



# NAVIGATION – Navigasjon FAGKODE: 9



NORGES LUFTSPORTFORBUND



# Del 0 Innledning

---



NORGES LUFTSPORTFORBUND

# Mål for undervisningen i Navigation

- Å gi kunnskap om
  - grunnleggende navigasjon
  - beregninger og vurderinger før og underveis i en flyvning, samt
  - beste praksis
- Spesielt med tanke på flysikkerhet og for å unngå hendelser, skader og ulykker

# Forutsetninger

- Motiverte og forberedte elever!
- Som har lest eller leser gjennom pensumlitteraturen parallelt med klasseromsundervisningen
- Skolen følger pensum som beskrevet i NLF skolehåndboken







# Del 1 Grunnleggende navigasjon



NORGES LUFTSPORTFORBUND



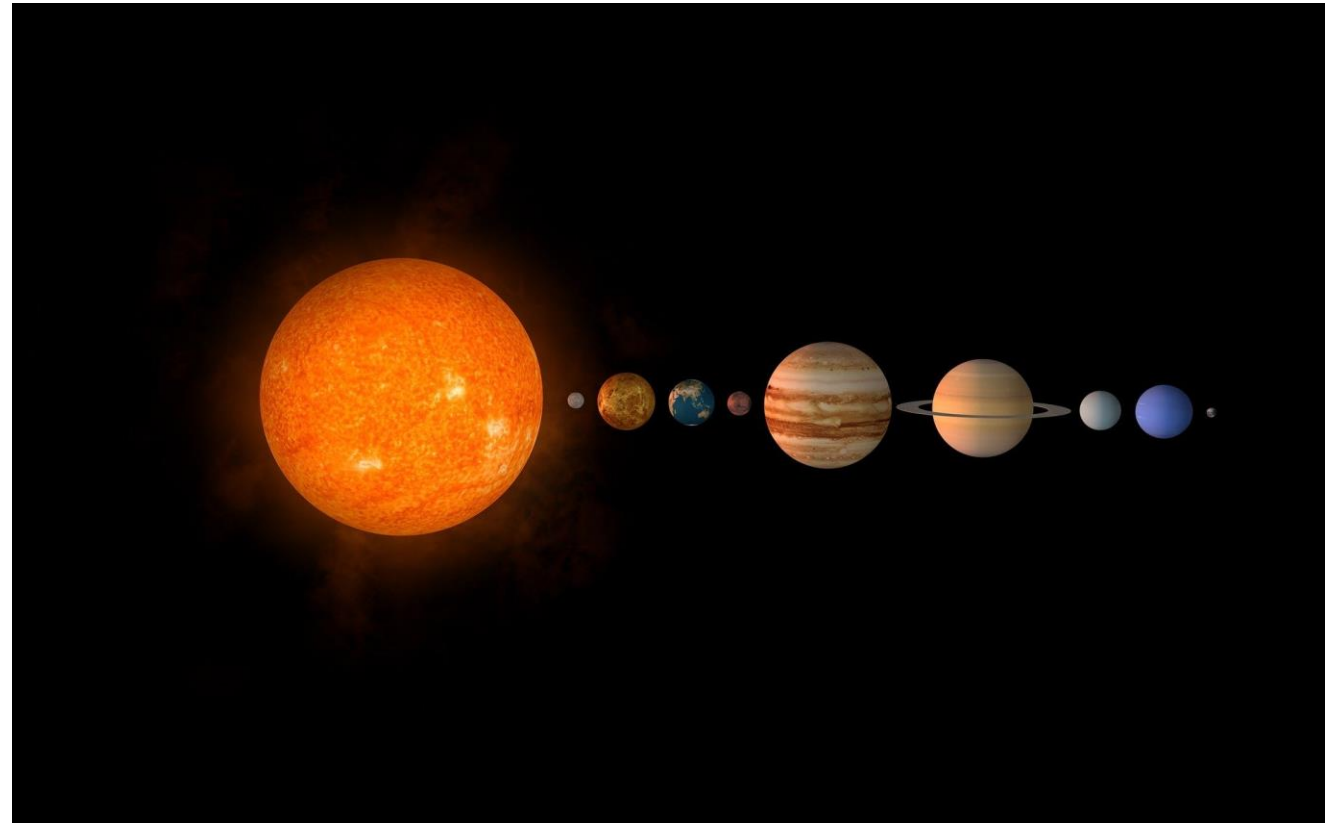
# Solsystemet og jorden



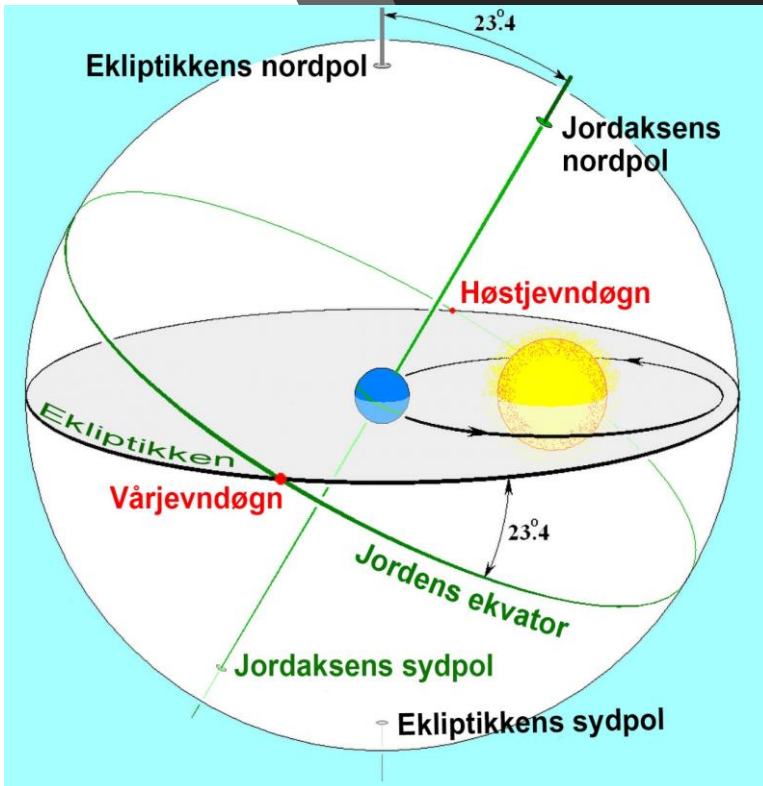
NORGES LUFTSPORTFORBUND

# Solsystemet og jorden

- Jordkloden er tilnærmet rund, men ikke helt, da den er litt flattrykt ved polene, og litt tykkere ved Ekvator
- Vi kaller den for en sfære, en kule
- Jordan er den femte største planeten i solsystemet
- Den har en omkrets på 40 000 km



# Årstider

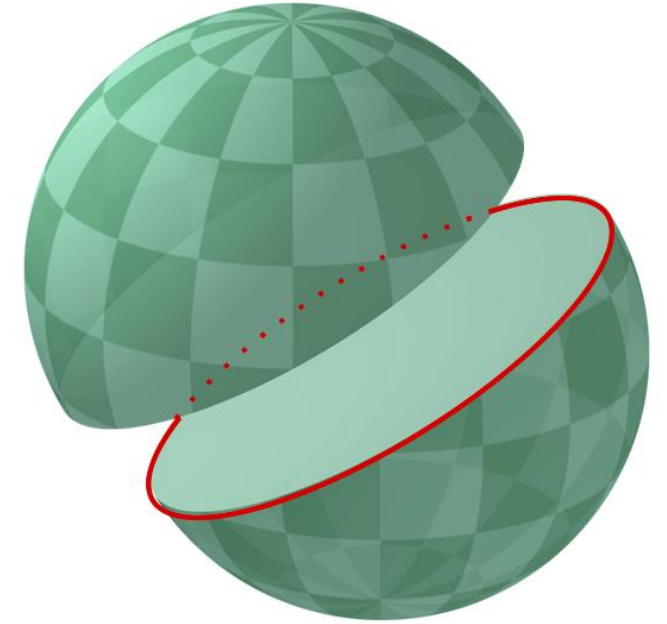
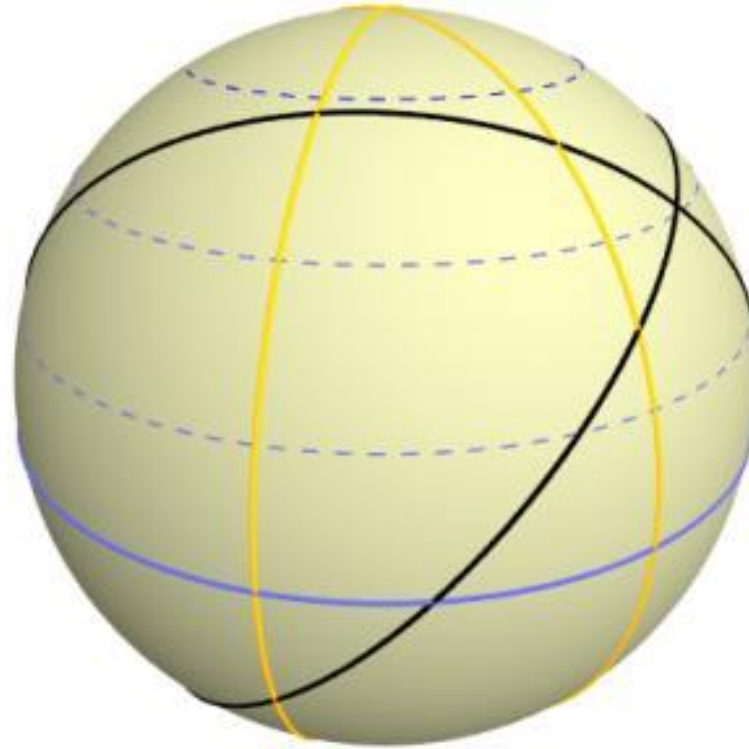
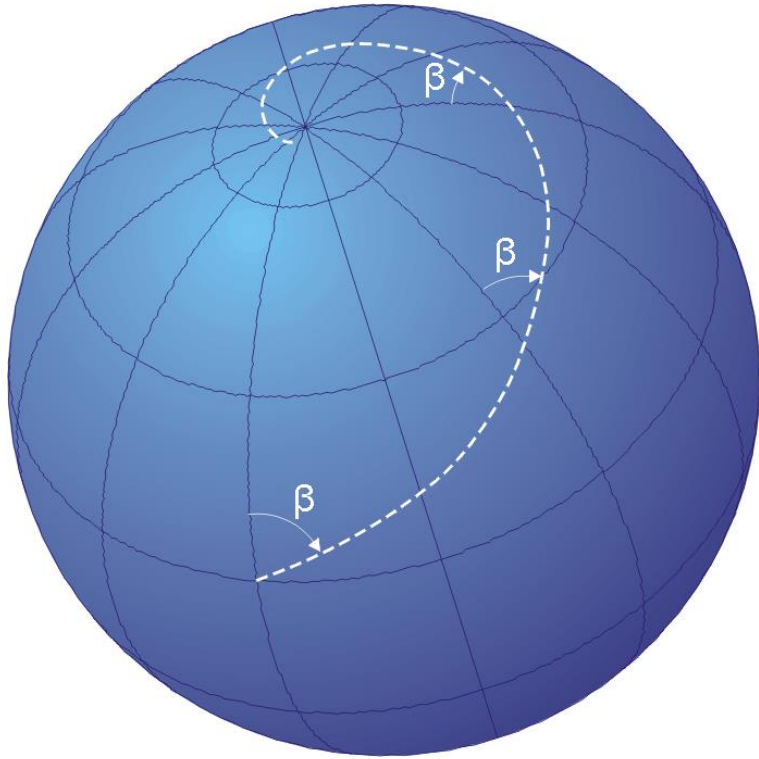


- Jorden roterer rundt en fiktiv akse som går mellom nordpolen og sydpolen, samtidig som den også beveger seg rundt solen.
- det tar jorden i underkant av 24 timer å rotere rundt sin egen akse, og litt over 365 dager å fullføre en ellipseformet bane rundt solen
- denne banen kaller vi for ekliptikkplanet
- På grunn av at jordkloden roterer, får vi dager og netter, og på grunn av jordens posisjon i ekliptikkplanet, får vi årstider
- Jordens akse har en vinkel til ekliptikkplanet, og det betyr at den nordlige og den sydlige halvkule peker både mot og bort fra solen i løpet av et år
- På noen steder på jordkloden gjør det at den mengden sollys som kommer inn varierer, og det er på den måten vi får årstider





# Jordens koordinatsystem

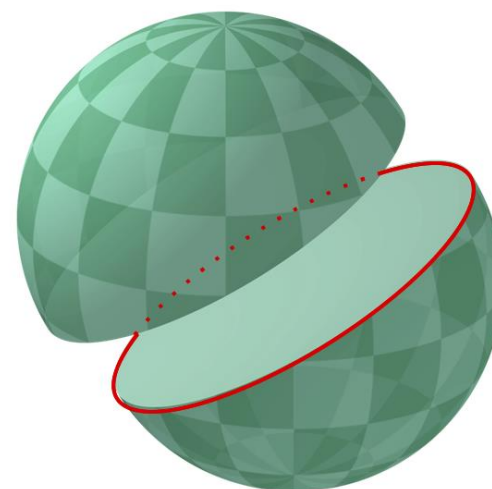
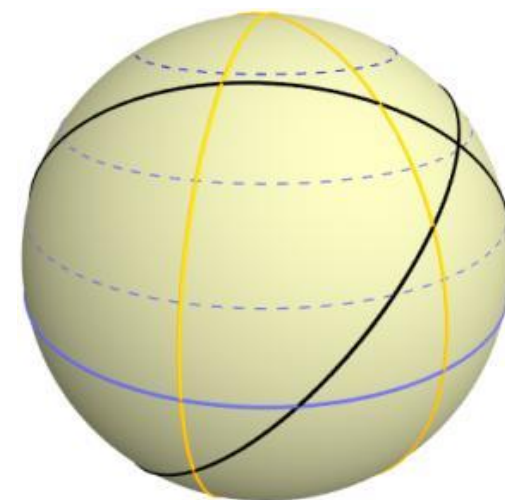
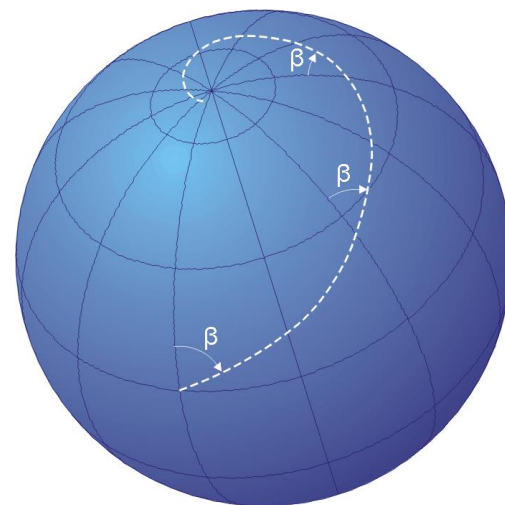


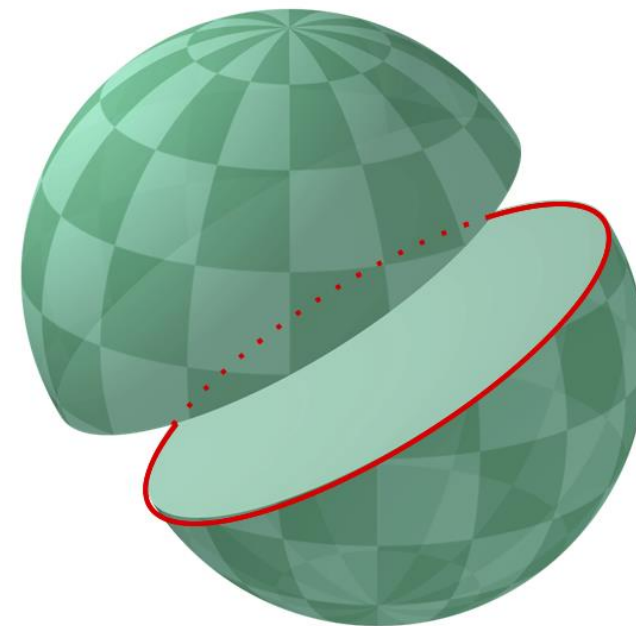
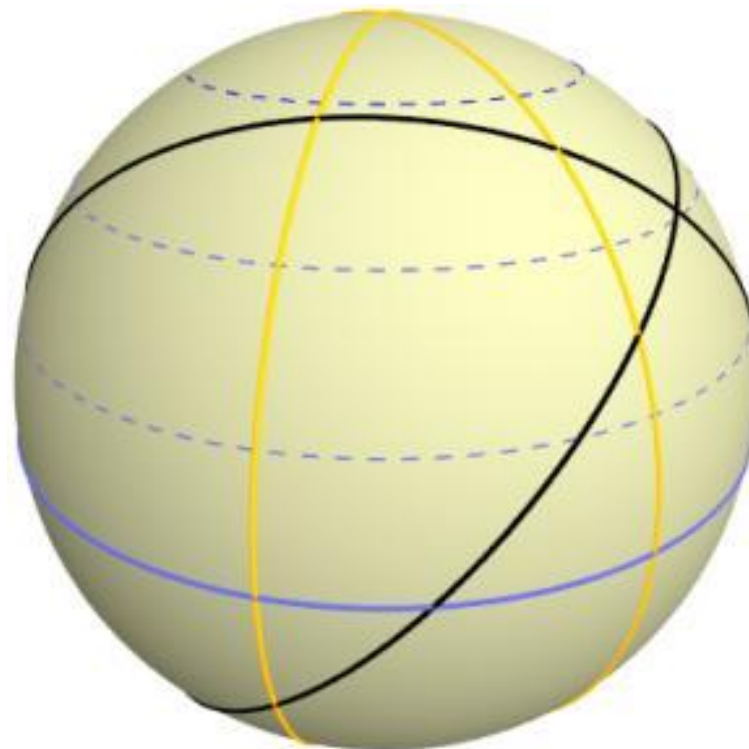
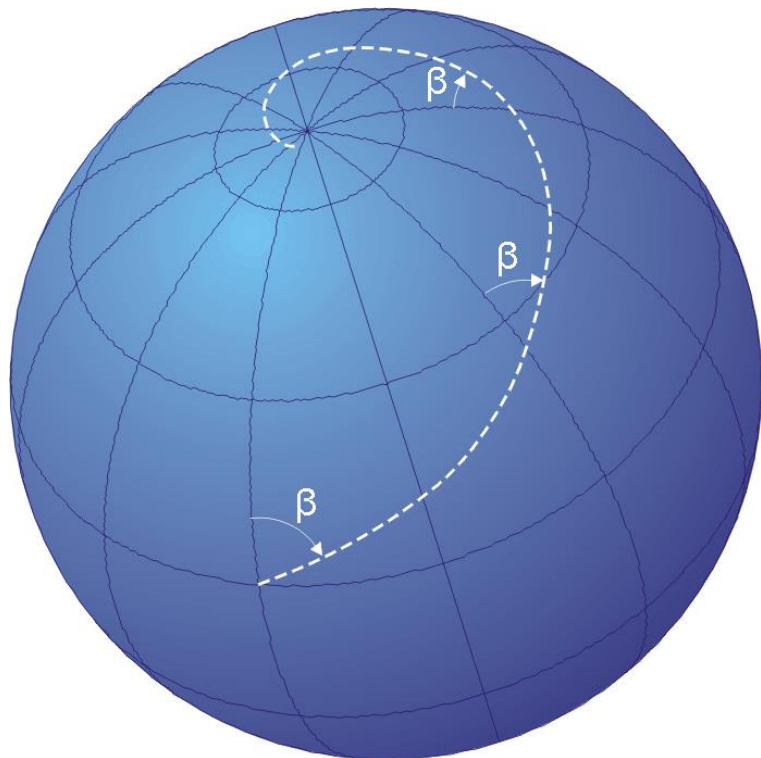
## Storsirkler, småsirkler og Loksodrom 1/3

- En storsirkel («G/C – great circle») er en tenkt sirkel som går gjennom Jordens sentrum
- En storsirkel er den største sirkelen vi kan dele Jorden opp i
- Storsirkelen er korteste veien mellom avgangsted og bestemmelsessted
- Ekvator er en storsirkel

# Storsirkler, småsirkler og Loksodrom 2/3

- Dersom vi ikke kutter gjennom sentrum av jordkloden, men kakker for eksempel av toppen av kloden som vi skulle åpnet et kokt egg, lager vi en småsirkel («small circle»)
- En småsirkel kan være ganske stor om vi skjærer oss gjennom jordkloden i nærheten til Ekvator, og relativt sett liten om vi kutter i nærheten av polene





## Storsirkler, småsirkler og *Loksodrom* 3/3

- Flyr vi på en loksodrom («R/L – rhumb line»), er det en buelinje som krysser alle meridianene med samme konstante vinkel
- Loksodromen svinger seg som en spiral fra Ekvator, og vil teoretisk fortsette til Nordpolen (men aldri treffe den)
- Loksodromen vil ha en konstant peiling målt relativt til sann eller magnetisk nord



# Breddeparalleller og meridianer

- En breddeparallell («parallell of Latitude») eller parallellsirkel er enten en småsirkel som er vinkelrett på Jordens rotasjonsakse,
- eller Ekvator (storsirkel)
- En meridian («meridian») er halvdelen av en storsirkel (pol til pol)
- Den andre halvdelen (på andre siden) kalles for anti-meridian
- Meridianene kalles også for lengdesirkler





## Bredde («latitude»)

- Ekvator er en fiktiv sirkel som ligger midt mellom nordpolen og sydpolen
- Dersom vi tegner opp sirkler over og under og parallelt med ekvator, kaller vi disse for breddesirkler eller breddeparalleller («parallels of latitude»)
- De brukes til å måle breddegrader nord- og syd av ekvator. Vi kaller det for nordlig eller sydlig bredde
- Det er nitti grader fra ekvator til nordpolen, og nitti grader fra ekvator til sydpolen
- Det vil si at høyeste posisjon i syd-nord retning er  $90^\circ$  nord (N), og høyeste posisjon i nord-syd retning er  $90^\circ$  syd (S)

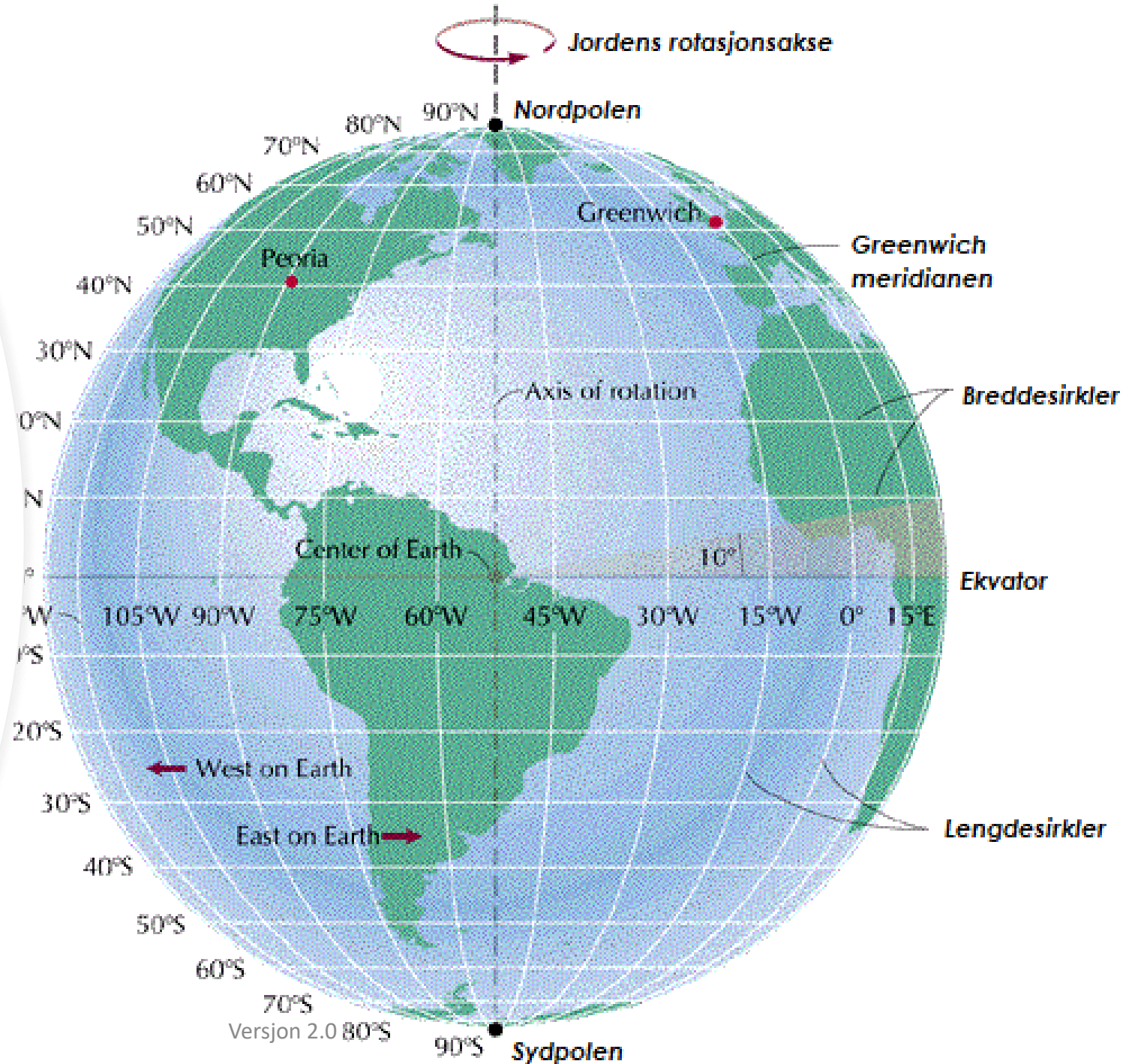




# Lengde

- Vi tegner inn linjer som går nord-sør fra nordpolen til sydpolen, og kaller disse for lengdesirkler («parallels of longitude») eller meridianer
- For å vite hva som er øst, og hva som er vest, trenger vi et nullpunkt
- Det finner vi på meridianen som går igjennom Greenwich i England. Den kaller vi for nullmeridianen eller Greenwich (prime)-meridianen
- Vest for nullmeridianen uttrykker vi posisjonen vår i grader vestlig lengde, mens vi øst for nullmeridianen sier østlig lengde. Det vil si at den mest vestlige posisjonen er på 180 grader vest (W), og den mest østlige posisjon er på 180 grader øst (E)

# Bredde og lengde





# Grader, minutter og sekunder

- Siden Jorden tilnærmet er formet som en kule, kan vi dele den opp i like deler på følgende måte:
- En sirkel kan deles opp i 360 like deler. Disse kalles grader og har symbolet  $^{\circ}$
- En grad kan deles opp i 60 like deler. Disse kalles minutter og har symbolet  $'$ . Ett bueminutt tilsvarer en nautisk mil
- Et minutt kan deles opp i 60 like deler. Disse kalles sekunder og har symbolet  $''$
- Vi bruker disse oppdelingene til å angi posisjonen vår i grader, minutter og sekunder



## Forskjell i bredde («dlat – difference of latitude») 1/2

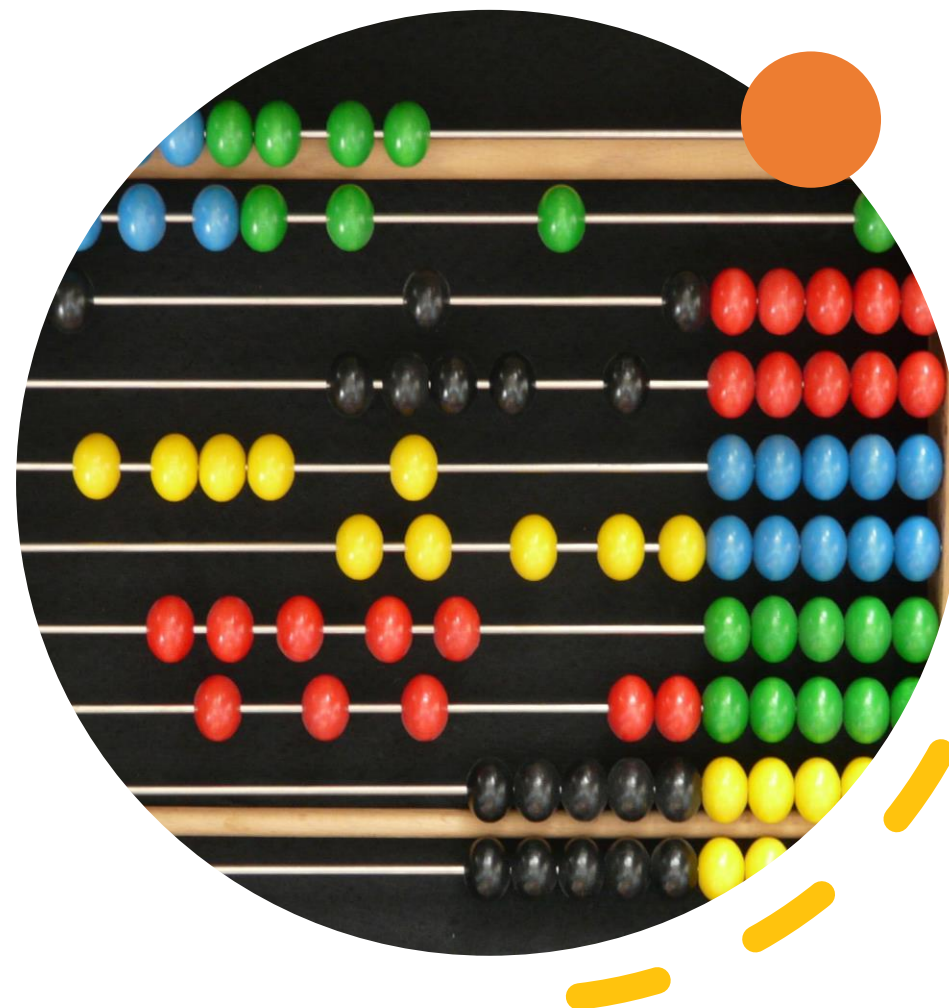
- Siden ett bueminutt er 60 minutter, er vi i stand til å regne forskjell i bredde og lengde både i form av grader og minutter, og i form av distanseenheter
- Hva er forskjellen mellom posisjonene A og B?
- A:  $50^{\circ} 50' N 010^{\circ} 15' E$
- B:  $32^{\circ} 20' N 010^{\circ} 15' E$
- Begge disse posisjonene ligger på samme halvkule (N), vi finner forskjellen ved å trekke den laveste posisjonen fra den høyeste. Det er altså  $18^{\circ}$  og  $30'$  mellom disse posisjonene. Vi vet at det er 60 bueminutter i en grad og at et bueminutt er en nautisk mil
- $18 \times 60 = 1080$  bueminutter +  $30 = 1110$  bueminutter = 1110 NM

# Forskjell i bredde («dlat – difference of latitude») 2/2

- Dersom posisjonene derimot ligger på hver sin halvkule må vi legge sammen:
- A:  $50^{\circ} 50' \text{ N } 010^{\circ} 15' \text{ E}$
- B:  $32^{\circ} 20' \text{ S } 010^{\circ} 15' \text{ E}$
- $50^{\circ} 50' + 32^{\circ} 20' = 83^{\circ} 10'$
- Det gir videre  $83 \times 60 = 4980 + 10 = 4990$  bueminutter = 4990 NM

# Middelbredde («mlat – mean latitude»)

- Middelbredde kalles på engelsk for «mean latitude» og forkortes «mlat»
- Hvis begge breddeposisjonene er på samme halvkule regner vi ut middelbredden ved å legge posisjonene sammen og dele på to og gi svaret samme benevning som halvkulen vi er på.  
Eksempelvis:
  - $50^{\circ} 50' + 32^{\circ} 20' = 83^{\circ} 10' / 2 = 41^{\circ} 35' \text{ N}$
- Dersom de to posisjonene ligger på hver sin halvkule, finner vi middelbredden ved å trekke den laveste posisjonen fra den høyeste og så beholder vi benevningen til posisjonen som har høyest bredde, eksempelvis:
  - $50^{\circ} 50' \text{ N} - 32^{\circ} 20' \text{ S} = 18^{\circ} 30' \text{ N}$





# Forskjell i lengde («dlong – difference of longitude»)

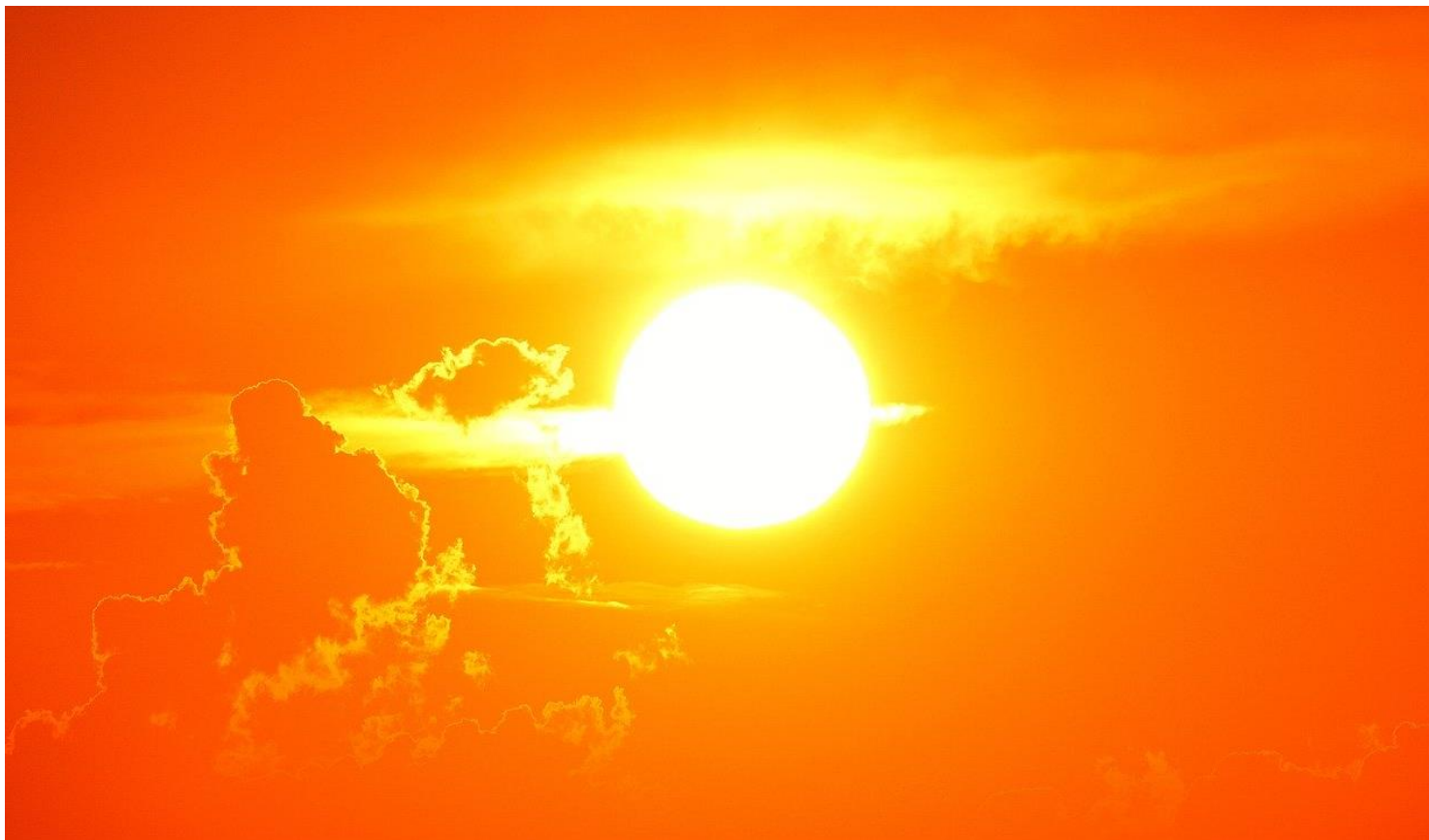
- For å uttrykke hvor langt to posisjoner er fra hverandre i retning øst – vest regner vi ut lengdeforskjell. Det regnes ut på samme måte som dlat, med noen avvik. Eksempelvis to posisjoner som ligger øst for Greenwich:
- Hva er forskjellen mellom posisjonene A og B?
- A:  $50^{\circ} 50' \text{ N } 020^{\circ} 15' \text{ E}$
- B:  $50^{\circ} 50' \text{ N } 010^{\circ} 15' \text{ E}$
- Lengdeforskjellen regnes alltid ut ved at vi beregner korteste vei rundt kloden. Lengdeforskjellen vil ikke overstige  $180^{\circ}$ . A og B ligger øst for 0-meridianen og finnes ut ved at vi trekker den laveste posisjonen fra den høyeste:
- $020^{\circ} 15' \text{ E} - 010^{\circ} 15' \text{ E} = 010^{\circ} 00' \text{ E}$
- Lengdeforskjellen uttrykkes i grader og minutter på en gitt bredde sirkel



# Tid og solens gang



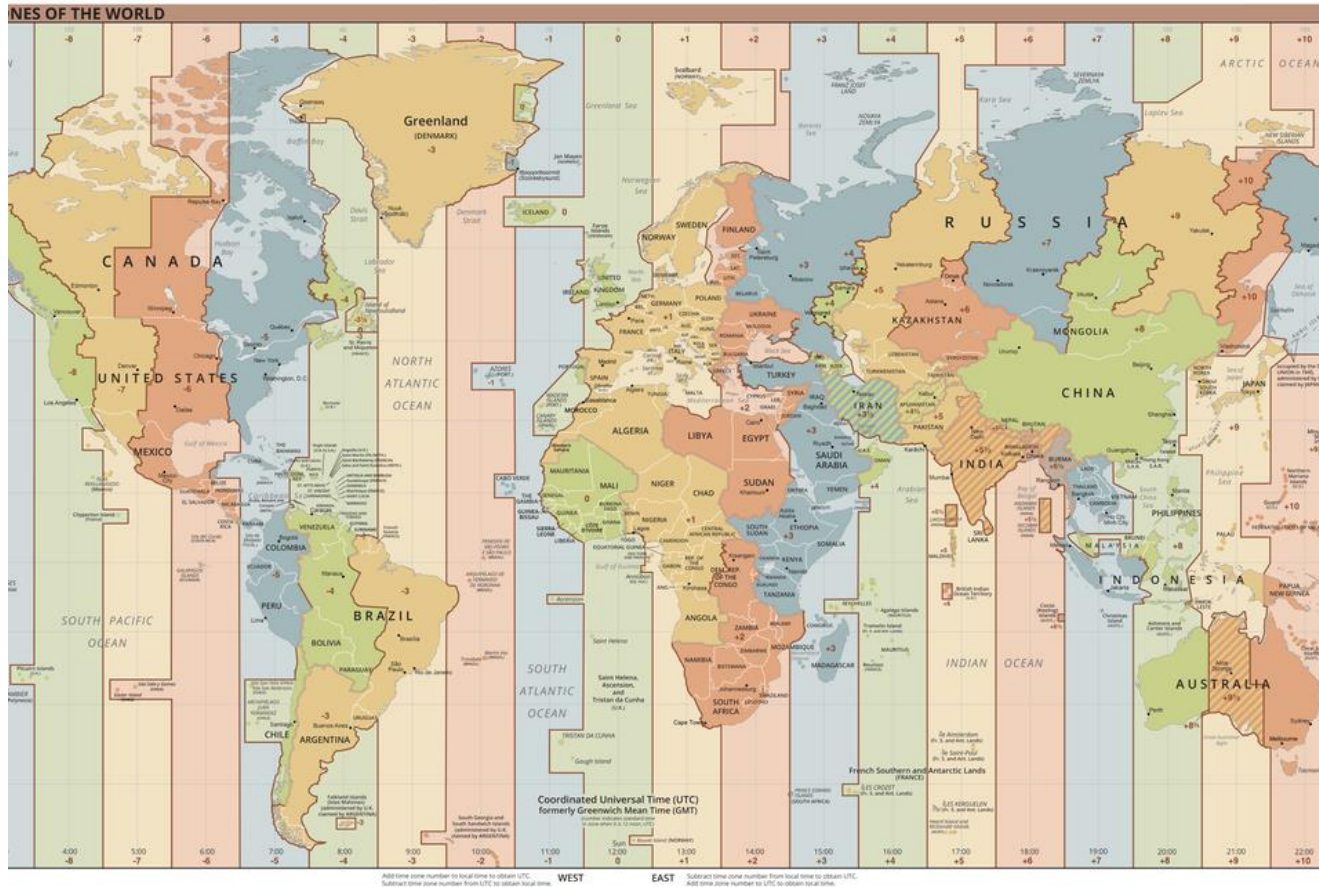
NORGES LUFTSPORTFORBUND



## Tilsynelatende sol («apparent sun»)

- Solen slik vi ser den på himmelen er kjent som den tilsynelatende solen («apparent sun»)
  - den ser ut til å stå opp i øst og
  - å gå ned vest og
  - bruke 24 timer på prosessen
- En tilsynelatende soldag («apparent solar day») beskrives som intervallet mellom to passeringer av solen over en gitt meridian
- I tillegg roterer Jorden med en noen variabel hastighet i ekliptikkplanet, og det er derfor variasjoner i lengden på en soldag

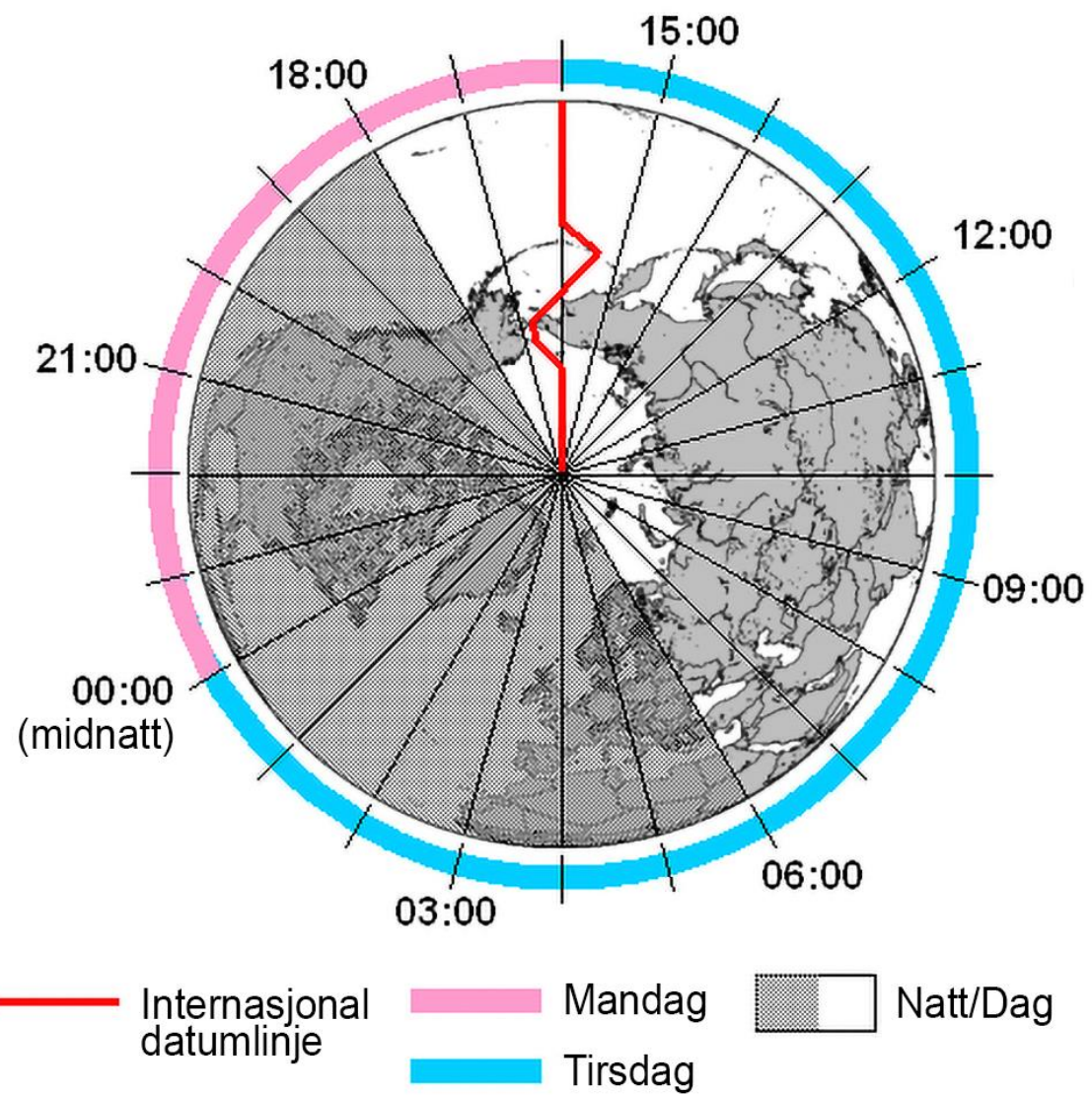
# Tidsbegreper og solens gang



- Siden det er variasjoner i lengden på en soldag, har vi:
- Middelsoldag («mean solar day») beskrives som intervallet mellom to passeringer av middelsolen over en gitt meridian
- Middelsolen er en tenkt sol som er tilpasset middelsoldagen. Den går rundt Jorden med konstant fart slik at hver dag blir like lang
- Lokal middeltid («local mean time») Basert på middelsoldagen – og beskrives som solmiddeltid for en gitt posisjon på jordoverflaten – samme for alle posisjoner som deler samme lengdegrad
- Jordkloden roterer med 15 grader i timen, og det lages tidssoner for hver femtende grad
- Standardtid er normalt som gjelder i flere tidssoner



# Dag og natt og internasjonal datolinje







# Magnetisme, retning og distanse



NORGES LUFTSPORTFORBUND

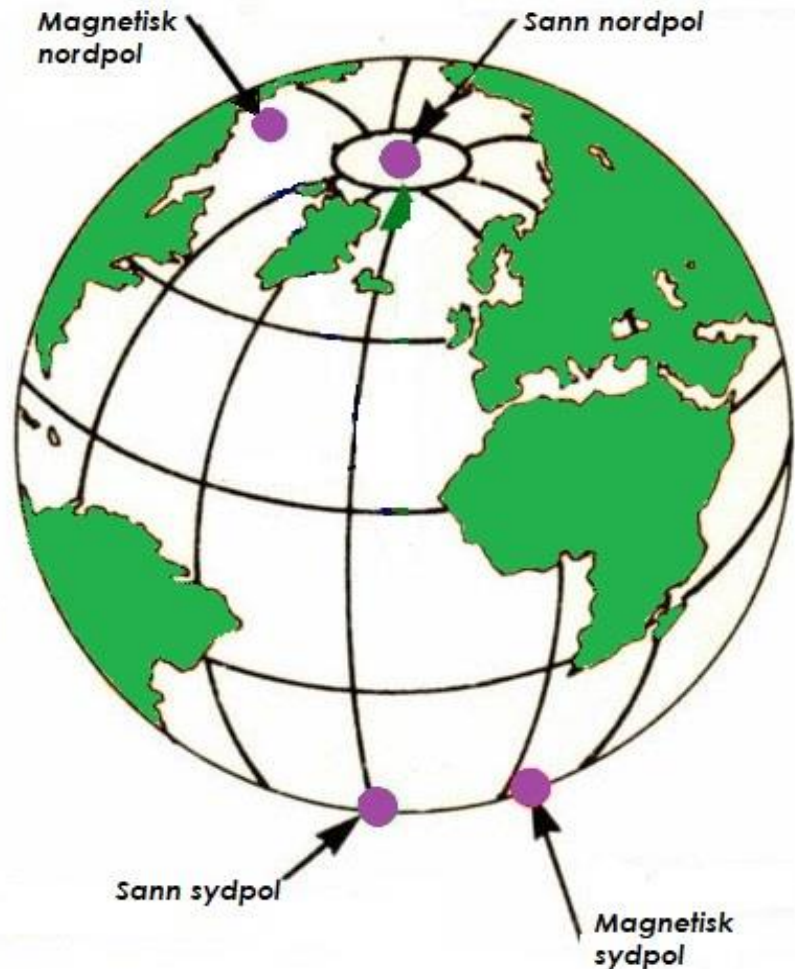


# Oppdeling og kardinalkurser

- Jordkloden og horisonten (slik vi ser det i et fly) deles opp i 360 grader
- Nord, øst, syd og vest kalles for kardinalkurser, og vi skriver gradene som:
- Nord er 360, 000 eller N
- Øst er 090 eller Ø («E»)
- Syd er 180 eller S
- Vest er 270 eller V («W»)

Versjon 2.0

# Sann pol og magnetisk pol



- På grunn av endringer i Jordens magnetiske indre, ligger ikke magnetisk nordpol og sydpol sammen med geografiske nordpol og sydpol
- Men «vandrer» henholdsvis rundt geografisk nordpol og geografisk sydpol
- Det blir en vinkel mellom retningen til geografisk nord- og sydpol og retningen til magnetisk nord- og sydpol





# Variasjon, deklinasjon, misvisning – samme betydning

---

- Vinkelen mellom retningen til geografisk nord- og sydpol og retningen til magnetisk nord- og sydpol kaller vi for misvisning, variasjon («variation») eller deklinasjon («declination»)
- Misvisningen øker når vi nærmer oss en av de magnetiske polene, men like viktig er at misvisningen forandrer seg hele tiden. Opplysninger om misvisning på en flyplass finner vi i AIP – del AD for den enkelte flyplass
- Misvisningen har skjedd hurtigere de siste årene. I 1998 var misvisningen null i Oslo, mens i 2022 har den blitt mer enn fire grader øst. Null misvisningen (agonen) ligger dette året midt ute i Nordsjøen.

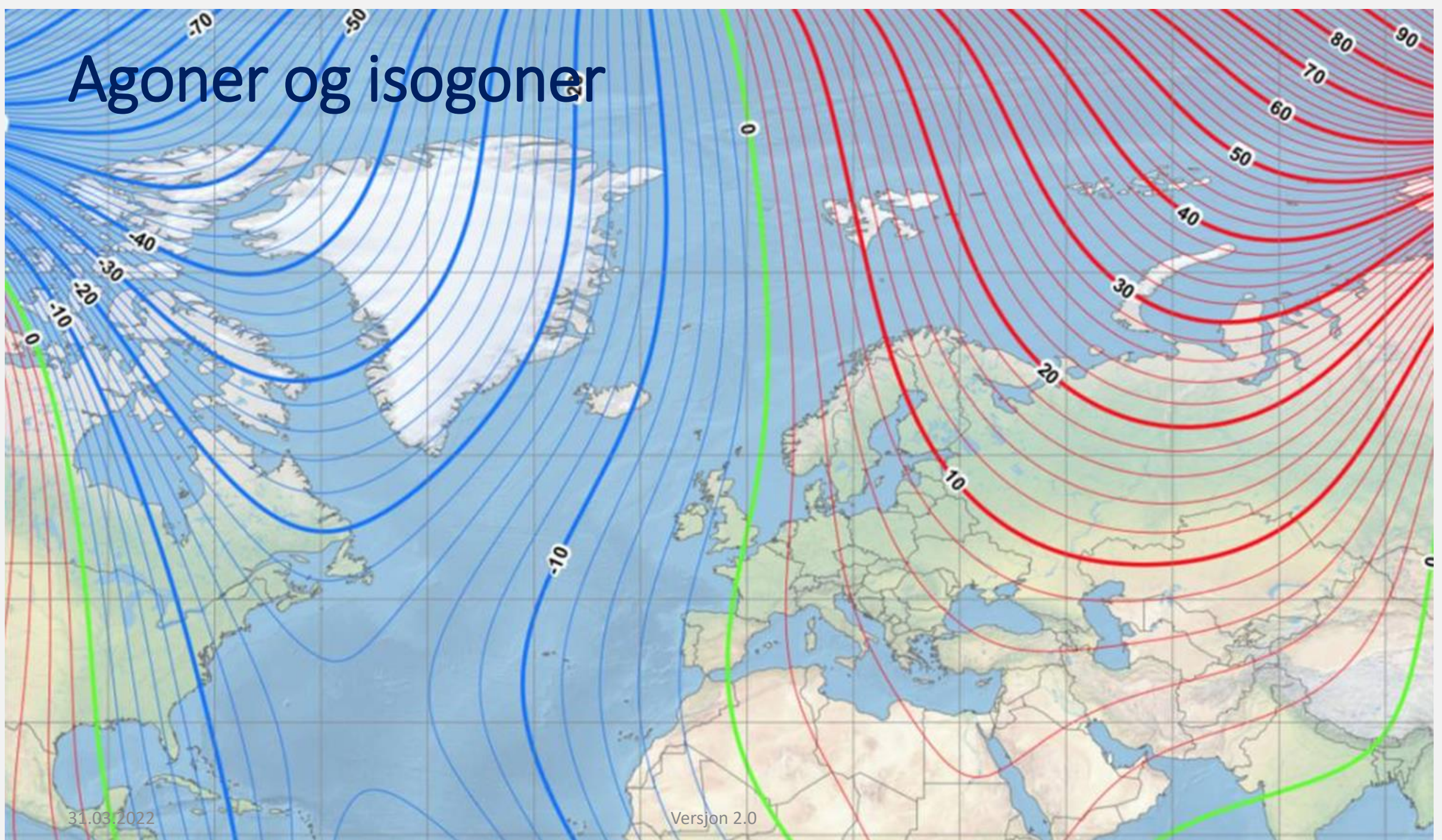


# Jordens magnetiske felt, dipvinkel og inklinasjon

- Jordkloden har et magnetisk felt som spenner fra magnetisk nordpol i nord til magnetisk sydpol i syd
- Magnetfeltet er horisontale linjer som går fra pol til pol og skråner ned mot polpunktet gjennom jordoverflaten (inklinasjon)
- Det kaller vi for dip-vinkelen, og ved de magnetiske polene er denne nitti grader (på Ekvator null grader)
- Siden magneten (nålen) i kompasset følger Jordens magnetiske felt, betyr det at kompasset blir mer og mer ubrukbart dess lengre nord vi beveger oss på den nordlige halvkule, over 75 grader breddegrad vil kompassnålen vri seg så mye ned mot bakken at det blir vanskelig å bruke kompasset



# Agoner og isogoner







Deviasjon («deviation») –  
forstyrrelser på grunn av lokale  
magnetiske felt i flyet

# Deviasjon

# Oversikt begreper

- Det er lett å forveksle inklinasjon, deklinasjon og deviasjon, så vi summerer opp:
- Inklinasjon («inclination») – er hvor mye jordens magnetiske felt skråner ned mot jordoverflaten
- Variasjon («variation») eller misvisning, er vinkelforskjellen mellom retningen på geografisk og magnetisk nord
- Deviasjon («deviation») – er forstyrrelser på grunn av lokale magnetiske felt i flyet
- Agon – linje tegnet på et kart som går gjennom områder med null variasjon
- Isogon – linje tegnet på et kart som går gjennom områder med samme variasjon



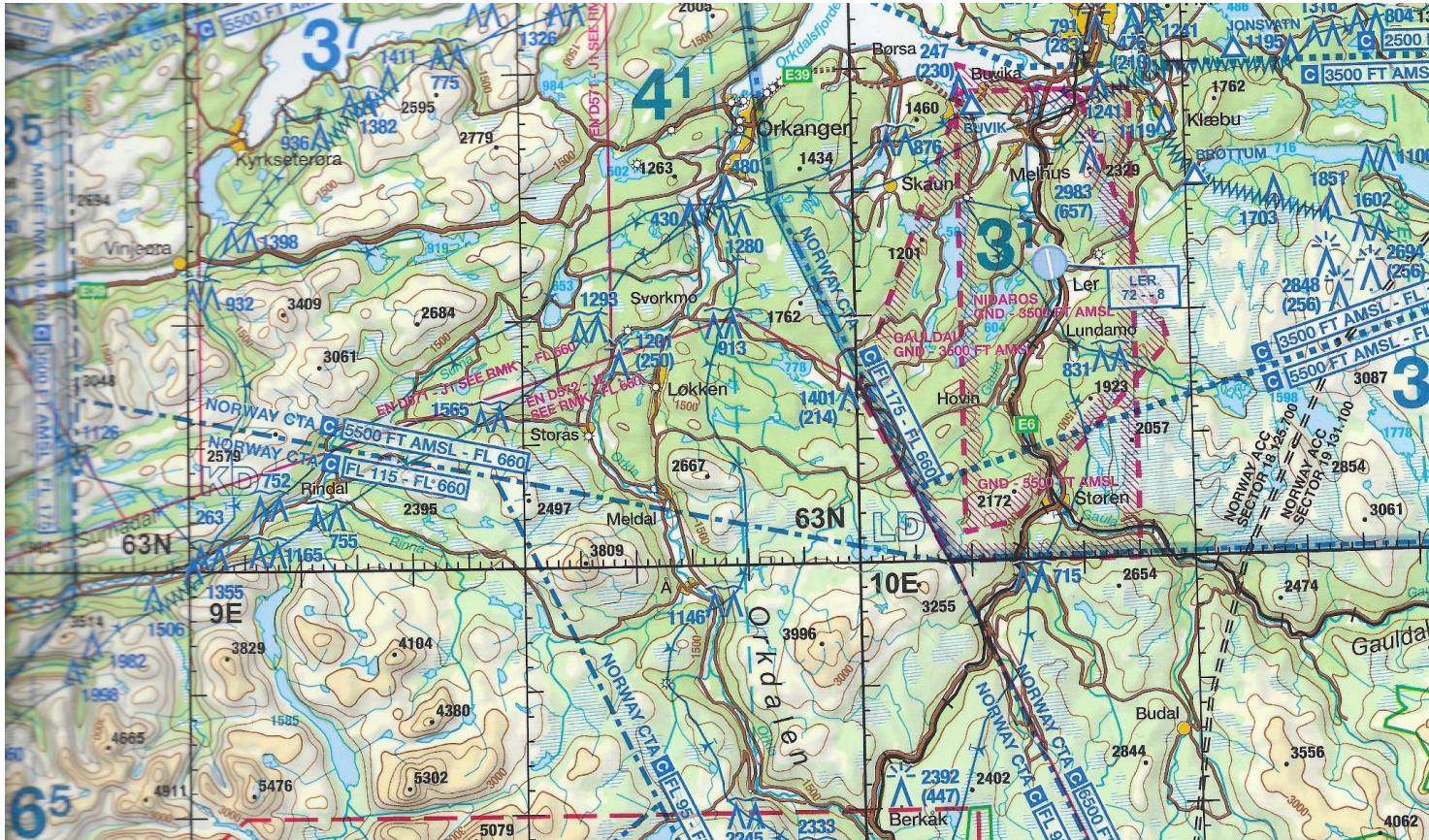


# Kart og kompass



NORGES LUFTSPORTFORBUND





- Et flatt og forminskt bilde av jordkloden
- Alle kart er tegnet i en gitt målestokk
- Målestokk er forholdet mellom avstanden vi måler på et fysisk kart og reell avstand i terrenget
- En målestokk på 1:500 000 betyr at alle avstander vi måler på kartet er 500 000 ganger lengre i virkeligheten. 1 cm = 500 000 cm = 5000 meter i virkeligheten

# Kart

# Regne distanser ut fra målestokk

- Målestokk 1:150 000. Hvor langt er 8 cm på kartet i meter på bakken?
- $150\ 000 \times 8/100 = 12\ 000$  meter
- Målestokk 1:500 000. Hvor mange centimeter på kartet er 20 000 meter på bakken?
- $20\ 000/500\ 000 \times 100 = 4$  centimeter





# VFR-flykart

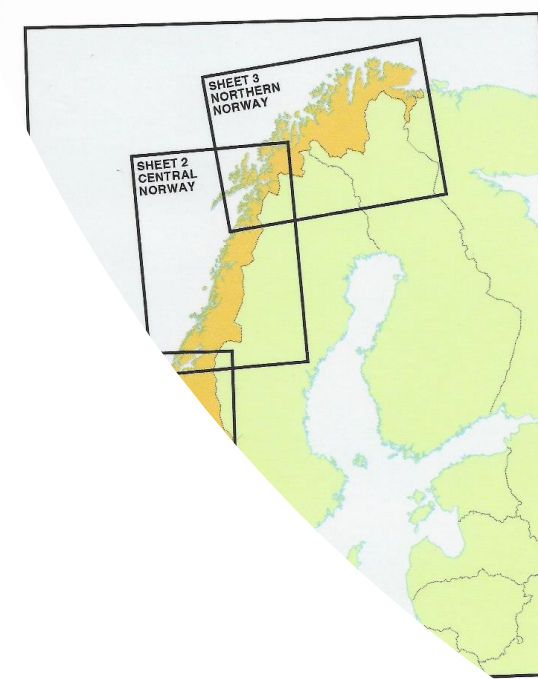
- Topografiske kart som er påført informasjon som terreng, luftrom, radionavigasjonshjelpemidler og flyplasser
- Terrenginformasjon fremstilles ved hjelp av høydekurver som kalles for koter
- Distansen mellom to koter kalles for ekvidistanse

BUILT-UP AREAS			HIGHWAYS AND ROADS			MISCELLANEOUS (Cont.)				
47	City or large town		57	Dual highway		69	Pipeline			
48	Town		58	Primary road		70	Oil or gas field			
49	Village		59	Secondary road		71	Tank farms			
50	Buildings		60	Trail		72	Nuclear power station			
RAILROADS			61	Road bridge		73	Coast guard station			
51	Railroad (single track)		62	Road tunnel		74	Lookout tower			
52	Railroad (two or more tracks)		MISCELLANEOUS			75	Mine			
53	Railroad (under construction)		63	Boundaries (international)		76	Forestranger station			
54	Railroad bridge		64	Outer boundaries		77	Race track or stadium			
55	Railroad tunnel		65	Fence		78	Ruins			
56	Railroad station		66	Telegraph or telephone line (when a landmark)		79	Fort			
			67	Dam		80	Church			
			68	Ferry		81	Mosque			
			AERODROMES			82	Pagoda			
84	Civil	Land		88	Joint civil and military	Land		92	Sheltered anchorage	
85	Civil	Water		89	Joint civil and military	Water		93	Aerodrome for use on charts on which aerodrome classification is not required e.g. Enroute Charts	
86	Military	Land		90	Emergency aerodrome or aerodrome with no facilities			94	Heliport Note.— Aerodrome for the exclusive use of helicopters	
87	Military	Water		91	Abandoned or closed aerodrome			95 Note.— Where required by the function of the chart, the runway pattern of the aerodrome may be shown in lieu of the aerodrome symbol, for example: 		



# Rammeinformasjon på VFR-flykart

- Viktig informasjon om kartet, står i tilknytting til kartbildet og består blant annet av kartsymboler. Disse forteller oss det vi trenger å vite om terreng, byer og luftrom langs den ruten vi skal fly
- I tillegg finner vi hvilken projeksjon som er brukt når kartet ble produsert og hvilken geodetisk datum som er brukt
- Rammeinformasjonen gjør oss med andre ord i stand til å bruke kartet på en effektiv og fornuftig måte



Distance-measuring equipment (DME)

Collocated VOR and DME (VOR/DME)

### Aerodromes/ Airfields

- Civil aerodrome
- Military aerodrome
- Joint civil and military aerodrome
- Minor airfield

Main runway pattern is shown

- Abandon airfield
- Helicopter site

### Radio navigation system information boxes

VOR/DME VARDØ  
114.100 VRD  
702128N 0310250E

- Radio navigation system
- Name
- Frequency, Id
- Coordinates

### Aerodrome airfield information box

BODØ (ENBO)  
43 L H 38

- Name, ICAO 4-letter location indicator
- Elevation in feet, lighting, hard surface runway, length of longest runway in hundreds of meters (A dash (-) is inserted where L or H do not apply)

NOTE: Norsk Aero Klubb (NAK) chat frequency: 123.5 MHz

### Prohibited, restricted and danger areas

EN D406  
GND-FL 360

EN D356  
GND-FL 270

- Danger (D)/restricted (R) area, continuously active
- Danger (D)/restricted (R) area, activated by NOTAM
- Military exercise and training areas (AMC/TSA)

SEE RMK: Lower limit corresponds with lower limits of controlled airspace

### Protected areas with flight restrictions

GND - 1000 FT AGL

Larger protected area (correct shape)

Flying below 1000 feet above ground level (AGL) is prohibited. If vertical limits is not shown, landing is prohibited.

### Vertical obstructions

- Mast etc. Unlit. Lit
- Masts etc., multiple. Unlit. Lit
- 821 (427)
- Elevation of obstruction top, feet above mean sea level (AMSL). Height of obstruction, feet above ground level (AGL).
- Powerline, aerial cableway etc.





# Ønskede egenskaper VFR-flykart

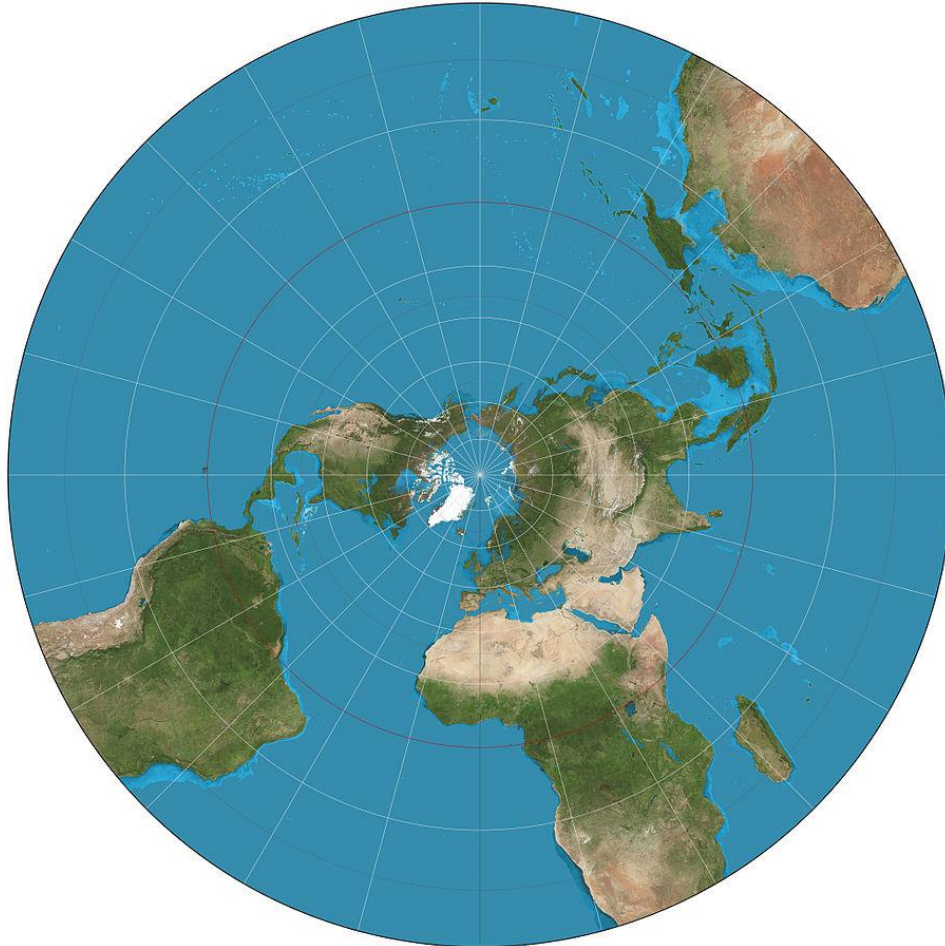
- Et kart er et flatt bilde (projeksjon) av en klode, og det vil være feil i kartet, da det ikke er mulig å avbilde kloden på en slik måte at alle vinkler, flater og lengder er korrekte
- Vi snakker derfor om at kartet enten har en lengdefeil, flatefeil eller vinkelfeil, og om det er avstandstro (ekvidistant), flatetro (ekvivalent) eller vinkeltro (konformt)
- Avstandstro: Distansen er korrekt langs visse linjer
- Flatetro: Alle flater er forminset i samme forhold – gir riktig areal på kartet
- Vinkeltro: Flatene har riktig form, men er ikke respektivt i riktig størrelse



# ICAOs krav

- Et VFR-flykart må være
  - konformt, og
  - storsirkeltrekket må fremstå som en rett linje
  - peilinger og vinkler må stemme fullt og helt med tilsvarende peilinger og vinkler på jordkloden
- Et konformt kart har følgende egenskaper:
  - alle breddeparalleller og meridianer skjærer hverandre med rett vinkel
  - alle peilinger er korrekte
  - målestokken er korrekt i alle retninger fra et gitt punkt
  - formen på små arealer vil være korrekt, men noe forvrenget på større arealer
  - både storsirkel og loksodromlinjene presenteres som rette linjer slik at vi slipper problemer med konvergens

# Planprojeksjon («plan projection»)



- I en planprojeksjon tar vi området fra jordkloden og fører det over på en plan flate med utgangspunkt i midtpunktet på området
- Denne metoden brukes i sær til å fremstille Jordens halvkuler og til polare kart m.m.



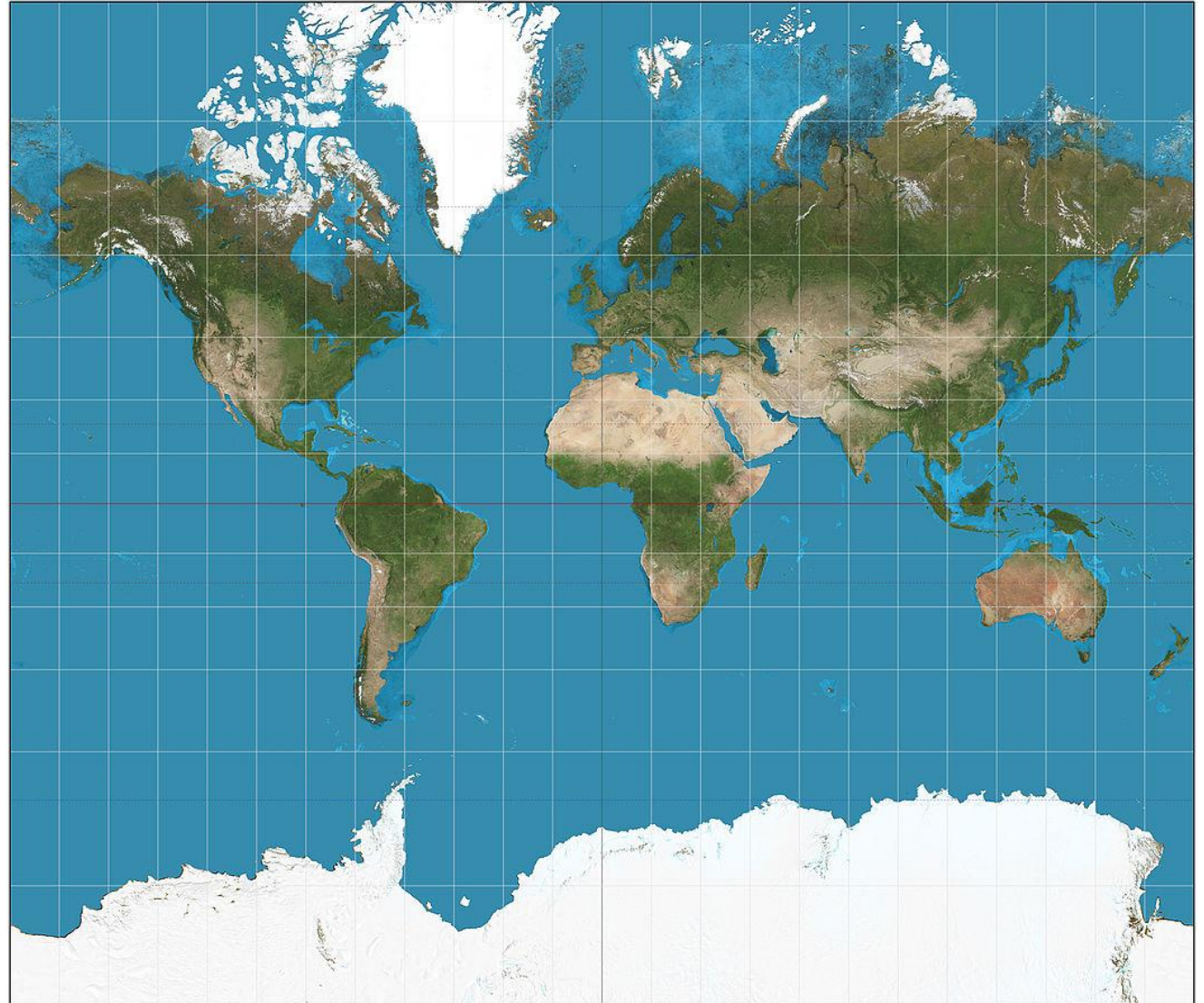


# Kjedgeprojeksjon («cone projection»)

- I en kjedgeprojeksjon projiseres området som skal overføres til et kartet over på en kjedgeplate som deretter brettes ut som et plan
- Meridianene er rette linjer og parallellsirklene konsentriske sirkler

## Sylinderprojeksjon («cylinder projection»)

- I en sylinderprojeksjon projiseres området som skal overføres til et kart på en sylinder som deretter brettes ut som et plan







# Merkators projeksjon («direct Mercator»)

---

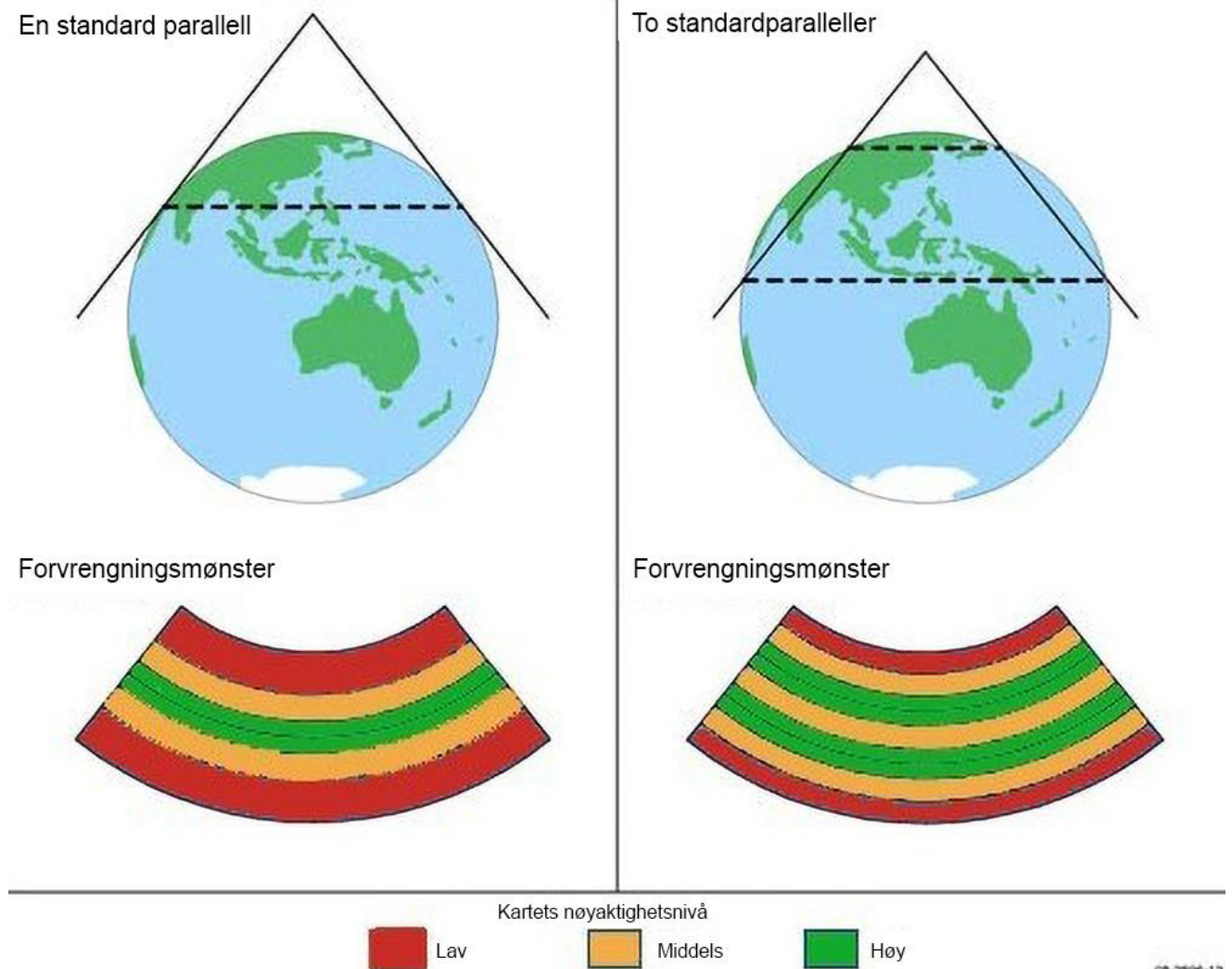
- Merkator er en karttype som i hovedsak brukes i maritim navigasjon («direct Mercator»), men som også kan brukes til flynavigasjon rundt polene («transverse og oblique Mercator»)
- Merkator (direct) er en sylinderprojeksjon



# Lamberts konforme projeksjon («Lambert conformal»)

- Lambert er karttypen som er mest brukt i luftfart
- Lambert lages ved at en papirkjgle rulles rundt området som skal kartlegges. Mest vanlig er at kjeglens topp står over en pol, og at papirkjeglen berører jordkloden langs to breddeparalleller. Disse kalles for standardparalleller
- Lambert brukes normalt i områdene fra Ekvator og til omtrent 80 grader bredde. Det vil si at polpunktene aldri kommer med på kartet

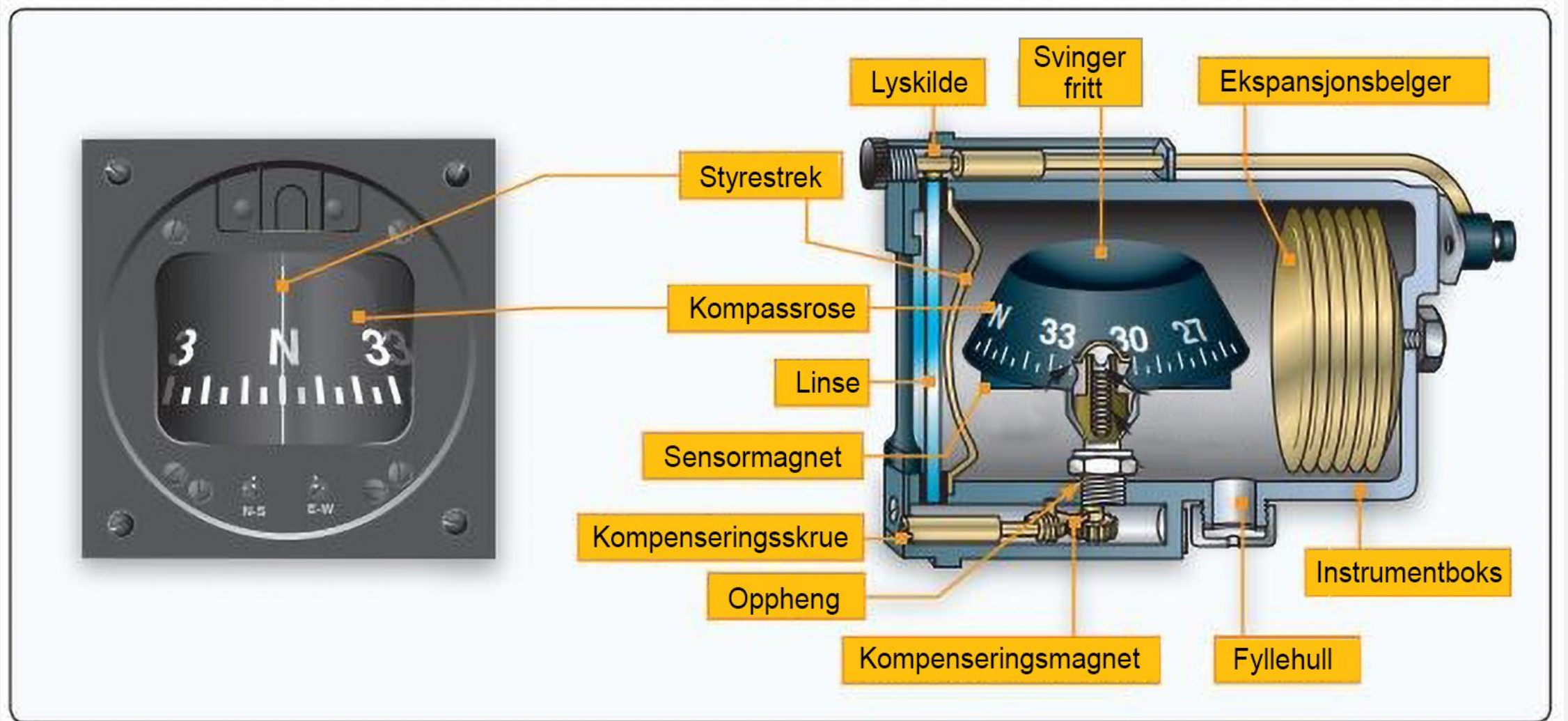
31.03.2022



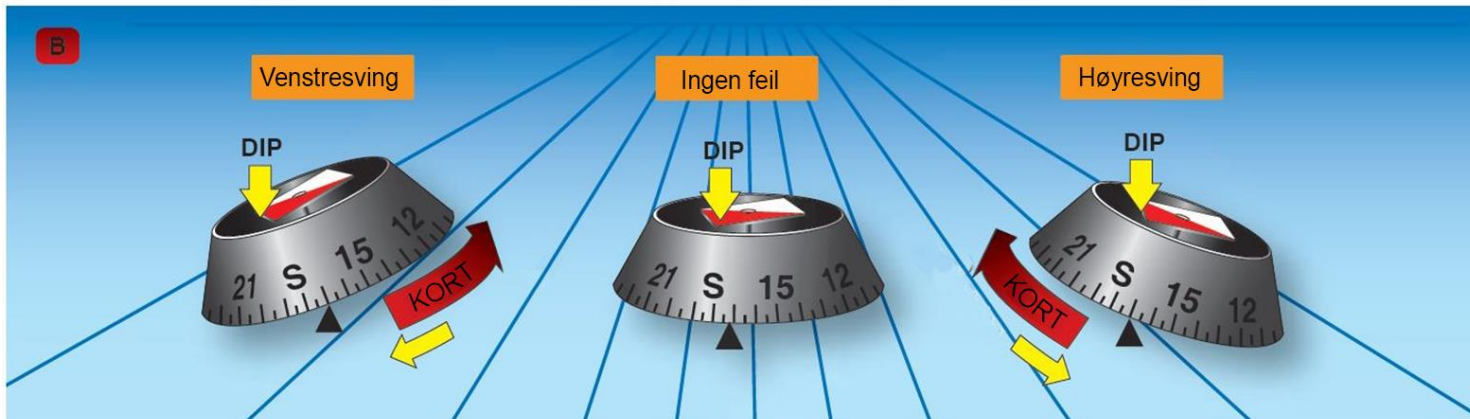
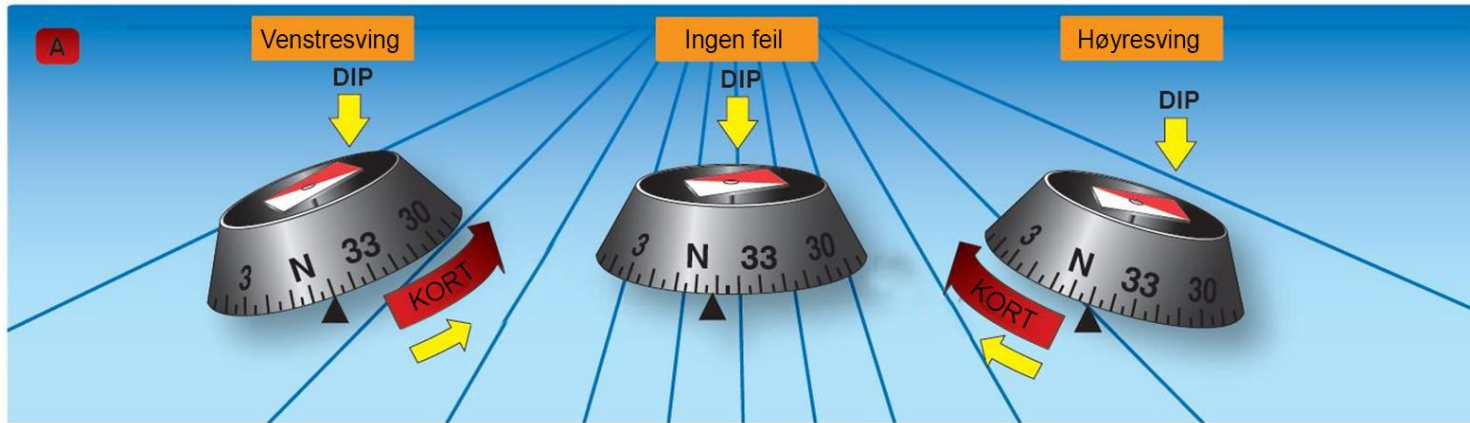
# Kompass

- Et magnetisk kompass svinger fritt i kassen sin
- I sin enkleste form består det av to magneter som er festet til en metallflottør eller en pendel og lukket inne i en liten kasse (kalt «hus») sammen med en væske som demper bevegelse
- Kassen har et vindu hvor det er en vertikal strek som kalles for styrestrek («lubber line»). Bak styrestreken finner vi en avlesningsskala som viser 360 grader

# Kompass

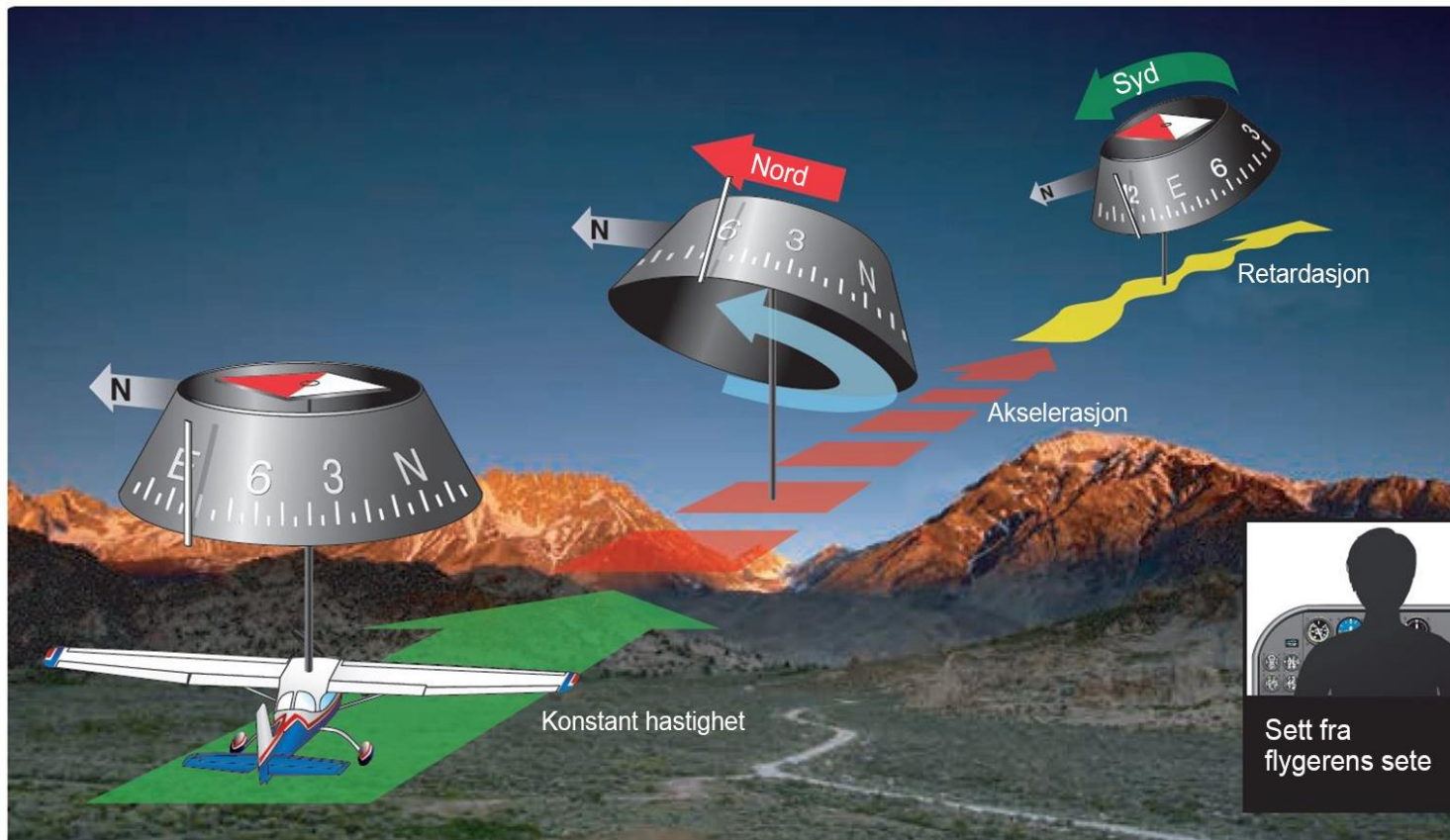






# Kompass - svingefeil

- Vi svinger vekk fra nordlig kurs (flyet krenger) (svingfeil). Kompasset viser for lite eller indikerer motsatt sving. Kompasset vil en stund vise en kurs som ligger etter («lags») virkelig kurs, men vil «ta oss igjen» etterhvert
- Vi svinger vekk fra sydlig kurs (flyet krenger) (svingfeil). Kompasset viser en for rask sving (ligger foran flyet). Den virkelige kursen tar etter hvert «igjen» kompassindikasjonen



Vi øker eller senker farten på østlige eller vestlige kurser (akselerasjonsfeil). Øker vi farten vil kompasset indikere en sving mot nord. Senker vi farten vil kompasset indikere en sving mot syd

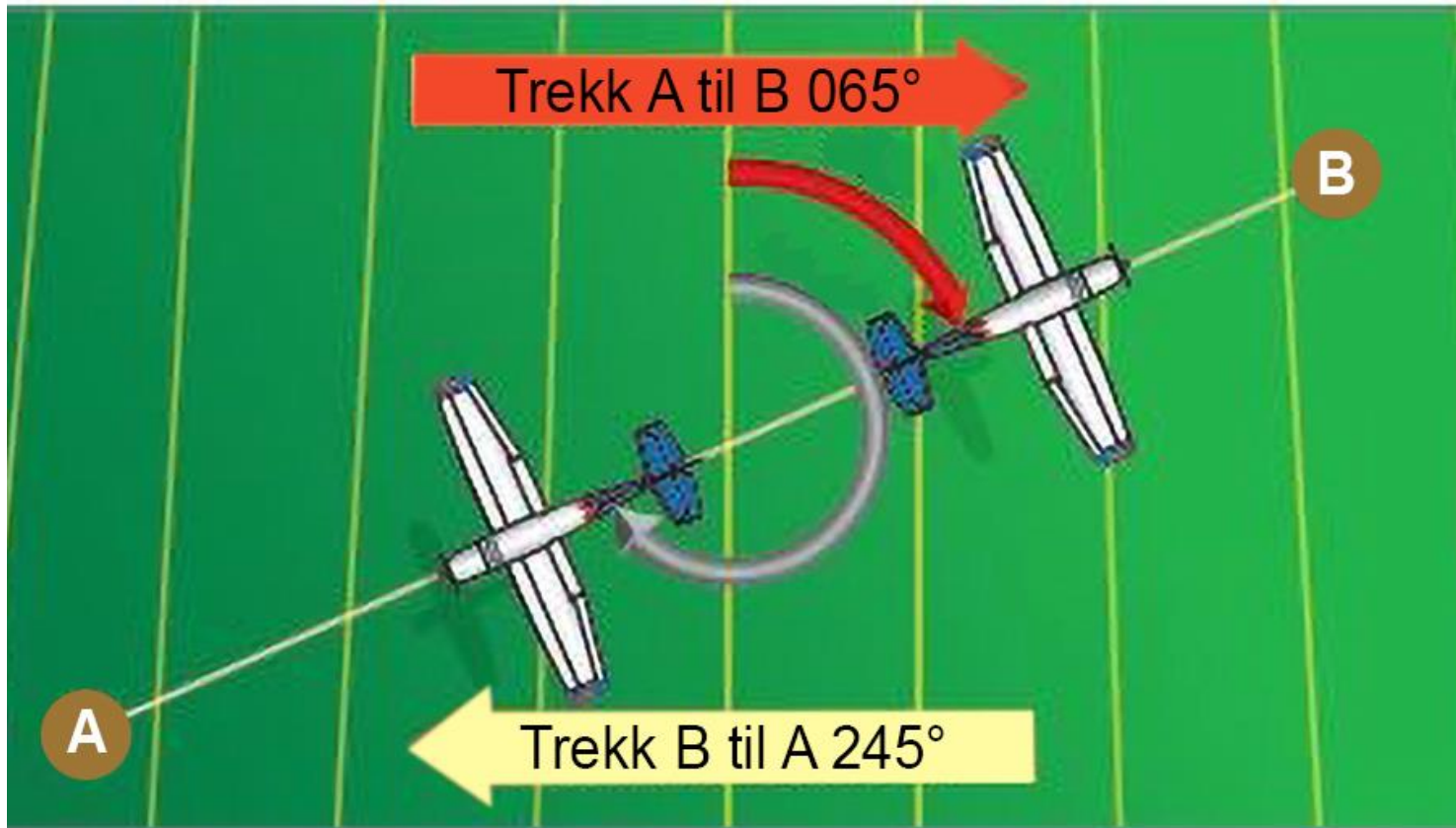
# Kompass - akselerasjonsfeil



## Bestikknavigasjon («dead reckoning»)



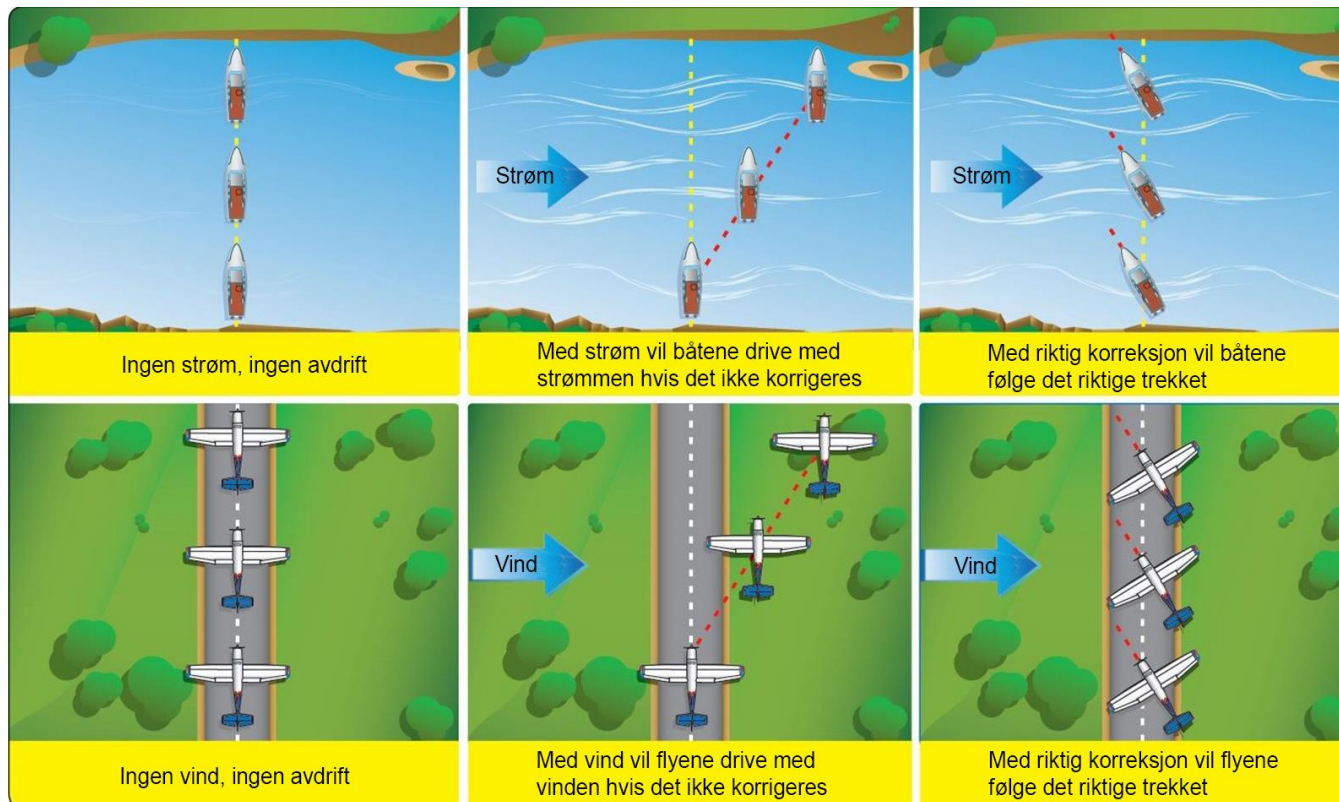


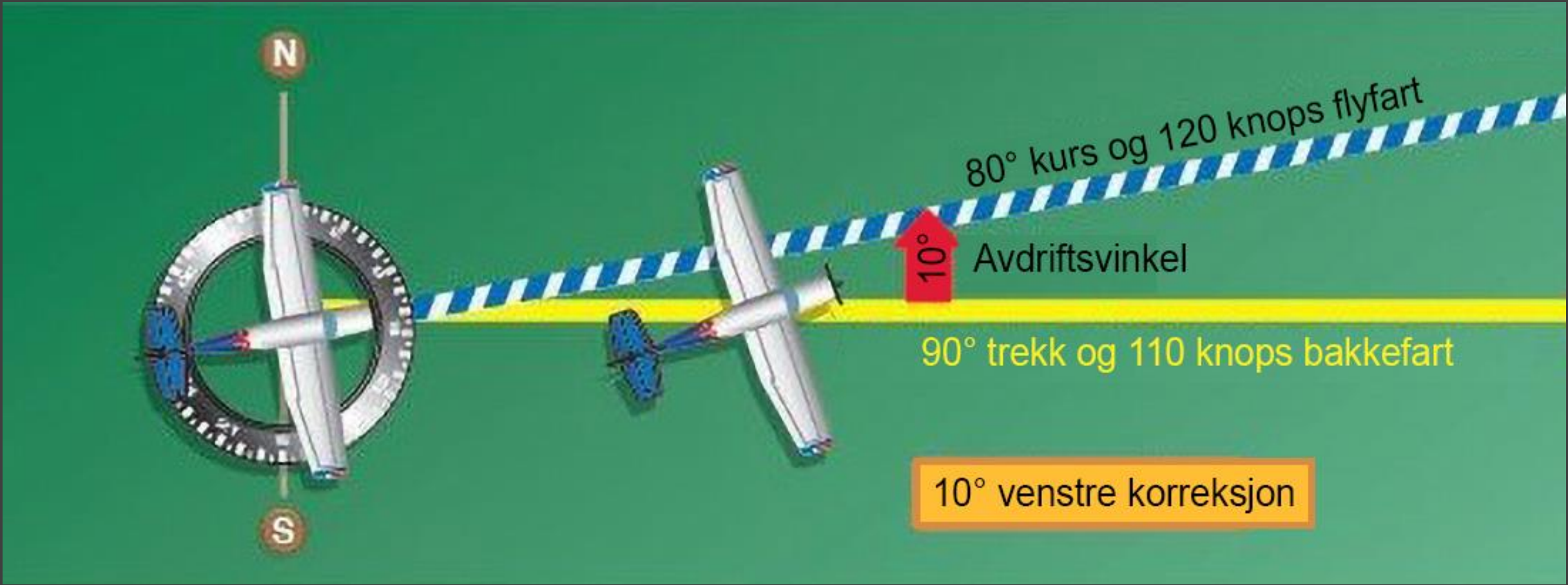


## Ønsket trekk («TT – true track»)

- Vi bruker jordens meridianer for å bestemme retning
- Vi tegner opp på et kart den ruten vi ønsker å fly, og deretter måle vinkelen mellom ruten og en meridian
- Ruten kaller vi for trekket, eller ønsket trekk og siden vi måler i retning med klokken fra en sann meridian, kaller vi også trekket for sant («TT – true track»)
- For å måle retning korrekt, må vi derfor måle fra den meridianen som ligger midtveis mellom punktene vi skal fly

# Vind og hastighet





# Prinsipp for vindopplegg

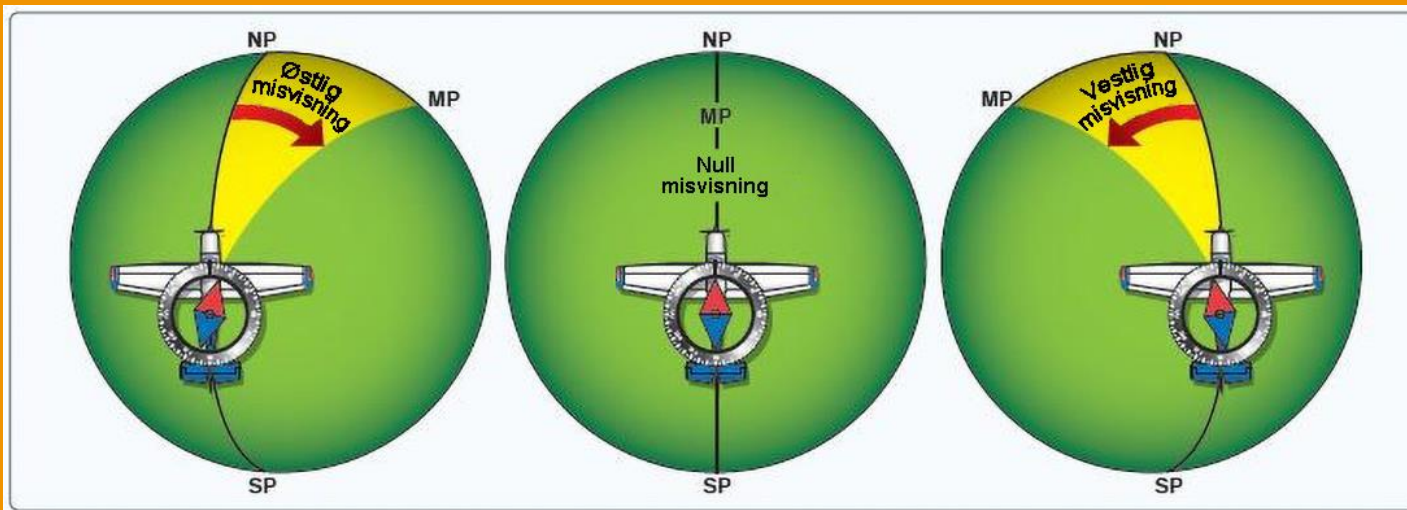


## Sann kurs («TH – true heading»)

- Sann kurs er hvor nesen på flyet peker under flyging
- Sann kurs måles også med klokken fra sant nord
- Forskjellen mellom ønsket trekk og sann kurs skyldes vind



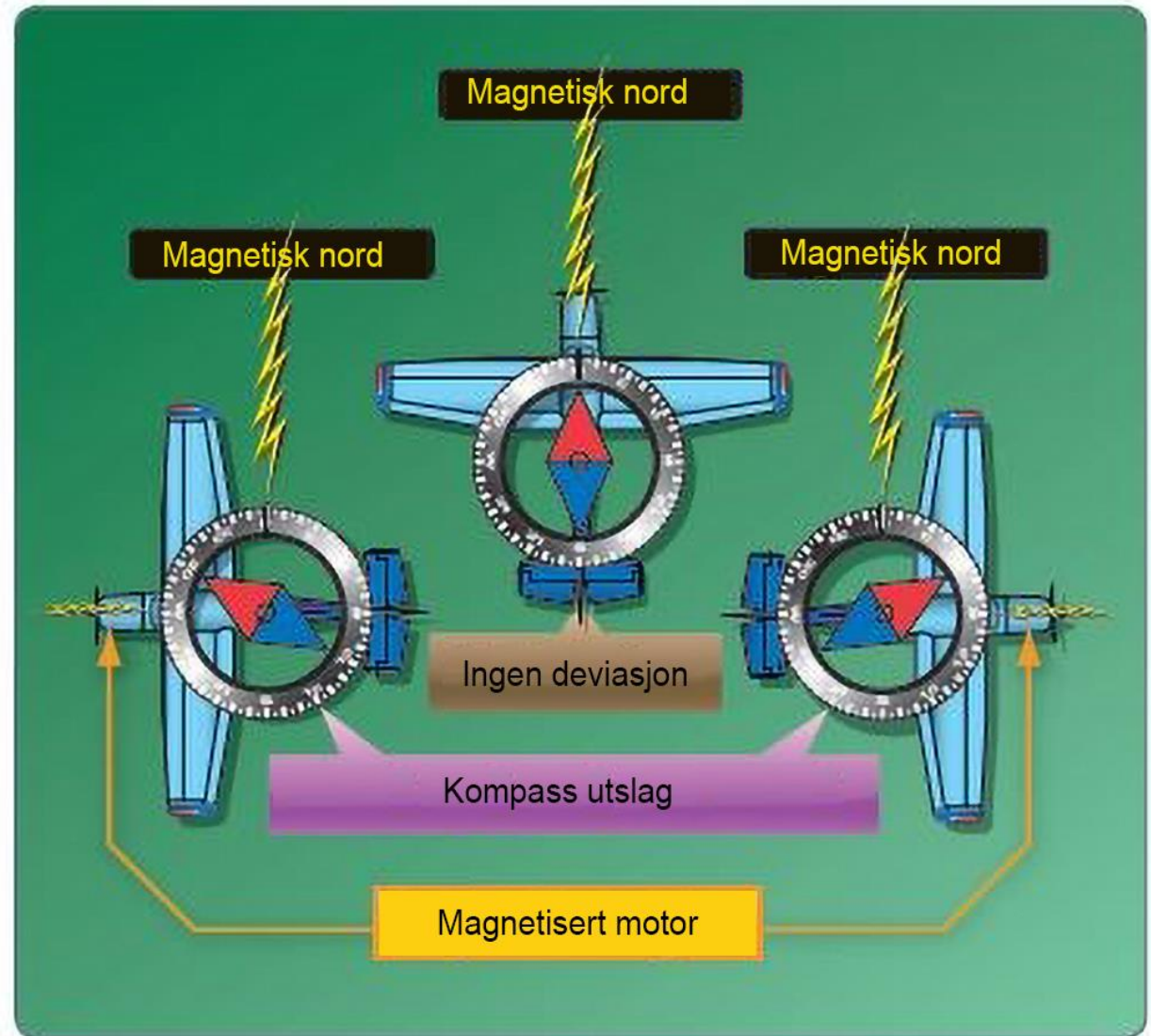
# Magnetisk kurs («MH – magnetic heading»)



- Variasjon / misvisning er vinkelforskjellen mellom retningen til geografisk og magnetisk nord
- Variasjonen må legges til, eller trekkes fra sann kurs for å finne magnetisk kurs som vi i de fleste tilfeller leser rett av flyets instrumenter
- Forskjellen mellom sann kurs og magnetisk kurs skyldes variasjonen på stedet

## Kompasskurs («CH – compass heading»)

- Et fly har mange elektromagnetiske kilder, som i seg selv påvirker kompasset, og vi får en feil som vi må korrigere for
- Da må altså deviasjonen legges til, eller trekkes fra magnetisk kurs for å finne kompasskursen
- Forskjellen mellom magnetisk kurs og kompasskurs skyldes altså deviasjon

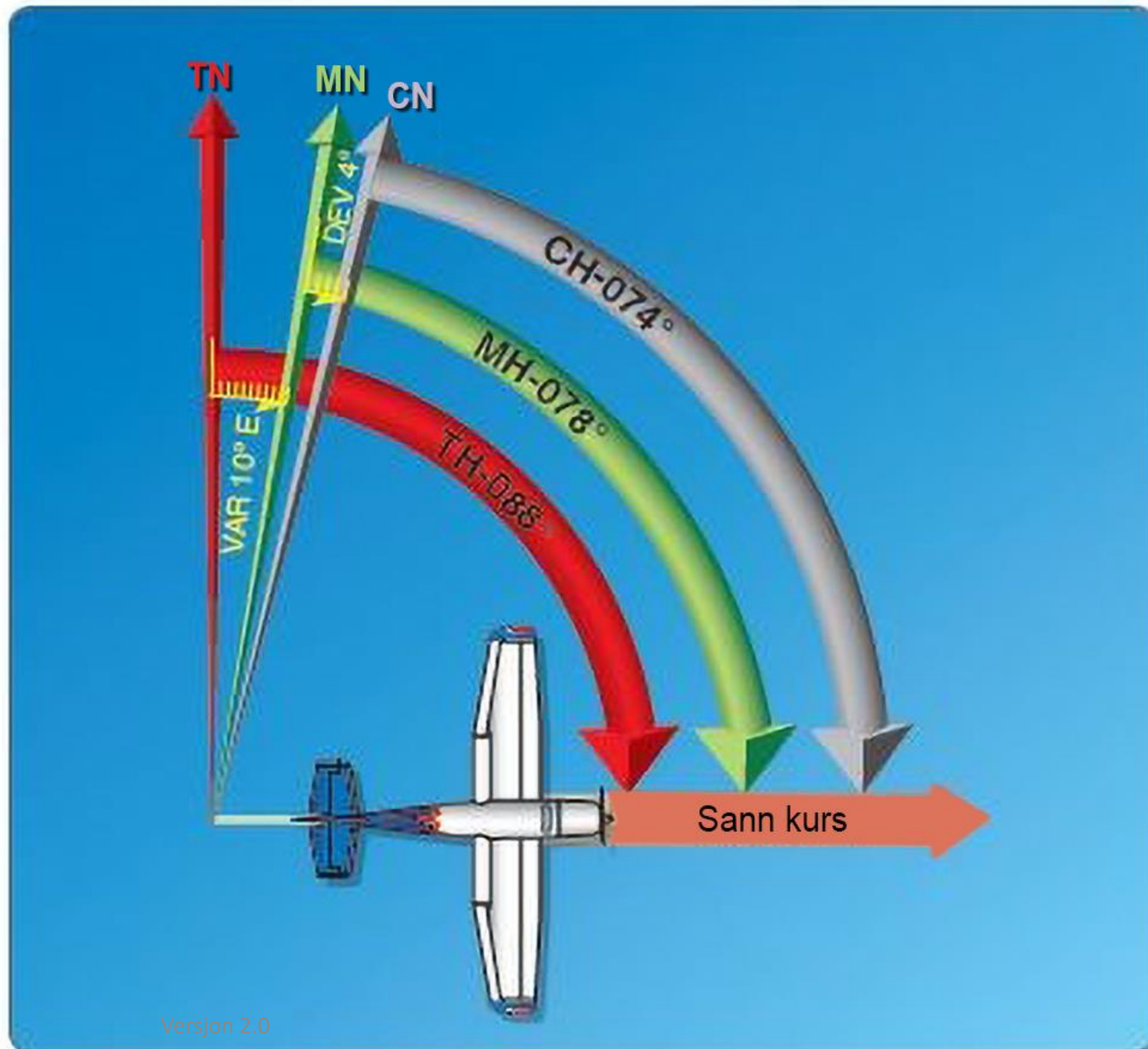




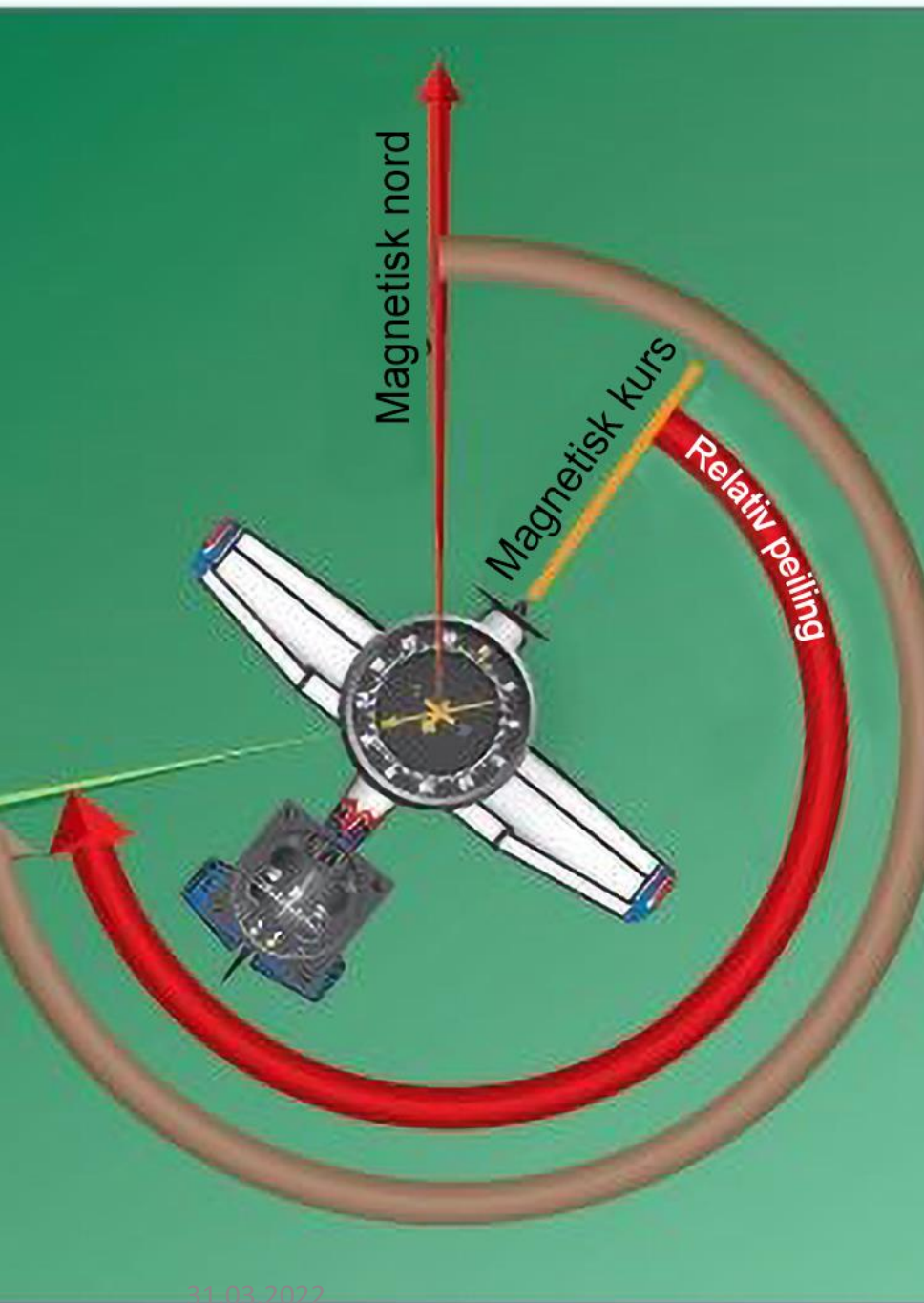
# Fortegnsregelen og sammenheng mellom TH, MH og CH

- Sammenhengen mellom TH, MH og CH, finner vi ved å ta TH og legge på eller trekke fra variasjonen (VAR), og ta MH og legge på eller trekke fra deviasjonen (DEV)
- VAR og DEV oppgis som vestlig eller østlig, men kan også oppgis med plusstegnet (+) og minustegnet (-)
- Når vi skal regne fra TH til CH har vi følgende huskeregel:
- *West is best og east is least*
- Vi legger på vestlig («W») VAR og DEV og trekker fra østlig VAR og DEV («E») når vi tar utgangspunkt i TH og skal finne CH
- Når vi tar utgangspunkt i CH og skal finne TH, trekker vi fra vestlig VAR og DEV og legger på østlig VAR og DEV
- Blander vi noe som kalles «fortegnsregelen» inn i dette, får W fortegnet minus (-) og E får fortegnet pluss (+)
- Det betyr at når vi går fra CH til TH skal fortegnet brukes med sitt rette fortegn og
- når vi tar utgangspunkt i TH og skal finne CH, regnes (+) som minus, og (-) som pluss

# Sammenheng mellom TH, MH og CH



# Peilinger



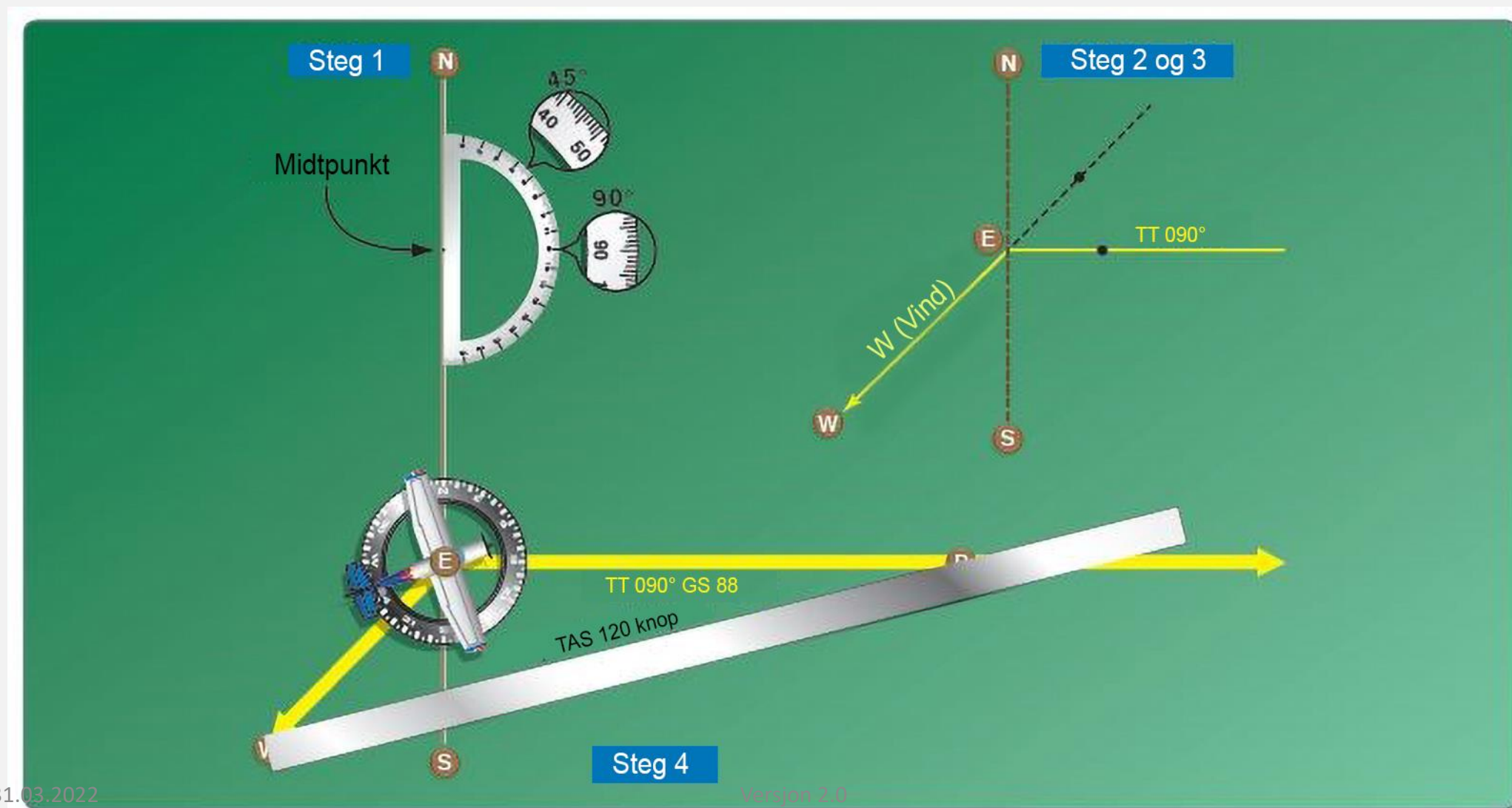
- *Relativ peiling* («RB – relative bearing»), vi bestemmer posisjonen til et objekt relativt til flyets lengdeakse, enten i form av grader, eller i form av å bruke en klokke som referanse
- *Sann peiling* («TB – true bearing»), vi bestemmer posisjonen til et objekt ut fra sant nord. Sann peiling finner vi ved å ta sann kurs (TH) og legge til relativ peiling (RB).  $TB = TH + RB$
- *Magnetisk peiling* («MB – magnetic bearing») vi bestemmer posisjonen til et objekt ut fra magnetisk nord. Magnetisk peiling finner vi ved å ta magnetisk kurs (MH) og legge til relativ peiling.  $MB = MH + RB$
- *Kompas peiling* («CB – compass bearing») hvor vi bestemmer posisjonen til et objekt ut fra kompass nord. Kompas peiling finner vi ved å ta kompasskurs (CH) og legge til relativ peiling.  $CB = CH + RB$



# Oppsummering

- *Trekk* er ønsket trekk over bakken, det vil si den linjen vi trekker mellom to punkter på et kart
- Trekket er vinkel i grader målt med klokken fra en spesiell referanse datum (0 grader til 360 grader)
- *Kurs* er den retningen som flyets nese peker under flyvningen
- *Utfløyet trekk* er som navnet tilsier, det aktuelle trekket vi følger over bakken, og dersom vi har korrigert korrekt for vind (eller det ikke blåser) – skal utfløyet trekk tilsvare trekket (linjen) vi tegnet på kartet
- *Driftvinkel* («DA – drift angle») er vinkelen mellom kursen og trekket
- *Vindkorreksjonsvinkel* («WCA – wind correction angle») er korreksjon for vinden slik at vi får en kurs som tar oss langs ønsket trekk

# Fremgangsmåte for å tegne et vindtriangel



# Posisjonsbestemmelse («DR position fix»)

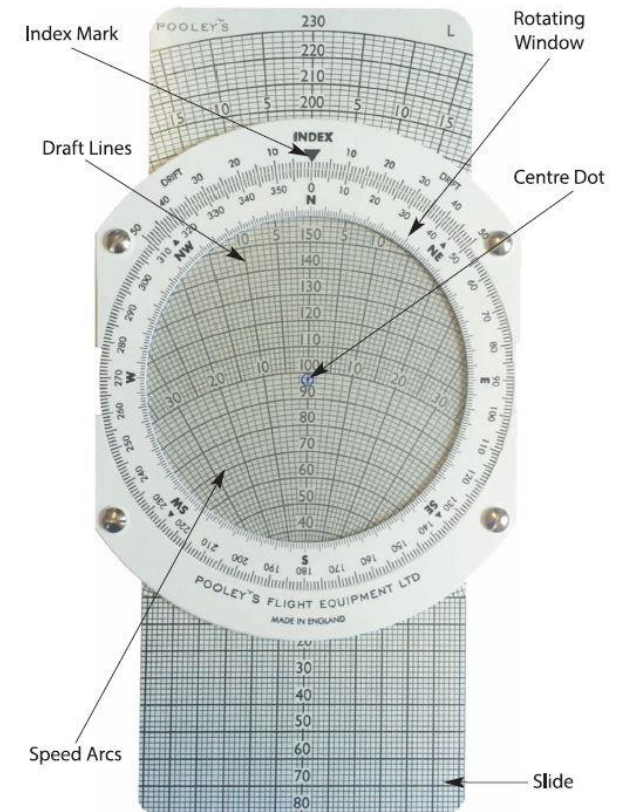
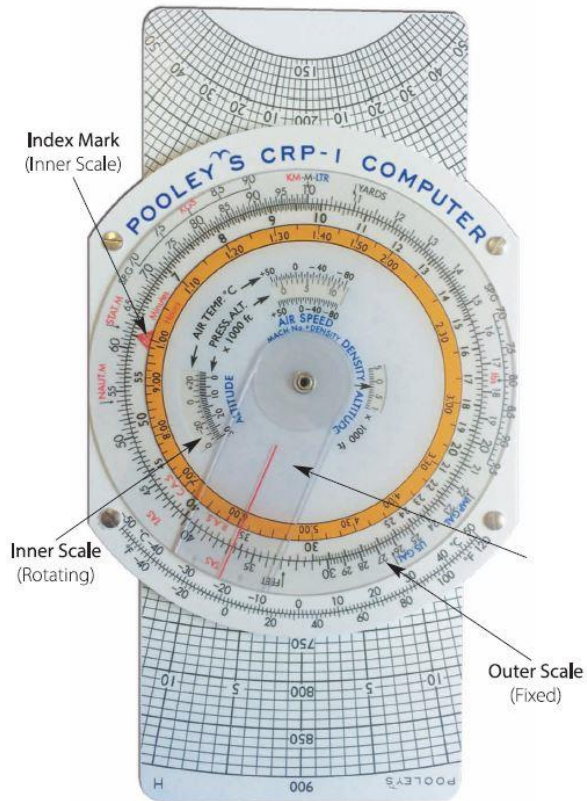
- Finne tidsforbruket: Del distansen på bakkefart. Eksempelvis 25 nautiske mil med en bakkefart på 100 knop =  $25/100 = 0,25$  time = 15 minutter
- Finne utfløyet distanse: Gang bakkefarten med tiden. Eksempelvis 0,25 timer og 100 knop = 25 nautiske mil
- Finne bakkefarten: Del distansen med tiden. Eksempelvis 25 nautiske mil og 0,25 =  $25/0,25 = 100$  knop.
- En nautisk mil («NM») er 1,852 kilometer
- 1:60 regelen

$$x = \frac{\text{avvik i NM}}{\text{utfløyet distanse}} \times 60$$



# Bruk av mekanisk regneskive

Se hvordan den brukes i kapittel 14.1.4





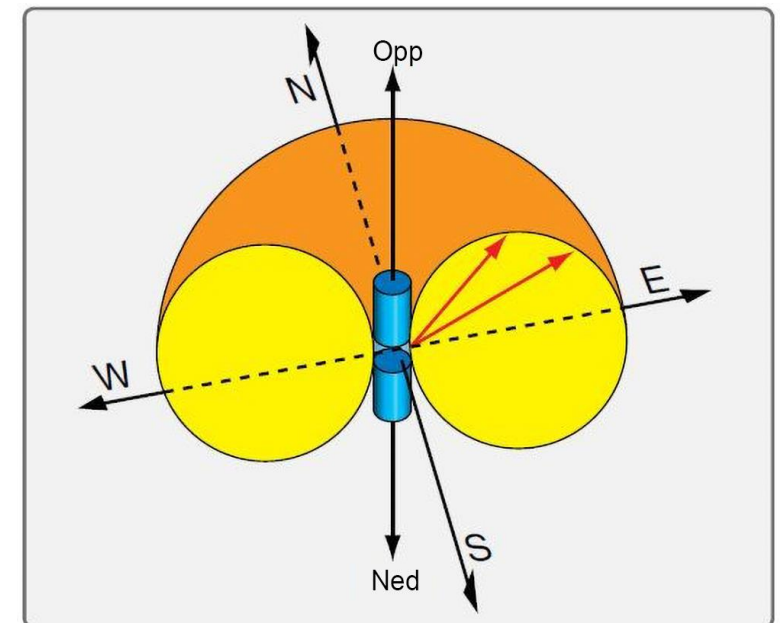
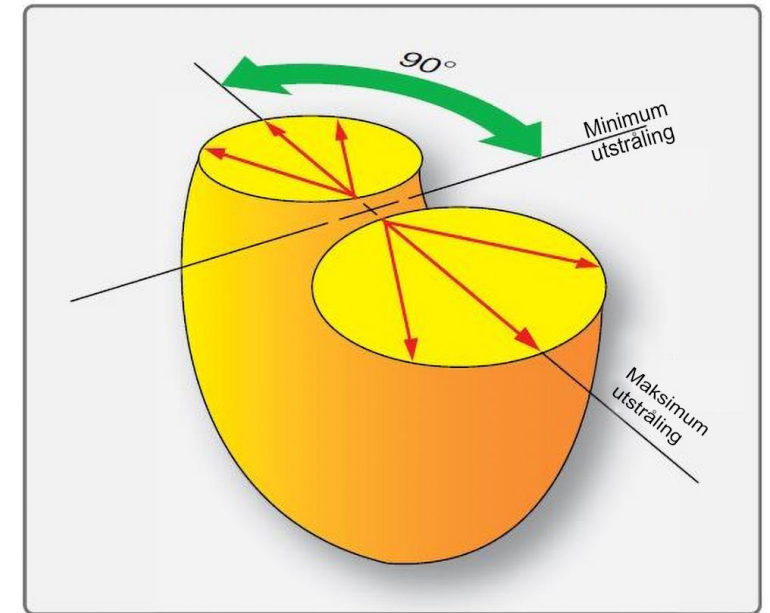
# Antenner og radiobølger



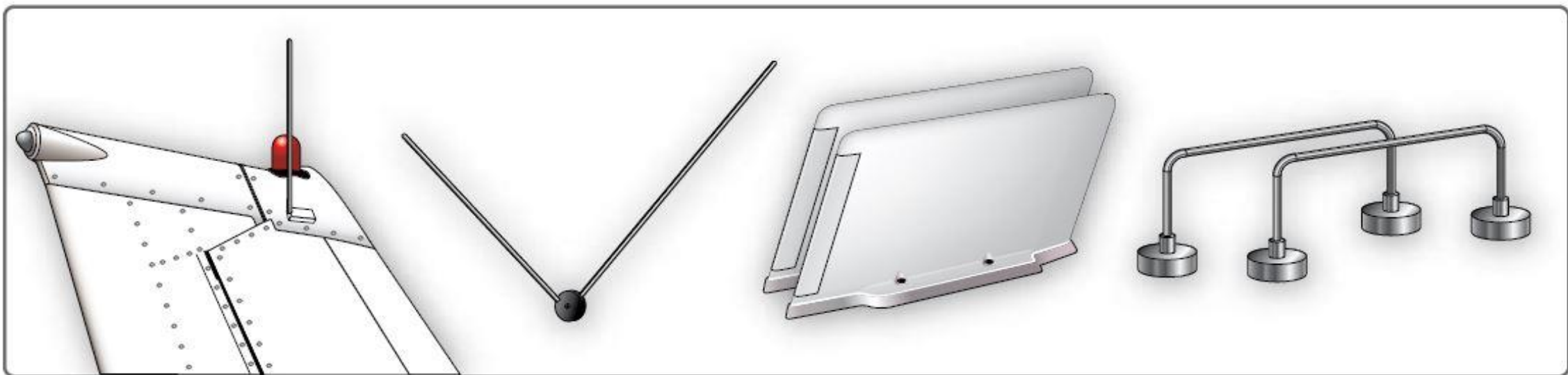
NORGES LUFTSPORTFORBUND

# Antenner

- Vi bruker en antenne for å fange opp og sende radiobølger
- En ideell antennelengde utgjør halve eller en fjerdedel av bølgelengden på aktuell frekvens
- Antennens polarisasjon, type og retning spiller også inn
- En antenne som er vertikalt polarisert monteres vertikalt, og radiobølgene stråler ut fra antennen i et smultring-mønster og i alle retninger
- En antenne som er horisontalt polarisert monteres horisontalt og radiobølgene stråler også her ut fra antennen i et smultringsmønster
- Det sterkeste signalet sender og mottar vi 90 grader på antennelengden





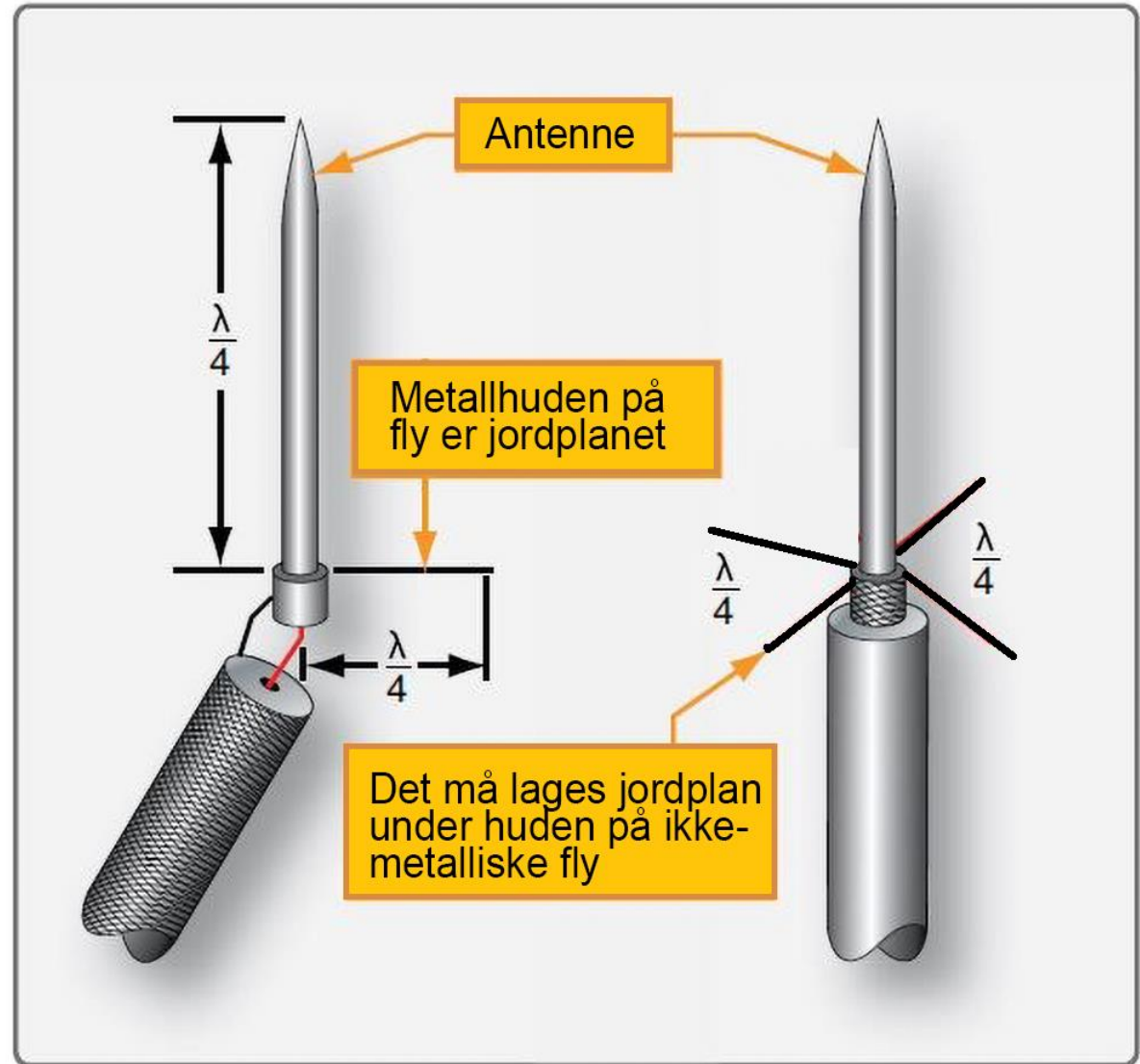


# Dipolantenner

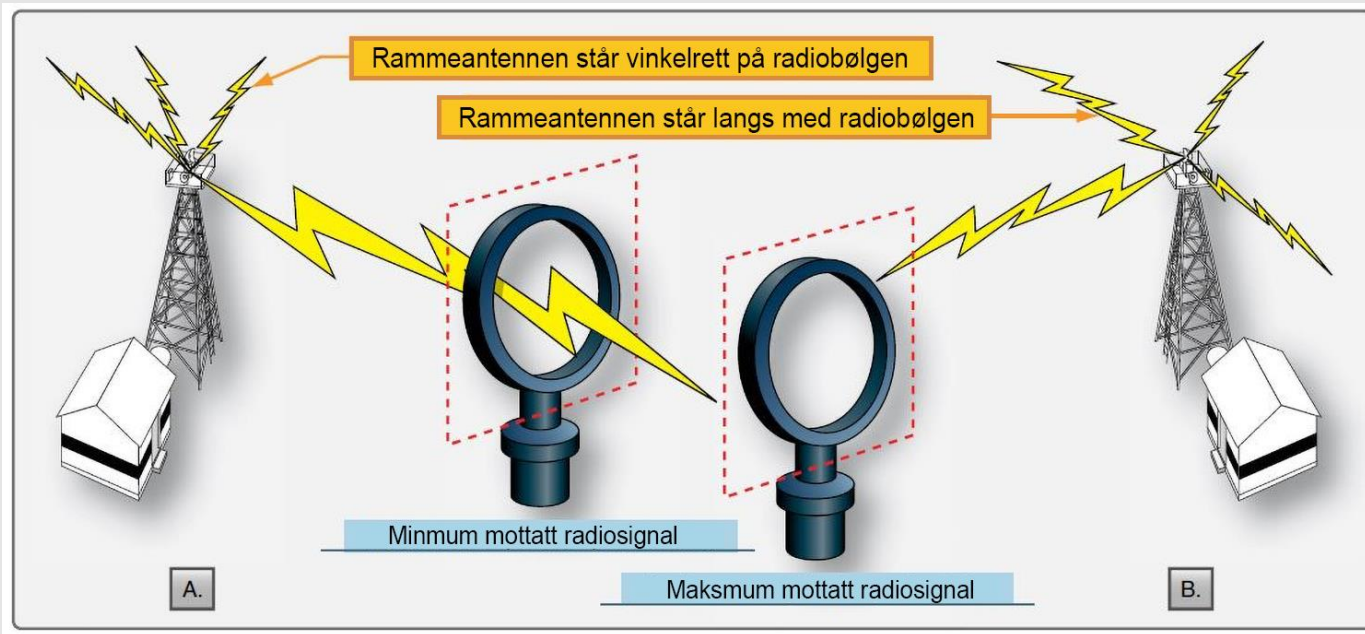
- En dipolantenne regnes som en av de mest brukte og enkleste antenner
- Den er enkel og billig å lage, og gir samtidig en grei ytelse

# Marconiantenner

- De fleste VHF-kommunikasjonsantenner er av denne typen
- De er vertikalt polarisert, og skaper et elektromagnetisk felt som er rundstrålende



# Rammeantenner («loop»)



- En rammeantenne er en leder som er formet som en ramme eller sløyfe
- Rammeantennen er retningsfølsom. Dersom den er dreid slik at den står vinkelrett på radiobølgen vil det ikke skapes noe signal
- Dersom radiobølgen treffer rammen, det vil si at den står parallelt med radiobølgen, vil det skapes strøm først på den ene siden, og så på den andre
- Det sterkeste signalet oppnås med rammeantennen i denne posisjonen



# GPS antenner

- En GPS-antenne må «se» himmelen for å få tak i GPS signaler
- Det betyr at antennen må være montert på et tak, eller i et vindu (om mulig)
- Antennestørrelsen er liten, og siden signalene er svake, ha antennen også en forsterker som hjelper signalet fra antennen til mottakeren
- En GPS-mottaker som er fast montert på flyets instrumentpanel står sannsynlighet på taket av flyets kabin
- Har vi en håndholdt mottaker, er det viktig (for signalene) at vi har en antenne utenom mottakeren. Antennen fester vi i frontvinduet, og på grunn av GPS-mottakerens følsomhet må vi være nøye med kabellengden



VDF



NORGES LUFTSPORTFORBUND



# VDF-peilere

- En VDF-peiling er en peiling som vi får fra en VDF-peilestasjon i kontrolltårn og på AFIS-plasser, om vi ber om det
- Vi bruker radio og flyets kommunikasjonsantenne. Det er en VHF-antenne, og da gjelder også prinsippet om fri sikt mellom antenne og stasjon. Det er viktig at vi sender i minst ti sekunder
- Peilinger blir klassifisert etter nøyaktighet:
  - klasse A - nøyaktighet innen  $\pm 2$  grader
  - klasse B - nøyaktighet innen  $\pm 5$  grader
  - klasse C - nøyaktighet innen  $\pm 10$  grader
  - klasse D - dårligere enn klasse C
- VDF-stasjonen på bakken har en retningsfølsom antenne som bruker signalet vi sender til å regne ut retning til flyet



# VDF-peiling

- Radiofraseologien er «REQUEST QDM» - og svaret fra stasjonen kan eksempelvis være «QDM IS 270 DEGREES», som leses direkte ut av peileutstyret i tårnet.
- QDM er den magnetiske kursen vi må styre i null vind for å komme til plassen hvor VDF-senderen står, mens Q-koden QDR er magnetisk kurs fra VDF-stasjonen til flyet som sender.
- QTE – som også er en av Q-kodene vi må kunne, betyr derimot sann retning fra stasjonen
- Er vi innenfor optisk rekkevidde, er rekkevidden til VDF-peileren avhengig av høyden vår
- Vi regner ut rekkevidden for disse radionavigasjonshjelpemidlene på følgende måte:  $1,25 \times (\sqrt{h1} + \sqrt{h2})$  h1 er høyden («height») på senderantennen og h2 er høyden («altitude») til flyet
- Eksempelvis om høyden til senderantennen er 125 fot og høyden vi flyr på er 3000 fot, vil rekkevidden bli:
- $1,25 \times (11,1 + 54,7) = 82,2 \text{ NM}$



# Bakkeradar



NORGES LUFTSPORTFORBUND

# Primærradar og radarprinsipper

- Bruker refleksjon- (primær) eller spørre-svareteknologi (sekundær) for å finne distanse, retning og hastighet til et objekt
- Fungerer ved at den sender ut signalpulser
- Noe av den energien som sendes ut reflekteres tilbake (ekko) når den treffer på et objekt
- Det er tidsforskjellen mellom signalpulsen som sendes ut og når den sendes tilbake som gjør at vi kan måle avstanden til gjenstanden som blir reflektert. Ekkoene vises på en radarskjerm
- En radar som fungerer på denne måten, kalles for en primærradar, og et fly vil utgjøre et objekt som kan fanges opp på primærradaren. Vi trenger altså ikke noe eget system om bord for at det skal skje
- Rekkevidden på en primærradar er avhengig av de atmosfæriske forholdene, som også kan være med å danne falske ekkoer. Hva som mottas på radaren er også avhengig av hvordan signalpulsene reflekteres i objektet

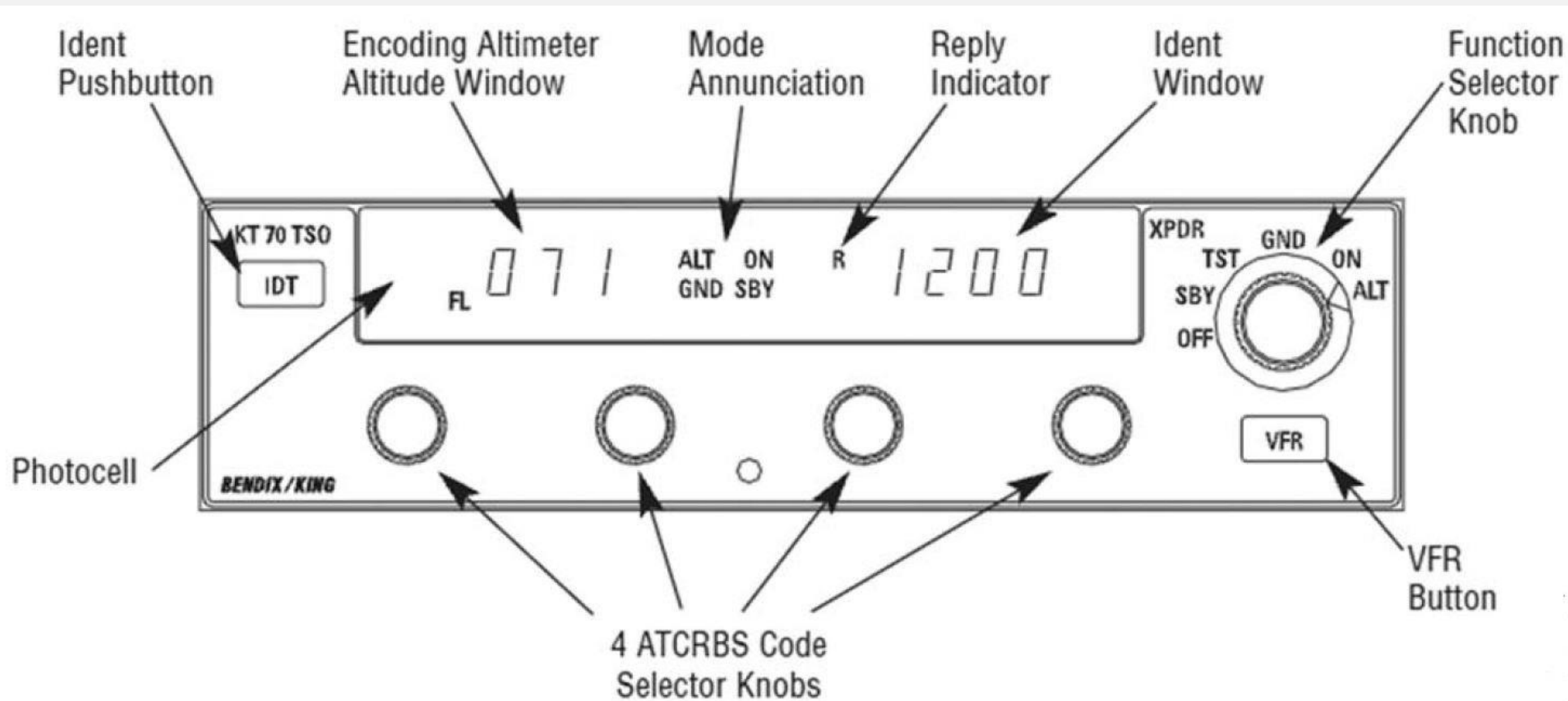


# Sekundærradar og transponder

- En sekundærradar («SSR – secondary surveillance radar») er et system som ikke bare gir retning og distanse til et objekt, men som også kan bære med informasjon om flyet, eksempelvis flyets kallesignal og høyde
- SSR er avhengig at vi har et eget system om bord som vi kaller for en transponder. Sekundærradarprinsippet fungerer ved at transponderen i flyet svarer på en spørrepuls fra sekundærradaren
- Sekundærradaren er bedre enn en primærradar, da den baseres på en spørre-svar puls og ikke på et ekko, slik at den ikke er avhengig av hvor godt objektet reflekterer energi. At den også kan bære med informasjon om flyet, er et pluss



# Transponderenhet, et eksempel





- Huskeregel: NRK
- 7700 Nød
- 7600 Radiofeil
- 7500 Kapring

# Transponderkoder – en repetisjon

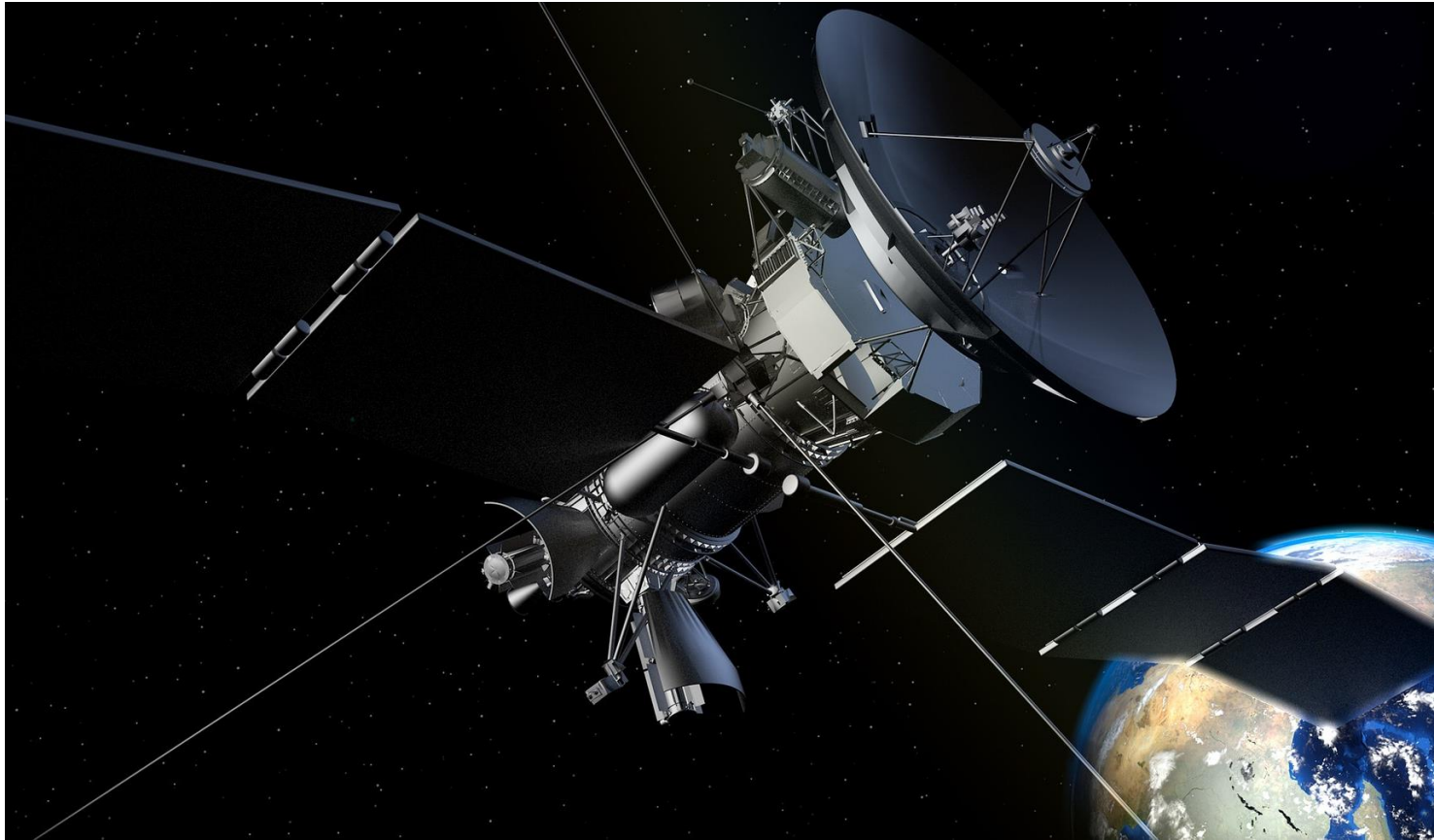




# Globale satellittbaserte navigasjonssystem



NORGES LUFTSPORTFORBUND



# GNSS – prinsipper

- GNSS er verdensomspennende posisjonssystem som består av satellitter, mottakere og overvåkningssystemer
- Et GNSS-system er i stand til å gi oss posisjon, hastighet og tid
- Vi skal se på
- GPS som er et satellitt-basert posisjon, hastighet og tidssystem som i utgangspunktet var utviklet for det amerikanske forsvaret, men som nå er fritt tilgjengelig for sivil bruk
- Det opereres av det amerikanske forsvarsdepartementet





# GPS segmenter

---

- GPS består av et segment i verdensrommet, et segment på bakken og et brukersegment
- Segmentet i verdensrommet består av minst 24 satellitter som går i seks forskjellige baner rundt jorden
- Bakkesegmentet kontrollerer at GPS fungerer korrekt. Det består av en hovedstasjon i USA og en rekke overvåkningsstasjoner rundt hele jordkloden
- Brukersegmentet består av en spesiell radio mottaker / dataenhet med antenner som mottar GPS-signalene og bearbeider disse slik at vi blant annet kan lese av tid, distanse, hastighet og posisjon. Mottakeren krever at det er optisk rekkevidde mellom den og satellittene og er avhengig av å «se» flere satellitter for å kunne gi nøyaktige data
- For å gi oss vår posisjon (bredde og lengde) må mottakeren «se» minst tre satellitter, for å gi oss høyden i tillegg, må den «se» minst fire satellitter. Generelt vil en GPS-mottaker klare å spore åtte eller flere satellitter, men det er avhengig av tidspunktet på dagen og vår posisjon



# GPS – nøyaktighet

- Det er en rekke faktorer som innvirker på nøyaktigheten til GPS-mottakere som brukes i luftfart, for eksempel oppgis nøyaktigheten på GARMIN GPS-mottakere med WAAS («wide area augmentation system») til å være innenfor tre meter
- Ytterligere forbedring i form av DGPS – «differential GPS» gir en nøyaktighet på mellom en og tre meter
- En slik nøyaktighet gjør at mange stoler helt og fullt på at en GPS til enhver tid viser korrekt data, men det er ikke alltid tilfelle



# GPS RAIM

- RAIM betyr «receiver autonomous integrity monitor” og er en del av GPS-systemet som sammenligner informasjon fra flere satellitter og advarer brukerne dersom det finner en feil
- Dersom nok satellitter er synlige, kan denne funksjonen også identifisere hvor feilsignalet kommer fra, og deretter se bort fra det

# GPS signalfeil

- Satellittens klokke kan vise feil tid, det kan være feil med omløpsbanen, eller at senderen ikke fungerer
- Terrengskygge. I lave høyder, og / eller i områder med høyt terreng, kan mottakeren komme i skygge
- Deler av flyet kan komme i veien for signalet, for eksempel vingen i en sving. Det kalles for «dynamic masking» og kan det kan ta opptil flere minutter med horisontal flyging før signalet er tilbake
- Refleksjoner. Signaler kan reflekteres av fjell og høye bygninger før det kommer frem til mottakeren, det kan oppdages som plutselige endringer i posisjon. Noen mottakere tolker det som en endring av vind og bakkefart, og gir derfor et varsel
- Forstyrrelser og jamming. GPS-signalet er sårbart for forstyrrelser, som for eksempel når vi bruker flyets radio. Dersom noen med vilje vil ødelegge signalene (jamming), er det også lett å gjøre det. Vi må derfor alltid sjekke NOTAM før i bruker GPS i et gitt område
- Solflekker og solstråling. Siden satellittene går i bane i veldig store høyder, kan solstråling og spesielt solflekker innvirke på sendingene.

Sjekk NOTAM

Versjon 2.0





# GPS høydeangivelse

- GPS måler høyden ved hjelp av målinger fra fire eller flere satellitter, og derfor vil en GPS-mottaker vise absolutt høyde («absolute altitude»)
- Selv om den er mer nøyaktig enn høyden den barometriske høydemåleren gir den ikke tilsvarende separasjon fra andre luftfartøy
- Det betyr også at informasjonen fra en vanlig GPS-mottaker ikke kan brukes i stedet for en høydemåler, med mindre GPS-mottakeren er godkjent slik at den korrigerer for forskjellen mellom GPS-høyde og barometrisk høyde

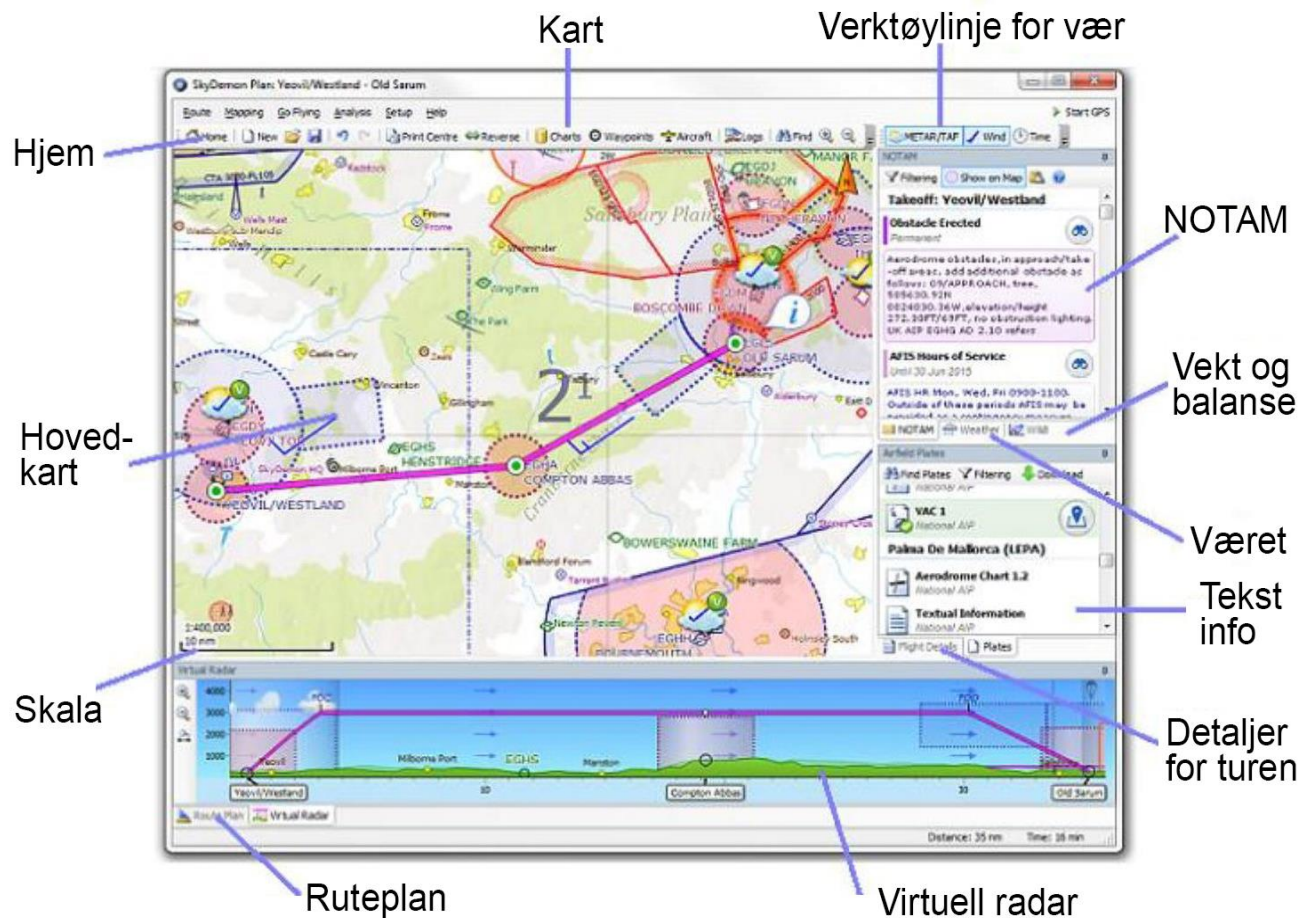


# Mobile plattformer og ruteplanleggere

---



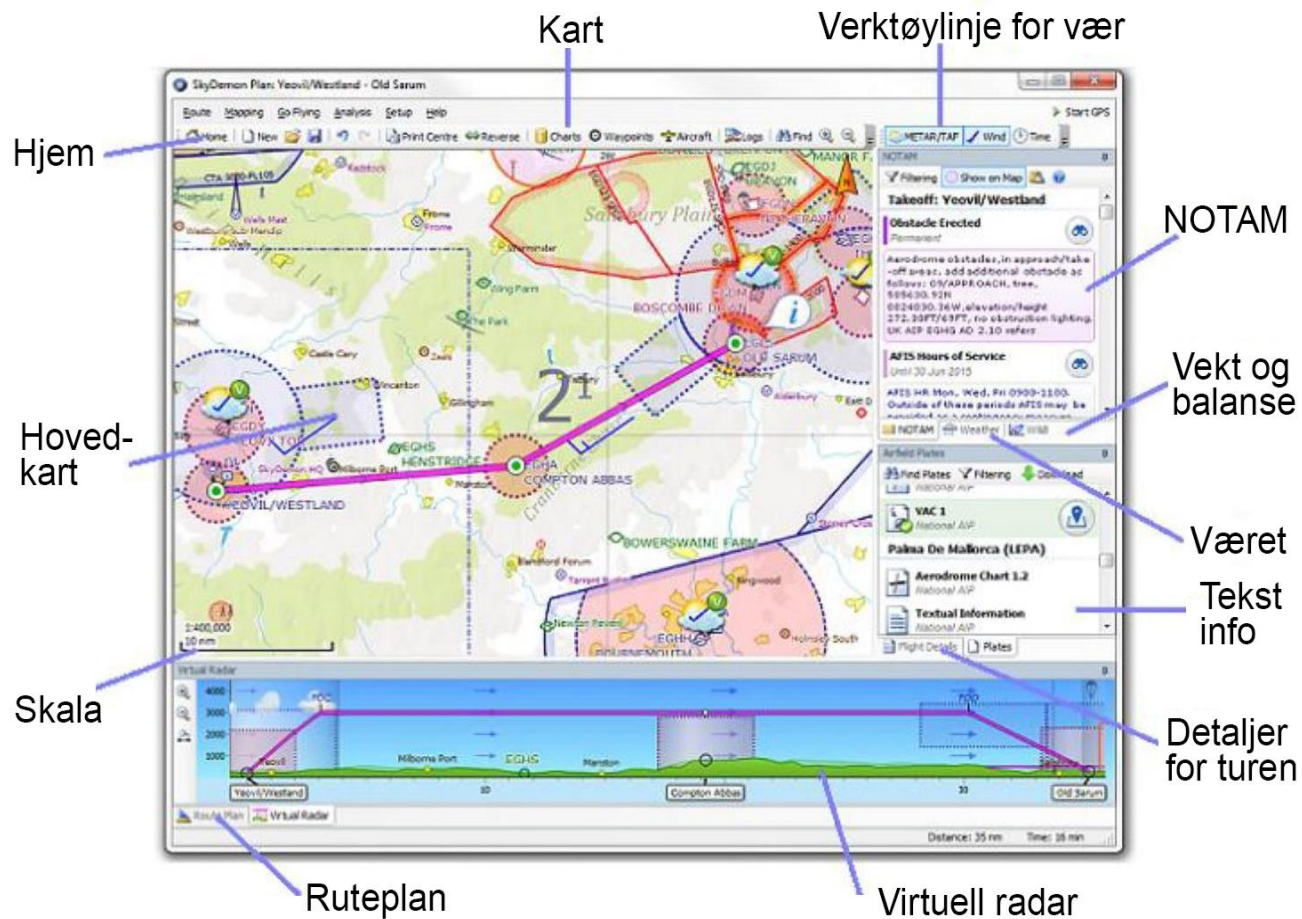
NORGES LUFTSPORTFORBUND



- En stor fordel med dagens teknologi er at vi nå har et rikt utvalg av applikasjoner til mobiltelefon eller nettbrett. Enkelte av disse kommuniserer også med integrerte systemer i flyet slik at vi kan overføre ruteplanlegging og relevant informasjon om flyvningen. Sjekk systemet i ditt fly.
- De mobile applikasjonene kan også brukes som de er, men husk at en mobiltelefon eller nettbrett ikke er like robust som et produkt konstruert for bruk i flyging. De fleste av oss har sikkert opplevd at mobilen har sloknet på grunn av overoppheting eller at batteriet tappes raskere på grunn av kulde. Dersom du ikke har opplevd det ennå, kan jeg garantere at du vil oppleve det om mobilen står i solsteken når du er ute og flyr.

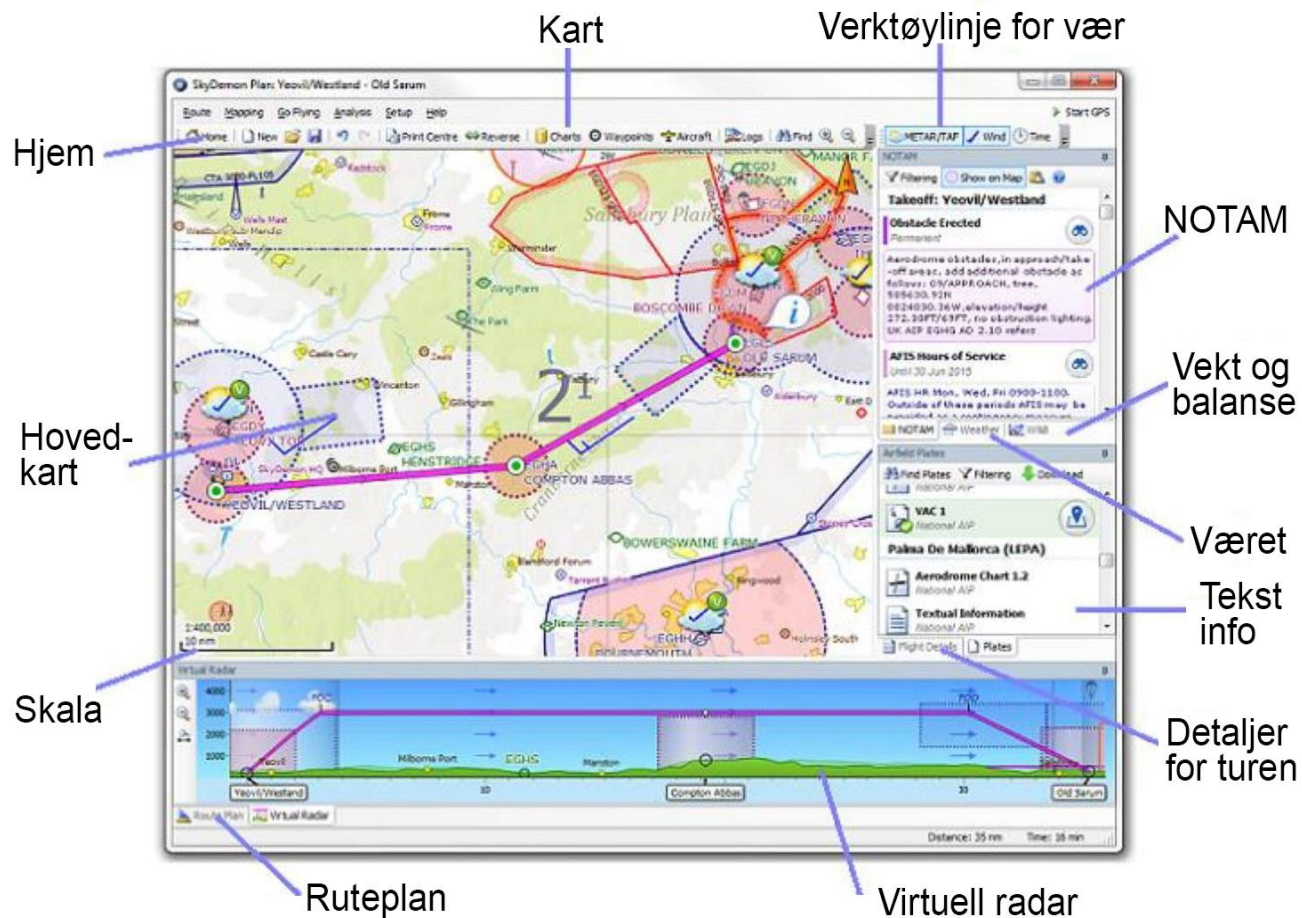
# Mobile plattformer og ruteplanleggere





- Derfor er det viktig at vi alltid har en back-up, eksempelvis en ekstra telefon, et nettbrett eller annet kart som vi kan bruke om telefonen slutter å virke. Det er også viktig at vi tar med både ladekabel og ekstra strømkilde om batteriet ikke holder. Husk også at flere av disse applikasjonene trekker mye strøm fra telefonen når de er i bruk. Har du ikke en kabel og powerbank som gir nok strøm til telefonen din, er det ikke sikkert at den vil lade når du bruker den. Sjekk derfor dette før du drar på langtur!

# Mobile plattformer og ruteplanleggere



- SkyDemon har blitt et populært og svært utbredt program. Grafikken er oversiktlig, og du får god og enkel informasjon.
- Med et abonnement får du oppdatering på et stort utvalg land. Enkelte vil kanskje si at den gir for lite grafisk informasjon, mens andre kanskje synes den gir for mye informasjon.

SkyDemon er et utbredt program som vi skal se nærmere på

Navigasjon med SkyDemon  
gjennomgås på kurset med  
en instruktør



# Slutt fag 9



NORGES LUFTSPORTFORBUND