

Moottori lentokoneen punnitus

Ohje
pvm

HTO-007M/25
17.12.2025

Lähteet:

- AIR M1-5, 20.12.2016
- FAA-H-8083-1, 2016
- Safety Sense leaflet 9, CAA January 2013
- Weight and Balance, GAP, Civil aviation authority of New Zealand, November 2014
- Airframe&Powerplant Mechanics General handbook, AC65-9A chg 1 3/31/99
- Airframe & Powerplant Mechanics Airframe handbook, AC65-15A, 01-01-1976
- Aircraft Maintenance Technician Handbook, FAA-H-8083-30

MuutosHistoria:

HTO-007M/18, 15.11.2018, ensijulkaisu
HTO-007M/20, 14.4.2020 numerovirhe esimerkissä korjattu
HTO-007M/21, mittaväline asiaa täydennetty
HTO-007M/21A, pientä tarkennusta
HTO-007M/25, 17.12.2025 vaakojen tarkkuudesta, tietojen etsintä

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](#)

Taustaa

Punnituksen perussyy on turvallisuuden takaaminen. Oikea tyhjämassa ja painopisteen paikka on perusta sille että päällikkö pystyy suorittamaan lentoa edeltävän kuormauslaskennan oikein.

Kaikkien lentolaitteiden paino muuttuu ikääntyessä. Huollot, korjaukset, muutokset ja asiakirjat muuttavat konetta ja koneeseen voi kerääntyä likaa yms. Näiden jatkuva seuraaminen (mitä määräys edellyttäisi) on työlästä.

Punnitustarve on määritelty koneen huolto-ohjelmassa. Mutta sen lisäksi huoltajan on suhtauduttava näihin kriittisesti ja jos on syytä epäillä että massa tai painopiste on muuttunut, kone on punnittava huolto-ohjelman jaksosta riippumatta. Punnitus on myös erinomainen tarkastuskeino koneen muuttumisen (ja piilomuutosten) seuraamisessa. Jos massa tai painopiste on muuttunut punnituksessa, etkä pysty selittämään sitä, on syytä suorittaa koneen tarkempi tutkiminen sen selvittämiseen miksi näin on tapahtunut. Selvitys voi tuoda esiin asioita, jotka muuten jäisivät huomaamatta.

Tämä ohje on yksi kolmesta punnitusohjeesta. Muut kaksi ovat ultrakeveille lentokoneille (UL) ja purjekoneille (G). Tämä M ohje ei puutu pelkästään noiden kahden muun koneluokan asioihin. Yhteiset asiat ovat tässäkin.

Punnituspaikka

Punnitustilassa ei saa tuulla, jo pienikin tuuli vaikuttaa. Jo 1 m/s tuulenhenkäys nostaa konetta puolen kilon voimalla, mutta sen vaikutus painopisteeseen on suurempi. Käytännössä punnitus pitää tehdä aina sisätiloissa.

Paikka pitää olla tasainen, jotta vaa'at toimisivat oikein. Tarvitset lisäksi täytepaloja vaakojen alle/päälle, jotta saat koneen oikeaan asentoon. Varustaudu siis sopivilla levyn, laudan palasilla. Kannuskoneen ollessa kysessä kannuksen nostaminen riittävän kokealle edellyttää jakkaran korkuista pallia.

Pinnoitettu alusta helpottaa punnitusta, koska voit tehdä merkintöjä lattiaan (teipillä). Maapohjainen paikka asettaa lisähaasteita.

Ja muista kiilapalat pyörien eteen/taakse, koneen ei ole terveellistä liikkua punnituksen aikana, eikä ainakaan tipahtaa vaaoilta!

Tutustu lentokoneen tietoihin

Ennenkuin aloitat mitään punnitusta, tutustu punnittavan lentokoneen tietoihin. Tietolähteet ovat koneen lentokäsikirja, huoltokäsikirja, tyyppitodistuksen tietolomake ja myöskin edelliset punnitukset.

Tyyppihyväksytyillä lentokonekoneilla löytyy jostain Type Certificate Data Sheet niminen dokumentti, joka on koneen virallinen tietolähde. Jos koneesi perustuu johonkin tällaiseen, painopisterajat ovat tuskin muuttuneet näistä.

TCDS on viranomaisen julkaisema ja ylläpitämä.

Eurooppalaisilla lentokoneilla EASA ylläpitää näitä. Google hakusanat "EASA" ja "TCDS" tuottaa osoitteen.

<https://www.easa.europa.eu/document-library/type-certificates>

Vanhemmilla koneilla kyse voi olla myös Specific Airworthiness Specifications (SASs) nimisestä hyväksynnästä, joten etsi EASA SAS termillä. Osoite on

<https://www.easa.europa.eu/document-library/specific-airworthiness-specifications>

Jos koneesi perustuu amerikkalaiseen lentokoneeseen myös FAA TCDS

https://rgl.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgMakeModel.nsf/Frameset?OpenPage

Mutta muussa tapauksessa koneen ohjekirjat/piirustukset tms on ainoa lähde.

Jos ei täppää, kysy neuvoa. Etsitään yhdessä.

Punnitus menettely on käsitelty joko lento-ohjekirjassa tai huoltokäsikirjoissa. Kaiva siis se esiin. Valitettavasti joissain huoltotiedoissa olevat ohjeet eivät ole virheettömiä!

Etsi näistä virallinen:

- perustaso, vaakitusmenetelmä
- sallittu painopistealue, sallitut kokonaispainot.
- käyttämättä jäävä polttoainemäärä.
- kuormausohjetta varten, selvitä ohjaajan paikka, matkatavaran paikka, polttoaineen paikka.
- Punnituspisteet, eivät aina ole laskutelineen pyöriä. Jos muu kuin pyörä, siihen tarvitaan mahdollisesti pukkeja yms apuvälineitä.

Edellisestä punnituksesta saat odotettavat painot eri punnituskohtiin. Tästä on apua välineitä valitessa.

Kirjaa tiedot punnitustodistukseen, samoin konetiedot, paikka, kuka tekee ja tärkeänä tietona myös mitä vaakoja on käytetty.

Perustason suhteen varoituksen sana. Joissain koneissa valmistajan ohjekirjassa on käytetty perustasona potkurilaipain etupintaa! Se on lievästi sanottuna huono juttu. Koska silloin perustason paikka riippuu moottorin kumityynyjen iästä ja kiinnityksen pulttien kiristysmomentista. Eli perustaso on liikkuva! Ja punnituksessa sen esiinsaaminen edellyttää purkamista, kun usein spinneri estää sen näkemisen. Jos tällainen tulee eteen, määrittele uusi perustaso, joka on sellaisessa paikassa, joka ei liiku, ja jonka pystyy myös punnituksessa löytämään. Tähän onneksi käsikirjoissa on tarvittavat tiedot.

Esimerkkinä Foxbat. Perustaso on alunperin määritelty olevan potkurin laipan etupinta. Jos sitä käytät, niin kaksi peräkkäistä punnistusta eivät ole vertailukelpoisia! Mutta onneksi ohjekirjasta löytyy tieto että siiven tyvikaaren etureuna on 1,315 m potkurilaipasta. Joten voit kirjata että olet käyttänyt perustasona tasoa, joka on 1,315 m siiven tyvikaaresta eteenpäin. Tällöin peräkkäiset punnitukset ovat vertailukelpoisia, eikä sinun tarvitse purkaa potkuriasennusta punnista varten. Ja lento-ohjekirjan mitat (ohjaaja, polttoaine jne) ovat päteviä.

Kaikissa hyväksytyissä lentokoneissa on tietty määrä polttoainetta joka jää käyttämättä. Koska polttoainetta ei saa imeä tankin pohjasta! Kaikissa maailman lentokelpoisuusvaatimuksissa on tämä vaatimus. Jos suomalaisessa tyyppitodistuksessa ja/tai hyväksytyssä lento-ohjekirjassa tämä tieto on jäänyt pois, se ei tarkoita että käyttämättä jäävää polttoainetta ei olisi. Se löytyy kyllä valmistusmaan tyyppitodistuksesta (esim Saksan Kennblatista).

Kellukekoneilla punnitus vaatii suunnittelua. Niissä kun ei ole selkeitä kohtia punnitukseen. Punnituskohta pitää olla sellainen, josta saadaan tarkka pituuspaikka mitattua. Joten esim FullLotus kellukkeilla kellukkeen alta ei voi punnita. Ja punnitus ei saa rikkoa konetta, kellukekoneen rikin välituki ei yleensä ole suunniteltu kestämään koneen painoa siten kuin se punnituksessa syntyy. Järki käteen!

Valmistele lentokone punnitusta varten

Tässä katso koneen ohjekirjan ohjeet.

Yleensä kaikkia koskevia asioita on.

- Kone pitäisi olla tyhjä, siis siivoa kone
- mutta pakolliset varusteet mukana, näitä ovat asiakirjat
- nestemäärät ohjeen mukaiset, öljytankki/sumppu täynnä, hydraulineesteet/jäähdytysneste täynnä, polttoaine tankit **tyhjänä**.
- Kaikki irrotettavat painolastit on irrotettava (jollat tee nimenomaan punnitusta niiden kanssa, muista merkinnät pöytäkirjaan).
- Liikkuville osille normaalisti punnitusasento on lennonaikainen asento, eli laskuteline ylhäällä, laskusiivekkeet ylhäällä, ovet/kuomu kiinni, sisäänvedettävä moottori sisällä jne. Katso käsikirjasta.
- Puhdista koneen ulkopinnat.

Pakollisiin varusteisiin kuuluvat asiat löytyvät koneen varusteluettelosta. Sellainen on hyvä olla, jos sitä ei ole, tee se tässä yhteydessä. Koneessa vaadittava PLB on oltava mukana koneessa.

Polttoaineen käyttämättä jäävä määrä kuuluu tyhjämassaan. Mutta punnitus pitää tehdä tyhjin tankein. Eli tankit tyhjennetään tyhjennysventtiilistä!

Punnitus tehdään sisätiloissa, mutta jos kone on märkä tai luminen (tuotu sisään juuri ennen punnitusta), kone on kuivattava ja puhdistettava ulkopuolelta. Talvella on myös viisasta tuoda kone sisälle lämpiämään muutama tunti etukäteen. Kylmä pinta kerää ilmasta kosteutta joka ottaa aikansa kuivuakseen. Ja jos konees rakenteen sisäpuolella on vettä/lunta/jäät, sen sulaminen ottaa pitkän ajan.

Asiakirjat on oltava mukana punnituksessa. Myös lentoohjekirja!

Ohjaajan henkilökohtaisia varusteita ei oteta mukaan punnitukseen. Näitä on mm pelastusliivit/laskuvarjo. Headsetit ovat usein henkilön omia, mutta koneessa on aina oltava OPS M2-11 (eli varusteiden osalta EASA NCO) edellyttämät varusteet, joihin headsetit voivat kuulua (jos koneessa ei esim ole kovaäänistä ja erillistä mikrofonia). Kirjaa varusteluetteloon mikä headsetit on mukana punnituksessa.

Ja kirjaa yleensäkin, missä varusteissa kone on.

Aseta koneen liikkuvat osat vaakalentoa vastaaviin asentoihin, ovet/kuomu kiinni, laipat ylös asentoon. Laskuteline pidetään ulkona (jollei lentokoneen käsikirja muuta sano). Pyörivä kannus lentoasentoon.

Valmistele punnitusvälineet

Tarkista että punnitusvälineet ovat kunnossa, akut ladattu, patterit uudet. Kalibrointi kunnossa. Kalibrointi on vain virheen toteaminen, tarkkuutuksessa virhe myös korjataan.

Tarkista että punnitusvälineiden mitta-alue on riittävä. Päätelineen odotettavissa oleva massa selviää aiemmista punnitustuloksista tai koneen käsikirjoista.

Juuri ennen punnitusta suorita vielä vaakojen lopputarkastus, vaakojen pitää samalla kuormalla näyttää samaa lukemaa. Punnitse siis oma painosi jokaisella vaa'alla erikseen. Sen pitäisi olla sama lukema kaikilla. Jos ei ole, katso kalibrointitiedoista vastaako ero niiden tietoa. Eroa voi johtua pattereiden jännitteestä, roskista/liasta vaaka levyissä tms. Puhdista vaa'at ja tarkista patterit, suorita tarkistus uudelleen. Jos edelleen eroa, arvioi tilanne.

Tarvitset aina jonkinlaiset vaakitusvälineen, vatupassin tai vastaavan. Luotilanka on joissain koneissa hyvä apuväline. Linjalaser/Ristilaser on myös kätevä. Lisäksi riittävän pitkä metrimitta on välttämätön.

Jos tilanne on onneton ja joudut tekemään punnituksen vain yhdellä vaa'alla, valmistele riittävä määrä täytettä, joilla nostat ei vaa'an alla oleviin kohtiin täsmälleen vaa'an korkuisen täytteen.

Tarvitset myös etäisyysmittausvälineen. Sen tarvitsee olla riittävän tarkka, mutta ei pidä liioitella. Kun mitattavat etäisyydet ovat noin välillä 0,1 m – 5 metriä, niin ei tarvita millia pienempiä mittauksia. Mekaanisissa mitoissa (mittanauha), virhe ei muutu juuri muusta syystä kuin mekaanisesti vahingoittumalla. Se on helppo havaita. Sähköisissä mitoissa (kuten lasermitta) virheen syntymistä ei havaitse mistään. Yleensä sähköisissä laitteissa näytön lukutarkkuus (resoluutio) on pienempi kuin laitteelle luvattu tarkkuus. Eli niillä viimeisillä numeroilla ei ole totuusarvoa. Jos kaksi mittalaitetta antaa eri tuloksen, se ns ”hienempi laite” ei välttämättä ole se oikeampi tulos. Arvioi kylmästi kumman virhe on todennäköisempi (yleensä sen sähköisen) ja/tai hanki kolmas vertailukohta.

Määräykset

Moottorilentokoneilla ja liite 1 lentokoneilla määräys on NCO.POL.105. Ilmailumääräys OPS M2-11 (13.12.2022) asettaa liite 1 ilma-aluksille noudatettavaksi EASA NCO asetuksen, tietyin rajauksin.

NCO.POL.105 Punnitseminen

- a) *Lentotoiminnan harjoittajan on varmistettava, että ilma-aluksen massa ja painopiste on määritetty punnitsemalla ne ennen ilma-aluksen käyttöönottoa. Muutosten ja korjausten yhteisvaikutus massaan ja massakeskiöön on otettava huomioon ja merkittävät asiakirjoihin. Näiden tietojen on oltava ilma-aluksen päällikön saatavilla. Ilma-alus on punnittava uudelleen, jos muutosten vaikutusta massaan ja massakeskiöön ei tarkasti tunneta.*

NCO ei anna uusintapunnitukseen jaksoa. OPS M2-11 määrää tästä vain sen että b) kohtaa ei sovelleta. Eli EASA lentokoneen voi punnita vain hyväksytty huolto-organisaatio. Liite 1 lentokoneen myös jonkun asteinen mekaanikko. Liite 1 lentokoneilla määräykset on vähän sekavia.

Lisäksi liite 1 lentokoneilla on olemassa vanhempi ilmailumääräys AIR M1-5 (20.12.2016), jossa käsitellään punnitusta.

AIR M1-5 teksti antaa hyvin yksityiskohtaista ohjetta. Siinä viitataan monesti tyyppihyväksynnän haltijan ohjeisiin! Liite 1 koneille ei näitä aina ole, joten seuraavassa lainauksessa nämä on poistettu.

8.4 Punnitus

8.4.1 Ilma-alus on punnittava:

- a) *suomalaisen lentokelpoisuustodistuksen tai luvan ilmailuun myöntämistä varten, ellei ilma-aluksella ole ilma-aluskohtaista punnitustodistusta, josta luotettavasti selviää ilma-aluksen massa ja massakeskiöasema sekä ilma-aluksen varustus punnittaessa, eikä mainittu punnitus ole viittä vuotta vanhempi;*

Eli ensimmäinen tieto saa olla enintään 5 vuotta vanha. Mutta senjälkeen ei vaadita kiinteää jaksoa.

- b) *sellaisten huoltojen, korjausten, muutostöiden ja versionvaihdon jälkeen, joiden vaikutus massaan ja massakeskiöasema ei ole tarkasti laskettavissa;*
 c) *valmistaja on määritellyt punnitukselle kalenterijakson; ja*
 d) *milloin Liikenteen turvallisuusvirasto tai lentokelpoisuustarkastaja katsoo, että punnitukselle on erityisiä perusteita.*

8.4.2 *Huolto-organisaatio tai huoltomekaanikko laatii punnituspöytäkirjan ja -todistuksen suorittamansa punnituksen tai valmistajan laatiman punnitustodistuksen perusteella. Punnituspöytäkirja ja -todistus ovat 3.4 kohdassa tarkoitettuja huoltotodisteita.*

8.4.3 *Ilma-aluksen punnitukset ja massantarkkailu on tehtävä valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. Punnituksen kalenterijakso lasketaan ilma-aluksen punnituksen tapahtumapäivämäärästä. Punnituksen jälkeen tehdyt varustemuutokset tai punnitustodistukseen ilman erillistä punnitusta tehdyt korjaukset eivät muuta punnitusjaksoa. Jos valmistajan ohjeita ei ole annettu, on noudatettava 8.4.3 – 8.4.14 kohdan vaatimuksia.*

Tässä viitataan punnitusjaksoon. Mutta missään ei sanota että sellainen on oltava.

8.4.4 *Ilma-aluksen on punnittaessa oltava puhdas ja kuiva sekä perusmassavarustuksessa. Perusmassalla tarkoitetaan tässä ilma-aluksen massaa käyttötarkoituksen mukaisessa varustuksessa ja se sisältää tyhjämässään lisäksi mm. seuraavat varusteet:*

- a) *pelastusvälineistöön kuuluvat tulensammuttimet, ensiapuvälineet ja pelastusliivit*
 b) *tilapäiset istuimet, rahdin kiinnitysvälineet, mukana pidettävät ilma-aluksen ankkurointivälineet ja työkalut*
 c) *ilma-aluksen mukana vakituisesti pidettävät asia- ja ohjekirjat.*

Kaikkien varusteiden on oltava sijoitettuna punnituksessa siten kuin ne ovat lennon aikana.

8.4.5 *Jos ilma-aluksessa on punnitushetkellä lisämassoja tai jos varustus on puutteellinen, on tästä tehtävä merkintä punnituspöytäkirjaan ja asia on otettava laskennallisesti huomioon perusmassaa ja massakeskiöasemaa määritettäessä.*

8.4.6 *Ilma-alus on punnittava ilman polttoainetta. Perusmassaan on otettava kuitenkin laskennallisesti mukaan ”ei käytettävissä oleva” -polttoaine. Punnituksessa on oltava mukana öljy ja muut moottorissa tarvittavat nesteet.*

8.4.7 *Punnituksen seurauksena mahdolliset rajoituskilvet ja kuormaustaulukot on tarvittaessa päivitettävä.*

8.4.8 Punnitus on suoritettava tuulelta suojatussa paikassa ja olosuhteissa, joissa ei ilmene kosteuden tiivistymistä.

8.4.9 Punnituksessa ilma-aluksen on oltava vaaitettuna ja jarrujen on oltava vapaana. Punnitus on tehtävä vaa'alla, joka soveltuu mitta-alueensa puolesta kulloinkin kyseessä olevaan mittaukseen. Vaa'an virhe saa olla enintään 0.5 % vaa'an kulloinkin näyttämästä arvosta. Jos vaa'assa on korjaustaulukko, on tästä tuleva lisäys tai vähennys otettava huomioon. Punnituksessa käytetyn vaa'an tiedot (tyyppi, tunnistenumero) on merkittävä punnitustodistukseen.

Tässä mainitaan vaa'an virhe. Mutta mitään mainintaan kalibroinnista ei ole. Viimeinen lause, vaa'an tietojen merkitsemisestä; jos käytät Traficomien julkaisemaa punnituspöytäkirjaa, tälle ei ole paikkaa, joten se näyttää yleensä jäävän pois. Ts paperityöt tulee tehtyä väärin.

8.4.10 Punnituksesta laaditaan punnituspöytäkirja ja -todistus. Lentokoneiden ja purjelentokoneiden punnituksissa pöytäkirja ja todistus laaditaan ilma-aluksen valmistajan lomakkeelle tai Liikenteen turvallisuusviraston lomakkeelle. Muiden ilma-alusten osalta voidaan käyttää punnitsijan laatimaa lomaketta. Punnituspöytäkirja ja -todistus voidaan laatia suomen-, ruotsin- tai englanninkielellä. Käytettävien mittayksiköiden on oltava samat kuin lentokäsikirjassa tai ohjekirjassa olevat mittayksiköt.

CH750 tehtaalla ohjekirjassa (liite) punnitus raportin yksiköt ovat; paino nauvoja (lbs) ja momenttivarret millimetrejä (mm). Ehdottomasti virheherkkä tapa. Joten käytä järjettä, älä lue määräystä pilkuntarkasti!

8.4.11 Punnituspöytäkirja ja -todistus on varmennettava punnituksesta vastaavan henkilön nimikirjoituksella ja lupakirjanumerolla ja ne on liitettävä ilma-aluksen asiakirjoihin.

8.4.12 Jos ilma-aluksen versio (pyörä-, vesi- tai suksivarustus) vaihdetaan, on kullekin versiolle laadittava omat punnitustodistuksensa.

8.4.13 Jos ilma-aluksen varustuksessa suoritetaan muutoksia tai korjauksia, on vastaava muutokset tehtävä punnitustodistukseen. Kun niiden yhteenlaskettu vaikutus ylittää ± 3 kg tai ± 0.5 % ilma-aluksen suurimmasta hyväksytyistä laskeutumismassasta tai yhteinen vaikutus massakeskiöasemaan ylittää ± 0.5 % aerodynaamisesta keskijänteestä, on korjaukset tehtävä perusmassan, massakeskiön ja perusmassamomentin arvoihin. Punnitustodistuksen korjaamisesta vastaa muutos- tai korjaustöistä vastaava organisaatio tai huoltaja.

Tämän noudattamista varten olisi hyvä kirjata punnitustodistukseen myös MAC (aerodynaaminen keskijänne) pituus numeroina. Tuon muutosasian seuraaminen on muuten hankalaa. Tuo kerääntyvien muutosten seuranta edellyttäisi kirjanpitoa, jossa kaikki, myös pienet, asiat olisi koko historian ajalta kirjattu. Melko mahdoton toteuttaa!

Helpompi tapa, joka on myös muutenkin hyvä toimintatapa, on määrittellä punnitukseen jakso, esim 5 vuotta. Jos tuloksissa on eroa edelliseen, joka ei tunnu selitettävissä olevalta, asia pitää tutkia, se voi nimittäin olla vihje jostain oikeasta ongelmasta.

Liite1 lentokoneiden muutoksien vaikutus on tehtävä tarkemmin kuin tyyppihyväksytyillä ilma-aluksilla.

Kalibrointi

Vaakojen pitää antaa riittävän tarkka tulos.

- AMC1 CAT.POL.MAB.100(b) (eli ansiolentotoiminnassa) ja AMC1 NCC.POL.105(b) ja AMC1 SPO.POL.105(b) (toiminta monimutkaisilla ilma-aluksilla) vaa'an tarkkuus pitää olla +/- 1% kun yhden vaa'an asteikko on enintään 2000 kg.
- NCO.POL.105, joka on moottorikoneita koskeva toimintamääräys, ei anna tarkkuusvaatimuksia.
- Kansallisilla Liite1 lentokoneille, AIR M1-5 sisältää tarkkuusvaatimuksen. Joka on 0,5% vaa'an näytöstä. Mutta kalibroinnista AIR M1-5 ei mainitse mitään.

Vaa'an tarkkuutus voidaan toteuttaa kalibrointi laitoksella. Mutta kun vaa'an tarkkuusvaatimus on oikeasti aika vähäinen, siihen voidaan soveltaa omaa kalibrointia käyttäen tunnettu vertailupainoja. Näitä tunnettuja punnuksia on kaupan vaakoja myyvissä kauppoissa (helposti saatavalla M1 tarkkuusluokassa virhe on +/- 0,005% eli esim 20 kg punnuksen virhe saa olla yksi gramma). Kalibroinnin yleisperiaate kun on että voit tarkistaa yhtä kertaluokkaa vähemmän tarkkuuden. Eli tuollaisella tarkistetulla punnuksella vaa'an tarkkuus voidaan kertoa 10 gramman jaolla.

Voit tehdä itselle tarkistuspainon, punnitsemalla painon (vaikka kahvakuulan) tarkalla vaa'alla. Kun tarve on 1% tarkkuus, niin punnitsemalla vertailupaino vaa'alla, jonka tarkkuus on 0,1% saat tuloksen, joka kestää tarkemmankin auditoinnin.

Tarkkuus vaatimus käytännössä

Järkevin tapa arvioida tarvittavaa tarkkuutta on suorittaa herkkyysslaskelmia. Eli tuot eroja painopistelaskelmiin, ja arviot lopputuloksista, onko alkuarvon (vaa'an näytön muutoksilla) muutoksilla vaikutusta lopputulokseen. Lopputulos on kuormatun koneen painopisteen laskemista. Koska sinä lennät vain kuormatulla koneella.

Lentoturvallisuuden kannalta painopisteen paikka on kriittisin arvo. Ja oikea tarkkuuden arviointi tehdään niin monella desimaalilla, kuin ohjaaja suorittaa painopistelaskuja.

Oikeasti yhdessäkään lentokoneessa painopistettä ei ilmoiteta yhtä (1) millimetriä tarkemmin. Joten mittausvirhe, joka ei muuta (pyöristetynä lähimpään millimetriin) lopputulosta ei ainakaan ole ongelma. Mutta tarvittava tarkkuus pitää olla suhteutettava sallittuun painopistealueeseen. Jos pidetään 1% virhettä sallittavana, alle 150 mm sallitulla painopistealueella virhe voisi olla noin 1 mm luokkaa, jos painopistealue on 150 – 250 mm sallittava virhe olisi 2 mm, jne.

Mutta tämä herkkyysanalyysi on tehtävä 0,1 mm erot näyttävällä tarkkuudella, muuten se todellinen virhe voi näyttää liialliselta. Esim; painopiste 0,43449 metriä on täysin millimetreinä 434 mm, mutta painopiste 0,43451 m on 435 mm. Vaikka ero on vain 0,02 mm, eli aivan mitätön. Mutta jos käytät pyöristettyjä arvoja, ero onkin 1 mm.

Liitteenä painopiste laskenta taulukko jolla voit testata mikä on soveltuva mittaustarkkuus, jolla ei ole merkitystä lopputulokseen.

Kevyellä moottorikoneella tarvitset siten päätelineille n 120...200 kg vaa'an ja nokka/kannustelinelälle vähän koneesta riippuen 20-80 kg vaa'an.

Esim Ikarus C42 koneen punnitus. Massakeskiö ohjaajan ja polttoaineen kanssa 0,505 m. Sallittu painopistealue on 210 mm leveä.

0,2 kg ero nokkapyörän punnitustuloksessa siirtää kuormatun koneen painopistettä alle yhden mm (0,6 mm). 0,4 kg ero nokkapyörässä siirtää kuormattua painopistettä 1,2 mm verran. 0,6 kg ero nokkapyörässä siirtää kuormattua painopistettä kahden mm verran.

Tästä voi sanoa, että alle 0,5 kg tarkkuudella ei käytännön merkitystä, se häviää kuormauksen virheisiin kokonaan. 0,8 kg tarkkuus alkaa olla sellainen, jota huonompaa ei mielellään käyttäisi. Jos siis tiedän että vaaka näyttää +/- 0,5 .. 1,0 kg tarkkuudella, tulos on riittävän luotettava.

Punnetuksen aloitus

Punnetuksen aluksi kone pitää saada vaaoilte vaakitusasentoon. Painopisteellä on myös korkeusasema, tämä ei sinällään kiinnosta, mutta sen takia asento vaikuttaa eri tukipisteiden punnitustulokseen. Vaakitus edellyttää yleensä vaakojen korkeuden säätöä. Varustaudu siihen että ensimmäinen yritys ei tuota oikeaa asento, vaan joudut säätämään täyhteitä. Säädä täyhteitä kunnes vaakitus on haluttu.

Harrastekoneilla ei poikittaiselle painopisteelle ole yleensä rajoja, mutta on hyvä tapa kuitenkin vaakittaa kone myös poikittain suoraan asentoon. Tämä huomioitava jos joudut nostamaan päätelineitä ylöspäin.

Ensimmäiseksi pitää määritellä tukipisteiden (pyörien) etäisyys perustasosta. Etäisyys tarkoittaa koneen pituussuuntaista etäisyyttä. Käytä tässä luotilankaa tai ristilaseria sekä suorakanttista lautaa/rimaa/tms.

Esimerkiksi kone jossa perustaso on siiven etureuna jostain kohtaa siipeä. Luotilangassa merkitse tämä kohta molemmin puolin konetta lattiaan (teippi, johon tussilla merkki).

Nyt suoralla laudalla voit mitata tukipisteiden etäisyyden (joka mitataan koneen pituussuuntaan) oikealla leveydellä keskilinjasta perustasosta.

Kuvan esimerkissä perustaso on siiven etureuna siiven niksausien kohdalla (1,7 m keskilinjalta). Kun kone on vaakitettu, merkitse luotilangalla molempien siipien etureunan paikka lattiaan (A). Koska tämä kohta on melkein renkaan kohdalla, näiden väliin ei voi vetää viivaa, vaan mittakohtaa on siirrettävä eteenpäin esim 20 cm (B). Näiden väliin asetetaan suorakylkinen lauta tai muu sellainen (ristilaserin viiva) (C). Tämä viiva on nyt meidän mittaustaso. Mittaat siitä sitten päätelineiden paikat, saattavat olla eri kohdissa joten molemmat erikseen (D). Sekä kannuksen etäisyyden (E). Mitoista D1, D2, E pitää ottaa se siirto (B) pois, jotta saadaan oikeat etäisyydet.

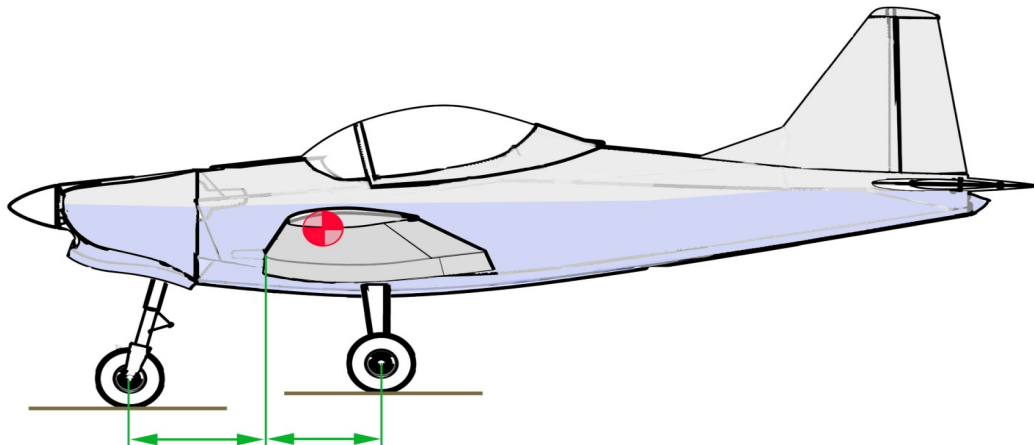
Lopuksi tee arvio mittaustarkkuus silmällä, näytääkö mitatut arvot ollenkaan järkeviltä?

Nokkapyöräkoneen punnitus

Vaakita kone vaaoilte vaakitusasentoon. Tarve voi olla nostaa päätelineitä ylöspäin (kuten kuvassa on). Muista että nosto pitää olla sama molemmin puolin.

Merkitse perustaso lattiaan. Laudan avulla mittaa päätelineen ja nokkapyörän etäisyys perustasosta.

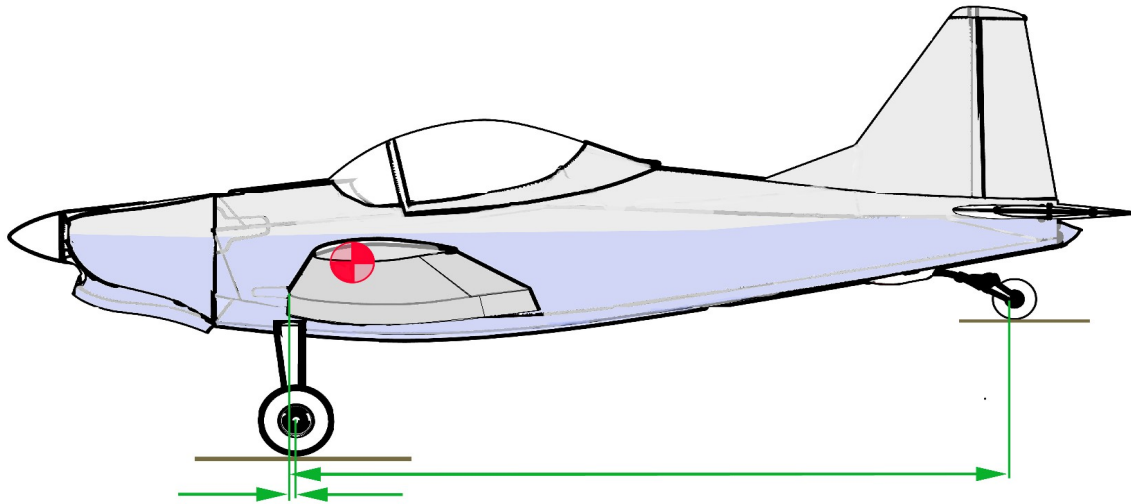
Kirjaa ylös vaakojen lukemat.



Kannuspyöräkoneen punnitus

Vaakita kone vaaonille vaakitusasentoon. Kannusta pitää yleensä nostaa aika korkealle. Tähän voit tarvita korkeaa tuolia/pöytä avuksi.

Merkitse perustaso lattiaan. Laudan avulla mittaa päätelineen ja kannuspyörän etäisyys perustasosta. Kirjaa ylös vaakojen lukemat.



Lopuksi

Kun kaikki mitat ja painot on kirjattu ylös, kone otetaan vaaoilta pois. Tarkista vaakojen näyttämät arvot kun niillä ei ole mitään. Jos ei ole nolla, selvitä syy. Tarkoittaa yleensä että joudut punnitsemaan koneen uudestaan. Se on tässä vaiheessa pieni vaiva.

Jos sinulla ei ole oikeita ohjaajan, matkustajan, polttoaineen, matkatavaran momenttivarsia, ne voidaan mitata nyt. Kone pidetään samassa asennossa kuin tyhjän koneen punnituksessa. Yksi kerrallaan haluttu massa jos esim halutaan ohjaajan paikka, ohjaaja astuu koneeseen (ja istuu ihan paikallaan) ja vaakojen lukemat kirjataan. Kone siis punnitaan ohjaajan kanssa. Tuloksista voidaan sitten laskea missä kohtaa ohjaaja oli. Kun ihminen astuu koneeseen on muuten tärkeää että pyörät on tuettu kiiloilla ettei kone liiku. Ja että vaakojen mitta-alueita ei ylitetä.

Punnitse käyttämiesi nostolevyjen massat per tukipiste. Siis ne jotka on mukana mittauksessa. Nämä arvot ovat tukipisteiden ”taaroja”.

Laskelmat

Suorita laskelmat. Esimerkki on nokkapyörätelinekoneelle. Jossa perustaso on siiven niksauksessa etureunassa. Esimerkissä yksiköt ovat kilogramma (kg) ja metri (m). Yksiköt voivat olla mitä vaan, kunhan kaikissa vaiheissa käytetään samoja yksiköitä.

Käytetään merkintöjä:

Vasen pääteline, massa m_v

Oikea pääteline, massa m_o

Nokkatelineen massa m_n

Koneen tyhjämassa (m) on näiden lukemien summa, eli

$$m = m_v + m_o + m_n$$

Yksittäisten tukipisteiden momentit (M) ovat vastaavasti M_o , M_v , M_n .

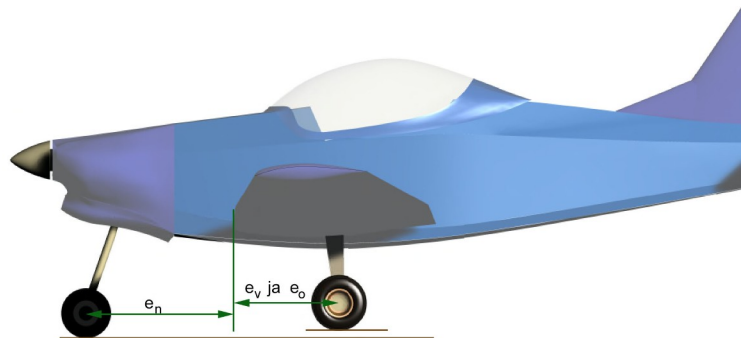
Etäisyydet (e_v , e_o , e_n) ovat positiivisia perustasosta taaksepäin ja negatiivisia perustasosta eteenpäin. Tässä koneessa on siis myös miinusmerkkisiä etäisyyksiä.

Momentti on massa kertaa etäisyys, eli

$$M_v = m_v \times e_v$$

$$M_o = m_o \times e_o$$

$$M_n = m_n \times e_n$$



Kokonaismomentti osa kuten massa, osamomenttien summa.

$$M = M_v + M_o + M_n$$

Nyt meillä on kokonaismassa ja kokonaismomentti.

Kokonaismassa paikka on koneen painopiste, ja se saadaan jakamalla momentti massalla

$$e_{pp} = M / m$$

Laskentataulukko tekee nämä silmänräpäyksessä, mutta vaiheittain taulukon tapahtumat menevät seuraavasti. Tässä perussarakkeet ja rivit joita tarvitset.

tukipiste	Massa tukipisteessä	etäisyys	momentti	painopiste
	[kg]	[m]	[kgm]	[m]
Vasen pääteline				
Oikea pääteline				
nokkapyörä				
yhteensä				

Ensin kirjataan mitatut/luetut arvot taulukkoon.

tukipiste	Massa tukipisteessä	etäisyys	momentti	painopiste
	[kg]	[m]	[kgm]	[m]
Vasen pääteline	108	0,659		
Oikea pääteline	117	0,659		
nokkapyörä	72	-0,949		
yhteensä				

Sitten lasketaan kokonaismassa (eri tukipisteiden osamassa yhteen):

tukipiste	Massa tukipisteessä	etäisyys	momentti	painopiste
	[kg]	[m]	[kgm]	[m]
Vasen pääteline	108	0,659		
Oikea pääteline	117	0,659		
nokkapyörä	72	-0,949		
yhteensä	297			

Sitten lasketaan kunkin osamassan osamomentti (kunkin tukipisteen massa kerrotaan etäisyydellä). Kun positiivinen luku ja negatiivinen luku kerrotaan, tulos on negatiivinen.

tukipiste	Massa tukipisteessä	etäisyys	momentti	painopiste
	[kg]	[m]	[kgm]	[m]
Vasen pääteline	108	0,659	= 71,17	
Oikea pääteline	117	0,659	= 71,10	
nokkapyörä	72	-0,949	= -68,33	
yhteensä	297			

Osamomentit lasketaan yhteen.

tukipiste	Massa tukipisteessä	etäisyys	momentti	painopiste
	[kg]	[m]	[kgm]	[m]
Vasen pääteline	108	0,659	71,17	
Oikea pääteline	117	0,659	71,10	
nokkapyörä	72	-0,949	-68,33	
yhteensä	297		79,94	

Kokonaismomentti jaetaan kokonaismassalla, jolloin saadaan painopisteen paikka.

tukipiste	Massa tukipisteessä [kg]	etäisyys [m]	momentti [kgm]	painopiste [m]
Vasen pääteline	108	0,659	71,17	
Oikea pääteline	117	0,659	71,10	
nokkapyörä	72	-0,949	-68,33	
yhteensä	297		73,94	0,249

$$\frac{73,94}{297} = 0,249$$

Saadaan kokonaismassa ja sitä vastaava painopiste (etäisyys perustasosta).

Tee silmämääräinen arvio, onko tulokset järkeviä. Jos esim painopiste on kannuskoneella päätelineen etupuolella (nökkapyöräkoneessa päätelineen takapuolella), ja kone ei kippaa nokalleen (kannukselle), tulos ei ole järkevä!

Vertaa lopputulosta edellisen punnituksen tulokseen. Jos tulos muuttunut, sen syy pitäisi olla selvö. Mutta pienet muutokset eivät aiheuta ongelmia. Punnitus ei ole eksaktia tiedettä, kaikissa mittauksissa tulos vaihtelee kerrasta toiseen. Jos saat saman tuloksen kuin edellisellä kerralla, sitä on syytä ihmetellä!

Ohjaajan paikka

Ohjaajan, polttoaineen, matkatavaran yms paikan määrittämiseksi tyhjän koneen punnituksen lisäksi tarvitaan punnitus ko liikkuvan massan kanssa. Esim ohjaajan kanssa.

Tyhjän koneen massa oli siis edellä 297 kg ja momentti 73,94 kgm.

Ohjaajan kanssa tulokseksi oli saatu: kokonaismassa 401 kg ja momentti 160,36 kgm.

Kokonaismassoista saadaan pilootin massa vähennyslaskulla $401 - 297 = 104$ kg.

Kuormatun koneen momentti syntyy laskemalla (muistele miten kuormauslaskut lentäjänä tehdään) seuraavasti:

$$160,36 = 73,94 + 104 * pp_p$$

joten kaava voidaan järjestellä muotoon

$$160,36 - 73,94 = 104 * pp_p$$

ja edelleen

$$(160,36 - 73,94) / 104 = pp_p$$

joka voidaan laskea ja $pp_p = 0,831$ m.

Samalla tavalla kukin muukin lisämässän sijainti voidaan määritellä punnitsemalla. Punnitsemalla tulos on aina oikea.

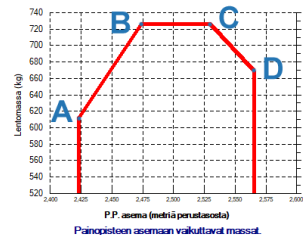
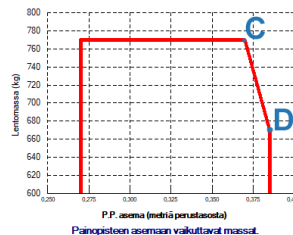
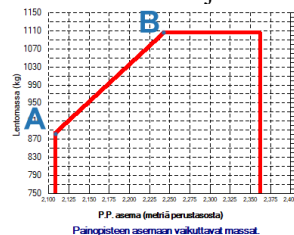
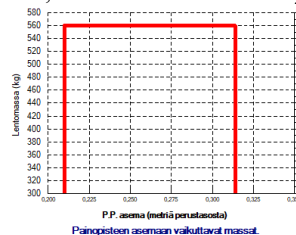
Kuormausohjeet

Moottorikoneilla päällikön on tehtävä kuormauslaskelmat ennen jokaista lentoa, joten minimissään riittää kun tyhjän koneen massa ja painopiste määritellään. Ja kuormattavien massojen momenttivarret on selvillä.

Mutta on useimmiten järkevä määritellä muutama vakiokuormaus tapaus. Ja jos koneen rajoitukset ovat sellaiset, että raja tulee vastaan, niin määrittele vakiokuormaus tilanne jossa kuormaus hipoo raja-arvoa vaan ei mene yli. Esim että yksin lennettäessä polttoainetta saa olla vain xx litraa.

Periaatteessa koneella kuin koneella, tee jokaisen päällikön peruskoulutuksessa opetettu lentoa edeltävä painolaskelma, ja hae kuormaus, jolla jokin raja-arvo tulee vastaan. Näistä voit sitten koota kuormaus taulukon. Erityisesti peräkkäinistuttavassa koneessa tämä on kätevä apu.

HTH sivuilla on painolaskelmat taulukot neljälle peruspainopistealueen perusmuodolle. Kantikas, etureunassa vino osa, takareunassa vino osa ja sekä etu- että takarajat vinoilla osilla.



Eksoottisimmalla painopisterajoilla olevan koneen (kuten Piper PA-28-180, Dynamic WT9) laskelmissa on käytettävä enemmän manuaalista tapaa.

Syötä koneen perusmassa, painopisteen paikka, kuormien sijainnit ja max massa yms taulukon keltaisiin soluihin. Sitten eri polttoainekuormilla, kokeilemalla voit hakea kuorman, jolla jokin raja saavutetaan, vaan ei ylitetä. Huomaa että painopisteen pitää pysyä alueella koko lennon ajan, joten myös tankki tyhjänä painopisteen pitää pysyä alueella. Tämä voi olla rajoittava tekijä jos tankki on kaukana painopistealueesta.
