

# Pitot staattisen järjestelmän kalibrointi

Normi HTO-002/17  
pvm 5.2.2017

Ensijulkaisu

Lähteet:

- FAA AC 23-8C
- SRDS Report No RD-66-3
- AFFTC Standard Airspeed calibration procedure, FFTC-TIH-81-5
- NACA report 1303
- NACA TN 2331
- NACA TN 2530
- NACA TN 3641

MuutosHistoria:

HTO-002/17, 5.2.2017, ensijulkaisu

## Käyttölisenssi

Tämä ohje on julkaistu [Creative Commons lisenssillä \(CC BY-NC-ND 4.0\)](#). Saat käyttää niitä vapaasti omassa käytössä alkuperäisenä. Voit myös jakaa sitä (samalla lisenssillä), kunhan säilytät teoksen alkuperäisenä ja nimeät lähteen.



[ok HTH](#)

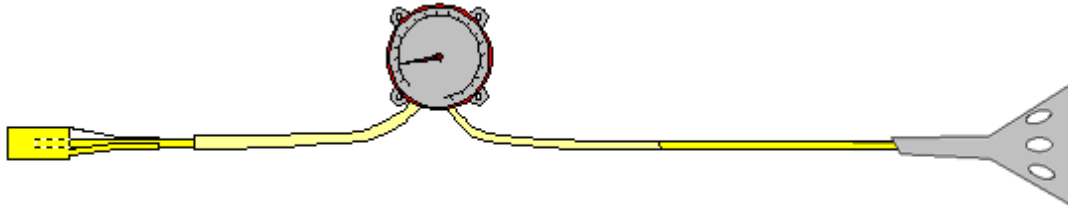
## Yleistä

Menetelmä on vastaava, kuin ICAOn vakioima nopeusmittarin kalibrointi menetelmä, jossa staattisen paineen mittaukseen käytetään laahuskartiota. Järjestelmään kuuluu suojattu kokonaispaineen anturi, laahustyyppinen staattisen paineen lähde ja kalibroitu nopeusmittari. Järjestelmän asentamiseen menee noin 10-20 minuuttia ja mittauksen voi tehdä yksi henkilö.

Menetelmällä tulokset ovat hyvin toistettavissa, vaikka mittauksen tekisi eri henkilö eri paikassa. Samoin tilastollisesti merkittävien tulosten saavuttaminen käy lyhyessä ajassa. Ja tällä tavalla sakkausnopeuden mittaus on oleellisesti helpompi tehdä kuin muilla menetelmillä. Sakatessa kun lentorata muuttuu nopeasti, eikä ole vakaa.

## Nopeuden mittausjärjestelmä

Järjestelmä on erillinen nopeuden mittausjärjestelmä. Se on periaatteeltaan samanlainen kuin lähes kaikkien lentokoneiden oma järjestelmä.

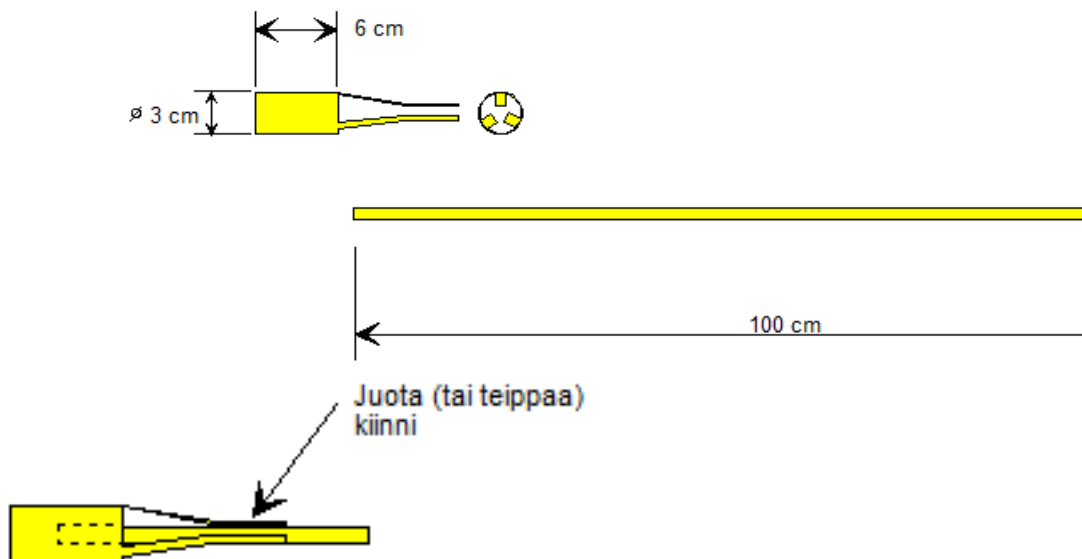


Osat ovat: Kokonaispaineen anturi, staattisen paineen anturi ja nopeusmittari. Ero lentokoneen omaan järjestelmään on siinä, ettei tässä järjestelmässä ole paikkavirhettä. Koska se on erillinen järjestelmä, sitä voidaan pitää referenssijärjestelmänä ja se voidaan siirtää koneesta toiseen.

## Kokonaispaineen anturi

Kokonaispaineen anturi on suojattu putki, joka sallii suuren kohtauskulma-alueen, jolla sen virhe on pieni. Tuulitunnelimittauksissa tämäntyyppisen anturin virhe on alle  $\pm 0,5\%$  kohtauskulma-alueella  $\pm 40^\circ$ . Anturi koostuu runkoputkesta ja suojuksesta. Suojaputken materiaali löytyy LVI liikkeestä, sen halkaisija on noin 3 cm ja sen seinämäpaksuus hyvin ohut (lavuaariputki). Putken toinen pää sahataan kolmeen segmenttiin, jotka juotetaan runkoputkeen. Suojus asetetaan siten, että runkoputken pää on keskellä suojuksen yhtenäistä osaa. Suojuksen liuskat jotka pitävät sen paikallaan eivät saa liiaksi estää ilmavirtausta suojuksen läpi. Edestä katsoen vähintään 70% runkoputken ja suojuksen välisestä alueesta on oltava vapaa. Liian leveät liuskat estävät ilman läpivirtausta ja pienentävät käyttökelpoista kohtauskulma-alueita.

Jos taidot riittävät, suojus voidaan toki liittää runkoputkeen virtauksen suuntaisilla laipoilla.

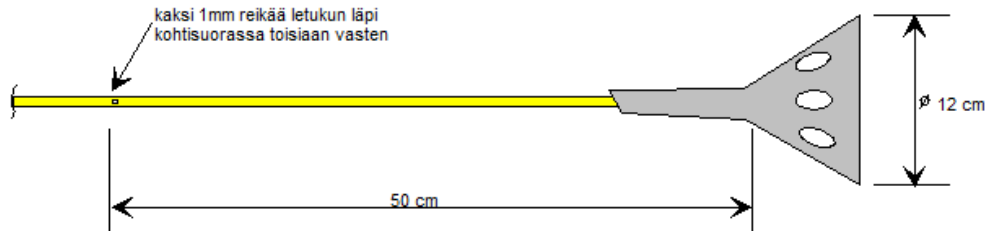


Putki asetetaan lentokoneessa potkurivirran ulkopuolelle ja rajakerroksen ulkopuolelle. Putken etupuoolella ei siis saa olla mitään lentokoneen osaa. Putki asetetaan ilmavirran suuntaiseksi. Suuntauksen tarkistamiseksi, noin 10 cm suojan taakse, voidaan teipata villalanka. Villalanka ei vaikuta mittaukseen millään lailla.

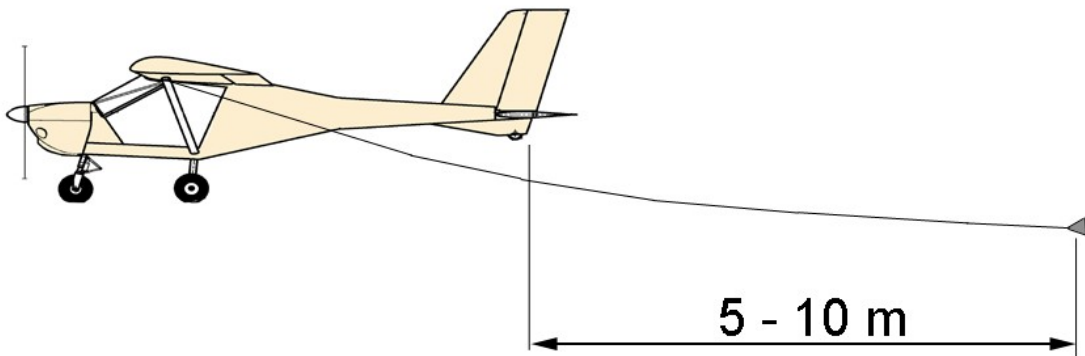
## Staattisen paineen anturi

Laahus on tehty 6 mm muoviletkusta (mittariletku), jonka pituus on vähintään 10 metriä. Letkun takapäässä on kartio (halkaisija 13-18 cm). Muovinen kotitalouksissa käytetty suppilo sopii erinomaisesti. Kartioon on tehtävä reikiä, muuten laahus ei lennä vakaasti. Jos laahus kuitenkin alkaa heilua puolelta toiselle, reikien määrä on liian vähäinen (tai kartio liian pieni). Kuudesta kymmeneen halkaisijaltaan 1-2 cm reikää on havaittu sopivaksi määräksi.

Kartion juuresta 50 cm päähän porataan kaksi 1 mm reikää kohtisuoraan letkun läpi. Letkun pinnassa on siis yhteensä neljä reikää. Nämä reiät ovat staattisen paineen ottokohdat ja koko järjestelmän tärkein kohta.



Letkun pää (kartion sisällä) on suljettava tiiviiksi. Vuoto tässä aiheuttaa liian suuren näytön mittariin. Sulata pää umpeen ja tee siihen solmu, jolloin kartio pysyy paikallaan.

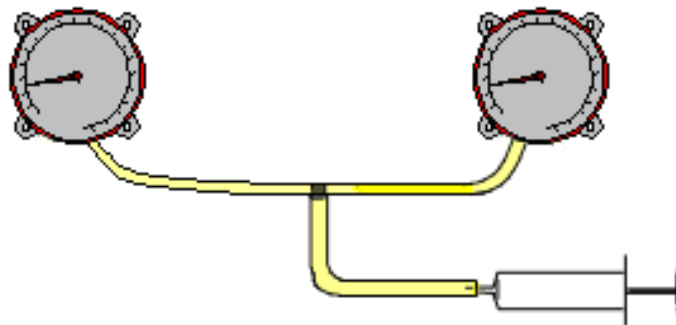


Letku ripustetaan koneen taakse, kartio noin 5-10 metrin päähän. Pituus tai paikka eivät ole kriittisiä, jo yhden jänteen mitta siiven takana tai rungon mitta rungon takana pitäisi olla riittävä. Laahus saa olla koneessa kiinni startin ja laskun ajan. Se kuluu, mutta varsin hitaasti. Ainut huono paikka laahukselle on ripustaa se siivenkärkeen. Kärkipyörre aiheuttaa letkun voimakkaan pyörimisen ja sitä kautta epävakaa näytön mittariin. Asennettaessa on tarkastettava ettei letku sotkeennu potkuriin (työntömoottorikoneet) tai kannukseen ja peräsimiin. Laahuksen vastus on varsin pieni (noin 1 kp 70 km/h nopeudella) joten varsin kevyellä laahuksella asennetulla ohjaimella sen saa tarvittaessa ohittamaan pyrstön tai työntöpotkurin.

Paikan kelvollisuus selviää ensimmäisellä lennolla. Jos laahus seuraa vakaasti, paikka hyvä. Jos se heiluu, paikka huono.

## Vertailu mittari

Mittausjärjestelmän ydin on vertailu nopeusmittari. Sen sisäinen virhe olisi hyvä tietää. Voit vertailla mittareiden sisäisten virheiden eroa kytkemällä kaksi mittaria toisiinsa letkulla ja järjestämällä yhdysputkeen painetta. Tämä käy helposti ja turvallisesti pienellä injektioruiskulla. Mittarinäytöt on oltava samat, jos sisäiset virheet ovat samoja.



Lentokonekorjaamoilla on useimmilla kalibrointilaitte, koska pitot staattisen järjestelmän kalibrointi (siis myös nopeusmittarin) kuuluu usean lentokoneen huolto-ohjelmaan. Sillä saat mitatettua vertailumittarisi todellisuuden. Samoin jos sinulla on käytössä hyvä painemittari, niin kuvan järjestelyllä voit mitata vastaako nopeusnäyttö painetta.

Patopaineen kaava on  $= 0,5 * \text{ilman tiheys} * \text{nopeuden neliö}$ .

100 km/h nopeus (joka on 27,777 m/s) vastaa painetta

$$= 0,5 * 1,225 * 27,777^2 = 472,6 \text{ Pa}$$

Sen verran suurempi paine patopaine aukossa pitäisi liikuttaa viisaria 100 km/h kohdalle.

Mittarin kalibrointilaitteen voi myös rakentaa itse, katso HTO-003.

## Nopeusmittarin kalibrointi

Kalibrointi tapahtuu siten, että lennät eri nopeuksilla. Koko lentoalue noin sakkausnopeudesta  $V_{NE}$ :hen.

Kirjaat ylös vertailumittarin näytön ja vastaavalla hetkellä koneen oman nopeusmittarin näyttämän.

Tee tämä noin 10 – 20 km/h välein. Kirjaa ensin vaikka nousevalla nopeudella ja sitten laskevalla nopeudella koko lentonopeusalue. Jos mittareiden yksiköt ovat eri, älä välitä, kirjaa mittarinäytöt sellaisenaan. Muunnoksen ehtii tehdä maassa.

Jos koneessa on laippoja, tee sama laipat ulkona.

Se onko kone vaakalennossa ei ole oleellista tulokselle. Mutta kirjaamisen helpottamiseksi jos nopeus on vakio kirjaamisen hetken aikana, tulos on parempi. Vertailumittari toimii tarkasti myös nopeuden muuttuessa, jos sitä haluat tarkkailla.

Jo lennolla voit havaita tarviiko lisää mittapisteitä. Jos muutamalla otolla (nouseva ja laskeva nopeus) vertailumittarin ja koneen mittarit käyttäytyvät samoin, tulokset on riittävät.

## Jälkikäsitely

Siinä se. Piirrä vertailumittarin näyttämä (CAS) ja koneen mittarin näyttämä (IAS) samaan kaavioon. Se on suoraan mittarivirhe kaavio. Voit tasoitella tulosta monella tavoin.

## Sakkausnopeus

Vertailumittarilla on helppo mitata todellinen sakkausnopeus. Tee normaali sakkaus, vertailumittarin pienin näyttö on sakkausnopeus. Samalla huomaat että kun kohtauskulma suurenee sakkauskulmaa suuremmaksi, niin ilmanopeus kasvaa. Koneen oman mittarin paikkavirhe kasvaa normaalisti tässä kohtaa voimakkaasti suuremmaksi, joten se voi näyttää huiman pieniä (virheellisiä) arvoja.

Tämän takia vertailumittarilla sakkausnopeus on tarkasti mitattavissa. Lentotilan ei tarvitse olla vakaa, eikä korkeuden vakio tms. Ainoa mikä vaikuttaa sakkausnopeuteen on koneen massa ja painopisteasema (ja laskusiivekkeet yms).

---