



MITTATEKNIIKAN KESKUS

Julkaisu J6/1998

VAAKOJEN KALIBROINTIOHJE

Kari Riski
Mittatekniikan keskus

Metrologian neuvottelukunnan
massasuureiden asiantuntijatyöryhmä

Helsinki 1998

MITTATEKNIIKAN KESKUS

Julkaisu J6/1998

Vaakojen kalibrointiohje

Kari Riski
Mittatekniikan keskus

Metrologian neuvottelukunnan
massasuureiden asiantuntijatyöryhmä

Helsinki 1998

TIIVISTELMÄ

Mittatekniikan keskus on yhdessä Metrologian neuvottelukunnan massasuureiden asiantuntijatyöryhmän kanssa laatinut ohjeen vaakojen kalibroinnista. Ohje korvaa Mittatekniikan keskuksen suosituksen S11/1993. Ohjeessa käsitellään kalibroinnin lisäksi myös muita punnitusten varmentamisen edellyttämiä toimenpiteitä. Lisäksi ohjeessa käsitellään punnitukseen vaikuttavia ympäristötekijöitä, punnusten käyttöä ja valintaa sekä vaakojen luokitusta. Ohjeessa on erillinen sanasto ja esimerkkejä vaakojen kalibrointitodistuksista. Kalibroinnin suorituksen osalta ohje perustuu standardiin SFS-EN 45501. Jäljitettävyysvaatimusten, kalibroinnin epävarmuuslaskennan ja todistusten sisällön osalta on pyritty noudattamaan EA:n (European cooperation for Accreditation) antamia ohjeita.

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä

1. Johdanto	3
2. Soveltamisala	3
3. Mittausten varmentaminen	4
3.1 Puhtaus, ennakkohuolto	4
3.2 Kalibrointi	4
3.3 Vuritys	5
3.4 Vakaus	5
3.5 Käyttöönotto	6
3.6 Seurantamittaukset.....	7
3.7 Viallisen laitteen käsittely	7
4. Mittausten varmentamiselle asetetut vaatimukset	8
5. Punnitsemiseen ja vaa'an kalibrointiin vaikuttavat tekijät.....	9
5.1 Ympäristöolosuhteet	9
5.2 Vaa'an sijaintipaikka.....	9
5.3 Tarkkuuden toteaminen	9
5.4 Punnitusmenetelmä.....	10
5.5 Sijoitusmenettely	10
5.6 Mittaaja.....	10
6. Kalibrointi	11
6.1 Alkusetvitykset	11
6.2 Toimenpiteet ennen kalibrointia kalibrointipaikalla	11
6.3 Mittaukset.....	12
6.4 Tulokset	14
6.5 Kalibrointitodistus	14
6.6 Mittausepävarmuuden arviointi.....	15
7. Seurantamittaukset.....	18
7.1 Punnukset.....	18
7.2 Aikaväli	18
7.3 Vuritys	18
7.4 Suoritus.....	19
7.5 Tilastollisten menetelmien käyttö.....	19
8. Kalibroinnissa käytettävät punnukset	20
8.1 OIML:n punnusluokat	20
8.2 Ilman noste ja konventionaalinen massa	20
8.3 Punnusten kalibrointi	21
8.4 Punnusten käsittely ja säilytys	22
8.5 Kalibrointipunnusten valinta.....	22
8.5.1 Vaatut punnukset	22
8.5.2 Kalibroidut punnukset.....	23
8.6 Punnusluokkien suurimmat sallitut virheet	24
8.6.1 OIML R111	24
8.6.2 OIML R47	25
9. Vaakojen luokitus perustuen standardiin EN45501	26
Kirjallisuusluettelo	29
LIITE 1. Pyörästysvirheettömän näytön määrittäminen	30
LIITE 2. Vaaka-alan sanastoa.....	31
LIITE 3. Vaa'an kalibrointitodistusmallit	42

1. Johdanto

Mittaustulosten hyödyntäminen vaatii tietoa mittauksen oikeellisuudesta. Erityisesti laatustandardit edellyttävät, että tuotteiden laatuun ja spesifikaationmukaisuuteen vaikuttavien mittaustulosten on oltava jäljitettävissä kansallisiin tai kansainvälisiin normaaleihin.

Mittaustulosten jäljitettävyys puolestaan edellyttää mittauslaitteen asianmukaista kalibrointia ja mittausepävarmuuden tuntemista. Kalibroinnista saadaan mittauslaitteen näyttämän ja mittaussuureen arvojen välinen yhteys. Kalibroinnin suorittaja on vastuussa siitä, että kalibroinnin jäljitettävyys on kunnossa ja kalibroinnin epävarmuus on tiedossa. Jos kalibroinnin suorittaa akkreditoitu kalibrointilaboratorio ovat nämä seikat varmistettu.

Mittauksen varmentamiseen kuuluu mittauslaitteen toimintakunnosta ja sen kalibroinneista huolehtiminen sekä mittauksen epävarmuuden määrittäminen. Nämä ovat yleensä mittauslaitteen käyttäjän vastuulla. (Käyttäjällä ymmärretään mittauksista tai järjestelmän ylläpidosta vastaavaa.)

Mittausten varmentaminen edellyttää tiettyjä perustietoja mittauslaitteesta ja mittaustapahtumasta. Näitä tietoja tarvitsevat sekä kalibroija että käyttäjä.

Vakaus on kalibroinnin ohella käyttökelpoinen varmennusmenetelmä. Se perustuu lainsäädäntöön ja se on pakollinen kun mittauslaitetta käytetään mittaamiseen, jolle on asetettu vaatimuksia lainsäädännössä. Yleensä vakaaminen edellyttää, että laite (esim. vaaka) on tyyppihyväksytty.

Tämä julkaisu antaa perustietoja punnitsemisesta ja punnitusten varmentamisesta sekä ei-itsetoimivien vaakojen kalibroinnista.

Julkaisun ovat laatineet Metrologian neuvottelukunnan massasuureiden asiantuntijatyöryhmän alainen työryhmä, jonka jäseninä ovat toimineet: Alpo Hyödynmaa, Inspecta Oy, Aimo Pusa, Raute Precision Oy, Rauno Rajaniemi, Rautaruukki Oy, Kari Riski, Mittatekniikan keskus ja Juha Savolainen, Oy G.W. Berg & Co Ab.

2. Soveltamisala

Julkaisu on tarkoitettu vaakojen kalibroijille, käyttäjille ja punnituksista vastaaville henkilöille. Se soveltuu ei-itsetoimiville vaaolle, mutta samoja periaatteita voidaan rajoitetusti soveltaa myös muille vaakatyypeille.

Kalibroinnin avulla voidaan määrittää mittauslaitteen tarkkuus kalibrointihetkellä ja kalibrointiolosuhteissa. Tarkkuus kuvaa sitä kuinka hyvin mittauslaite antaa oikeita tuloksia. Tarkkuuteen vaikuttavat mm. kalibroinnin mittausepävarmuus, näyttämän poikkeamat ja laitteen stabiilius.

Akkreditoituille kalibrointilaboratorioille asetetut yleiset vaatimukset on esitetty standardeissa SFS-EN 45001 /1/ ja ISO/IEC GUIDE 25 /2/. Suomessa vain akkreditoituneet kalibrointilaboratoriot (ja kansalliset mittanormaallilaboratoriot) saavat antaa virallisia kalibrointitodistuksia. Akkreditoitujen laboratorioden myöntämät kalibrointitodistukset ovat uskottavuudeltaan samanarvoisia muiden EA:n sopimusmaissa myönnettyjen vastaavien todistusten kanssa.

3.3 Viritys

Virityksellä saatetaan vaa'an näyttämä vastaamaan kuormana olevaa tunnettua, oikeaa massaa. Viritykseen käytetään punnusnormaaleja, joiden arvoon vaa'an antamaa näyttämää verrataan.

Viritystapoja on käytännössä kolme:

- a) täysin manuaalinen viritys, jossa käyttäjä muuttaa mekaanisesti tai sähköisesti vaa'an vahvistusta,
- b) puoliautomaattinen viritys, jossa käyttäjä käynnistää virityksen ja vaaka pyytää käyttäjää asettamaan tunnetut punnukset vaa'alle ja
- c) automaattinen viritys, jossa vaaka joko käyttäjän käskystä tai täysin automaattisesti käynnistää virityksen.

Kohdat b) ja c) ovat mahdollisia vain sähköisille vaa'oilta. Kohta c) edellyttää, että vaa'assa on sisäiset virityspunnukset. Täysin automaattisessa virityksessä vaaka itse päättää virityksajankohdan joko perustuen tiettyjen raja-arvojen ylitykseen tai aikaan. Automaattisen virityksen vaihteluväli tulee ottaa mukaan mittausepävarmuuteen. **Viritys ei korvaa kalibrointia.** Vaa'an virittäminen ei aina edellytä uutta kalibrointia, jos vaaka on viritetty ennen edellistä kalibrointia tai jos vaa'an automaattinen viritys on jatkuvasti päällä. Vaa'an näyttämän oikeellisuus tulee kuitenkin aika ajoin tarkistaa esim. tunnetun punnuksen avulla. Useat vaa'an käyttöohjeet puhuvat kalibroinnista, vaikka kyseessä on vaa'an virittäminen.

3.4 Vakaus

Vakauksen tavoitteena on se, että vaatulla mittalaitteella kouluttamatonkin käyttäjä saa aikaan luotettavan mittaustuloksen. Lisäksi vaatun mittauslaitteen erottelukyvyn on oltava sellainen, ettei käyttäjälle muodostu väärää kuvaa laitteen tarkkuudesta. Ei-itsetoimivilla vaa'oilta tarkkuus on näytön askelarvon suuruusluokkaa. Luotettava mittaustulos on saatava aikaan yhdellä mittauksella.

Vakaus käsitteenä ymmärretään yleensä mittalaitteelle tehtynä tarkastustoimenpiteenä käyttöpaikalla tai käyttöä varten. Vakaus - käsite sisältää

kuitenkin kokonaisuutena sekä tyyppitarkastuksen että ensi- tai määräaikaisvakauksen. Tyyppitarkastuksessa todetaan, että laitteella on riittävä mittaustarkkuus ja kyky säilyttää mittaustarkkuus riittävän pitkän ajan, kun laitetta käytetään normaaleissa ympäristöolosuhteissa. Näinollen vakaus ottaa kantaa laitteen toimintaedellytyksiin toisin kuin kalibrointi, joka ei aseta vastaavia vaatimuksia itse laitteelle.

Vaatulle laitteelle ei myöskään ole annettu mittausepävarmuutta. Sensijaan sille on annettu *vakauserävirhe* ja *käyttövirhe*. Virherajasta käytetään myös nimitystä *suurin sallittu virhe (Ssv)*. Mittalaitteen näyttämän tulee olla vakaustilanteessa edellä mainittujen suurimpien sallittujen vakauserävirheiden sisällä. Käyttövirheraja on yleensä kaksi kertaa vakauserävirhe. Oleellisena erona vakauksen ja kalibroinnin välillä on se, että kun mittalaite on vaattu, sen näyttämää pidetään oikeana. Mitään näytön poikkeaman korjausta ei käytetä. Näin ollen vaa'an näyttäessä 100 kg sen tuloksena käytetään myös arvoa 100 kg, vaikka varsinaisessa tarkastustilanteessa olisikin havaittu poikkeama.

HUOM!

Jos vaaka on vaattu, ei sitä normaalisti tarvitse kalibroida. Hyväksytyt tarkastuslaitoksen suorittama vakaus ja siitä annettu vakaustodistus vastaa laatujärjestelmien edellyttämää jäljitettävää kalibrointia.

3.5 Käyttöönotto

Vaa'an käyttäjän tulee olla selvillä punnituksesta vaadittavasta epävarmuudesta. Vaa'an kalibroinnille asetettujen epävarmuusrajojen tulee perustua näihin vaatimuksiin. Epävarmuudet saadaan laskemalla ketju varsinaisen mittaustehtävän vaatimasta epävarmuudesta takaisinpäin vaa'an kalibroinnin epävarmuuteen, josta edelleen saadaan vaatimukset kalibrointiin käytettävien punnusten epävarmuuksille.

Mittalaitteen kalibrointi tehdään yleensä huolellisemmin kuin tavallinen mittaustarkaus. Varsinaiseen käyttömittauksen epävarmuuteen vaikuttavat kalibroinnin lisäksi muutkin tekijät kuten mittaustarkauslaitteen muuttuminen kalibrointien välillä, epäedullinen mittaustarkauskohde, mittaaja ja muuttuneet ympäristöolosuhteet. Varsinaisen mittaustarkauslaitteen epävarmuus, U_m , on aina suurempi kuin kalibroinnin mittausepävarmuus, U_k , eli $U_m > U_k$. Se kuinka paljon pienempi U_k :n tulee olla, on tapauskohtainen ja käytännössä todettava esimerkiksi vertailumittauksilla. Vaa'oilta on todettu ehdon $U_m > 3 \times U_k$ olevan varsin käyttökelpoinen.

Kuten jo edellä todettiin vaatuille vaa'oilta on määritelty selkeät käyttövirherajat. Vaa'an käyttäjä voi hyödyntää näitä virherajoja mittausepävarmuutta laskettaessa.

Muitakin kriteerejä tulee tarkastella vaa'an sopivuutta arvioitaessa. Ensimmäinen on vaa'an punnitusalue. Mittauksissa on yleisesti tunnettu sääntö, että mittarista tulisi voida käyttää aluetta 30 %...100 %. Koska vaa'at on osoitettu luotettaviksi mittalaitteiksi ja niille annetaan absoluuttinen virheraja, voidaan niiden kohdalla alarajaksi hyväksyä pienempikin arvo, ehkä 5-10 % punnitusalueesta. Joka tapauksessa liian suuri mitta-alue käyttöön verrattuna antaa enemmän työtä laitteen ylläpidossa.

Laskentaesimerkki:

Tarkastellaan mittausta, jossa materiaalin kosteuspitoisuus tulee määrittää kuivatamalla näyte-erä. Näytteen koko olkoon 100 g. Kosteus on määritettävä 2 %:n tarkkuudella. Kosteus vaihtelee välillä 5 - 15 %. Tämä merkitsee sitä, että pienin punnittava ero on 5 g. Ja edelleen 2 %:a 5 g:sta on 100 mg. Tämä on koko mittaukselle asetettu suurin sallittu epävarmuus. Kun kokemukseräisesti vaa'an epävarmuuden tulee olla 1/5 - 1/3 koko epävarmuudesta, saa vaa'an epävarmuus olla tässä tapauksessa 20...33 mg. Vaa'an kalibroinnin perusteella voidaan todeta, täyttääkö vaaka ko. ehdon. Käytännön arvona voidaan todeta, että yleensä tällaisessa tapauksessa vaa'an askelarvon tulee olla ko. mittaustehtävää varten 20 mg tai mieluummin 10 mg. Vaa'an valinta tulee tehdä ko. kriteerin perusteella. Turhan tarkka vaaka aiheuttaa vain ylimääräisiä kustannuksia, koska suuremman tarkkuuden ylläpito aiheuttaa vastaavasti enemmän työtä. Edelleen, kun vaakaa kalibroidaan punnuksilla, saa punnusten epävarmuus jälleen olla vain 1/3 vaa'alta vaaditusta epävarmuudesta, eli 5...10 mg.

3.6 Seurantamittaukset

Vaa'an kalibrointi antaa kuvan vaa'an toiminnasta kalibroitihetkellä. Koska vaa'alla tehtyjen punnitusten epävarmuuden on oltava tiedossa, on vaa'an suorituskykyä valvottava riittävän tiheästi. Tämä voidaan tehdä lyhentämällä kalibroitiväliä. Toisaalta kokemukseen perustuen on todettu, että vaa'an toimintaa voidaan valvoa myös yksinkertaisemmillä menetelmillä. Eräs tapa tarkistaa vaa'an toimivuus on laittaa vaa'alle tietty punnus ja verrata näyttämää aikaisempaan samalla punnuksella saatuun arvoon. Myös näyttämän stabiilius antaa kuvan vaa'an toiminnasta. Lisäksi ajoittain tehdyt vertailumittaukset tunnetuilla massoilla auttavat arvioimaan vaa'an luotettavuutta. Käyttäjän on itse arvioitava punnitukselle sallittu epävarmuus ja sen perusteella valittava sopiva kalibroitiväli sekä muut varmentavat toimenpiteet. Vaatuille vaa'oilta on tehty tyyppitarkastus, johon liittyy mm. vaa'an näyttämän ajallisen luotettavuuden arviointi. Tästä johtuen tyyppitarkastettujen vaakojen valvonta on yleensä helpompaa kuin muilla vaa'oilta.

3.7 Viallisen laitteen käsittely

Mikäli vaaka on todettu vialliseksi, ei sillä saa suorittaa mittauksia. Tällainen vaaka on poistettava käytöstä merkitsemällä se vialliseksi. Ennen uudelleen käyttöönottoa se on korjattava tai huollettava, viritettävä, kalibroitava ja hyväksyttävä käyttöön sopivaksi. Ongelmaksi muodostuu yleensä laitteella tehdyt mittaukset viimeisen toimintakunnon varmistaneen tarkastuksen ja vian havaitsemisen välillä. Nämä mittaukset tulee voida jäljittää ja tarvittaessa ne tulee uusiksi.

4. Mittausten varmentamiselle asetetut vaatimukset

Usein yleiset vaatimukset mittausten varmentamiselle saadaan laatujärjestelmästandardeista (esim. ISO 9000). Laatujärjestelmästandardit eivät suoraan määrittele tietyltä mittaukselta vaadittavaa tarkkuutta. Nämä vaatimukset voivat tulla esim. mittaukseen tai mittauslaitteisiin liittyvistä standardeista, tuotteen teknillisistä erittelyistä (spesifikaatioista) tai annettavalle palvelulle määritellyistä tarkkuuksista. Yksittäisen mittauslaitteen kuten vaa'an tarkkuusvaatimukset määräytyvät laitteella suoritettaville mittauksille asetetuista vaatimuksista (kts. kohdan 3.5 esimerkki).

Vaakaa valittaessa tulisi kiinnittää huomiota haluttuun punnitustarkkuuteen sekä punnitettavien kohteiden kokoon. Myös ympäristötekijät kuten värinä, ilmavirtaukset ja lämpötilavaihtelut saattavat rajoittaa saavutettavaa punnitustarkkuutta. Joskus joudutaan harkitsemaan myös sitä, onko parempi hankkia kaksi eri käyttöaluetta vaakaa kuin yksi tarkempi vaakka, joka kattaa koko mittausalueen. Yleissääntönä on se, että punnitettavan kohteen massa ei saisi olla pienempi kuin 5 - 10 % vaa'an maksimikuormasta. Lisäksi vaa'an askelarvo saa olla korkeintaan 1/5 - 1/10 halutusta punnitustarkkuudesta ja vaa'an toistokyky korkeintaan 1/3 - 1/2 halutusta punnitustarkkuudesta.

Yleensä vaa'an käyttäjä päättää vaa'alle asetetuista tarkkuusvaatimuksista. Lakisääteisissä mittauksissa, joissa käytetään vaattua vaakaa, nämä vaatimukset määräytyvät vaa'an askelmäärästä ja vaa'an suurimmasta käyttökuormasta (Max). Vakausvaatimukset ei-itsetoimiville vaa'oilta pohjautuvat standardiin SFS-EN 45501 /3/.

Vaadittava punnitustarkkuus riippuu siitä, mihin punnitustuloksia käytetään. Usein kohteen massaa tarvitaan jonkin muun suureen kuten pitoisuuden, tilavuuden tai neliömassan määrittämiseen. Tällöin lopputulokseen vaikuttaa useita eri osatekijöitä, joiden tarkkuuksien (mittausepävarmuuksien) on oltava tiedossa. Esim. ISO 9000 sarjan laatustandardit edellyttävät, että tuotteille asetettuja virherajoja tarkistettaessa tulee mittausepävarmuuden olla tiedossa. Tarkastustuloksia arvioitaessa tulee sallittuja virherajoja pienentää mittausepävarmuutta vastaavalla arvolla.

Vaakojen kalibrointia käsitteleviä standardeja ei varsinaisesti ole. Varsin usein kalibrointi perustuu ei-itsetoimivien vaakojen tyyppihyväksyntää ja vakausta koskevaan standardiin EN-45501.

Punnitukselta vaadittava tarkkuus (mittausepävarmuus) kirjataan yleensä laatujärjestelmään. Mittausepävarmuuden määrittämisen tulee pohjautua käytäntöön ja sen tulee sisältää oleelliset epävarmuustekijät. Mittausepävarmuus voidaan varmentaa esim. vertailumittausten avulla. Vaa'an kalibroinnin mittausepävarmuuden tulee olla selvästi parempi kuin punnitukselta vaadittava epävarmuus.

5. Punnitsemiseen ja vaa'an kalibrointiin vaikuttavat tekijät

Punnitustulokseen ja sen tarkkuuteen vaikuttavat punnittava kohde, vaa'an suorituskyky, ympäristö, punnitusmenetelmä ja punnitsija. Kalibroinnissa tehtävissä punnituksissa ja käyttöpunnituksissa ei ole periaatteellista eroa, joten niihin vaikuttavat pitkälti samat virhelähteet.

5.1 Ympäristöolosuhteet

Vaaka olisi hyvä sijoittaa mahdollisimman rauhalliseen tilaan, jonka lämpötila on vakaa ja jossa ilman kosteus on aina alle 60 %. Yleensä Suomen ilmasto ei aiheuta suuria ongelmia lämmitetyissä sisätiloissa oleville vaa'oilta. Talvella ilman alhaisesta kosteudesta aiheutuva staattinen sähkö voi aiheuttaa virheellisiä punnitustuloksia.

Alusta, jolla vaaka sijaitsee on oltava riittävän tukeva, jotta vaaka säilyttää vaakasuoran asentonsa myös täydellä kuormalla. Alustan tukevuus ja värinättömyys ovat tärkeitä erityisesti pienillä vaa'oilta. Rakentamalla vaa'an alusta massiivisesta materiaalista ja värinäeristämällä se huoneen rakenteista voidaan edellämainitut häiriöt eliminoida.

Ilmavirtaukset aiheuttavat häiriöitä. Erityisesti vaa'at, joiden kuormituskyky on pieni sekä vaa'at, joissa on suuri vaakasilta tai epäedullinen kuorman muoto ovat herkkiä ilmavirtauksille. Käytännössä vaakaa, jonka askelarvo on 1 mg tai sitä pienempi, ei voida luotettavasti käyttää ilman tuulisuoja.

Vaa'an sijaintipaikan ympäristössä voi olla sähkömagneettisia häiriöitä, staattista sähköä, lämpösäteilyä tai pölyä, jotka voivat häiritä vaa'an toimintaa. Niiden vaikutusta voidaan vähentää mm. kunnollisilla maadoituksilla sekä sähkö-, lämpö- ja pölysuojilla.

5.2 Vaa'an sijaintipaikka

Useimpien vaakojen toiminta perustuu punnittavan kappaleen ja maan välisen vetovoiman mittaukseen. Tällöin vaa'an näyttämä on suoraan verrannollinen putoamiskiihtyvyyden g arvoon vaa'an sijaintipaikalla (g:n arvojen vaihtelu Suomessa n. 0,08 %). Jos vaa'an paikkaa muutetaan tulee vaa'an viritys tarkistaa ja tarvittaessa vaaka tulee virittää ja kalibroida uudelleen. Se voi olla tarpeellista muutenkin, jos ympäristöolot uudessa sijoituspaikassa poikkeavat merkittävästi alkuperäisistä.

5.3 Tarkkuuden toteaminen

Vaa'an tarkkuuden toteamisella varmistetaan, että vaaka vastaa sille asetettuja vaatimuksia. Vastuu vaa'an toiminnasta on aina käyttäjällä. Vaattavien vaakojen tarkastusmenettelystä vastaa vakaaja, mutta käytöstä ja

käyttökunnosta vastaa käyttäjä. Myös käyttäjän tulee tuntea ko. tarkastusmenettely vaakakohtaisesti, jotta hän voisi huolehtia vaa'an kunnossapidosta.

5.4 Punnitusmenetelmä

Punnitseminen voidaan tehdä usealla eri tavalla. Yleensä tehdään vain yksi punnitus. Ennen punnitusta vaakaa nollataan. Punnittava kohde asetetaan vaa'alle ja punnitustulos luetaan, kun näyttö on stabiili.

Tarkkuutta voidaan parantaa tekemällä useampia peräkkäisiä punnituksia. Tällöin saaduista tuloksista lasketaan keskiarvo ja keskihajonta. Keskihajontaa voidaan käyttää epävarmuusarviointiin ja vaa'an toimintakunnon tarkistamiseen.

Tarkimpaan punnitustulokseen päästään vertailemalla punnittavaa kappaletta suoraan kalibroituihin punnuksiin. Tätä menetelmää käytetään mm. kalibroitaessa punnuksia.

5.5 Sijoitusmenettely

Jos käytössä ei ole tarpeeksi punnuksia, voidaan vaa'an kalibroinnissa käyttää ns. sijoitusmenettelyä. Menetelmää sovelletaan kuormituskyvyllään suuriin vaakoihin ja säiliövaakoihin, joihin ei ole mahdollista sijoittaa tarpeellista määrää punnuksia. Sijoitusmenettely suoritetaan standardin EN 45501 kohdan 3.7.3 mukaan. Edellytyksenä luotettavalle tulokselle on se, että sijoitusmateriaali saadaan nopeasti vaa'alle ja siltä pois. Myös antureiden ryömynnän ja ympäristön lämpötilamuutosten tulee olla riittävän pieniä.

5.6 Mittaaja

Mittaajan tulee tuntea punnitsemiseen liittyvät perusasiat. Se on edellytys luotettavalle punnitsemiselle. Punnitseminen edellyttää huolellisuutta, johon liittyy mm. punnituksen samanlainen toisto ja punnittavan kohteen sysäyksetön tuonti vaa'alle. Niiden avulla on helpointa saada aikaan stabiili vaa'an näyttämä ja pieni mittausten hajonta.

6. Kalibrointi

6.1 Alkuseelvitykset

Kalibroinnin toimeksiantajan tulee antaa tai yhdessä kalibroijan kanssa selvittää seuraavat asiat:

- vaa’an tekniset ominaisuudet (esim. Max, d),
- vaa’an käyttötarkoitus ja käyttötapa,
- kalibroinnin laajuus,
- asetettu tarkkuustavoite,
- virittäminen ja
- menettely virhetilanteissa.

Vaa’asta kalibroidaan yleensä koko punnitusalue. Kalibrointi tehdään siinä tilassa ja niissä olosuhteissa, joissa vaakaa käytetään. Vaa’an mekaniikan huollon jälkeen tulee kuormaa välittäviä osia kuormittaa riittävästi, jotta vaa’an mekaniikka asettuu paikoilleen.

Ennen kalibrointia on varmistettava, että käytössä on tarvittava määrä riittävän tarkkoja punnuksia.

6.2 Toimenpiteet ennen kalibrointia kalibrointipaikalla

Vaa’an on oltava kytkettynä verkkoon vähintään valmistajan suositteleman ajan (yleensä vähintään 30 minuuttia) ennen mittauksia.

Vaa’an ja punnusnormaalien on oltava vaa’an käyttöpaikalla riittävän ajan, jotta ne saavuttavat tasapainolämpötilan ympäristön kanssa. Lisäksi on huolehdittava siitä, että vaaka ja käytettävät punnuksset ovat puhtaita liasta ja pölystä ja että olosuhteet ovat riittävän stabiilit kalibroinnin ajan.

Varmistetaan, että vaaka on asennonilmaisimen mukaisesti perusasennossa.

Mikäli mahdollista, vaaka koekuormitetaan lähelle maksimikuormaa. Samalla saadaan selville se, tarvitseeko vaakaa virittää ennen kalibrointia. Myös vaa’an herkkyys todetaan.

Vaa’an ympäristöstä aiheutuvat ja vaa’an toimintaan selvästi vaikuttavat häiriötekijät, jotka poikkeavat normaalista punnitusilanteesta, kirjataan kalibrointipöytäkirjaan.

Tarvittaessa vaaka viritetään ohjeiden mukaisesti joko vaa’an sisäisellä tai ulkoisella tarkoitukseen sopivalla vaa’an tarkkuusluokan vaatimukset täyttävällä kalibrointipunnuksella. Yleensä kalibroija ei saa tehdä viritystä ilman kalibroinnin toimeksiantajan lupaa. Ennen viritystä ja sen jälkeen todetut vaa’an näyttämät kirjataan aina mittauspöytäkirjaan. Usein ne kirjataan myös kalibrointitodistukseen.

6.3 Mittaukset

Kalibroinnin tarkoituksena on selvittää vaa'an näyttämän virhe eri kuormilla ja näyttämän epävarmuus.

Tässä esitetyt testit perustuvat standardiin SFS-EN 45501, jota käytetään vaakojen tyyppitestauksessa. Testien laajuus sovitaan tilaajan kanssa. Vaa'an maksimikuorman ja rakenteen perusteella valitaan sopiva testien suoritusjärjestys. Käytännössä kalibrointi kannattaa aloittaa epäkeskeisestä kuormauksesta, jotta välttyttäisiin turhalta työltä.

Kaikki mittaustulokset kirjataan mittauspöytäkirjaan. Myös ilman lämpötila ja sen muuttuminen kalibroinnin aikana mitataan. Lämpötilan muutosnopeuden tulee olla pienempi kuin 5 °C/h. Mikäli vaa'assa on enemmän kuin 50 000 askelta, mitataan lämpötilan lisäksi myös ilmanpaine ja ilman kosteus. Mittaamiseen tulee käyttää laitteita, jotka on jäljitettävästi kalibroitu. Jos käytetään OIML:n ohjeen R111 mukaisia punnuksia, ei ilman tiheyttä tarvitse laskea, eikä sen vaikutusta tarvitse ottaa huomioon.

Kuormaustesti (EN45501, A.4.4.1)

Vaaka kuormataan nolasta maksimikuormaan suurenevilla ja pienenevällä kuormalla. Lukemat (myös nolakuorma) kirjataan. Tarvittaessa määritetään pyörästysvirheetön näyttö $d/10$ tarkkuudella, yleensä vain, jos $d > 1$ g (liite 1).

Kuormaukseen käytetään nolakuorman lisäksi 5 - 10 muuta kuormaa. Suurimman kuorman tulisi olla lähellä vaa'an suurinta käyttökuormaa (Max) ja pienimmän kuorman lähellä pienintä käyttökuormaa (Min). Jos pienintä käyttökuormaa ei ole määritetty, voidaan pienimmäksi kuormaksi valita $Max/10$ tai vaihtoehtoisesti vaa'alla normaalisti punnittava pienin kuorma. Yleensä kuormauspisteet pyritään valitsemaan tasavälisiksi. Jos vaakaa käytetään paljon punnitusalueen alapäässä, voidaan sille alueelle lisätä kuormauspisteitä. Monialuevaoissa eri alueet voidaan tutkia erikseen.

Vaa'an kuormausta suurennetaan (pienennetään) jatkuvasti eli vaa'an kuormaa kasvatettaessa (pienennettäessä) sille koko ajan lisätään (vähennetään) punnuksia. Mikäli vaa'assa on itsetoimiva nolaaanasettelu tai nolanseurantalaite (esim. Zero-tracking toiminto), tulee se kytkeä pois kuormauksen ajaksi. Jos tämä ei ole mahdollista, vaakasillalle asetetaan ensin pieni n . 10 d:n suuruinen kuorma, joka ohittaa nolauksen. Vasta tämän jälkeen aloitetaan kuormaus.

Epäkeskeisyystesti (EN45501, A.4.7)

Normaalirakenteisissa (1 - 4 anturia) siltavaaoissa epäkeskeisen kuormauksen vaikutus näyttämään tutkitaan sillan neljällä sektorilla ja keskellä n .

$Max/3$ kuormalla. Muilla vaakatyypeillä toimitaan standardin EN45501 mukaisesti. Mittaukset tehdään mikäli mahdollista yhtä suurta punnusta käyttäen. Jos käytetään pieniä punnuksia, ne voidaan pinota päällekkäin. Kuitenkin on varottava, etteivät punnuksiset pääse kaatumaan. Kuorma on

asetettava tutkittavan sektorin painopisteeseen tai se jaetaan tasaisesti koko alueelle. Kuorman sijoituspaikat on merkittävä mittauspöytäkirjaan.

Toistokykytesti (EN45501, A.4.10)

Toistokykytesti tehdään yleensä kahdella kuormalla (esim. 0,5 Max ja Max). Toisen kuorman tulee olla lähellä maksimikuormaa. Toistokyky tutkitaan yleensä suorittamalla 5 - 10 punnitusta. Poikkeuksena on yli 100 kg:n vaa'at, joille käytännön syistä usein tehdään vain kolme punnitusta. Jos punnituksia on vähemmän kuin kolme, tulee vaa'an toistokyvyn olla etukäteen tiedossa. Nollakohdan muutokset korjataan asettamalla vaaka nolnaan ennen kutakin kuormausta tai vähentämällä nollalukema saaduista lukemista. Jos vaa'assa on itsetoimiva nollanseuranta, sen tulisi olla toiminnassa. Tällöin ennen kutakin kuormausta todetaan, että vaaka on nollanseurannan avulla asettunut nolnaan.

Erottelukykytesti (EN 45501, A4.8)

Yksinkertaistettu digitaalisen vaa'an erottelukykytesti tehdään asettamalla vaa'alle 1,4 d suuruinen lisäkuorma, jolloin alkuperäisen näyttämän tulee muuttua vähintään 1 d, mutta ei enempää kuin 2 d. Jos tällaista kuormaa ei ole saatavilla valitaan pienin d:tä suurempi käytettävissä oleva kuorma. Yleensä erottelukyky tutkitaan nollassa tai sen lähellä sekä lähellä Max-kuormaa.

Huom. Jos käytössä on 0,1 d suuruisia punnuksia, lisätään vaa'alle punnuksia niin monta, että alkuperäinen näyttö I vaihtuu pysyvästi arvoon $I + d$. Tämän jälkeen lisätään vielä 1,4 d verran punnuksia. Näytön tulee muuttua arvoon $1 + 2 d$.

Taaraustesti (EN45501, A.4.6)

Tarvittaessa voidaan tutkia taaran asettelutarkkuus esim. puolella ja maksimitaaralla.

Esim. Taarauksen vaikutusta voidaan tutkia seuraavasti: asetetaan vaa'alle kuorma (esim. $Max/2$), taarataan vaaka ja kirjataan lukema I_{tare} , asetetaan vaa'alle toinen kuorma m_{net} (esim. $Max/4$), kirjataan lukema $I_{net+tare}$, asetetaan vaa'alle kolmas kuorma (esim. $Max/4$), kirjataan lukema. Tämän jälkeen punnukset poistetaan samassa järjestyksessä ja lukemat kirjataan.

Pitkäaikainen stabiiliustesti (EN45501, A.4.11)

Niissä tapauksissa, joissa vaaka on kuormattuna pitkän aikaa tulee vaa'an lukeman pitkäaikainen stabiilius tarkistaa. Tämä voidaan tehdä esim. kuormaamalla vaaka punnuksilla ja kirjaamalla vaa'an lukema esim. 15 minuutin välein niin pitkän ajan kuin vaakaa normaalisti pidetään kuormattuna.

6.4 Tulokset

Mittaustuloksista lasketaan:

- Kuormauspisteiden virhe $E_m = I - m$ suurenevalla ja pienenevällä kuormalla vähentämällä vaaran näyttämästä I kuorman massa m . Kuorman massa on ko. kuormassa käytettyjen kalibroituja punnusten yhteenlaskettu tunnettu massa tai vaattuja punnuksia käytettäessä niiden nimellisarvojen yhteenlaskettu massa. Jos kuormaustesti on tehty useaan kertaan, lasketaan tuloksista keskiarvo ja keskihajonta kullekin kuormalle. Jos halutaan laskea pyörästysvirheetön näyttö, voidaan käyttää liitteessä 1 kuvattua menetelyä.
- Hystereesi saadaan kuormaustestin mittaustuloksista suurenevan ja pienenevän kuorman näyttämien erona $I_{ylös} - I_{alas}$ kullekin kuormalle. Jos nollakuorman näyttämä muuttuu kalibroinnin aikana, saadaan myös nollakuormalle hystereesi. Jos hystereesi nollakuormalla on suurempi kuin n. 1/2 halutusta epävarmuudesta, on kuorma uusittava. Jos myös uusi kuorma antaa liian suuren hystereesin, on epävarmuustavoitetta kasvatettava.
- Toistokykytestin mittaustuloksista I_{ti} ($i = 3 \dots 10$) lasketaan alla olevien kaavojen avulla toistokyky u_t , joka on ääriarvoväli jaettuna kahdella (3 mittausta) tai keskihajonta (5 - 10 mittausta).

$$u_t = \frac{I_{tMAX} - I_{tMIN}}{2} \quad (3 \text{ mittausta})$$

$$u_t = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (I_{ti} - \bar{I}_t)^2}}{\sqrt{n-1}} \quad \bar{I}_t = \sum_{i=1}^n \frac{I_{ti}}{n} \quad (5 - 10 \text{ mittausta})$$

- Epäkeskeisyydestin tuloksista lasketaan kuormauspisteen i virhe $\Delta_i = I_i - I_0$ keskellä olevaan arvoon nähden.
- Taaraustestistä lasketaan nettokuorman virhe:

$$E_{net} = I_{net+tare} - I_{tare} - m_{net}$$

6.5 Kalibrointitodistus

Euroopan akkreditointielinten yhteistyöelin (EA) on määritellyt kalibrointitodistuksia koskevat vaatimukset julkaisussa EAL-R1 /4/. Niiden mukaan kalibrointitodistuksessa tulee ilmetä:

- kalibrointitodistuksen numero *,
- tilaajan nimi ja osoite *,

- tiedot kalibroidusta vaa’asta, esim. valmistaja, tyyppi, valmistusnumero, kuormattavuus, askelarvo, vaa’an sijaintipaikka *,
- kalibrointipäivämäärä ja todistuksen kirjoituspäivämäärä *,
- kalibroititodistuksen allekirjoittaa sen teknisistä tiedoista vastaava(t) henkilö(t) *,
- kalibrointiolosuhteet: lämpötila ja sen muuttuminen kalibroinnin aikana, ilman kosteus (jos on mitattu), ilmanpaine (jos on mitattu),
- käytetyt punnusnormaalit ja niiden jäljitettävyys,
- kuvaus kalibrointimenetelmästä tai viittaus käytettyyn menetelmään,
- mittausepävarmuus ja sen laskentaperiaate tai viittaus ko. periaatteeseen,
- kattavuuskerroin k (yleensä $k = 2$) ja
- kalibroinnin tulokset:

kuormaustestin tulokset suurenevalla kuormalla. Kuormaa vastaava mittausepävarmuus ilmoitetaan lukuna (ei kaavana).

HUOM!

*:llä merkityt kohdat sijoitetaan yleensä todistuksen kansilehdelle.

Lisäksi voidaan ilmoittaa vaa’alle tehdyt muut testit ja niiden tulokset: esim. epäkeskisyysvirhe, hystereesi, toistokyky, taarausvirhe.

Jos vaakaa ei kalibroida koko punnitusalueella tulee todistuksessa olla maininta osittaiskalibroinnista. Jos vaakaa viritetään, tulisi siitä olla maininta todistuksessa. Myös vaa’an lukemat ennen viritystä ja sen jälkeen voidaan antaa todistuksessa.

Todistukseen voidaan liittää mittauspöytäkirja. Joskus siihen liitetään myös graafinen virhekäyrä.

Tämän julkaisun liitteenä 3 on esimerkkejä todistus pohjista ja mittauspöytäkirjoista.

6.6 Mittausepävarmuuden arviointi

Tässä yhteydessä ei ole tarkoitus käsitellä varsinaisesti epävarmuuden laskennan perusteita vaan ainoastaan antaa yleiskuvaus vaakaan ja punnitsemiseen liittyvistä epävarmuustekijöistä.

Mittauksen ja kalibroinnin epävarmuutta arvioitaessa tulee noudattaa viitteissä /5/ (*Guide to the expression of uncertainty in measurement*, ISO) ja /6/ (*Expression of uncertainty of measurement in calibration*, EAL-R2) esitettyjä periaatteita.

Yksittäisen muuttujan X vaikutusta vaa’an näyttämään kuvataan

standardiepävarmuudella u_x . Tilastollisesti määrätylle muuttujalle se vastaa keskiarvon keskihajontaa. Vaikutuksen suuruus saadaan selville tekemällä mittauksia ja hyödyntämällä jo olemassa olevaa tietoa. Kun muuttujat ovat riippumattomia toisistaan, voidaan niiden standardiepävarmuudet laskea neliöllisesti yhteen (varianssien yhteenlasku). Mitä useampi tekijä on otettu huomioon, sitä parempi kuva saadaan mittauksen epävarmuudesta.

Vaa'an punnitusepävarmuuden määrittäminen perustuu mittauksilla saatuihin vaa'an toimintaa kuvaaviin osatekijöihin. Jatkossa luetellut tekijät vaikuttavat vaa'an näyttämän epävarmuuteen. Se mitä tekijöitä otetaan mukaan kalibroinnin epävarmuuteen jää kalibroijan vastuulle. Kalibroijan tulee kuitenkin aina ottaa mukaan ne epävarmuustekijät, jotka vaikuttavat vaa'an näyttämän epävarmuuteen kalibroinnin aikana. Näitä ovat punnusten epävarmuus, vaa'an toistokyky ja näytön askelarvo.

$u_p =$ punnusten epävarmuus $= \sum_i u_{pi}$

Punnusten standardiepävarmuutena käytetään kalibrointitodistuksesta saatua arvoa jaettuna kattavuuskertoimella k (yleensä on $k = 2$). Punnusten epävarmuudet lasketaan lineaarisesti yhteen $u_p = \sum_i u_{pi}$. Tämä aiheutuu siitä, että punnusten massojen välillä on korrelaatiota. Punnukset on usein kalibroitu samassa laboratoriossa käyttäen referenssinä yhtä tai useampaa punnusta, joiden massoilla on yhteinen systemaattinen epävarmuustekijä. Tämä systemaattinen tekijä siirtyy kaikkiin kalibroituuihin punnuksiin. Koska sen suuruutta ei yleensä tunneta, käytetään korrelaatiokerrointa $r = 1$, joka johtaa lineaariseen summaukseen. Vaatuille punnuksille käytetään epävarmuutena käyttövirherajaa.

$u_t =$ toistokyky

Toistokykymittauksen standardiepävarmuus on mittaustulosten ääriarvovälin puolikas tai mittausten hajonta. Se lasketaan kullekin mitatulle kuormalle erikseen ja ilmoitetaan erikseen, mikäli poikkeamat ovat merkittäviä.

Huom. jos kuormaustesti on tehty useaan kertaan voidaan eri kuormille lasketuista variansseista (keskihajonnan neliöistä), laskea keskiarvo. Toistokyvystä aiheutuva standardiepävarmuus u_t on tällöin tämän varianssin neliöjuuri jaettuna kuormaustestien lukumäärän neliöjuurella.

$u_h =$ hystereesin aiheuttama epävarmuus $= \frac{I_{ylös} - I_{alas}}{2\sqrt{3}}$

Standardiepävarmuus on hystereesin $I_{ylös} - I_{alas}$ suurin arvo jaettuna $2\sqrt{3}$:lla (oletetaan tasajakauma).

$u_e =$ epäkeskeisyyden aiheuttama epävarmuus $= \frac{|\Delta_i|_{MAX}}{\sqrt{3}}$

Standardiepävarmuus on itseisarvoltaan suurin epäkeskeisyysvirhe jaettuna $\sqrt{3}$:lla.

u_l = lukematarkkuus (analogianäyttö)

Analogianäytön lukematarkkuus arvioidaan näytöstä, numeerisella näytöllä arvo on nolla.

 u_d = näyttämän askelarvosta aiheutuva epävarmuus (digitaalinäyttö)

$$= \frac{d}{\sqrt{6}}$$

Standardiepävarmuus on saatu olettamalla punnitustulos nolakuormalla ja tutkittavalla kuormalla tasan jakautuneeksi alueelle $l - d/2 \dots l + d/2$ (l = vaa'an näyttämä).

$$u_{te} = \text{lämpötilan vaikutus} = \frac{\Delta T \cdot c_{te} \cdot m}{\sqrt{12}}$$

Jos vaa'an lukemille on annettu suhteellinen lämpötilakerroin c_{te} (yksikkönä usein ppm/°C) ja lämpötilan vaihteluväli ΔT tunnetaan, voidaan lämpötilan vaikutus arvioida (m = kuorma).

Kun yllä luetellut tekijät yhdistetään neliöllisesti, saadaan vaa'an näyttämän laajennetuksi epävarmuudeksi U :

$$U = ku = 2 \sqrt{(u_p^2 + u_t^2 + u_h^2 + u_e^2 + u_l^2 + u_{te} + u_d^2)}.$$

Se on saatu kertomalla standardiepävarmuus u kattavuuskertoimella k .

Tässä käytetään arvoa $k = 2$, joka vastaa n. 95 %:n luottamusväliä, edellyttäen että mittaustulokset ovat normaalijakautuneita ja että mittauksia on tehty riittävästi.

Jos kalibrointi on tehty käyttäen pyöristysvirheetöntä lukemia, voidaan olettaa, että $u_d = 0$.

Vaa'alla tapahtuvan mittauksen epävarmuus saadaan käyttäen vaa'an epävarmuutta sekä mittaustapahtuman omia epävarmuustekijöitä; näytteen edustavuus, mittauksen aiheuttama epävarmuus jne. Tämä määrittely on hyvin pitkälle tapauskohtainen eikä liity varsinaisesti vaa'an kalibrointiin. Kalibroinnissa vaa'an näyttämän virhe on määritetty vain tietyillä kuormilla. Jos virhe on kuorman suhteen lineaarinen, voidaan virheeseen sovittaa suora, jonka avulla arvioidaan virheet myös kuormituspisteiden välissä. Usein vaa'an näyttämän virhettä ei korjata. Tällöin näyttämän virhe tulee käsitellä epävarmuutena eli virhe otetaan yhdeksi epävarmuuskomponentiksi.

7. Seurantamittaukset

Seurantamittauksilla tarkoitetaan vaa'an toimintapisteen tarkistusmittauksia. Vaa'an toimintaa on seurattava säännöllisin väliajoin tapahtuvin seurantamittauksin. Käytännössä seurantamittaukset tehdään tunnetuilla punnuksilla. Punnusten massat on syytä valita niin, että ne ovat mahdollisimman lähellä normaalisti vaa'alla punnittavien kappaleiden massoja. Lisäksi nollapistettä tulisi seurata.

7.1 Punnukset

Seurantamittauksissa on suositeltavaa käyttää OIML-standardien mukaisia luokiteltuja punnuksia.

Myös muita tunnettuja punnuksia voidaan käyttää, mutta tällöin täytyy varmistua siitä, että ne täyttävät tietyt rakenteelliset vaatimukset, esimerkiksi tiheyden ja stabiiliuden osalta.

7.2 Aikaväli

Seurantamittausten aikavälin määrittää punnituksesta vastuussa oleva henkilö. Aikavälin pituuteen vaikuttavia seikkoja ovat:

- mittauksen kriittisyys, eli kuinka vakavia ongelmia aiheutuu vääristä punnitustuloksista,
- käyttöolosuhteet ja
- vaa'asta saadut aikaisemmat kokemukset.

Yksi mahdollinen aikaväli on jokaisen käyttöpäivän alussa tehty seurantamittaus.

7.3 Viritys

Vaa'an viritys voidaan tehdä tarvittaessa, säännöllisin aikaväleihin tai se voi tapahtua automaattisesti, mikäli vaa'assa on automaattinen viritystoiminta (kts. kohta 3.2). Automaattisen virityksen aiheuttama herkkyyden vaihteluväli on otettava huomioon mittauksen epävarmuuslaskennassa.

Viritys ei ole välttämätöntä, jos seurantamittaukset osoittavat vaa'an näyttämiensä olevan sallituissa rajoissa.

7.4 Suoritus

Seuraavassa eräs malli, jonka avulla seuranta mittaukset voidaan suorittaa:

- päättää seurantamittauksessa käytettävän punnuksen (tai punnusten) suuruus (esim. 1 kg),
- selvittää käytettävän punnuksen massa (esim. 1000,020 g), joko:
 - a) punnitsemalla punnus juuri kalibroidulla riittävän tarkalla vaa’alla,
 - b) vertailemalla punnusta kalibroituun punnukseen tai
 - c) katsomalla punnuksen massa kalibrointitodistuksesta, jos punnus on kalibroitu.
- määrittää seurantamittauksissa sallitut vaihtelurajat (esim. 1000,005 g ... 1000,035 g),
- määrittää seurantamittauksen aikaväli (esim. joka käyttöpäivä),
- laadi päiväkirjanomainen taulukko, johon tehdyt seurantamittaukset merkitään ja
- tee seurantamittaus:
 - 1) ennen mittausta vaa’an on oltava päällä tai stand by-tilassa vähintään 30 min,
 - 2) tarkista, että vaaka on suorassa (asennonilmaisoin tai vesivaaka),
 - 3) tarkista, että näyttämä on nollassa, taaraa vaaka tarvittaessa,
 - 4) aseta seurantapunnus vaa’alle,
 - 5) kirjaa tulos,
 - 6) ota seurantapunnus pois vaa’alta,
 - 7) tarkista, että näyttämä palaa nolnaan,
 - 8) mikäli näyttämä ei ole sallittujen vaihtelurajojen sisällä, viritä vaaka tai pyydä vaa’an toiminnasta vastaavaa viritämään vaaka,
 - 9) toista kohdat 3 – 7 ja
 - 10) mikäli tulos vieläkin ylittää sallitut vaihtelurajat, poista vaaka käytöstä ja toimita se huoltoon.

7.5 Tilastollisen menetelmän käyttö

Seuranta voidaan tietyissä tapauksissa tehdä tilastollisten menetelmien avulla. Tällöin vaa’alta saadut punnitustulokset kerätään tiedostoon ja niistä lasketaan tiettyjä tunnuslukuja (esim. keskiarvot, hajonnat), joita verrataan aikaisempiin arvoihin käyttäen hyväksi tilastollisia jakaumia ja niiden todennäköisyyksiä. Tuloksista päätellään vaa’an jatkuva toimintakunto.

8. Kalibroinnissa käytettävät punnukset

8.1 OIML:n punnusluokat

Suomessa on yleisesti käytössä OIML:n (Organisation Internationale de Métrologie Légale = kansainvälinen lakisääteisen mittaamisen järjestö) suositusten: OIML R111 (Punnusluokat E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₂ ja M₃) /7/ ja OIML R47 (tarkastuspunnukset suurille käyttökuormille) mukaisia punnuksia /8/. Suosituksilla pyritään mm. siihen, että normaalissa käytössä punnukset ovat riittävän tarkkoja ja stabiileja ja että ne soveltuvat vaakojen kalibrointiin ja vakaukseen.

Suositus R111 koskee punnuksia, joiden nimellismassa on välillä 1 mg - 50 kg. Se asettaa vaatimuksia punnusten tarkkuuteen, käyttöön ja stabiilisuuteen vaikuttaville tekijöille. Näistä esimerkkejä ovat punnusten suurimmat sallitut virheet, kalibroinnissa sallitut mittausepävarmuudet sekä punnusten muoto, rakenne ja materiaali.

Suositus R 47 koskee punnuksia, joiden nimellismassa on 50 kg, tai sitä suurempi. Suositus määrittelee tiettyjä rakenteellisia seikkoja, mutta ei täsmällistä muotoa. Lisäksi suositus antaa virheen laskentamenettelyyn. Suosituksen esimerkeissä on annettu virherajat punnuksille 50 kg...5000 kg.

Punnusten nimellisarvojen tulee olla $k \times 10^n$, missä k on 1, 2 tai 5, ja n on kokonaisluku.

8.2 Ilman noste ja konventionaalinen massa

Kun punnus asetetaan vaa'alle, kohdistuu vaakaan punnuksen massasta ja putoamiskiihtyvyydestä aiheutuva voima sekä ilman nosteesta aiheutuva voima. Ilman noste on ilman tiheyden, punnuksen tilavuuden ja putoamiskiihtyvyyden tulo. Ilman tiheyden laskukaavat on annettu viitteissä /9/ ja /10/. Normaalisti ilman tiheys vaihtelee välillä $1,2 \pm 0,12 \text{ kg/m}^3$, tällöin ilman noste 1 kg:n punnukselle, jonka tiheys on 8000 kg/m^3 , on $150 \pm 15 \text{ mg}$. Toisaalta, jos punnuksen tiheys on 7200 kg/m^3 , on noste vastaavasti $166 \pm 17 \text{ mg}$.

Ilman nosteesta johtuen punnuksen massan tarkka laskeminen edellyttää, että punnuksen tilavuus (tiheys) tunnetaan. Koska useimpien punnusten tarkkaa tilavuutta ei tunneta ja koska ilman nosteen vaihteluväli on vain kymmenesosa itse nosteesta, on otettu käyttöön nk. konventionaalinen massa /11/. Punnuksen konventionaalinen massa on sellaisen kuvitellun punnuksen massa, jonka tiheys on 8000 kg/m^3 ja joka ilman tiheyden ollessa $1,2 \text{ kg/m}^3$ antaa lämpötilassa $20 \text{ }^\circ\text{C}$ saman punnitustuloksen kuin varsinainen punnus. Todellisen massan m ja konventionaalisen massan m_c välinen yhteys voidaan esittää muodossa /11/:

$$m_c = \frac{m(1 - \frac{1,2 \text{ kg} / \text{m}^3}{\rho(20^\circ \text{C})})}{0,99985}$$

missä ρ (20 °C) on punnuksen tiheys lämpötilassa 20 °C. Kun punnuksen massa on kalibroinnissa annettu konventionaalisenä massana, on punnuksen "paino" sama kuin tiheyden 8000 kg/m³ omaavalla punnuksella. Käytettäessä konventionaalista massaa ei punnitustuloksiin yleensä tarvitse tehdä ilman nostekorjausta. Korjaus on sitä pienempi, mitä lähempänä punnuksen tiheys on referenssiarvoa 8000 kg/m³. Tästä syystä suosituksessa R111 on määritelty punnusten tiheyden suurimmat sallitut vaihtelurajat. Jos kuitenkin punnuksen tiheys poikkeaa näistä vaihtelurajoista tai jos ilman tiheys poikkeaa enemmän kuin 10 % referenssiarvosta 1,2 kg/m³, tulee punnitustuloksiin tehdä ilman nostekorjaus.

Vaakojen kalibrointiin käytettävien punnusten massana tulisi käyttää konventionaalista massaa. Tällöin vaakaa kalibroitaessa ei punnitustuloksiin tarvitse tehdä ilman nostekorjausta. Pyrkimyksenä on, että vaakana näyttää oikein, kun punnusten tiheys on 8000 kg/m³ ja ilman tiheys on 1,2 kg/m³. Koska ilman tiheyden ei vaa'an kalibrointihetkellä voida vaikuttaa, jää ilman tiheyden vaihtelun tutkiminen vaa'an käyttäjälle.

Jos punnitustuloksesta halutaan laskea kappaleen todellinen massa m , tulee vaa'an lukemaan, joka on likimain punnuksen konventionaalinen massa m_c , tehdä ilman nostekorjaus, jonka suuruus on

$$\rho_{\text{air}} I \left(\frac{1}{8000 \text{ kg} / \text{m}^3} - \frac{1}{\rho} \right),$$

missä I on vaa'an näyttämä, ρ_{air} ilman tiheys ja ρ on punnuksen tiheys.

8.3 Punnusten kalibrointi

Punnusten kalibroinnin voi tehdä joko punnusten kalibrointiin akkreditoitu kalibrointilaboratorio tai massan kansallinen mittanormaallilaboratorio. Kalibrointi voidaan teettää myös ulkomaisissa vastaavissa laboratorioissa. Punnusten kalibrointiväli on normaalisti 1 - 5 vuotta. Kalibrointivälin päättää käyttäjä. Sopiva kalibrointiväli voidaan arvioida käytön ja peräkkäisissä kalibroinneissa havaittujen muutosten perusteella. Pienten punnusten, < 500 g, osalta on syytä ottaa huomioon niiden alttius vaurioille käsittelyssä.

On myös mahdollista, että vaa'an käyttäjä itse kalibroi vaa'an kalibrointiin tarvittavat punnukset. Tällöin käyttäjällä on oltava kalibroitu referenssipunnus, jonka nimellisarvon on oltava sama ja tarkkuusluokan parempi kuin kalibroittavalla punnuksella. Punnusten kalibrointiin käytettävän vaa'an resoluution ja toistokyvyn tulee olla kertaluokkaa parempia kuin niillä vaaoilla, joiden kalibrointiin punnuksia tullaan käyttämään. Kalibrointi tehdään vertailupunnituksena referenssipunnuksen ja kalibroittavan punnuksen välillä. Kalibrointimenettelyn tulee olla kirjattu.

Suositteluvia punnusten kalibrointimenetelmiä on kuvattu OIML R111:n testausohjeessa /12/.

8.4 Punnusten käsittely ja säilytys

Punnusten käsittely ei saa muuttaa punnusten metrologisia ominaisuuksia, kuten massaa tai sen stabiilisuutta. OIML:n F ja E luokan punnuksia ei saa käsitellä paljain käsin eikä niitä saa laskea naarmuttaville tai likaisille pinnoille. Kalibroivan vaa'an ja sen ympäristön tulee olla sellainen, ettei punnusten tarkkuus vaarannu.

Kun punnuksia ei käytetä, ne tulisi säilyttää mieluiten omissa laatikoissaan, jotka puolestaan on hyvä pitää lukitussa kaapissa. Kalibrointipunnuksia saa normaalisti käyttää vain vaakojen kalibrointiin oikeutettu henkilö.

Suuret punnukset, joilla ei ole omia säilytyslaatikoita, olisi hyvä säilyttää peitettynä esim. lavan päällä paikassa, jonka ympäristöolosuhteet ovat mahdollisimman stabiilit. Punnuksiin ei saa tiivistyä kosteutta.

Ennen käyttöä punnukset on puhdistettava irrallisesta liasta ja pölystä ja varmistuttava siitä, että punnuksia on käsitelty ja säilytetty asianmukaisesti.

Kaikkien vaakojen kalibrointiin käytettävien punnusten tai punnussarjojen on oltava yksilöitävissä (punnuksiin ei saa laittaa tarroja). Punnusten tai punnussarjojen tiedot kirjataan mittauspöytäkirjaan. Huom. jos käytetään kahta punnussarjaa samanaikaisesti, voivat punnukset sekoittua.

8.5 Kalibrointipunnusten valinta

Asetetut tarkkuusvaatimukset määrittävät sen, minkä tarkkuusluokan mukaisia punnuksia tarvitaan. Tähän tulee kiinnittää erityistä huomiota. On tunnettava punnusten, myös vaattujen punnusten, epävarmuudet sekä vaa'alle sallitut suurimmat epävarmuudet. Punnusten tulee olla joko vaattuja tai jäljitettävästi kalibroituja.

Huom!

Vaattavan vaa'an tarkastuksessa ei edellytetä vaattuja punnuksia, riittää, kun punnuksista on virallinen kalibrointitodistus.

8.5.1 Vaatut punnukset

Vakaus takaa, että punnukset täyttävät rakenteelliset vaatimukset ja että vakaaja on kolmantena osapuolena tarkastanut ja hyväksynyt punnuksen tai punnussarjan sekä varustanut sen vakausleimalla tai vakaustarralla. Leimassa tai tarrassa on kruunun kuva, vuosiluku sekä vakaajan tunnusnumero. Leiman vuosiluku ei saa olla kolmea vuotta vanhempi. Epävarmuutena ($k = 2$) vaatuille punnuksille käytetään **käyttövirherajoja**, jotka ovat OIML:n suosituksen R 111 taulukossa annetut vakausvirherajat

kaksinkertaisina. Toisin kuin kalibroinnissa vaatuille punnuksille "oikeana arvona" käytetään nimellisarvoa ja epävarmuutena käytetään em. käyttövirherajaa. Punnukset vaataan KTM:n ohjeen mukaan (ilmestyy 1998). Käytännössä vakaus koskee luokkia M_1 , M_2 ja M_3 . Yli 50 kg:n punnuksille on TTK-ohjeella V1-89 annettu OIML:n suosituksen IR 47 mukaiset virherajat sekä vakausväli.

8.5.2 Kalibroidut punnukset

Kalibroitavia punnuksia eivät periaatteessa sido rakenne- tai muotomääräykset. Kuitenkin OIML:n ohjeiden mukainen punnusten rakenne on hyvä myös kalibroiduille punnuksille.

Vaakojen kalibroinnissa tulisi mahdollisuuksien mukaan käyttää tarkkuusluokitettuja punnuksia. Jos vaakojen kalibrointiin käytettävät punnukset eivät ole minkään tarkkuusluokan mukaisia, tulee käyttäjän varmistua siitä, että punnukset täyttävät suositusten oleelliset metrologiset vaatimukset. Vaakojen kalibroinnissa punnusten massana tulisi aina käyttää konventionaalista massaa.

Taulukossa 1 on annettu suurimmat sallitut askelmäärät, jotka vaa'asta pystytään kalibroimaan käytettäessä OIML tarkkuusluokkien E_2 ... M_3 mukaisia punnuksia.

Taulukko on saatu olettamalla, että kalibroidun punnuksen mittaasepävarmuus on korkeintaan 1/3 kunkin kuorman suurimmasta sallitusta virheestä ja että punnuksen massan muutos on tätä pienempi. Vaatuille punnuksille on oletettu, että punnuksen massan epävarmuus ($k = 3$) on käyttövirheraja. Taulukko on voimassa punnuksille, joiden nimellismassat ovat välillä 100 g...50 kg.

Taulukko 1: Punnusten valinta vaakojen kalibroinnissa

Punnuksen tarkkuusluokka	Kalibrointi/Vakaus	Kalibroitavien askelten lukumäärä
E2	Kalibrointi	$\leq 1\ 500\ 000$
F1	Kalibrointi	$\leq 500\ 000$
F1	Vakaus	$\leq 100\ 000$
F2	Kalibrointi	$\leq 150\ 000$
F2	Vakaus	$\leq 30\ 000$
M1	Vakaus	$\leq 10\ 000$
M2	Vakaus	$\leq 3\ 000$
M3	Vakaus	$\leq 1\ 000$

Yleensä kalibroitavien askelten lukumäärä on yhtä suuri kuin vaa'an askelmäärä eli maksimikuorma jaettuna vaa'an resoluutiolla (= Max/d). Mikäli vaa'an askelmäärä on tarpeettoman suuri haluttuun tarkkuuteen

verrattuna, lasketaan kalibroittavien askelten lukumäärä kuorman ja sille sallitun epävarmuuden suhteesta.

Suurpunnusten ($m > 50$ kg) avulla kalibroittavien vaakojen suurimmat sallitut askelmäärät on merkitty punnuksiin.

8.6 Punnusluokkien suurimmat sallitut virheet

8.6.1 OIML R111

OIML R111:n punnusluokkien suurimmat sallitut virheet on annettu taulukossa 2.

Punnusta luokiteltaessa määritetään punnuksen (nimellismassa m_0) konventionaalinen massa m_c ja sen epävarmuus U ($k = 2$). Vaatimuksena on, että punnuksen massan virhe ei saa olla suurempi kuin suurin sallittu virhe δm vähennettynä mittausepävarmuudella U eli:

$$\delta m - U \geq m_c - m_0 \geq -(\delta m - U)$$

Lisäksi punnusluokilta $E_2 \dots M_3$ vaaditaan, että mittausepävarmuuden on oltava pienempi kuin 1/3 suurimmasta sallitusta virheestä, eli $U < \delta m/3$.

Taulukko2: OIML R 111:n mukaiset suurimmat sallitut virheet

Luokka Punnus	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂	M ₁	M ₂	M ₃
50 kg	25 mg	75 mg	250 mg	750 mg	2500 mg	7500 mg	25000 mg
20 kg	10 mg	30 mg	100 mg	300 mg	1000 mg	3000 mg	10000 mg
10 kg	5 mg	15 mg	50 mg	150 mg	500 mg	1500 mg	5000 mg
5 kg	2,5 mg	7,5 mg	25 mg	75 mg	250 mg	750 mg	2500 mg
2 kg	1,0 mg	3,0 mg	10 mg	30 mg	100 mg	300 mg	1000 mg
1 kg	0,5 mg	1,5 mg	5 mg	15 mg	50 mg	150 mg	500 mg
500 g	0,25 mg	0,75 mg	2,5 mg	7,5 mg	25 mg	75 mg	250 mg
200 g	0,10 mg	0,30 mg	1,0 mg	3,0 mg	10 mg	30 mg	100 mg
100 g	0,05 mg	0,15 mg	0,5 mg	1,5 mg	5 mg	15 mg	50 mg
50 g	0,030 mg	0,10 mg	0,30 mg	1,0 mg	3,0 mg	10 mg	30 mg
20 g	0,025 mg	0,080 mg	0,25 mg	0,8 mg	2,5 mg	8 mg	25 mg
10 g	0,020 mg	0,060 mg	0,20 mg	0,6 mg	2 mg	6 mg	20 mg
5 g	0,015 mg	0,050 mg	0,15 mg	0,5 mg	1,5 mg	5 mg	15 mg
2 g	0,012 mg	0,040 mg	0,12 mg	0,4 mg	1,2 mg	4 mg	12 mg
1 g	0,010 mg	0,030 mg	0,10 mg	0,3 mg	1,0 mg	3 mg	10 mg
500 mg	0,008 mg	0,025 mg	0,08 mg	0,25 mg	0,8 mg	2,5 mg	
200 mg	0,006 mg	0,020 mg	0,06 mg	0,20 mg	0,6 mg	2,0 mg	
100 mg	0,005 mg	0,015 mg	0,05 mg	0,15 mg	0,5 mg	1,5 mg	
50 mg	0,004 mg	0,012 mg	0,04 mg	0,12 mg	0,4 mg		
20 mg	0,003 mg	0,010 mg	0,03 mg	0,10 mg	0,3 mg		
10 mg	0,002 mg	0,008 mg	0,025 mg	0,08 mg	0,25 mg		
5 mg	0,002 mg	0,006 mg	0,020 mg	0,06 mg	0,20 mg		
2 mg	0,002 mg	0,006 mg	0,020 mg	0,06 mg	0,20 mg		
1 mg	0,002 mg	0,006 mg	0,020 mg	0,06 mg	0,20 mg		

Suosituksessa vaaditaan, että punnusluokkien E₁ ja E₂ mukaisista punnuksista kirjoitetaan kalibrointitodistukset. Myös muiden punnusluokkien tulee täyttää yllä mainittu luokitusehto.

8.6.2 OIML R47

Yli 50 kg:n punnuksille on OIML:n suosituksessa R 47 annettu virherajat, jotka määräytyvät vaa'an askelmäärän mukaan. Kalibroinneissa näitä virherajoja voidaan käyttää punnusten epävarmuuksina.

9. Vaakojen luokitus perustuen standardiin EN 45501

Vaikka vakaus sinällään ei liity suoranaisesti kalibrointiin, voidaan vakaukseen liittyviä suosituksia ja standardeja hyödyntää myös kalibroinnissa. Kalibroinnin kannalta, kuten aiemmin on todettu, on tarpeellista määritellä vaa'an suorituskyvylle tarkkuusvaatimus. Vaikka vaa'an mittausepävarmuus tulisikin perustua käytön tarpeisiin, voidaan usein vaa'an tarkkuusvaatimus perustaa yleisesti hyväksytyihin kriteereihin. Tällainen on standardin EN 45501 mukainen vaakojen luokitus, jonka perusteella pystytään määrittelemään vaa'an suorituskyky.

Vakauksessa ja sitä koskevia säädöksiä harmonisoivassa järjestössä, OIML:ssä, on vaakojen jaotus tehty toimintatavan mukaisesti. Koska tämä ohje käsittelee vaakoja, joita kutsutaan ei-itsetoimiviksi vaa'oiiksi, annetaan tässä lyhyt kuvaus ko. vaa'oista.

Ei-itsetoimivat vaa'at

Tämä ryhmä on käytännössä merkittävin, koska siihen kuuluvat kaikki staattiset vaa'at, joita on käytössä ehdottomasti eniten. Nimike merkitsee sitä, että punnittava kappale tai materiaali tuodaan joko käsin tai automaattisesti vaa'alle ja punnitustulos saadaan vasta, kun vaa'an näyttö on stabiili. Alunperin ryhmitys on merkinnyt sitä, että punnitustapahtumaan on todella osallistunut vaa'an käyttäjä. Nytemmin automaation kasvun myötä punnittava kohde voi siirtyä vaa'alle ja vaa'alta automaattisesti, jolloin vaa'an rauhoittumisilmaisimen on ohjattava punnittavan kappaleen siirtoa vaa'alta.

Standardissa EN 45501 vaa'at on jaettu neljään luokkaan niiden tarkkuuden mukaan:

Luokka (special accuracy)	I
Luokka (high accuracy)	II
Luokka (medium accuracy)	III
Luokka (ordinary accuracy)	IIII

Luokitukselle ei suomalaisessa standardissa ole annettu englanninkielen vastaavia termejä. Luokkaan I kuuluvat mm. analyysi-, mikro- ja puolimikrovaat. Luokasta on käytetty suomenkielistä nimeä tarkkuusvaat. Luokan II vaat ovat laboratoriovaakoja ja niistä on käytetty nimitystä täsmävaat, jota nimitystä ei enää juuri esiinny. Luokan III vaat ovat ns. kauppavaakoja ja niitä käytetään yleisesti myynnissä, tuotannossa ja teollisuudessa. Luokan IIII vaakoja ovat epätarkimpiin punnituksiin käytettävät vaat esimerkiksi soran punnitus akselipainovaa'alla. Aiemmin oli käytössä nimike harvajakovaat.

Vaa'an pienintä näytön porrasta kutsutaan askelarvoksi = d. Tunnusta d käytetään, kun puhutaan pienimmästä askelarvosta, ja tunnusta e, kun on kyseessä *vaattu askelarvo*. Yleensä nämä ovat yhtä suuret eli $e = d$. Kuitenkin esim. sellaisille vaa'oilte, joille $d < 1 \text{ mg}$, on $e = 1 \text{ mg}$.

Vaa'an suurin käyttökuorma on Max. Luokkajaon perusteena on näytön askelmäärä n ($n = \text{Max}/e$) ja vakausaskel e .

Taulukko 3. EN 45501, ei-itsetoimivien vaakojen luokitus

Tarkkuusluokka	Vakausaskel e	Vaa'an askelmäärä $n = \text{Max}/e$		Pienin punnitusalue Min
		Minimi	Maksimi	(Alaraja)
Luokka I	$0,001 \text{ g} \leq e$	50 000 ¹⁾	-	100 e ²⁾
Luokka II	$0,001 \text{ g} \leq e \leq 0,05 \text{ g}$ $0,1 \text{ g} \leq e$	100 5 000	100 000 100 000	20 e 20 e
Luokka III	$0,1 \text{ g} \leq e \leq 2 \text{ g}$ $5 \text{ g} \leq e$	100 500	10 000 10 000	20 e 20 e
Luokka IIII	$5 \text{ g} \leq e$	100	1 000	10 e

¹⁾ jos $d < 0,1 \text{ mg}$, n voi olla pienempi kuin 50 000

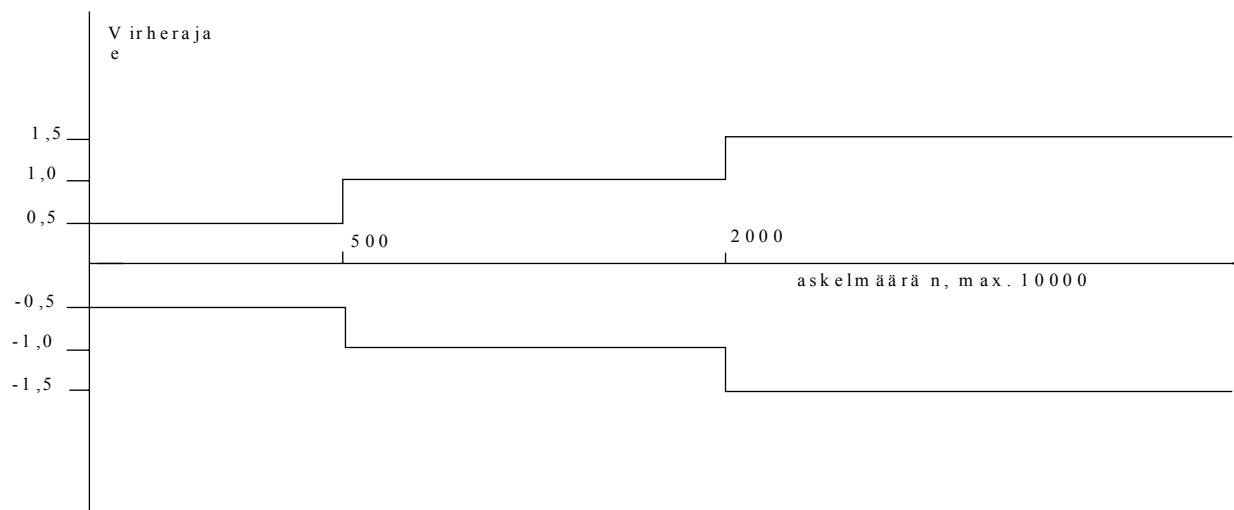
²⁾ jos $d < 1 \text{ mg}$, $\text{Min} = 100 d$

Vastaavasti näille tarkkuusluokille on annettu vakausvirherajat, jotka on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. EN 45501, ei-itsetoimivien vaakojen suurimmat sallitut virheet, vakausvirherajat

Ssv	Luokka I	Luokka II	Luokka III	Luokka IIII
$\pm 0,5 e$	0...50 000 e	0...5 000 e	0...500 e	0...50 e
$\pm 1,0 e$	50 000 e ...200 000 e	5 000 e ...20 000 e	500 e ...2 000 e	50 e ...200 e
$\pm 1,5 e$	> 200 000 e	> 20 000 e	> 2 000 e	> 200 e

Suurin sallittu virhe (Ssv) on sidottu askelarvoon ja sen suuruus on joko 0,5 e , 1,0 e tai 1,5 e . Piirrettäessä virhekäyrästä kuvaaja, asia tulee oleellisesti selkeämmäksi. Kuvassa 1 on esitetty virhekäyrä luokan III vaaaille.



Kuva 1. EN 45501 mukaisen ei-itsetoimivan vaa'an vakauservirherajat, luokka III

Muiden luokkien virherajat saadaan kertomalla vaaka-akselin arvot luvuilla 100 (luokka I), 10 (luokka II) tai 0,1 (luokka III).

Vakaustilanteessa tulee kaikkien lukemien olla edellä mainittujen virherajojen sisällä. Käyttötilanteessa virherajat ovat kaksinkertaiset.

Esimerkki:

Vaa'an suurin kuormituskyky Max = 3000 kg ja näytön porraskorkeus $d = e = 2$ kg.

Askelmäärä $n = 3000 \text{ kg} / 2 \text{ kg} = 1500$.

Virherajat ovat:

$S_{sv} = 0,5 e = 1 \text{ kg}$ alueella 0 kg - 1000 kg (0- 500 e),

$S_{sv} = 1,0 e = 2 \text{ kg}$ alueella 1000 kg - 3000 kg (500-1500 e),

S_{sv} on vaa'an näyttämän suurin sallittu virhe vakaushetkellä. Se sisältää useiden virhelähteiden, kuten punnusten, hystereesin ja lämpötilan vaikutuksen.

Kirjallisuusluettelo:

- /1/ SFS-EN 45001:1990, *Testauslaboratorioiden toiminta. Yleiset vaatimukset*, SFS.
- /2/ ISO/IEC Guide 25:1990, *General requirements for the competence of calibration and testing laboratories*, ISO.
- /3/ SFS-EN 45501 + AC: *Manuaalisia (ei-automaattisia) vaakoja koskevat mittaus- ja toimintavaatimukset*, Suomen standardisoimisliitto SFS, 1994.
- /4/ EAL-R1 (EA-04/01): *Requirements Concerning Certificates Issued by Accredited Calibration Laboratories*, EAL 1995.
- /5/ *Guide to the expression of uncertainty in measurement*, Geneva, International Organization of Standardization ISO, 1993.
- /6/ EAL-R2 (EA-04/02): *Expression of uncertainty of measurement in calibration*, European cooperation for accreditation of laboratories EAL, 1996.
- /7/ OIML R111: *Weights of classes E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₂, M₃*, OIML, Edition 1994 (E).
- /8/ OIML R47: *Standard weights for testing of high capacity weighing machines*, OIML 1979.
- /9/ P.Giagomo: *Equation for the determination of the density of moist air (1981)*, *Metrologia* **18**, 33-40, 1982.
- /10/ R.S. Davis: *Equation for the determination of the density of moist air (1981/91)*, *Metrologia* **29**, 67-70, 1992.
- /11/ OIML R33: *Conventional value of the result of weighing in air*, OIML 1979.
- /12/ OIML R 111-2: *Test Methods - Draft* 1997.
- /13/ OIML R60: *Metrological regulations for load cells*, OIML Edition 1991 (E).
- /14/ SFS 3700: *Metrologia, perus- ja yleistermien sanasto*, Suomen standardisoimisliitto SFS, 1998.
- /15/ *International vocabulary of basic and general terms in metrology*, Geneva, International Organization of Standardization ISO, 1993.

Pyöristysvirheetön näyttämän määrittäminen

Pyöristysvirheetön näyttämä saadaan määritetyksi 0,1 d (tai vähemmän tarkasti 0,2 d) suuruisen punnusten avulla seuraavasti:

Vaa'alla on kuorma m , jolloin näyttämä on I . Vaa'alle asetetaan 0,1 d suuruisia punnuksia yhteensä Δm verran kunnes näyttämä vaihtuu pysyvästi arvoon $I + d$. Pyöristysvirheetön näyttämä P on silloin:

$$P = I + 0,5 d - \Delta m.$$

Vastaavasti näyttämän virheelle E saadaan arvo:

$$E = P - m = I + 0,5 d - \Delta m - m.$$

Edellä mainitut lausekkeet ovat voimassa myös monialuevaaioille. Jos sattumalta näyttämät osuvat eri alueille käytetään P :n ja E :n kaavoissa d_{i+1} :n arvoa, joka on voimassa välillä $I \dots I + d_{i+1}$. Lisäpainot määräytyvät kuitenkin pienemmän d_i -arvon mukaan.

VAAKA-ALAN SANASTOA, liittyen kalibrointiin

Vaakoihin liittyvät termit ovat pääosin standardeista SFS-EN 45501 /1/ ja OIML R60 /13/. Metrologiaan liittyvät termit ovat standardiehdotuksesta SFS 3700 /14/, joka on suomenkielinen versio vastaavasta ISO:n julkaisusta /15/.

Asennonvirityslaitte (EN 45501) (*Levelling device*)

Laitte, jolla vaakaa asetetaan perusasentoon (yleisimmin vaakasuoraan).

Askel, vaa'an askel (*Scale division*)

Kahden peräkkäisen asteikkomerkin väli. Peräkkäinen asteikkomerkki voi olla esimerkiksi analogia-asteikolla kaksi peräkkäistä asteikon jakoviivaa. Digitaalisessa näyttölaitteessa askel muodostuu kahden peräkkäisen lukeman pienimmästä erosta. Vaakateknikassa puhutaan nykyisin näytön askeleesta, johtuen digitaalinäytöistä, joissa näyttö muuttuu askeleittain, mutta myös analogisissa näytöissä on näytön askel (kahden peräkkäisen asteikkoviivan välinen arvo). Aiemmin on käytetty nimitystä jakoväli tai näytön porras.

Askelarvo (d) (EN 45501) (*Actual scale interval*)

Massan yksiköin ilmaistu arvo, jota vastaa:

- jatkuvan (analogisen) asteikon kahden peräkkäisen asteikkomerkin ero, tai
- epäjatkuvan (digitaalisen) asteikon kahden peräkkäisen näyttämän pienin ero.

(Vaaissa askelarvo voi olla ainoastaan $1, 2, 5 \cdot 10^k$ g), missä k on positiivinen tai negatiivinen kokonaisluku tai nolla.

Askelmäärä (Max/d) (*Number of scale intervals*)

Vaa'an suurin käyttökuorma jaettuna askelarvolla antaa askelmäärän.
Esim. $60000 \text{ kg} / 20 \text{ kg} = 3000$.

R60: Anturin askelmäärä määritetään suurimman käyttökuorman ja tarkastusaskeleen (v) suhteena.

Asteikkomerkki (EN 45501) (*Scale mark*)

Näyttävässä osassa oleva viiva tai muu merkki, joka vastaa tiettyä massan arvoa.

Brutto (G tai B) (EN 45501) (Gross value)

Vaa'an näyttämä ilman että taaraus tai esiaseteltava taara on toiminnassa.

Yleisesti:

Tavaran paino, joka sisältää myös astian tai pakkauksen (taara) painon.

Ei-itseasettuva vaaka (EN 45501) (Non-self-indicating weighing instrument)

Vaa'at, joiden tasapainoitus punnitustuloksen aikaansaamiseksi vaatii käyttäjän toimenpiteitä.

Ensivakaus (Initial verification)

Vaa'an tai muun vaattavan mittalaitteen ensimmäinen vakaus ennen laitteen käyttöönottoa.

Epäjatkuva asteikko (EN 45501) (Digital scale)

Asteikko, jolla näytön muuttumista ei voida seurata jatkuvasti, digitaalinen (numeerinen) asteikko.

Epäjatkuva (digitaalinen) näyttämä (EN 45501) (Digital indication)

Näyttämä, jota vastaavat asteikkomerkit muodostuvat numerojonosta. Näyttämää ei ole mahdollista lukea askelarvon osina.

Epäjatkuvan (digitaalisen) näyttämän pyöristysvirhe (EN 45501) (Rounding error of digital indication)

Epäjatkuvan näyttämän ja ajatellulta jatkuvalta asteikolta saadun näyttämän ero.

Epälineaarisuus (Nonlinearity)

Mittauslaitteen tarkkuuden kuvaajan muotovirhe verrattuna ideaaliseen suoraan. Yleensä tunnetaan kolmen tyyppistä epälineaarisuutta:

- päätepisteisiin sidotun suoran suhteen,
- nollapisteeseen sidotun suoran suhteen ja
- vapaasti sijoitetun suoran suhteen.

R60: Epälineaarisuus on suurenevalla kuormauksella määritetyn anturin ominaiskäyrän poikkeama suorasta, joka kulkee ensimmäisen kuormauksen 0-pisteen ja 75 %:n pisteen kautta.

Epäkeskeinen kuormaus (Eccentric loading)

Vaa'an tulee antaa sama mittaustulos samalle kappaleelle riippumatta kuorman paikasta kuormankannattimella. Sen testaamiseksi tunnettu

massa sijoitetaan epäkeskisesti kuormankannattimelle, yleensä tuentapisteiden kohdalle (anturien kohdalle).

Epävarmuus kts. Mittausepävarmuus

Erottelukyky (EN45501) (*Discrimination*)

Vaa'an kyky muuttaa tasapainoasentoa pienillä kuorman muutoksilla. Tiettyä kuormaa vastaava erottelukynnys on pienimmän lisäkuorman arvo, joka aiheuttaa havaittavan muutoksen näyttämässä, kun lisäkuorma asetetaan tai poistetaan sysäyksettömästi.

Erottelukynnys (SFS 3700) (*Discrimination threshold*)

Suurin herätteen muutos, joka ei aiheuta havaittavaa muutosta mittarin vasteessa, kun herätteen muutos tapahtuu hitaasti ja monotonisesti.

Havaitsemisen kokonaisepätarkkuus (EN 45501) (*Overall inaccuracy of reading*)

Tavallisissa käyttöolosuhteissa usean havaitsijan samalta jatkuvalta (analogiselta) asteikolta havaitsemien näyttämien keskihajonta.

Herkkyyys (*Sensitivity*)

EN 45501: Tietyllä massan arvolla havaitun siirtymän muutoksen ΔL ja vastaavan massan muutoksen Δm suhde:

$$k = \Delta L / \Delta m.$$

SFS 3700: Mittauslaitteen vasteen muutos jaettuna herätteen vastaavalla muutoksella.

Hystereesi (R60) (*Hysteresis error*)

Hystereesi on anturin havaittujen vastearvojen ero samalla mittaussuormalla, kun tähän kuormaan on päädytty toisaalta kuormauksen muutossuuntaa suurentamalla pienimmästä taarakuormasta ja toisaalta pienentämällä anturin suurimmasta käyttökuormasta.

Interpoloimislaite (EN 45501) (*Vernier tai Nonius*) (*Device for interpolation of reading, vernier or nonius*)

Näyttölaitteeseen liitetty laite, joka jakaa asteikon osan pienempiin osiin ilman erityistä asettelua.

Itseasettuvuusalue (EN 45501) (*Self-indication capacity*)

Punnitusalue, jolla tasapaino saavutetaan ilman käyttäjän toimenpiteitä.

Itseasettuvuusalueen siirtoväli (EN 45501) (*Extension interval of self-indication*)

Arvo, jolla itseasettuvuusaluetta voidaan siirtää punnitusalueen sisällä.

Itsetoimivat vaa'at (*Automatic weighing instruments*)

Vaaka, joka suorittaa massan määrittystä ennalta tehdyn ohjelman mukaisesti ilman käyttäjän toimenpiteitä. Suora käännös OIML:stä, kuitenkin Suomessa käytetään myös nimitystä automaattiset vaa'at.

Jatkuva näyttämä (*Analogue indication*)

Näyttämä tai tulostus, joka on mahdollista havaita asteikkomerkkien ja askeleen arvioidun osan avulla.

Jäljitettävyys (SFS 3700) (*Traceability*)

Mittaustuloksen tai mittanormaanin yhteys ilmoitettuihin referensseihin, yleensä kansallisiin tai kansainvälisiin mittanormaaleihin sellaisen aukottoman vertailuketjun välityksellä, jossa on ilmoitettu kaikkien vertailujen epävarmuudet.

Kalibrointi (SFS 3700) (*Calibration*)

Toimenpiteet, joiden avulla spesifioituissa olosuhteissa saadaan mittaustuloksen tai mittausjärjestelmän näyttämien tai kiintomittan tai vertailuaineen edustamien suureiden arvojen ja vastaavien mittanormaaleilla toteutettujen arvojen välinen yhteys.

Kulmien hionta (*Adjusting of eccentric error*)

Vaa'an punnitustuloksen tulee olla riippumaton kuorman sijaintipaikasta vaakasillalla. Sen vuoksi joudutaankin kaikissa vaa'oissa tekemään viritystoimenpiteitä ns. kulmavirheen poistamiseksi. Mekaanisissa vaa'oissa se tehdään täsmäämällä vipujen suhteet sellaisiksi, että vaa'an näyttö on riippumaton kuorman paikasta vaakasillalla. Koska tämä toimenpide suoritettiin hiomalla terän linjaa haluttuun suuntaan ts. muutettiin vipusuhteita, sai toimenpide kyseisen nimen. Tämä nimitys on säilynyt nykypäivään tehtäessä kulmaviritys myös sähköisille vaa'oilta, vaikka se niillä onkin toimenpiteenä täysin erilainen.

Kuormankannatin (EN 45501) (*Load receptor*)

Vaa'an osa, jolle punnittava kuorma asetetaan. (Puhekielessä vaakasilta.)

Kuormauskäyrä

Kuormauskäyrä antaa vaa'an lukeman ja kuormaukseen käytettyjen punnusten massan välisen riippuvuuden. Kuormauskäyrä mitataan normaalisti suurenevilla ja pienenevällä kuormalla.

Luettavuus (*Readability*)

Termi, jota on käytetty havaitsemistarkkuutta kuvaavana, erityisesti analogisilla vaa'oilta. Vastaa askelarvoa. Termin käyttöä tulisi välttää.

Lämpenemisaika (EN 45501) (*Warm-up time*)

Aika virran kytkemisestä siihen hetkeen, jolloin vaaka toimii vaatimusten mukaisesti.

Metrologia (SFS 3700) (*Metrology*)

Mittauksia käsittelevä tieteenala.

Mittauksen tarkkuus (SFS 3700) (*Accuracy of measurement*)

Mittaustuloksen ja tosiarvon yhteensopivuus.

Tarkkuus ilmaisee mittauslaitteen kyvyn antaa virheettömiä tuloksia. Yleiskäsite.

Mittausepävarmuus (SFS 3700) (*Uncertainty of measurement*)

Mittaustulokseen liittyvä parametri, joka kuvaa mittaussuureen arvojen oletettua vaihtelua.

Mittaussuure (SFS 3700) (*Measurand*)

Yksilösuure, jota mitataan.

Mittausvirhe (SFS 3700) (*Error of measurement*)

Mittaustulos miinus mittaussuureen tosiarvo.

Huom.

Kun on tarpeen erottaa "virhe" suhteellisesta virheestä, niin edellistä kutsutaan joskus absoluuttiseksi mittausvirheeksi. Vaakatekniikassa käytetään yleensä absoluuttista virhettä ei-itsetoimiville vaa'oilta ja suhteellista virhettä, kun on kyseessä itsetoimivat vaa'at.

Monialuevaaka (EN 45501) (*Multi-interval instrument*)

Vaaka, jossa punnitusalue on jaettu osa-alueisiin, joilla on eri askelarvot ja jotka vaihtuvat kuorman mukaan sekä lisääntyvällä että vähenevällä

kuormalla.

(Monialuevaakaa voidaan havainnollistaa siten, että mittausalueeltaan erilaisia vaakoja on päällekkäin ja kutakin vaakaa käytetään aina sille sopivalla mittausalueella.)

Moniasteikkovaaka (EN 45501) (*Multiple range instrument*)

Vaaka, jossa on kaksi tai useampia punnitusalueita ja yksi kuormankannatin. Kullakin punnitusalueella on eri käyttökuormat ja askelarvot. Kullakin alueella vaaka toimii nolasta suurimpaan käyttökuormaan.

Määräaikaisvakaus (*In service verification*)

Vakaus, joka tehdään säännöllisin väliajoin ensivakauksen jälkeen, jotta mittalaite täyttäisi sille asetetut vaatimukset tarkkuuden suhteen. Nykyisin (1998) on vakausjakso Suomessa 3 vuotta. Kuitenkin tämä vaihtelee kansainvälisesti 1...4 vuoden välillä riippuen esim. mittalaitteen tyypistä.

Netto (EN 45501) (*Net value (N)*)

Vaa'an näyttämä taaruslaitteen toimiessa.

Nollaan asettelulaite (EN 45501) (*Zero setting device*)

Laite, jonka avulla kuormaamattoman vaa'an näyttämä asetetaan nolnaan (nollaan asettelulaitteita on ei-itsetoimivia, osittain itsetoimivia ja itsetoimivia).

Nollan seurantalaitte (EN 45501) (*Zero-tracking device*)

Laite, joka pitää automaattisesti näyttämän nollassa tietyin rajoituksin. Laite voi toimia myös taarusuksen jälkeen.

Näyttämä (*Indication*)

Vaa'an antama punnitustulos joko lukemana näytössä tai tulostettuna paperille.

Näyttämän laajennus (EN 45501) (*Extended indicating device*)

Laite, jolla voidaan väliaikaisesti käsin annetulla käskyllä muuttaa askelarvo (d) vakausaskeleen (e) osaksi.

Oikaiseminen, oikaisu (*Adjusting*)

Toimenpide, jolla näyttämän pieni virhe saadaan korjattua.

OIML (*Organisation Internationale de Métrologie Légale*)

Kansainvälinen lakisääteisen mittaamisen järjestö, jonka tehtävänä on harmonisoida vaattavia mittalaitteita koskevia suosituksia. Tällä pyritään siihen, että kaikissa maissa olisi yhtenäinen menettely vaattavien mittalaitteiden osalta. Lähes kaikki teollistuneet maat ovat sen jäseniä ja sitoutuneet moraalisesti noudattamaan suosituksia.

Pienin käyttökuorma (EN 45501) (*Minimum capacity (Min)*)

Kuorma, jota pienemmät punnitustulokset voivat sisältävää liian suuria suhteellisia virheitä.

Pienin lukuetaisyys (EN 45501) (*Minimum reading distance*)

Pienin lukuetaisyys, jolle havaitsija tavallisissa olosuhteissa pystyy esteettömästi lähestymään näyttölaitetta näyttämän havaitsemiseksi.

Lähestyminen katsotaan esteettömäksi, jos näyttölaitteen eteen jää vähintään 0,8 m vapaa tila.

Punnitusalue (EN 45501) (*Weighing range*)

Pienimmän ja suurimman käyttökuorman välinen alue (käytännössä usein käytetään tätä termiä, kun tarkoitetaan suurinta käyttökuormaa).

Putoamiskiihtyvyys (*Acceleration of free fall (g)*)

Putoamiskiihtyvyyteen vaikuttavat mm. maan vetovoiman kiihtyvyys, maan pyörimisliike ja muut taivaan kappaleet. Sen arvo on erilainen eri paikkakunnilla. Arvoon vaikuttavat mm. leveyspiiri, korkeus merenpinnasta ja maan tiheyden vaihtelut. Suomessa g:n arvo vaihtelee välillä 9,818 - 9,826 m/s² eli 0,08 %. Tällä on merkitystä vaa'oilte, joiden toiminta perustuu voiman mittaukseen.

Pysyvyys (EN 45501) (*Durability*)

Vaa'an kyky säilyttää suoritusarvonsa käytössä tietyn ajanjakson.

Sijoitusmenettely (*Weighing test using substitution material*)

Sijoitusmenettelyllä tarkoitetaan vaa'an viritystä, jolloin on käytettävissä vain osa kuormaukseen tarvittavista tunnetuista painoista. Näiden avulla tehdään vaa'alle tuodusta muusta materiaalista tunnettu massa. Yleisimmin käytetty suurten säiliövaakojen virityksessä.

Sinetöinti (*Securing*)

Toimenpide, jolla vaa'an mittaustoimintaan vaikuttavat elementit sinetöidään, jotta nähtäisiin, jos niihin on koskettu. Vaaka, jossa sinetöinti on

rikottu, ei ole vaattu ja sillä ei voida suorittaa kaupallisia punnituksia, joissa vaaditaan vaattua vaakaa.

Suhteellinen virhe (SFS 3700) (*Relative error*)

Mittausvirhe jaettuna mittaussuureen tosiarvolla.

Esim. Jos oikea massa $m = 1001$ g ja punnitustulos $I = 998$ g, on virhe $e = I - m = 998$ g - 1001 g = -3 g. Tällöin suhteellinen virhe

$$\frac{e}{m} = -3 \text{ g} / 1001 \text{ g} \approx -0,003 \text{ eli } -0,3 \text{ \%}.$$

Suureen tosiarvo (SFS 3700) (*True value*)

Arvo, joka on yksilösuureen määritelmän mukainen.

Tämä arvo voitaisiin saada täydellisellä mittauksella.

Suurin käyttökuorma, Max. (EN 45501) (*Maximum capacity (Max)*)

Suurin punnittava kuorma, kun lisäävää taaraa ei oteta huomioon.

R60: Suurin käyttökuorma on anturille sovellettava suurin kuorma (massa), jonka vaikuttaessa ei ylitetä suurimpia sallittuja virheitä.

Suurin sallittu virhe (Ssv) (EN 45501) (*Maximum permissible error (mpe)*)

Suurin säädöksissä annettu ero, positiivinen tai negatiivinen, joka saadaan punnitustuloksen ja vastaavan oikean arvon (vertailunormaalien massa) erona. Vaa'an näyttämä on tällöin ennen punnitusta ollut nolla ja vaaka on ollut perusasennossa. Lyhennettä käytetään epävirallisesti.

Sähkömekaaninen vaaka

Vaaka, jossa mittaus tapahtuu anturilla tai antureilla, jotka muuttavat kuorman vaikuttavan voiman sähköiseksi signaaliksi. Vaa'assa ei ole mekaanisia vipuja niiden perinteisessä merkityksessä. Esimerkiksi venymäliuska-antureilla tehdyt vaa'at.

Sähkötoiminen vaaka (EN 45501) (*Electronic instrument*)

Vaaka, jossa on elektronisia laitteita.

Taarattavuus (T+, T-) (EN 45501) (*Maximum tare effect*)

Lisäävällä tai vähentävällä taarauslaitteella oleva suurin kuorma.

Taaraus (*Tare*)

Taaruksella poistetaan vaa'an näyttämästä pakkauksen paino. Taaratessa asetetaan taaralla kuormatun vaa'an näyttämä nolnaan.

Huom!

Tyhjän vaakasillan näyttämän asettaminen nolnaan ei ole taarausta, kts. nolnaanasettelulaite.

Taarauslaite (EN 45501) (*Tare device*)

Laite, jolla asetetaan kuormatun vaa'an näyttämä nolnaan:

- muuttamatta vaa'an punnitusaluetta (lisäävä taarauslaite),
- pienentämällä punnitusaluetta taara-arvon verran (vähentävä taarauslaite)

Se voi toimia:

- ei-itsetoimivana (käyttäjä taaraa vaa'an),
- osittain itsetoimivana (kuorma taarautuu itsetoimivasti käyttäjän toimesta) tai
- itsetoimivana (kuorma taarautuu ilman käyttäjän toimenpiteitä)

Tarkkuus kts. Mittauksen tarkkuus

Tarkkuusluokka (SFS 3700) (*Accuracy class*)

Tietyt metrologiset vaatimukset täyttävien mittauslaitteiden luokka. Vaatimusten tarkoituksena on pitää virheet spesifioiduissa rajoissa.

Yleisesti tarkkuusluokka ilmaisee mittalaitteen suorituskykyä. Vaakojen osalta tarkkuusluokalla ilmaistaan vaa'an suorituskykyä, ja OIML jakaa ei-itsetoimivat vaa'at neljään ryhmään. Ei-itsetoimivien vaakojen osalta luokitus perustuu pääasiassa askelmäärään, joskin muitakin reunaehtoja on asetettu, tarkemmin R76 tai EN 45501.

Toistokyky (EN 45501) (*Repeatability*)

Vaa'an kyky antaa yhtäpitäviä tuloksia, kun sama kuorma asetetaan useita kertoja kuormankannattimelle käytännössä samalla tavalla ja samanlaisissa koeolosuhteissa.

Tyypitarkastus (*Pattern approval*)

Mittalaitteen mittausominaisuuksien ja pysyvyyden tutkimiseksi tehtävä tarkastus. Vaattavan mittalaitteen vakaamisen edellytyksenä on, että laitteelle on tehty tyypitarkastus ja sillä on hyväksyntätunnus. Direktiivien alaisten (tällä hetkellä vain ei-itsetoimivat vaa'at) vaakojen osalta sen tekee ilmoitettu laitos, muiden vaakojen osalta kussakin maassa tehtävään määrätty laitos. Yleensä se on kuitenkin sama laitos,

joka ilmoitettuna laitoksena on EU:n direktiivien alainen ja tyyppitarkastuslaitoksena kansallisten määräysten alainen.

Täydentävä askel (EN 45501) (*Indicating device with a differentiated scale division*)

Täydentävä askel on epäjatkuvan (digitaalisen) asteikon desimaalipilkun jälkeisen viimeisen numeron muodostama askel, joka selvästi eroaa muista näyttämän numeroista.

Täydentävä lukulaite (EN 45501) (*Complementary indicating device*)

Aseteltava laite, jonka avulla on mahdollista arvioida massan yksiköin näyttämä asteikkomerkkien väliltä tarkemmin kuin silmämääräisesti.

Uusintavakaus (*In service verification*)

Vakaus, joka tehdään silloin kun vaakaa on jouduttu korjaamaan esimerkiksi rikkoutumisen vuoksi. Tällöin, mikäli on puututtu sinetöityihin laitteisiin tai vaa'an mittaustekniset ominaisuudet ovat voineet muuttua, on vaakaa uusintavaattava riippumatta määräaikaisvakauksen jaksosta.

Vaa'an pääosat (*Main devices of a weighing instrument*)

Vaa'an pääosiksi luetaan kuormankannatin, tasapainoituslaite ja näyttölaite. Jako on perua mekaanisen vaa'an ajoilta ja ei kovin hyvin sovellu esimerkiksi sähkömekaanisille vaa'oilta (anturit, kuormankannatin, signaalinkäsittely ja näyttö).

Vaaka (*Weighing instrument*)

Vaaka on mittauslaite, jolla kappaleen massa voidaan määrittää siihen vaikuttavaa painovoimaa hyväksi käyttäen.

Vaakasilta (*Weighing bridge, weighing platform*)

Käytännön nimitys vaa'an osalle, jolle punnittava kappale asetetaan tai tuodaan automaattisesti punnitusta varten. Virallisesti tämän osan nimitys on kuormankannatin. Vaakasilta voi olla myös varsin monimuotoinen, esim. säiliö, rullaradan osa, hihnakuljettimen osa tai koko hihnakuljetin.

Vakaaja (*Verification officer*)

Henkilö, joka puolueettomana osapuolena suorittaa mittalaitteen tarkastuksen ennen sen käyttöönottoa (ensivakaus) ja käytön aikana säännöllisin välein (määräaikaisvakaus). Tehtävänä on todeta, että mittalaite vastaa tyyppihyväksyntää ja että mittausvirheet ovat sallittujen virherajojen sisällä. Vakaaja sinetöi myös mittalaitteen mittaustarkkuuteen vai-

kuttavat osat (Huom. vakaaja ei enää ole virkamies vaan vakauksia voivat suorittaa hyväksytyjen tarkastuslaitosten tähän tehtävään koulutetut ja pätevoidyt henkilöt).

Vakaus (*Verification*)

Vakauksella ymmärretään käytännössä useimmiten ainoastaan kentällä tapahtuvaa ensivakausta, uusintavakausta tai määräaikaisvakausta. Vakaus käsitteenä pitää sisällään kuitenkin myös tyyppitarkastuksen sekä vakaajan suorittamaa toimenpidettä mittalaitteen toiminnan tarkastamiseksi. Laajemmin ymmärrettynä koko vakaustoimi käsittää myös kansainvälisen kanssakäymisen, säännösten ylläpidon, tyyppitarkastuksen ja kenttätoiminnan.

Vakauskaskel (e) (EN 45501) (*Verification scale interval*)

Massan yksiköin ilmaistu askelarvo, jota käytetään vaa'an luokittelussa ja vakauksessa.

Vakauskaskelmäärä (yksialuevaaka) (EN 45501) (*Number of verification scale intervals (single-interval instrument)*)

Suurimman käyttökuorman ja vakauskaskelen osamäärä $n = \text{Max} / e$.

Vakausleima (vakaustarra) (*Mark of verification*)

Leima, jonka vakaaja joko lyö mittalaitteessa olevaan lyijyyn tai liimaa tarralla mittalaitteeseen. Leimasta käy ilmi vuosiluku, jolloin vakaus on tehty ja vakaajan numerotunnus sekä kruunun kuva. Lisätarroissa voi lisäksi olla vielä muuta tietoa, esimerkiksi seuraava vakausvuosi.

Virhe kts. Mittausvirhe

Viritys (SFS 3700) (*Adjustment*)

Toimenpide, jolla mittauslaitteen suorituskyky saadaan käyttöön sopivaksi.

Huom. 1 Sanan viritys sijasta käytetään joskus samaa tarkoittavia sanoja tarkkuutus tai täsmäys.

Huom. 2 Mittauslaitteen saattamista toimintakuntoon on aiemmin sanottu myös säädöksi. Tätä tulisi kuitenkin välttää, sillä mittaustekniikka on varsin läheisesti tekemisissä säätötekniikan kanssa, ja mainitulla alalla säädöllä on vakiintunut ja täsmällinen merkitys; kyseessä on tavallisesti jonkin teknillisen järjestelmän automaattinen ja jatkuvatoiminen mittaukseen perustuva ohjaus.

Vaa'an kalibroitodistusmallit

Mallit sisältävät kalibroitodistuksen ja mittauspöytäkirjan.

Ensimmäinen malli on tarkoitettu vaa'oilte, joiden kalibroinnissa ei ole käytetty lisäpainoja.

KALIBROINTITODISTUS
KALIBRERINGSBEVIS
Certificate of Calibration

Nro/nr/no:

Sivu - Sida
Page

1(2)

Tilaaaja - Uppdragsgivare:
Customer

Kalibroitu laite - Kalibrerat instrument:
Calibrated instrument

Valmistaja - Tillverkare:
Manufactured by

Tyyppi - Typ:
Model

Sarjanumero - Serienummer:
Serial number

Kalibrointipäivä - Kalibreringsdatum:
Date of calibration

Päiväys - Datum:
Date

Allekirjoitukset - Underskrifter:
Signatures

Liitteitä - Bilagor:
Documents attached

1

Tekniset tiedot

Suurin käyttökuorma Askelarvo
 max1 = d1 =
 max2 = d2 =

Vaa'an sijainti ja kalibrointiolosuhteet

Kalibrointipäivämäärä:

Sijointipaikka:

Lämpötila alussa °C lopussa °C
 Ilman paine mbar kosteus %RH
 Huomautuksia

Kalibroinnissa käytetyt normaalit ja kalibrointimenetelmä

Punnusten tunnus	Tarkkuusluokka	Kalibrointipaikka	Kalibrointivuosi

Vaaka on kalibroitu Mittatekniikan keskuksen julkaisun J6/1998 mukaisesti.

Mittausepävarmuus on arvioitu vaatimuksen EA-4/02 periaatteiden mukaisesti, käyttäen kattavuuskerrointa $k = 2$ ja ottaen huomioon julkaisussa luetellut epävarmuustekijät.

Mittaustulokset

Kuormitus suurenevalla kuormalla

Kuorma	Näyttämä	Virhe	Mittausepävarmuus (\pm)

Hystereesi kuormalla

Epäkeskeisestä kuormauksesta aiheutuva virhe

Toistokyky kuormalla mittauksia kpl

Toistokyky kuormalla mittauksia kpl

Vaaka viritettiin

kuorma

Näyttämä ennen viritystä

Näyttämä virituksen jälkeen

AKKREDITOITU KALIBROINTILABORATORIO
ACKREDITERAT KALIBRERINGSLABORATORIUM
Accredited Calibration Laboratory



KXXX (EN 45 001)

KALIBROINTITODISTUS n: KXXX-...

KALIBRERINGSBEVIS nr

Certificate of Calibration no

Tilaja - Uppdragsgivare:

Customer

Kalibroitu laite - Kalibrerat instrument:

Calibrated instrument

Valmistaja - Tillverkare:

Manufactured by

Tyyppi - Typ:

Model

Sarjanumero - Serienummer:

Serial number

Kalibrointipäivä - Kalibreringsdatum:

Date of calibration

Päiväys - Datum:

Date

Allekirjoitukset - Underskrifter:

Signatures

Sivu - Sida 1 (2)

Page

Liitteitä - Bilagor:

Documents attached

Tekniset tiedot

Valmistenumero:
 Kuorma max1 g Askelarvo d1 = g
 Kuorma max2 g d2 = g
 Kuorma max3 g d3 = g

Vaa'an sijainti ja kalibrointiolosuhteet

Kalibrointipäivämäärä:
 Sijoituspaikka:

Lämpötila alussa °C lopussa °C
 Ilman paine mbar kosteus %
 Ilman tiheys kg/m³
 Huomautuksia

Kalibroinnissa käytetyt normaalit ja kalibrointimenetelmä

Malli / tyyppi	Kalibrointipaikka	Pvm	Todistus
Käytetyt punnukset:			
Lämpömittari			
Kosteusmittari			
Ilmanpainemittari			

Vaaka on kalibroitu Mittatekniikan keskuksen julkaisun J6/1998 periaatteiden mukaisesti.
 Mittausepävarmuus on arvioitu vaatimuksen EA-4/02 mukaisesti, käyttäen kerrointa $k = 2$ ja ottamalla huomioon käytettyjen mittanormaalien epävarmuudet, kokeen 4) tulos sekä puolet askel-arvosta $d/2$ (jos ei ole käytetty lisäpainoja).

Mittaustulokset

Kalibrointitulokset suurenevilla kuormalla (kuvaaja liitteenä).

Kuorma g	Näyttämä g	Näyttämän virhe g	Mittaus-epävarmuus \pm g

Hystereesi (max/2) g
 Epäkeskeinen kuormitus (max/3) g
 Toistokyky max (Ääriarvioväli /2) Max 1 g
 mittauksia kpl
 Vaaka viritettiin g
 kuormalla g
 Näyttämä ennen viritystä g
 Virituksen jälkeen g

AKKREDITOITU KALIBROINTILABORATORIO
ACKREDITERAT KALIBRERINGSLABORATORIUM
Accredited Calibration Laboratory



KXXX (EN 45 001)

KALIBROINTITODISTUS n: KXXX-...

KALIBRERINGSBEVIS nr

Certificate of Calibration no

Tilaja - Uppdragsgivare:

Customer

Kalibroitu laite - Kalibrerat instrument:

Calibrated instrument

Valmistaja - Tillverkare:

Manufactured by

Tyyppi - Typ:

Model

Sarjanumero - Serienummer:

Serial number

Kalibrointipäivä - Kalibreringsdatum:

Date of calibration

Päiväys - Datum:

Date

Allekirjoitukset - Underskrifter:

Signatures

Sivu - Sida 1 (3)

Page

Liitteitä - Bilagor:

Documents attached

KENTTÄKALIBROINTI

1. Kalibroitu laite

Tyyppi: Valmistusnumero , Tunnus .
Mittausperiaate;
Maksimi = , d = .
Valmistaja:

2. Käytetty kalibrointimenettely

Kalibrointiohje:

3. Käytetyt normaalit

Punnukset: , luokka: .

4. Jäljitettävyys

Punnuksien jäljitettävyys perustuu laboratorion omiin referenssinormaaleihin, jotka on kalibroitu kansallisessa laboratoriossa ja ovat jäljitettävissä kansallisiin normaaleihin.

5. Kalibrointiolosuhteet

Kalibrointipaikka
Vaa'an paikka:
Keskimääräinen lämpötila: °C

Päivämäärä:

Mittaaja:

6. Epävarmuuden määrittäminen

Epävarmuuden laskennassa on huomioitu:

- kalibrointimassojen kokonaisepävarmuus laskettuna lineaarisesti yhteen
- hystereesi
- kulmavirhe 1/3 x Max-kuormalla kalibrointiohjeen mukaisesti
- toistokyky
- näytön pyöristysvirhe

Annettu laajennettu epävarmuus on laskettu mittaustuloksista standardi epävarmuutena kerrottuna kattavuuskertoimella $k = 2$, joka vastaa normaalijakaumalla luottamustasoa 95 %. Epävarmuus on laskettu EA:n vaatimuksen EA-4/02 mukaisesti.

7. Kalibrointitulokset

Mittaustulokset on pyöristetty vaa'an näytön askelarvoon, kg:aan.

Kuorma kg	Näyttämän keskiarvo kg	Poikkeama kg	Epävarmuus (k=2) ○ kg

Vaa'an näyttämän poikkeama on laskettu nousevan kuormauksen lukemista.

Liitteenä on kalibrointipöytäkirja.

Vaa'an kalibrointipöytäkirja

Vaakatyypin: Mikro-/ analyysi-/ laboratorio-/ yläkupi-/ pöytä-/ lattia-/ säiliö-, muu: _____

Tyypitunnus: Valmistaja:

 Mittausperiaate: Venymäl. , Magn. komp. , Heilurikon. , Muu _____

Vaa'an sijaintipaikka:

Sillankoko:

Valm. n:o: Tunnus:

 Vaa'an näyttö: Analoginen Digitaalinen

Max: d: e: Analogivaa'an luettavuus:

 Monialuevaa'an askelarvot: $d_1 =$ / -

 $d_2 =$ / -

 $d_3 =$ / -

 Tehty viritys (kysyttävä asiakkaalta)

Muuta

 Käytetty punnussarja: F_1 , E_2

Lämpötilat: alussa klo: °C lopussa klo: °C

Kosteus: % RH Ilmanpaine: mbar

Edellinen kalibrointinumero:

KALIBROINTITODISTUS Nro:

LIITE 1

Varmennus

Pvm

Sivu 2(5)

1. Kulmakuormaus: Kuorma (L)

kg/g

Paikka	Näyttämä (l) kg/g	Lisäpaino	Virhe
Keskipiste			
1			
2			
3			
4			
5			
6			

2. Toistokykätesti**Kuorma A:****Kuorma B:**

Näyttämä Kuormalla t/kg/g	Näyttämä Tyhjänä	Vaihto Ylös	Näyttämä Kuormalla t/kg/g	Näyttämä Tyhjänä	Vaihto Ylös

Maksimi ero:

Maksimi ero:

KALIBROINTITODISTUS Nro:

Varmennus

Pvm

LIITE 1

Sivu 5(5)

4.1 Mekaanisen taaran tarkastus

Kuormalla <input type="checkbox"/> Taaratangon lukema	t/kg/g Näyttämä	Kuormalla Taaratangon lukema	t/kg/g Näyttämä

4.2 Sähköisen taaran tarkastus

Taarauksen jälkeinen suorituskyky

Taarattu kuorma:

t/kg/g

Punnukset t/kg/g	Tunnus	Kuorma (L) t/kg/g	Näyttämä (I) t/kg/g	Vaihto ↑	Er.kyky ↓ / ↑

Yksinkertainen taarauksen tarkastus

Taarauskuorma t/kg/g	Näyttämä taarattuna kuorman kanssa t/kg/g	Näyttämä taarattuna ilman kuormaa t/kg/g

**MITTATEKNIIKAN KESKUS
PL 239
00181 HELSINKI
Puh. (09) 616 761 (vaihde)
Telekopio (09) 616 7467**

ISBN 952-5209-28-8
ISSN 1235-5704