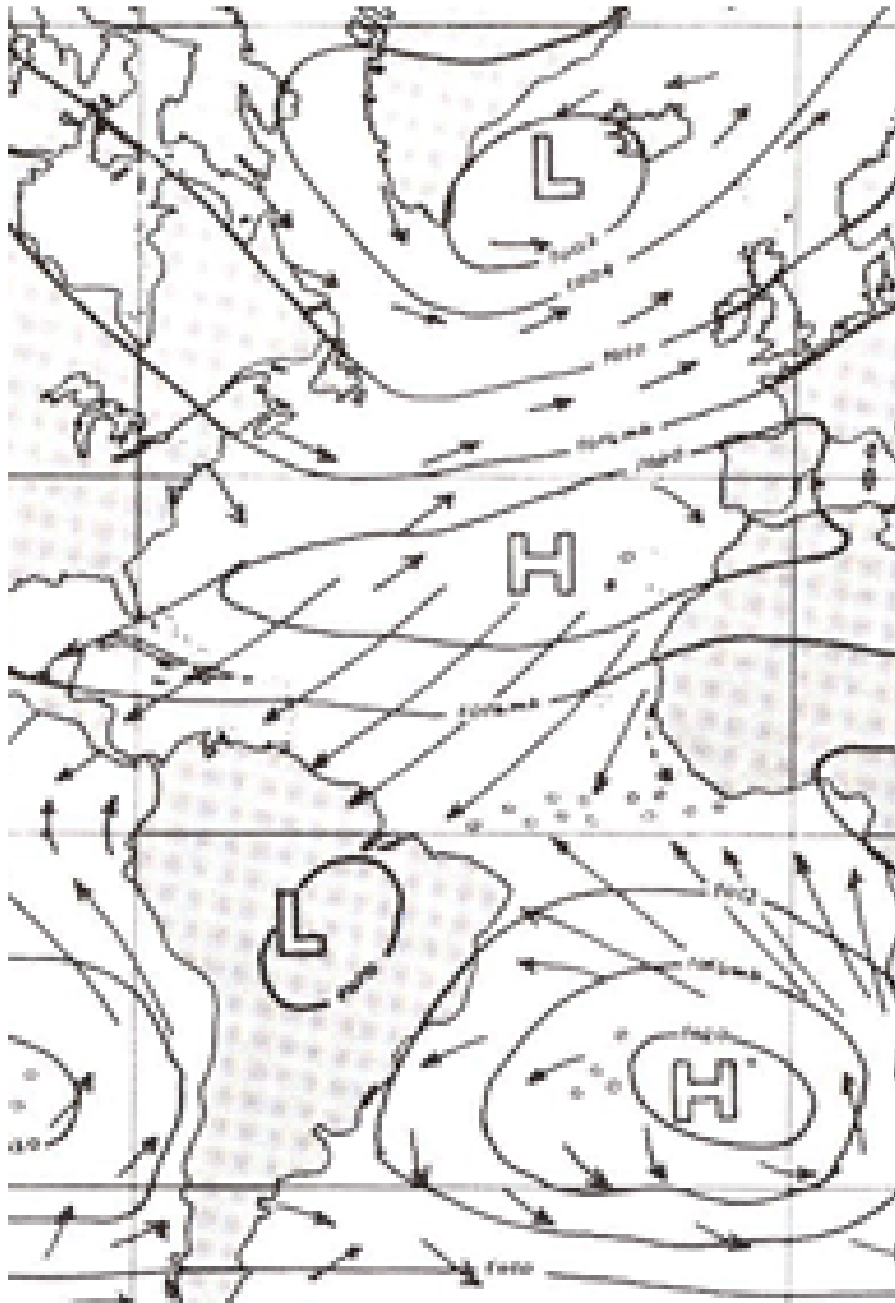


Figur 4.1.1 Den globale cirkulation

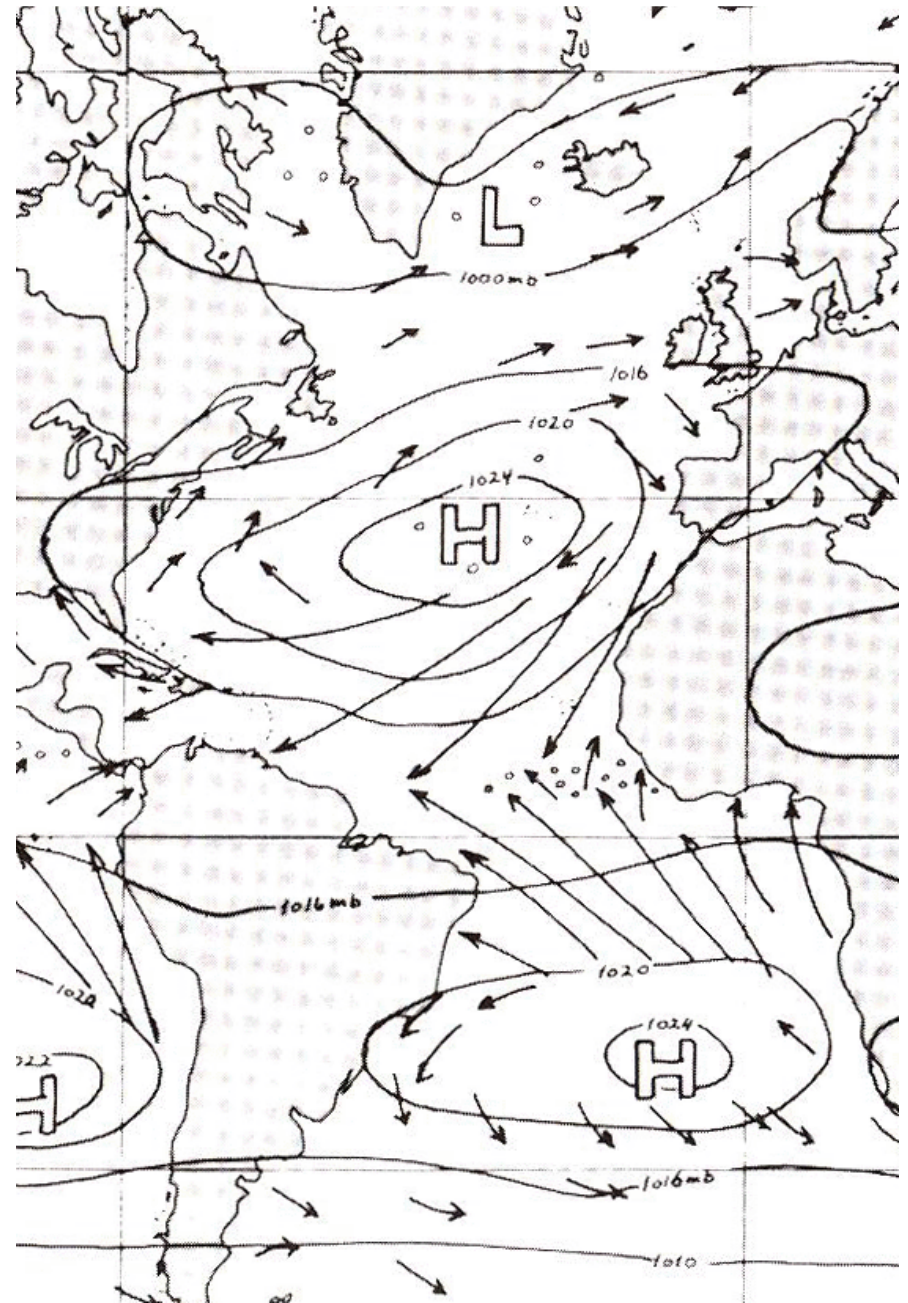


Globale cirkulation

- Styres af solens opvarmning
- Årstidsvariationer
- Alle tryk systemer flytter sig med solens deklination
- De flytter sig 5 - 10° nord og syd
- De er ca. 1 ½ måned forsinkede
- Monsun vindenes retnings skift (180°) skyldes denne nord og sydforskydning
- Land masserne forstyrrer med termiske lav og højtryk



Januar



Juli

Vind, Vejr og Trykssystemer

4.1 Den globale luft cirkulation

4.2 **Vejret i tropiske zone (R)**

4.3 Tropiske cykloner

4.4 Vejrret i subtropiske zone

4.5 Vejrret i tempererede zone

4.6 Luftens stabilitet

4.7 Fronter og frontvejr

4.8 Tempererede cykloner

Repetition

Ækvator – 23° N/S

Tropisk zone

23° – 40° N/S

Subtropisk zone

40° – 66° N/S

Tempererede zone

66° – 90° N/S

Arktiske/Antarktisk zone

Ækvatoriale lavtryk og stillebælte

Lavtryksbælte
(stillebæltet)

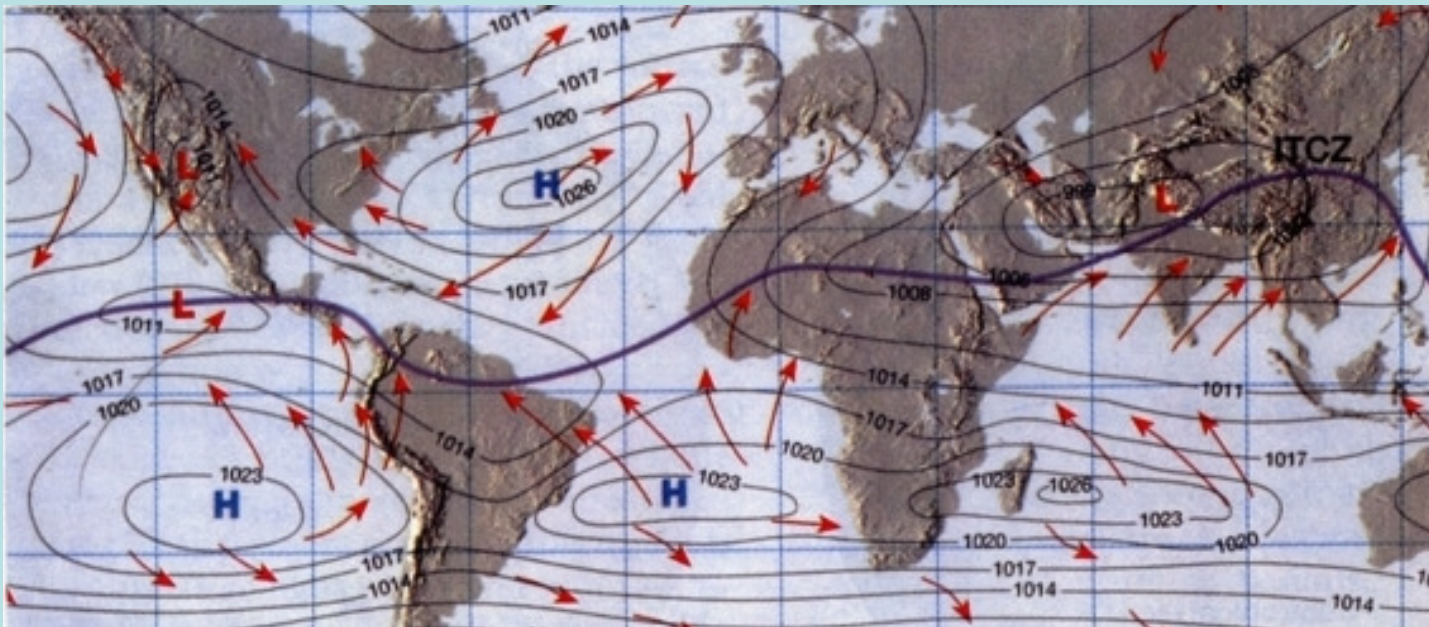
Ikke med lukkede isobarer
grundet ingen coriolis ved ækvator

Konvektion

Grundet opstigning af fugtig luft
dannes cumuli skyer.

Tordenregn
(Squalls)

Skybrudsagtig regn i byer



Passatvinde

NØ og SØ

Fra de subtropiske højtryk til det ækvatoriale lavtryk

NØ på norlig halvkugle

SØ på sydlig halvkugle

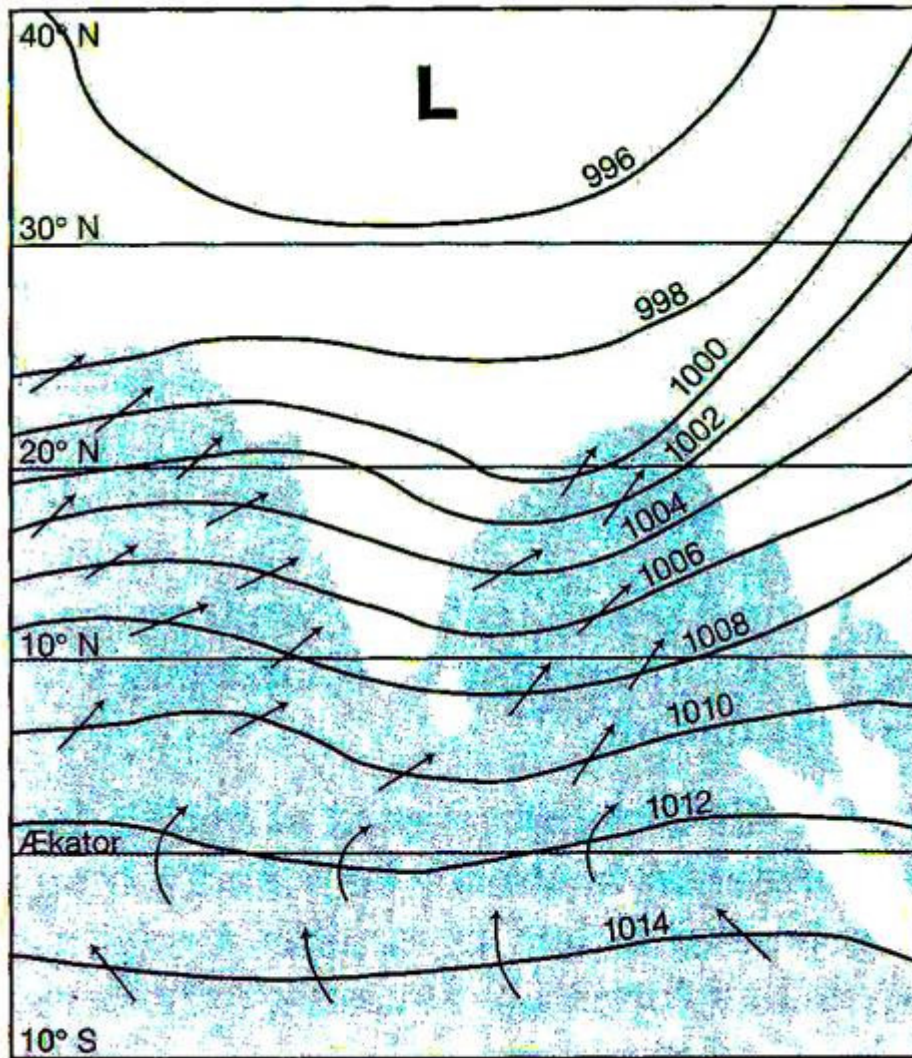
Monsunvinde
(årstid)

Skifter retning 2 gange om året

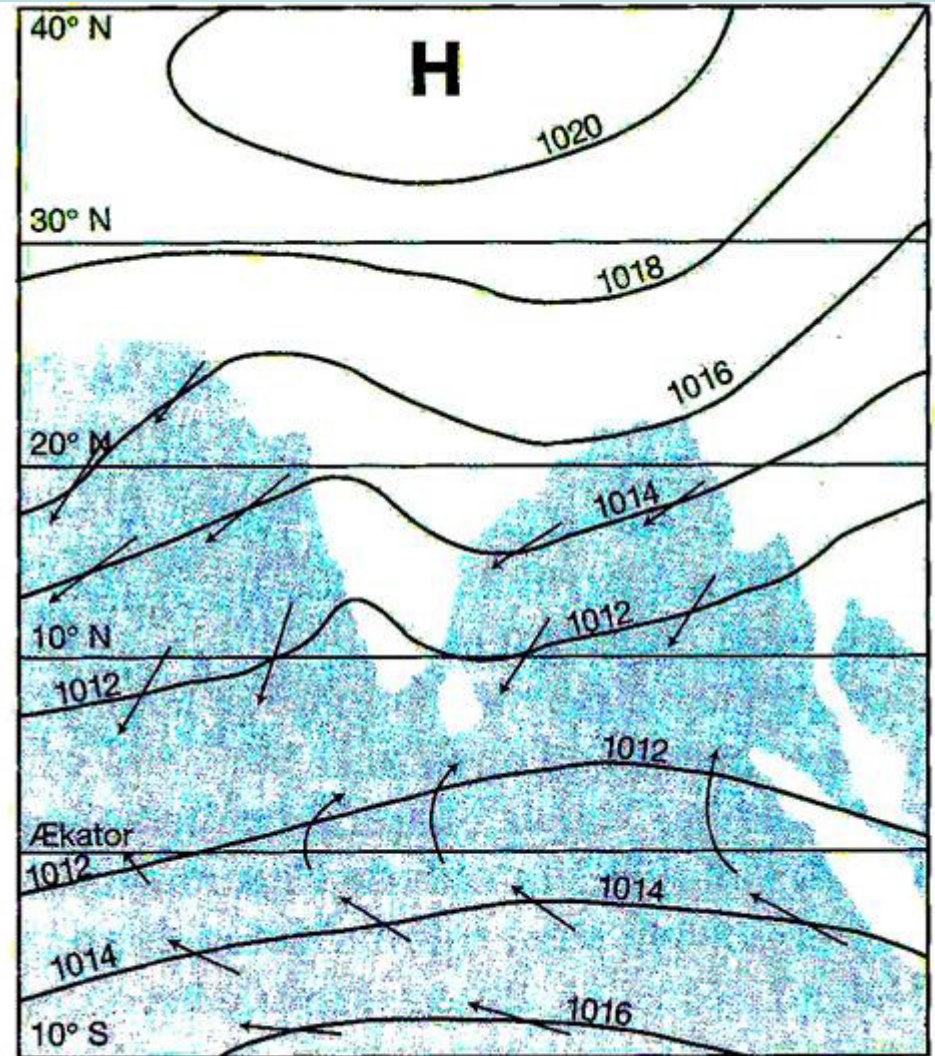
N. Indiske Ocean

S. Asien

S. kinesiske hav



Juli, SV-monsoun



Januar, NØ-monsoun

Intertropisk Konvergenzzone

ITCZ

Ligger indenfor the økvatoriale
lavtryksbælte

Der kan opstå tropiske lavtryk, storme og
orkaner

El Niño og la Niña

El Niño

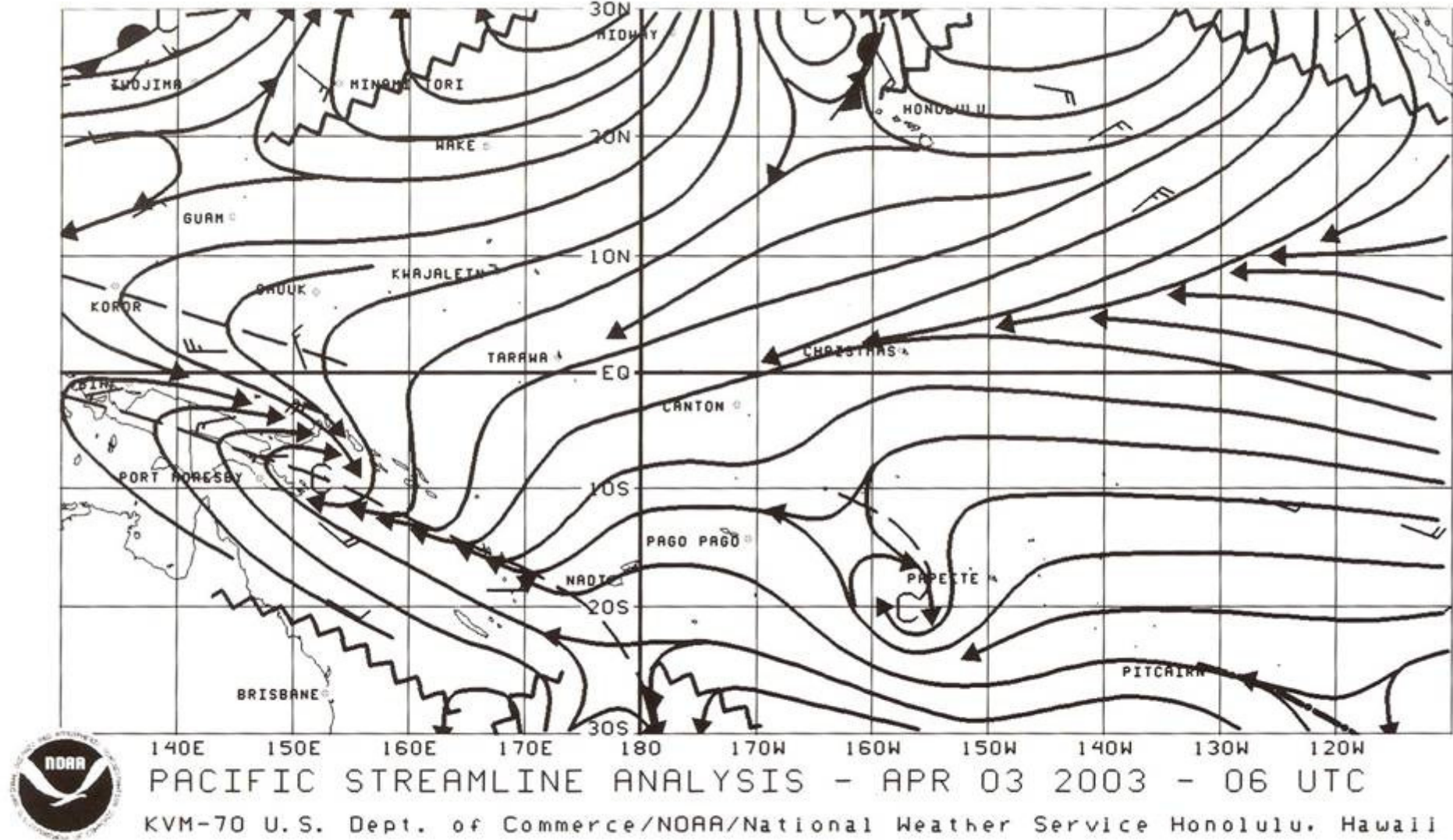
Varm havstrøm ned langs Ecuadors og Perus kyster

Påvirker vejret i store dele af verden (minus Europa)

La Niña

Lavere temperaturer i det østlige Stillehav
Efterfølger El Niño men med svagere vejr påvirkninger

Streamlines



Figur 4.2.3 Vejrkort med streamlines fra National Weather Service, NOAA, USA. Kortet viser tropiske farvande i Stillehavet.

Vind, Vejr og Trykssystemer

4.1 Den globale luft cirkulation

4.2 Vejret i tropiske zone

4.3 Tropiske cykloner (O)

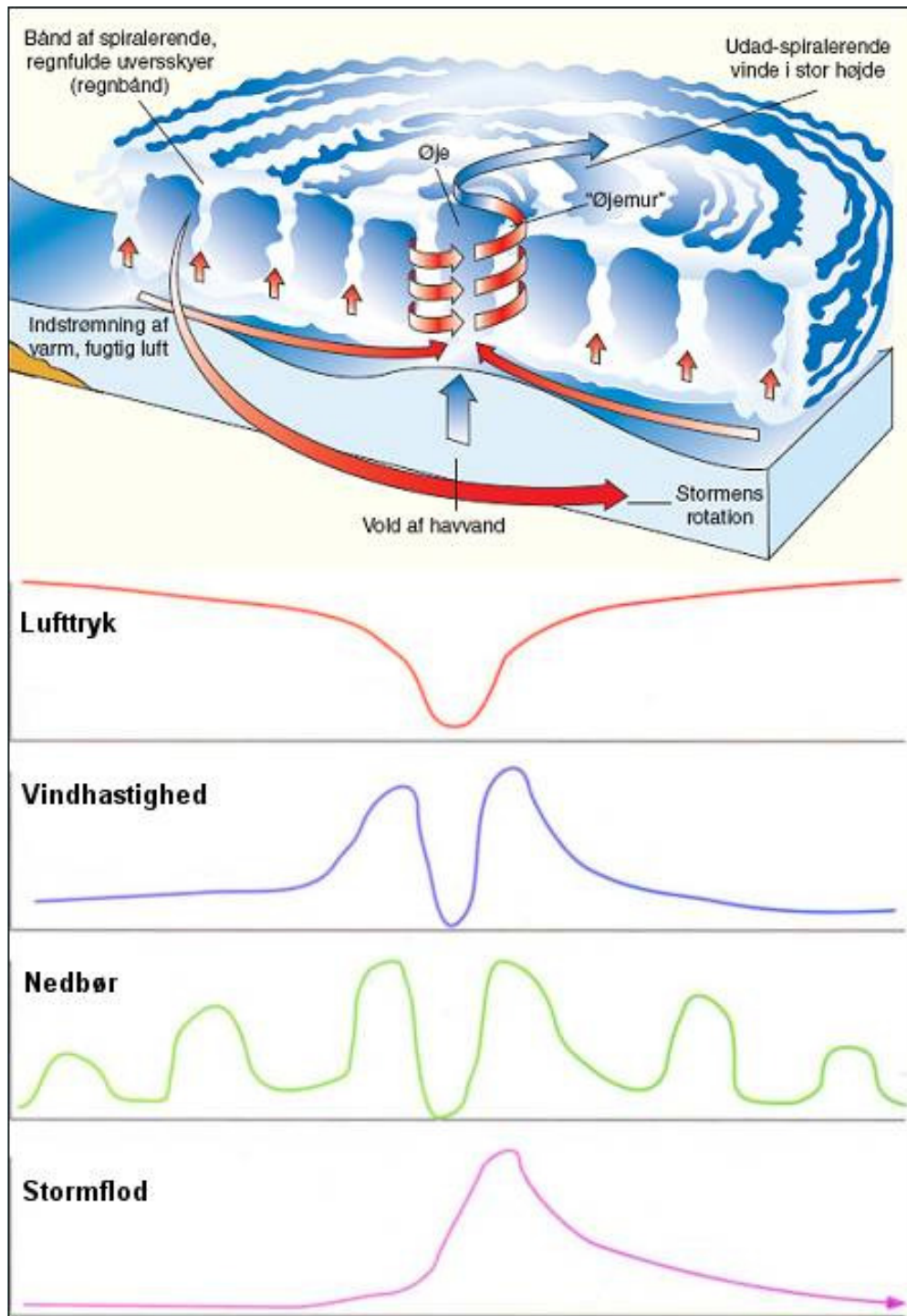
4.4 Vejret i subtropiske zone

4.5 Vejret i tempererede zone

4.6 Luftens stabilitet

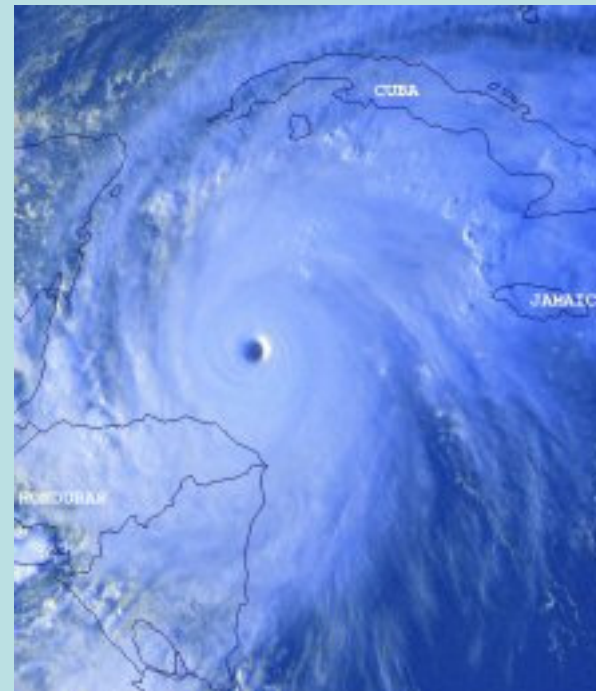
4.7 Fronter og frontvejr

4.8 Tempererede cykloner



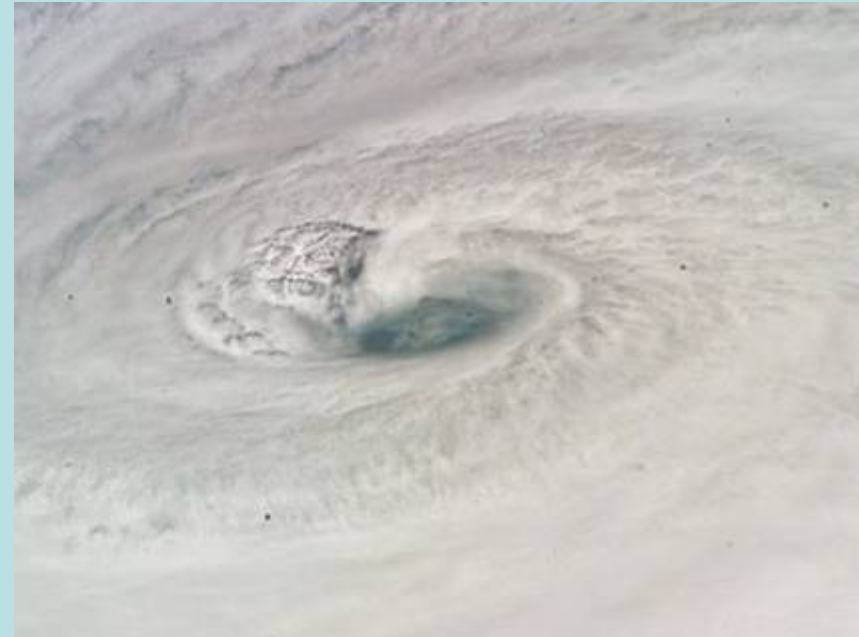
Udvikling af en tropisk cyklon

Starter med opstigning af varm, fugtig luft og et let trykfald
 Ender som et dybt orkanlavtryk



Stadier

1. Stadie **Østlig bølge.** Et lavtrykstrug fra det ækvatoriale lavtryk mod det subtropiske højtryk.
2. Stadie **Tropisk forstyrrelse.** Samling af Cumulonimbus skyer, Cb, angives nogengange i vejrkort
3. Stadie **Tropisk Lavtryk.** Lukkede isobarer og roterende luft. Under 17m/s, under 7 Beaufort. **TD** i vejrkort
4. Stadie **Tropisk Storm.** Videreudvikling af lavtryk. 17 – 32 m/s, 8-11 Beaufort. **TS** i vejrkort ved 8 – 9. **STS** ved 10-11
5. Stadie **Tropisk cyklon.** Fuldt udviklet stadie. Vind over 32m/s, 12 Beaufort. **T** eller **TC** eller **hurricane**



Kategorier

Saffir-Simpson Hurricane Scale

Kategori 1

64-82kn. Storm Surge 1 – 1 ½ m

Ingen alvorlige skader. Let oversvømmelse

Kategori 2

83-95kn. Storm Surge 2 – 2 ½ m

Nogen skader, oversvømmelser 2-4 timer før øjet når frem.

Kategori 3

96-113kn. Storm Surge 3 – 3 ½ m

Kategori 4

114-135kn. Storm Surge 4 – 5 ½ m

Kategori 5

Over 135kn. Storm Surge over 5 ½ m



Dannelse af tropiske cykloner

Fugtig luft

Dannes ved konvektion, afgiver varme, danner skyer

Havet > 26°C

Varm og fugtig luft indeholder stor energi
ned til 60m dybde

Instabil luft

luften stiger helt op til tropopausen i 18km højde

ITCZ

forstadie til tropiske cykloner dannes ofte her

Bredde > 5°

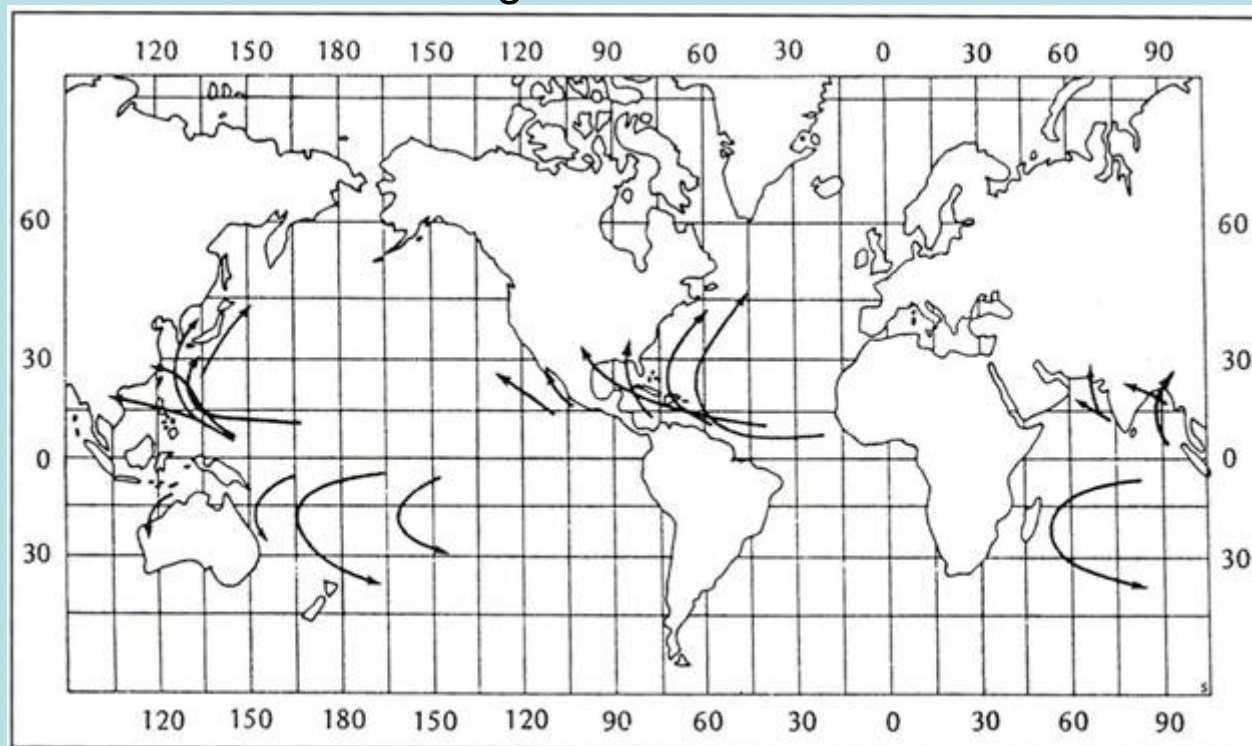
coriolis kraften er for lille ved ækvator

Højdevinde

skal være svage, lille *vertical windshear*

Sæson

sommer og efterår



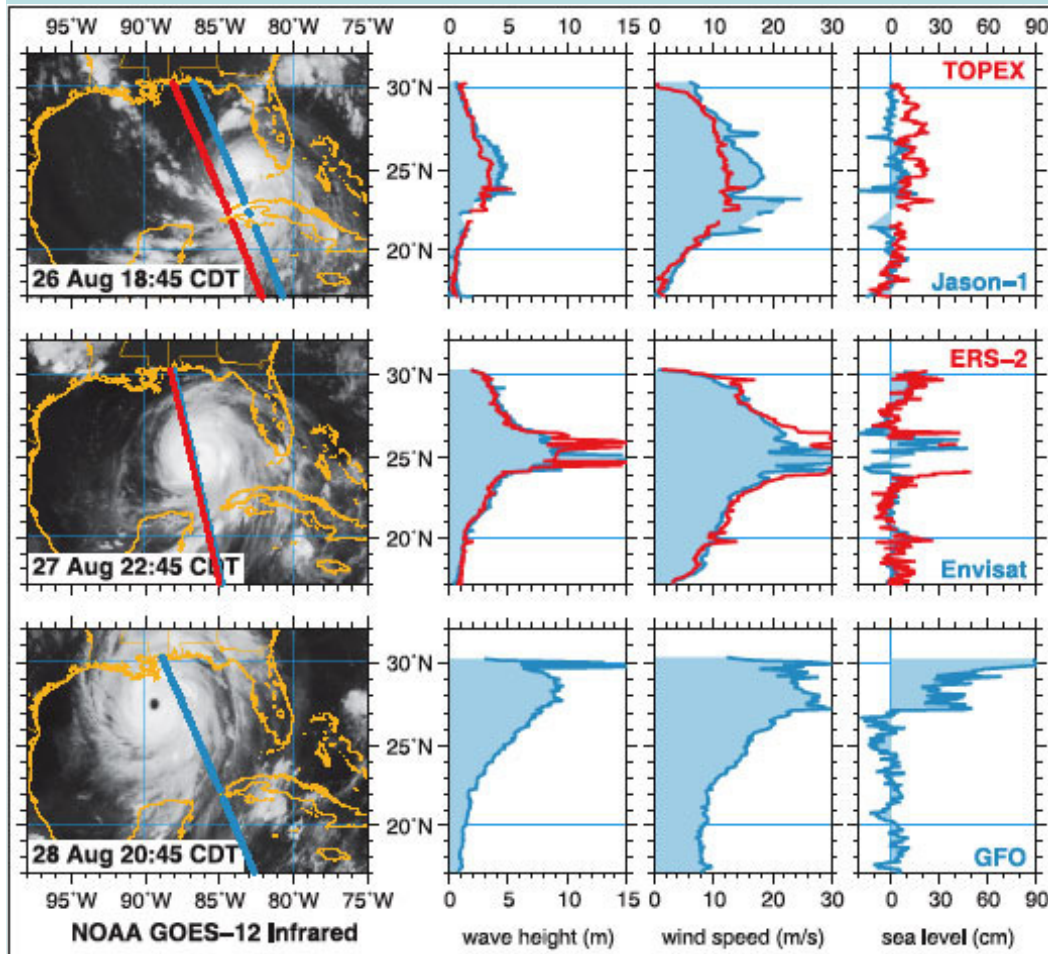
Figur 4.3.3 Områder og normale baner for tropiske cykloner.

Tropisk cyklon

Udbredelse 200 – 700 sm i diameter

Søen Bølger op til 12m eller mere

Skyer, nedbør I yderkanten, cirrus. Tættere på massive cumulusnimbus

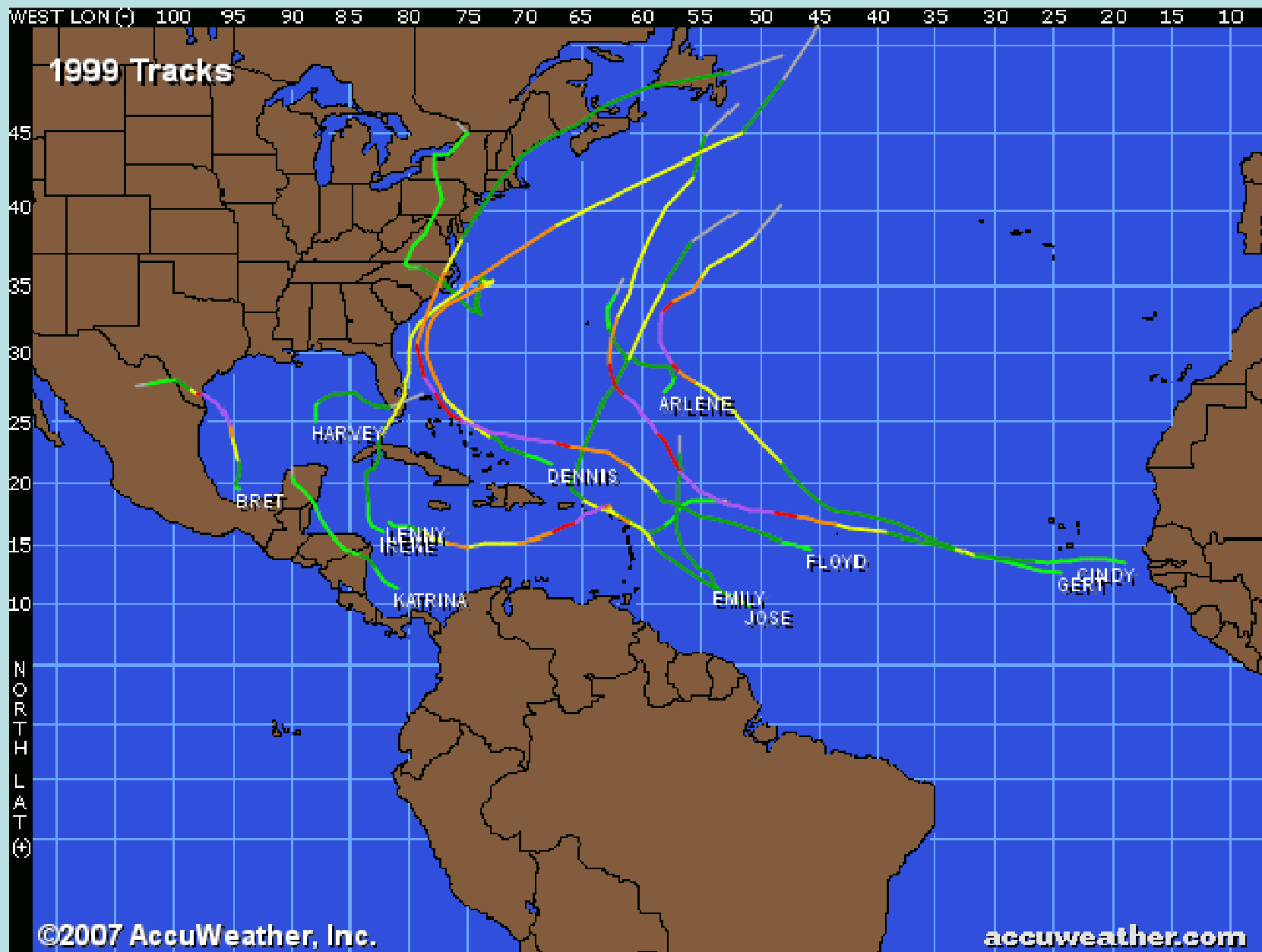


Øjet 3 – 65 sm i diameter
skyfrit og vindstille
Havet meget oprørt,
sejlads umulig





Tropiske cykloners bevægelse



Konstatering af tilstedeværelse af tropisk cyklon

Luftryk	Aflæs barometeret 1 gang i timen.	
Trykstigning	I meget stor afstand > normalen, dønninger	
Trykfald	Man skal tæt på for at få et hurtigt trykfald 5 hPa, næsten sikkert, < 200sm væk	
Vind	Tiltager og passatens normal, > 6 Beaufort Ændrer retning	
Buy Ballot	Ikke god i yderkanten, vinden suges mod lavtrykket God når vinden er over styrke 7	
Skyer, vejr	1000sm 300 – 600sm tættere tæt	- usædvanlig klart, - cirrus skyer - stærkt farvede sol op/nedgange - hurtigt bevægende As - cumulonimbus, kraftig regn

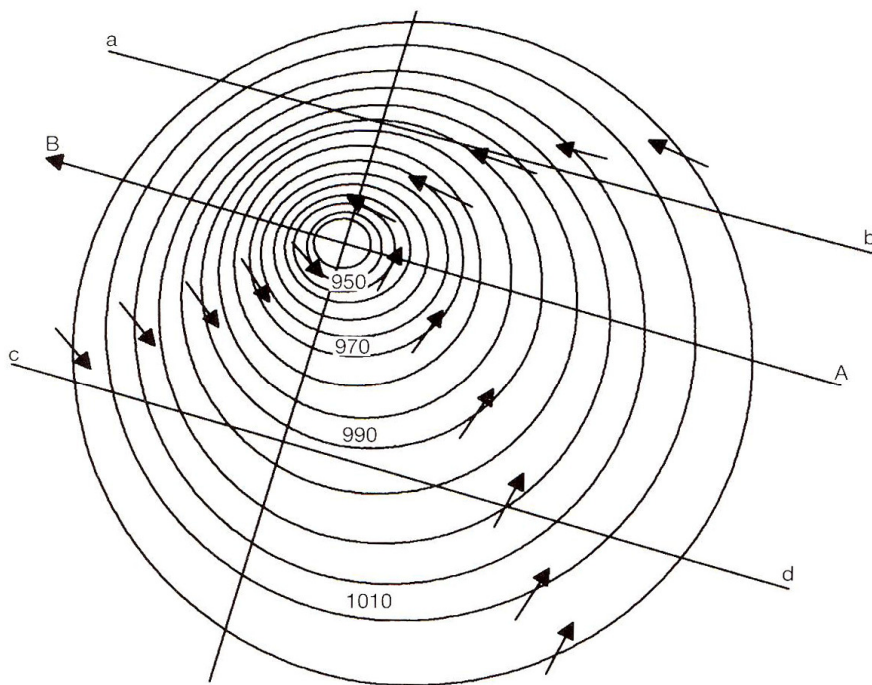
Forholdsregler i nærheden af tropisk cyklon

Omsejling

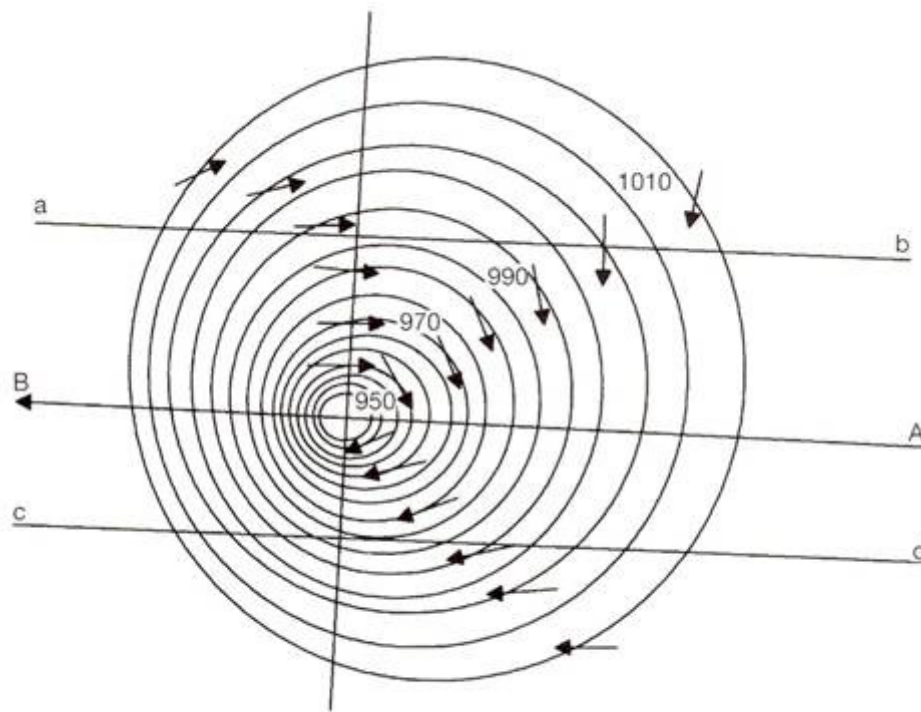
Pejling og afstand til cyklon centret
Sansynlig bane, hastighed og udvikling
Skibets manøvre muligheder
Kvadranten skibet befinder sig i

4 kvadranter

Højre forside, højre bagside, venstre forside og venstre bagside



Figur 4.3.16 Vinddrejning og trykændring i de fire kvadranter på nordlig bredde.



Figur 4.3.17 Vinddrejning og trykændring i de fire kvadranter på sydlig bredde.

4 kvadranter

Bestemmelse

Buy Ballot
Vinddrejning
Tryktendens

På Højre side

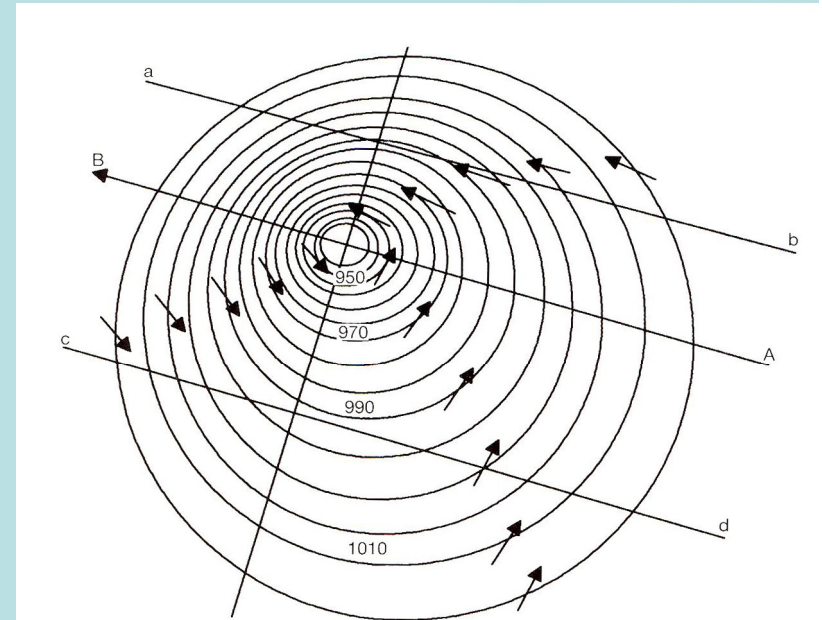
Højre drejende vind
Forside – faldende tryk
Bagside – stigende tryk

På Venstre side

Venstre drejende vind
Forside – faldende tryk
Bagside – stigende tryk

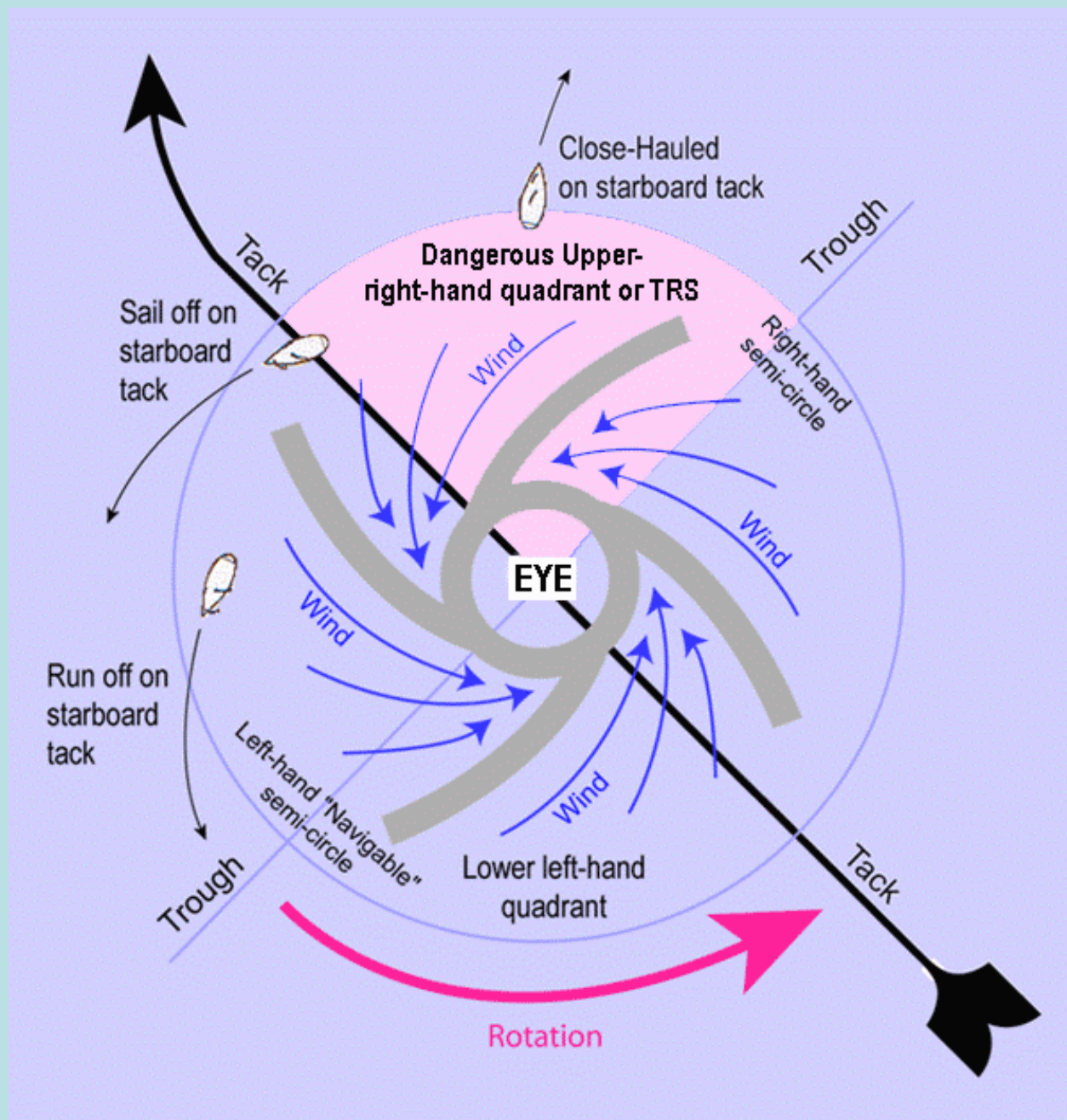
Lige i banen

Ingen vinddrejning



Figur 4.3.16 Vinddrejning og trykændring i de fire kvadranter på nordlig bredde.

Undvigelses manøvrer – nordlig bredde



Vind, Vejr og Trykssystemer

4.1 Den globale luft cirkulation

4.2 Vejret i tropiske zone

4.3 Tropiske cykloner

4.4 **Vejret i subtropiske zone (O)**

4.5 Vejret i tempererede zone

4.6 Luftens stabilitet

4.7 Fronter og frontvejr

4.8 Tempererede cykloner

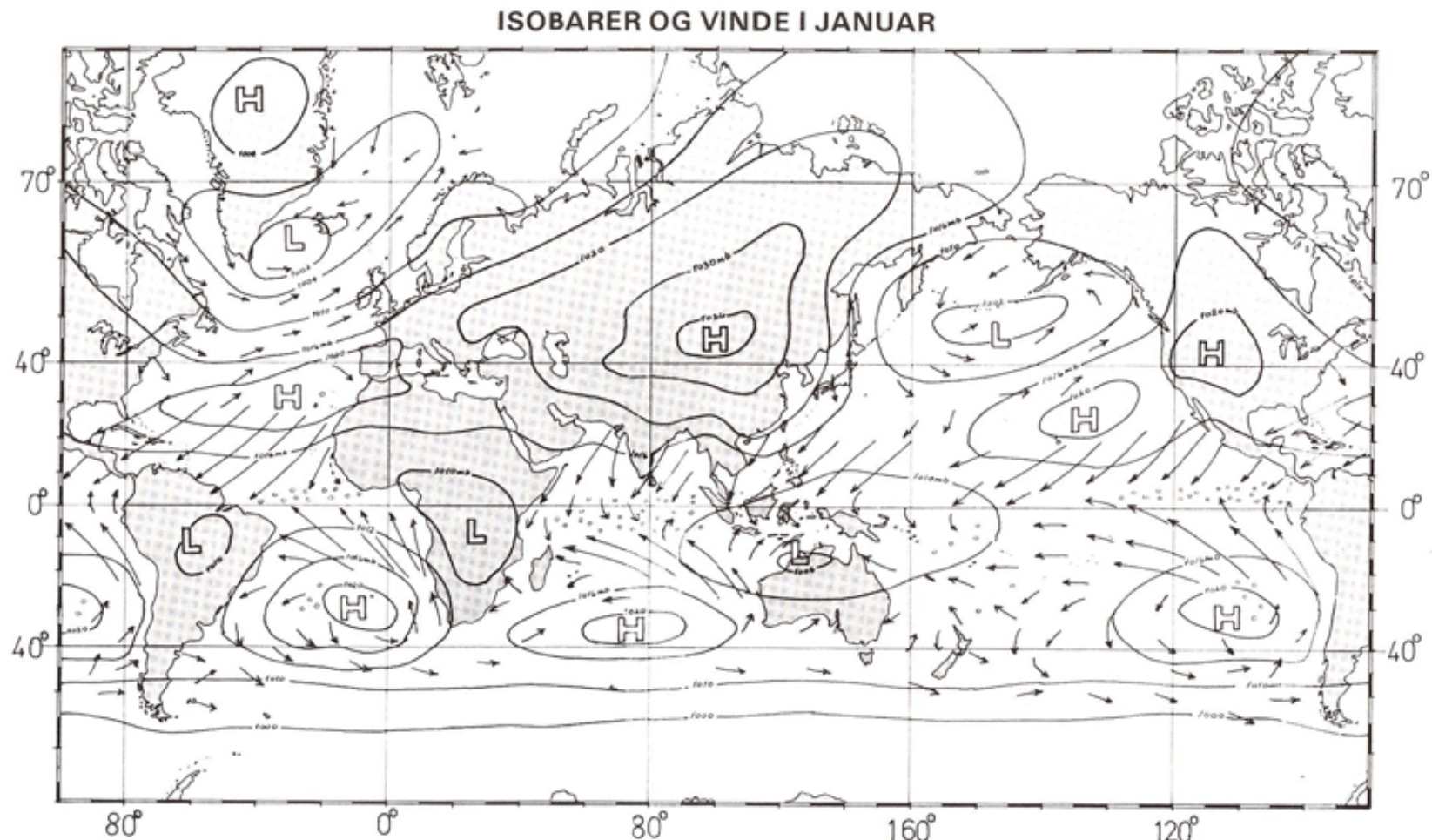
Vejret i subtropisk zone

23° - 40 ° N/S

Typisk er der højtryk over oceanerne

Azorerhøjtryk

Pacific High



Figur 4.1.2 Den globale normalfordeling af lufttryk og vinde i januar.



Vejret i subtropisk zone (2)

lille trykgradient
svage vinde (*the variables*)
lave stratus skyer
cumulus skyer

Subtropiske cykloner
kommer fra lavere bredder
svækkes af det koldere vand

Vind, Vejr og Trykssystemer

4.1 Den globale luft cirkulation

4.2 Vejret i tropiske zone

4.3 Tropiske cykloner

4.4 Vejret i subtropiske zone

4.5 **Vejret i tempererede zone (R)**

4.6 Luftens stabilitet

4.7 Fronter og frontvejr

4.8 Tempererede cykloner

Vejret i tempereret zone

40° - 66 ° N/S

Vejrskifte	Varm luft fra subtropene møder kold luft fra arktis, antarktis. Giver store vejrskift, skifter med årstiden. Her taler man meget om vejret	
3 vejrtyper	Luftmassevejr, Højtryksvejr, Frontvejr/lavtryksvejr	
Luftmasser	Afgrænset mængde luft med ens temp. og fugtighed	
	Maritim	fugtig
	Kontinental	tør
4 luftmasser	Ækvatorial luft	tropene, meget varm
	Tropik luft	subtropene, varm
	Polar luft	tempereret zone, kold
	Arktisk luft	polerne, meget kold

Vind, Vejr og Trykssystemer

- 4.1 Den globale luft cirkulation
- 4.2 Vejret i tropiske zone
- 4.3 Tropiske cykloner
- 4.4 Vejret i subtropiske zone
- 4.5 Vejret i tempererede zone
- 4.6 Luftens stabilitet (R)**
- 4.7 Fronter og frontvejr
- 4.8 Tempererede cykloner

Luftens stabilitet

Konvektion

Luft stiger tilvejs og danner skyer over bjerge
op over anden luftmasse
turbulens

Luftbobler - konvektion

spontant – varm luft boble
Udvider sig pga faldende tryk i højden. Dette kræver varme, temp. falder

Udtrykket **adiabatisk** betyder "uden at udveksle varme med omgivelserne".

Luftbobler – subsidens

Nedsynkning af luft – sker det modsatte

Tøradiabaten

Temperaturforandring ved op/ned af tør luft (umættet); $1\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$

Fugtadiabaten

Temperaturforandring ved op/ned af mættet luft (skyer); $\sim 0,5\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$

Kondensationsniveau

Umættet luft stiger, temperaturen falder, dugpunktet nåes, skyer dannes = skybasen

Luftens stabilitet (2)

Temperaturforandring i højden

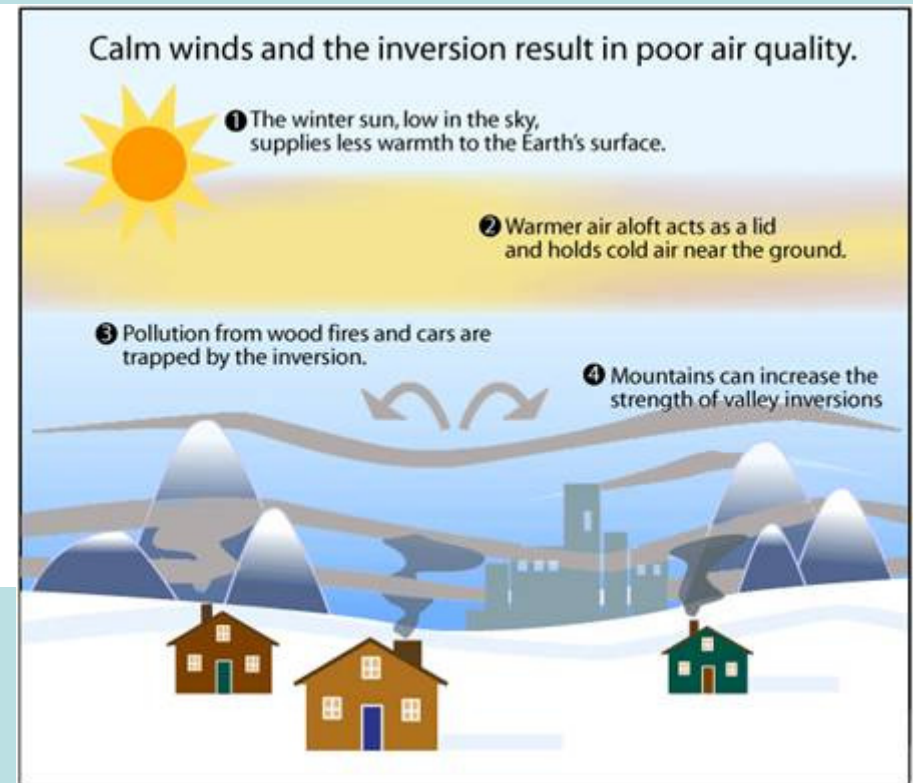
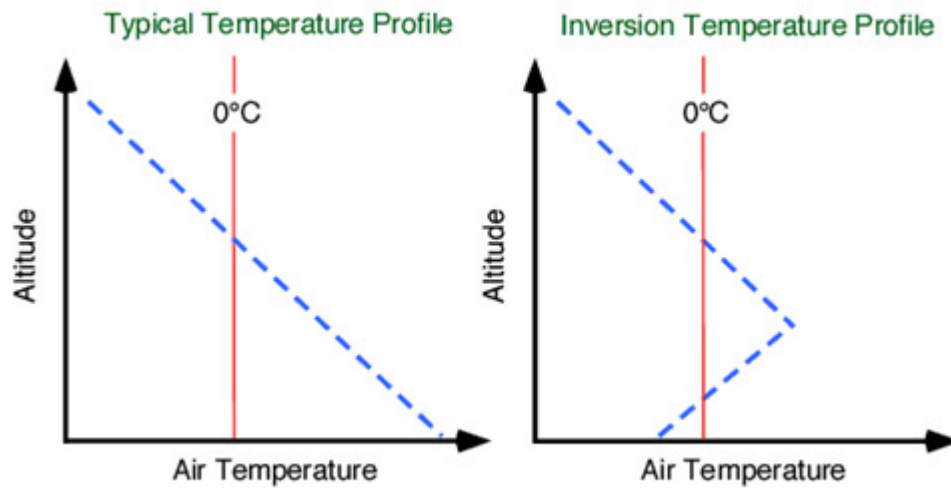
Normalt

0.65°C / 100m

Inversion

Temperaturen stiger med højden

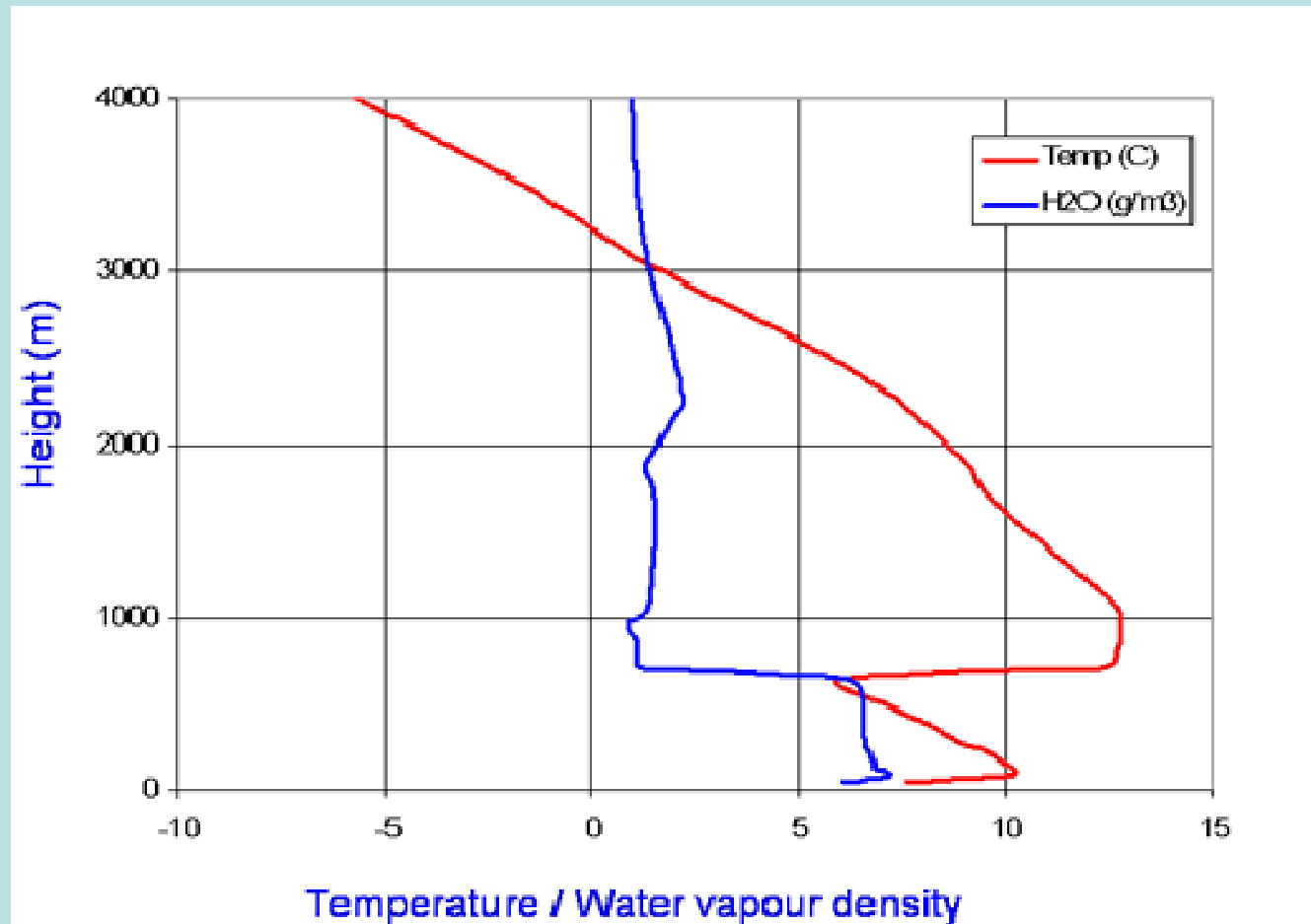
Bundinversion



Luftens stabilitet (3)

Temperaturforandring i højden

Højdeinversion



Dannes især i højtryk

Luftens stabilitet (4)

Stabil luft	temperaturfald mindre end $0.65^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$ sker ved varmluft advektion om natten i skyfrit vejr ved subsidens i højtryk ingen konvektion med skydannelse
Instabil luft	temperaturfald mere end $0.65^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$ sker ved koldluft advektion ved solopvarmning spontan konvektion, varmere end omgivelserne høje cumulunimbus skyer, evt. m. ambolt kaldes også termik, svæveflyvere
Instabil til stabil	kan ske ved højdeinversion danner stratocumulus
Stabil til instabil	kan ske i varmfront, <i>embedded Cb</i>

Luftens stabilitet (5)

Indflydelse på vinden Stabil – laminar, konstant, mindre vindhastighed
 Instabil – turbulent, højere vindhastighed

Geostrofisk vind $V_o = 2/3 * V_{geo}$ ved stabil luft
 $V_o = 4/5 * V_{geo}$ ved instabil luft

Stabil luft – laminar vind – konstant i retning og hastighed

Instabil luft – turbulent vind – vindstød, vindbyger, vindspring

Luftmassevejr ikke højtryk og ingen fronter i nærheden

Stabilt vejr - luften køles og bliver stabil
 - ingen spontan konvektion
 - tåge ved svag vind

Instabilt vejr - luften varmes og bliver instabil
 - spontan konvektion, cumuluskyer
 - god sigt

Luftens stabilitet (6)

Vejrudsigt

Hvad er koldest. Luften eller underlaget?
Havstrømme – tåge

Højtryksvejr

lufttrykket over 1020 hPa
Subsidens – luften opvarmes – ingen skyer
svabe vinde fra skiftende retninger

Inversion

Inversionslag dannes i 1000 – 3000m højde
små cumulusskyer kan dannes under inversionslaget
ved fugtig luft breder skyer ud til et lag af stratuscumulus



Vind, Vejr og Trykssystemer

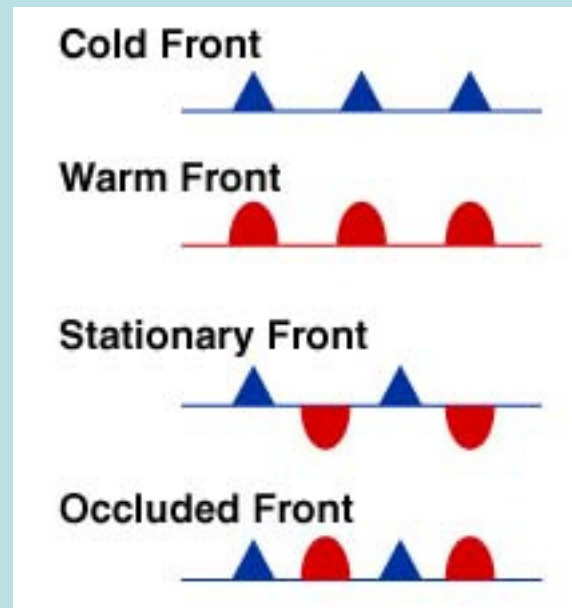
- 4.1 Den globale luft cirkulation
- 4.2 Vejret i tropiske zone
- 4.3 Tropiske cykloner
- 4.4 Vejret i subtropiske zone
- 4.5 Vejret i tempererede zone
- 4.6 Luftens stabilitet
- 4.7 Fronter og frontvejr
- 4.8 Tempererede cykloner

Fronter og Frontvejr

Skillefladen mellem to forskellige luftmasser

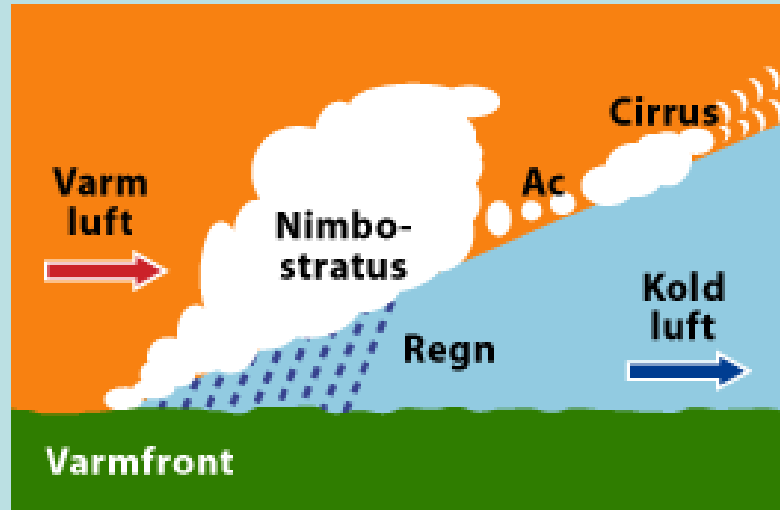
Frontfladen	Fra jorden op mod tropopausen. Står ikke lodret.
Stationær front	Fronter er som regel i bevægelse, men kan stå stille
Arktisk front	Hvor arktisk, antarktisk luft mødes med polarluft
Polarfronten	Den mest udbredte i tempererede egne; den bølger hvorved der dannes varm, kold, okklusionsfronter

Front symboler



Varmfronten

Varm luft skubber kold luft foran sig



Varmfrontsvejr

Op til 600 sømil foran fronten ses de første skyer
Først høje cirrus, Ci (høje trådagtige fjerskyer) og
Cirrostratus Cs(konturløse lagskyer). Evt. halo



Varmfronten (2)

Nærmere fronten

Altostratos, As



Alto cumulus, Ac



Varmfronten (3)

Endnu nærmere (200sm)

Nimbostratus, Ns



Isslag

Regn passerer ned gennem den koldere luft og underafkøles

Tåge

Advektionståge kan opstå bag fronten når den varme luft afkøles af den koldere jord

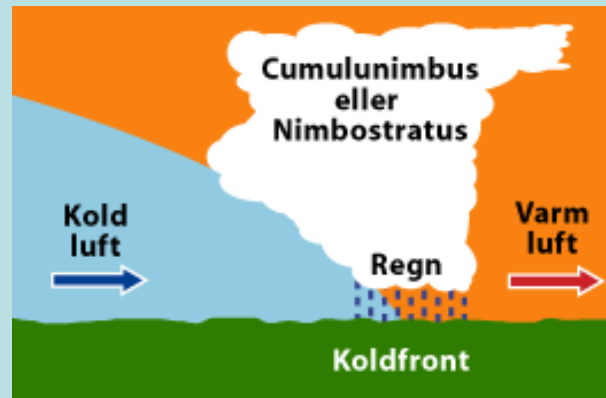
Luftrykket falder

Vinden drejer

Varmfronter kan være anderledes end den her beskrevne

Koldfronten

Kold luft skubber varm luft foran sig



Koldfrontsvejr

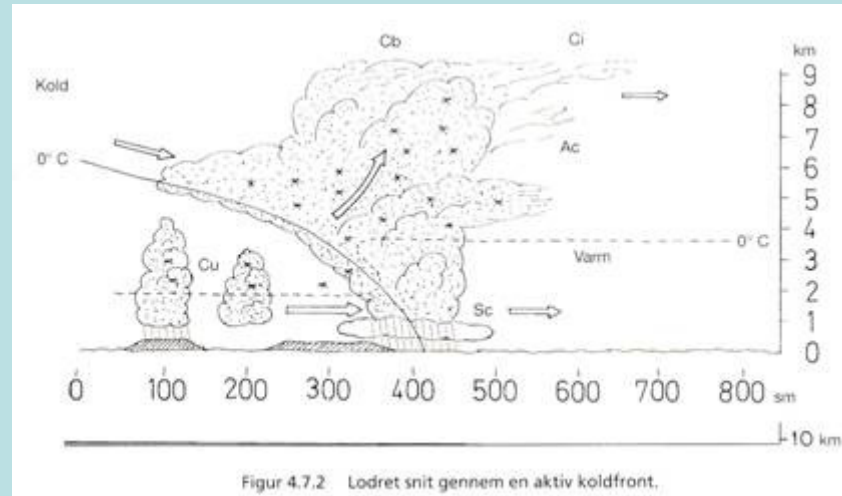
Skyerne ikke så langt foran fronten (højest 100sm)
Cumulonimbus, Cb



Koldfronten (2)

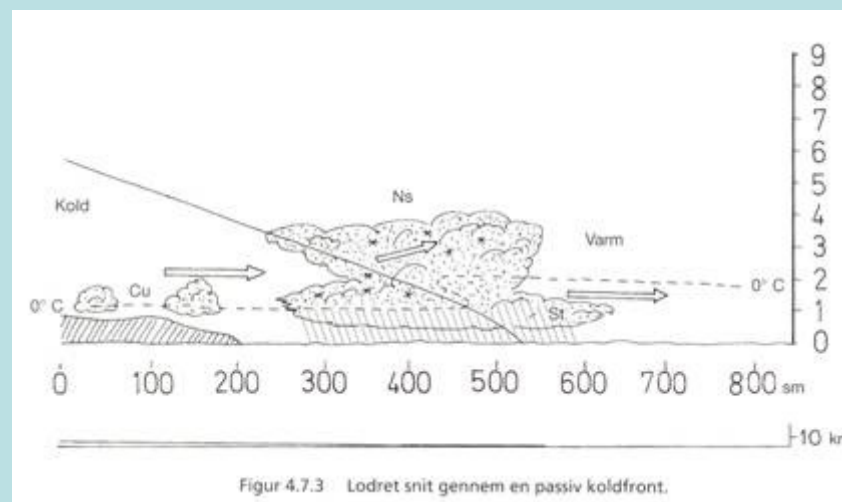
Aktiv koldfront

Stor temperaturforskel, voldsomt vejr, stor vinddrejning



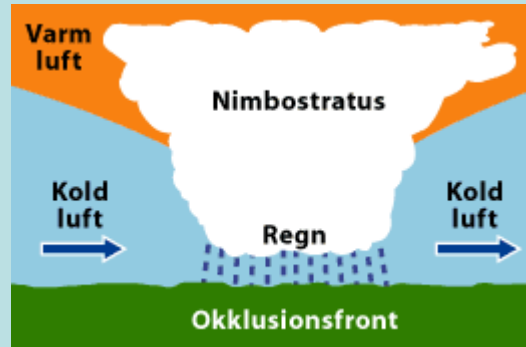
Passiv koldfront

Lille temperatur forskel, ingen vinddrejning



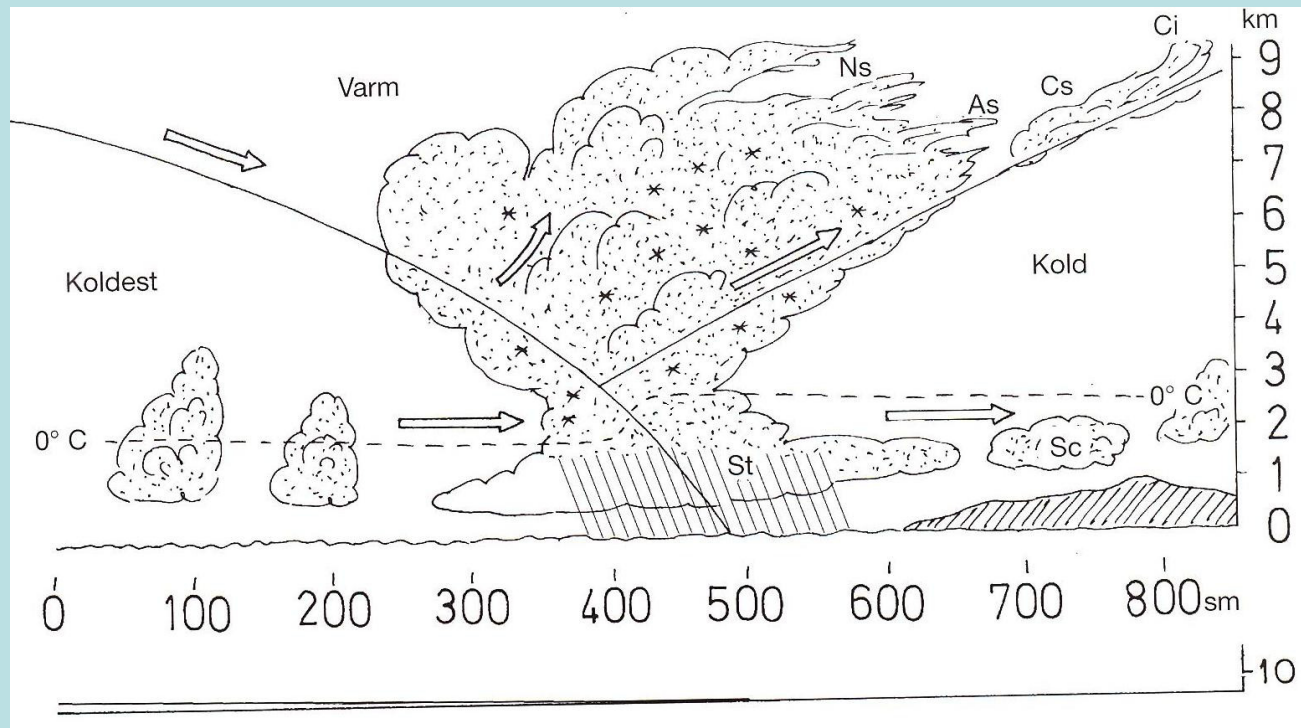
Okklusionsfronten

Kold og varm front der er smeltet sammen (okkluderet)
(koldfronten indhenter varmfronten)



Okklusionsfrontvejr

Kombination af kold og varm front vejr



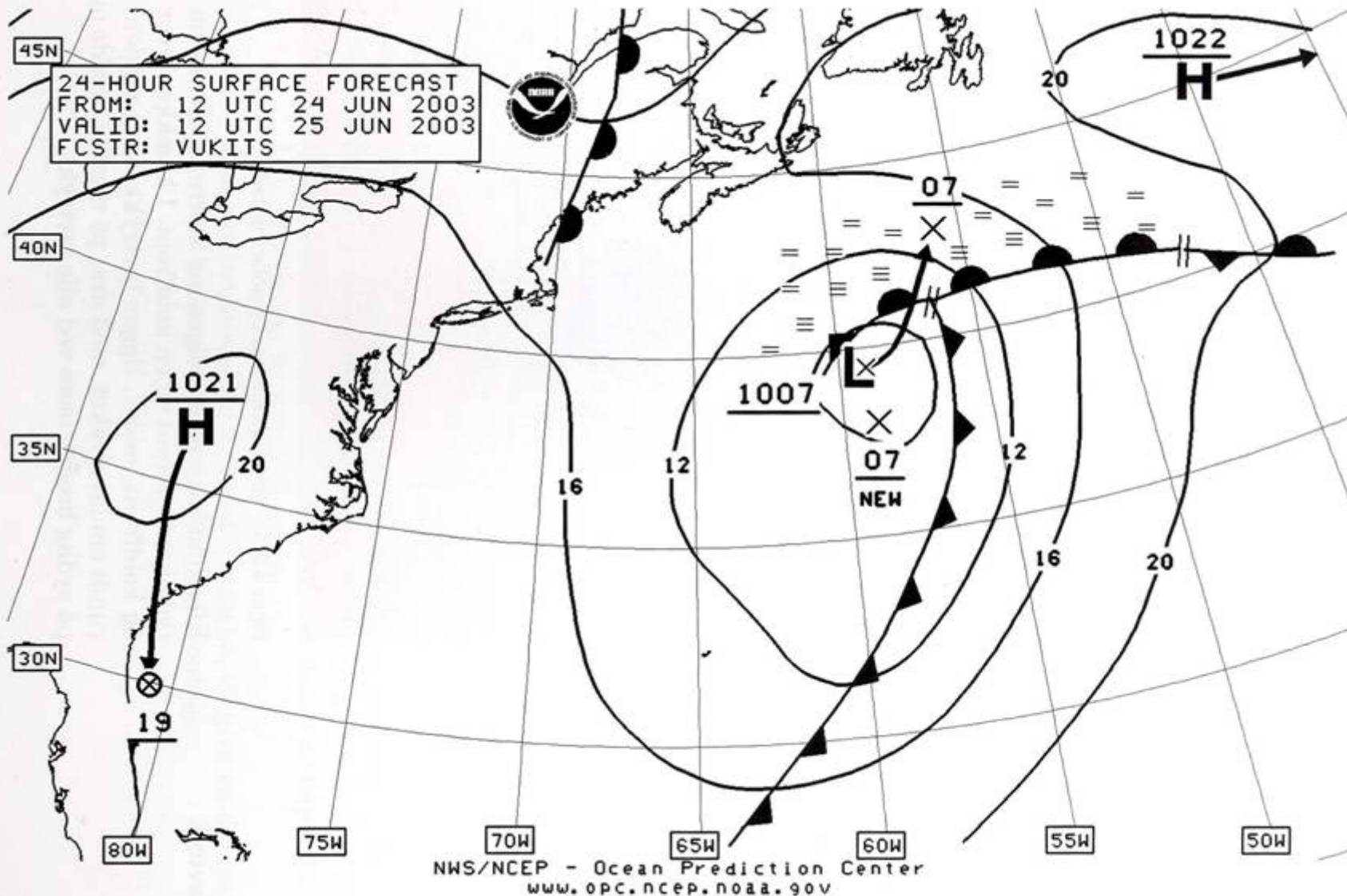
Vind, Vejr og Trykssystemer

- 4.1 Den globale luft cirkulation
- 4.2 Vejret i tropiske zone
- 4.3 Tropiske cykloner
- 4.4 Vejret i subtropiske zone
- 4.5 Vejret i tempererede zone
- 4.6 Luftens stabilitet
- 4.7 Fronter og frontvejr
- 4.8 Tempererede cykloner

Tempererede cykloner

Dem vi har her

(vandrende lavtryk, frontlavtryk, polarfrontslavtryk)



Figur 4.8.1 Vejrkort med en tempereret cyklon ost for USA.

Tempererede cykloner (2)

Hvordan dannes de?

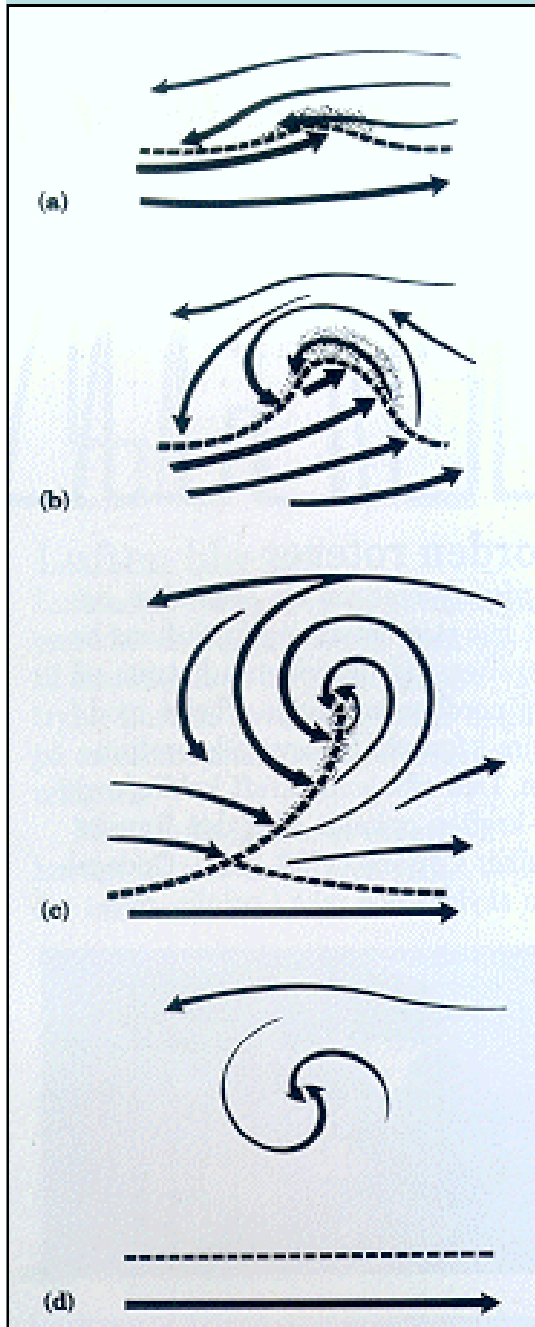
Polarfrontteorien

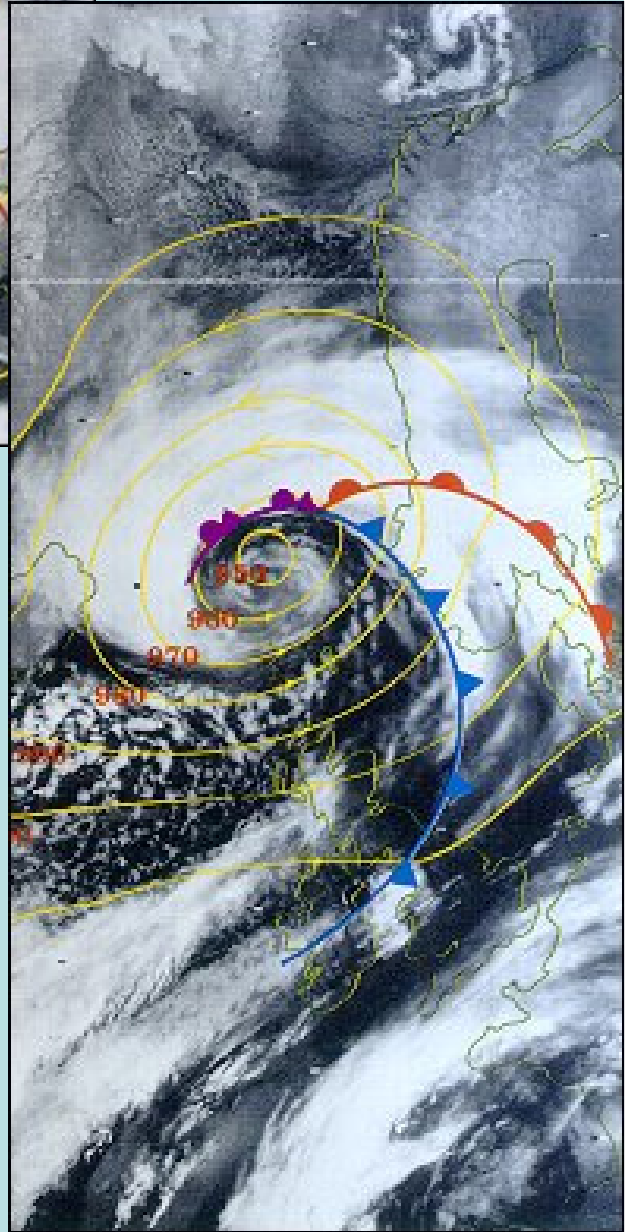
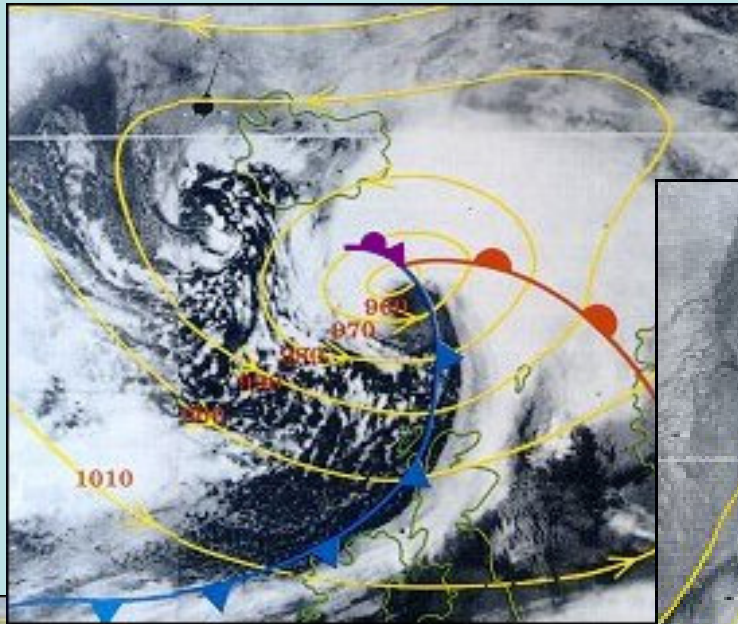
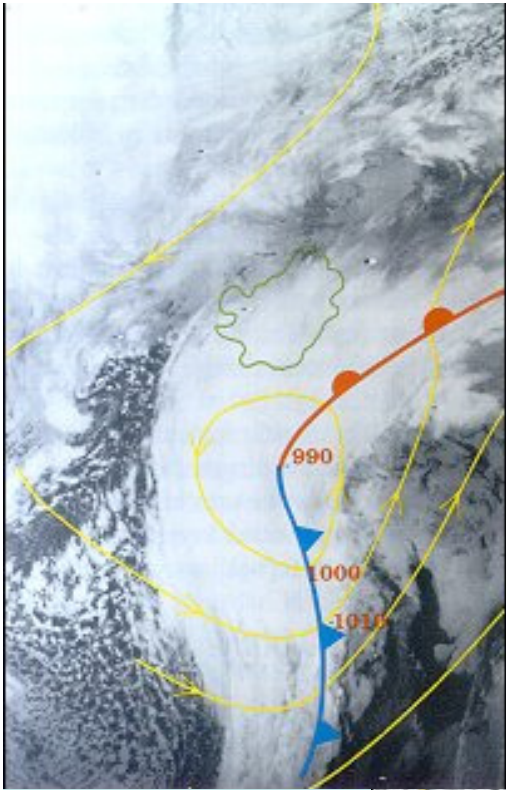
a - Friktion mellem luftmasserne skaber en bølge

b – Bølgen vokser sig større og et lavtryk opstår ved at den varme luft glider op over den kolde luft og skyer dannes

c – Skydannelsen frigiver varme som uddyber lavtrykket. Jo større temperatur forskel jo dybere lavtryk. Der er nu gået 12 – 24 timer fra (a). Cyklonen bevæger sig som regel mod øst. Området mellem varmfronten og koldfronten kaldes varmsektoren

d – Senere indhenter koldfronten varmfronten og der opstår en okklusion. Lavtrykket bliver afskåret fra fronten, som gendannes syd for. Cirkulationen dør langsomt ud



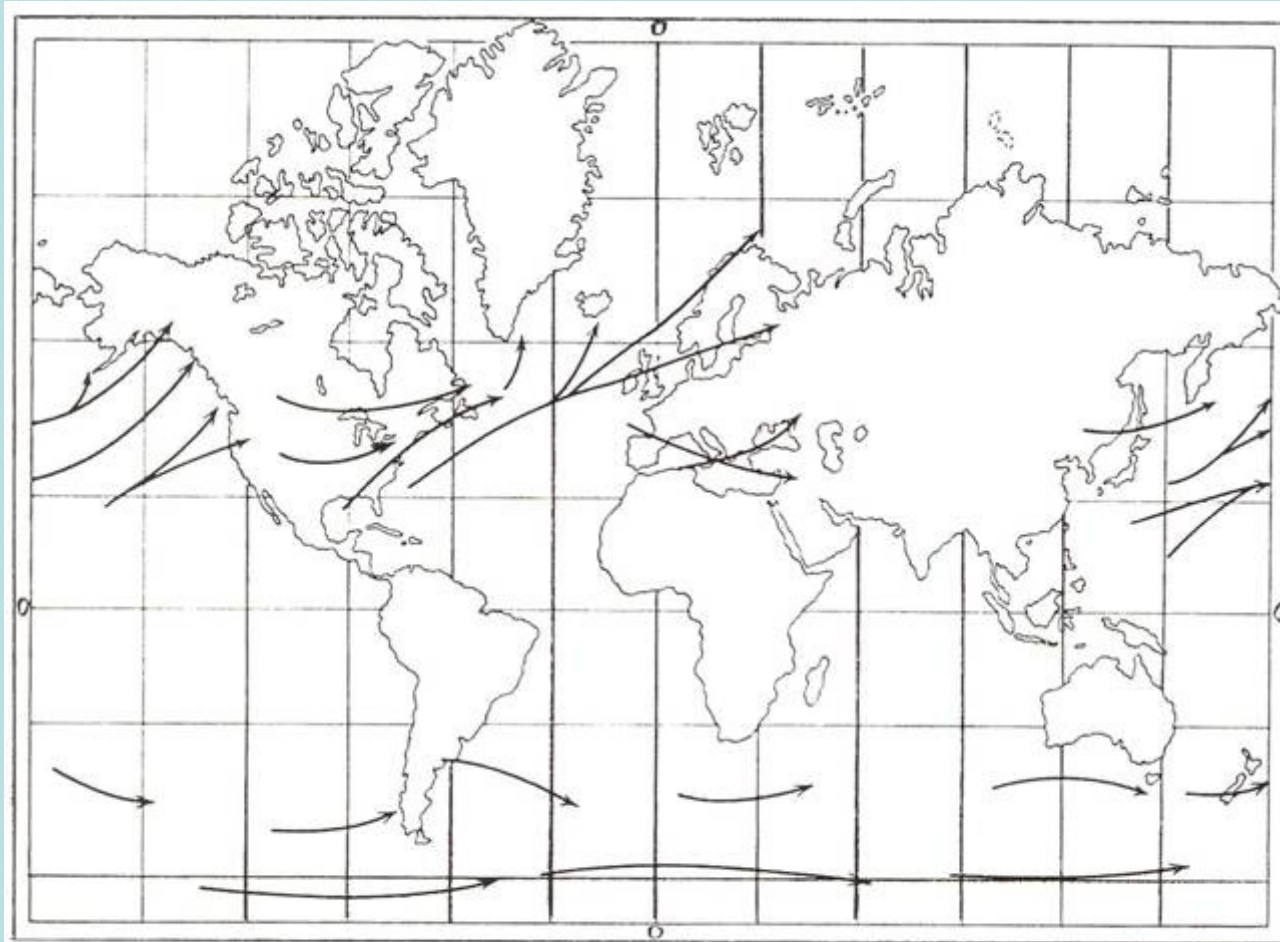


Tempererede cykloner (3)

Bevægelse af tempererede cykloner

Østover

Bevægelsen styres af jetstrømmene i de højere luftlag; parallel med isobarerne i varm sektoren. Hastighed fra næsten nul til 50kn.

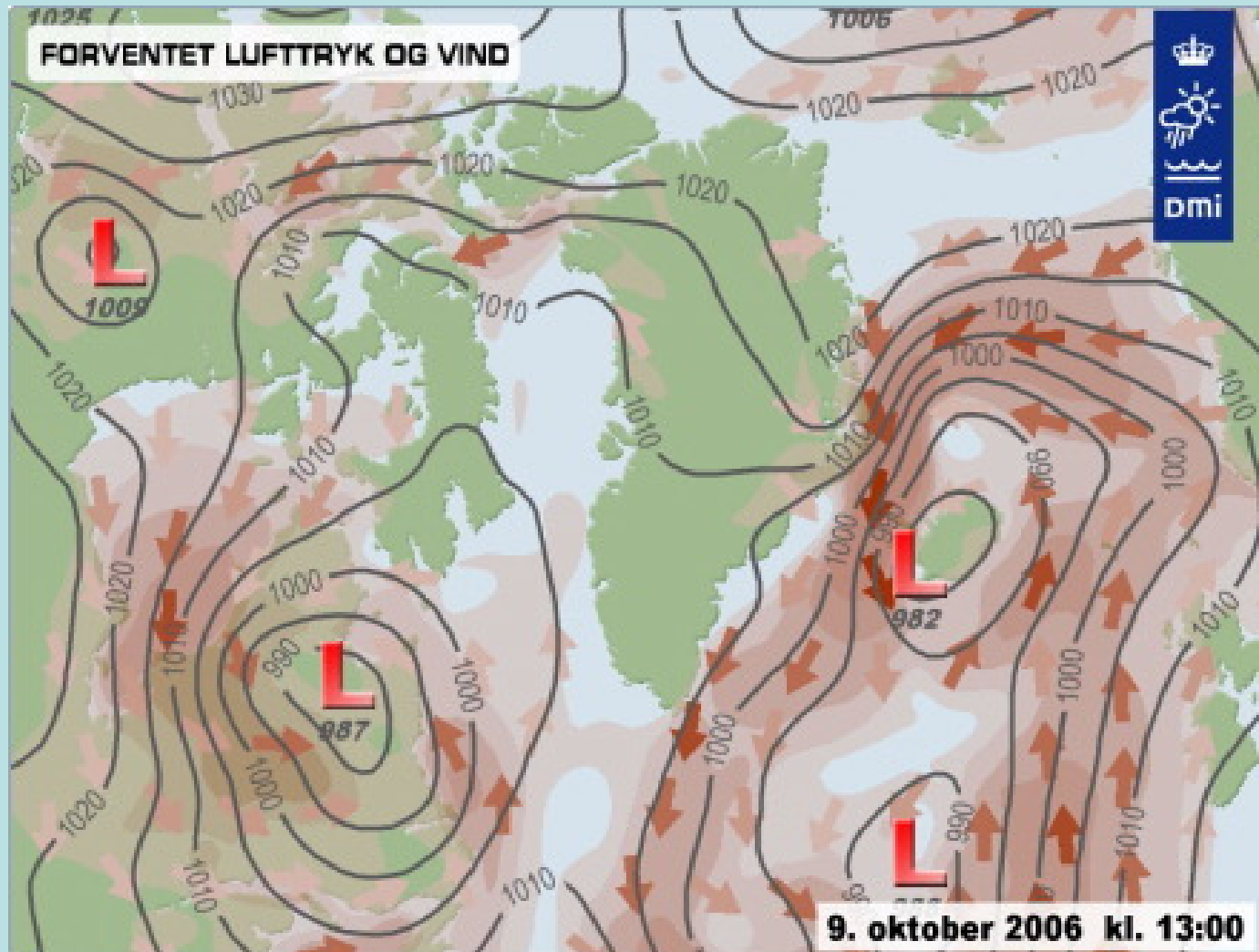


Figur 4.8.7 Normale baner for tempererede cykloner.

Tempererede cykloner (4)

Cyklon familier Flere lavtryk efter hinanden – ustadigt vejr

Sekundære lavtryk Dannes i okklusionspunktet



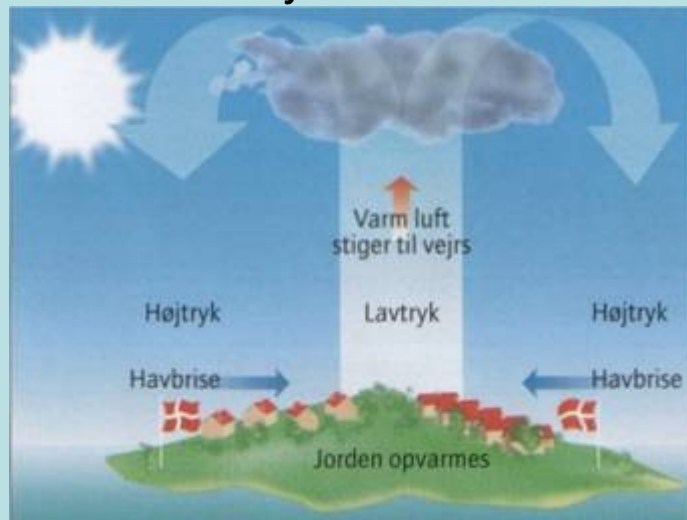
Tempererede cykloner (5)

Dannelse af andre lavtryk i tempereret zone

Dynamiske lavtryk

Hvor kold luft strømmer ud over et varmere hav
Luften opvarmes, stiger tilvejs, danner skyer hvilket afgiver mere varme.
Sådan dannes tropiske lavtryk, storme og cykloner
Grønland mod NV ud over golfstrømmen
Norge mod E ud over golfstrømmen

Termiske lavtryk



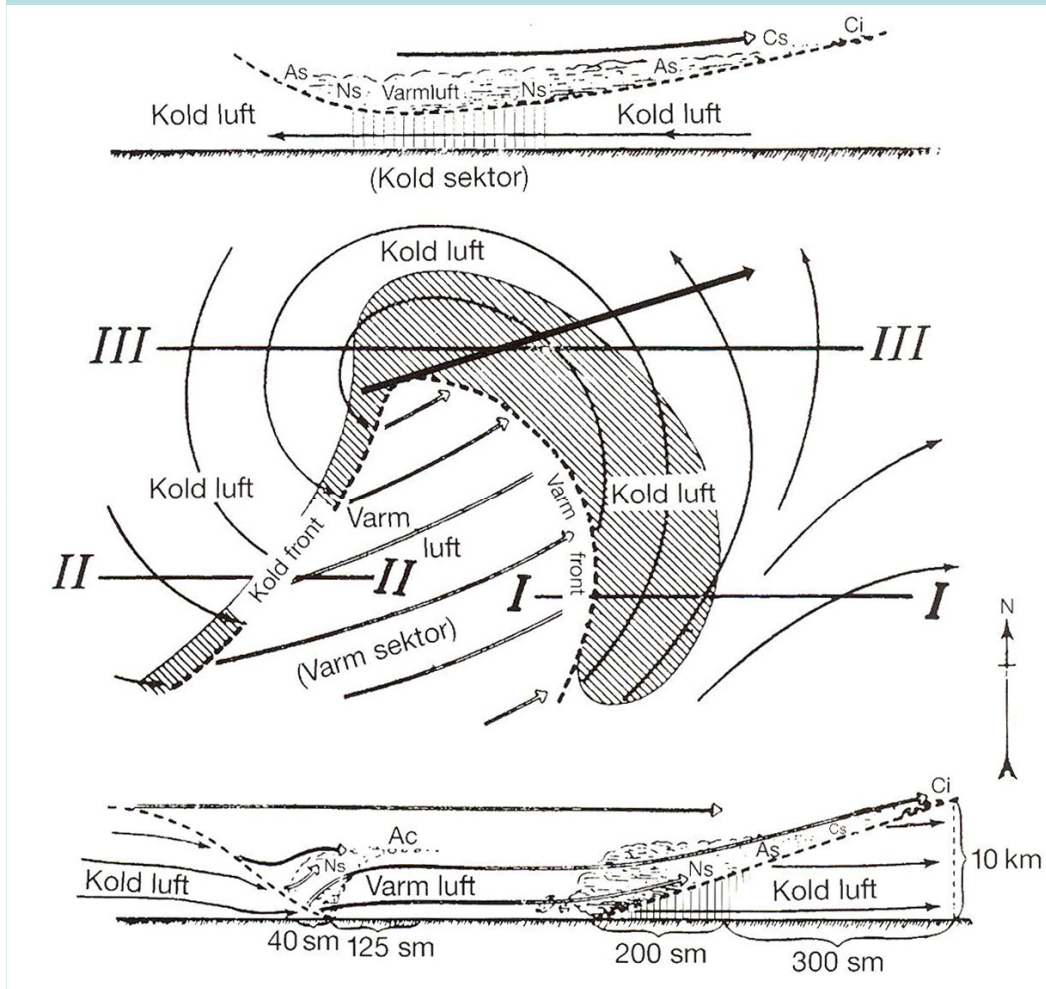
Luft opvarmes over land og stiger tilvejs
Årsag til søbrise ved kysterne
Sidst på sommeren – tordenbyger evt. med hagl

Orografiske lavtryk

(*orografi* er læren om højdeforhold)
Luft blæser mod bjerge – højtryk på forsiden og lavtryk op bagsiden

Tempererede cykloner (6)

Vejrforholdene i tempererede cykloner, Sektor I – I



500 sm

cirrus skyer, Ci, Cs, Cc

tiltagende

halo

faldende lufttryk

vind SV eller S

venstrederjende

Foran varmfronten

lavere og tættere

skyer, lammeskyer

200 sm

nimbostratus, Ns

regn, isslag, slud

faldende lufttryk

vind SE

Frontpassage

vindspring til højre

Varmsektoren

nedbør ophører

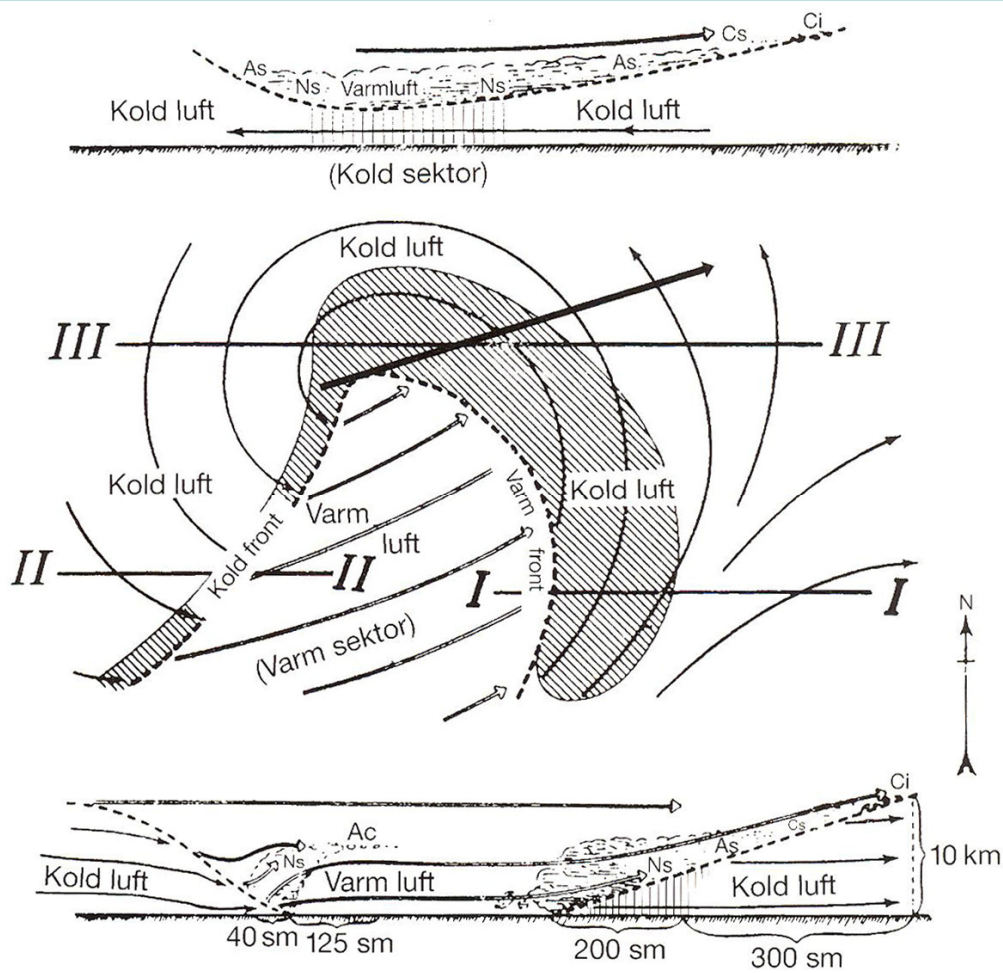
stigende temperatur

tåge ved svag vind

varierer med årstiden

Tempererede cykloner (7)

Vejrforholdene i tempererede cykloner, Sektor II – II



Nær koldfronten

Ac og Cb

Koldfronten

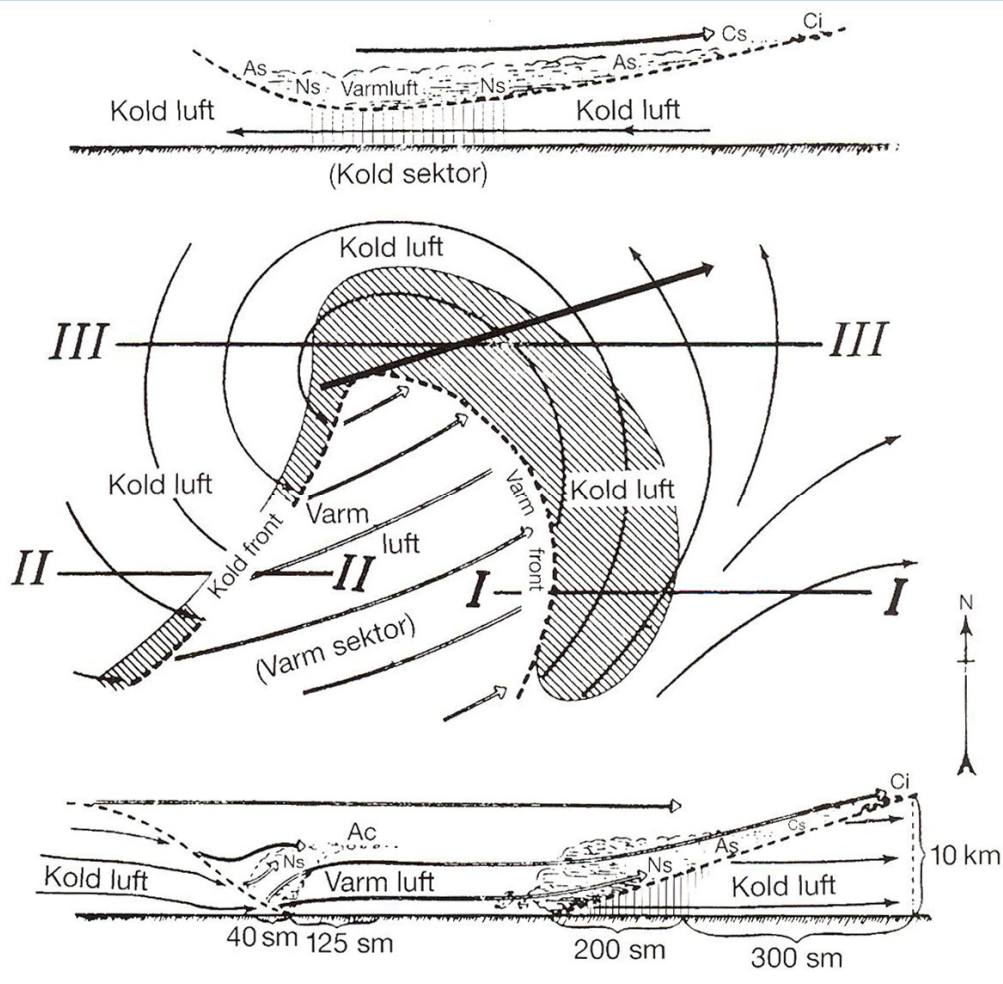
vindspring til højre
stigende lufttryk
faldende temperatur
øgende vind
opklaring, god sigt

Bagside vejr

meget karakteristisk
kold polarluft
cumulus skyer
byger
vind til højre

Tempererede cykloner (8)

Vejrforholdene i tempererede cykloner, Sektor III – III



Polær passage

500sm

cirrus skyer, Ci, Cs, Cc
tiltagende

300sm

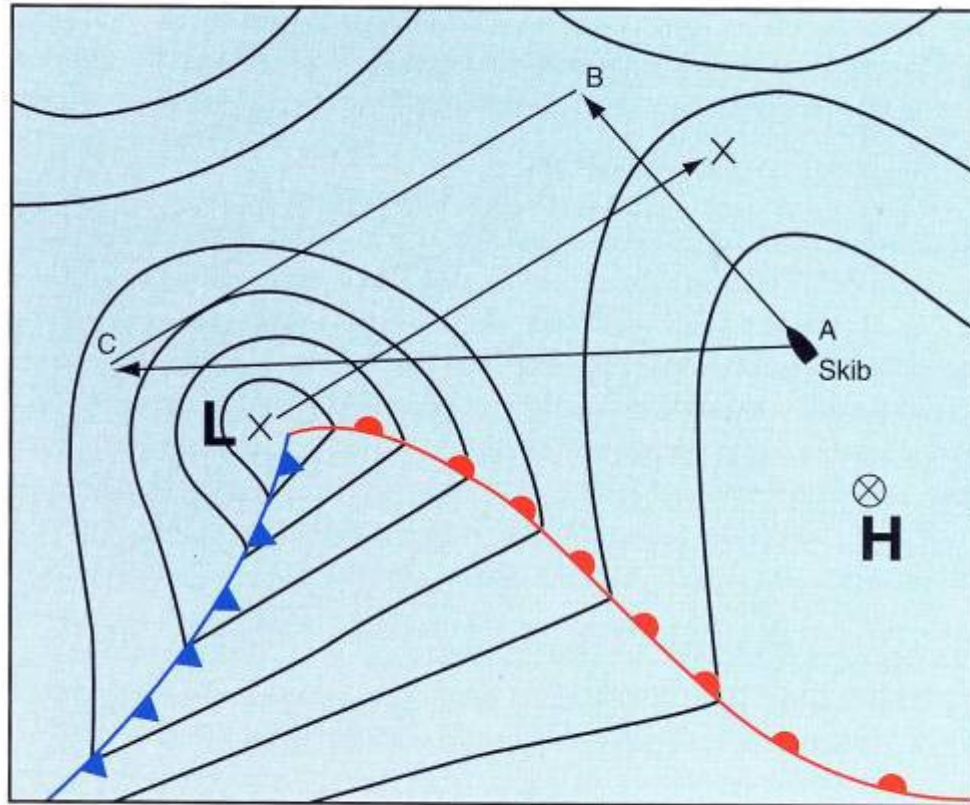
nedbør
faldende lufttryk
venstredrejende vind
S → E → N → NV

Passage

stigende lufttryk
opklaring

Tempererede cykloner (9)

Skibspassage



Figur 4.8.10 Et skibs passage af en tempereret cyklon på nordlig bredde. Den relative vektor AC viser veirudviklingen for skibet.

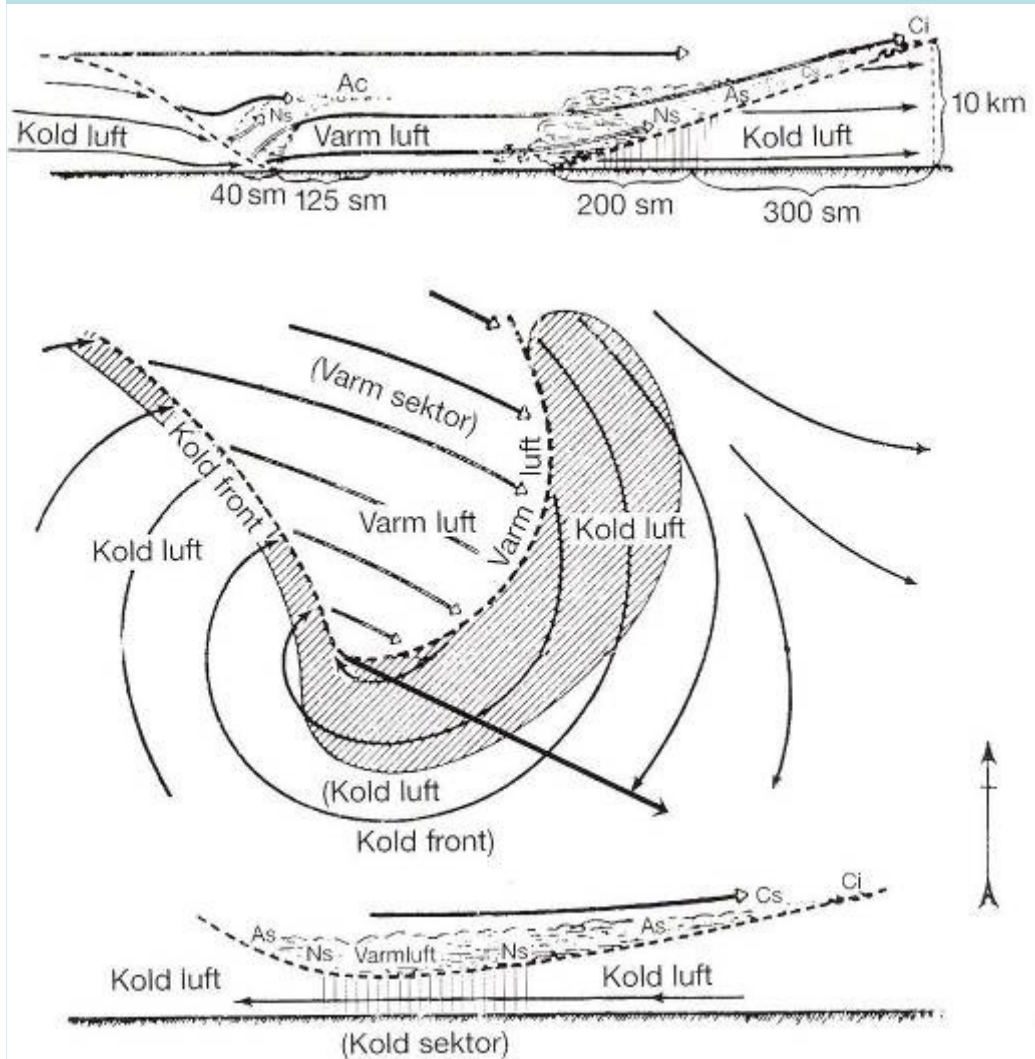
Skibets fartvektor 24 timer - AB
Cyklonens fartvektor 24 timer – BC
AC – skibets relative bevægelse

Tempererede cykloner (10)

Vejrforholdene i tempererede cykloner

Sydlig halvkugle

Samme men spejlvendt



Tempererede cykloner (11)

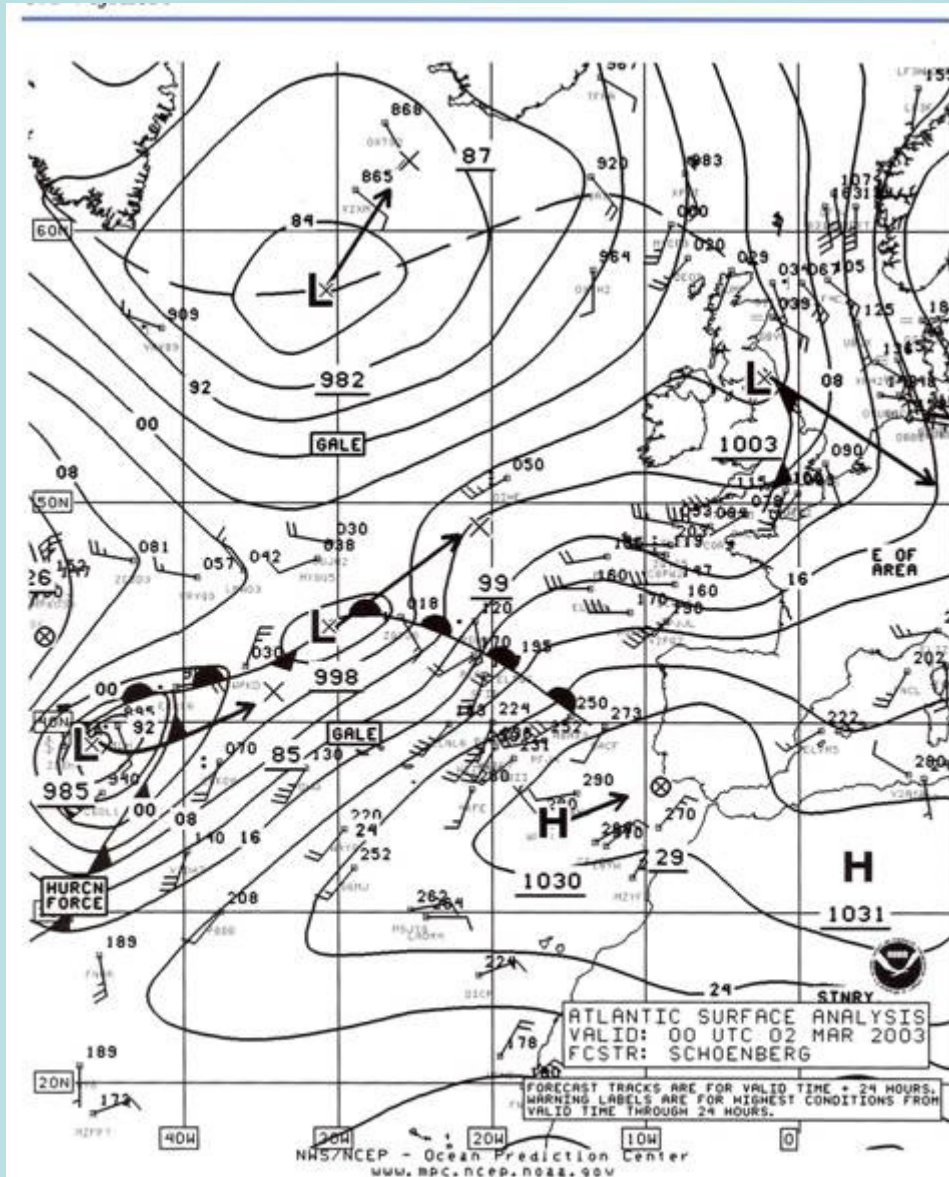
Vejrforholdene i tempererede cykloner – De brølende fyrrere



”Regnen pisker vandret hen over dækket, og de lavthængende skyer fyger af sted over vore hoveder. SOL er kommet til de ”brølende fyrrere”, hvor lavtrykkene marcherer forbi på en lang perlerække, med tilhørende vind og regn.”

Tempererede cykloner (12)

Vejrforholdene i tempererede cykloner – Vejret ved lavtrykstrug



Figur 3.4.7 Overfladeanalyse for østlige Atlanterhav. Kortet er fra NWS, NOAA.

På bagside af cyklon

U el. V formet

stiplet linie

øget vind
vinddrejning
Cb
nedbør

SLUT

