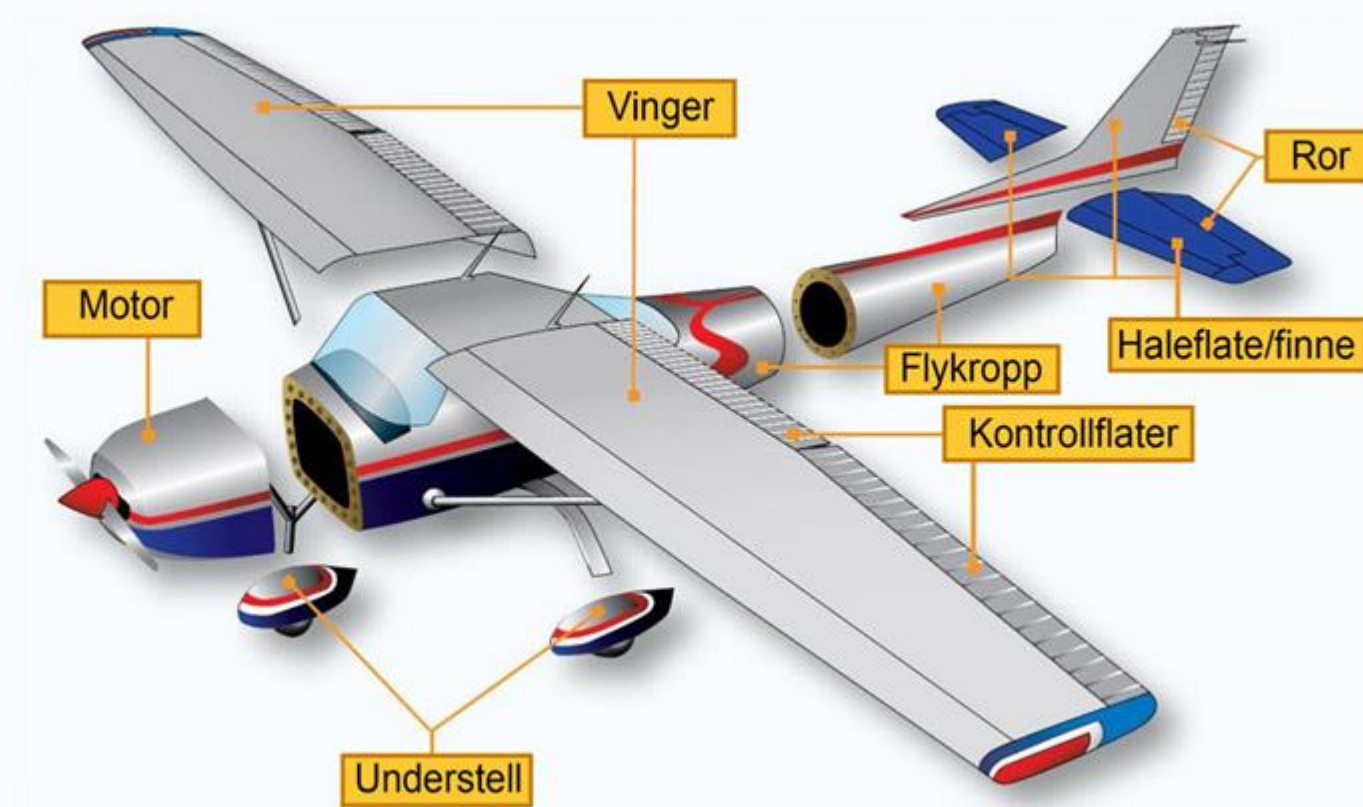




AIRCRAFT GENERAL KNOWLEDGE – (AGK)

Fly- og motorlære

FAGKODE: 8



NORGES LUFTSPORTFORBUND



Del 0 Innledning



NORGES LUFTSPORTFORBUND



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

Forutsetninger

Mål for undervisningen i Aircraft General Knowledge

- Å gi kunnskap om
 - hvordan et fly er konstruert
 - funksjon, systemer, belastninger og stress
 - beste praksis for bruk
- Spesielt med tanke på flysikkerhet og for å unngå hendelser, skader og ulykker



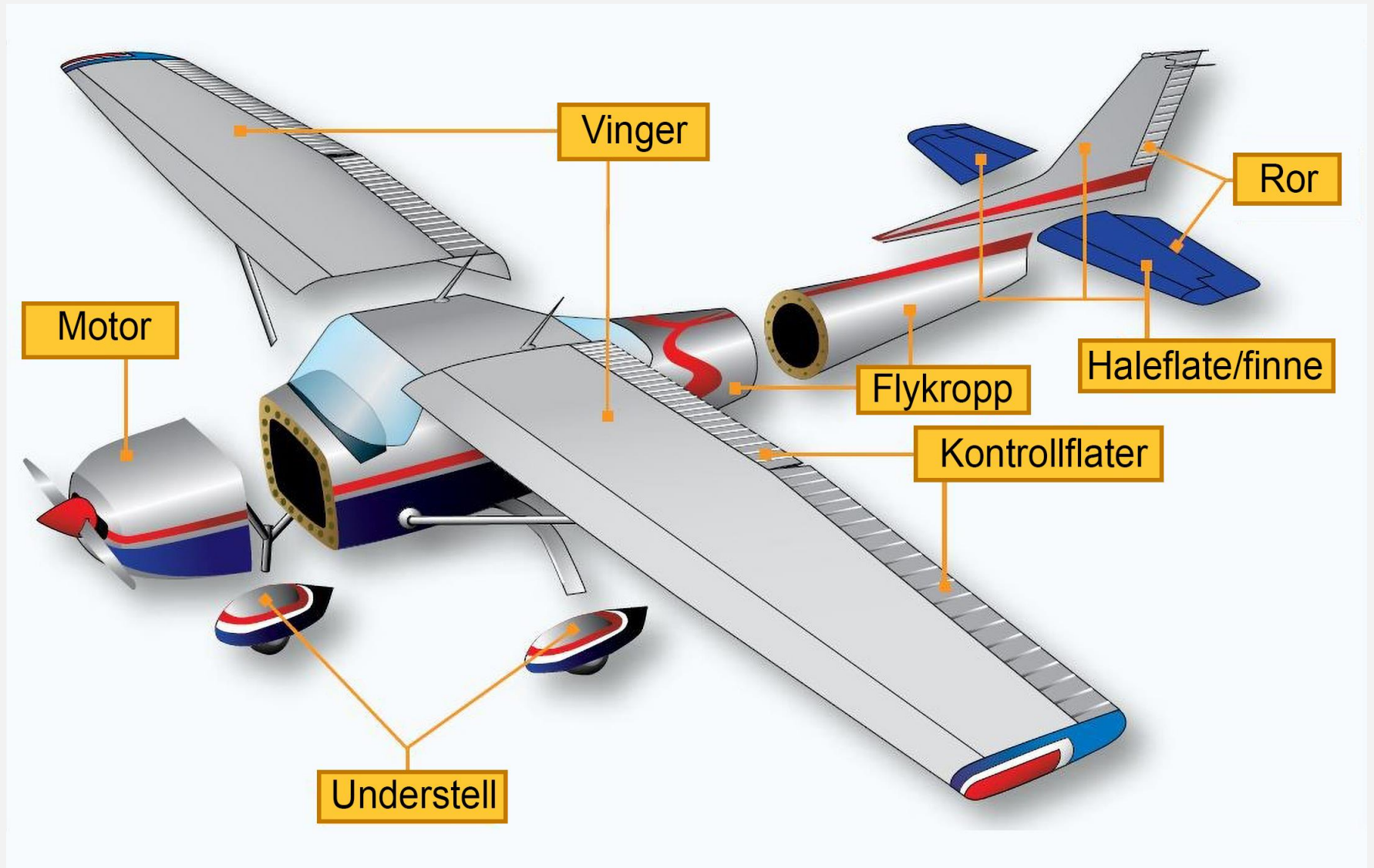
Del 1 Flyets oppbygging, valg av materialer og stresstoleranse



NORGES LUFTSPORTFORBUND

Flyets hoveddeler

Figuren viser hvilke hoveddeler et fly består av.



Statisk styrke, lastfaktor

Lastfaktoren er et begrep som du vil møte svært ofte, fordi det beskriver den belastningen et fly blir utsatt for under forskjellige manøvrer. En mer generell og utdypende beskrivelse finner du i kapittel 12.

Dersom et fly flyr horisontalt, er løftet lik vekten, og vi får en lastfaktor = 1 som er lik jordens gravitasjonskraft (som vi vanligvis gir verdien 1 G). Dersom flyet nå plutselig kommer inn i et motvindkast, endrer løftet seg, mens vekten er den samme. Flyet får en vertikal akselerasjon, og lastfaktoren øker.

Flykonstruktøren må i sitt arbeid med styrkeberegninger vurdere hvor stor lastfaktor flyet skal tåle i det miljøet flyet skal operere. Dersom han eller hun skulle lage et fly som ville kunne tåle de kraftigste påkjenningene man kan tenke seg, ville det sannsynligvis bli så tungt at det aldri kom opp fra bakken. Konstruktøren må derfor komme frem til et kompromiss mellom konstruksjonens vekt, lasteevne og styrke.

Et jagerfly, som skal kunne foreta voldsomme manøvrer, må kunne tåle lastfaktorer som kanskje går opp til 10 G. mens et fly som er beregnet til å føre maksimal nyttelast, for eksempel et passasjerfly, bare er konstruert for 2.5 G. Skulle vi for eksempel prøve å fly et moderne reisefly som om det var et jagerfly, ville det ganske sikkert få fatale følger, fordi det ville bli utsatt for lastfaktorer det aldri har vært meningen at det skulle tåle.

Statisk styrke, lastfaktor

Det er derfor av den største betydning at du vet hva flyet er konstruert for, og hvilke lastfaktorer de forskjellige manøvrene utsetter flyet for, slik at du til enhver tid opererer innenfor gitte begrensninger.

Godkjenningsmyndighetene pålegger flykonstruktøren å følge visse minimumskrav og vi definerer to forskjellige lastfaktorer:

- sikker lastfaktor, som er den maksimale lastfaktoren et fly skal kunne tåle under normal bruk uten at konstruksjonen blir deformert, skadd eller svekket. Sportsfly har normalverdi 4.0 G men allmennfly har i utgangspunktet 3.8 G.
- bruddlastfaktor, som er den maksimale lastfaktoren som et fly skal kunne tåle uten å brette i stykker. For sportsfly er kravet 6.0 G og for allmennfly 5.5 G

Dersom vi når bruddlastfaktoren under flyging kan vi regne med at det oppstår varig deformasjon og skade på flyet, og det vil sannsynligvis være modent for skraphaugen.

Flykroppen («fuselage»)

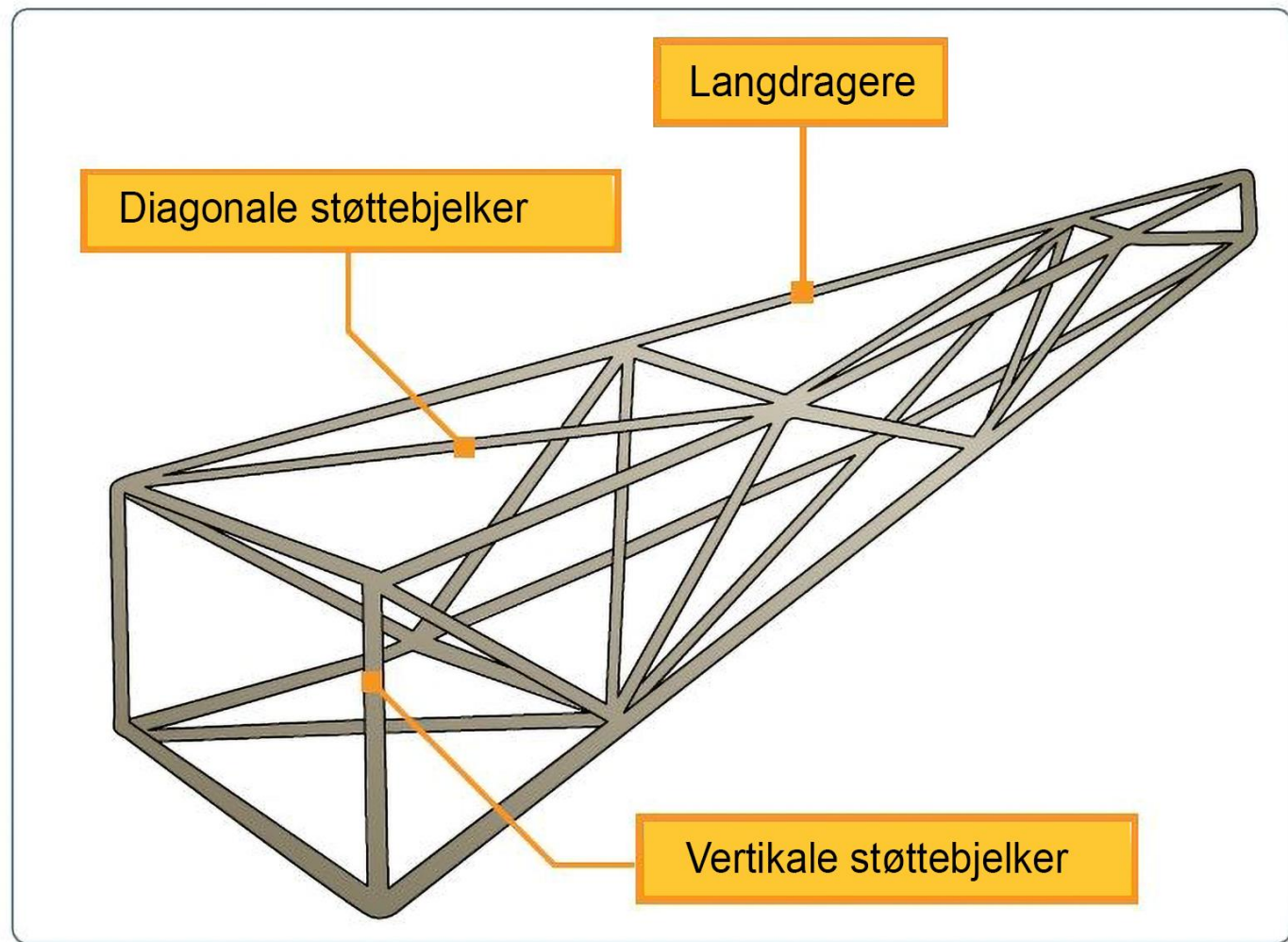
Flykroppen skal bære både passasjerer og last og samtidig være strømlinjeformet. Den er grunnstrukturen hvor vinger og haleparti er festet på konvensjonelle fly, og en integrert del av strukturen der hvor det kun er brukt komposittmateriale. Fly konstrueres i hovedsak etter tre metoder:

Fagverkskonstruksjon («truss structure») var mye brukt i eldre fly og betyr at flyet er laget av et skjelett av sammenkoblede stål, aluminium eller trerør. Disse rørene kalles langbjelker eller langdragere («longerons»).

På langbjelkene monteres det vertikale og horisontale støttebjelker («struts»). Rundt rørene trekkes så plater eller en duk som behandles med dop (lakk /impregnering).

Den største ulempen med en fagverkskonstruksjon er at den er lite strømlinjeformet. Denne konstruksjonen består av skinn, langsgående metall-lister (stringere) og langbjelker (longerons)

Konstruksjons-
metoder
fagverks-
konstruksjon
(«truss
fuselage»)



Flykroppen («fuselage»)

Skallkonstruksjon («monocoque structure»).

Moderne konvensjonelle fly er bygget enten som en monocoque eller semi-monocoquekonstruksjon.

Monocoque er fransk og betyr enkelt skall – på norsk kaller vi disse to henholdsvis for skallkonstruksjon og modifisert skallkonstruksjon.

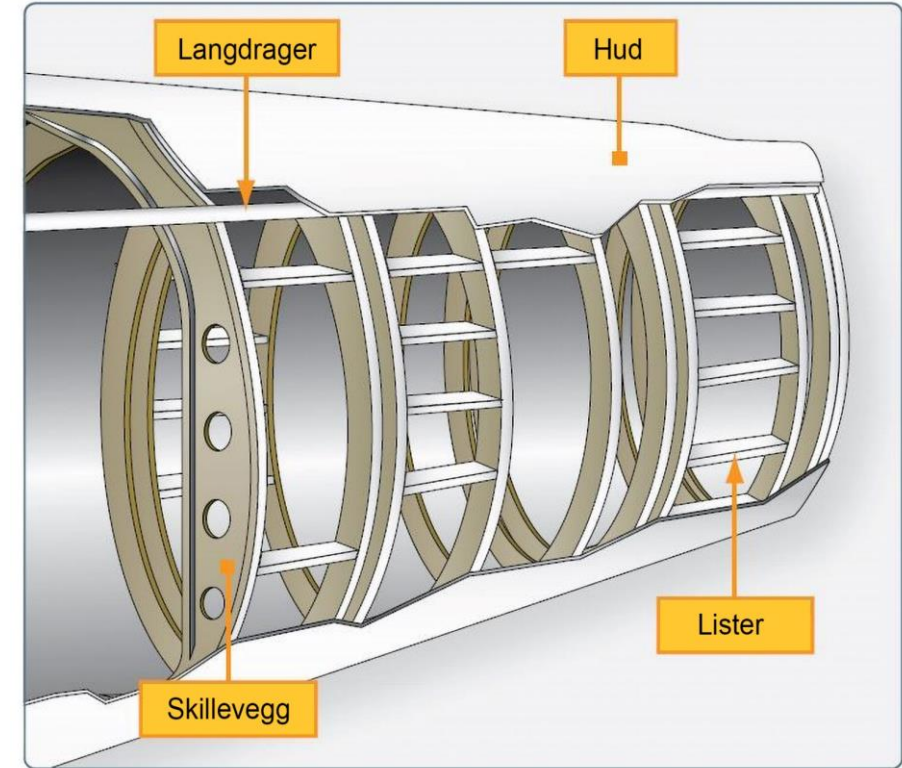
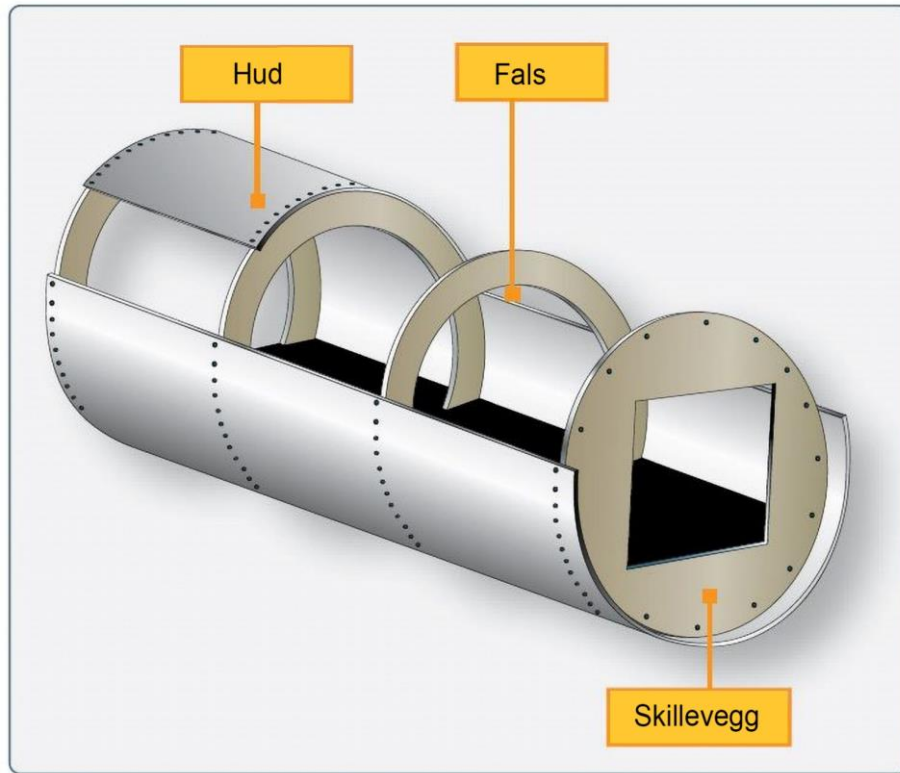
En skallkonstruksjon bruker et selvbærende skall, litt på samme måte som en brusboks av aluminium.

Det vil si at det er skallet eller huden som er bærende element. En skallkonstruksjon består av tre deler:

1. Skallet eller huden, og
2. Skott eller skillevegger («bulkheads»), og
3. Rammer («frames / formers»)

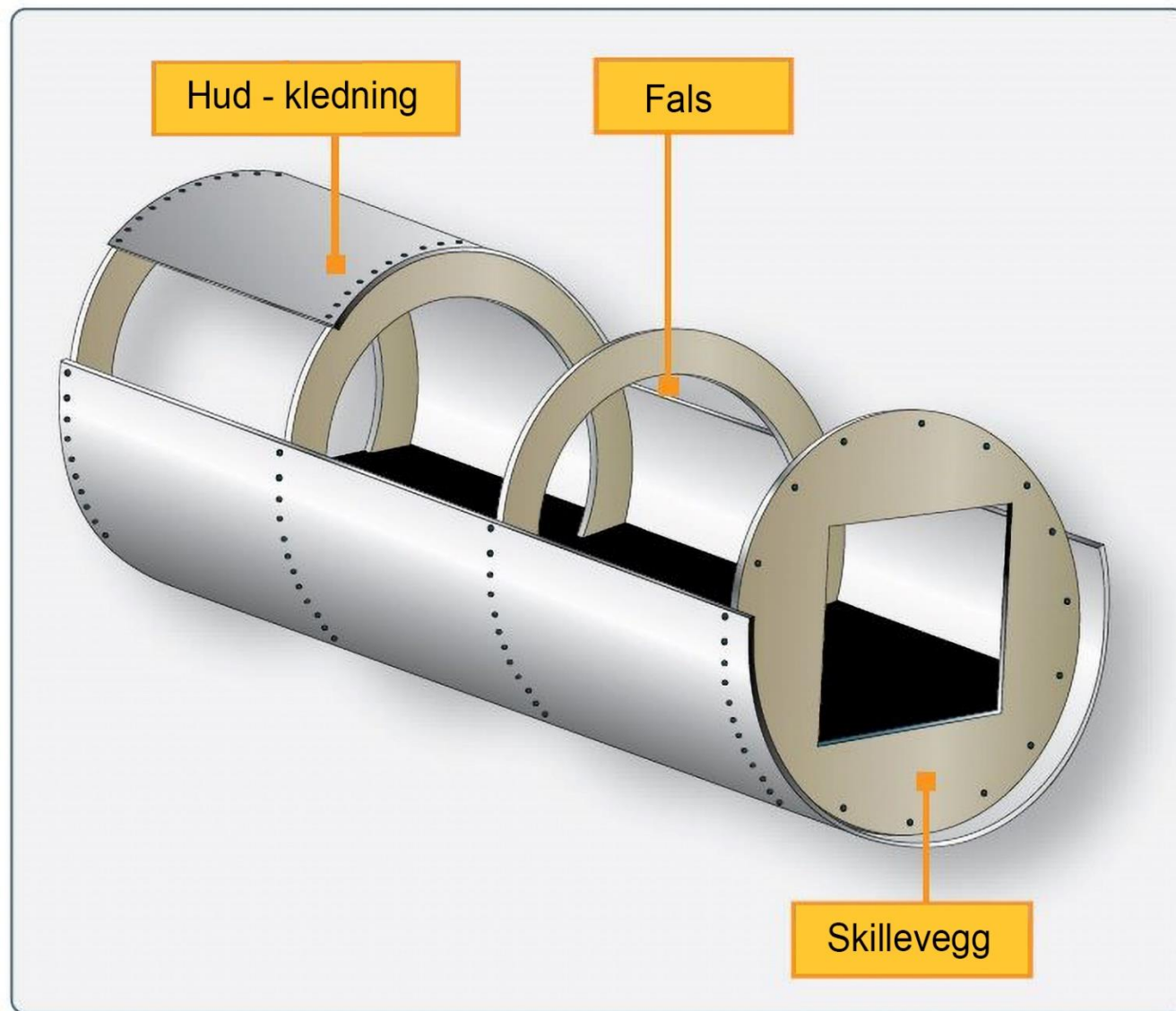
Skottene og rammene gir form og skallet eller huden blir så sveiset eller naglet fast i disse. Selv om skallkonstruksjonen er sterk, er den mer utsatt for deformering på samme måte som en åpnert brusboks lett deformeres om vi trykker den på midten. I luftfart kan vi ikke tillate slik deformering da den ødelegger flyets bæreevne. Løsningen er derfor å gjøre noe med det selvbærende skallet

Fagverkskonstruksjon («truss structure») betyr at flyet er laget av et skjelett av sammenkoblede stål, aluminium eller støttebjelker av tre. _____



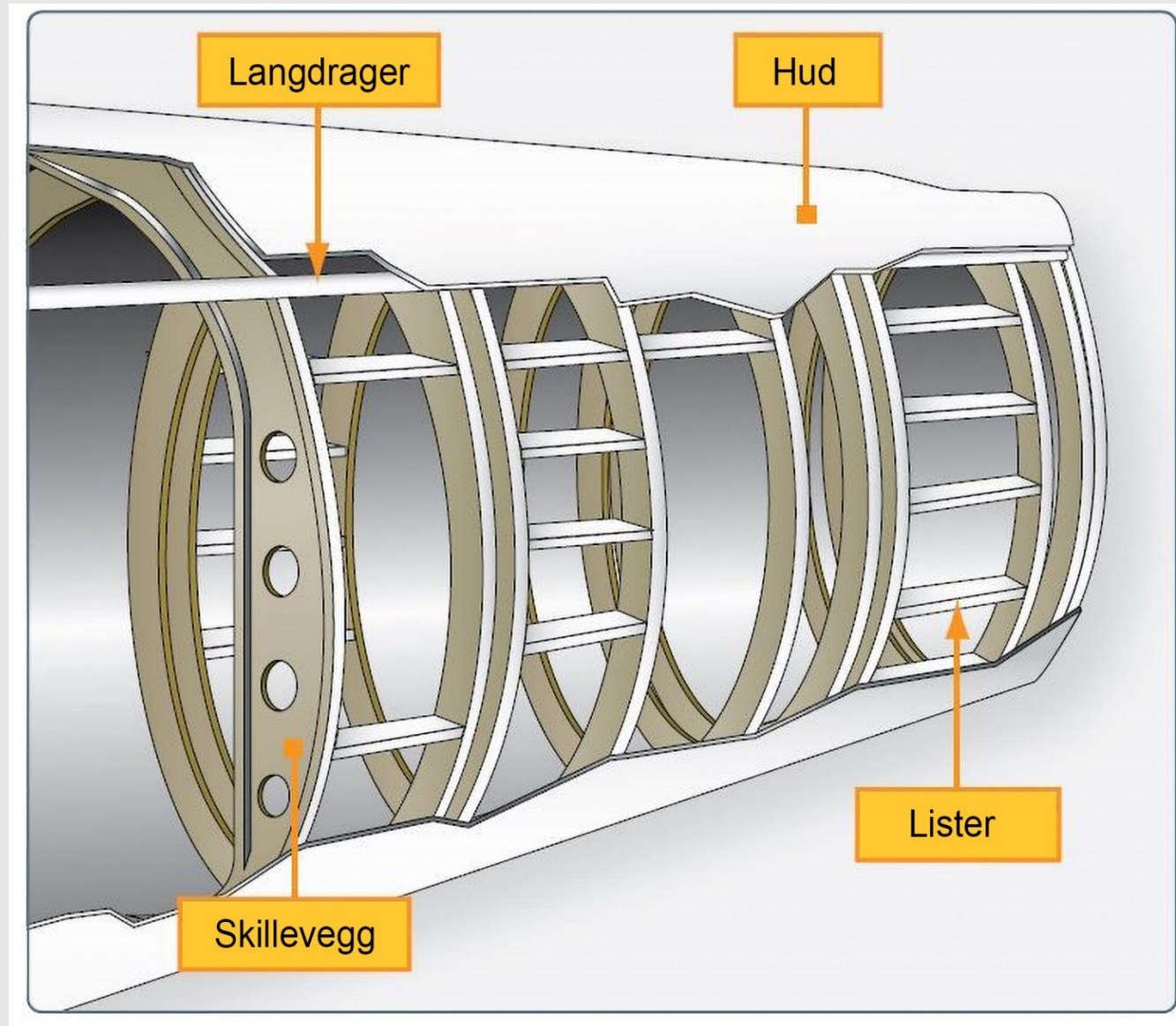
Konstruksjons-metoder - skallkonstruksjoner

- Skallkonstruksjon («monocoque»)
- Modifisert skallkonstruksjon («semi-monocoque»)



En *modifisert skallkonstruksjon* («semi monocoque structure») gir tilstrekkelig styrke samtidig som den holder vekten innenfor akseptable grenser.

Fremdeles bærer skallet eller huden mye av belastningen, og fremdeles brukes skott og rammer for å gi form, men nå avstives hele konstruksjonen ved hjelp av langsgående metall-lister («stringers og longerons») hvor platehuden så festes.



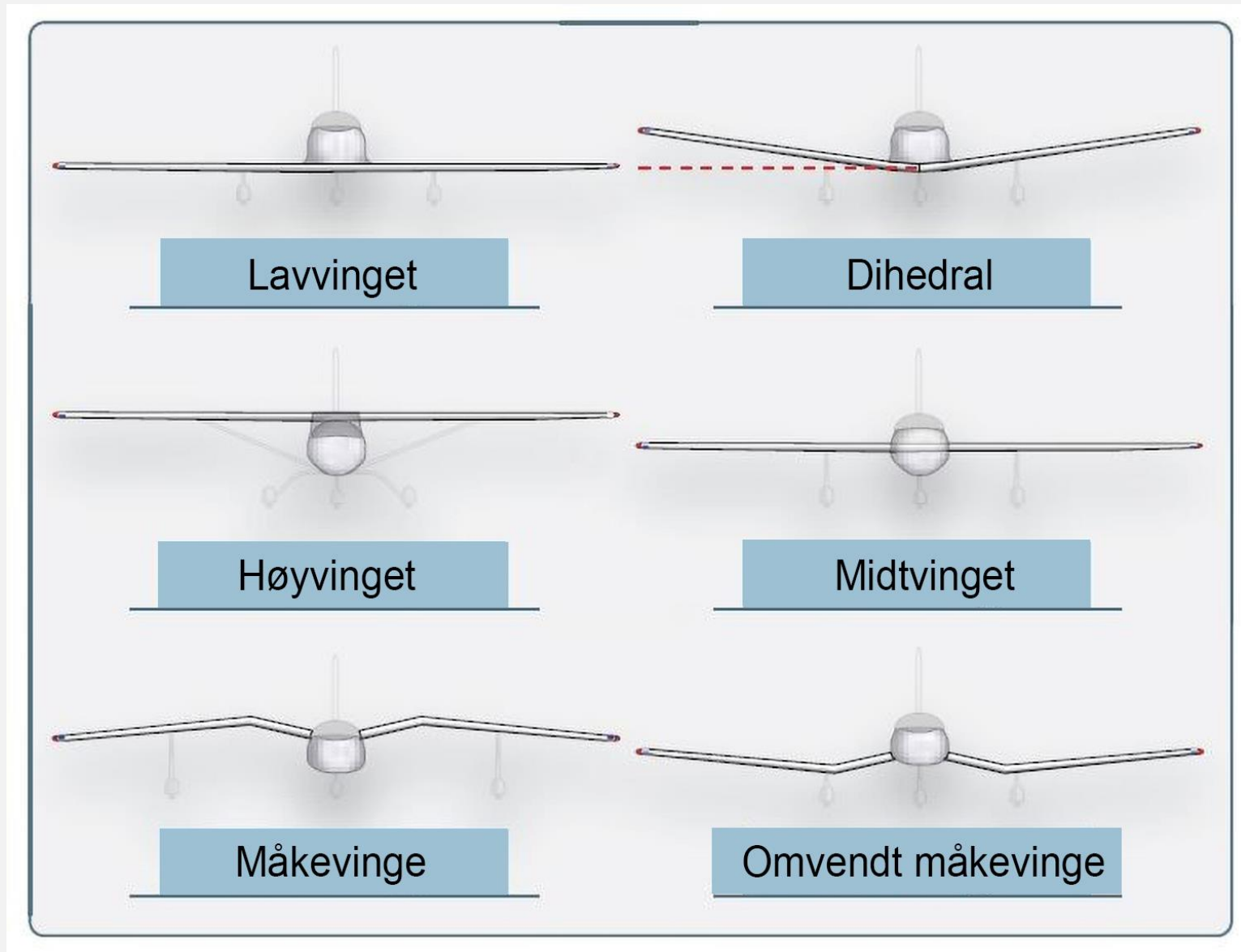


Vinger, haleparti og kontrollflater



NORGES LUFTSPORTFORBUND

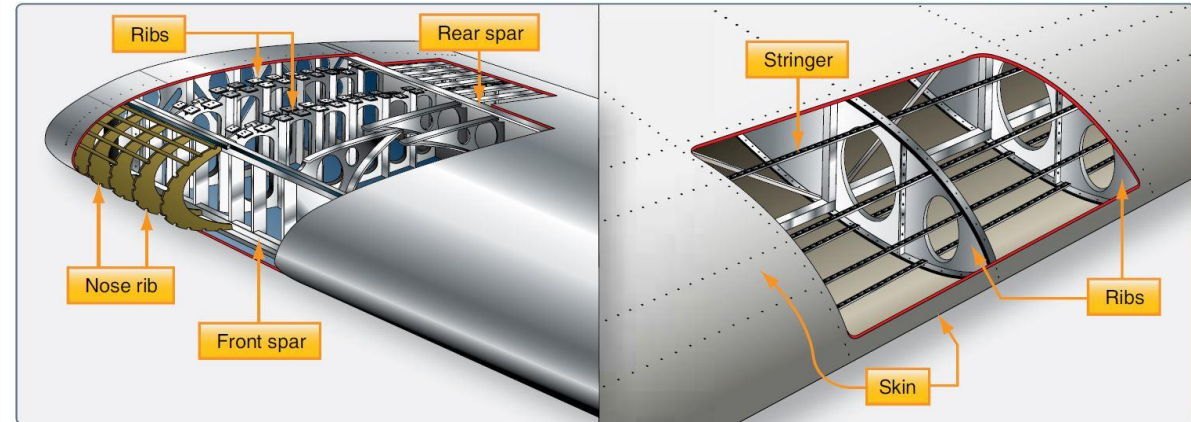
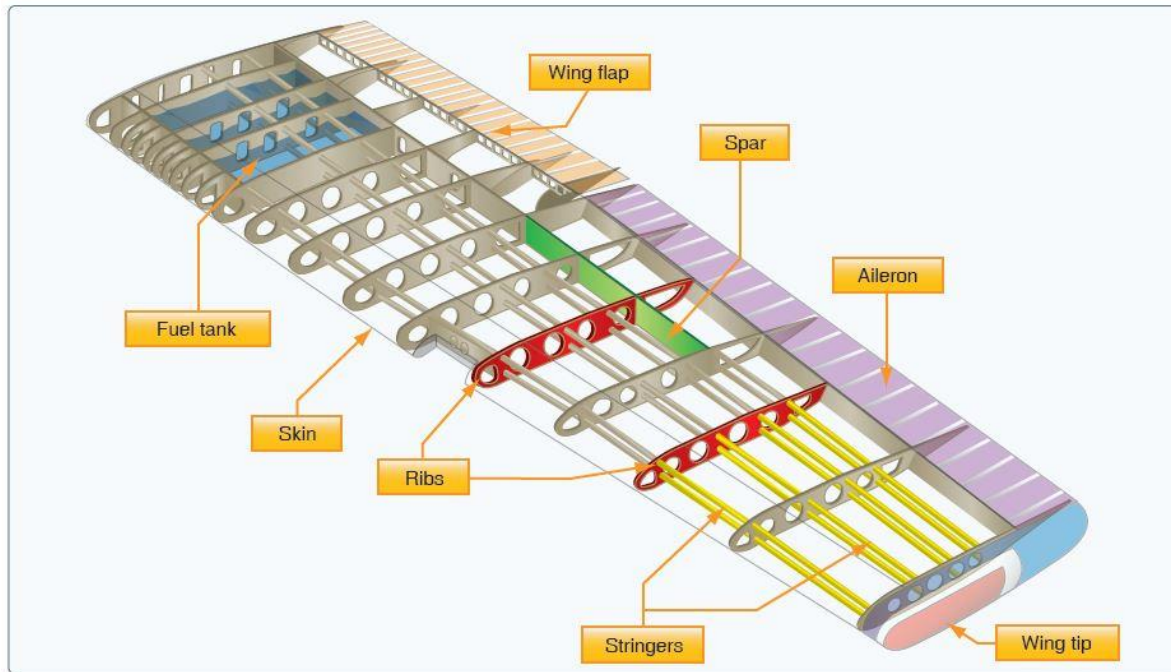
Vingemontering





Vingekonstruksjoner

- Ikke frittstående («staged»)
- Frittstående («cantilever»)
- Semi-frittstående («semi-cantilever»)



Vingekomponenter

- Kontrollflatene konstrueres på tilsvarende måte som vingen
- Både kontrollflater og vingene skal tåle stress, strukturelle begrensninger og ha motstand mot flutter

Flight Design CT-SW er et eksempel på et fly som har
frittbærende vinger



Jabiru J170 er et eksempel på et fly som har semi-frittbærende vinger



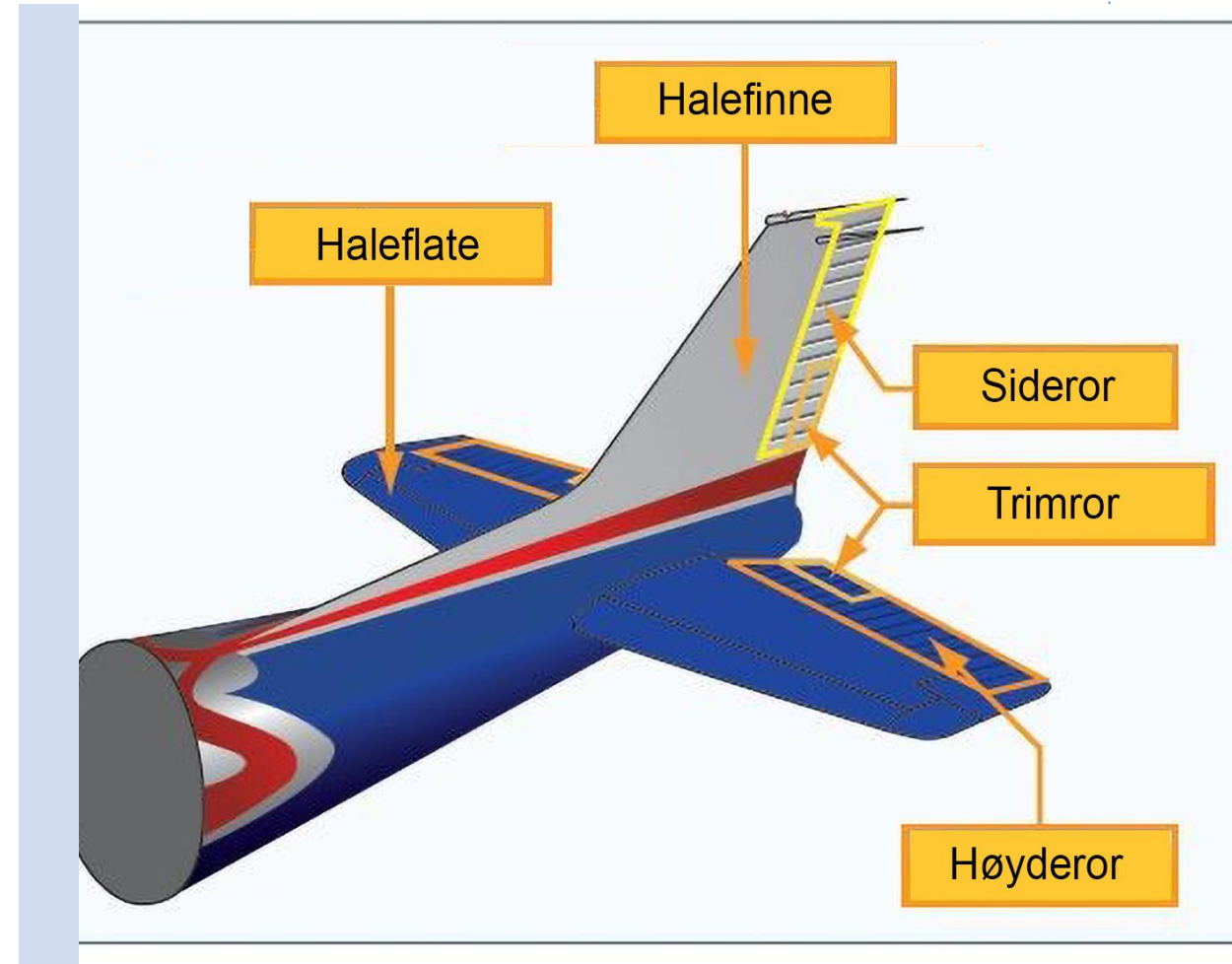
Konstruksjon av haleparti

Til den vertikale halefinnen festes et sideror, og til den horisontale haleflaten et høyderor.

Disse rorene beveger flyet henholdsvis til siden, og oppover / nedover.

Konstruktøren kan formgi den vertikale halefinnen på forskjellige måter avhengig av hvilke egenskaper han eller hun ønsker.

Også haleflaten kan monteres på forskjellige steder på halepartiet, og får med det navn etter hvor den er plassert:



Montering av haleflaten

- Konvensjonell (standard eller montert på skroget)
- Korsformet («cruciform»)
- T-hale («T-tail»)
- V-hale («V-tail eller butterfly»)
- Tvilling-hale («Multiple eller twin-tail»)

Standard hale



Tvilling-hale



T-hale



V-hale

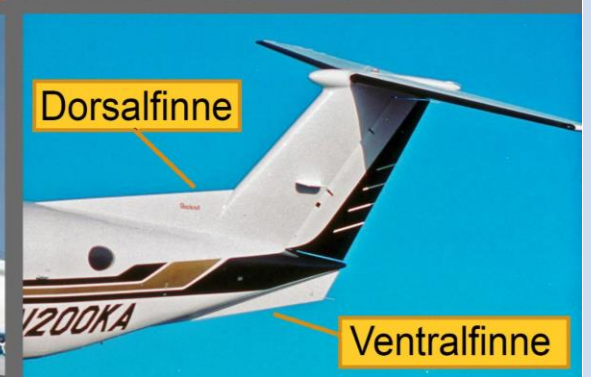


Korsformet hale



Dorsalfinne

Ventralfinne



På noen fly kan den horisontale haleflaten bestå av en flygende hale («moving tail / stabilator») i stedet for en fast horisontal flate med høyderor

Anti-servo tab

Stabilatorens opphengsling





Del 2 Styresystem og ror



NORGES LUFTSPORTFORBUND

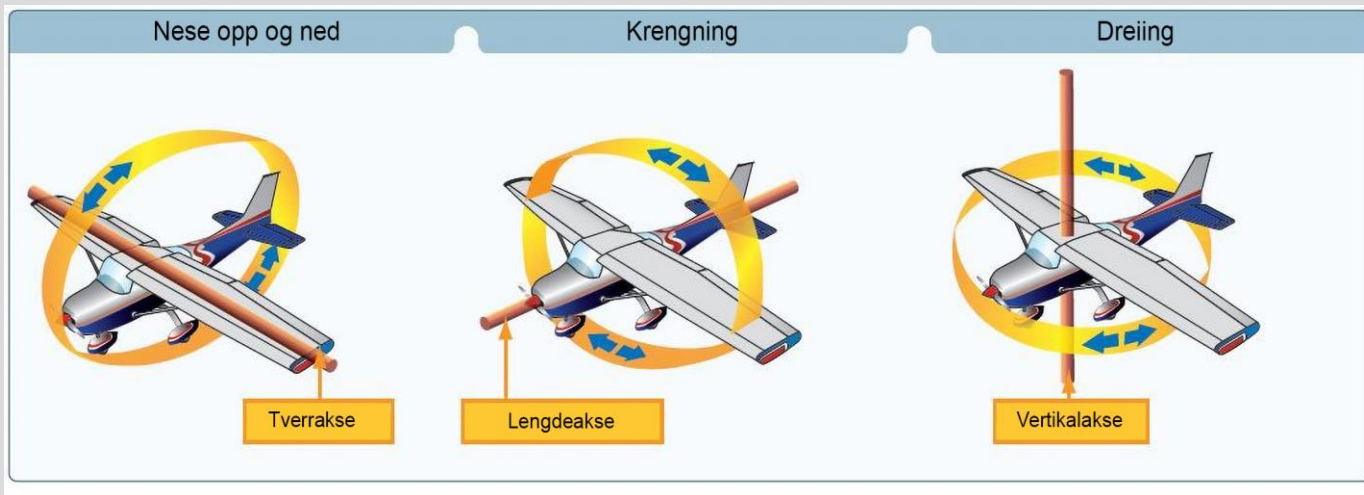


Primære rorkontroller

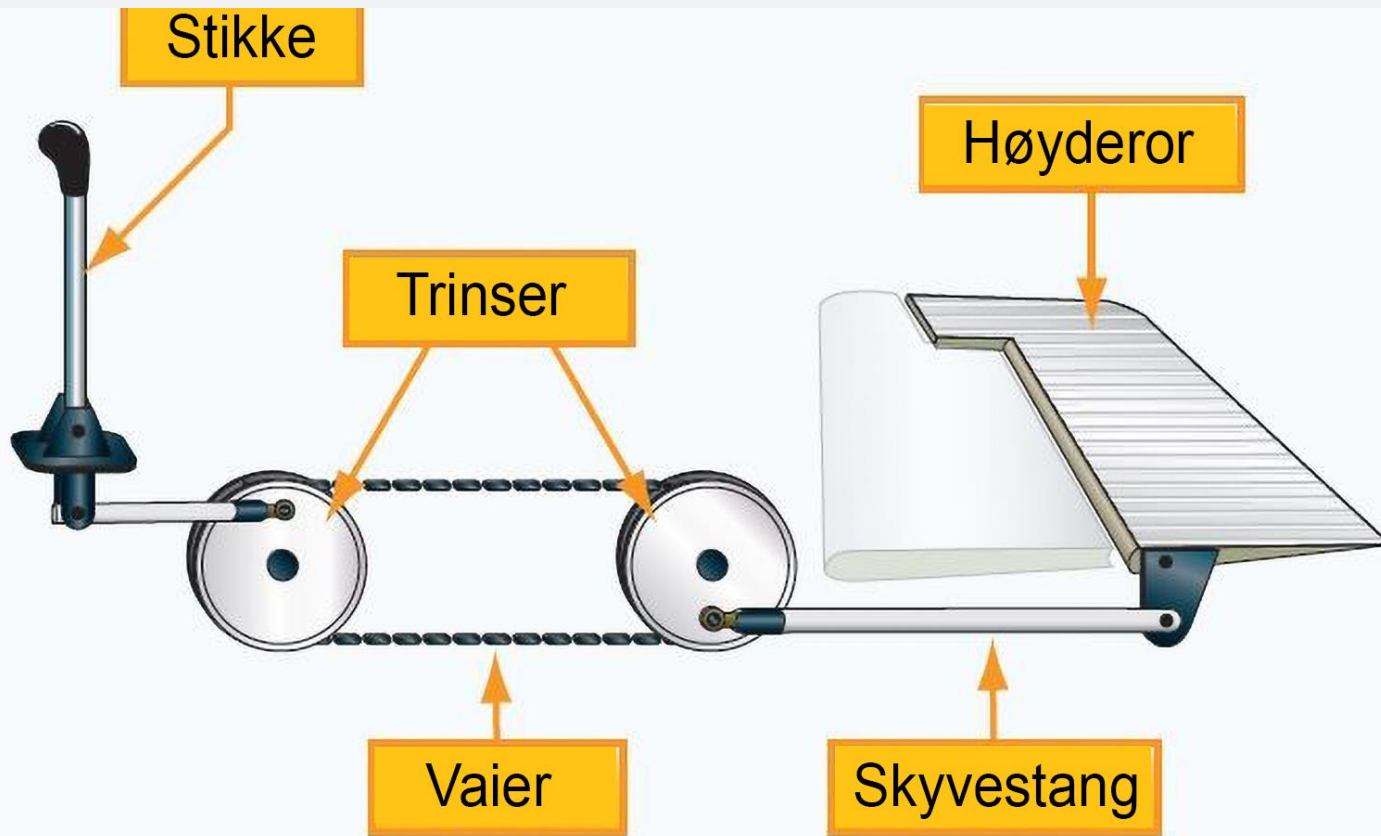


NORGES LUFTSPORTFORBUND

Hovedror



- Flyet har tre hovedror (primære rorkontroller)
 - balanserer («aileron») – plassert ytterst på hver vinge
 - sideror («rudder») – hengslet til den vertikale halefinnen
 - høyderor («elevator») – hengslet til den horisontale haleflaten, eller en flygende haleflate («stabilator») – hvor hele haleflaten beveges for å få ønsket dreiemoment
- Rorene styrer flyet om hver sin akse og kan kontrolleres manuelt (mekanisk), elektrisk eller hydraulisk



Styring av ror

- Mest vanlig å kontrollere mindre fly med håndmakt. De aerodynamiske kreftene er såpass små at vi klarer å styre flyet manuelt ved hjelp av kabler, trinser, stag eller til og med ved bruk av kjeder
- På fly hvor de aerodynamiske kreftene er større, er det andre løsninger
- Eksempelvis hydromekaniske systemer, elektriske motorer, digitale computere eller fiberoptiske kabler («fly-by-wire»)
- For at et fly skal kunne brukes til treningsflyging må det kunne styres fra både elevens og instruktørens seter («dual controls»)

Hovedror – indikasjon på feilfunksjon

- Rorene skal alltid sjekkes for korrekt bevegelse og funksjon før avgang
- Dersom det er noe feil med rorene (feil utslag, treg eller ingen bevegelse), skal flyvningen kanselleres
- Feil på hovedror skjer ytterst sjeldent. Årsak:
 - is på vinger eller haleparti
 - feilmontering
 - mekanisk feil
- Oppdages ved feil utslag og treg eller ingen bevegelse



Sekundære rorkontroller



NORGES LUFTSPORTFORBUND

Sekundære rorkontroller (hjelperor)

Hjelperor og funksjon		
Navn	Plassering på flyet	Funksjon
Flaps	På bakkanten av hver vinge inn mot vingeroten	Øker vingens krumming slik at vi får høyere løft, og kan fly saktere. Det kan igjen gjøre det mulig og lande og å ta av fra korte baner
Trim-tabs	På bakkanten av hovedror	Reduserer kraften som må til for å bevege et hovedror
Balanse-tabs	På bakkanten av hovedror	Reduserer kraften som må til for å bevege et hovedror
Anti servo-tabs	På bakkanten av hovedror	Øker flygerens kontroll på- og hovedrorets effektivitet
Servoror	På bakkanten av hovedror	Hjelper å bevege hovedroret
Spoilers	På oversiden og / eller mot bakkanten av vingen	Minker løftet. Kan også hjelpe til med å krenge flyet
Slats	På forkanten, fra midten av vingen og utover	Øker vingens krumming og gjør at vi får mer løft og kan fly saktere. Lager en slot som luft kan strømme igjennom
Slots	På forkanten, fra midten av vingen og utover	Leder luft opp til oversiden av vingen ved høye angrepsvinkler. Senker steilefarten og gir bedre kontroll på lave hastigheter

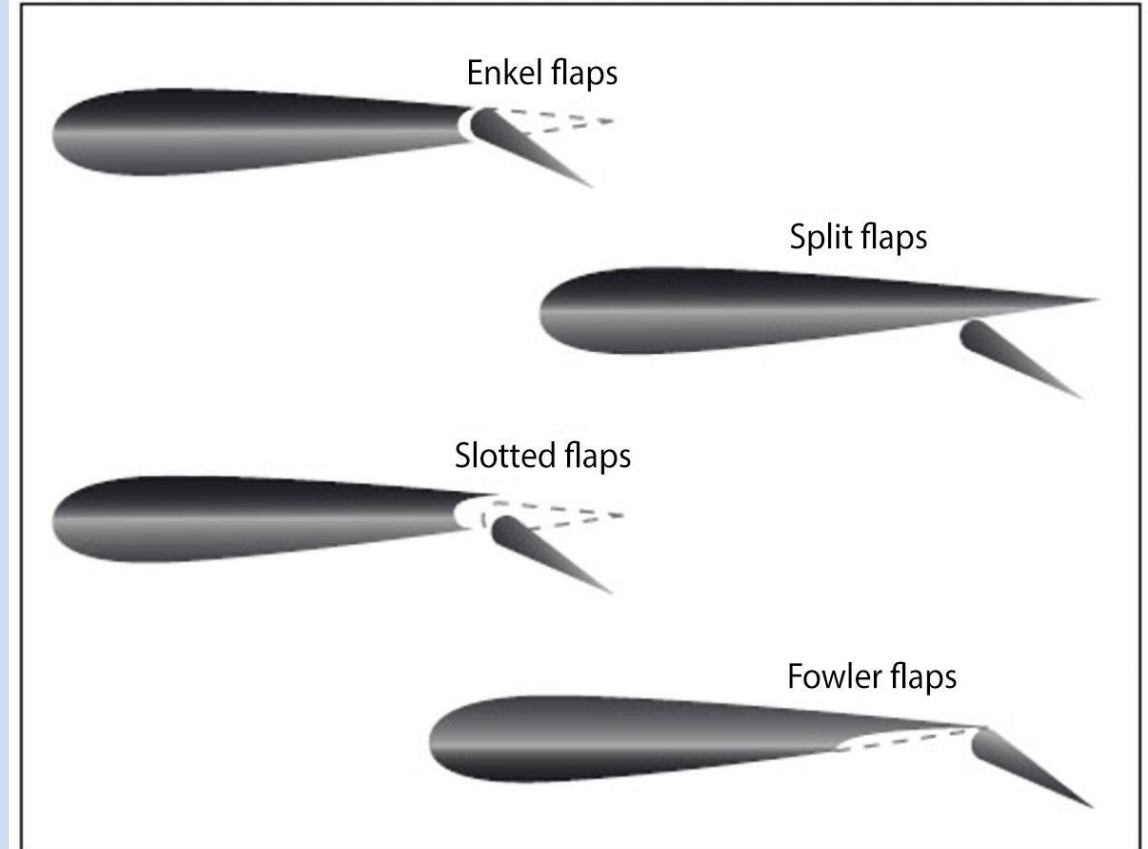
Flaps og slats / slots

- Enkel flaps
- Split flaps
- Slotted flaps
- Fowler flaps

Flaps brukes av enkelte fly både under avgang og landing. Ved avgang brukes en liten nedfelling, ca. $10-25^\circ$, fordi vi her primært ønsker at løftet skal øke.

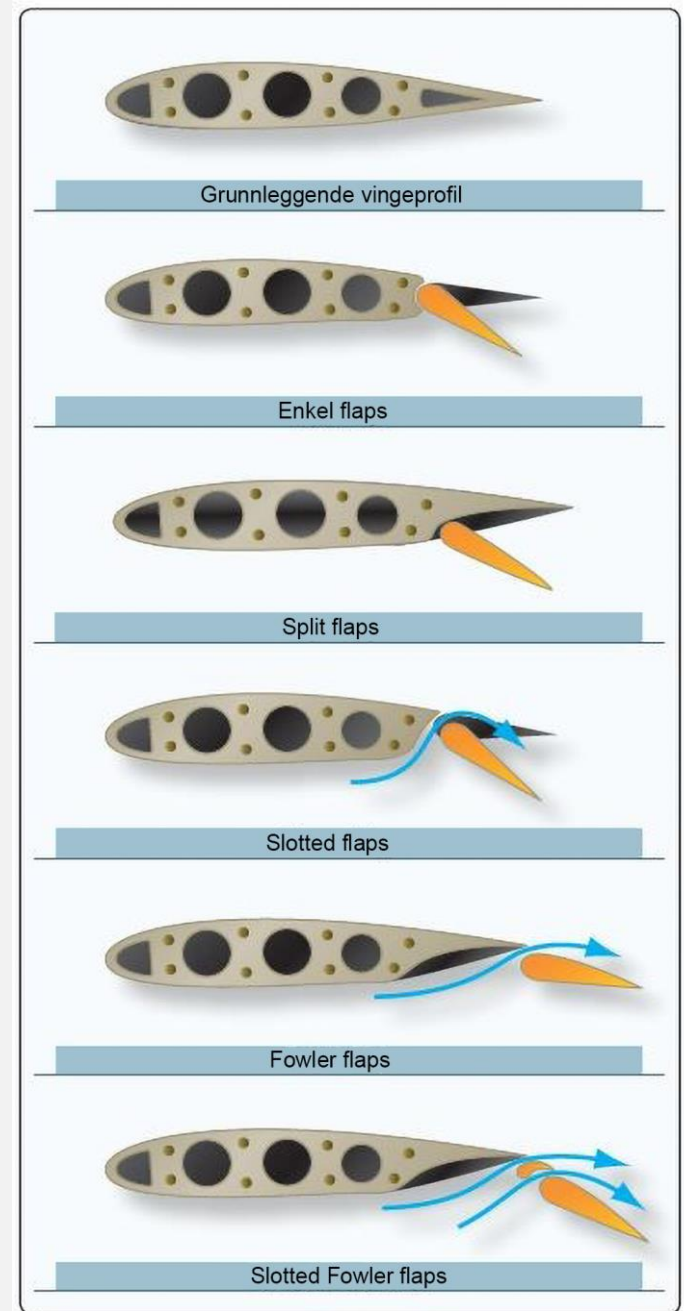
Under innflyging for landing brukes en større nedfelling, opp til ca. 60° , fordi vi her ønsker å øke både løft og motstand, (som kan tillate brattere innflygning)

Den største økning av løftet forekommer opp til ca. 25° nedfelling. Deretter øker løftet sakte, mens motstanden øker raskt.

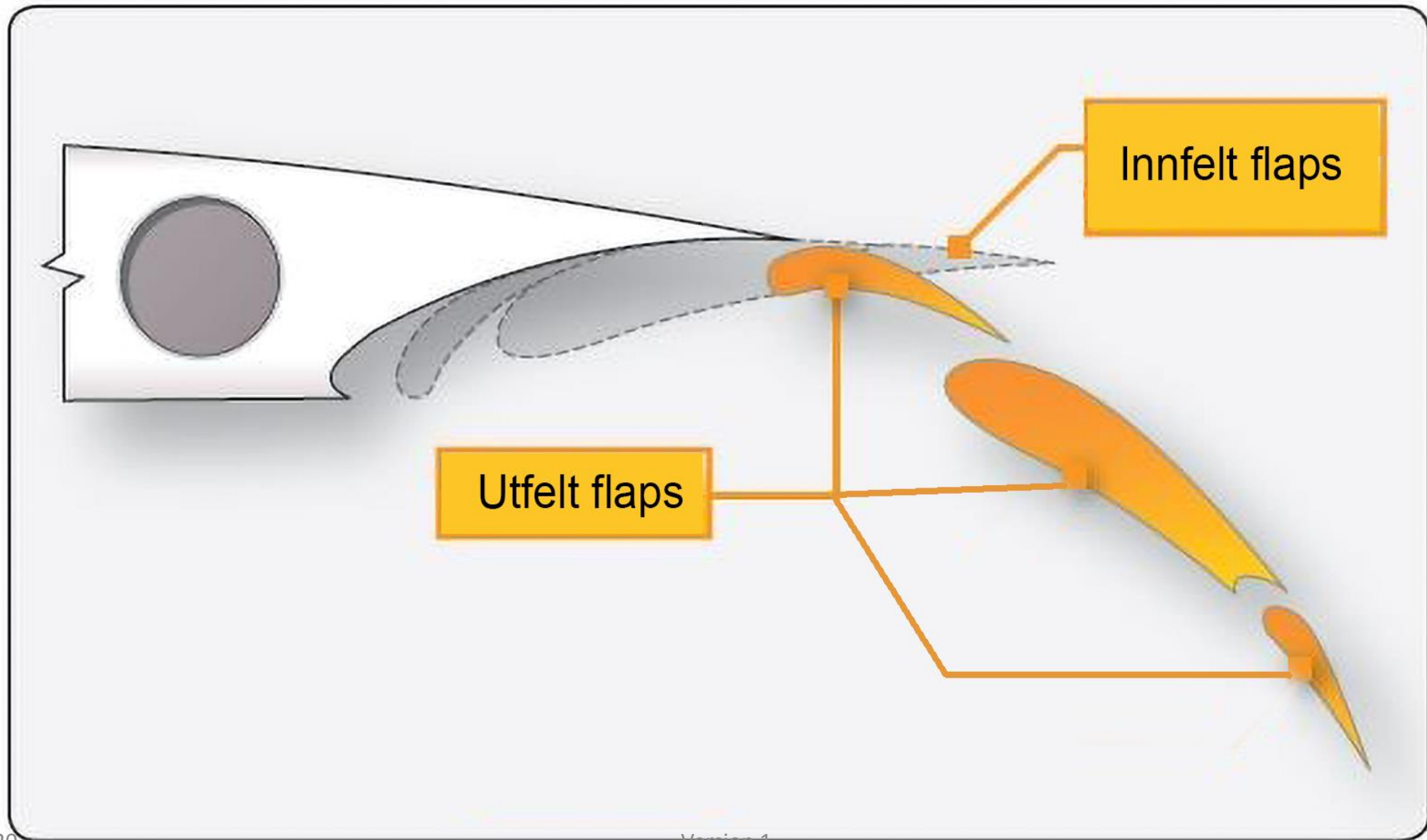


Flaps

- Enkel flaps («plain flaps»). Den enkleste formen for flaps. Bakerste del av profilet felles ned, profilets krumming øker. Økning i løft på rundt 50 prosent. Mye motstand når den er fullt utfelt
- Split flaps ligner på enkel flaps, men det er kun deler av undersiden av profilet som felles ned, oversiden forblir uforandret. Profilets krumming øker og gir en økning i løft på 30-40 prosent. Gir stor motstand når den er fullt utfelt
- Slotted flaps. Gir en åpning («slot») mellom profilets bakkant og flapsen slik at luft slipper opp på oversiden av profilet. Gir også øket krumming og en økning i løft på rundt 65 prosent. Mindre motstand enn enkel og split flaps
- Fowler flaps. Denne typen flaps går både ned og bakover og gir en økning av løft på 90 prosent.
- Slotted Fowler flaps. En fowler flaps som går ned og bakover og samtidig danner en åpning. Kan gi hele 100 prosent økning av løftet. Stor endring av vingens areal



Eksempel på dobbelt slotted Fowler flaps





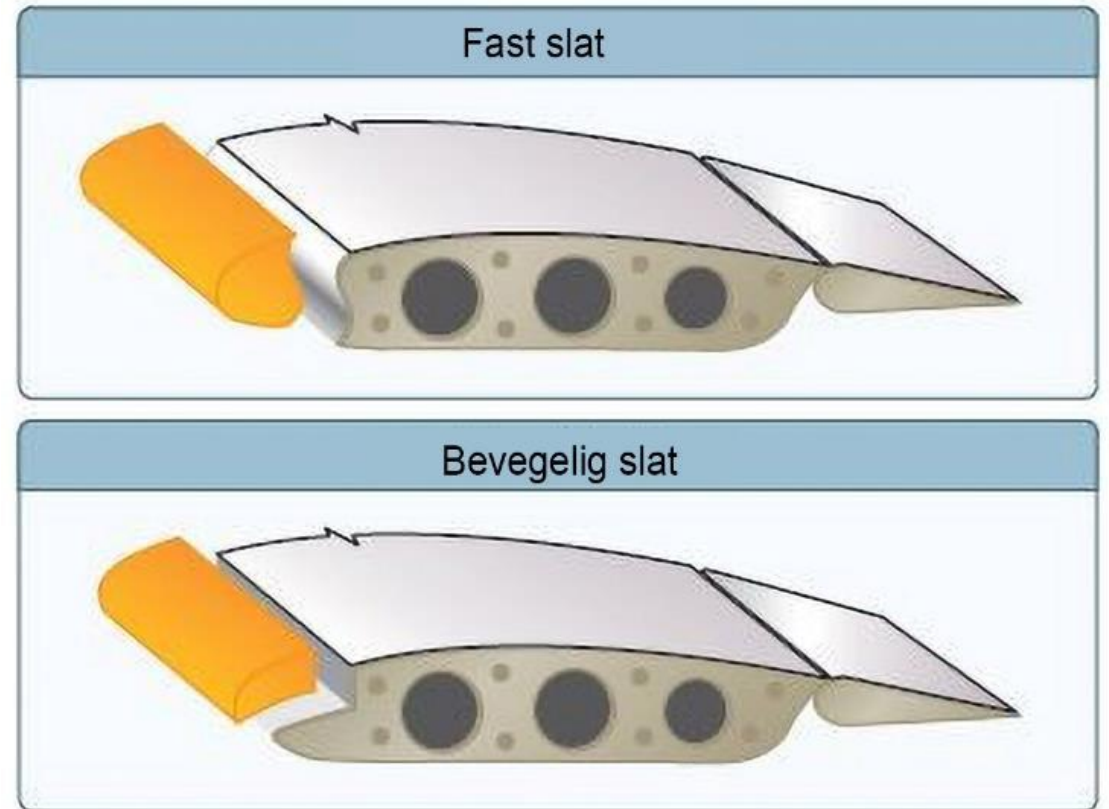
Vi kan også kombinere flaps og balanseror og da kalles det for «flaperons». På noen mindre fly eksempelvis Kitfox og Avid Flyer monteres flaperons i stedet for balanseror og flaps for enkelhets skyld, mens det på noen store kommersielle fly lages flaperons mellom flaps og balanseror.

Slats / slots

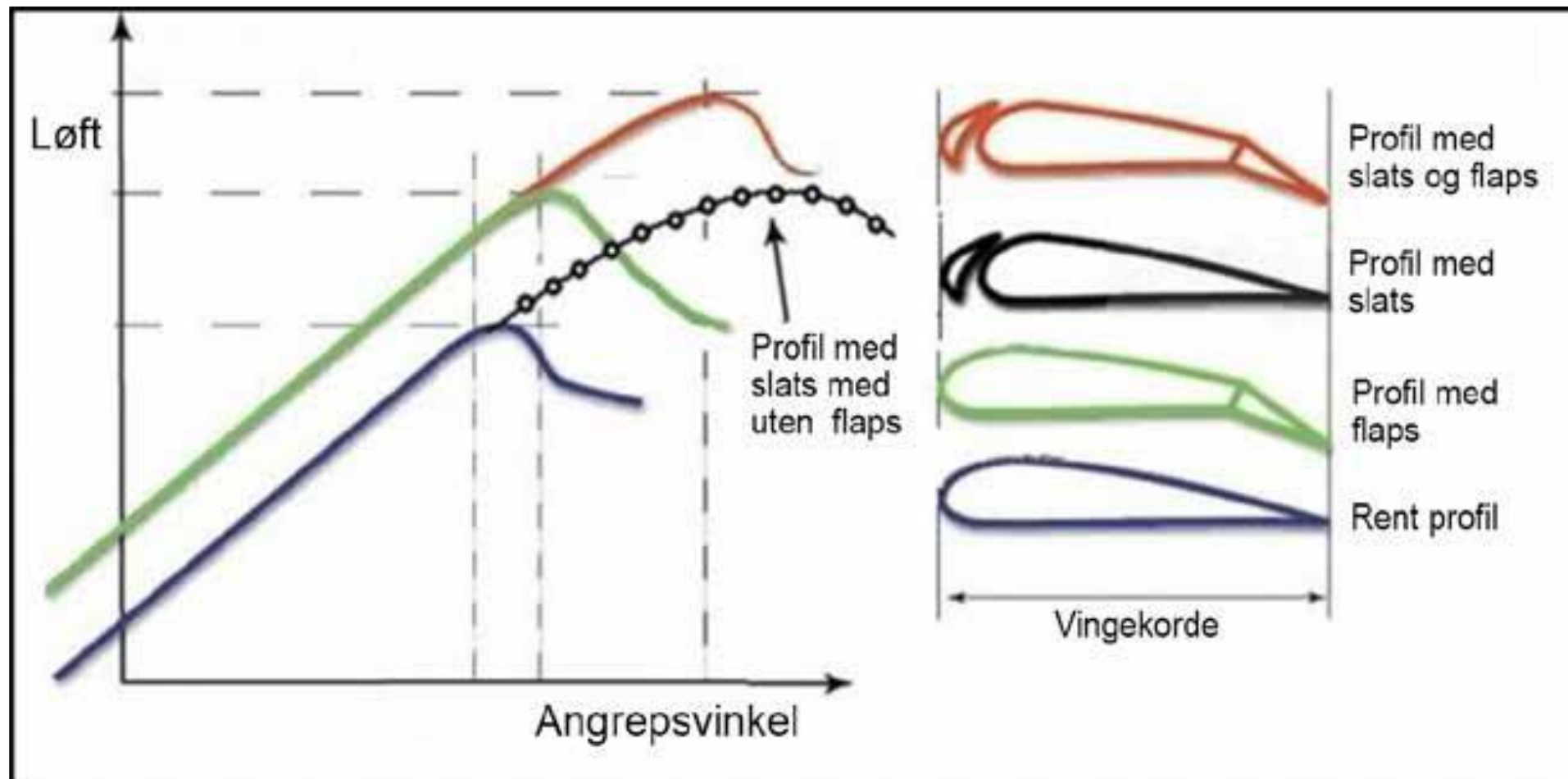
Slats er en ekstra vingefremkant som skyves frem og danner en slot – altså en åpning i vingefremkanten («leading edge»).

Slats kalles også for fremkantflaps («leading edge flaps»). Du kan ha en slot uten å ha en slat, men en slat danner alltid en slot.

Slat og slot leder luften slik at luften på oversiden av vinge holdes strømlinjeformet noe lengre enn den ville ha gjort på en vinge uten slat eller slot.

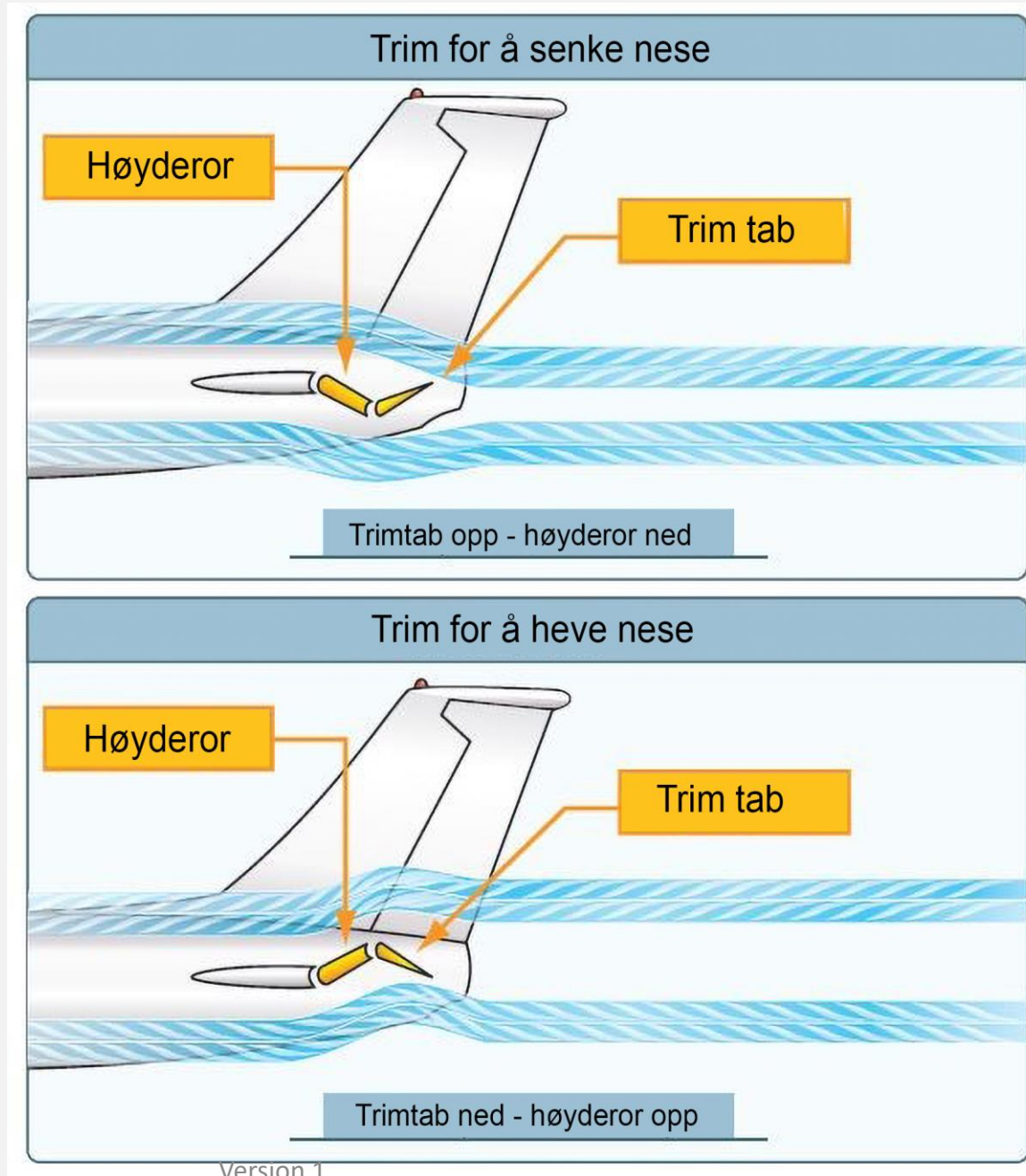


Løftkurver for slats og flaps.

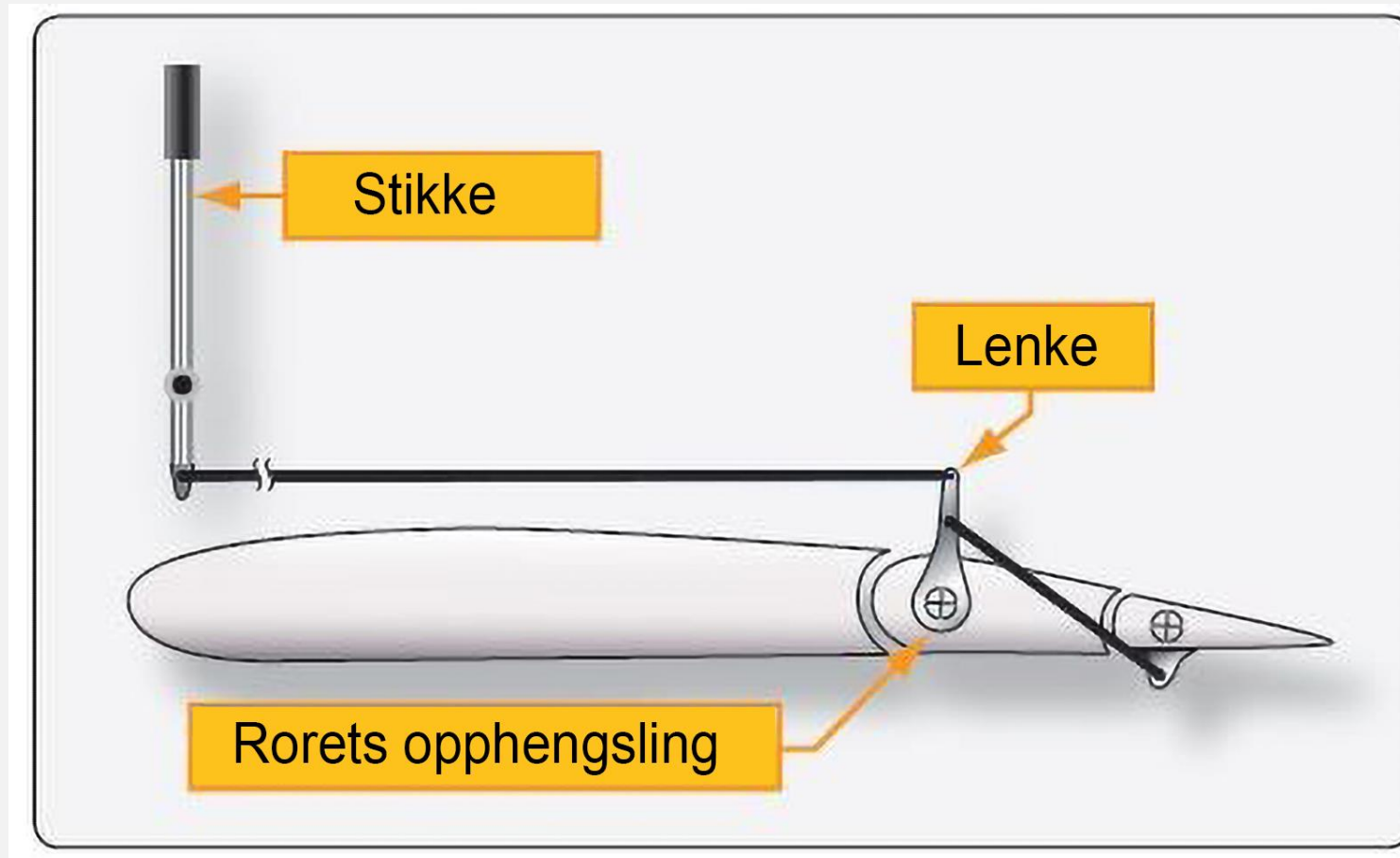


OBS! Mange tror at flaps virker som luftbrems. Det gjør de ikke. Flaps øker løft og motstand. Flaps skal heller aldri brukes som luftbrems for å senke farten – da blir de ødelagt. Det er viktig at flaps skal kun brukes i et visst fartsområde (hvit bue eller område på fartsmåleren).

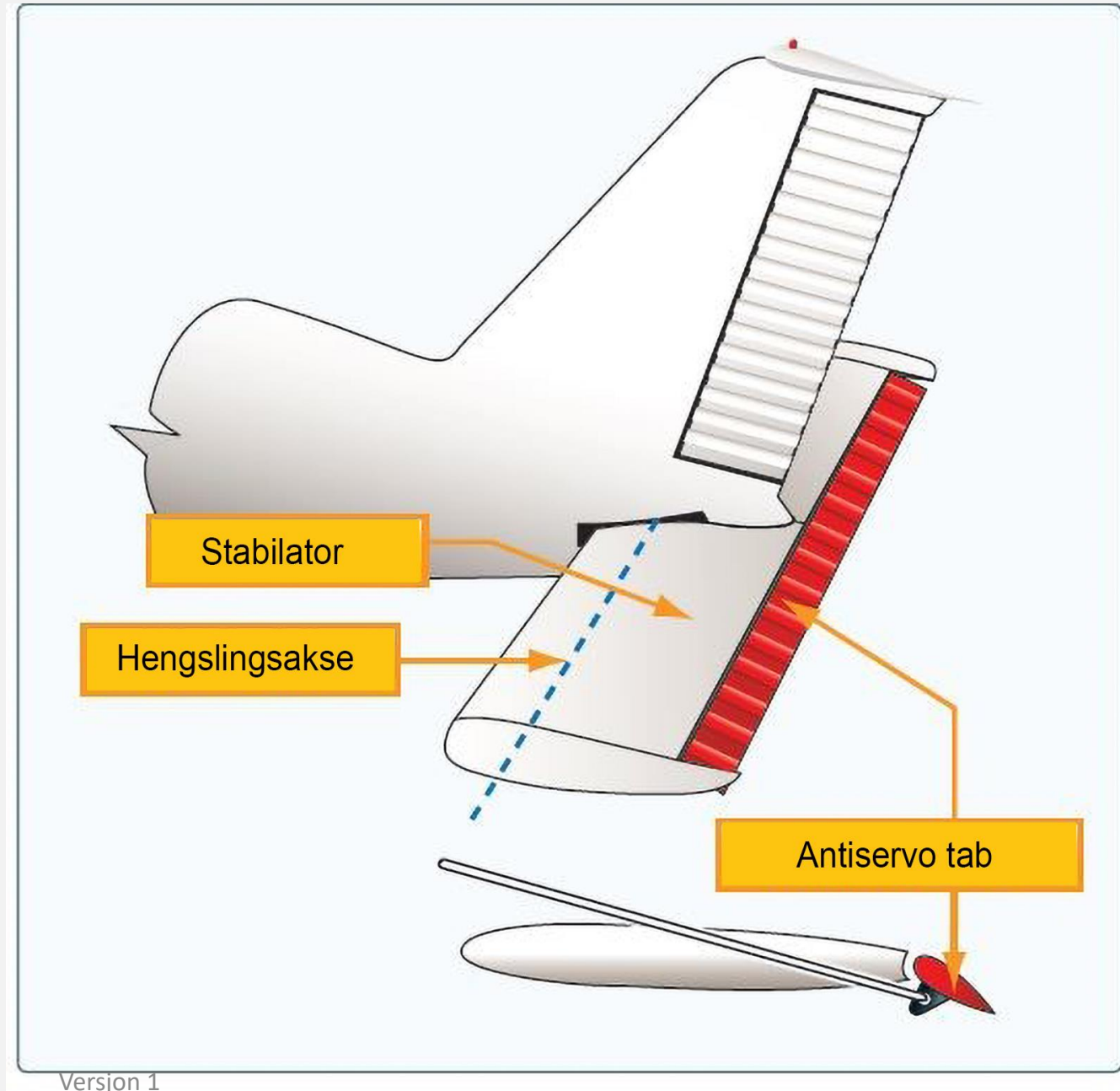
Trimror



Servoror (aerodynamisk)



Anti-servo tab





Luftbremser («speed/air brakes») og spoilers

Dette systemet brukes i hovedsak av større fly og på seilfly, men noen mindre motorfly har også spoilers montert. Spoilere monteres på oversiden av vingen, noe foran flapsen.

Slik ser spoilerne ut på en Boeing 737 under nedstigning. Dette ødelegger løftet i stor grad over de delene av vingen.

Hjelperor – indikasjon på feilfunksjon

- Flap, slots, slats og luftbremser
- Dersom disse systemene kun gir utslag på den ene vingen, eller kun kommer delvis ut, vil vi merke det på flyets bevegelser
- Kan også være lysindikasjon på annunciator panel om systemene er elektrisk aktivert og flyet er utstyrt med annunciator panel



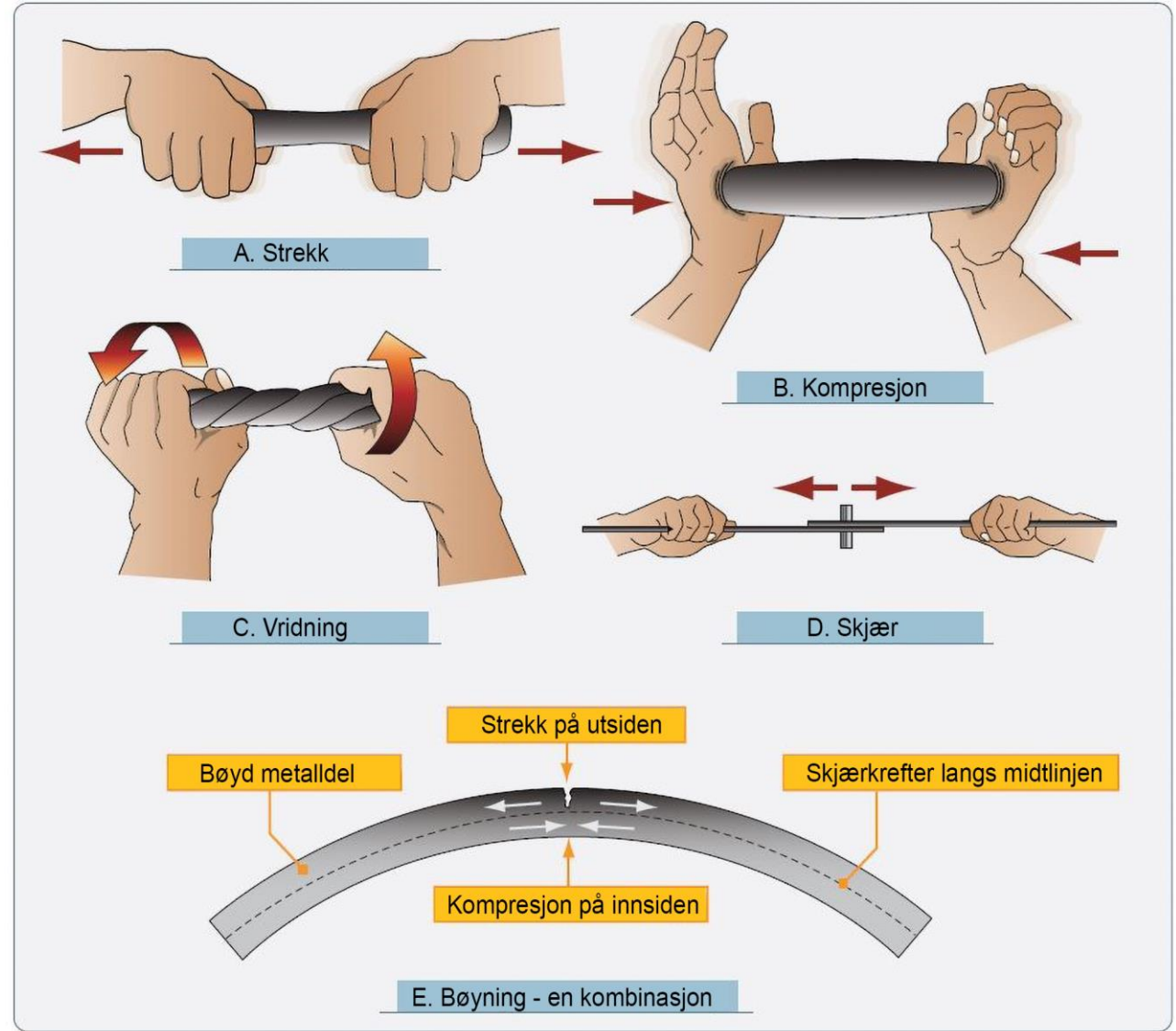
Del 3 Systemdesign, belastninger og stress



NORGES LUFTSPORTFORBUND

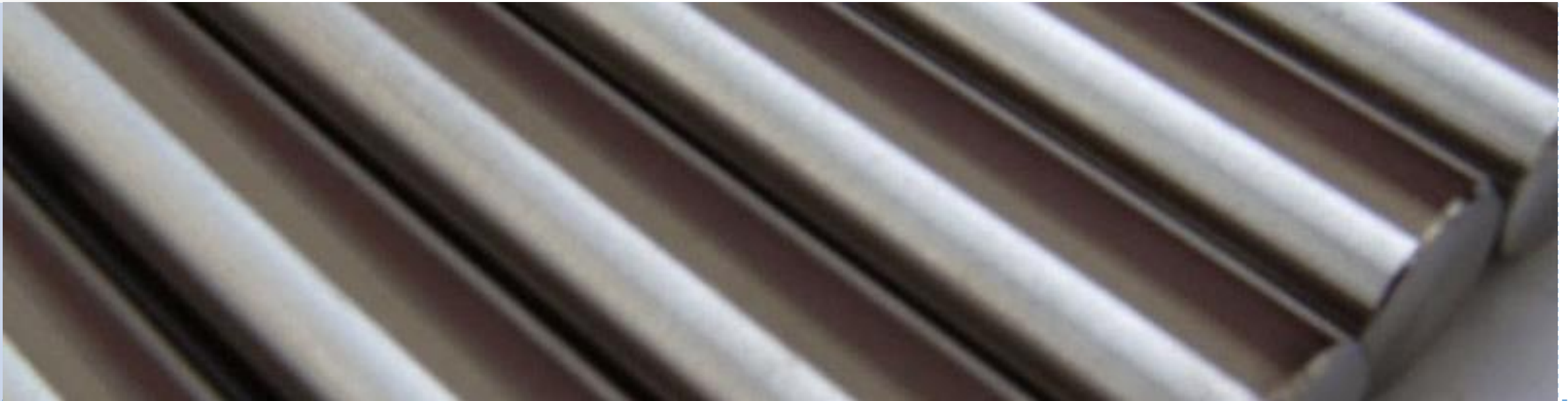
Belastninger og stress

- Flyet utsettes for en rekke krefter og belastninger:
 - strekk
 - trykk eller kompresjon
 - skjærspenning
 - torsjon
 - bøyning



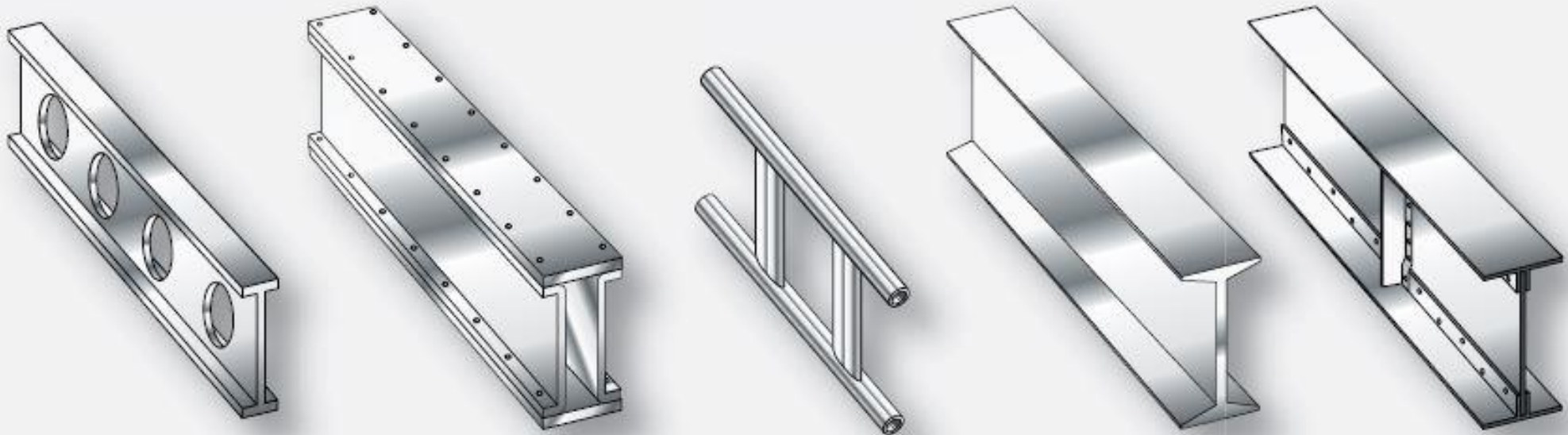
Materialenskaper - titanlegeringer

- Stor styrke i forhold til vekt
- God korrosjon- og varmekasthet
- Brukes for eksempel til brannskott, forsterkninger, varmekastplater, systemer i jetmotorer og vingefremkanter



Materialegenskaper - stål

- Høylegert (rustfritt stål). Brukes blant annet hydraulikk- og drivstoffsør, rør- og slangekoplinger, kontrollstag, pneumatiske systemer, vanntanker og forsterkninger
- Lavlegert stål. Brukes blant annet til å lage understell, forsterkninger, beslag, kontrollkabler, bolter, muttere og skruer



Materialeegenskaper - Mangan



- Legering, kalles også for Monel
- Brukes til flydeler som trenger stor styrke og stor motstand mot korrosjon
- Eksempelvis: Understell, eksosmanifolder og deler i forgasser

Materialegenskaper - magnesiumlegeringer

- Følsomt for korrosjon
- Kan sprekke om det blir utsatt for vibrasjoner
- Støv/små deler antennes lett
- Cirka 30 prosent lettere enn aluminium
- Kan eksempelvis brukes i seter og dørk, vingepanel, hjuldører, til å kle flaps og balanseror, i olje- og hydraulikktanker, motorgondoler osv.



Materialegenskaper - aluminiumlegeringer



- Høyt-styrke-til-vekt forhold, relativt enkelt å produsere
- Duralumin har god strukturell styrke
- God leder av varme og elektrisitet
- Utsatt for korrosjon og må beskyttes enten med maling/lakk eller et tynt lag med ren aluminium
- Brukes i konstruksjon av flyets struktur

Ren aluminium for eksempel er for bløtt til å brukes til deler som krever mekanisk styrke og tilsettes derfor andre stoffer for å få bedre egenskaper. Det kalles en legering. K

Denne typen legeringer brukes for eksempel i plater, lister («stringers»), profiler, beslag og nagler. Når aluminium er legert blir det gitt et nummer der første siffer angir hva slags metall det er legert med.

2xxx – Aluminium legert med kobber

3xxx – Aluminium legert med mangan

4xxx – Aluminium legert med silisium

5xxx – Aluminium legert med magnesium

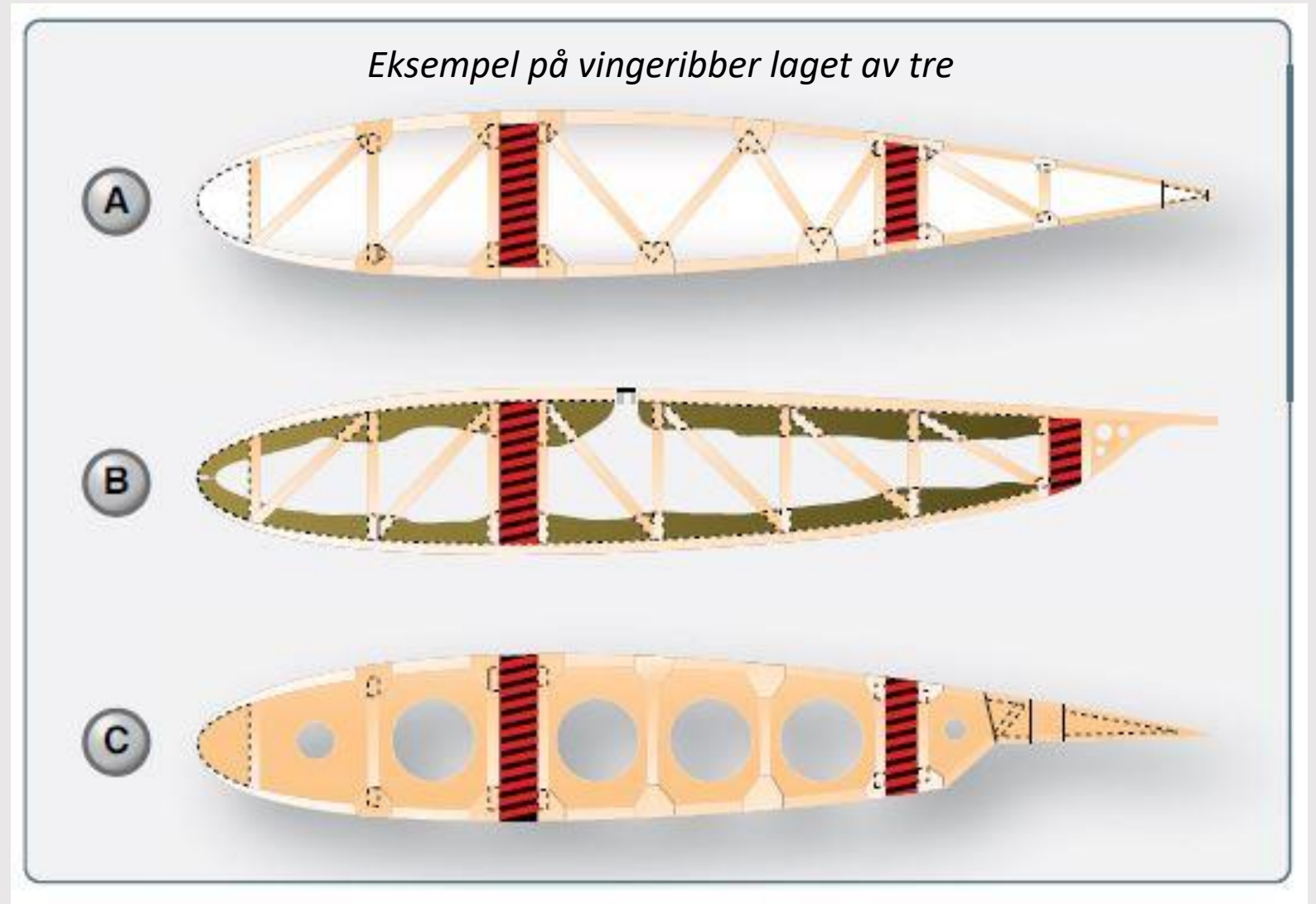
6xxx – Aluminium legert med magnesium og silisium

7xxx – Aluminium legert med sink, kobber og magnesium

2024 og 6061 er mye brukt i flykonstruksjoner. 2024 er populært kalt "Alclad" eller «Duraluminium», og er sterkere enn 6061, men korroderer lettere, og har derfor et tynt lag ren aluminium valset inn på begge sider. Har legeringen tilleggsbokstaven T fulgt av tallet 0 - 6 så er den herdet med temperaturbehandling, f.eks. 6061-T6. 6 tallet står for maksimal herding. En plate av dette slaget virker stiv som en stålfjær.

Tremateriale

Tremateriale benyttet i fly er hovedsakelig amerikansk Spruce, en slags gran, og er i dag mindre brukt i moderne luftfartøy, men er hovedmaterialet fly ble bygget av i gamle dager eller av mange av dagens hjemmebyggere.



Tre til bruk som vengebjelker og lister («stringers») kan imidlertid fremdeles finnes i luftfartøy som bygges som fagverkskonstruksjon.

Gummi:

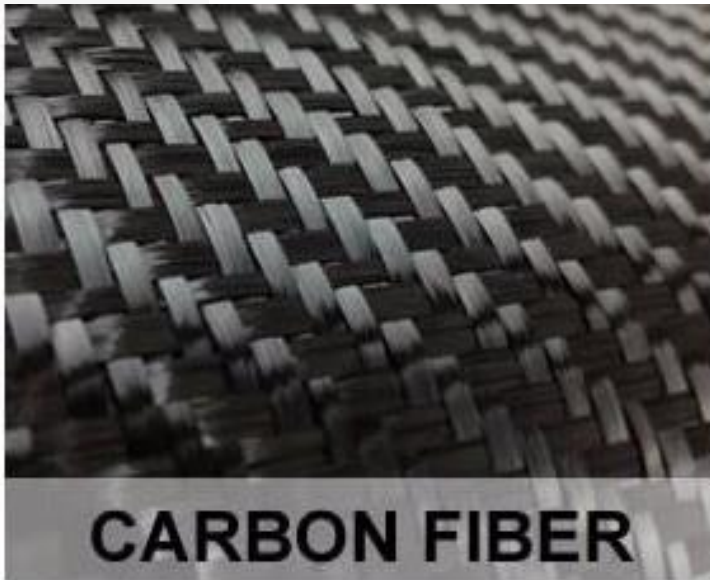
Gummi er opprinnelig et naturprodukt, men har som mange andre stoffer fått et syntetisk alternativ. Avhengig av hvordan gummi er behandlet, brukes det for eksempel til pakninger, isolasjon, dekk, slanger og til såkalte celletanker (drivstofftanker som er integrert i vingen). Gummikomponenter endrer sine egenskaper eller kan sprekke opp over tid, og skal derfor flere steder i en konstruksjon byttes ut etter noen års bruk.

Plast:

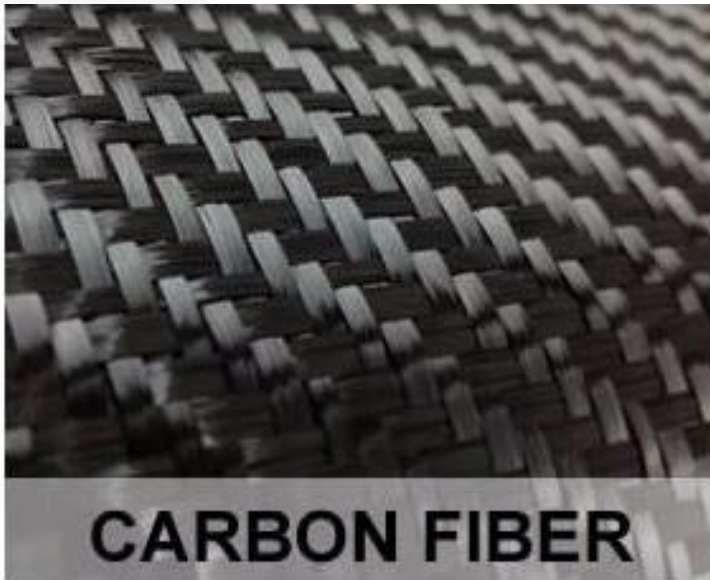
Plast lages ved hjelp av kjemiske prosesser av olje, gass, vann, luft og salt, men du finner også plast som er laget av cellulose og naturprodukter. I luftfart brukes blant annet plast til gjennomsiktige paneler, og felles for disse er at de til forskjell fra glass er lettere å forme og å reparere, har bedre optiske egenskaper, er mer splintsikre, tåler bedre vibrasjon og temperatursvingninger og veier mindre. Ulempen er at de er mer kostbare enn glass og at de har en bløt overflate. Rifter i plastmateriale er derfor dessverre veldig vanlig. Plast brukes også i innredningen.

Materialgenskaper - komposittmateriale

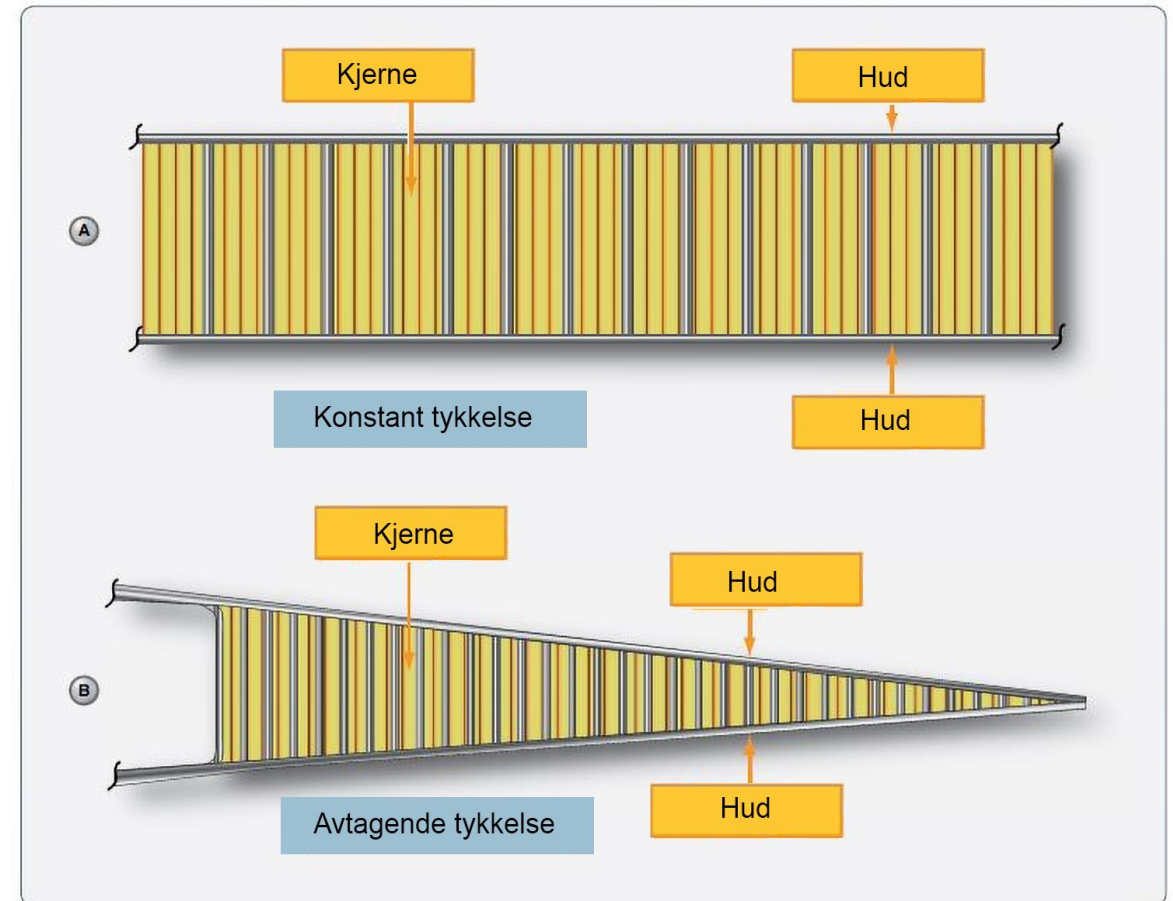
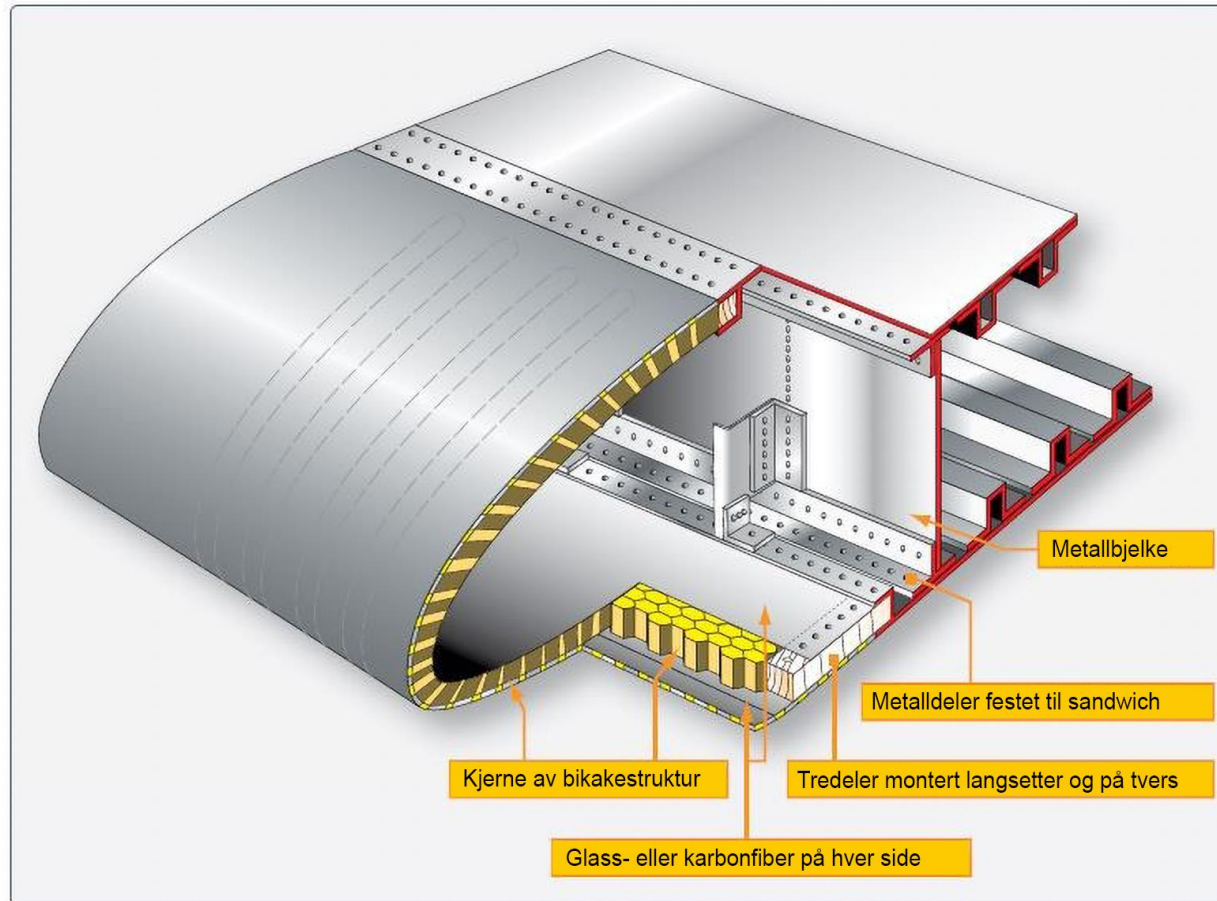
- Kevlar, glassfiber- eller karbonfiberforsterket plast
- Fordeler
 - lett vekt og liten motstand
 - ingen korrosjon
- Ulemper
 - vanskelig å se om materialet er skadet/delaminering
 - tåler dårlig høy temperatur



- Kompositt er laget av plastharpiks som er forsterket med fibre av glass, karbon, eller Kevlar, og det er altså harpiksen som brukes til å binde fibre av forskjellig materiale sammen, mens det er fibre som gir den stivhet og styrke som er nødvendig i en flykonstruksjon. Komposittmaterialet kan være bygget opp som en bikakestruktur («honeycomb»). Navnet har den fått fordi den består av celler på samme måte som i en bihonningkake. Materialet som brukes kan være forskjellig (også aluminium) og er laminert, det vil si at bikakestrukturen er belagt med plater på hver side som et dobbelt smørbrød («sandwich»). Strukturen er sterk og brukes til deler som skal tåle høy belastning, for eksempel primærstruktur, plater, rør og spoilere. Største fordel er styrke og lett vekt.



Konstruksjonsmetoder – bikakekonstruksjoner («sandwich»)





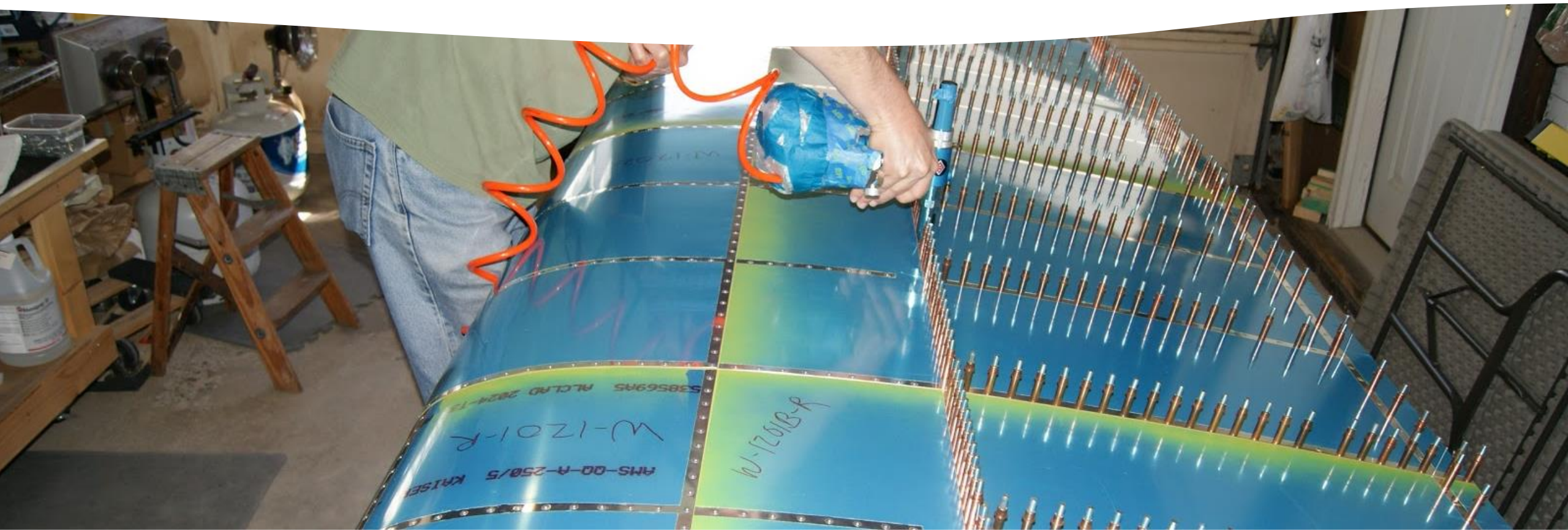
Vedlikeholdszyklus

Fly og komponenter vedlikeholdes etter kalendertid, tid i luften (tekniske tid) eller en kombinasjon av disse

- Minimumsintervall (MIP): 100 timer eller en gang i året
- Toleranse: 10 timer eller en måned
- Aktuelt intervall og toleranse for et individ vil fremkomme av vedlikeholdsprogrammet (AMP)

Metoder for å sette sammen deler

- Klinking / nagling («riveting») – mekanisk festemetode
- Sveising («welding») – føyer sammen materialer ved sammensmelting
- Liming («bonding») – bygging av komponenter og konstruksjon av struktur
- Bruk av bolter – brukes lite for å bygge opp flyet, men mye for å feste utstyr





Del 4 Motorer



NORGES LUFTSPORTFORBUND



Prinsipper og begreper



NORGES LUFTSPORTFORBUND

Begreper

- RPM – motorens turtall («revolutions per minute»)
- Vrimoment – dreiemoment – kraft/moment («torque»), karakteriserer det arbeidet vi får ut av motoren
- Manifoldtrykk – («MAP – manifold pressure»), trykket i motorens inntaksmanifold
- Effekt – arbeid per tidsenhet – forhold mellom indikerte hestekrefter og de som vi tar ut på veivakselen - bremsehesterkrefter
- Drivstoffsforbruk («specific fuel consumption») – forholdet mellom vekten av brukt drivstoff i pund og bremsehesterkrefter per time
- Kompresjonsforhold - forholdet mellom det totale volumet over stempelet når det står i bunnen av sylindern (nedre død punkt), og volumet over stempelet når det står på toppen i sylindern (øvre død punkt)



912 UL - 80Hk



912 ULS - 100Hk



914 Turbo - 114Hk



915iS Turbo injection - 141Hk

-
- Vi deler motorer inn i to grupper:
 - Elektriske motorer
 - Forbrenningsmotorer
-

Elektriske motorer

Vi kaller et fly som drives av en eller flere elektriske motorer for et «elektrisk fly». De fleste bemannede elektriske fly i dag brukes foreløpig kun til demonstrasjon, og det er fremdeles et stykke igjen til masseproduksjon. Et elektrisk fly får kraft av en eller flere elektriske motorer som igjen driver en propell (eller rotor) eller flere som gir trekk-kraft.



Motordeksel og batterirom for el-fly



Pipistrel er et fly med elektrisk motor

Selve elektrisiteten får flyet fra følgende enheter:

Batterier. Mest vanlig, men den høye vekten kan være et problem.

Solceller. Lager strøm av sollys, enten for å bruke kraften direkte til fremdrift eller for å lagre den i batterier. Det må imidlertid mange solceller til for å få noen effekt, og det begrenser bruken.

Brenselceller. Dette er elektrokjemiske celler som lager elektrisk strøm direkte fra en reaksjon mellom oksygen og hydrogen, hydrokarboner eller alkoholer.

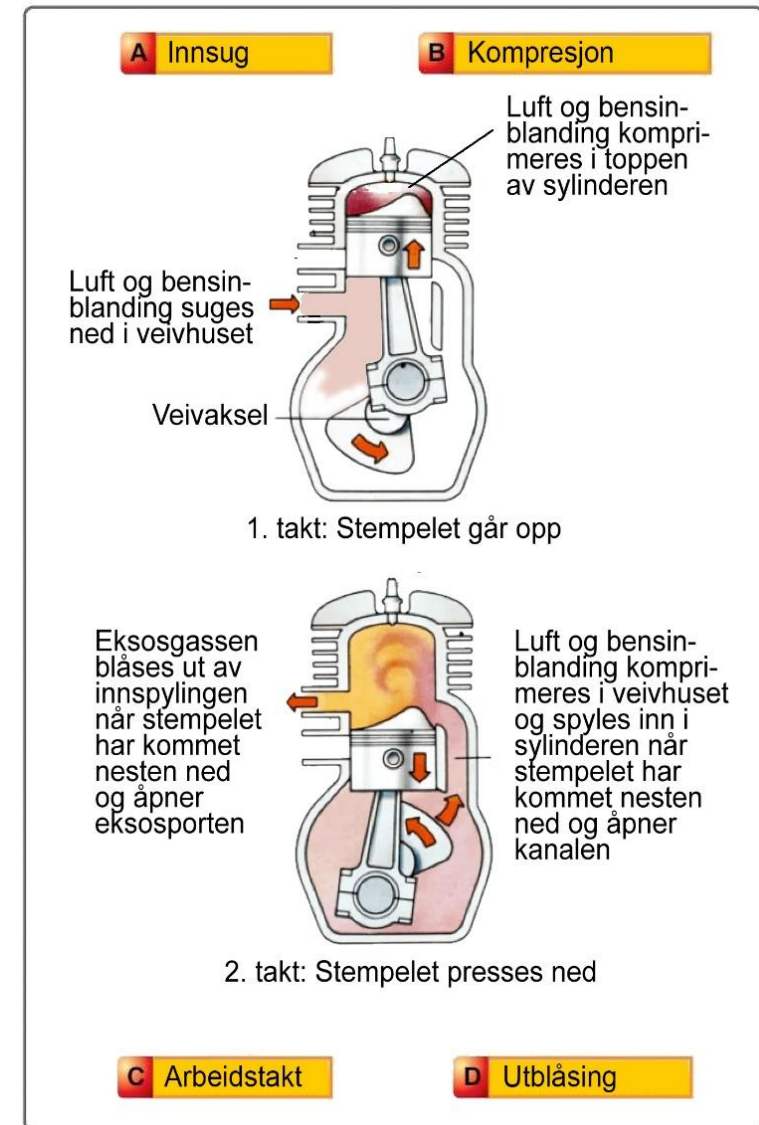
En forbrenningsmotor kan være en:

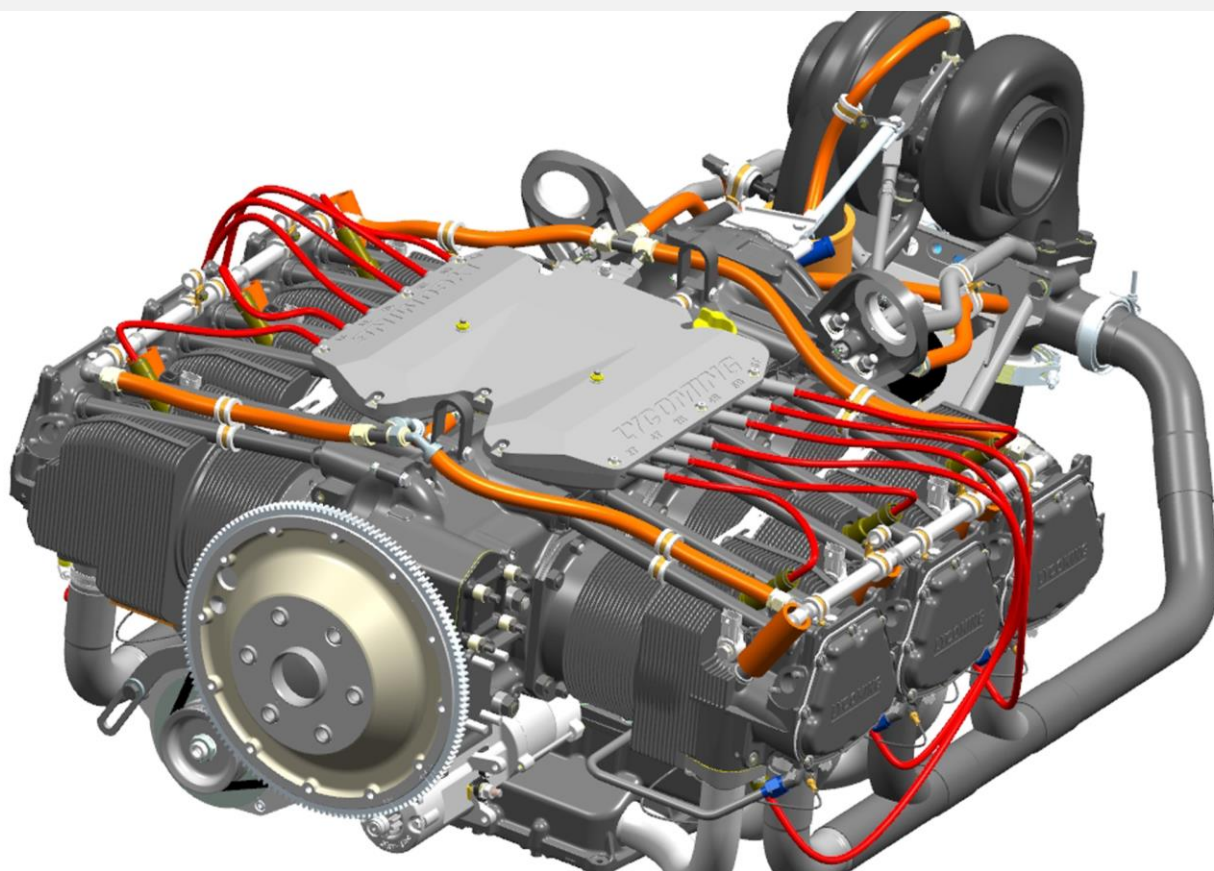
Stempelmotor («reciprocating engine») med propell som mates med jetdrivstoff, diesel, AVGAS («Aviation Gasoline») eller MOGAS (Motor Gasoline – bilbensin som kan brukes i luftfartøy)

På sportsfly er det Rotax motoren som er mest utbredd i Norge, men det finnes mange flere typer som også er vanlige. Vi har Hirth motorer og Jabiru motorer som det også er ganske mange av. Alle motortyper har sine særegenheter og det er derfor viktig å sette seg inn i bruk og vedlikehold til den type motor som vi benytter.

Stempelmotorer arbeider i tospann med en propell for å skape trekk- og skyvekraft ved å akselerere og flytte et gitt volum luft bakover, mens turbojet og turbofanmotorer utvikler skyvekraft ved å øke hastigheten på luften som flommer gjennom motoren, slik at flyet flyttes fremover. Alt dette i samsvar med Newtons tredje lov.

Newtons tredje lov sier at når et legeme virker på et annet legeme med en kraft, vil det andre legemet virke tilbake på det første med en like stor kraft i motsatt retning. Disse to kreftene kalles kraft og motkraft, virker alltid på to forskjellige legemer og er like store og motsatt rettet.





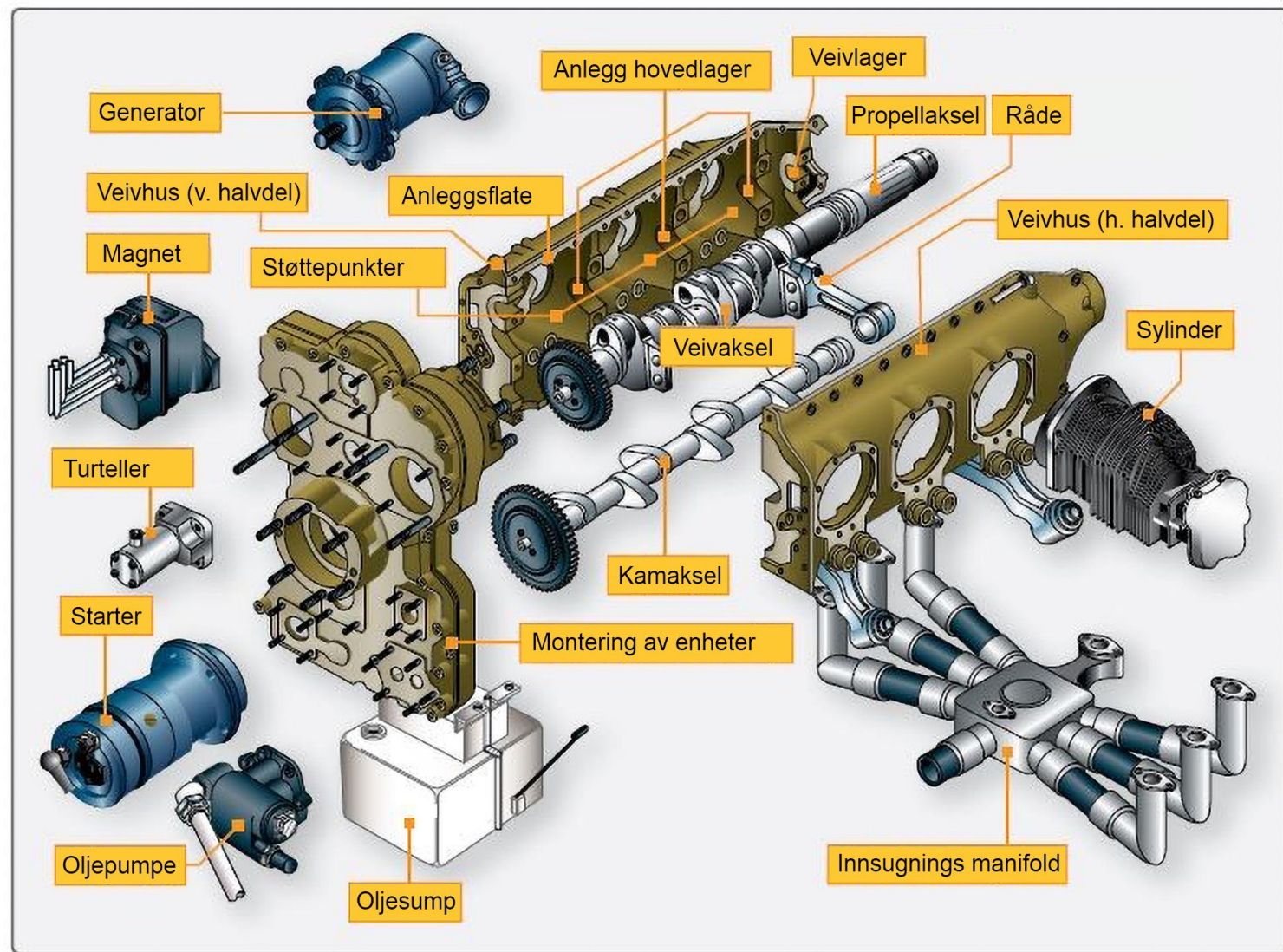
Sylinderarrangement

- *Boksermotor* («horizontally opposed engine») hvor sylindrene er montert horisontalt og mot hverandre
- *Stjernemotor* («radial engine») hvor cylindrene er montert i en eller flere rader rundt veivhuset
- *Rekkemotor* («in-line engine») hvor sylindrene sitter etter hverandre på rekke
- *V-motor* («V-type engine») hvor sylindrene er plassert slik at de danner en V

Sylinderarrangement – fordeler og ulemper

	Sylinderplassering	Mest vanlig kjøling	Fordeler	Ulemper
Boksermotor	Horisontalt og mot hverandre	Luft Væske	Stort effekt-til-vekt forhold Lite frontområde Mindre luftmotstand	Bakerste sylindre får lite kjøling ved luftavkjøling
Stjernemotor	I rader rundt veivhuset	Luft	Fordelaktig effekt-til-vekt forhold	Stort frontområde Større motstand Mekanisk komplisert
Rekkemotor	Etter hverandre på rekke	Væske Luft	Lite front-område Mindre luftmotstand	Lavt effekt-til-vekt forhold Bakerste sylindre får lite kjøling ved luftavkjøling
V-motor	Plassert slik at de danner en V	Væske Luft	Lite front område Mindre luftmotstand	Bakerste sylindre får lite kjøling ved luftavkjøling

Motor- komponenter



Sylinder og begreper

En innsugsventil er nødvendig for å få luft og bensin inn i sylinderen

Sylinderen danner rommet der luft og bensinblandingen komprimeres og forbrenner

En eksosventil er nødvendig for å få eksosen ut av sylinderen

Stempelet beveger seg i sylinderen og danner en av veggene i forbrenningsrommet. Det har stempelringer som tetter på sidene slik at vi ikke mister motorkraft ved at gassene lekker langs stempelveggen



Råden forbinder stempelet med veivakselen

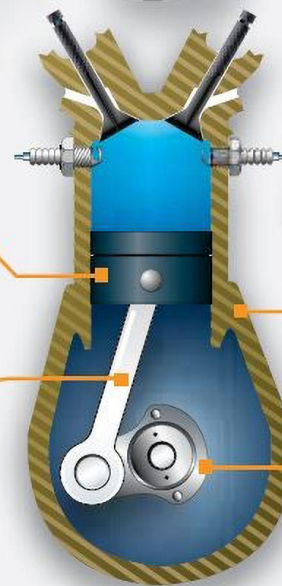
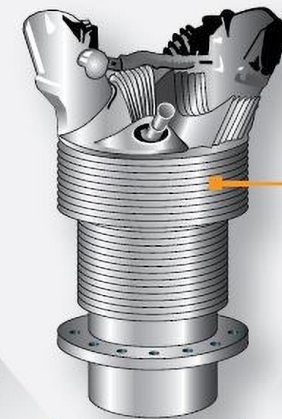


Tennplugg

Veivhus

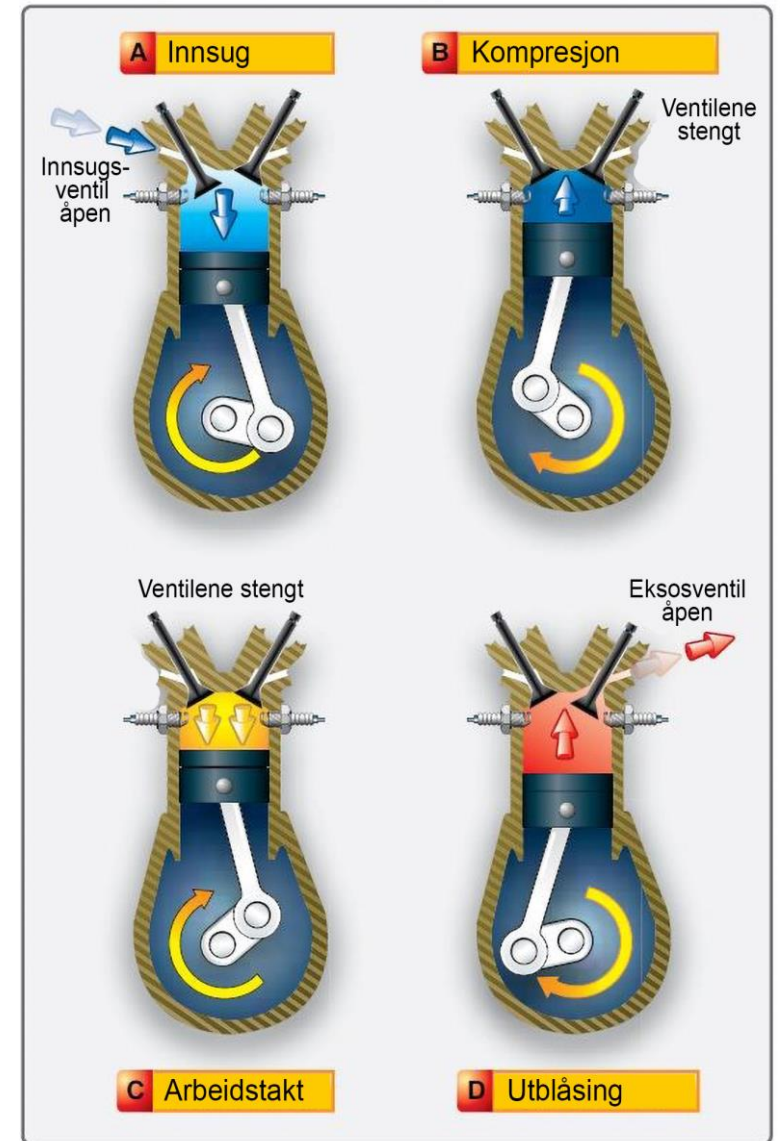
Veivakselen og råden endrer opp og ned bevegelsen til stempelet til en roterende bevegelse.

Veivakselen i en flymotor henter kraften fra alle sylindrene og fører den videre til propellen



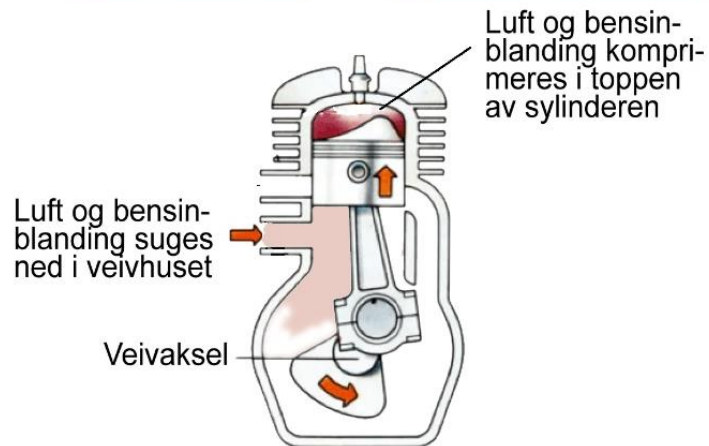
Arbeidsprinsipp – firetaktsmotor

- Innsugingstakten («intake stroke»)
- Kompresjonstakt («compression stroke»)
- Arbeidsslag (takt) («power stroke»)
- Utblåsingstakt («exhaust stroke»)

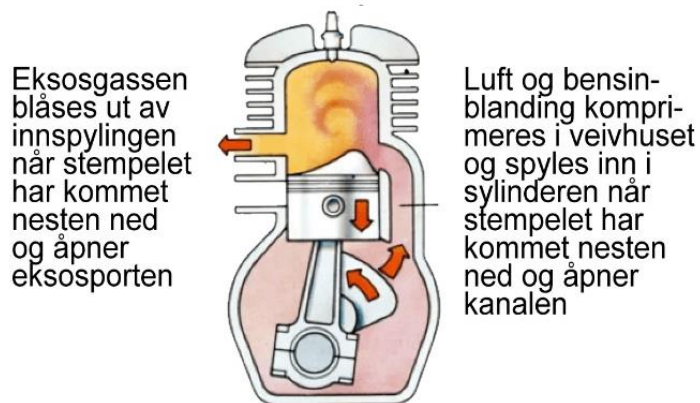


A Innsug

B Kompresjon



1. takt: Stempelet går opp



2. takt: Stempelet presses ned

C Arbeidstakt

D Utblåsing

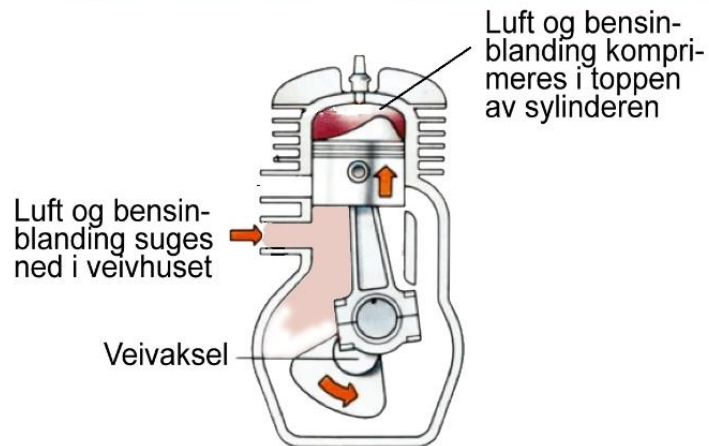
Arbeidsprinsipp – totaktsmotor

En totaktsmotor forandrer kjemisk energi til mekanisk energi over en syklus som består av to takter – derav navnet.

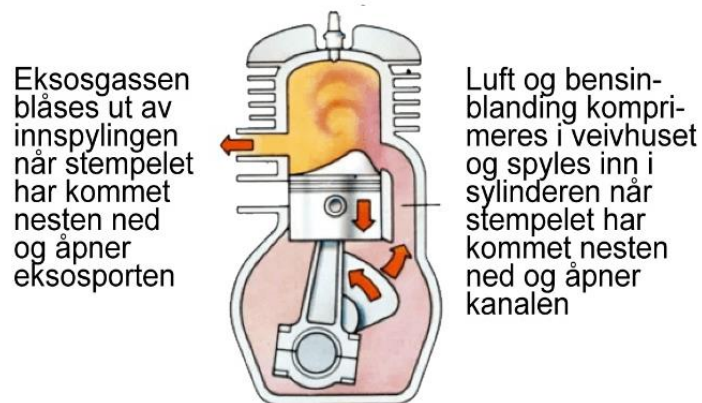
Inntak av ny luft/bensinblanding og kompresjon skjer samtidig i ett arbeidsslag mens arbeidsslaget og utblåsing av eksosen skjer samtidig i det neste.

A Innsug

B Kompresjon



1. takt: Stempelet går opp



2. takt: Stempelet presses ned

C Arbeidstakt

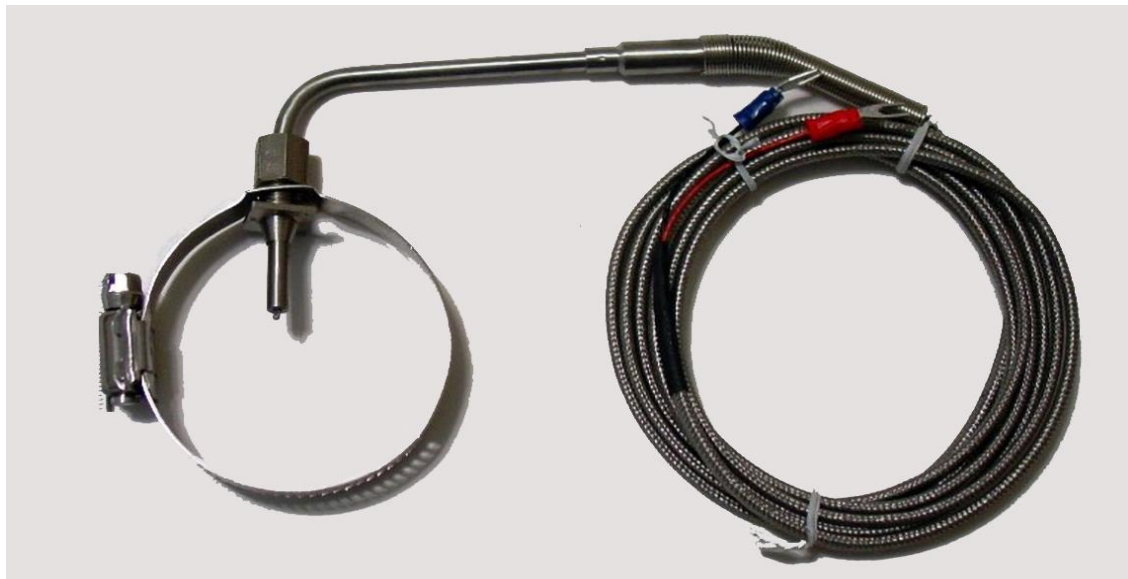
D Utblåsing

Arbeidsprinsipp – totaktsmotor

En to-taktsmotor er svært avhengig av korrekt blandingsforhold mellom luft og bensin, som påvirker temperaturen på forbrenningsgassene.

En mager blanding (for lite bensin) har høyere temperatur enn normalt, og kan brenne hull i stempelet.

En rik blanding (for mye bensin) har lavere temperatur enn normalt, og gir ineffektiv forbrenning og lavere motoreffekt.



For å kontrollere dette er det montert en temperaturprobe inn i eksosrøret 10 cm fra utblåsningskanalen. Det kalles for en EGT måler, hvor EGT betyr «exhaust gas temperature», som normalt skal ligge mellom 460 og 620 grader celcius.

Mange bruker amerikanske instrumenter som viser Farenheit, og da er normaltemperaturen mellom 860 og 1150 grader Farenheit. Væskekjølte motorer som for eksempel Rotax 582 skal gjerne ha noe høyere EGT enn sin luftkjølte lillebror Rotax 503.

NORMAL



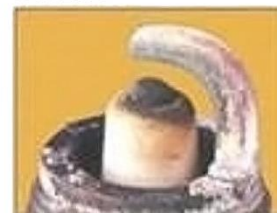
FOR MYE SMØREOLJE



DETONASJON



UTSLITT



FOR HØY VARME



FOR FET BLANDING



FOR HØY FORTENNING



BLY AVLEIRINGER



MEKANISK SKADET



Om motoren har blitt kjørt innenfor det temperaturområdet kan en se ved å inspisere tennpluggene og bedømme fargen på isolatorene.

BING 64 forgasseren.

BING64 forgasserne som brukes blant andre på Rotax 912 motorene, og har et spjeld som åpnes og stenges ved å regulere gasspådraget. Samtidig som motoren suger luft inn ved at spjeldet åpner, så heves og senkes forgasserstemplet som igjen regulerer mengden bensin som blandes med innsugsluften.

Måten forgasseren er bygget opp på med membran og stempel, gjøre at motoren til en viss grad vil «leane» motoren etter hvert som vi stiger høyere og luftens tetthet reduseres. Disse forgasserne er nokså stabile og driftssikre, men de krever både korrekt og presist vedlikehold i henhold til vedlikeholdsmanualen.



BING 64 forgasseren har et eget trykkammer på toppen for automatisk blandingskontroll.

Forskjell mellom bensin- og dieselmotor

- Tenning
 - bensin: Tennplugger og gnist
 - diesel: Selvantenning
- Kompresjonsforhold
 - en dieselmotor har et større kompresjonsforhold enn en bensinmotor
- Luft og drivstoff til sylindrene
 - bensinmotor kan enten fordele dette via en forgasser – eller direkte inn i sylindrene
 - dieselmotor fordeler ren luft via «fellesrør» inn i sylindrene
- Spesifikk effekt
 - mer enn 50 prosent av drivstoffets energi kan tas ut i veivakselen på en dieselmotor (virkningsgrad)
 - Bensinmotor cirka 30 prosent
- En dieselmotor har et høyere dreiemoment enn en bensinmotor



Drivstoff



NORGES LUFTSPORTFORBUND



Krav til bensin som brukes i stempelmotorer

- Korrekt varmegivende verdi («calorific value»). Dette er et mål på hvor mye varme som kan oppnås fra en gitt mengde bensin
- Korrekt bankefasthet («anti-knock rating»). Motstand mot detonasjon
- Lavt frysepunkt. Publiseres i flyets håndbok
- Korrekt flyktighet («volatility») og et relativt lavt damptrykk («vapour pressure»)

Ulike typer drivstoff

JET A eller JET A1 – parafin («kerosene») – SG er 0,81 kg/liter ved temperatur 15 grader Celsius

- klar væske eller stråfarget
- brukes i turbinmotorer (turboprop/fan) og i dieselmotorer

Diesel

- har tetthet på 0,85 kg/liter ved temperatur 15 grader Celsius
- gir større rekkevidde og aksjonsradius, samt lavere drivstoff-forbruk enn en sammenlignbar bensinmotor (stempel)
- ulempe er «gelling» og «waxing» og må tilsettes stoffer som hindrer dette

Ulike typer drivstoff

AVGAS100LL – blyholdig flybensin 100oktan

- Inneholder ikke alkohol • Blyholdig (giftig)
- Relativt dyr, selv uten avgift
- Gir avleiringer i motoren

UL 91/96 oktan – Blyfri etterligning av AVGAS100LL (produsert i Sverige)

Mogas (bilbensin) – 98 oktan

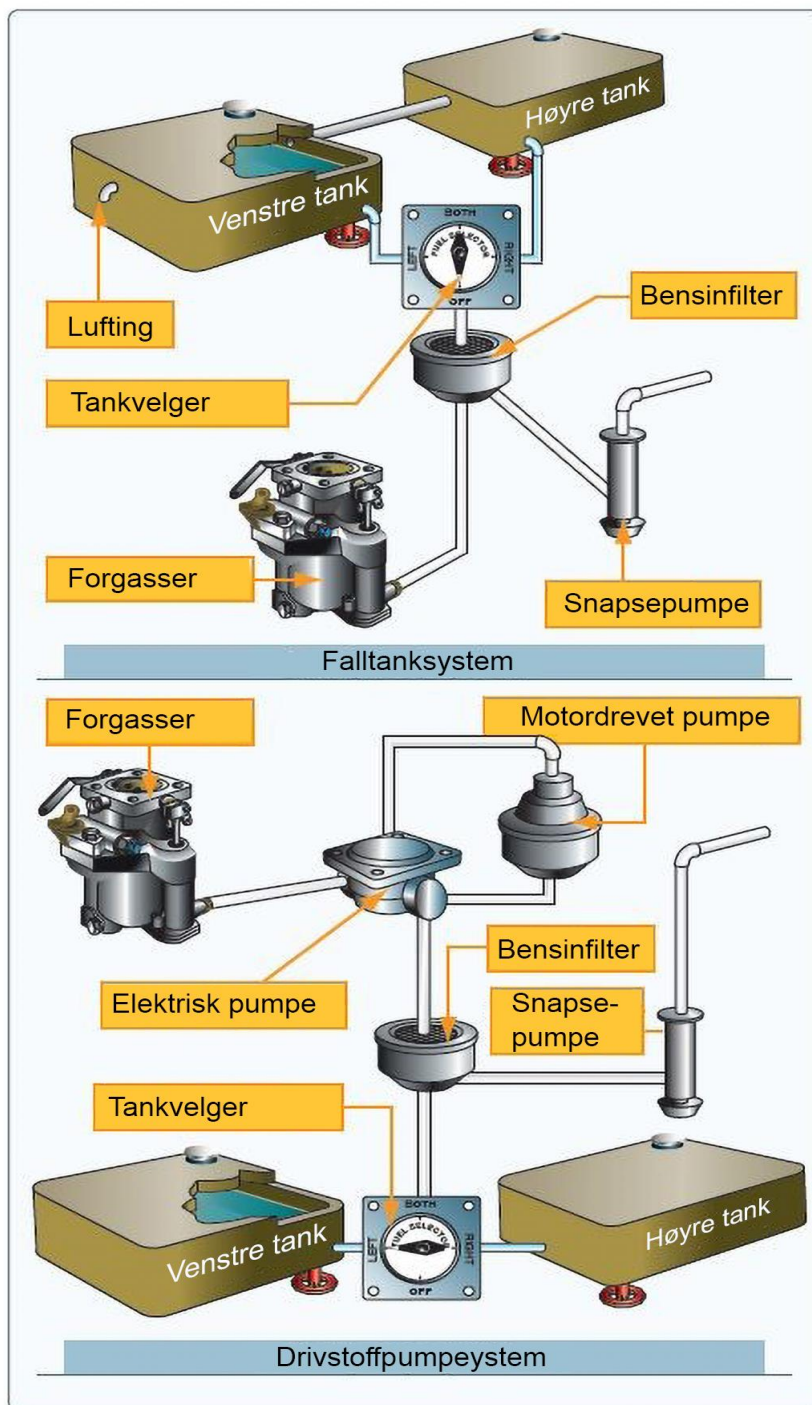
95 oktan (Kan inneholde alkohol (etanol))

Ulike typer drivstoff

De fleste sportsflymotorer går helt greit på alle disse bensintypene, men

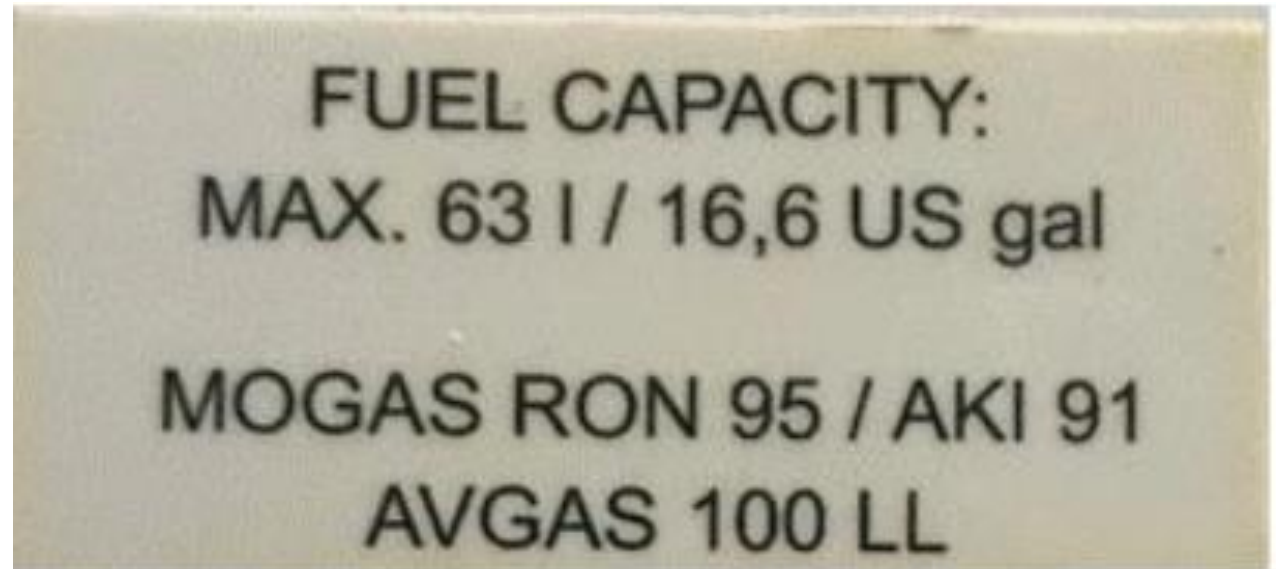
- 95 kan gi noe høyere temperaturer
- Bensin taper seg i oktantall ved lagring (de letteste stoffene fordamper først)
- Nærmeste oktantall over foreskrevet bensinkvalitet kan brukes i nødstilfeller.
- Innblanding av alkohol kan føre til opptak av vann, som øker risiko for motorskade
- Alkohol i bensinen kan skade glassfibertanker
- Lavere oktantall enn anbefalt fra fabrikant, kan føre til dårlig motorytelse, oppvarming og detonasjon

Hovedkomponenter



Begreper

- Ikke-brukbart drivstoff («unusable fuel») – drivstoff som ligger i slanger og koblinger og som ikke kan brukes
- Brukbart drivstoff («usable fuel») – drivstoff som kan brukes
- Total mengde drivstoff om bord minus ikke-brukbart drivstoff = brukbart drivstoff



Eksempel på merking av drivstofftype ved flyets tanker på en Dynamic WT-9.

Viktig å
drenerere.

Dette skal gjøres
før flyet blir
flyttet på før
daglig inspeksjon



Drivstoffsystem

– indikasjon på feilfunksjon

- Vil vises på instrumentene i form av
 - for høyt eller lavt drivstoffstrykk
 - for høy eller lav mengde drivstoff per tidsenhet (fuel flow)
 - drivstoffsmålere viser unormalt nivå i forhold til forventet nivå
- Kan også være lysindikasjon på annunciator panel om systemet har vitale elektriske deler (som elektrisk drivstoffpumpe) og flyet er utstyrt med annunciator panel



Kjøling

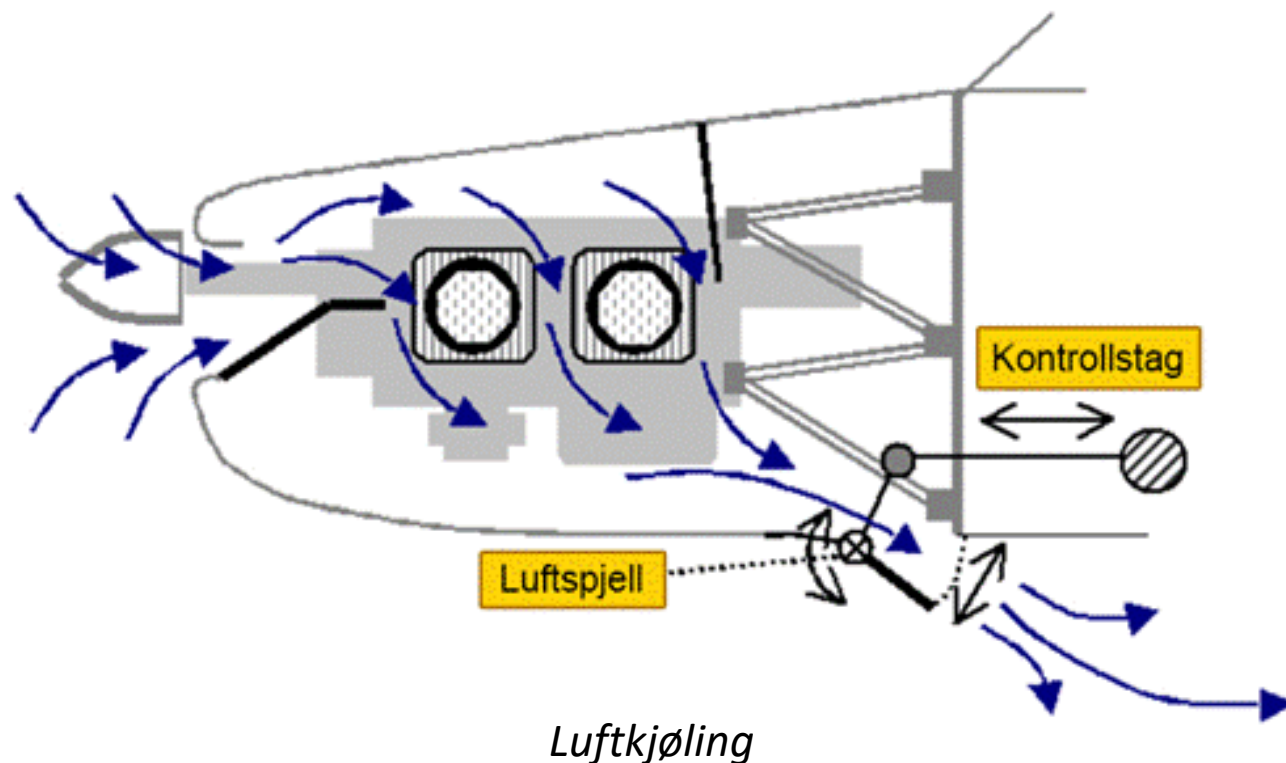


NORGES LUFTSPORTFORBUND

Kjøling:

Når en motor arbeider blir den oppvarmet i hovedsak ved at drivstoffet omdannes til varmeenergi, men også friksjon i selve motoren spiller inn. Blir selve prosessen i motoren for varm, kan vi også risikere at forbrenningen går galt (detonasjon), og at det over tid oppstår strukturell skade. Egenskapene til motoroljen vil også endres om motoren blir for varm. Brå temperaturendringer kan skade motoren permanent. Det er derfor viktig at vi har god kontroll på kjølesystemet.

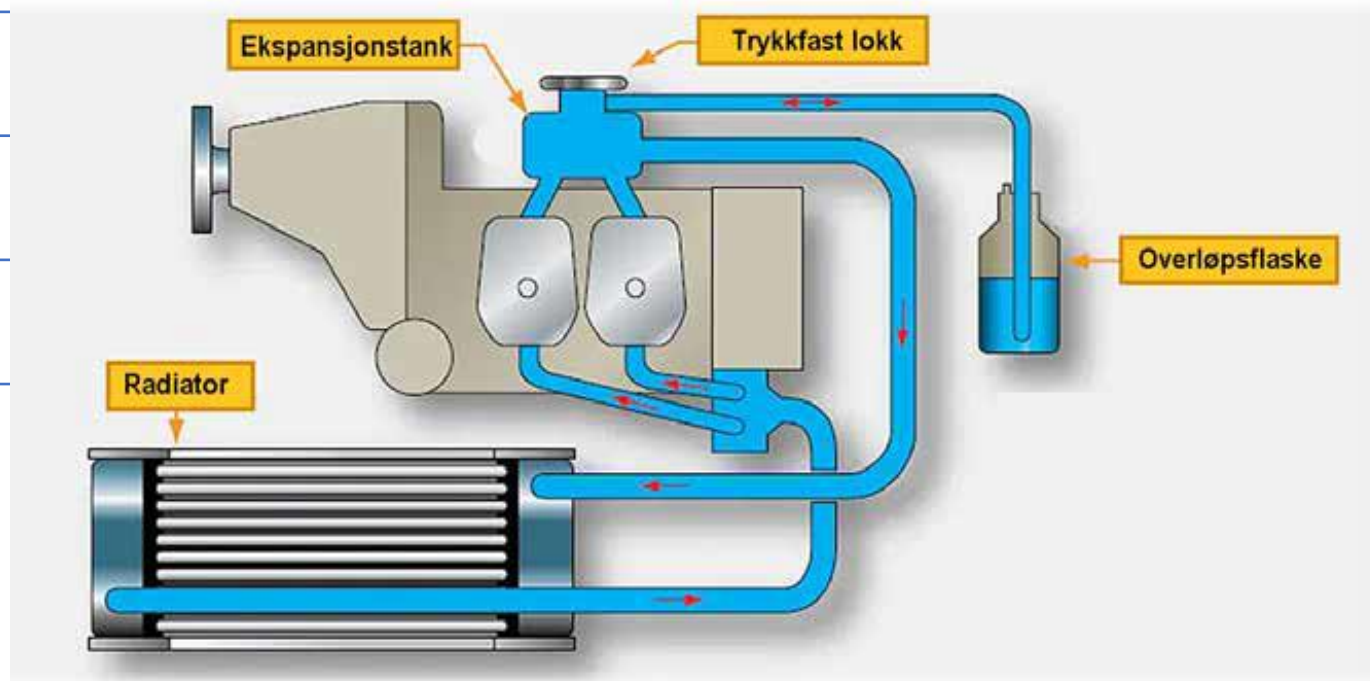
I en luftavkjølt motor er det montert finner ved sylindrhodene. Disse sørger for at den varmen som skapes, på best mulig måte ledes bort av den kjøleluften som passerer, som er ledet inn i motorrommet for å fjerne overskuddsvarmen. De betydelige store kjøleribbene sørger for et så stort kontaktareal som mulig mot kjøleluften, dvs best mulig kjøling.



Kjøling:

CHT måleren gir et bilde av temperaturen i sylindertoppen.

Det er viktig at motoren opereres innen de anbefalte temperaturområdene, og her kan dette instrumentet være til stor hjelp.



Væskekjøling av sylindertoppene på en Rotax 912.

Vi bruker dette instrumentet for å kontrollere kjølingen ved hjelp av blant annet kjøleklaffene. Instrumentet måler temperaturen i en spesiell pakningsskive. termoelement, under den tennpluggen som går varmest.

Pakningsskiven er forbundet med to metalltråder av forskjellige legeringer, den ene av jernkobber, den andre av konstantan.

Kjølesystem – luftkjøling

- Luftavkjølte:
 - finner ved sylinderrhodene som sørger for at varmen fordeles korrekt over sylindertoppene – øker arealet som skal kjøles ned
 - ledeplater («baffle plates») i luftinntaket som luftstrømmen blir så kald som mulig
 - veier mindre enn en væskeavkjølt motor
 - er enklere (trenger ikke radiator, kjølevæske og vannpumpe) enn en væskeavkjølt motor

Kjølesystem – varsling / feil

- Dersom det er feil på kjølesystemet vil vi på
- En luftavkjølt motor se at oljetemperaturen stiger
- En væskeavkjølt motor se at
 - oljetemperaturen stiger
 - kjølevæskens temperatur stiger
 - eventuelle varsellys på kjølesystemet

Kjølesystem – væskeavkjølte («liquid cooling»)

- En væskeavkjølt motor fungerer ved at kjølevæsken sirkulerer rundt sylindrene, og på den måten tar opp og frakter vekk overskuddsvarme
- Varmen blir igjen fjernet ved hjelp av en radiator eller en varmeveksler («heat exchanger»)
- Eksempel på system:
 - en lukket krets hvor kjølevæsken sirkulerer («coolant heat exchanger»)
 - en krets som gir varme til kabinen («cabin heat exchanger»)
 - en tank hvor blant annet væsketrykket justeres
 - en trykkavlastningsventil beskytter mot for høyt trykk



Del 5 Det elektriske system



NORGES LUFTSPORTFORBUND

Hva er elektrisitet?

- En definisjon er at elektrisitet er «en betegnelse for en rekke fysiske fenomen som alle har det til felles at elektroner beveger seg i en strøm fra et punkt til et annet», uten at det nødvendigvis gjør forståelsen så mye bedre. Det er nemlig ikke lett å skjønne hva elektrisitet er. Vi kan ikke se den, vi kan ikke lukte den i utgangspunktet (hvis ikke det brenner i en elektrisk komponent, for da oser det fælt). Vi kan heller ikke ta på den, for da kan vi få støt.



Grunnleggende begreper

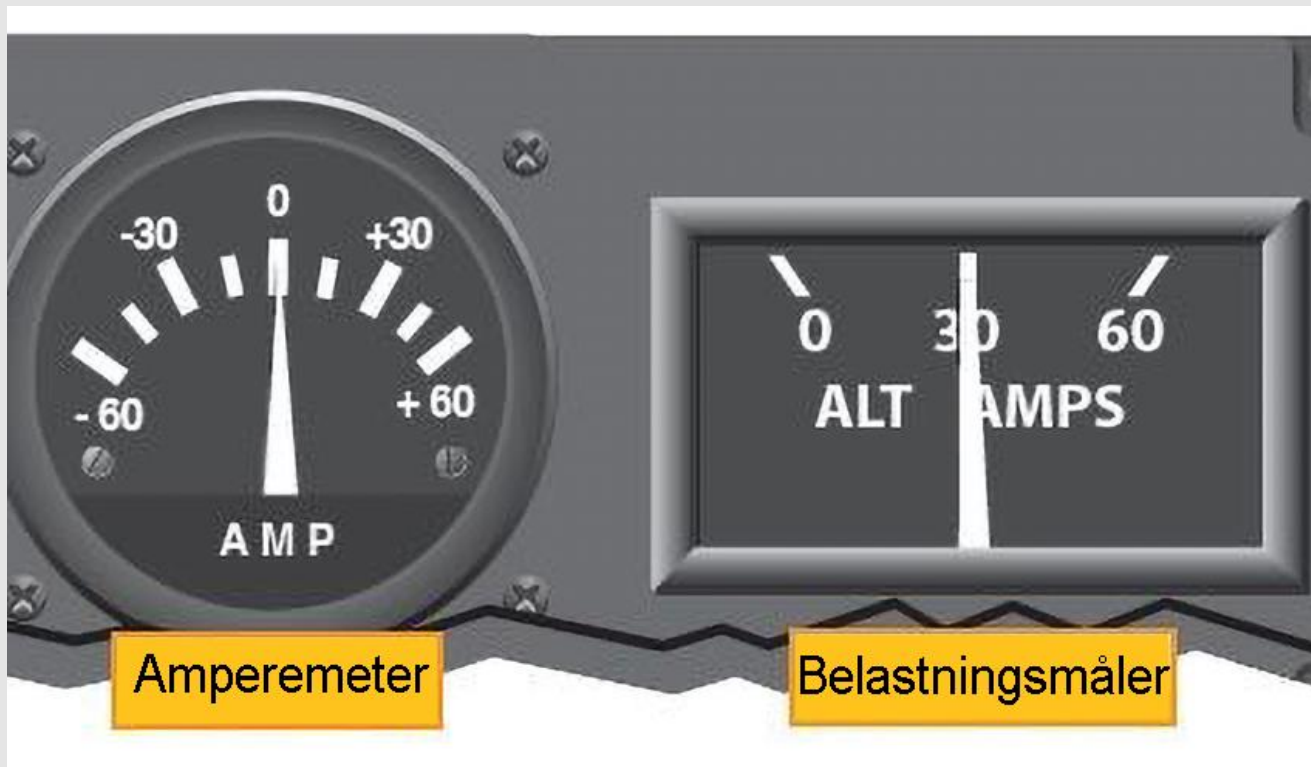


NORGES LUFTSPORTFORBUND



Spenning

- En kraft som gjør at elektrisitet flyter gjennom en ledning
- Måles i Volt ved hjelp av et voltmeter
- Sier noe om kraften om elektronene blir skjøvet med
- Dess større spenning, dess mer strøm flyter gjennom ledningen



Strøm

- En strøm av elektroner
- Måles i Ampere ved hjelp av et amperemeter eller belastningsmåler
- Amperemeteret teller hvor mange elektroner som går gjennom en krets per tidsenhet
- Viser også om batteriet lades eller ei

Strømkrets

- En lukket «bane» hvor strømmen flyter – en ledning
- Mer eller mindre motstand i materialet den flyter i
- Elektrisk konduktivitet er et mål på hvor godt et materiale leder elektrisitet
- Materialer som kopper leder elektrisitet på en effektiv måte og kalles ledere («conductors»)
- Materiale som gummi og plastikk leder ikke godt og kalles for isolatorer eller isolasjonsmateriale («insulator»)





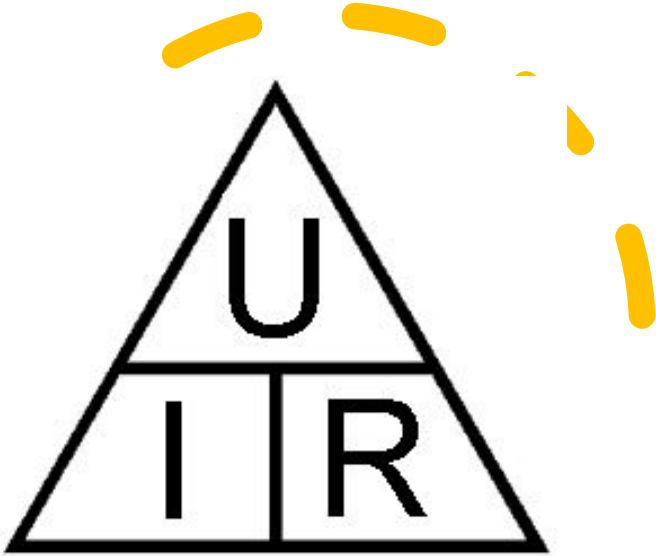
Motstand i en strømkrets

- Kan sammenlignes med den friksjonen som vann møter i et vannrør
- Kalles for resistans eller Ohm

			Enhet	Symbol
U	Spenning	Trykk	Volt	V
I	Strøm	Mengde	Ampere	A
R	Resistans	Motstand	Ohm	Ω



Ohms lov





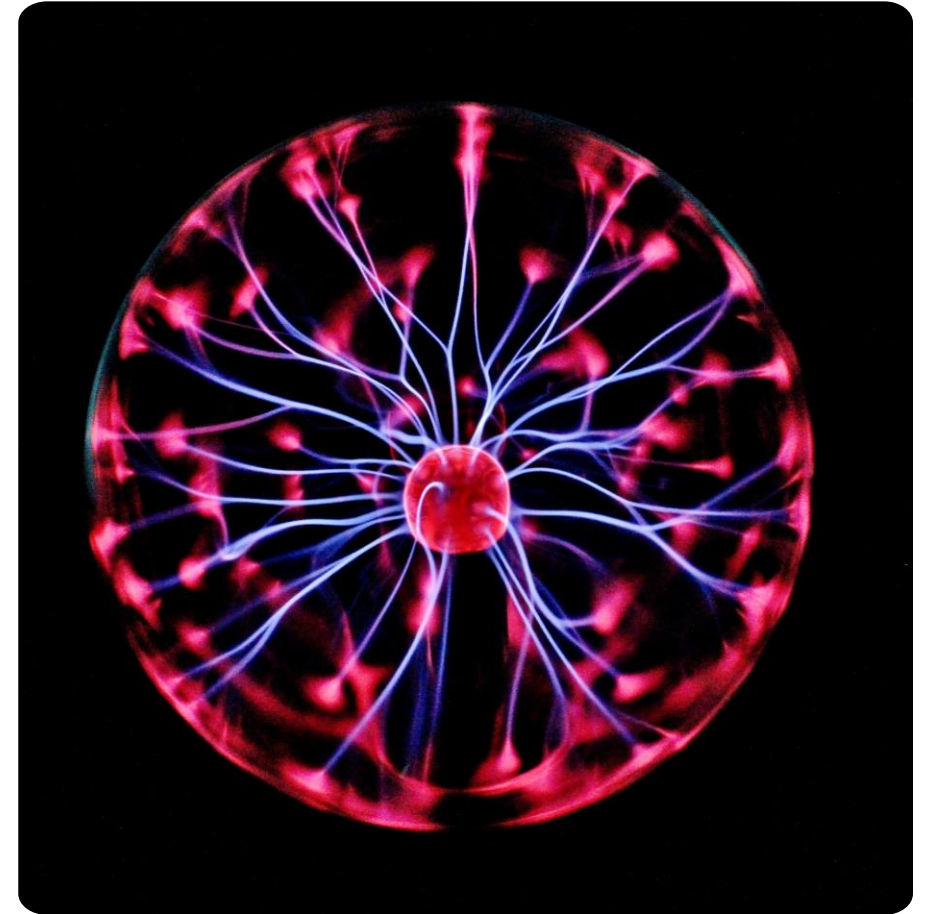
Statisk elektrisitet



NORGES LUFTSPORTFORBUND

Begrepet statisk elektrisitet

- Oppstår når vi gnir objekter sammen – og ladninger blir overført fra et objekt til et annet
- Vi blir ikke skadet av små mengder
- I et fly må vi imidlertid bli kvitt denne «typen» elektrisitet, ellers kan den skade instrumenter og komponenter i flyet





Statiske avledere og deres formål

- Skal beskytte elektriske instrumenter og komponenter
- Små «antenneaktige» ledninger som stikker ut
- Kalles også for statisk pisk
- Hovedfunksjonen er å bli kvitt statisk elektrisitet som samler seg opp når flyet flyr gjennom luften.
- Piskene består av karbonfiber som er tvunnet sammen. De er ikke så lett å få øye på og det er derfor lett å komme borti dem slik at det oppstår skade

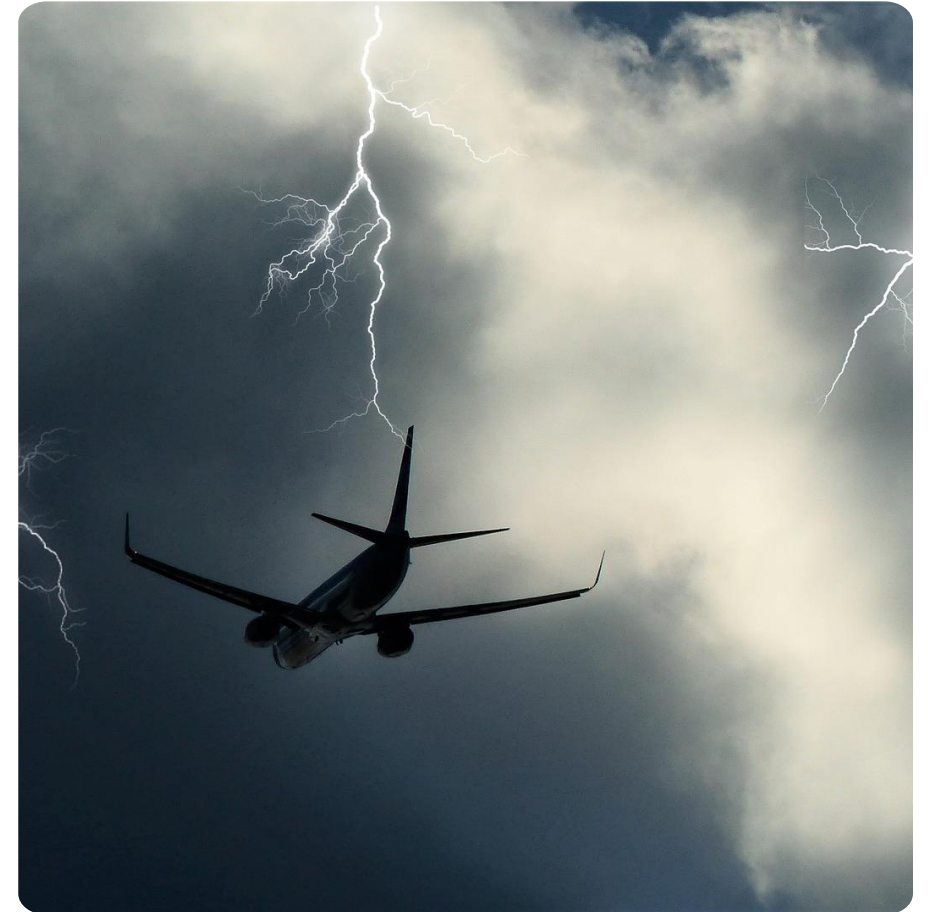
Tanking og jording

- Dersom vi ikke klarer å kvitte oss med statisk elektrisitet før vi fyller drivstoff, kan vi få en gnist som antenner drivstoffet
- For å unngå at det skjer, må vi jorde («bonding») flyet. Det betyr at vi fester elektrisk ledede forbindelser til flyet, mellom tankanlegg og luftfartøy, og mellom slangemunnstykke og flyets påfyllingsstuss
- Om vi bruker trakt, må vi ordne det samme mellom trakt og munnstykke og flyets påfyllingsstuss
- Disse jordingsforbindelsene skal være festet til vi er ferdige med drivstoff-fyllingen



Statiske utladninger ved lynnedslag

- Når lynet slår ned tilfører det store mengder energi til flyets struktur. Det er viktig at denne energien spres over et stort område slik at mengde ampere per kvadratcentimeter blir lavest mulig
- I et fly av aluminium, vil energien naturlig ledes gjennom strukturen, slik at den ikke går innom instrumenter og drivstoffsystemer, men blir trygt ledet over bord
- I et fly av komposittmateriale derimot, kan det bety at det må monteres materiale som leder elektrisitet utenpå kompositthuden



Serie- eller parallellkobling

- En kobling av elektriske forbrukere etter hverandre slik at strømmen går gjennom alle uten på noe sted å dele seg i forskjellige strømbaner, kalles for seriekobling.
- Strømmen i en seriekoblet krets endrer seg ikke og vil derfor forbli den samme gjennom hvilket som helst element på hvilket som helst punkt.
- En kobling av elektriske forbrukere i parallell derimot er den vanligste måten å koble sammen forbrukere til en spenning. Vi kjenner det godt fra hverdagslivet, da for eksempel lys- og varmekilder, komfyr og vaskemaskin hjemme er koblet i parallell til 230 V-uttakene.

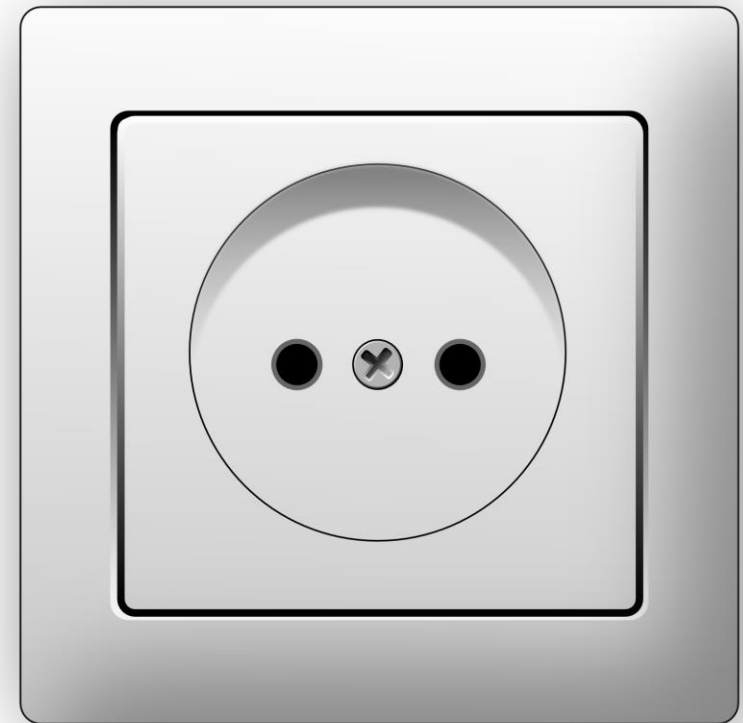


Seriekoblede kretser

- En kobling av elektriske forbrukere etter hverandre slik at strømmen går gjennom alle uten på noe sted å dele seg i forskjellige strømbaner, kalles for seriekobling
- Strømmen i en seriekoblet krets endrer seg ikke og vil derfor forbli den samme gjennom hvilket som helst element på hvilket som helst punkt
- Dersom en lyspære i en seriekoblet juletrebelysning ryker, blir det mørkt

Parallelle kretser

- En kobling av elektriske forbrukere i parallell er den vanligste måten å koble sammen forbrukere til en spenning
- Vi kjenner det godt fra hverdagslivet, da for eksempel lys- og varmekilder, komfyr og vaskemaskin hjemme er koblet i parallell til 230 V-uttakene
- Det vil si at mer enn én strømbane er lagt klar for strømmen, og at det fra strømuttaket (spenningskilden) og i strømbanene flyter strøm til hver av forbrukerne
- Det betyr at dersom en eller flere lyspærer går i stykker, vil ikke resten slutte å lyse





Likestrøm og vekselstrøm



NORGES LUFTSPORTFORBUND

Likestrøm



Elektrisk strøm som flyter i én retning, med konstant eller praktisk talt konstant spenning



Brukes i de fleste mindre fly

Vekselstrøm



Elektrisk strøm hvor spenningen periodisk skifter slik at det i gjennomsnitt går like mye strøm i begge retninger langs en leder



I fly med vekselstrømsanlegg er det normalt trafasede systemer

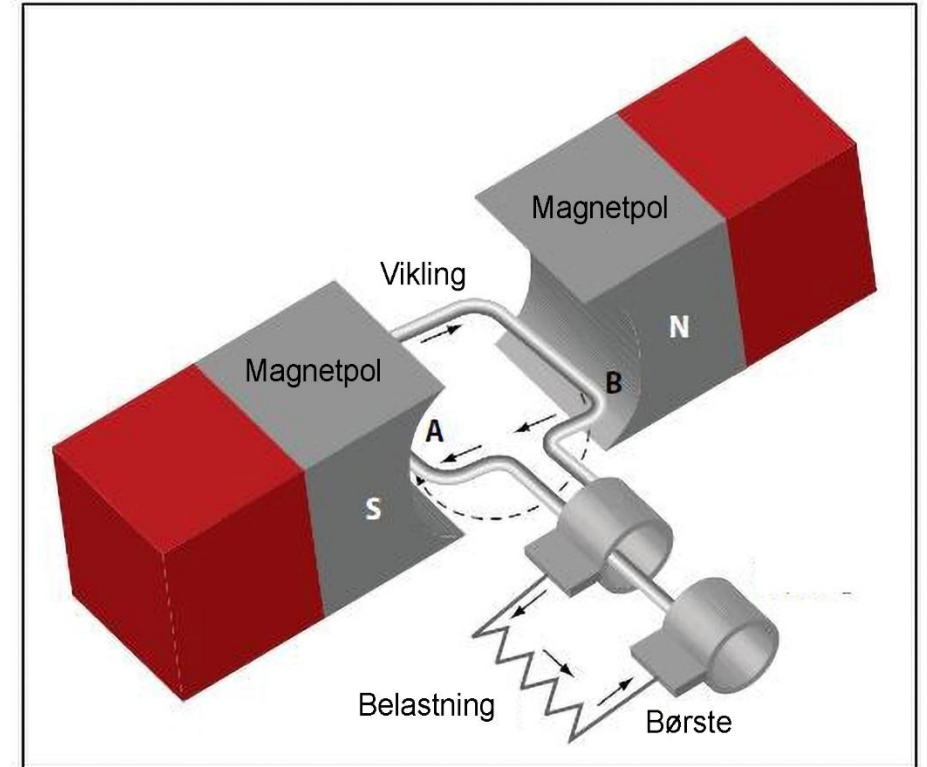


Brukes i de fleste større fly

Likestrøm:

Likestrøm er en elektrisk strøm som flyter i én retning med konstant eller praktisk talt konstant spenning, noe den må ha for å kunne skyve strømmen i en retning. Det betyr for eksempel at batteriet i en lommelykt er konstant på 1.5 Volt, og at elektronene beveger seg fra minus- eller minuspolen mot pluss- eller positivpolen. På den måten skyves elektronene hele tiden i en retning og med en konstant polaritet.

Likestrømsanlegg brukes i mindre luftfartøy.

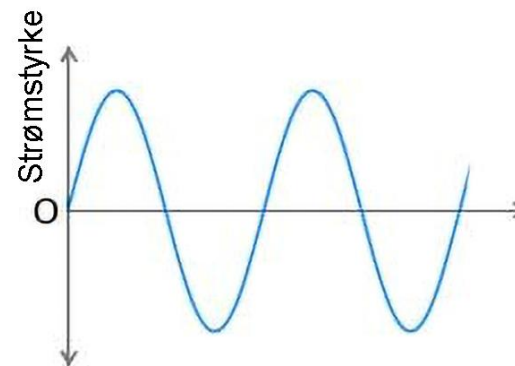


En enkel generator i et likestrømsanlegg består av en vikling (firkantet ledningssløyfe) som også kalles armatur, og som roterer i et magnetisk felt skapt mellom to magnetpoler. Vi endrer hvor mye spenning som genereres enten ved å endre hastigheten som viklingen roterer i, eller ved å endre styrken til magnetfeltet.

Vekselstrøm:

I større moderne fly er det vanlig med vekselstrømsanlegg. I forhold til likestrøm gir vekselstrøm en rekke fordeler:

- overføres bedre og mer økonomisk over store avstander
- er bedre siden flere og flere systemer og utstyr opereres elektrisk
- trenger mindre plass og veier mindre
- gir ikke samme tekniske problemer i store høyder som likestrømsanlegg, for eksempel lysbuedannelse («arcing»).



Vekselstrøm



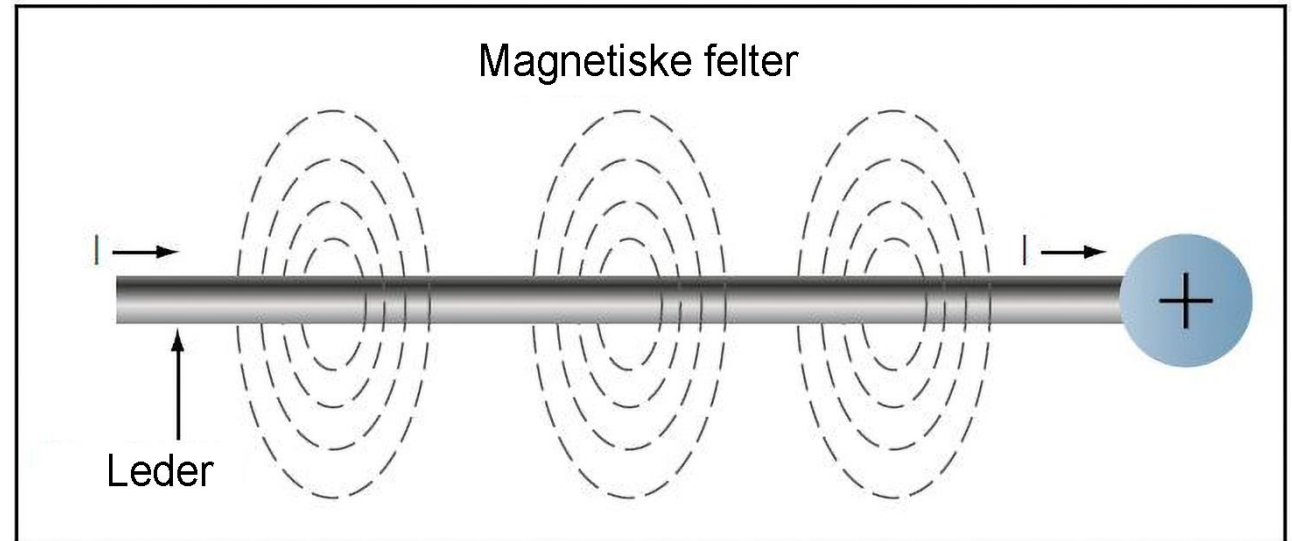
Likestrøm

I Norge skifter spenningen retning 100 ganger i sekundet (50 Hz). Topp- og bunnverdiene kalles for amplitudeverdier.

Vekselstrøm er en elektrisk strøm hvor spenningen periodisk skifter retning slik at det i gjennomsnitt går like mye strøm i begge retninger langs en leder. Skal vi prøve å beskrive det som en graf, vil likestrømmen vise en rett linje, mens vekselstrømmen vil tegne en sinuskurve, eller en bølge, om du vil. Dette fordi vekselstrømmen endrer seg over tid i en bølgende repetisjon hvor oppkurven viser at strømmen flyter i positiv retning, mens nedkurven viser det motsatte, en negativ retning.

Magnetiske felt

Går det strøm i en ledning, blir ledningen til en magnet, og denne oppdagelsen førte til elektromagneten og gav grunnlaget for dynamoer, generatorer og transformatorer



Strømgeneratorer

- Strømgeneratorer forandrer mekanisk energi til elektrisk energi – drives av motoren
- Likestrømsgenerator - har flere svakheter
 - krever mye vedlikehold
 - lite optimalt vekt / effektforhold
 - lader dårlig på lavt motorturtall
- Vekselstrømsgenerator – alternator, monteres på moderne fly
 - gir vekselstrøm («AC – alternating current») som igjen gjøres om til likestrøm.
 - fungerer like fint på lavt motorturtall som på høyt, og
 - gir en jevnere effekt i motoren totale turtallsområde





Strømfordeling og elektriske komponenter



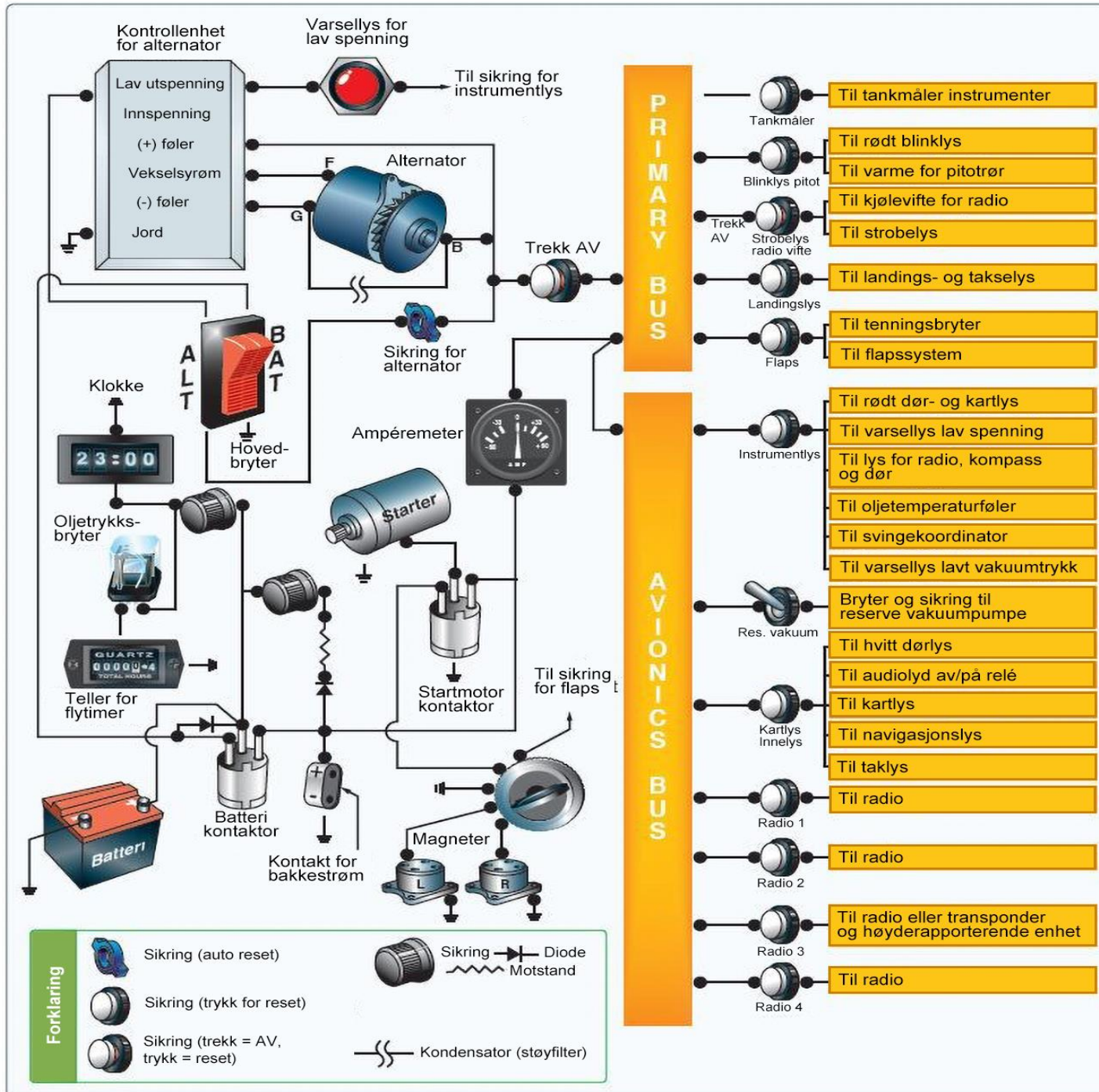
NORGES LUFTSPORTFORBUND

Strømsystem – mindre fly

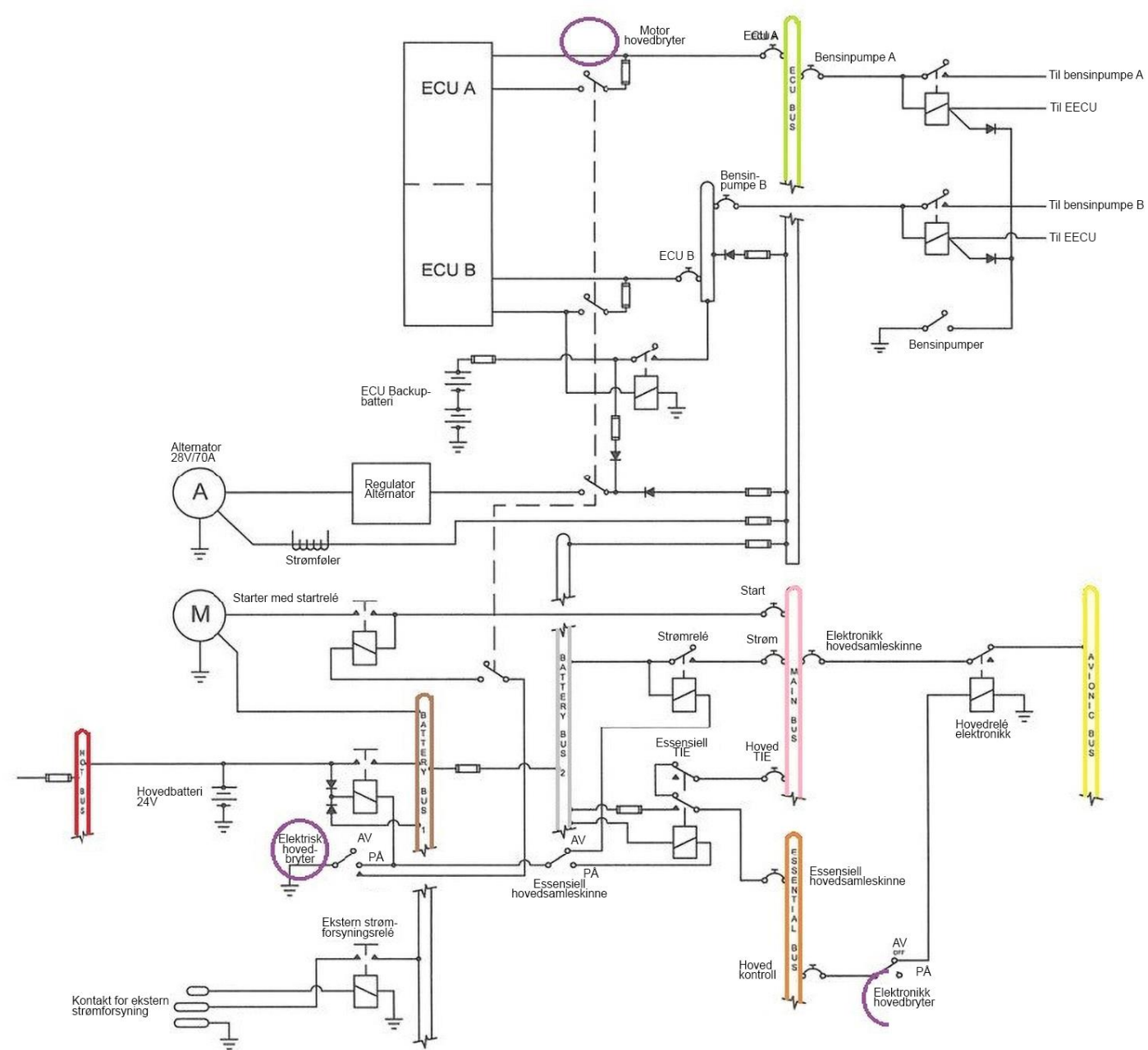
Består av

- Elektriske kilder om generator/alternator og batteri
- Distribusjonssystem som kalles for samleskinner («bus bars»)
- Forbrukere («loads/services»)
- Brytere og releer
- Sikringer/automatsikringer
- Spenningsregulator(er)
- Amperemeter/loadmeter
- Elektriske ledning og plugge

Enkelt strøm-system



Strømsystem i fly med elektronisk motorstyring



Elektriske komponenter – brytere og releer

- Reostatbrytere («rheostat»)
- Trykk-knapp brytere («push-button switches»)
- Vippebryter («toggle»)
- Vippeknappbrytere («rocker-button switches»)
- Dreiebrytere («rotary switches»)
- Trykkbrytere («pressure switches»)
- Varmebrytere («thermal switches»)
- Mikrobrytere og nærbrytere («micro switches / proximity switches»)
- Releer – elektromagnetiske bryterenheter





Elektriske komponenter – sikringer

- Sikringer («fuses») – må ha med reserve
- Automatsikringer («circuit breakers») – kan resettes, men helst ikke mer enn en gang
- Eksempel flyet vårt har automatsikringer ytterst på høyre panel



- Varsellys kommer på
- Amperemeter/loadmeter
- Vi mister helt eller delvis brukere og elektriske instrumenter
- Sikring kan (eller ikke kan) «poppe» ut

Elektrisk system – indikasjon på feilfunksjon



Del 6 Understell med systemer



NORGES LUFTSPORTFORBUND



Understell



NORGES LUFTSPORTFORBUND



- Et fly kan ha
 - hjulunderstell – nesejul og hovedjul eller halejul og hovedjul
 - flottører (vanlige og amfibieflottører)
 - ski, eller være et
 - amfibium (flybåt)
- Understellet kan være fast eller opptrekkbart

Understell - generelt

Hjulunderstell - egenskaper

- Et hjulunderstell skal
 - holde flyet oppe og støtte det under kjøring på bakken
 - tåle sideveis belastning ved avgang og landing
 - absorbere kreftene som oppstår under landing
 - gi minst mulig rullemotstand under avgang samt minst mulig luftmotstand under flyging
 - gi mulighet for å bremse



Understell

Hjul monteres på mindre fly som hovedunderstell (ett hjulpar) og:

- Nesehjul (tricycle gear»), eller;
- Halehjul («tail wheel») og fly med dette montert kalles for «taildraggers»



Eksempel på fly med opptrekkbart hjulunderstell, her Shark MSN 022 med understellet inne.

Understell

På enkelte sjøfly kan skroget være bygget som en båt – og flyet kalles da for en flybåt. Under vingene er det festet pongtonger for å bedre stabiliteten.

Dersom flybåten også er utstyrt med opptrekkbart understell kalles den for et amfibium fordi den kan bevege seg både på land og på vann.

Du kan senere lære å fly med disse understelltypene, men til grunnleggende kursing på sportsfly bør du konsentrere deg om fly med hjulunderstell.



Eksempel på fly med båtskrog og opptrekkbart hjulunderstell, her AM-FIB Polaris.



Wikipedia by CambridgeBayWeather - Own work, CC BY-SA 3.0



Wikipedia by Tony Hisgett from Birmingham, UK CC BY 2.0



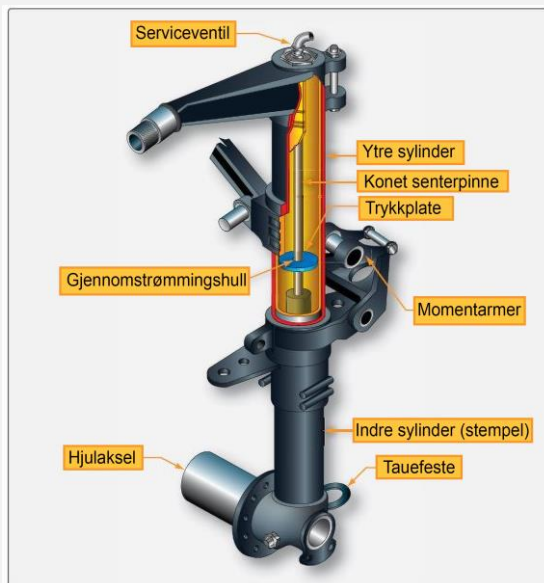
Wikipedia by Dllu - Own work, CC BY-SA 4.0

Eksempel på understell

Moderne opptrekkbart hjulunderstell



- Hjulunderstellet kan enten holdes oppe ved hjelp av hydraulisk trykk, eller ved hjelp av mekaniske kroker («up locks»)
- Når vi tar hjulene ned aktiviseres en elektrisk pumpe som gir hydraulisk trykk som styrer hjulene ned
- Når vi tar hjulene opp igjen, skjer det samme, men i motsatt retning
- Når hjulene er inne i flykroppen og sikret, skrus den hydrauliske pumpen av automatisk. Hjulene holdes opp ved hjelp av hydraulisk trykk eller ved hjelp av mekaniske kroker
- Alle systemer har en reservemetode som tar hjulene ut om det oppstår feil i det vanlige systemet
- De fleste systemer har også en fysisk sperre eller sikring som gjør det umulig å ta hjulene inn mens det er vekt på understellet



Hjulunderstell – deler og funksjon

- Støtdempere («oleo leg/shock strut»)
- Understellslegg
- Stag («strut»)
- Sakselenke («torsion link»)
- Nesehjulsdemper/vibrasjonsdemper («shimmy damper»)





Eksempel på støtdempere

- Fra venstre mot høyre:
 - Gummidemping («rubber chords»)
 - Fjærstål («spring steel legs»)
 - Pneumatisk («oleo-pneumatic»)

Understell – indikasjon på feilfunksjon

- Dersom vi ikke klarer å få hjulene ut på et fly med opptrekkbart understell, eller om systemet indikerer at hjulene er ute, men ikke låst, vil vi få et varsel om dette på instrumentpanelet
- Hjulene er nede og låst: Tre grønne lys på panelet tennes. Et lys for hvert hjul
- Feilindikasjon: Ett eller flere grønne lys tenner ikke



Hydraulikk

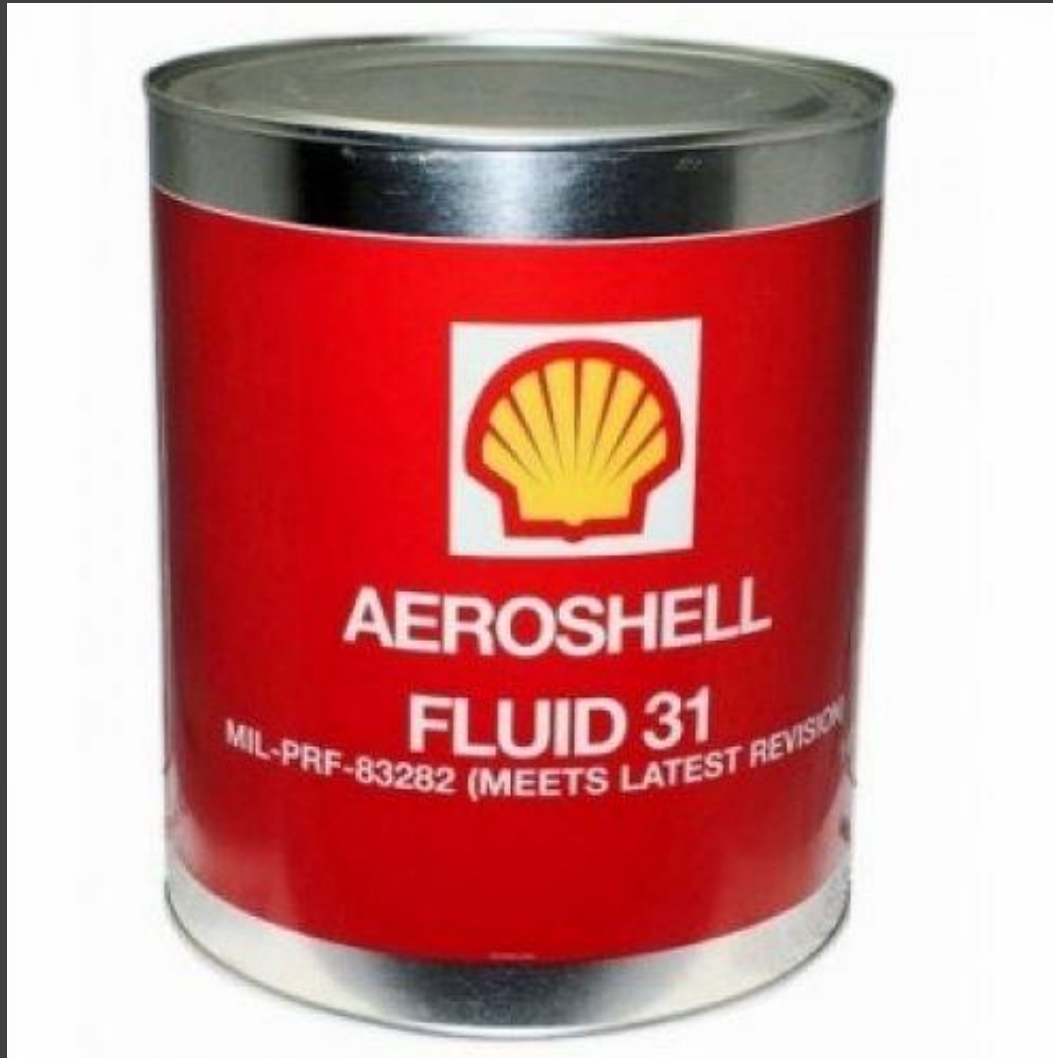


NORGES LUFTSPORTFORBUND

Grunnleggende prinsipper

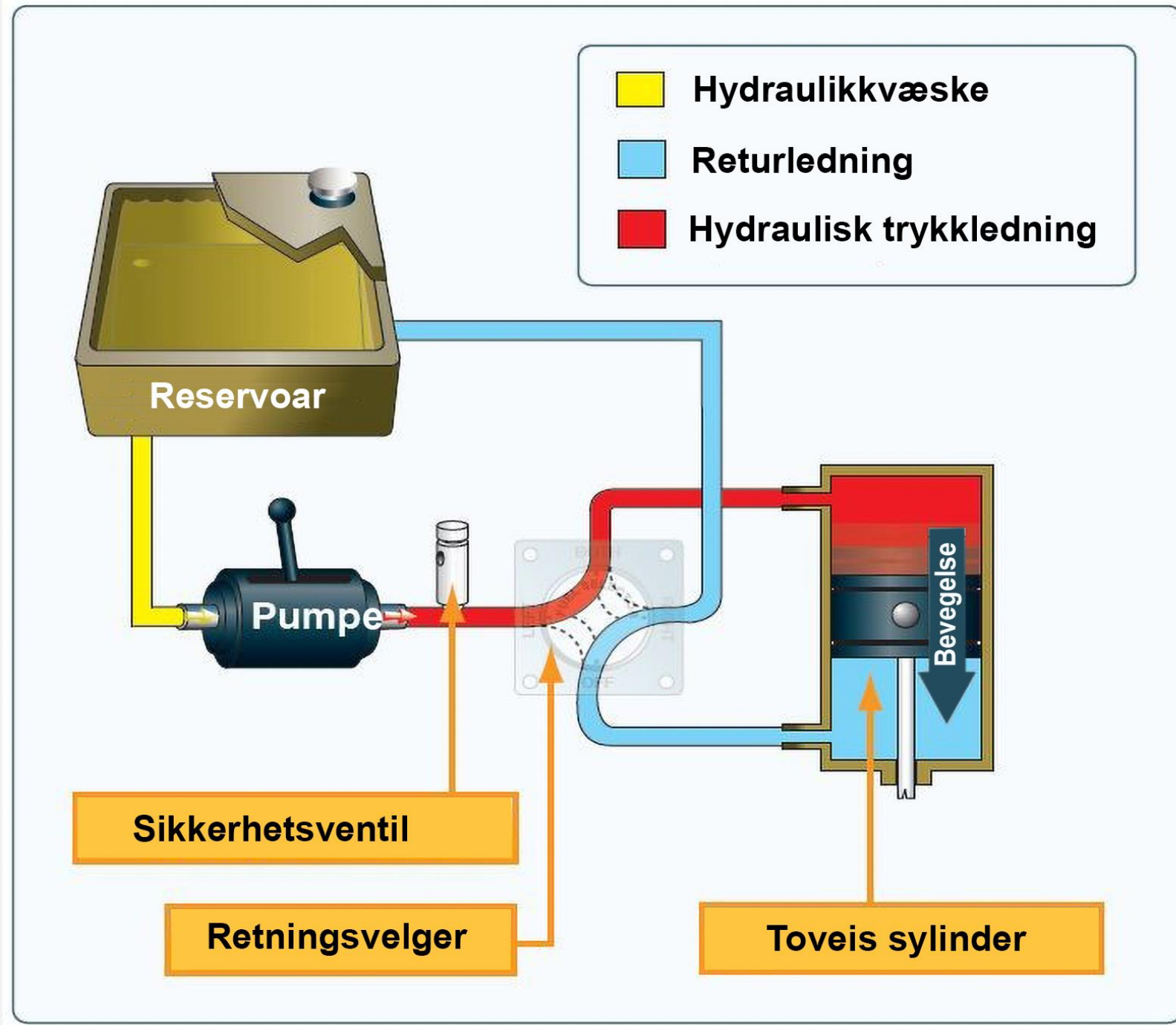
- Bruker hydraulikk til å styre systemer på avstand
- Basert på Bramahs lov – for et gitt hydraulisk væsketrykk kan vi forandre kraften som produseres ved å variere sylindrområdet
- På mindre fly brukes i hovedsak hydraulikk til bremsesystemet
- På større fly brukes hydrauliske systemer også til en rekke andre systemer, eksempelvis styring av ror, flaps, spoilers osv.

Hydraulikkvæsker



- Flere typer avhengig av system, ønsket trykk og type materiale
 - mineralbasert, eller
 - syntetisk
- Ønskede egenskaper:
 - ha et lavt frysepunkt
 - være stabil
 - ha liten endring i viskositet når temperaturen endres
 - ha gode egenskaper mot korrosjon og oksidering
 - være brannbestandig

Et enkelt hydraulisk system



Hydraulisk system – indikasjon på feilfunksjon

- I et mindre fly hvor hydraulikk kun brukes til å bremse, vil det ikke det være montert instrumenter som indikerer feil i det hydrauliske systemet
- I et mindre fly med opptrekkbart hjulunderstell, vil vi få instrumentindikasjon dersom hjulene ikke går ned eller opp – men vi har ingen muligheter til å se om det er det hydrauliske systemet som er årsak
- Dersom flyets bremsesystem svikter merker vi det på at en eller begge bremsepedalene ikke «tar» når vi trykker disse inn, samt på flyets bevegelser. Heller ikke her kan vi umiddelbart konkludere med at det er feil i det hydrauliske systemet



Smøre- og oljesystem



NORGES LUFTSPORTFORBUND



Smøre- og oljesystem oppgaver

- Smøre motorens bevegelige deler slik at de fungerer optimalt
- Kjøle ned motoren ved å minske friksjon
- Forsegle mellom sylindervegger og stemples
- Fjerne varme fra stemples og sylindere
- Beskytte indre deler av motoren mot rust og korrosjon
- Frakte vekk urenheter i oljen (slam og skitt)

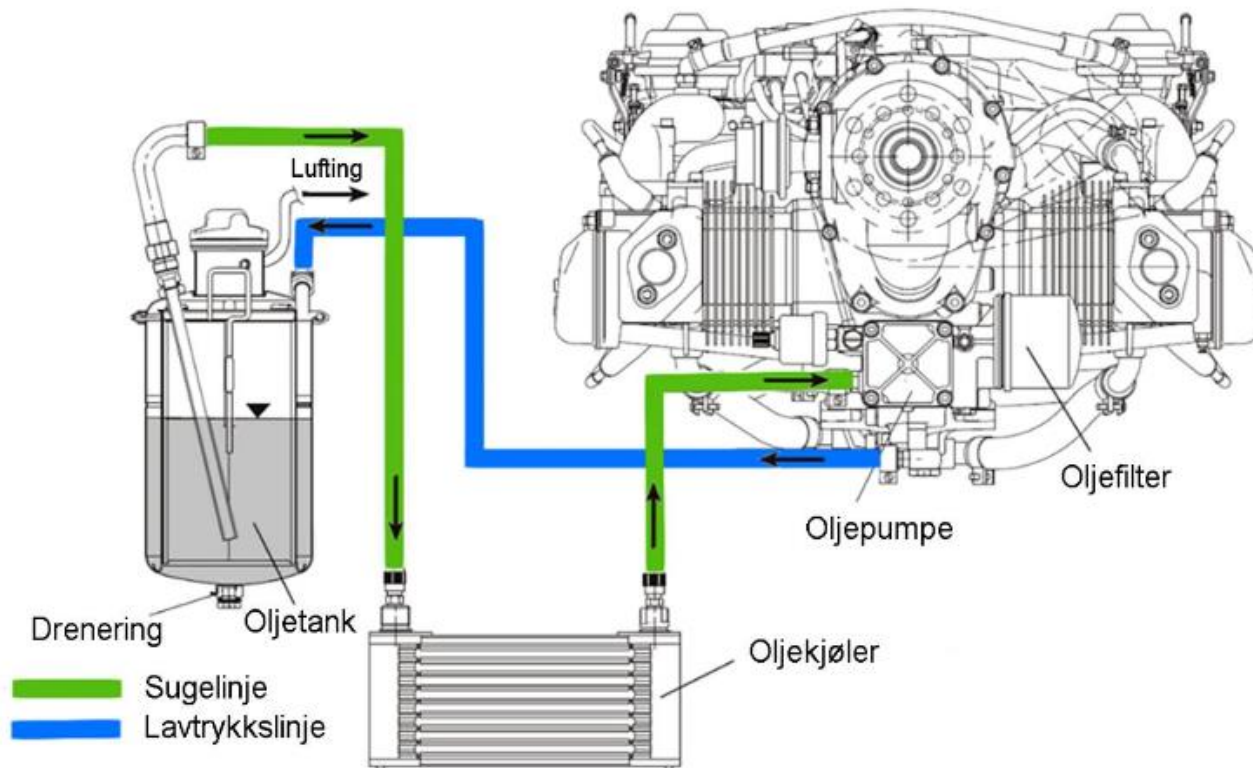
Oljer - viskositet

- Multigradoljer eller singelgradoljer – har med viskositet å gjøre
- Viskositet er et begrep vi bruker for å fortelle om hvor tyktflytende en væske er
- Jo tykkere og høyere viskositet en olje har, dess langsommere flyter den
- Viskositeten er også avhengig av temperaturen og er derfor ikke konstant. Kald olje er tykk og varm olje tynn
- Det er derfor viktig med internasjonale avtaler og felles regler også på dette fagområdet

Oljer - SAE

- SAE står for «Society of Automotive Engineers» og er en standardiseringsorganisasjon i USA
- Har blant annet fastsatt en internasjonal klassifisering av smøreoljer etter viskositet
- I luftfart angir dette nummeringssystemet viskositetsklassene 15, 20, 25, 30, 40, 50 og 60, hvor tallene 15 og 25 står foran bokstaven W (for «winter»), mens tallet 20 forekommer med og uten «W» som indikerer oljens egenskaper ved start i lave temperaturer
- Dess høyere tall, dess høyere viskositet

Temperatur	Singelgrad-oljer	Multigrad-oljer
Over +16 °C:	SAE 50	SAE 40 eller 50
-1 til +32 °C:	SAE 40	SAE 40
-17 til +21 °C	SAE 30	SAE 40 eller 20W-30
Under – 24 °C	SAE 20	SAE 20W-30

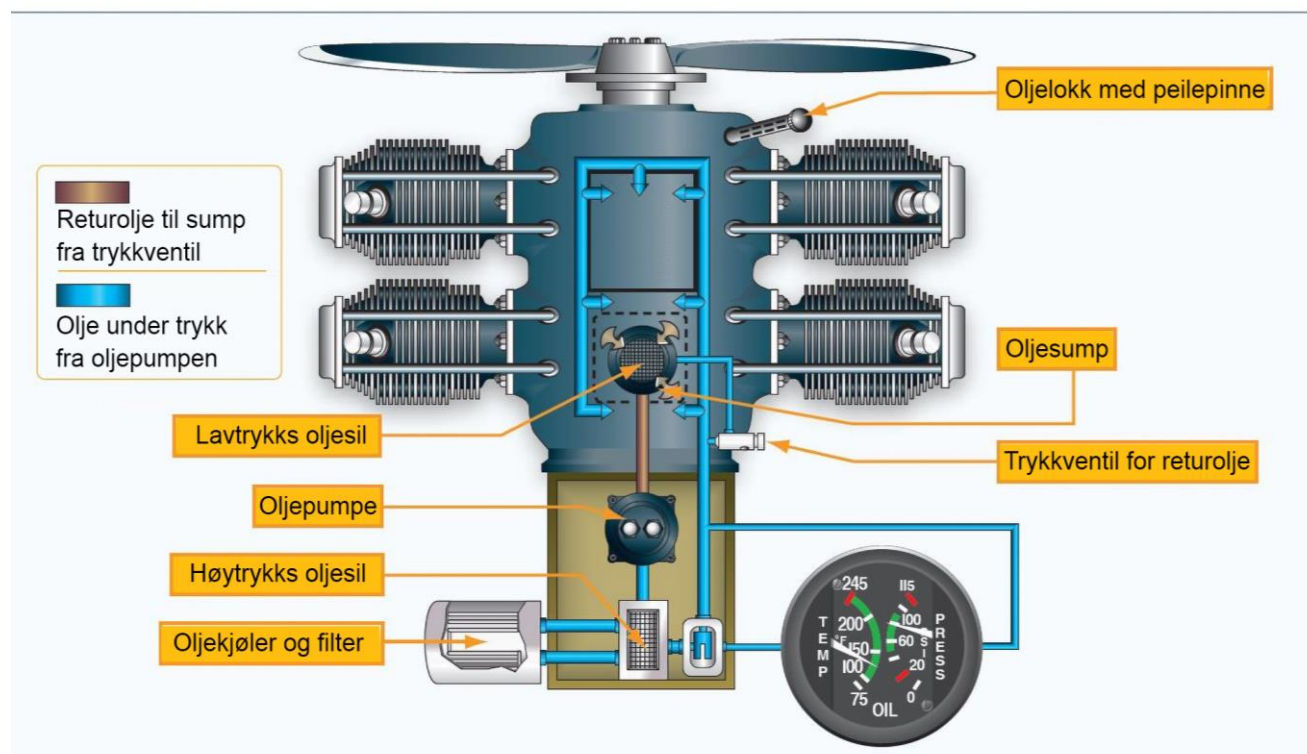


5-61 Smøringssystem på Rotax 912 med tørrsump og oljetank. (Rotax.com)

Oljesystem – våt- eller tørrsump

- En sump er en bunnpanne som formgir den nedre delen av motoren
- I en våtsump er sumpen en integrert del av motoren
- I en tørrsump oppbevares oljen i en egen tank. I noen motorer gis det ytterligere smøring fra veivakselen når den roterer. I større stempelmotorer er det gjerne montert en tørrsump da dette gir en større mengde olje til motoren enn våtsumpsystemet

Eksempel på våt-sump oljesystem med temperaturmåler



Ved peiling av olje på fly som har våtsump, drar vi opp peilepinnen før vi dreier på motoren slik at det ikke dras olje opp i systemet. Oljen vi peiler skal også her være innenfor merkene for MIN og MAX. Dersom den ligger i dette området, er det ikke nødvendig med påfyll. Husk alltid å fylle med oljetypen som motorfabrikanten anbefaler.

Oljesystem – varsling / feil

- Dersom det er feil i oljesystemet vil vi kunne se det på følgende instrumenter:
- Oljetemperatur
- Oljetrykk
- Varselpanel (om aktuelt)



Del 7 Propell



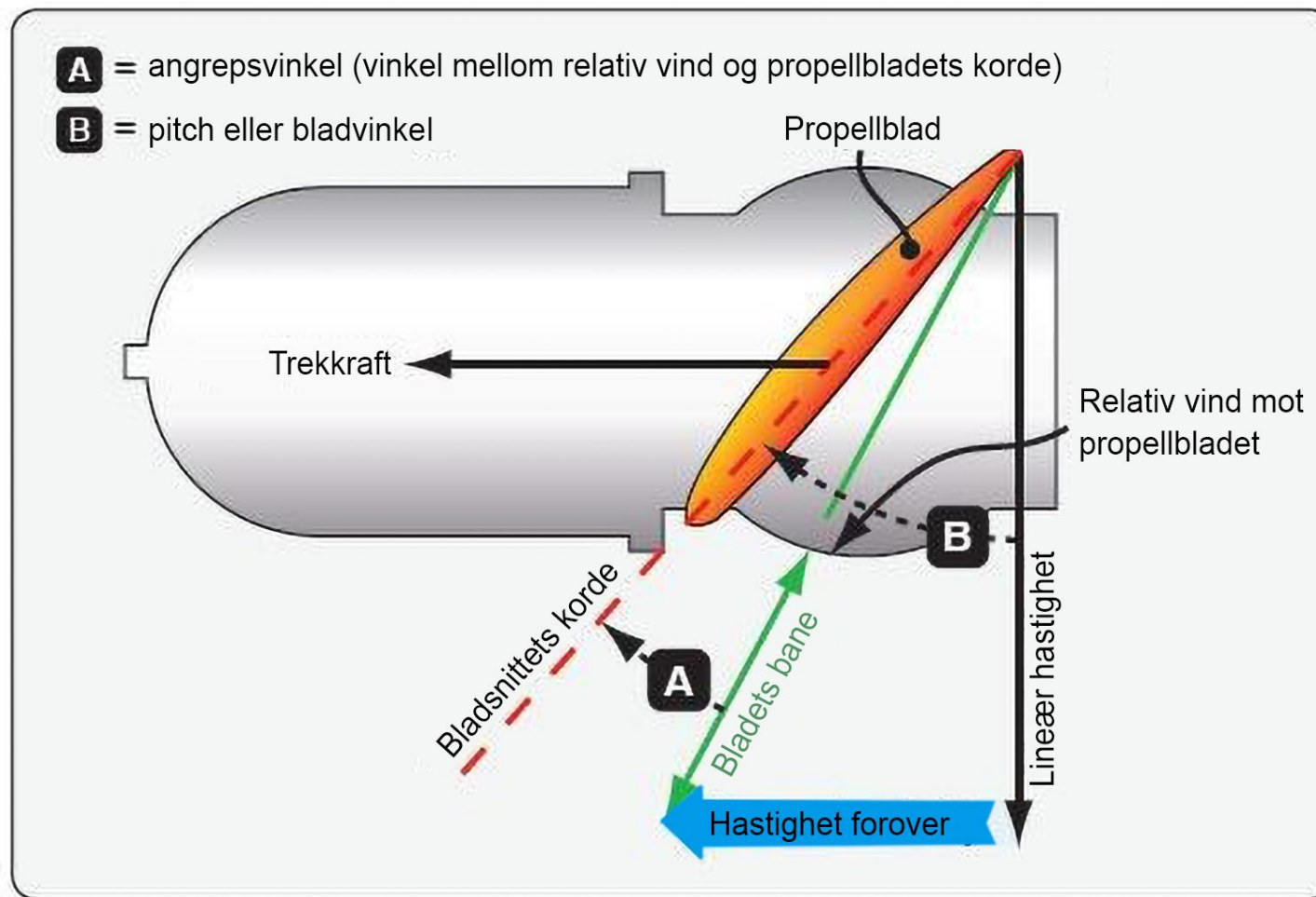
NORGES LUFTSPORTFORBUND



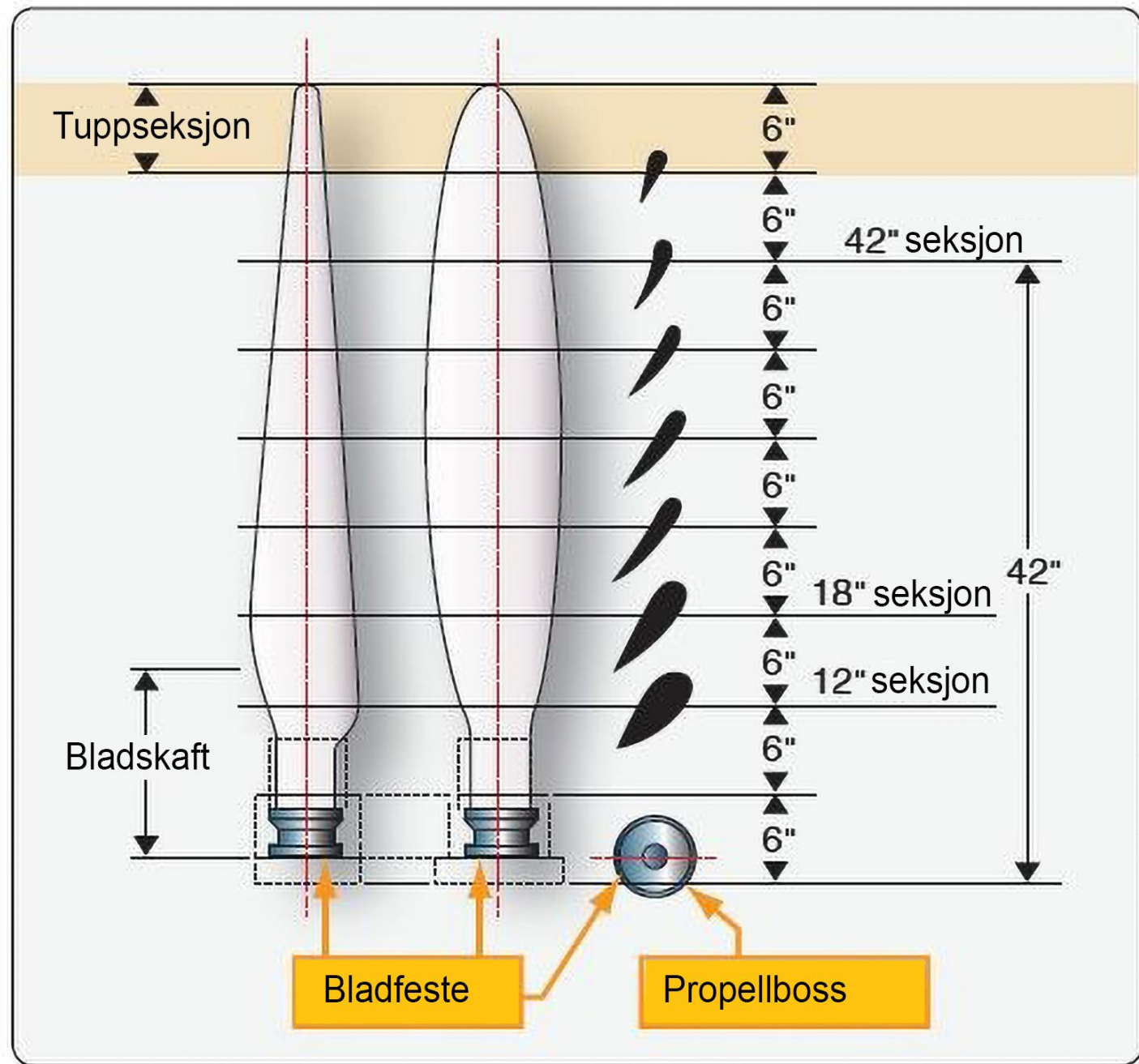
Propell

- Overfører motorens rotasjon til trekk-kraft eller skyvekraft
- Består av
 - nav («hub») som er festet til motoren
 - propelldeksel («spinner») som blant annet dekker navet
 - propellblader

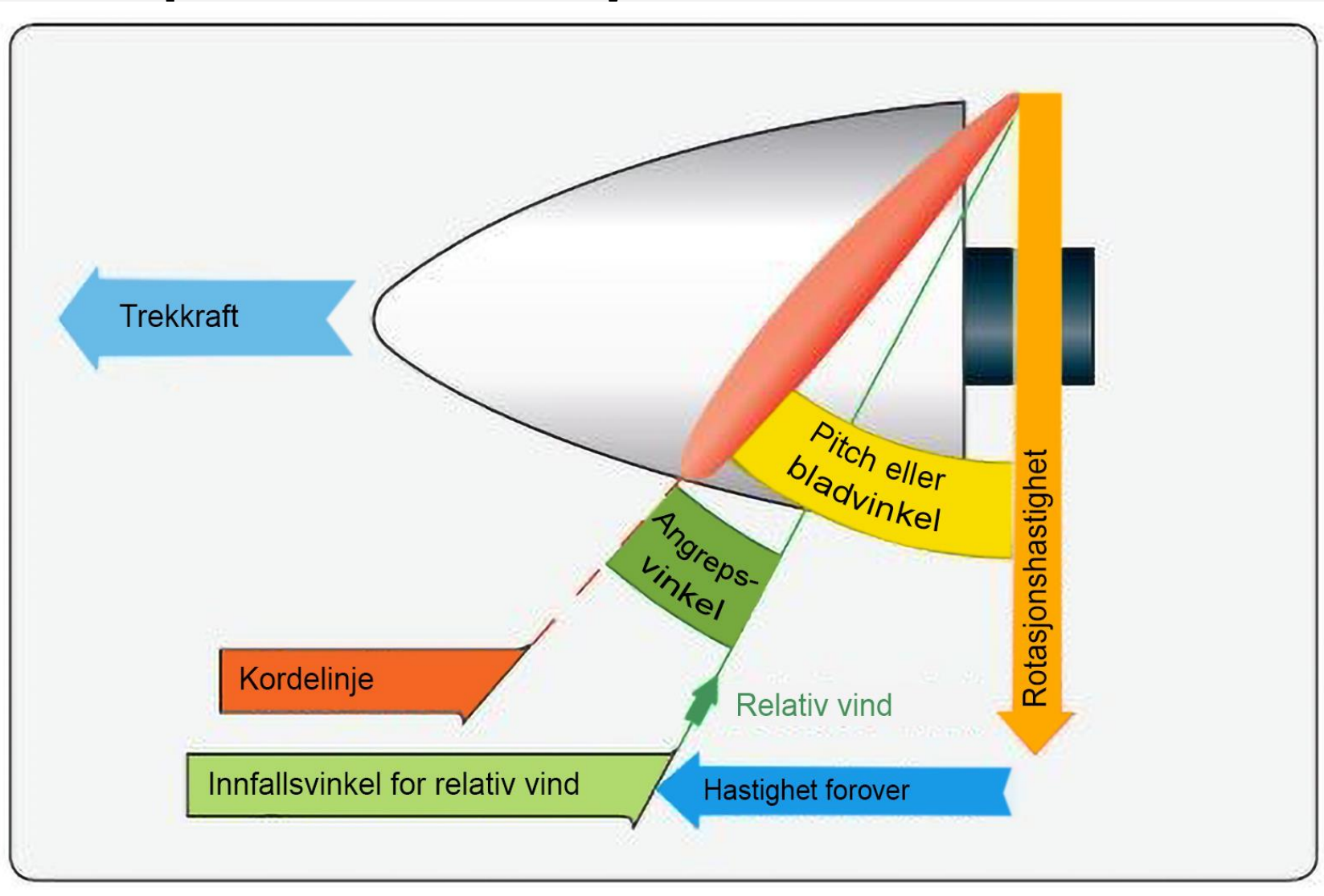
Bladvinkel og angrepsvinkel



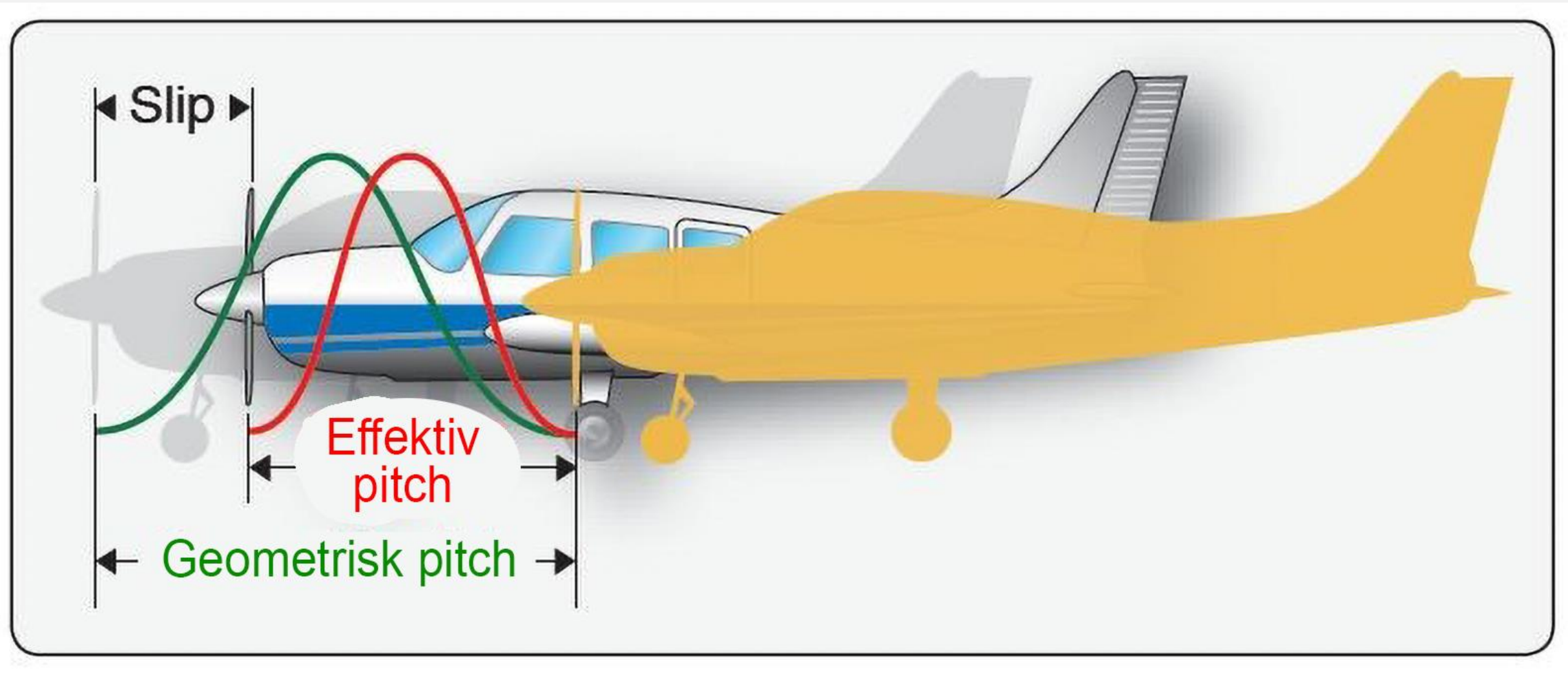
Propellbladets form



Propell – aerodynamiske faktorer



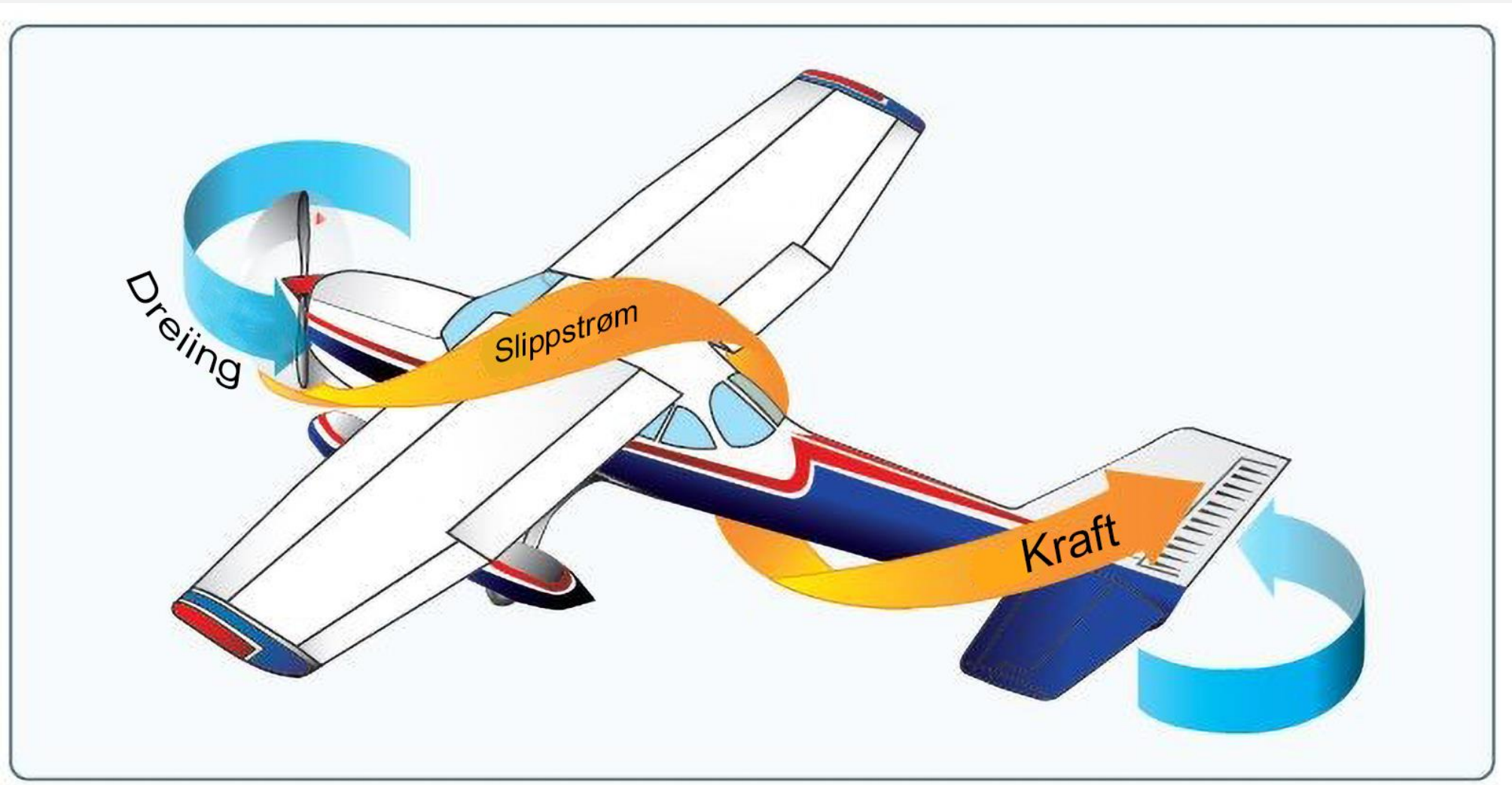
Propell – geometrisk og effektiv stigning



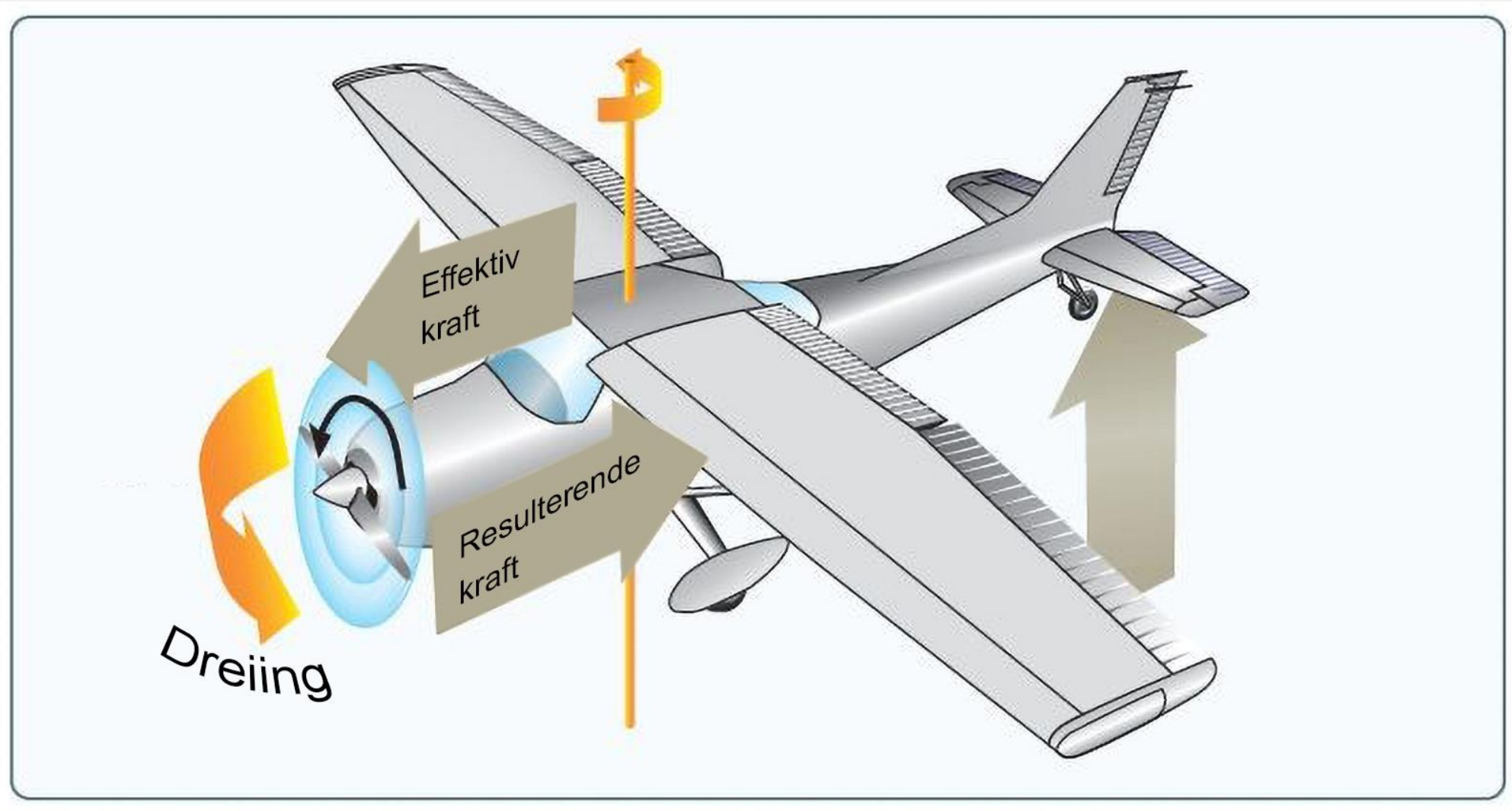
Vrimoment fra motor og propell



Slippstrøm fra propellen



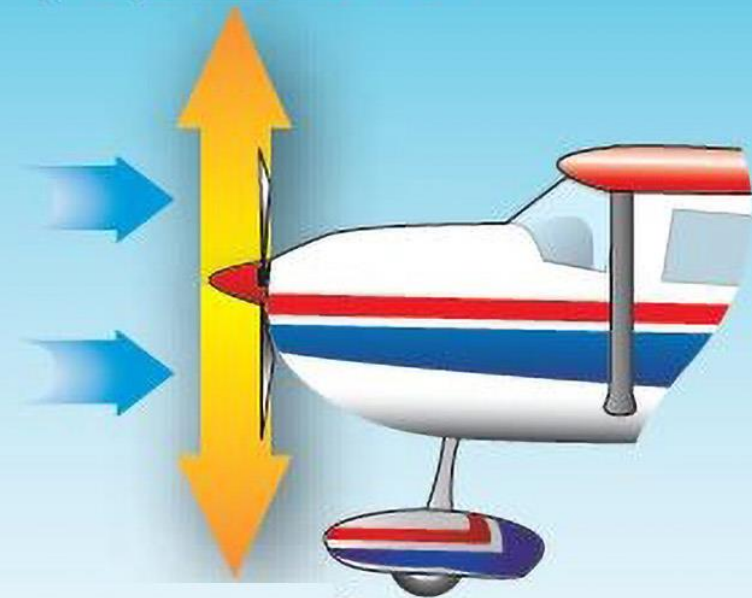
Propellens gyroskopiske egenskaper



P-faktor

- Propellbladet som går opp får liten angrepsvinkel.
- Propellbladet som går ned får stor angrepsvinkel

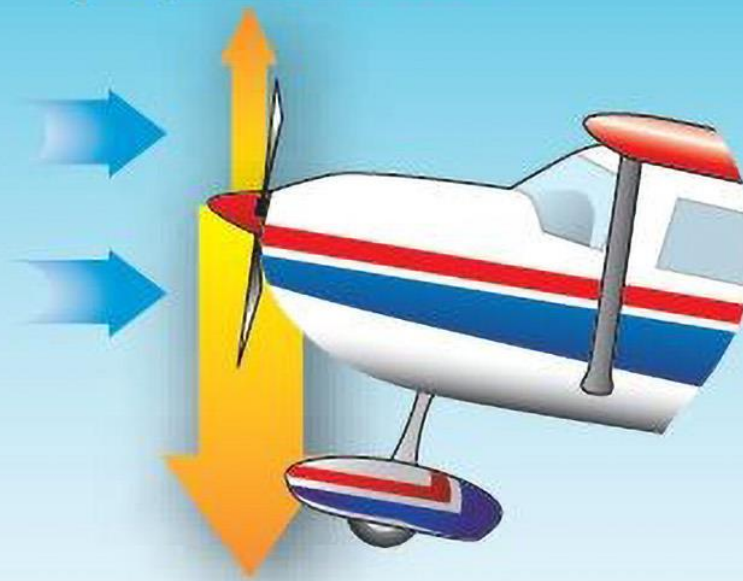
Belastning på propellblad som går oppover



Belastning på propellblad som går nedover

Liten angrepsvinkel

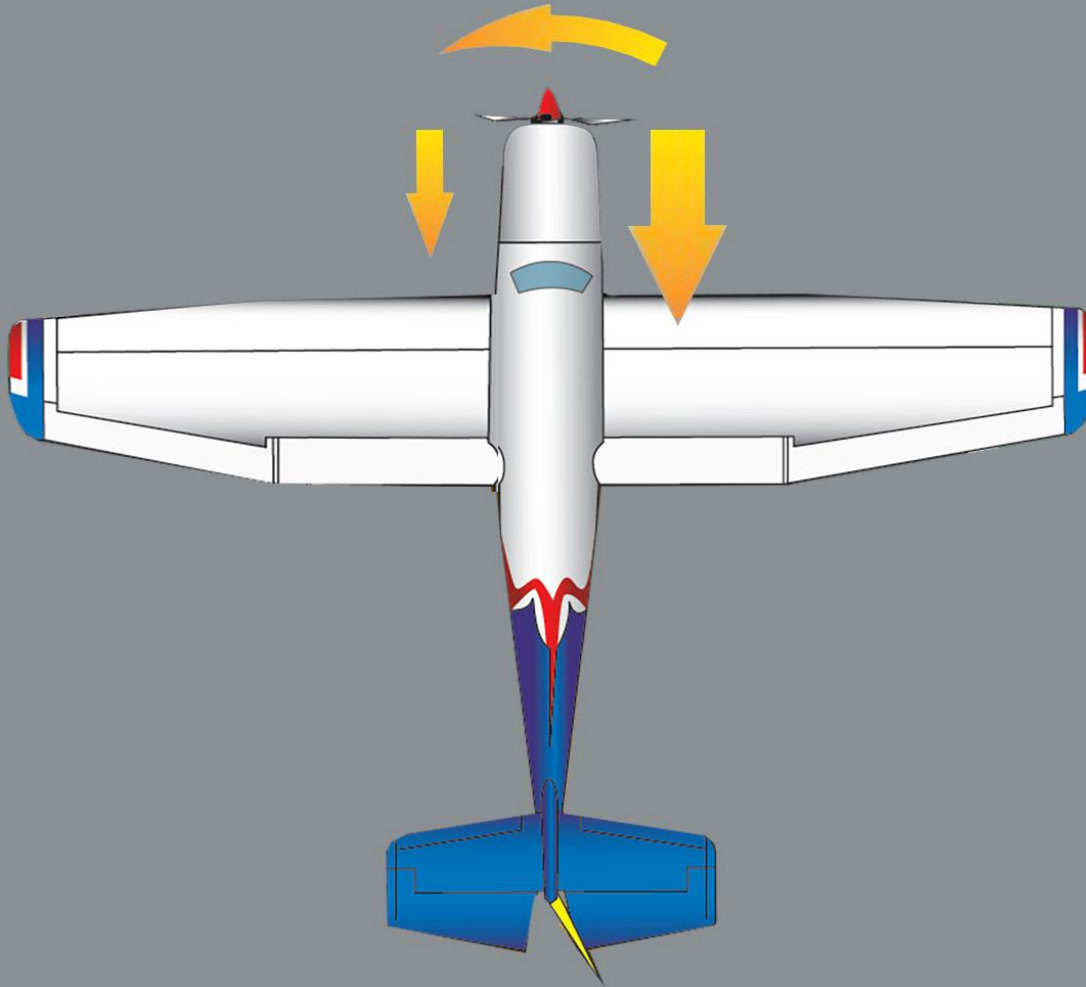
Mindre trekkraft fra propellbladet som går oppover



Større trekkraft fra propellbladet som går nedover

Stor angrepsvinkel

P-faktor: Flyet dreier til venstre ved stor angrepsvinkel



Korrigeres med høyre ror

P-faktor

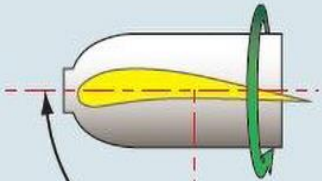
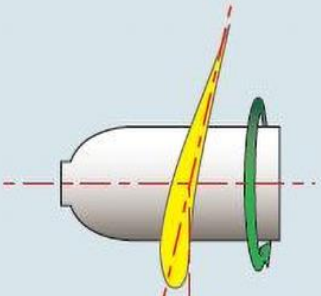
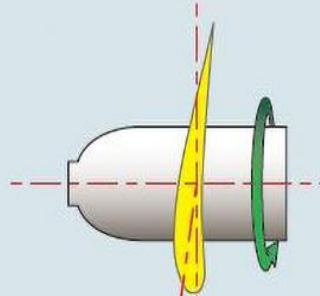
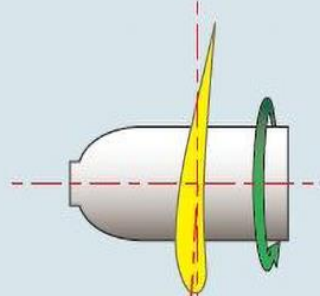
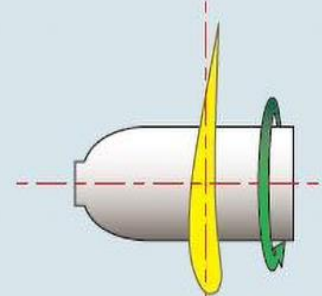
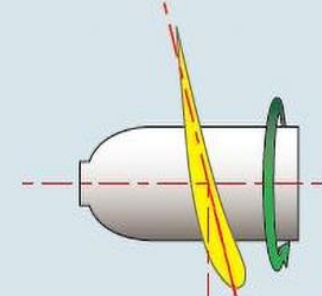
- Propellbladet trekker mest når det går nedover på den høyre siden av flyet.
- Flyet vil dreie mot venstre på grunn av usymmetrien i trekkraften
- Korrigeres med å legge press på høyre pedal.



Propell – to hovedtyper

- *Ikke-justerbar («fixed pitch»)* propell har blader som er en del av navet, og bladvinkelen kan ikke justeres. Konstruert for best effekt under et gitt RPM og hastighet for et gitt luftfartøy og motorkombinasjon
- *Justerbar («variable pitch»)* propell – en propell hvor vi kan forandre bladvinkelen under flyging.
 - konstant-turtallspropell («constant speed propeller») hvor systemet automatisk holder et valgt propellturtall
 - også mulig å kantstille («feather») propellen, samt å reversere den

Eksempler på justeringsmuligheter

Kantstilt	Med effekt	Tomgang i luften	Låst for oppstart	Tomgang bakken	Reversering
 85 to 90°	 20 to 35°	 10 to 12°	 1 to 2°	 0°	 -2 to -8°

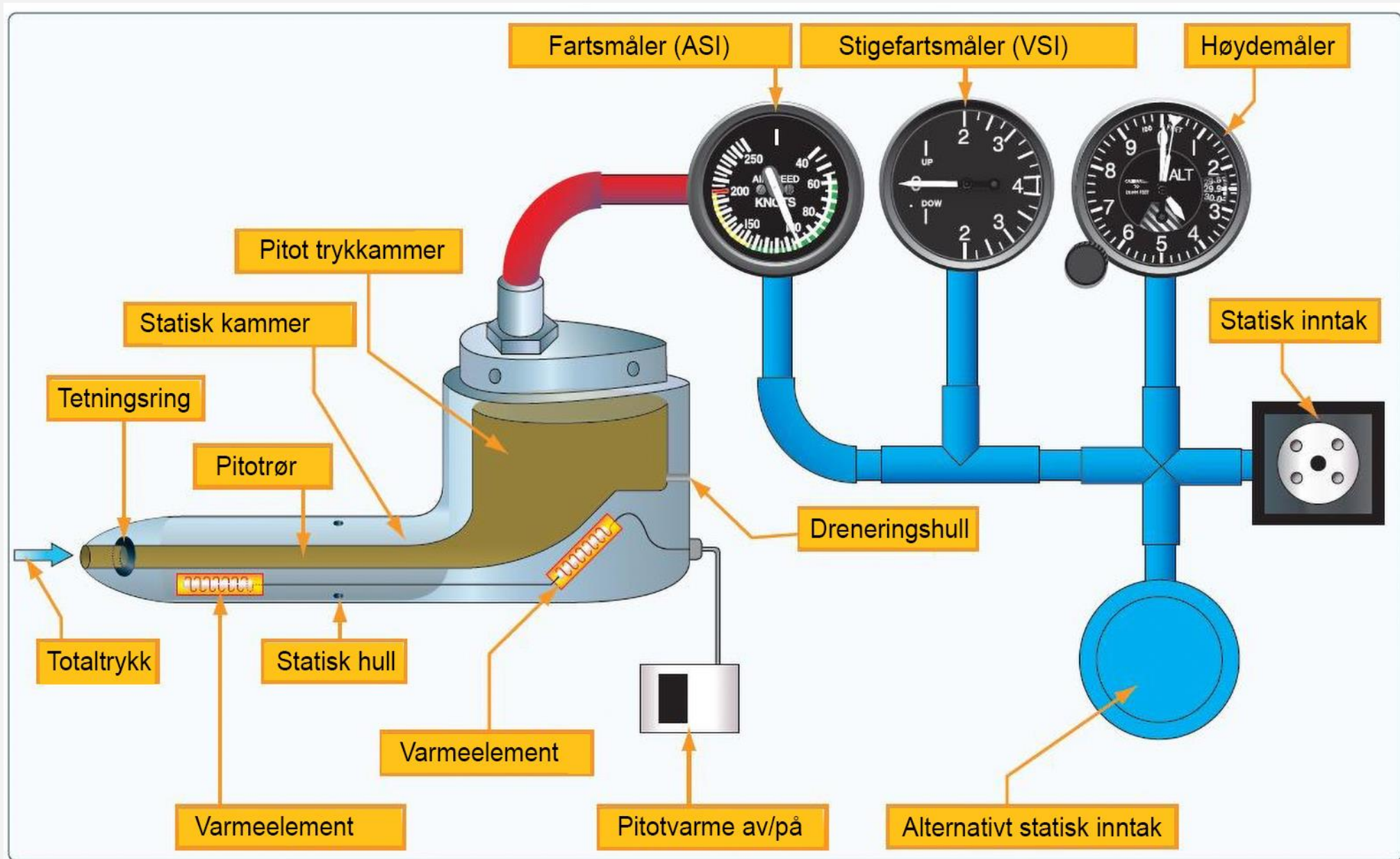
Propell-terminologi

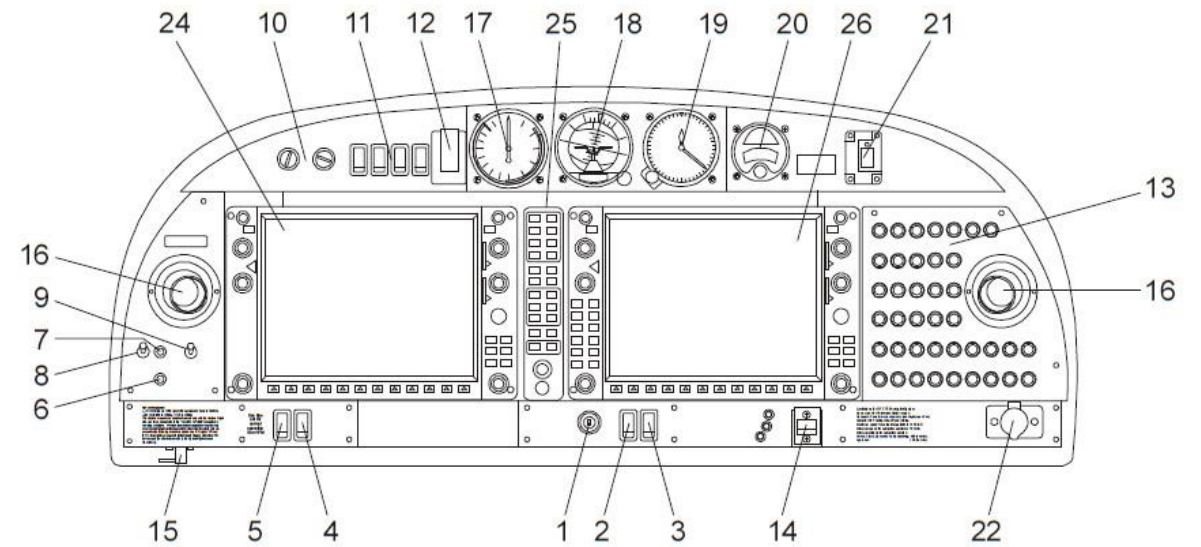
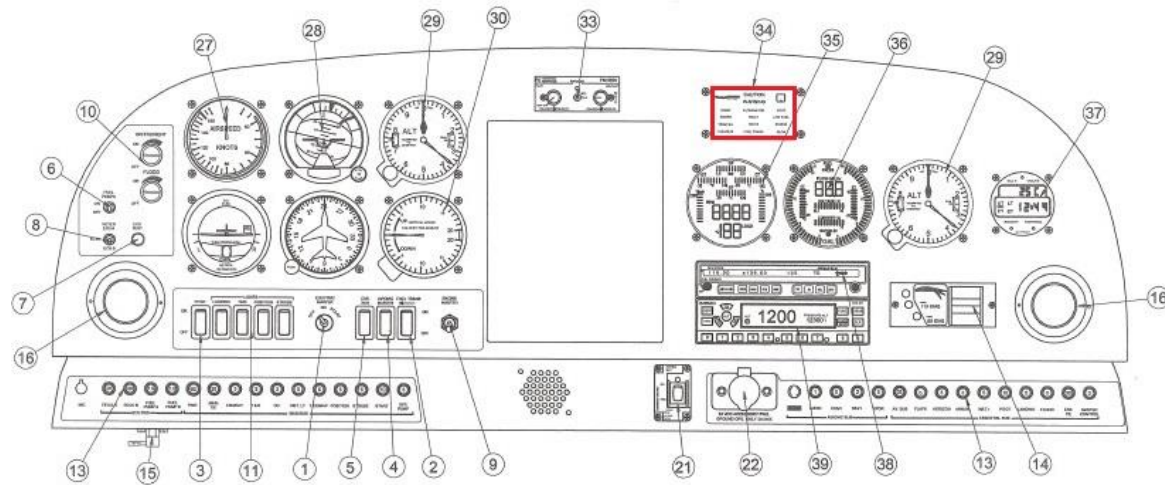
Begrep	Engelsk navn	Forklaring
Angrepsvinkel	Angle of Attack	Vinkel mellom relativ luftstrøm og bladets korde
Bakkant	Trailing edge	Den delen av bladet som ligger bak i rotasjonsretningen og hvor luftstrømmene som går på oversiden og undersiden av bladet møtes igjen
Bane		Sirkelen som et hvilket som helst punkt på propellbladet danner når en propell roterer
Blad	Blade	Den delen av propellen som går fra navet til tippen. En propell kan ha to eller flere blader
Bladvinkel	Blade angle	Vinkelen mellom propellens kordelinje og rotasjonsplanet
Effektiv stigning	Effective pitch	Bestemmes av bladvinkelen og er den distansen som en propell virkelig beveger seg forover under en full omdreining i luften.
Forkant	Leading edge	Den delen av bladet som ligger fremst i rotasjonsretningen og på en måte kan tenkes som profilets baug som møter og deler luftstrømmen
Geometrisk stigning	Geometric pitch	Bestemmes av bladvinkelen og er den distansen som en propell beveger seg forover under en full omdreining om den roterer i et fast materiale (som skruen). Et teoretisk begrep
Kordelinje	Chord line	En rett linje mellom profilets forkant og bakkant
Omdreinings-hastighet	Revolutions per minute (RPM)	Antall omdreininger propellen gjør per minutt
Propelltipp	Propeller tip	Den delen av bladet som er lengst vekk fra navet
Propellrot	Propeller root	Den delen av bladet som er nærmest navet
Propelldiameter	Propeller diameter	Avstanden fra propelltipp til propelltipp målt gjennom propellens senter
Rotasjonsplanet	Plane of rotation	En tenkt akse som står 90° på propellens senterlinje
Sakking	Slip	Forskjellen mellom geometrisk stigning og effektiv stigning
Trykkside	Blade face	Den delen av bladet som vender mot flygeren og er malt svart for å unngå blanding
Bakside	Blade back	Den delen av bladet som vender i fartsretningen (forover)(betegnes bakside fordi den sees fra cockpit)



Del 8 Andre systemer

Pitotrør (varme)



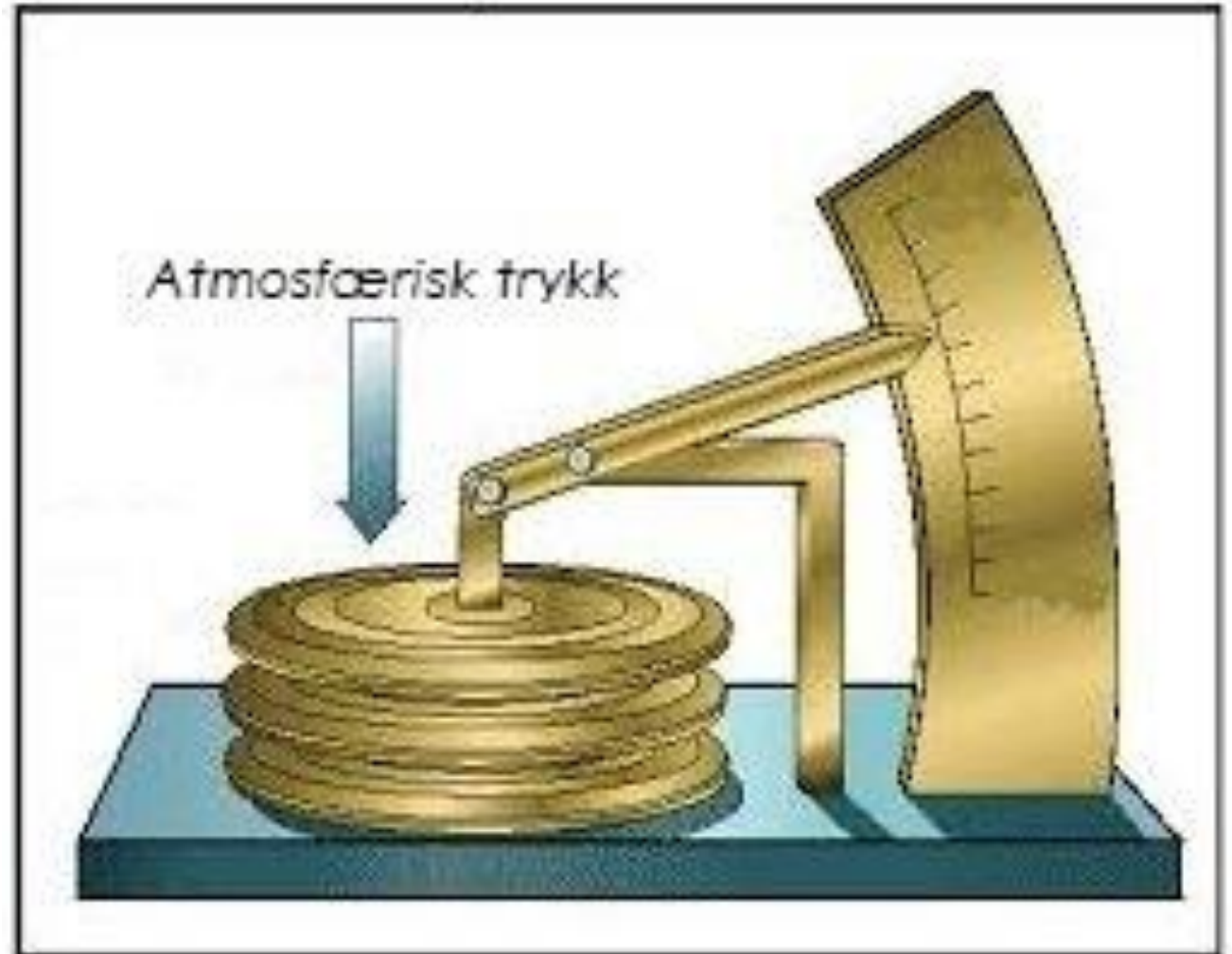


Instrumentpanel

- Konvensjonelt til venstre («klokkebutikk»)
- Med skjermvisning til høyre («EFIS»)

Trykkmålere

- Ved hjelp av kapsel eller membran
- Måler trykkdifferanse
- Trykkehøydemåler – aneroid barometer
- Måler statisk trykk og indikerer høyde



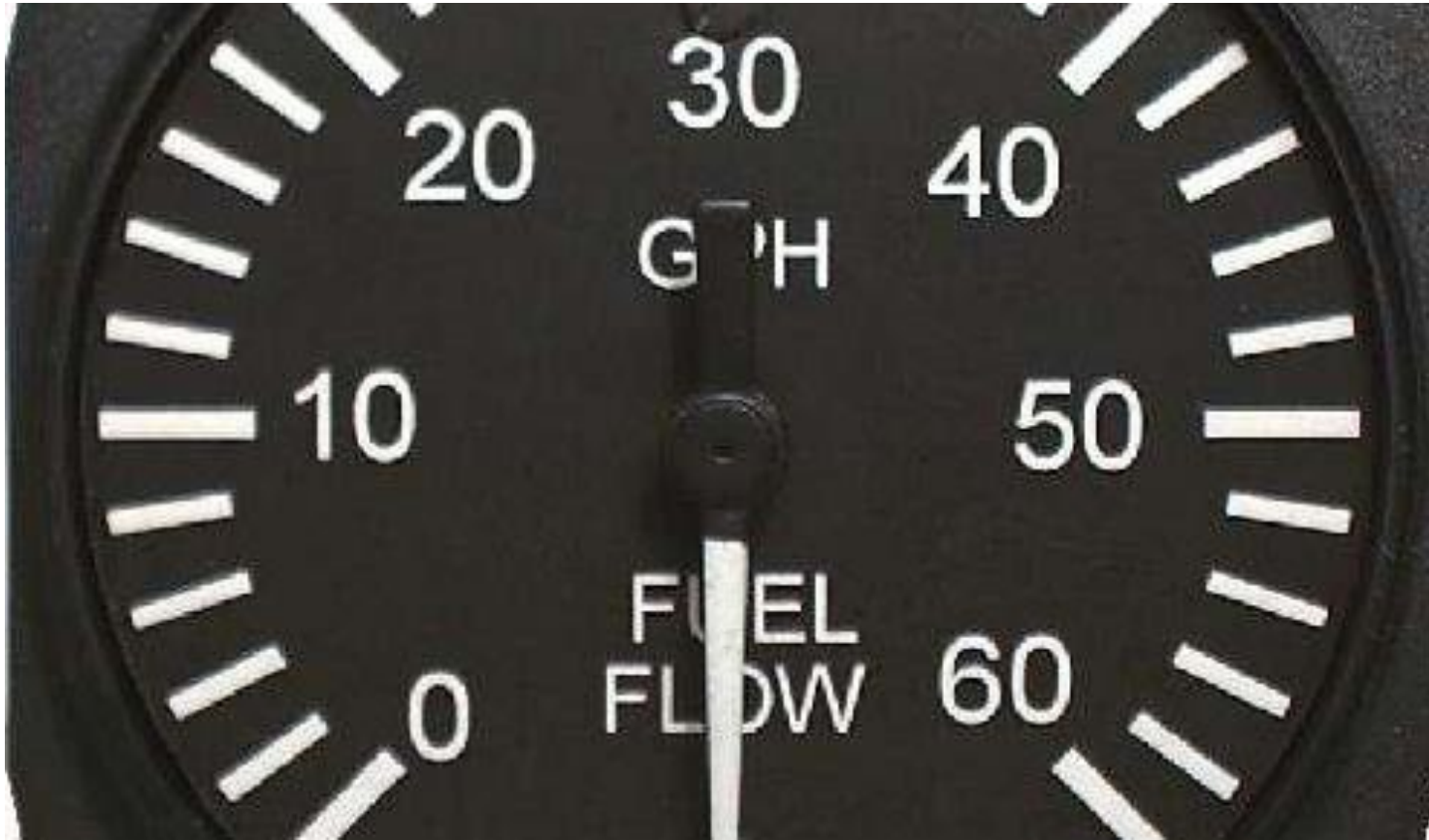
Temperaturmåling

- Forskjellige løsninger
- Termometer som fungerer ved at bi-metaller i termometeret utvider eller trekker seg sammen
- Termometer som måler varierende motstand i en termometerkolbe



Måling av drivstoffmengde

- Flottørmålere – pålitelige og avhengig av flyets stilling – montert i mange eldre mindre fly
- Moderne tankmålere måler kapasitans – indikerer volum uten feilindikasjonene til flottørsystemet



Måling av bensinforbruk («fuel flow»)

Indikator som viser bensintrykk og bensinflyt per tidsenhet («fuel pressure / fuel flow») Denne visningen kan kombineres i en visning fordi mengde bensin per tidsenhet vil være proporsjonal med trykket i systemet

Måling av motorens turtall (RPM)

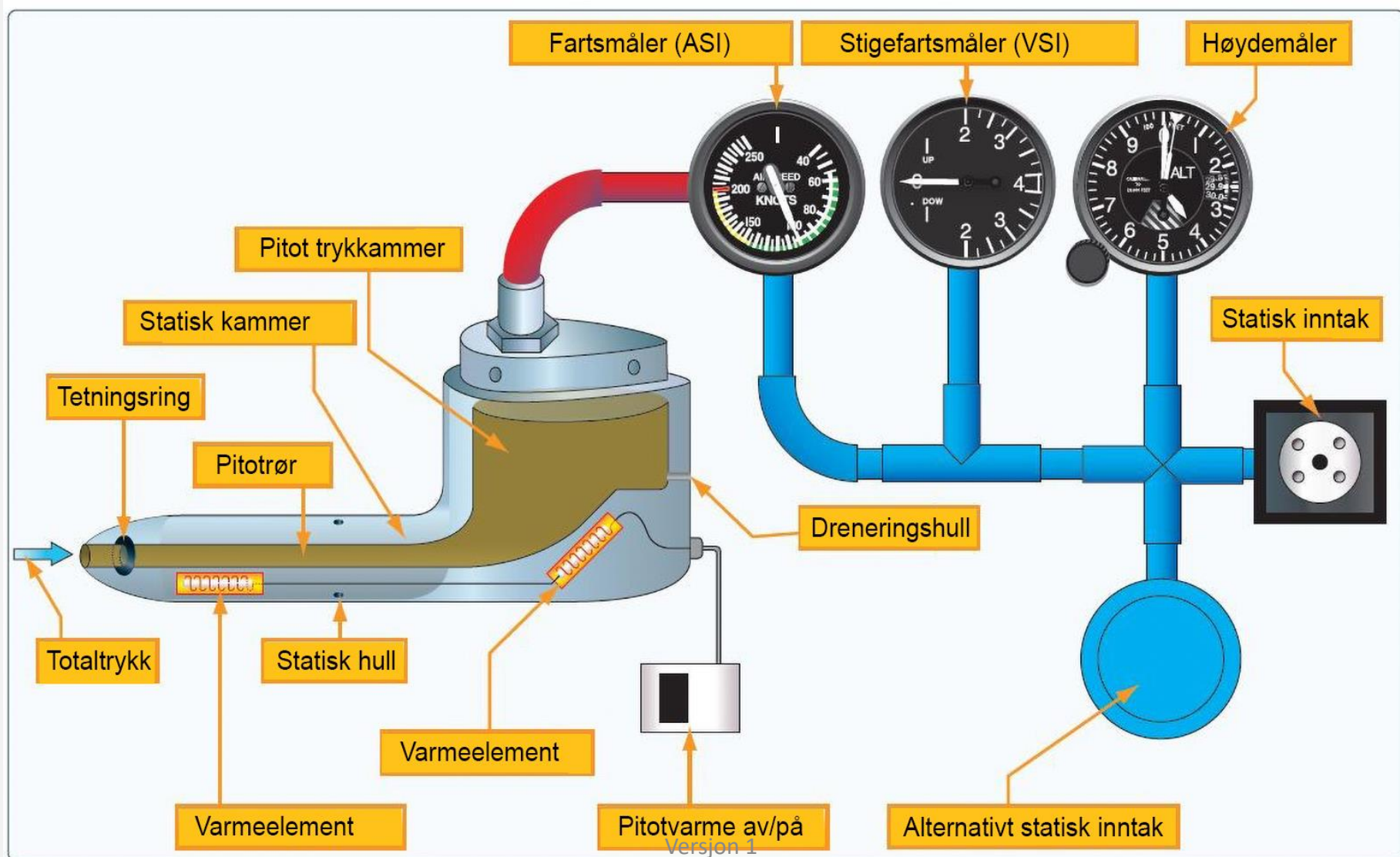
- Når målingen er mekanisk er turtelleren koblet direkte på motorens veivaksel ved hjelp av en kabel og en roterende aksel.
- Vi får et dreiemoment som overføres til en viser.
- En del ulemper som i hovedsak er knyttet til kabelen, dens plassering og dens tendens til å bøye seg
- Når målingen foregår elektrisk består turtelleren av en generator som er koblet til motoren. Denne er igjen koblet sammen med en elektrisk motor i instrumentet som har samme turtall som generatoren



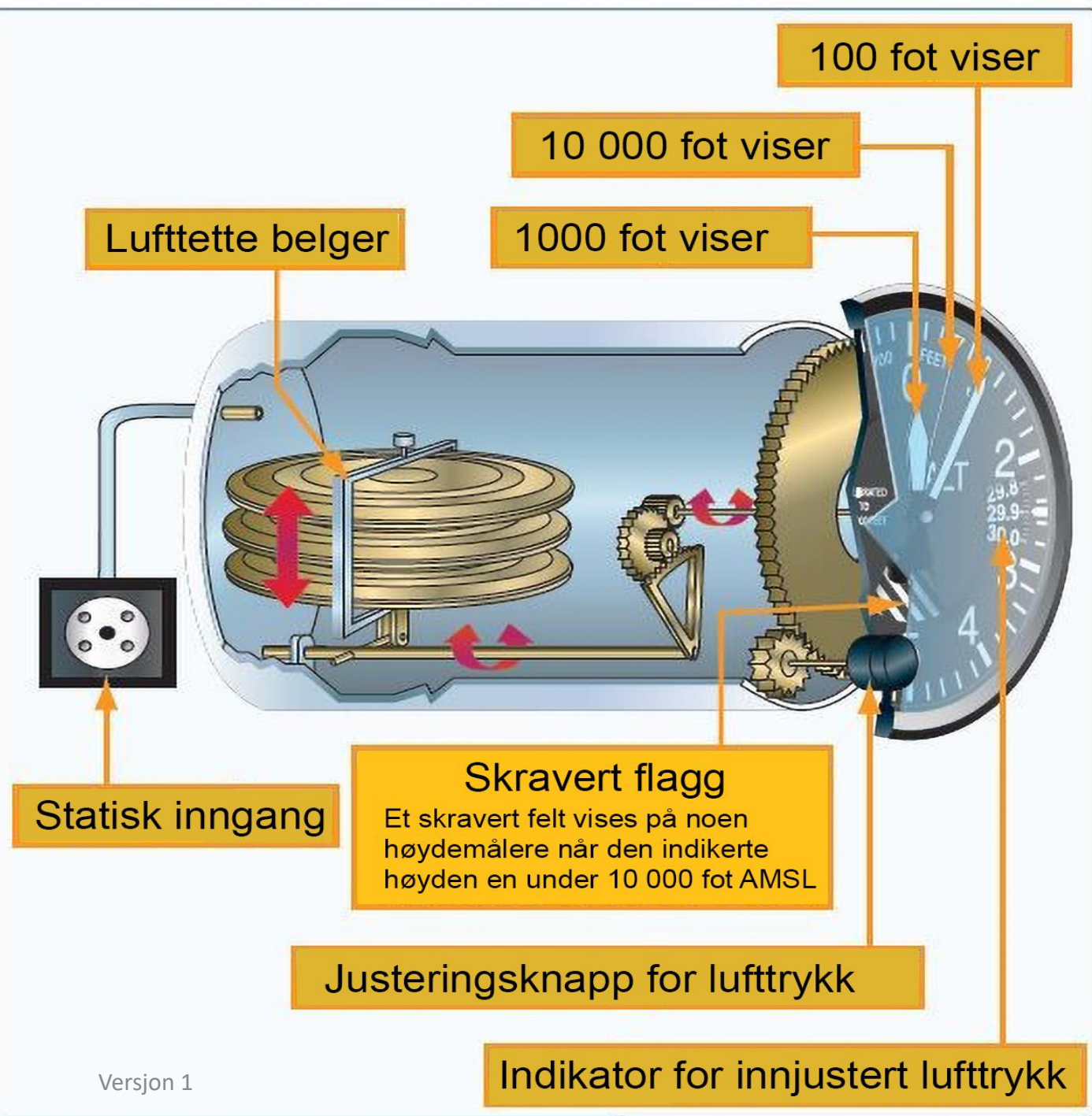


Pitot-statiske instrumenter

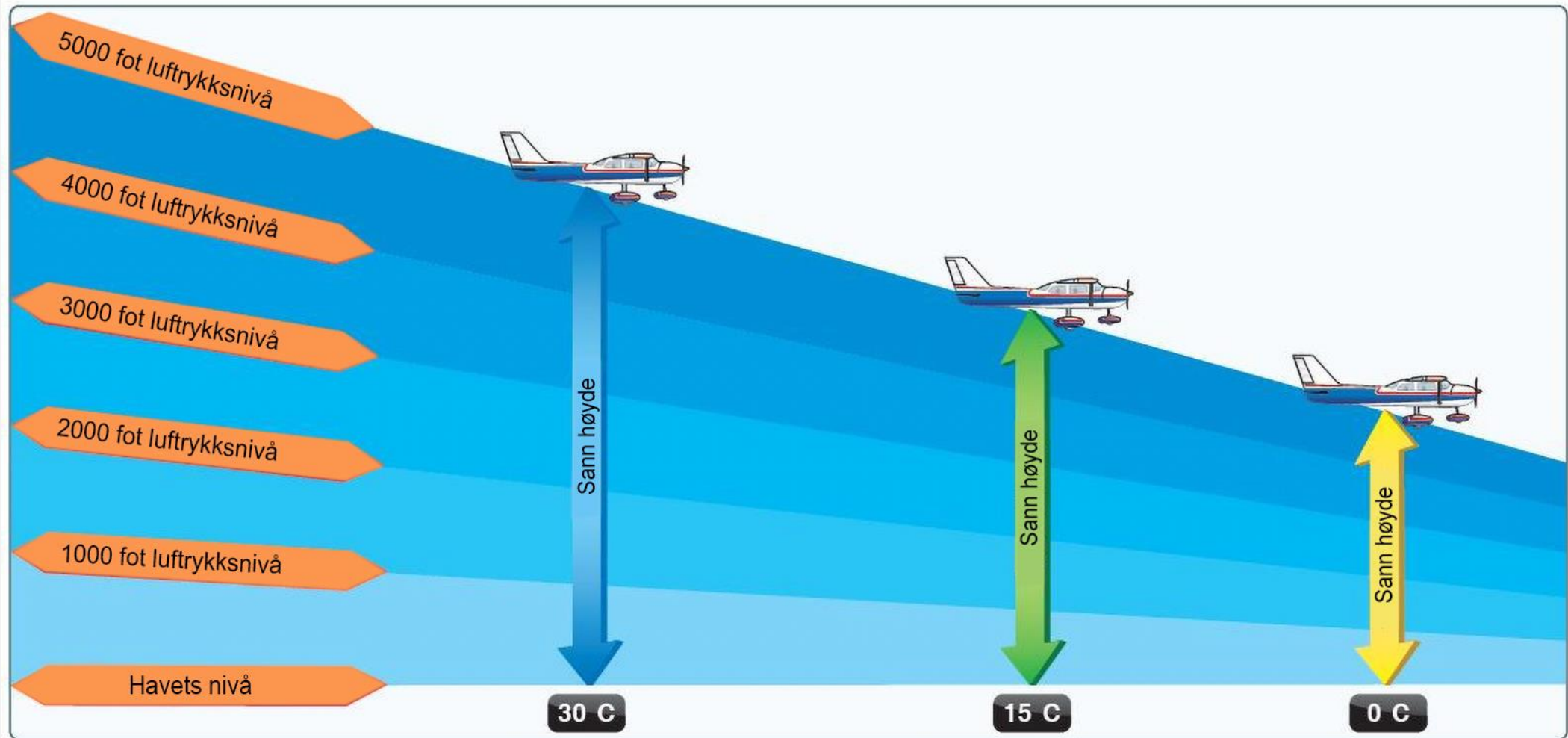
Det pitot-statiske system



Høydemåler



Effekt av ikke-standard temperatur



Effekt av ikke-standard temperatur og trykk

«From high to low, from hot to cold – look out below»

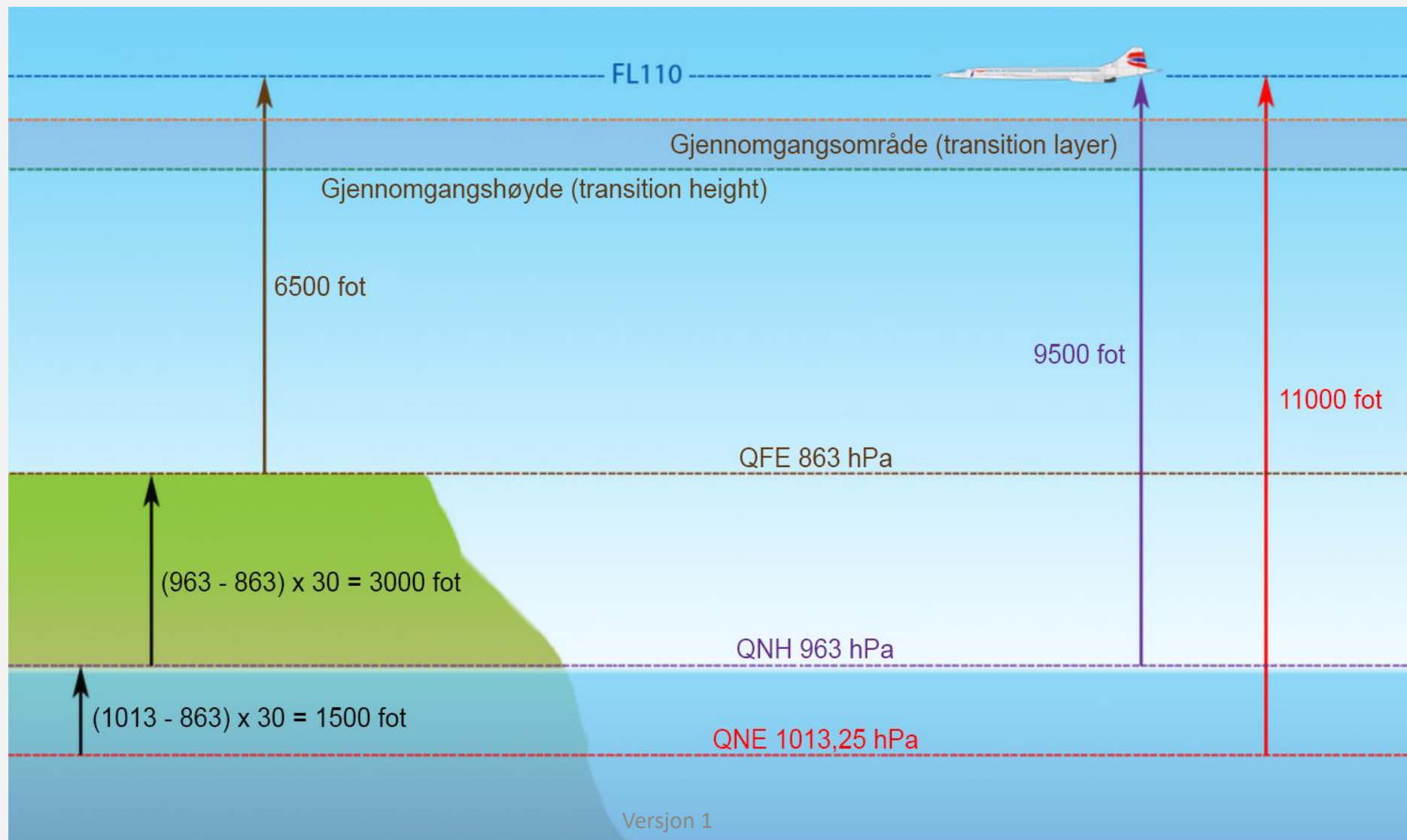
	Forhold	Høydemåler viser	Flyets høyde
Trykk	Høyere til lavere trykk	For høyt	Lavere enn indikert
	Lavere til høyere trykk	For lavt	Høyere enn indikert
Temperatur	Varmere til kaldere temp.	For høyt	Lavere enn indikert
	Kaldere til varmere temp.	For lavt	Høyere enn indikert

Referansepunkter

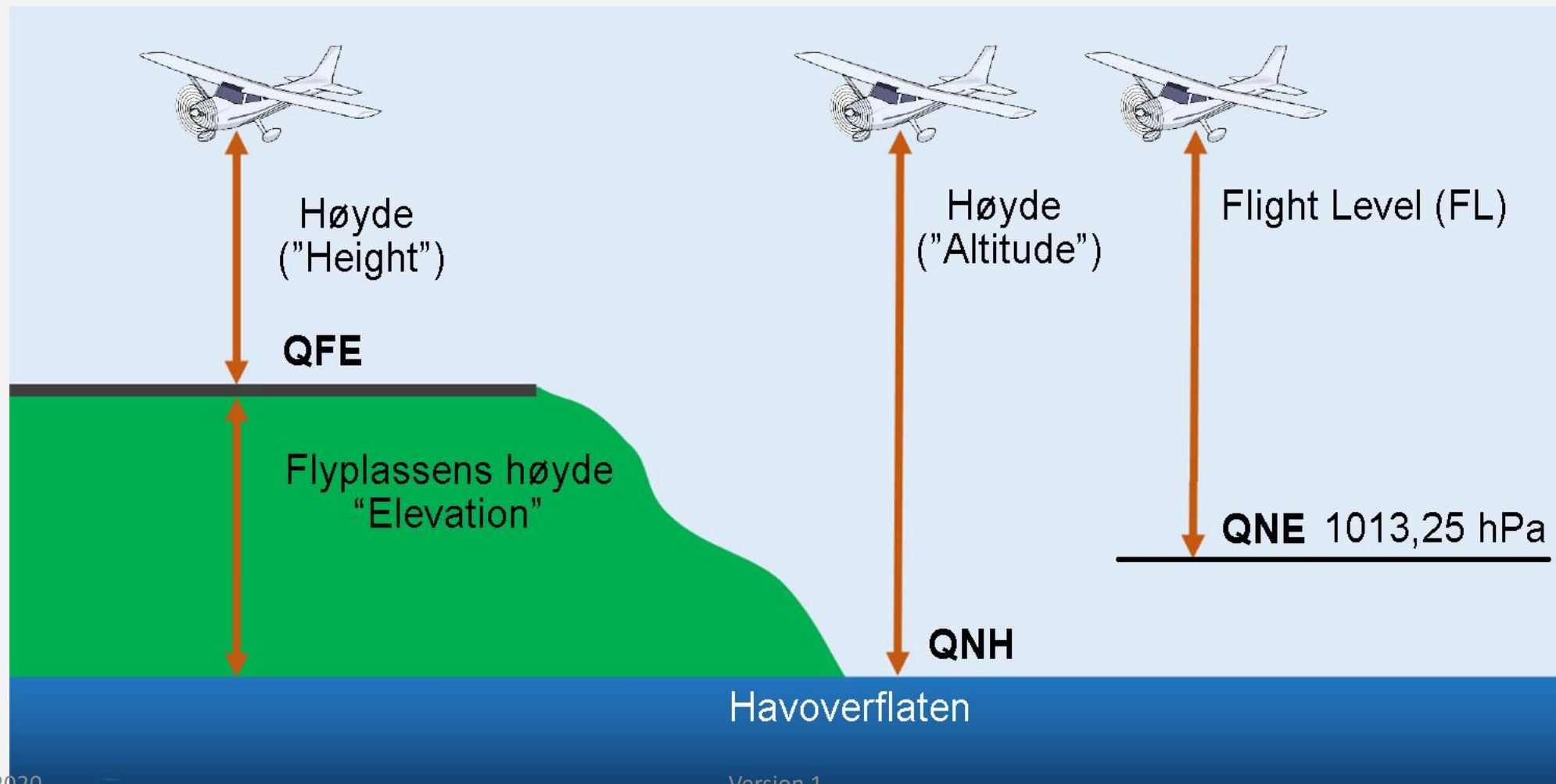
1/3

- QFE Det lokale trykket på flyplassen. Høydemåleren viser null når vi står på flyplassen. I luften vil den vise høyden («height») vår over flyplassen. Referansepunktet er målestedet på flyplassen
- QNH Det lokale trykket (QFE) på flyplassen omregnet til havets nivå (havoverflaten) ved hjelp av egenskapene til standardatmosfæren. Høydemåleren viser flyplassens høyde («elevation») over havoverflaten når vi står på bakken. I luften vil den vise høyden vår («altitude») over havoverflaten («AMSL – above mean sea level»). Referansepunktet er havoverflaten
- QNE Standard trykk (1013,25 hPa). Utgangspunktet (eller 0-punktet) i ISA, og når vi setter 1013, 25 hPa på høydemåleren vil vi ha samme forhold mellom høyde og trykk som i standardatmosfæren og vi flyr da på flygenivå («FL – Flight Levels»)

Referansepunkter 2/3



Referansepunkter 3/3



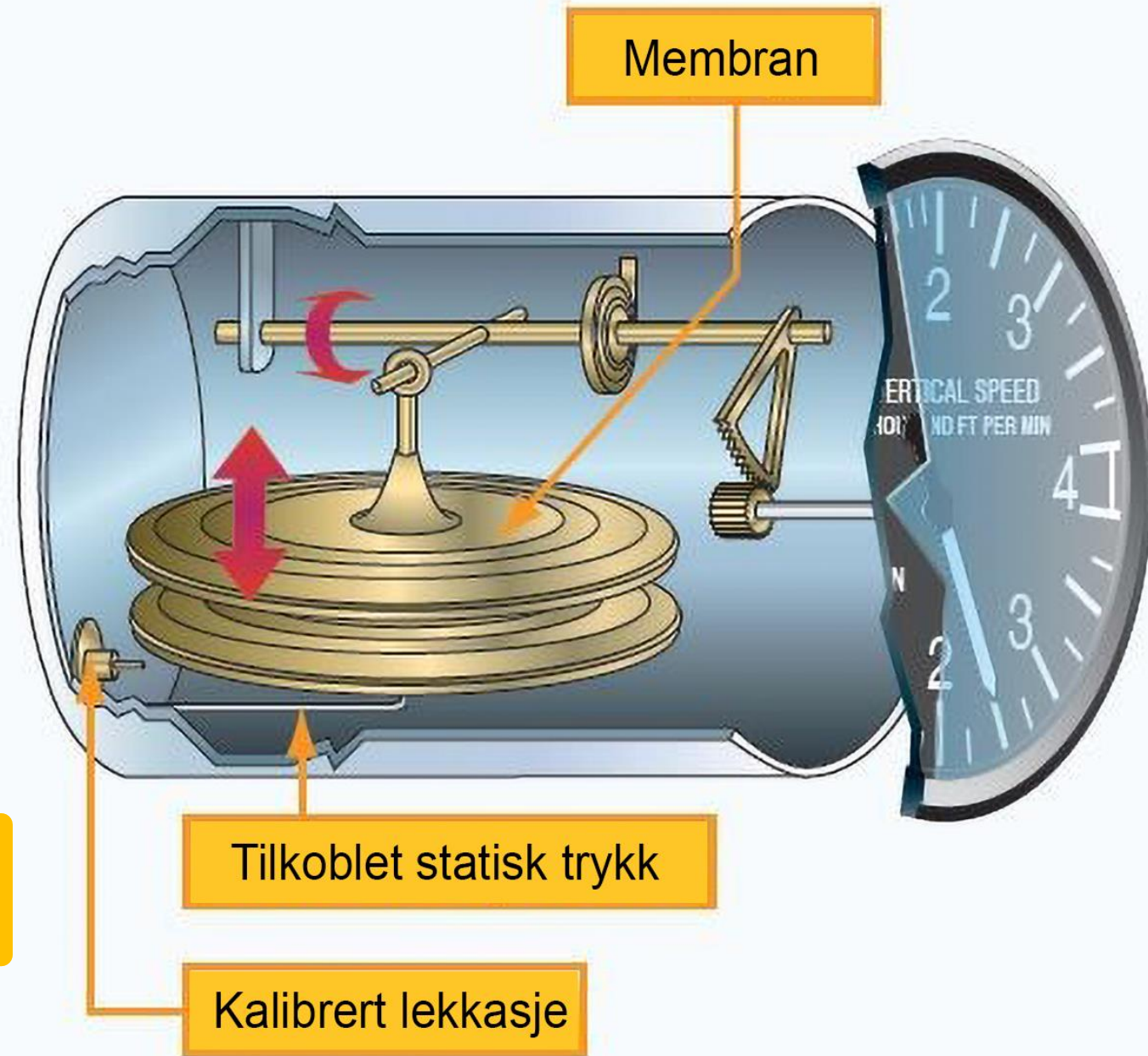
Høydebegreper

- *Indikert høyde* («Indicated altitude») er den høyden som høydemåleren viser (indikerer) og som vi leser direkte av instrumentet, så lenge 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 altitude»), «absolute height» da denne høyden viser vertikal avstand over bakken («AGL – Above Ground Level»).
- *Trykkehøyde* («Pressure altitude») den høyde/nivå som vises når vi setter standard trykk inn på høydemåleren.
- *Tetthetshøyde* («Density altitude») er høyden vi får når vi korrigerer trykkehøyden for avvik fra standard temperatur

Høydemåler – instrumentfeil

- Høydemåleren er også utsatt for følgende feil i større eller mindre grad:
- *Sakking* («time lag»). En enkel høydemåler reagerer ikke momentant når vi endrer høyden. Det gjør at den viser for lite når vi stiger og for mye når vi går ned. Det er spesielt merkbart om vi gjør en brå endring av høyden
- *Lekkasje* («leaks»). Dersom vi i et luftfartøy uten trykk-kabin får en lekkasje for eksempel fra et statisk rør, vil instrumentet vise for mye.
- *Posisjonsfeil* og manøvreringsfeil som skyldes lokal turbulens og korte trykkendringer rundt inntaket.
- *Friksjon*, slitasje, ubalanse, feil i mekanikk

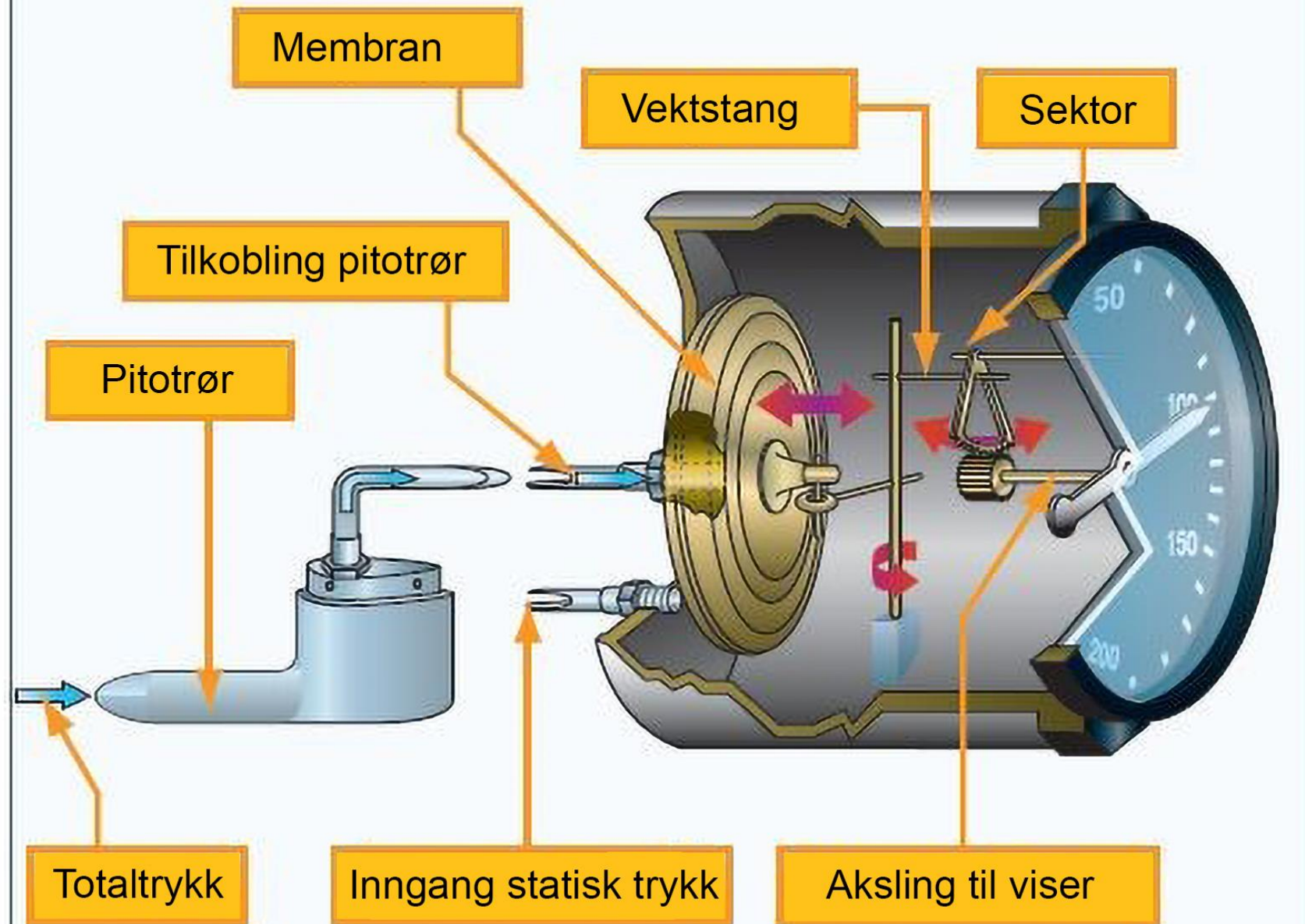
Stigefartsmåler



Stigefartsmåler - instrumentfeil

- Stigefartsmåleren er utsatt for følgende feil i større eller mindre grad:
- Posisjonsfeil som skyldes lokal turbulens. Instrumentet vil indikere stig eller synk dersom flyets hastighet plutselig endres. Kan merkes når vi akselerer under avgangen
- Manøvreringsfeil kan gi korte trykkendringer rundt inntaket som igjen viser uriktig stigning eller nedstigning på instrumentet
- Sakking («time lag»). Det tar litt tid å bygge opp et konstant trykk etter en stigning eller nedstigning og det vil også ta litt tid før trykket er utlignet når vi flyr horisontalt på en ny høyde, spesielt etter en langvarig endring av høyden
- Lekkasje («leaks»). Dersom vi i et luftfartøy uten trykk-kabin får en lekkasje for eksempel fra et statisk rør, vil instrumentet kortvarig vise for mye før det viser null
- Da det rent operativt er en ulempe å ha et instrument som er ettervirkende, er det konstruert stigefartsmålere hvor tregheten eller forsinkelsen er eliminert. Disse stigefartsmålerne kalles for momentane stigefartsmålere («IVSI – Instantaneous Vertical Speed Indicators»)

Fartsmåler

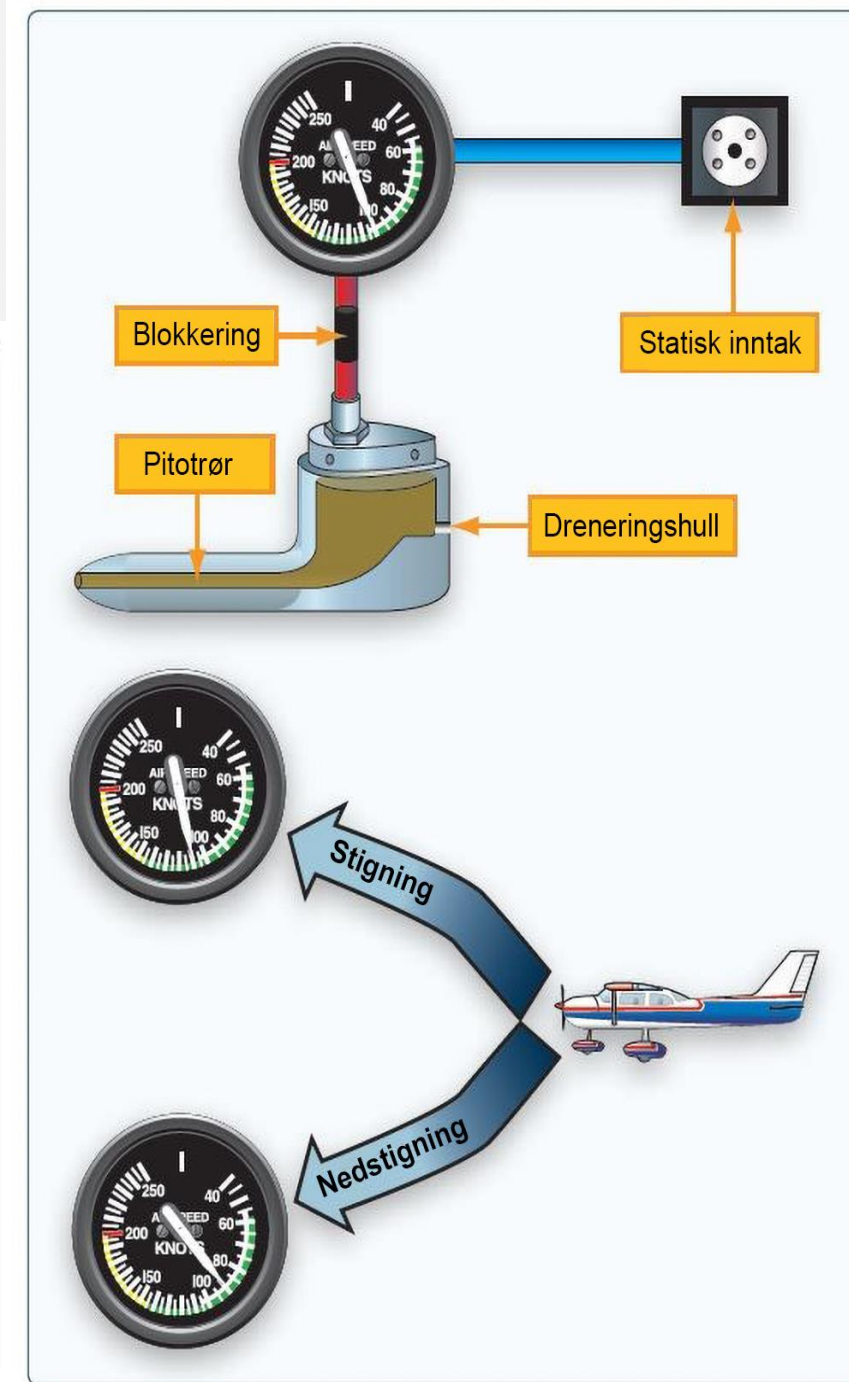
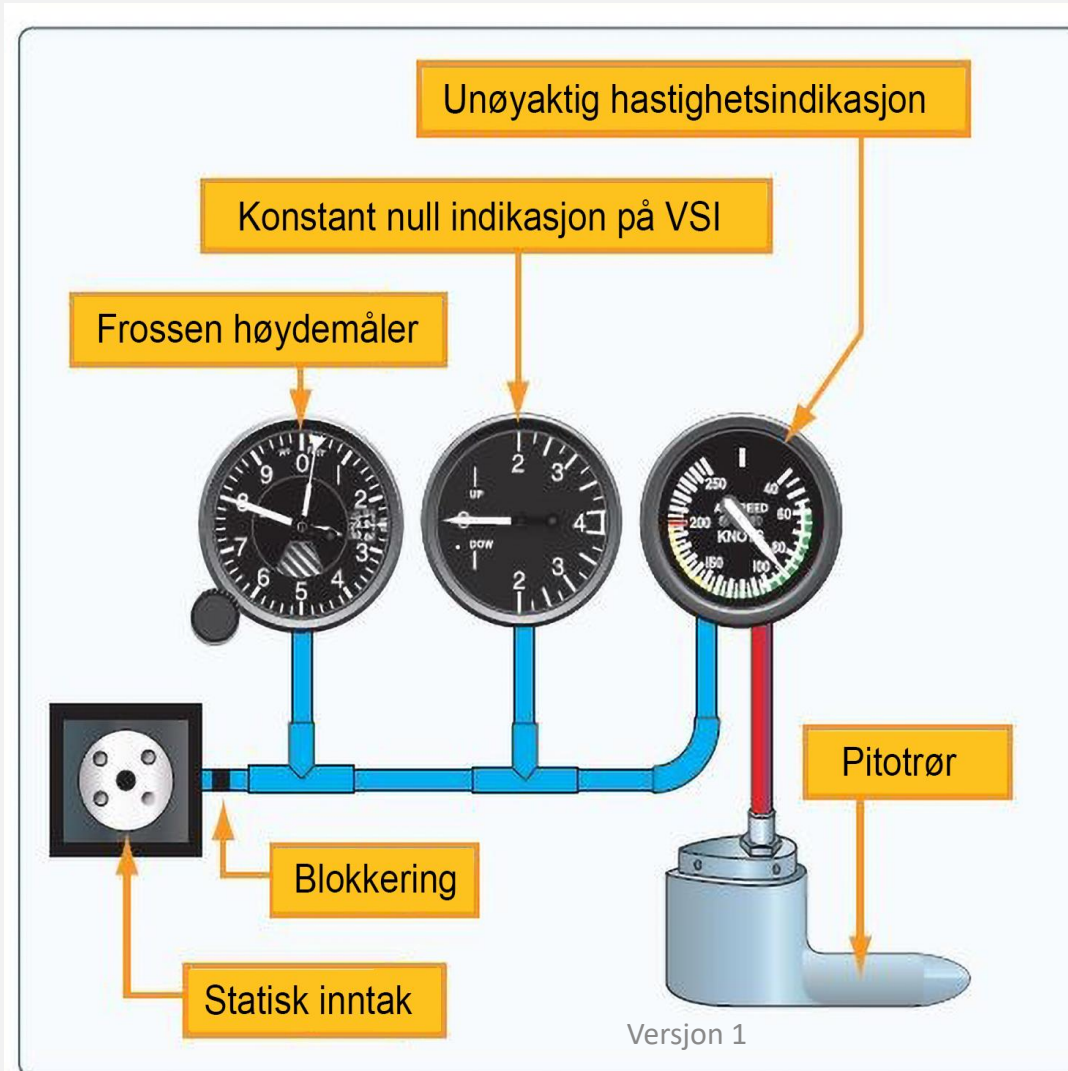


Fartsmåler - korrigeringer

- Indikert flygefart – hastighet som leses direkte ut av instrumentet korrigert for:
 - instrument- og posisjonsfeil =
- Kalibrert flygefart – korrigert for:
 - avvik fra ISA trykk og temperatur =
- Sann flygefart – korrigert for:
 - vind =
- Bakkefart

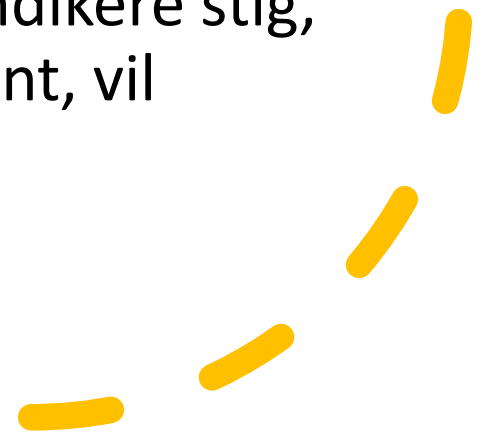


Blokkeringer og lekkasje i det pitot-statistiske systemet



Alternativt statisk inntak

- Noen fly er utstyrt med alternativ statisk inntak
Det tar luft fra kabinen (på fly uten trykk-kabin),
og på grunn av at det statiske trykket inne i flyet
er noe lavere enn det som er utenfor flyet , gir
dette feilindikasjoner:
- Høydemåleren vil vise litt større høyde enn
aktuell høyde
- Fartsmåleren vil vise en flygefart som er større
enn aktuell høyde
- Stigefartsmåleren vil momentant indikere stig,
men dersom høyden holdes konstant, vil
visningen stabiliseres





Gyroinstrumenter



NORGES LUFTSPORTFORBUND

Gyroinstrumenter

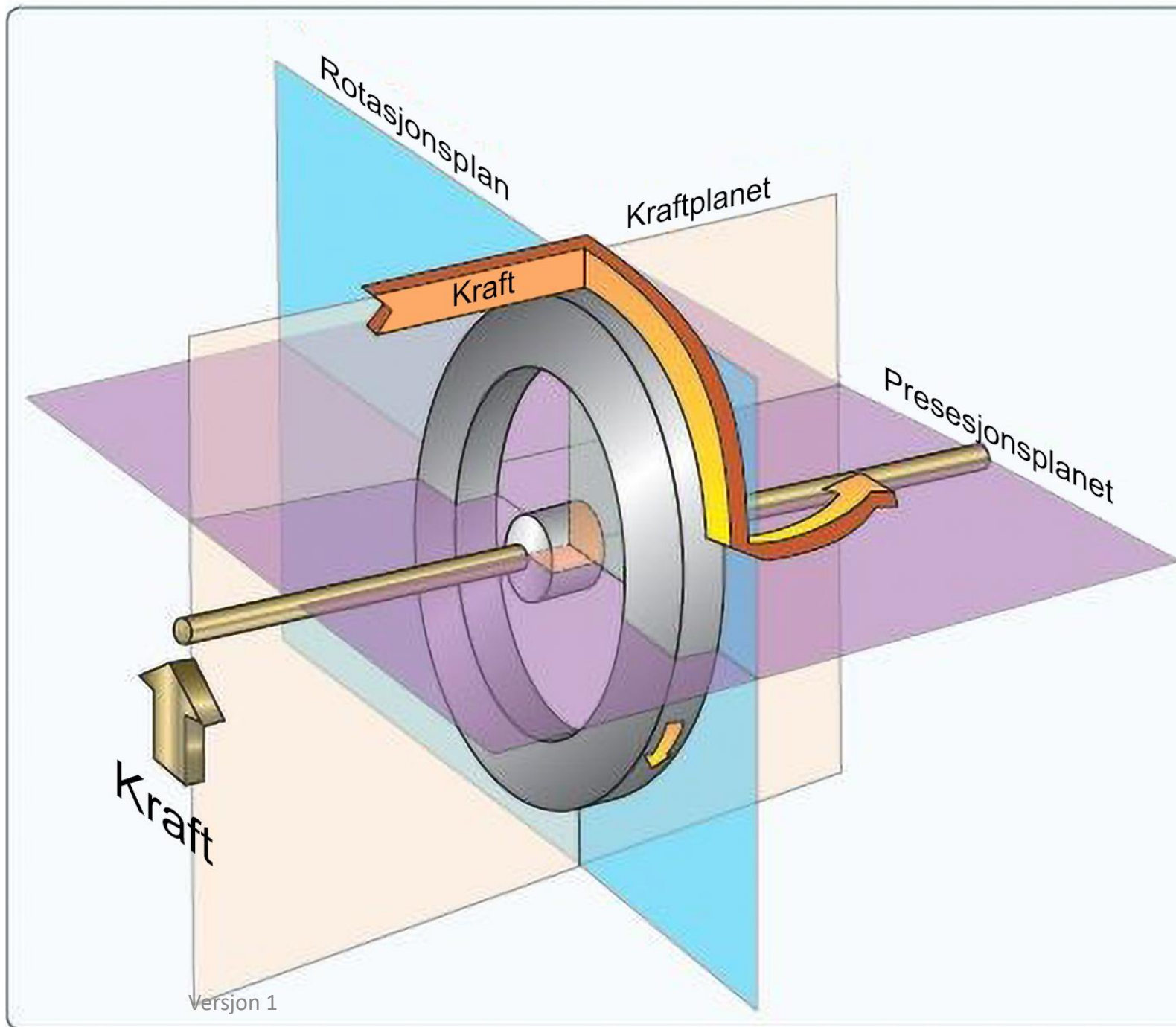
- Til denne gruppen regner vi instrumenter med en mekanisk gyro og som viser:
- Flyets stilling i luften – kunstig horisont («All – Artificial Horizont Indicator»)
- Kursen ved hjelp av gyro – retningsgyro («DGI – Directional Gyro Indicator») (er også et navigasjonsinstrument)
- Svinger og krenging – kule- og svingeviser («TBI – turn and bank indicator») eller svingekoordinator («turn coordinator»)

Gyroinstrumenter prinsipp

- Gyroinstrumentene drives av gyroer, og kalles derfor også gyroskopiske instrumenter.
- En gyro er et svinghjul som roterer i en akse og er opphengt i et kardansk oppheng, det vil si et oppheng som har flere ringer utenpå hverandre («gimbal rings») Det gjør at rotasjonsaksen i utgangspunktet fritt kan ta hvilken som helst retning
- To universelle egenskaper:
 - treghet – holder posisjon i rommet («rigidity in space»)
 - presesjon («precession»)



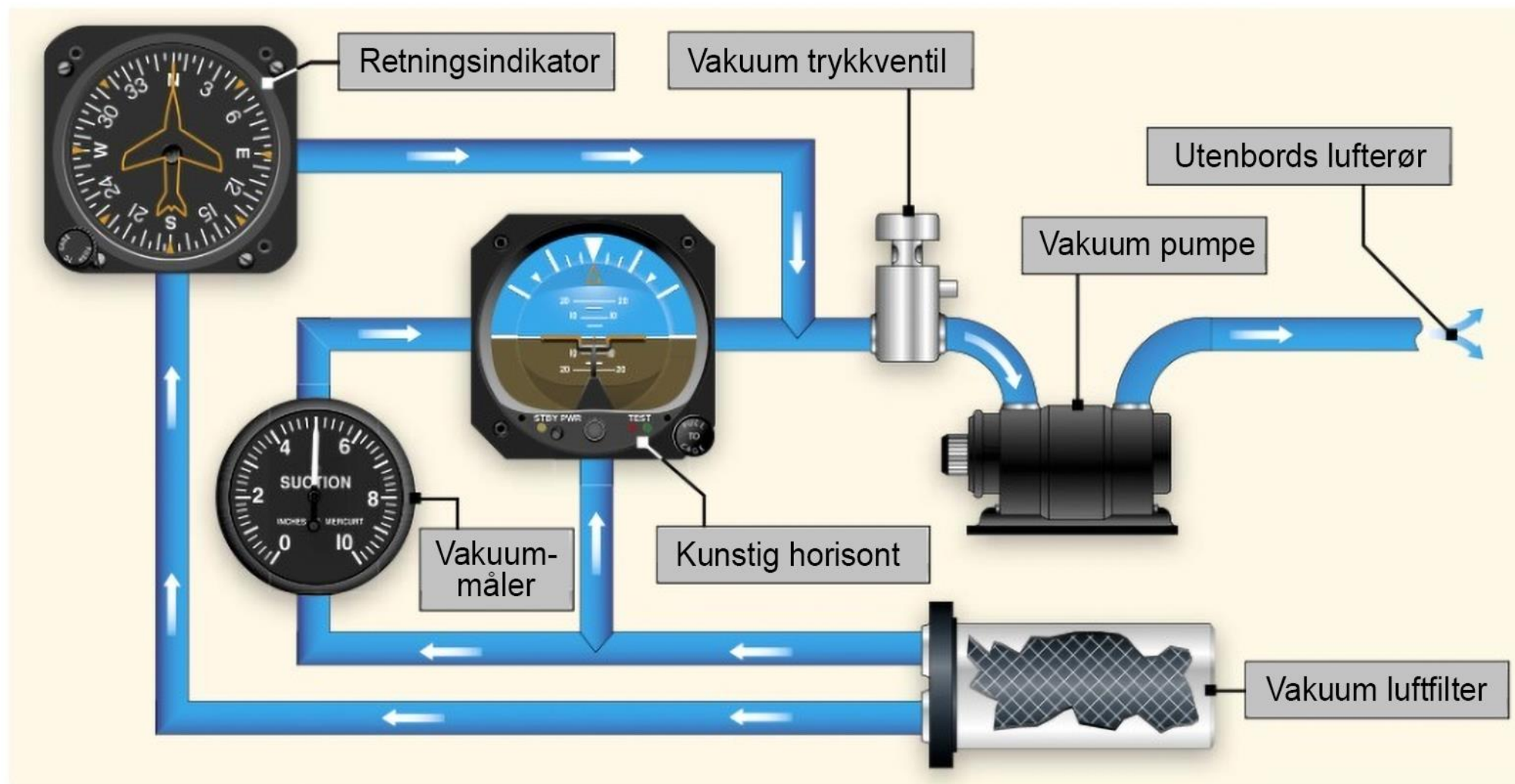
Gyro – funksjon og presesjon



Drift av gyro

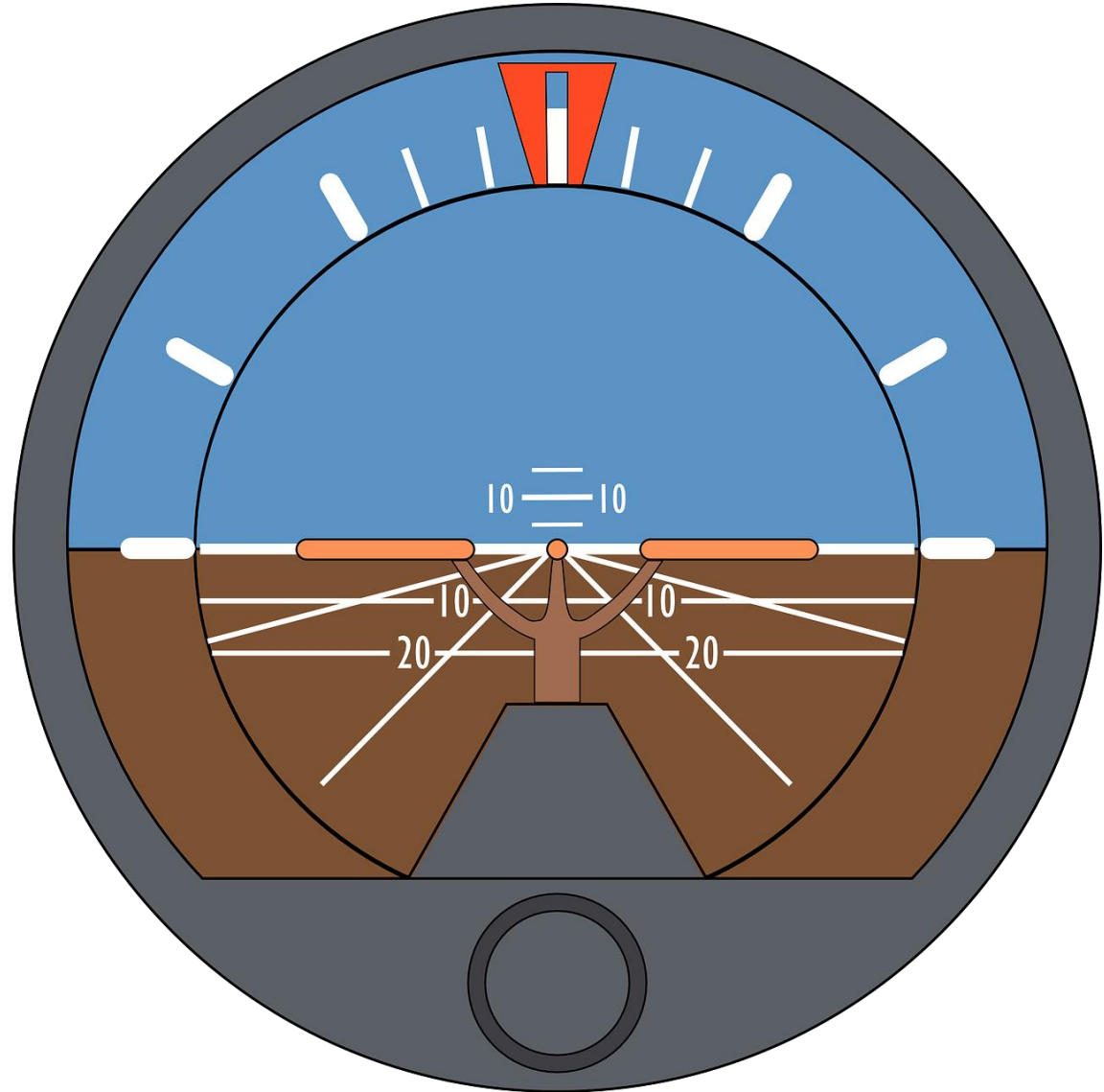
- Luftdrevet
 - Fordeler: Billig, relativ enkel å vedlikeholde, fortsetter å fungere selv om strømmen går
 - Ulemper: Trenger å «spinne opp», avhengig av luft over gyroen, gyroskopisk treghet går ned med høyden.
- Elektrisk
 - Fordeler: Større gyroskopisk treghet, konstant spinnhastighet, større monteringsmuligheter, ikke behov for filter
 - Ulemper: Avhengig av strømforsyning
- Moderne småfly har i dag ofte helelektriske systemer uten vakuum (Diamond DA40, Cirrus SR 20/22, C172 med G1000 og de fleste mikrofly)

Vakuumsystem



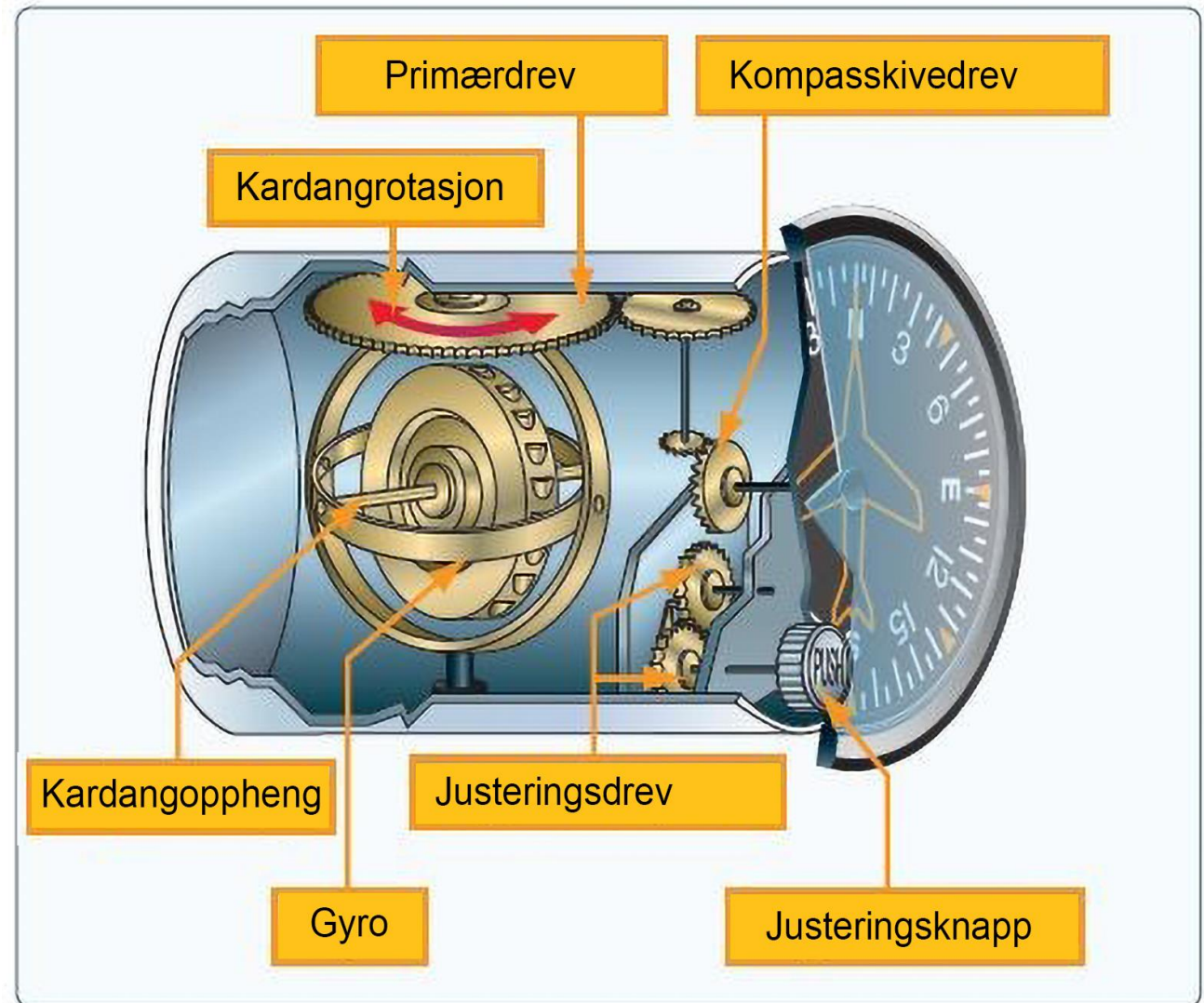
Kunstig horisont

- Består av en gyro hvor spinnaksen holdes vertikalt ved hjelp av en følemekanisme
- Vi bruker kunstig horisont for å se flyets stilling i luften om tverr- og lengdeaksen
- Instrumentfjeset består av et minatyr-fly og gradeinndeling, samt felt for «himmel og jord»

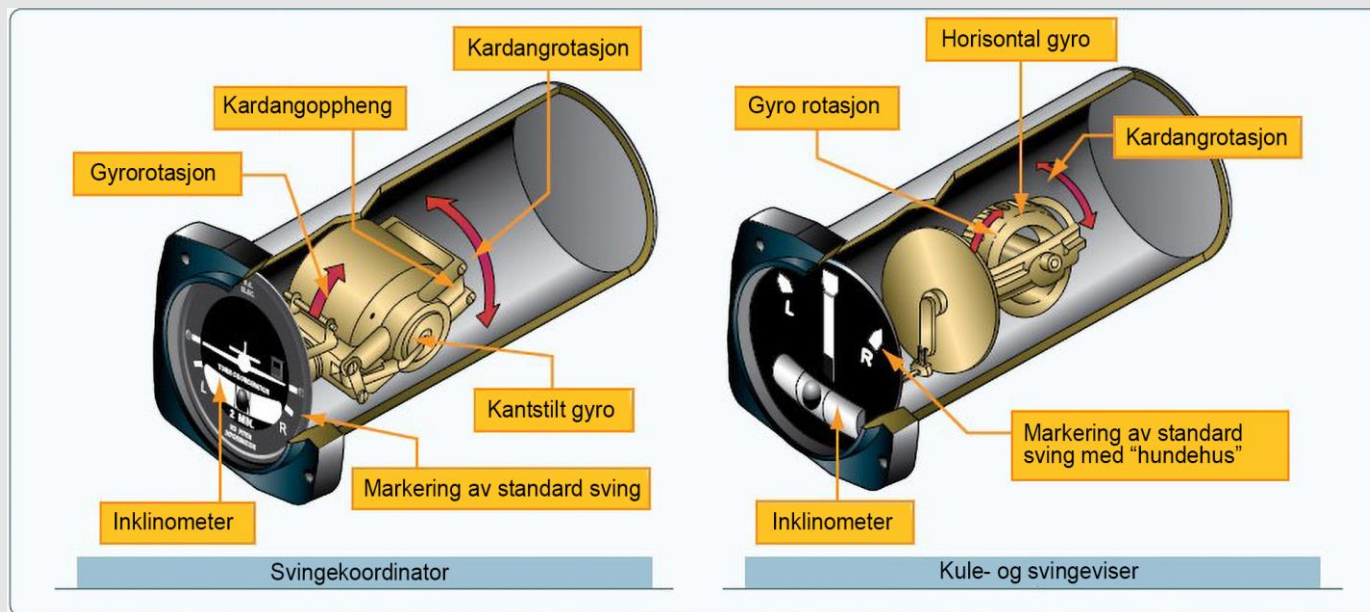


Retningsgyro

- Består av en gyro hvor spinnaksen er montert horisontalt og hvor vi bruker dens gyroskopiske treghet til å gi en indikasjon på flyets kurs
- En enkel retningsgyro må justeres underveis fordi den ikke klarer å holde korrekt kurs over tid – den drifter
- (også navigasjonsinstrument)



Kule- og svingeviser / svingekoordinator



- Kule- og svingeviseren er egentlig to instrumenter i ett:
 - en svingeindikator og
 - en balanseindikator som i sin enkleste form er et inklinometer
- Svingeindikatoren har en gyro som har spinnaksen parallelt med flyets tverrakse og måler hastigheten («rate of») som flyet dreier om vertikalaksen med.
- Inklinometeret er en kule som er lukket inne i et buet væskefylt rør som er montert parallelt til tverraksen og som viser om flyet sklir inn eller ut i en sving
- En svingekoordinator er en oppdatert versjon av kule- og svingeviseren hvor den største forskjellen er at gyroen er opphengt slik at instrumentet viser både krenning samt dreining om vertikalaksen

Feil i vakuumsystemet

- Vi mister informasjon fra kursgyro og kunstig horisont, men det er normalt ikke noe problem så lenge vi holder oss utenfor skyer
- Har vi en svingeviser med kulelibelle vil vi kunne få noe informasjon om flyets stilling, men informasjonen er misvisende, da vi kun kan lese av svingerate, og om vi skipper eller skidder i en sving. Det betyr at flyet kan krenge uten at vi kan lese det av
- Dersom vi har en svingekoordinator om bord, vil vi kunne lese forandring i krenging, men så lenge vi holder oss utenfor skyer er ikke det nødvendig.
- Kursgyro og kunstig horisont vil gi oss svært uriktig informasjon, og instrumentene må dekkes til



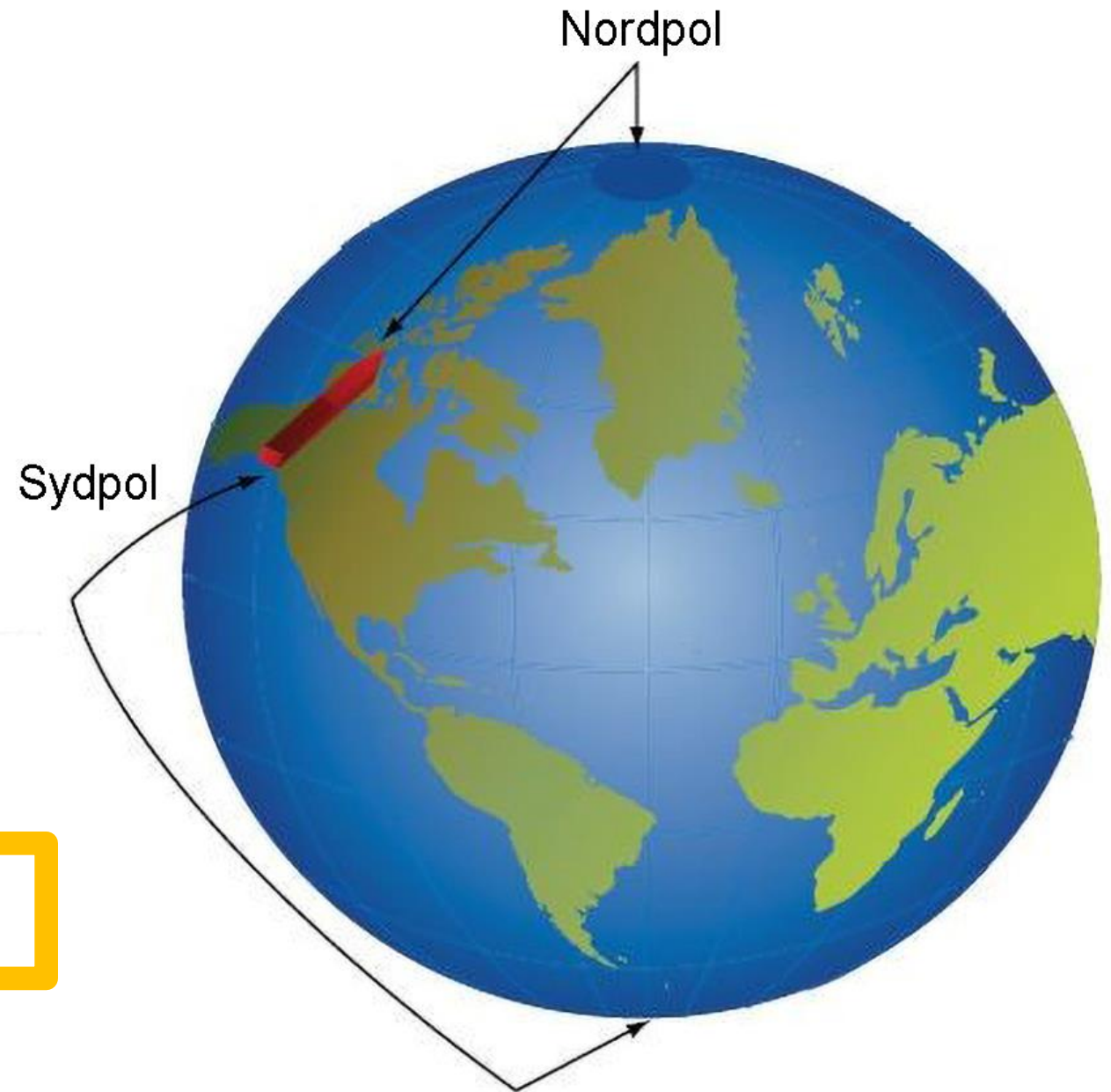
Magnetisme og magnetkompass



NORGES LUFTSPORTFORBUND

Magnetisme

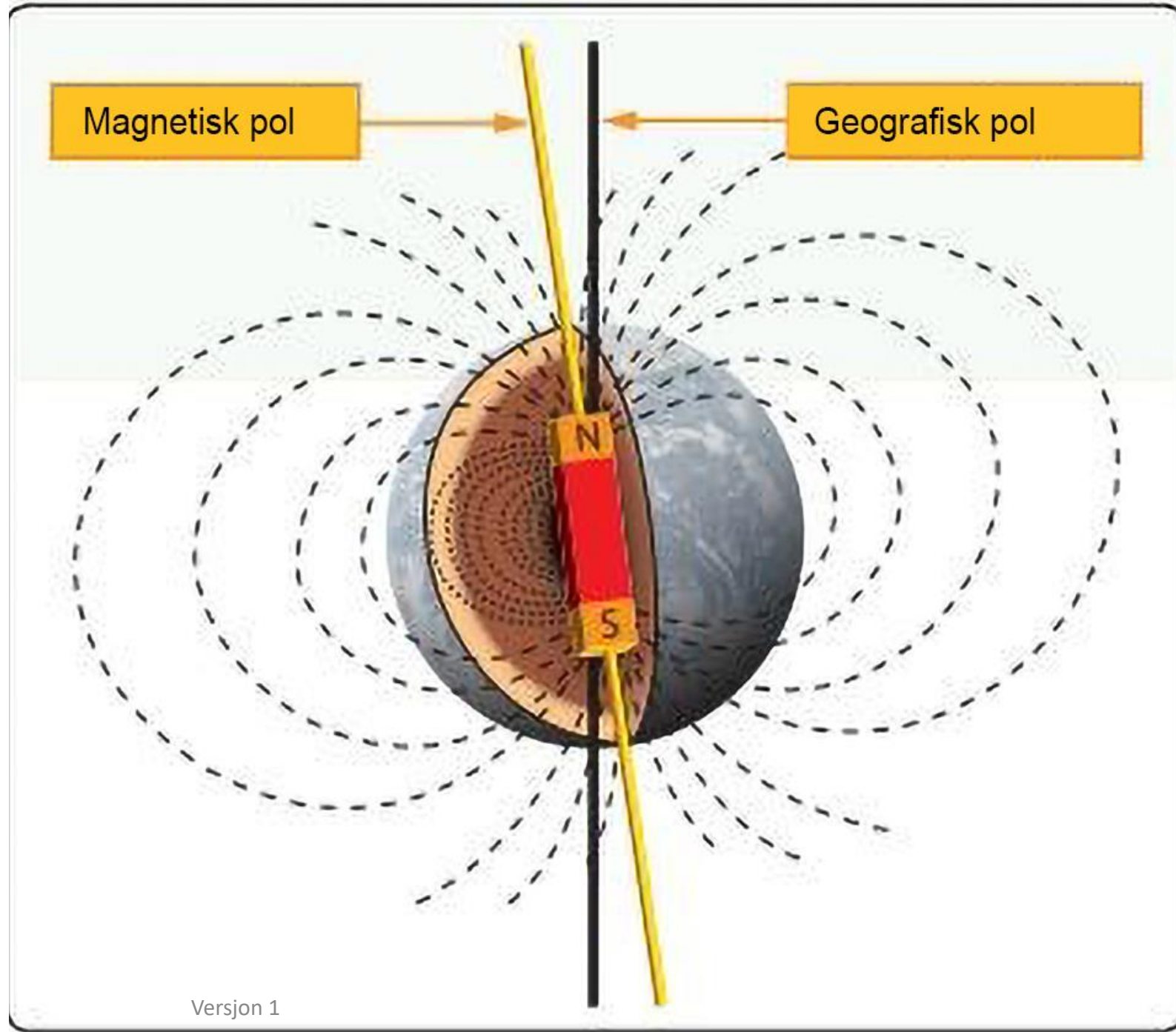
1/3



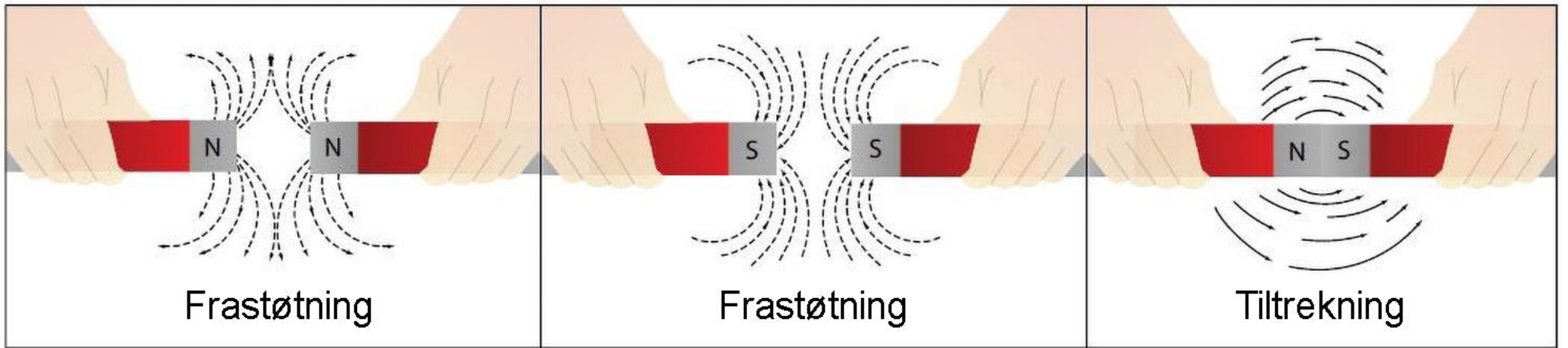
Versjon 1

Magnetisme

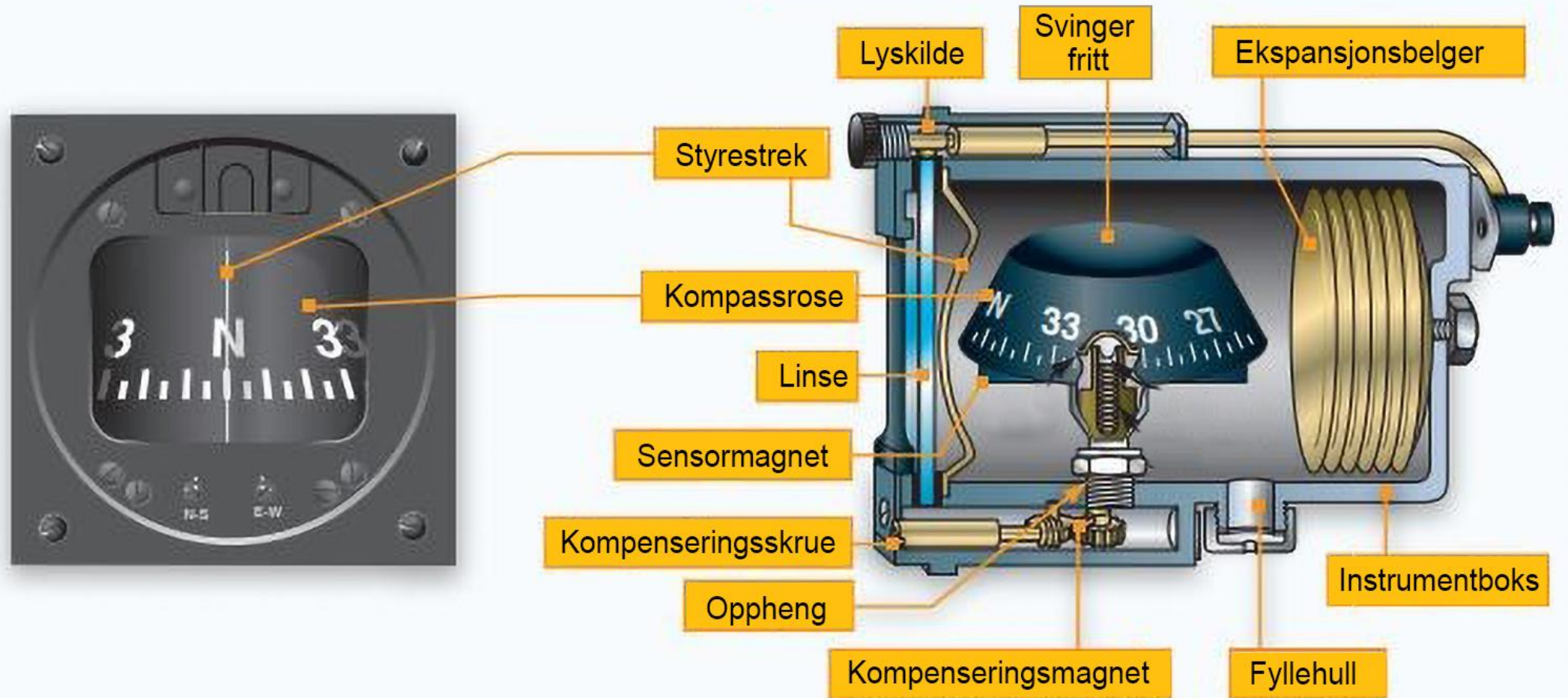
2/3

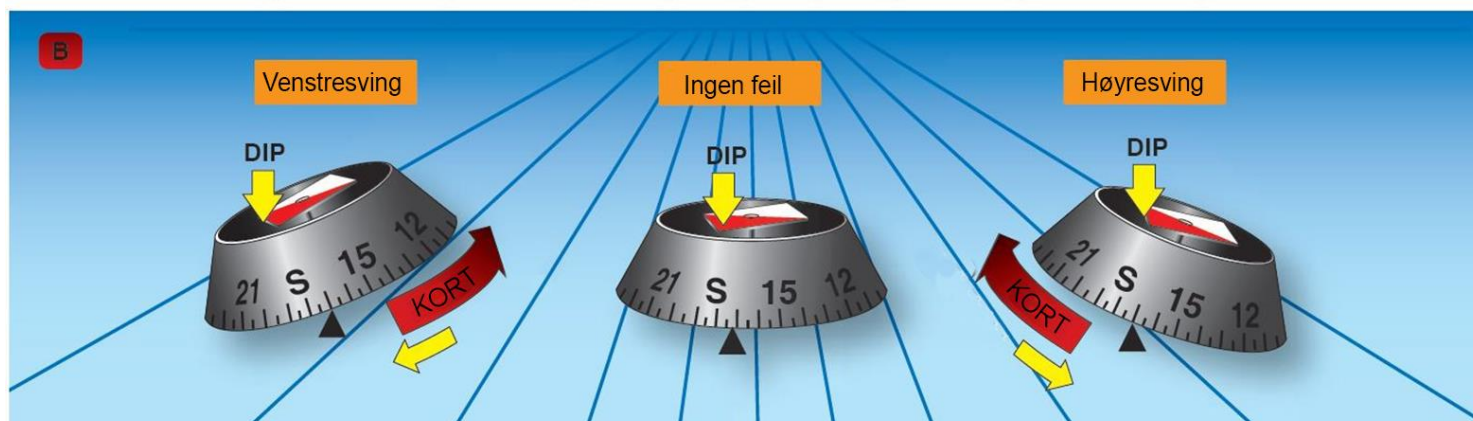
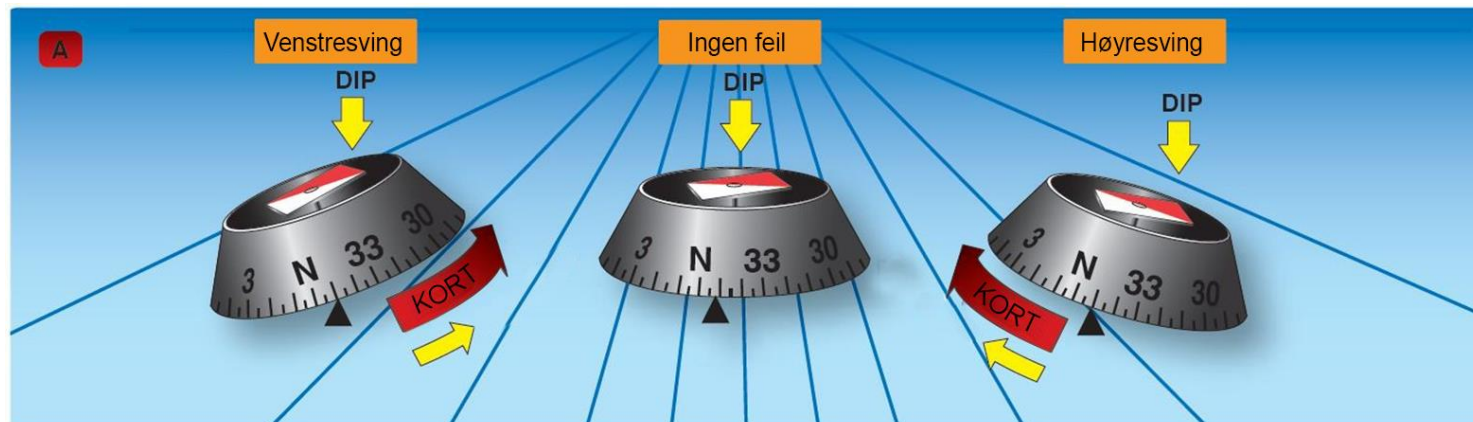


Magnetisme 3/3



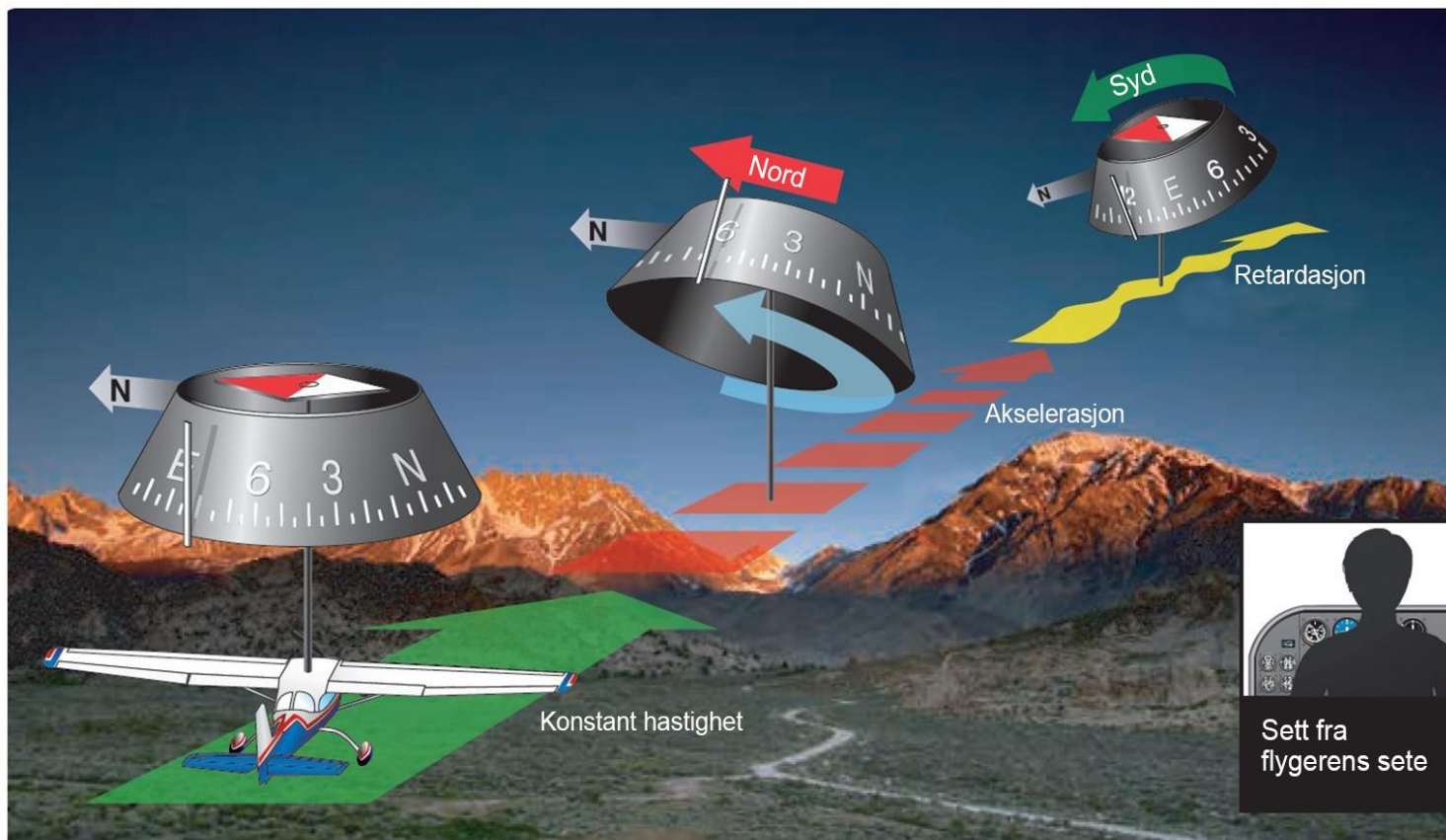
Kompass (også navigasjonsinstrument)





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

Radionavigasjonsinstrumenter

- I tillegg til
 - retningsgyro og
 - Kompass
- Kan vi ha følgende (radio)navigasjonsinstrumenter om bord
 - ADF
 - VOR
 - DME
 - ILS
 - GPS
- Disse vil bli behandlet i faget navigasjon



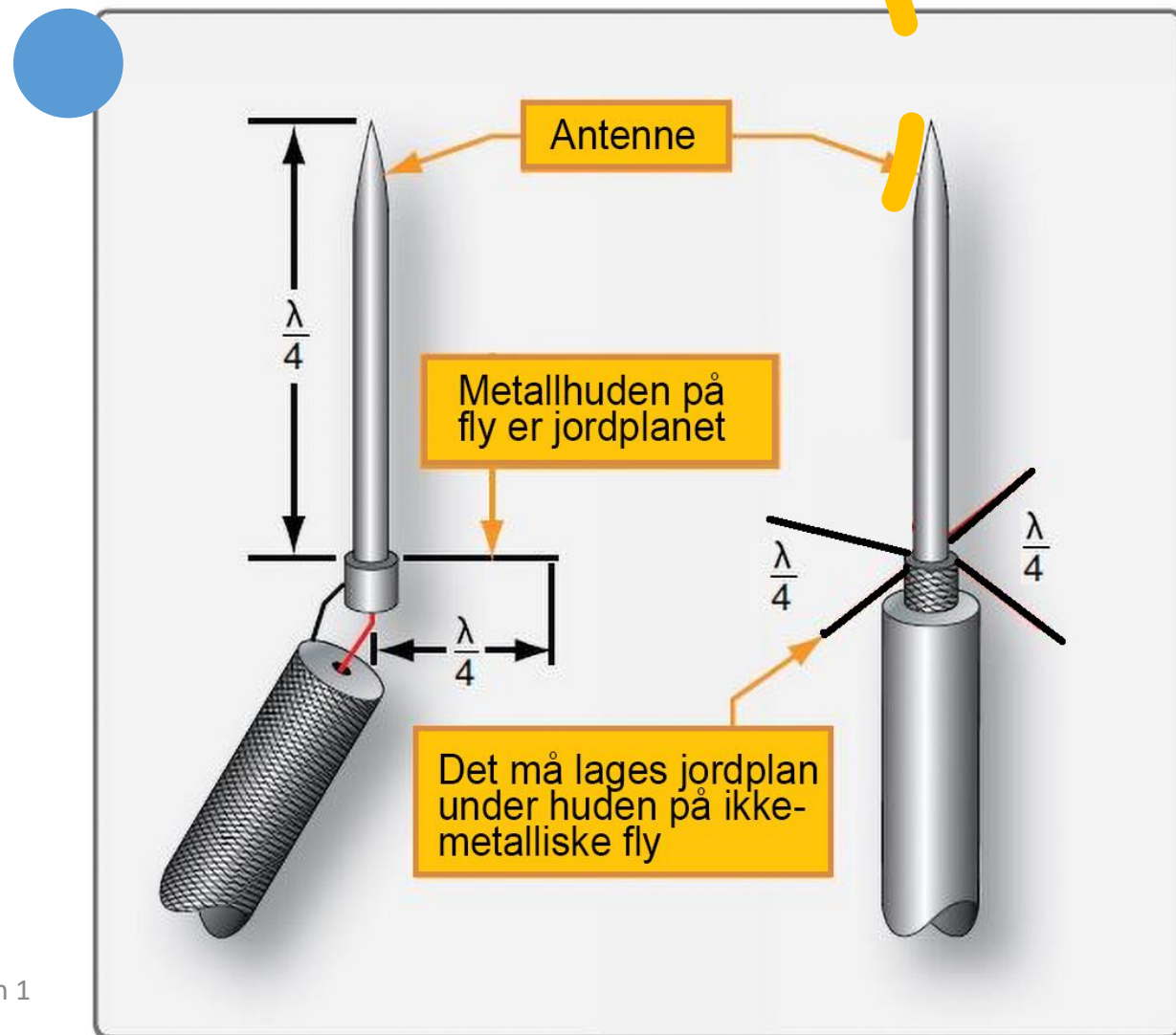
Kommunikasjonssystemer



NORGES LUFTSPORTFORBUND

Flyradio («tranceiver»)

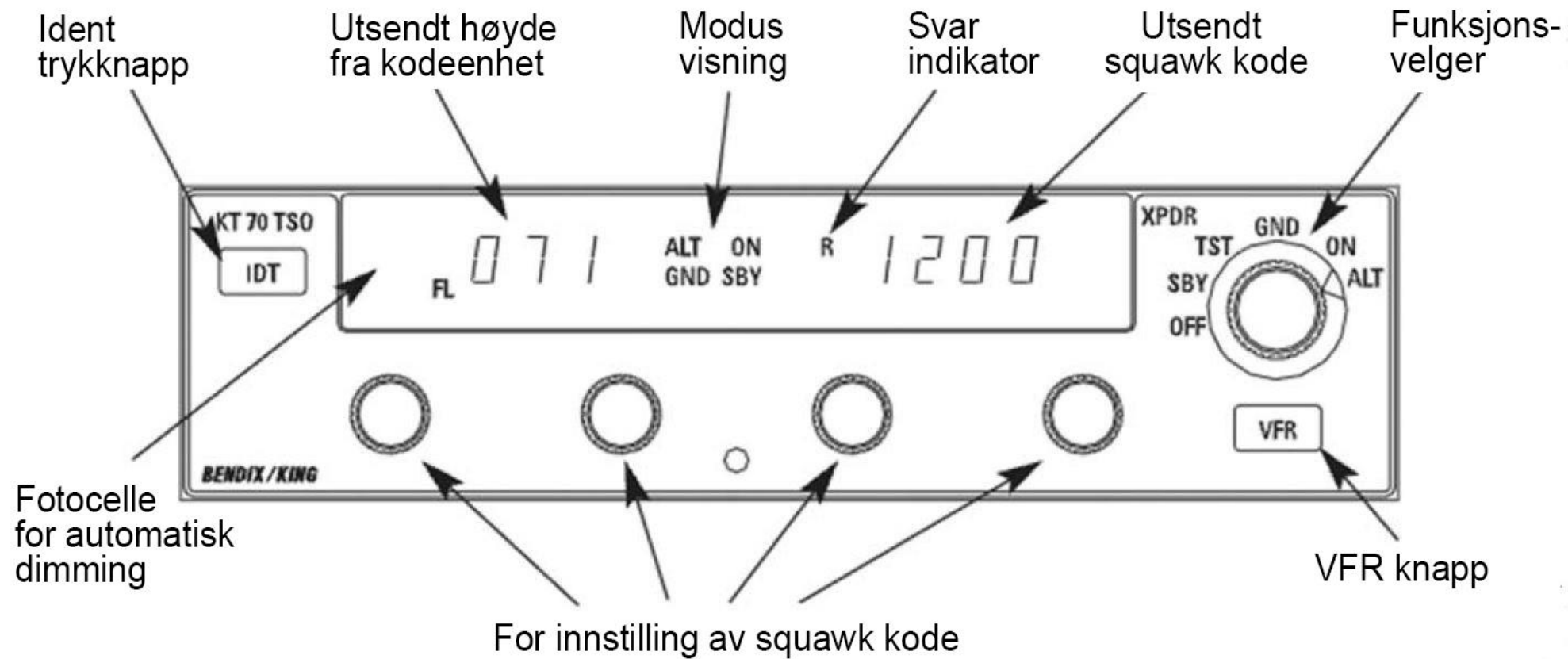
- Sender («transmitter»)
- Mottaker («receiver»)
- Mikrofon (håndholdt eller hodetelefoner)
- Overfører tale i begge retninger – men ikke samtidig
- Knyttet til antenne – normalt Markoniantenne – for radiokommunikasjon VHF



Bruk av flyradio



Transponder





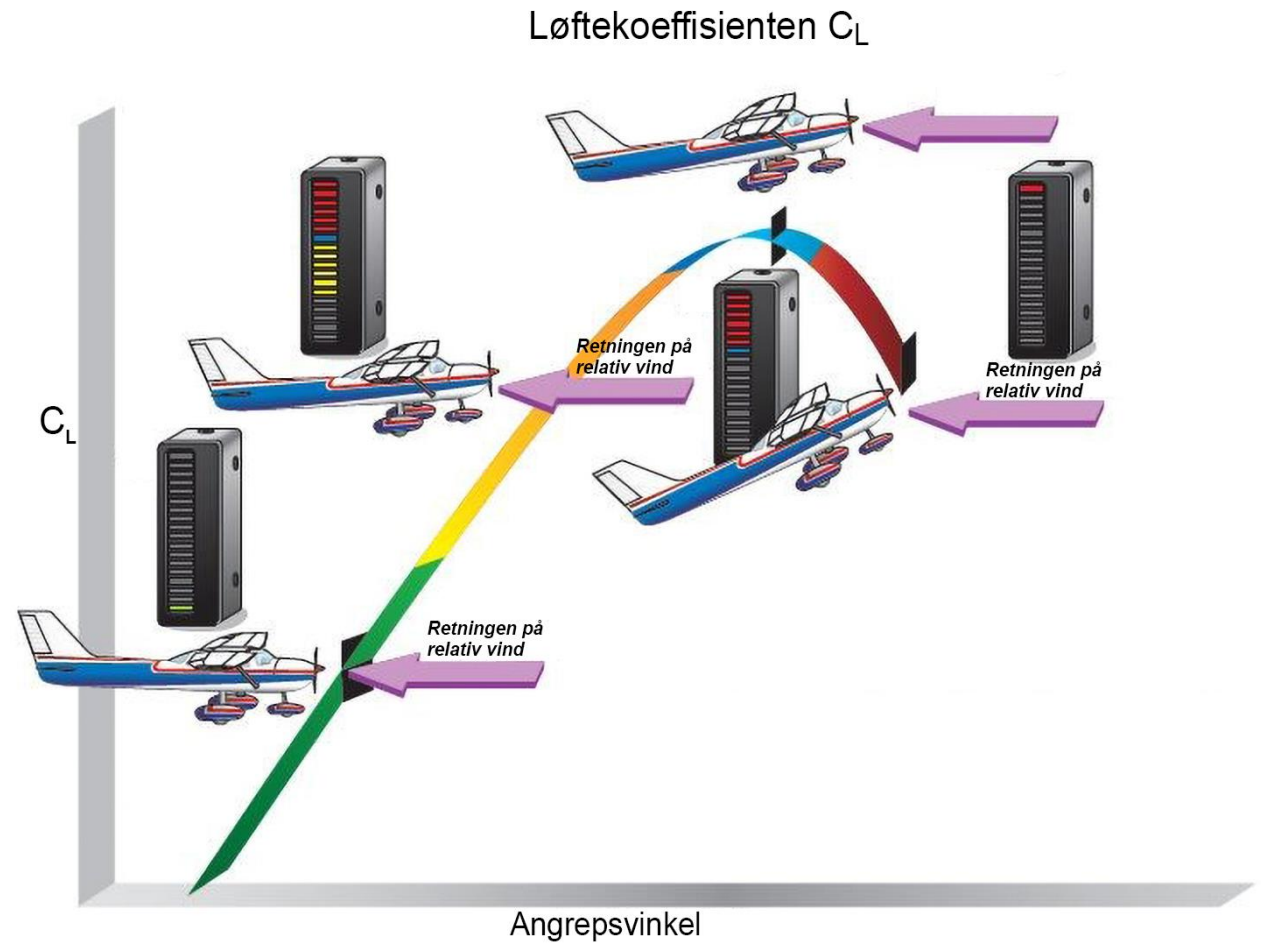
Varselsystemer



NORGES LUFTSPORTFORBUND

Følgende systemer varsler med lyd og/eller lys

- Steilevarselsystem
- Angrepsvinkelindikator
- Understell



Varselpanel («annunciator panel»)



By YSSYguy - w:File:C441annunccloseup.JPG, CC BY-SA 3.0,

04.02.2020

Version 1



Integrerte og elektroniske systemer



NORGES LUFTSPORTFORBUND



- EFIS – Electronic flight information systems
- EFD – Electronic flight display
- MFD – Multi-function display

EFIS – EFD og MFD

Grunnleggende EFIS

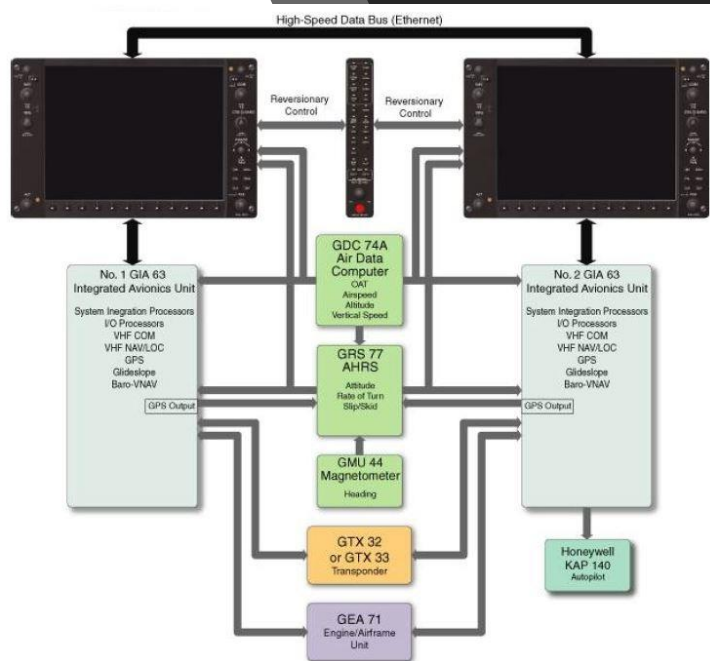


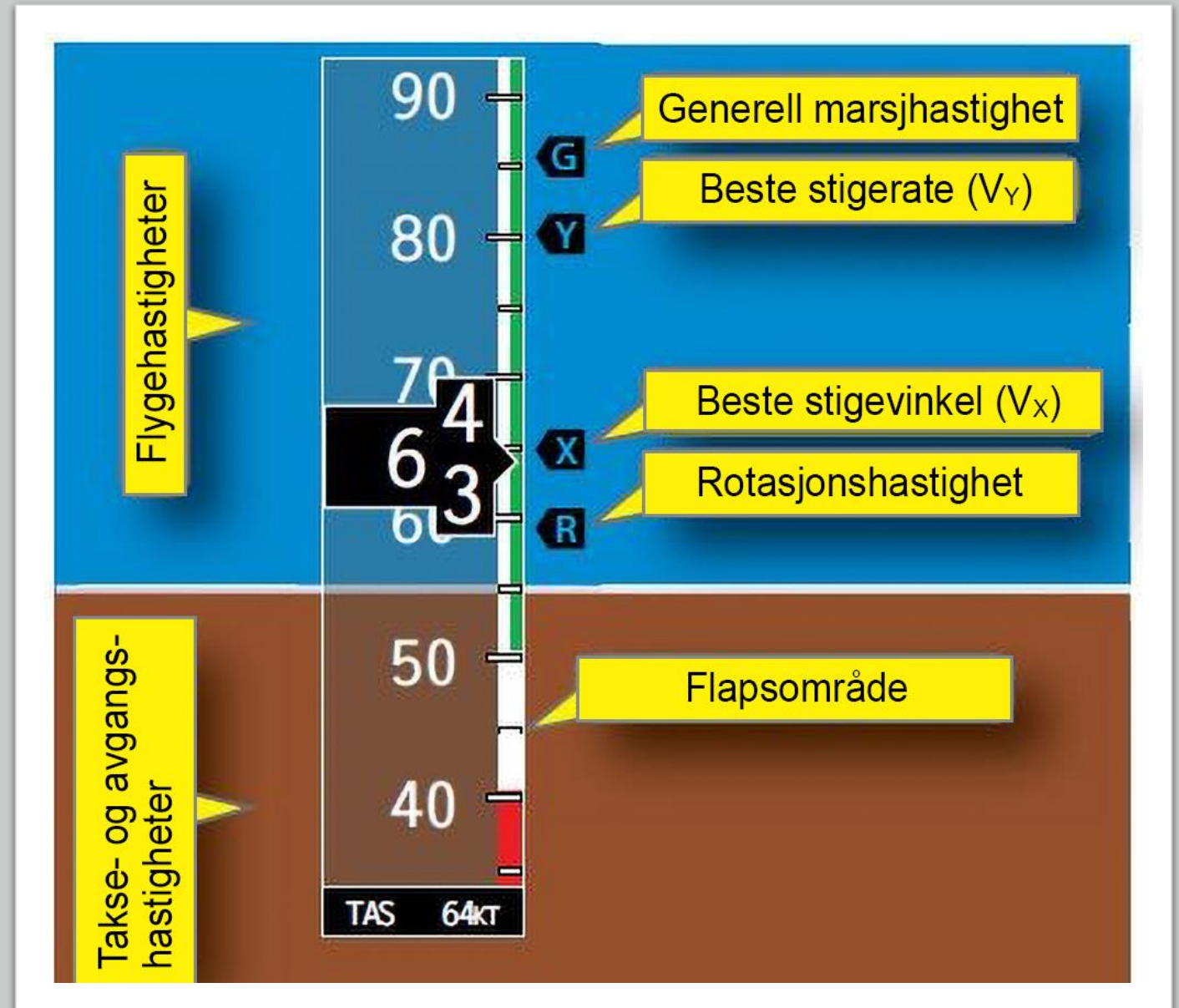
Figure 2-4. G1000/KAP 140 Block Diagram (no WAAS)

- Består av skjerm(er), kontrollpanel, kontrollere og dataprosessorer
- Skjermen(e) viser det som genereres i systemet ved hjelp av inngangsdata fra flygeren
 - via kontrollpanel
 - fra sensorer, eller
 - fra forhåndsvalgte data
- Kontrollenheten kontrollerer dataprosessorene, inngangsdata og sensorer. Dataprosessorene prosesserer data og skjermene viser beregninger og utregninger ved hjelp av grafikkgeneratorer og skjermdrivere.
- Systemet testerkontinuerlig egen funksjon:
 - «Input validation» – at hver sensor gir gyldig data
 - «Data comparison» – at det kryss-sjekker data fra forskjellige sensorer
 - «Display monitoring» – at det ser etter feil i skjermvisningen for å finne feil i systemet

Enkel primær- og multifunksjonsskjerm



Fartsmålerdata



Eksempel på visning av navigasjonsdata



04.02.2020



Version 1

Utløpsdato for database



Sjekk utløpsdato for navigasjons-
databasen når RNAV tas i bruk





Slutt fag 8



NORGES LUFTSPORTFORBUND