

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikan koulutus

Koneautomaatiotekniikka

2020

Esko Salo

# PUNNITUSLAITTEIDEN VALINTAPROSESSI JA KÄYTTÖÖNOTTO

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikan koulutus, Koneautomaatiotekniikka

2020 | 33 sivua

Esko Salo

# PUNNITUSLAITTEIDEN VALINTAPROSESSI JA KÄYTTÖÖNOTTO

Tämän työn tavoitteena oli laatia kahdet käyttöohjeet Elomatic Oy:n instrumentointi- ja automaatio-osastoille. Käyttöohjeet opastavat punnituslaitteista ja niiden valinnasta sekä laitteiden käyttöönotosta automaatiojärjestelmällä. Näillä käyttöohjeilla osastojen tietotaitoa punnitusjärjestelmistä saadaan kasvatettua. Kolmas pienempi osuus työstä oli tasovaa'an suunnittelu Elomatic Oy:n asiakasprojektiin liittyen.

Taustatyö eri punnitustekniikoihin ja -laitteisiin tehtiin kattavasti mahdollisimman monia lähteitä käyttämällä, jolloin esille tuli lähteiden samankaltaisuus. Eri laitetyyppeihin ja tekniikoihin, pois lukien siltakytkenä, ei ollut perehdytty pintaa syvemmälle. Tasovaa'an suunnittelussa hyväksi käytettiin laitetoimittajan tuntemusta sekä kollegojen neuvoja, jonka jälkeen suunnitelmat siirrettiin 3D-mallinnusohjelmaan jatkojalostusta varten.

Yleisesti ottaen punnituslaitteet ovat hyvin yleiskäyttöisiä, joitain tapauskohtaisia ratkaisuja lukuun ottamatta. Vaaka-anturien kanssa usein käytetyt asennussarjat määrittävät tarkemman asennuskohteen ja asennustavan. Lähettimen valinta taas on täysin projektin preferensseistä riippuvainen, koska joka valmistajalta löytyy valikoimaa perusmallista huippumalliin. Tuloksena työstä kuitenkin saatiin tavoitteena olleet käyttöohjeet sekä asiakasprojektille toimiva vaakalaite.

## ASIASANAT:

Punnitus, vaaka, vaaka-anturi, Siwarex, Siwatool, tasovaaka

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme in Mechanical Engineering, Machine Automation Technology

2020 | 33 pages

Esko Salo

# WEIGHING INSTRUMENT SELECTION PROCESS AND COMMISSIONING

The purpose of this work was to create two operating instructions for Elomatic Oy's instrumentation and automation departments. The instructions will guide through different weighing instruments and selection process as well as the commissioning with automation system. These operating instructions will increase the know-how of the weighing systems in the departments. The third part of the thesis was the design of a platform scale for Elomatic Oy's customer project.

Background work on various weighing techniques and devices was comprehensively done using as many sources as possible, but the similarity of the sources came as a surprise. Different types of equipment and technologies, excluding bridge connection, had not been studied and documented thoroughly. In the platform scale design process the knowledge of the weighing equipment supplier and the advice of colleagues was put to good account, and the plans were afterwards transferred to a 3D modeling program for further processing.

Universally, the weighing equipment is very general purpose, except for some case-specific solutions. Mounting kits used with load cells determine the exact location and method of installation. The choice of transmitter, on the other hand, is entirely dependent on the project preferences, since every manufacturer has a range from basic to top model. However, as a result of the work, the intended operating instructions and a platform scale for the customer project was achieved.

## KEYWORDS:

Weighing, scale, load cell, Siwarex, Siwatool, platform scale

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 PUNNITUSPERIAATTEET</b>	<b>7</b>
2.1 Massan mittaus	7
2.2 Lainsäädännöt	9
<b>3 PUNNITUSLAITTEET</b>	<b>11</b>
3.1 Lähtötiedot	11
3.2 Wheatstonen silta	12
3.3 Vaaka-anturit	13
3.3.1 Nappianturi	14
3.3.2 Leikkausvoima-anturi	14
3.3.3 Taivutuspalkkianturi	15
3.3.4 Puristusanturi	16
3.3.5 EMFR-anturi	17
3.4 Vahvistimet ja lähettimet	17
<b>4 SIEMENS SIWAREX -JÄRJESTELMÄ</b>	<b>19</b>
4.1 SIWAREX PLC	19
4.2 SIWATOOL	20
<b>5 ESIMERKKEJÄ KÄYTTÖKOHTEISTA</b>	<b>22</b>
5.1 Siilo tai säiliö	22
5.2 Nosturi	23
5.3 Kuljetin- tai hihnavaka	24
<b>6 RUOKALINJASTON TASOVAA'AN SUUNNITTELU</b>	<b>25</b>
<b>7 YHTEENVETO</b>	<b>26</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>27</b>

## LIITTEET

Liite 1. Vaakadirektiivi 2014/31/EU, Olennaiset vaatimukset

## KAAVAT

Kaava 1. Siltakytkennän jännite (National Instruments 2020) 12

## KUVAT

Kuva 1. Suora massan mittaus (Suomen säätöteknillinen seura ry 1981, 77)	7
Kuva 2. Jousivaaka (Suomen säätöteknillinen seura ry 1981, 79)	8
Kuva 3. Vaaka-anturi venymäliuskoilla (Suomen säätöteknillinen seura ry 1981, 79)	8
Kuva 4. Vaatimustenmukaisuuden ilmaiseva merkkiyhdistelmä (Tukes 2019b)	10
Kuva 5. Punnitusjärjestelmien yleiset lähtötiedot	11
Kuva 6. Wheatsonen silta (National Instruments 2020)	12
Kuva 7. Venymäliuskojen kuormitus (National Instruments 2020)	12
Kuva 8. Puolikkaan sillan kytkentä (HBM Finland 2020b)	13
Kuva 9. Lahti Precision nappianturi (Lahti Precision 2019a)	14
Kuva 10. Leikkausvoima-anturin toimintaperiaate (VPG Transducers 2019)	14
Kuva 11. Lahti Precision S-muotoinen anturi (Lahti Precision 2019c)	15
Kuva 12. HBM taivutuspaikkianturi (HBM Finland 2020a)	15
Kuva 13. Puristusanturin leikkauskuva (VPG Transducers 2019)	16
Kuva 14. Lahti Precision Puristusanturi (Lahti Precision 2019b)	16
Kuva 15. Wipotec EMFR-anturin toimintaperiaate (Wipotec 2018)	17
Kuva 16. Dini Argeo DFWL -lähetin paikallinäytöllä (Dini Argeo 2019a)	18
Kuva 17. Dini Argeo DGT4 -lähetin kiskoasennusmalli (Dini Argeo 2019b)	18
Kuva 18. Järjestelmän yleiskuva (Siemens 2017)	19
Kuva 19. Yhdistetyn vaakakortin oletusnäkyvä (Siemens 2017)	20
Kuva 20. Siilovaaka-anturin asennussarja (Triotec 2020)	22
Kuva 21. Teollisuusnosturivaaka ja lähetin (Vaakaekspertti 2020)	23
Kuva 22. Nopeussäätöisen hihnavaa'an toimintaperiaate (Lahti Precision 2019d)	24

## TAULUKOT

Taulukko 1. Vaakadirektiivin tarkkuusluokat (Vaakadirektiivi 2014/31/EU)	9
Taulukko 2. Suurimmat sallitut virheet (Vaakadirektiivi 2014/31/EU)	10

# 1 JOHDANTO

Prosessiteollisuudessa käytetään nykyään kymmeniä eri mittausmenetelmiä ja mittalaitteita, joten nuoremmalla suunnittelijalla on vaikea tunnistaa sopivaa laitetyyppiä jatkuvasti vaihtuviin kohteisiin. Laitevalintaan vaikuttavia tekijöitä on runsaasti ja tärkeimpien lähtötietojen erottaminen massasta vaatii perehtyneisyyttä jokaista laitetyyppiä kohden.

Tämän työn tarkoitus on tutkia erilaisia vaaka-antureita ja lähettimiä, joista laaditaan kahdet käyttöohjeet Elomatic Oy:n instrumentointi- ja automaatio-osastoille. Käyttöohjeiden tulee sisältää prosessiteollisuudessa aika-ajoin käytetyn mittalaitteen, vaa'an, erilaisia vaihtoehtoisia tyyppejä ja lähettimien ominaisuuksia sekä laitteiston käyttöönoton ohjeet automaatiojärjestelmän avulla. Käyttöohjeiden avulla suunnittelijat voivat tulevaisuudessa kysellä suoraan toimittajilta tarkempaa kohteeseen sopivaa laitekokonaisuutta, tarkastaa laitetoimittajan tarjouksen tekniset kohdat suuremmalla tietotaidolla ja käyttöönottaa uuden laitteiston tai kalibroida jo olemassa olevan järjestelmän. Työn kolmannessa osuudessa käsitellään tasovaa'an valintaa Elomatic Oy:n asiakasprojektiin Turun yliopistolle. Asiakkaalla on tässä tapauksessa jo olemassa oleva rakennelma, johon sopii vain hyvin rajoitetun kokoinen tasovaaka.

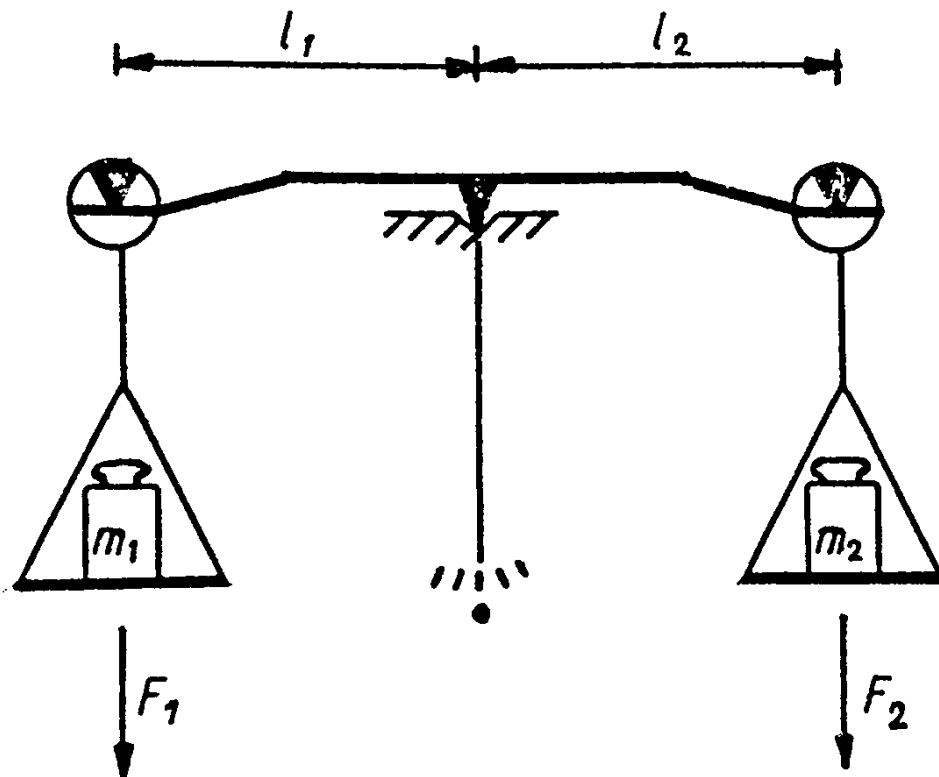
Työhön on koottu tietoa vaaka-anturin toiminnasta, tarvittavista lähtötiedoista sekä erilaisista anturityypeistä ja niiden eroavaisuuksista asennuskohde huomioon ottaen. Lähettimet ja automaatiojärjestelmä esitellään tiivistetysti. Tieto on yhdistetty tavoitteena oleviin käyttöohjeisiin, jotka jäävät Elomatic Oy:n suunnittelijoiden käyttöön. Työn loppuosassa käydään läpi asiakkaalle tulevan tasovaa'an valintaa ja suunnittelua sekä esitellään lopullinen ratkaisu.

## 2 PUNNITUSPERIAATTEET

### 2.1 Massan mittaus

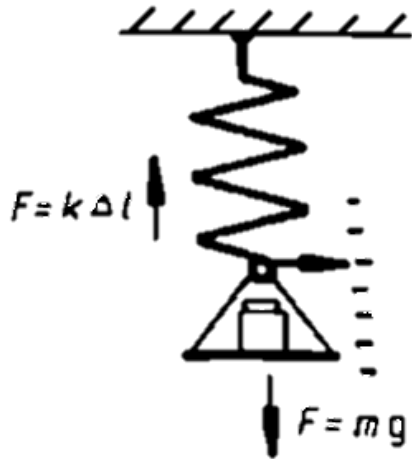
Punnituksessa mitataan massaa (tunnus  $m$ ), SI-järjestelmän perussuuretta, jonka perusyksikkö on kilogramma (kg). Se ei perustu luonnonvakioihin vaan on määritetty platinan ja iridiumin seoksesta valmistettuun kansainväliseen prototyyppiin vuonna 1889. (Suomen säätöteknillinen seura ry 1981, 75–76.)

Massan mittaus voidaan jakaa kahteen kategoriaan: suoraan ja epäsuoraan. Suorassa mittauksessa menetelmä perustuu tunnetun massan vertailuun punnittavaan massan kanssa. Kuvan 1 esimerkissä vaa'alla oleviin massoihin  $m_1$  ja  $m_2$  vaikuttavat voimat  $F_1 = gm_1$  ja  $F_2 = gm_2$ , jossa  $g$  on putoamiskihtiävyys. Jos massat  $m_1$  ja  $m_2$  ovat yhtä suuret, on vaaka tasapainotilassa  $gm_1l_1 = gm_2l_2$ , joka supistuu muotoon  $m_1 = m_2$ , kun  $l_1 = l_2$ . Putoamiskihtiävyttä ei tarvitse ottaa huomioon suorassa massan mittauksessa. (Suomen säätöteknillinen seura ry 1981, 76–77.)

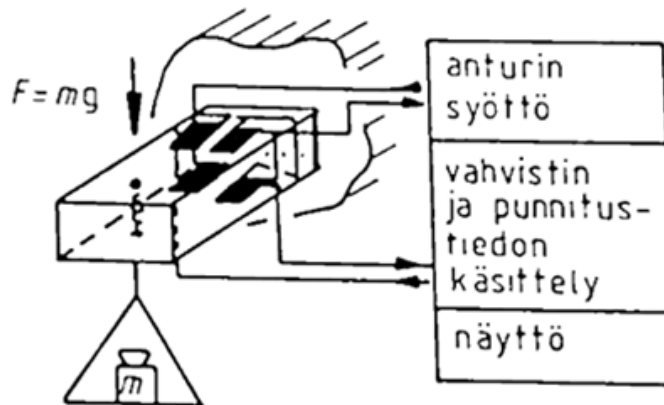


Kuva 1. Suora massan mittaus (Suomen säätöteknillinen seura ry 1981, 77)

Epäsuorassa massan mittauksessa on tavallisesti joustava anturikappale, jossa tapahtuvasta elastisesta muodonmuutoksesta mitataan jousivoimaa. Kuvan 2 mekaanisessa jousivaaka'assa ja kuvan 3 venymäliuskaa'assa voimaa mitataan jousikappaleen avulla. (Suomen säätöteknillinen seura ry 1981, 77.)



Kuva 2. Jousivaaka (Suomen säätöteknillinen seura ry 1981, 79)



Kuva 3. Vaaka-anturi venymäliuskoilla (Suomen säätöteknillinen seura ry 1981, 79)

Vastavoima gravitaatiovoimalle voidaan myös tehdä magneettikentän avulla, jonka toiminnasta tarkemmin kappaleessa 3.3.5. (Suomen säätöteknillinen seura ry 1981, 77.)

Vaa'at voidaan myös ryhmitellä toimintatavan perusteella – automaattisiin ja ei-automattisiin vaakoihin. Automaattiset vaa'at toimivat itsenäisesti ilman käyttäjän punnitus-



tai annostelutoimenpiteitä, joita ovat esimerkiksi kuljetin- ja hinnavaa'at, jotka lajittelevat kappaleet painon mukaan. Ei-automaattiset vaa'at edellyttävät toimenpiteitä käyttäjältä yleensä punnittavan esineen asettamisessa ja poistamisessa, kuten myymälävaaka tai tarkkuusvaaka laboratorioissa. (Suomen säätöteknillinen seura ry 1981, 80–81.)

## 2.2 Lainsäädännöt

Mittauslaitelain ja vaakadirektiivin alle kuuluvat ei-automaattiset vaa'at silloin, kun niitä käytetään (Vaakadirektiivi 2014/31/EU)

- massan perusteella määritykseen kaupankäyntiä varten tai jonkin muun maksun tai korvauksen määrittämiseksi
- sairaanhoidossa potilaiden massan perusteella sairauden määritykseen tai hoitoon sekä tilan seurantaan
- massan perusteella lääkkeiden valmistukseen apteekissa tai farmaseuttisissa laboratorioissa analyysijä varten.

Vaakadirektiivissä olennaisina vaatimuksina ovat mittayksikkö, tarkkuus ja vaa'an rakenne. Mittayksiköksi kelpaa SI-järjestelmän massan yksikköjen lisäksi troy-unssi ja metrinen karaatti, joita käytetään jalometallien ja jalokivien punnitukseen. Tarkkuusluokkia on 4 kpl, joista I-luokka on tarkin ja IIII-luokka harvajakoisin. Tarkkuusluokkien eritelvät taulukossa 1. (Vaakadirektiivi 2014/31/EU.)

Taulukko 1. Vaakadirektiivin tarkkuusluokat (Vaakadirektiivi 2014/31/EU)

Tarkkuusluokat				
Tarkkuusluokka	Varmennusaskelarvo (e)	Pienin käyttökuorma (Min)	Varmennusaskelmäärä $n = ((Max)/(e))$	
			Pienin arvo	Suurin arvo
I	$0,001 \text{ g} \leq e$	100 e	50 000	–
II	$0,001 \text{ g} \leq e \leq 0,05 \text{ g}$	20 e	100	100 000
	$0,1 \text{ g} \leq e$	50 e	5 000	100 000
III	$0,1 \text{ g} \leq e \leq 2 \text{ g}$	20 e	100	10 000
	$5 \text{ g} \leq e$	20 e	500	10 000
IIII	$5 \text{ g} \leq e$	10 e	100	1 000

Tarkkuusluokille on myös määritelty suurimmat sallitut virheet, joita voivat olla esimerkiksi pyöristysvirheet digitaalinäytöllä, nämä ovat eritelty taulukossa 2. (Vaakadirektiivi 2014/31/EU.)

Taulukko 2. Suurimmat sallitut virheet (Vaakadirektiivi 2014/31/EU)

Suurimmat sallitut virheet				
Kuorma				Suurin sallittu virhe
I luokka	II luokka	III luokka	III luokka	
$0 \leq m \leq 50\,000 \text{ e}$	$0 \leq m \leq 5\,000 \text{ e}$	$0 \leq m \leq 500 \text{ e}$	$0 \leq m \leq 50 \text{ e}$	$\pm 0,5 \text{ e}$
$50\,000 \text{ e} < m \leq 200\,000 \text{ e}$	$5\,000 \text{ e} < m \leq 20\,000 \text{ e}$	$500 \text{ e} < m \leq 2\,000 \text{ e}$	$50 \text{ e} < m \leq 200 \text{ e}$	$\pm 1,0 \text{ e}$
$200\,000 \text{ e} < m$	$20\,000 \text{ e} < m \leq 100\,000 \text{ e}$	$2\,000 \text{ e} < m \leq 10\,000 \text{ e}$	$200 \text{ e} < m \leq 1\,000 \text{ e}$	$\pm 1,5 \text{ e}$

Kun valmistaja on osoittanut vaa'an täyttävän kaikki liitteen 1 vaakadirektiiviin olennaiset vaatimukset ja suorittanut vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyn, on vaakaan kiinnitettävä kuvassa 4 esitetty CE-merkintä ja täydentävä metrologinen merkintä (M), jota seuraa kaksi kiinnitysvuoden viimeisistä numeroa. Viimeinen neljän numeron sarja tarkoittaa ilmoitetun laitoksen tunnusnumeroa. (Mittauslaitedirektiivi 2014/32/EU.)

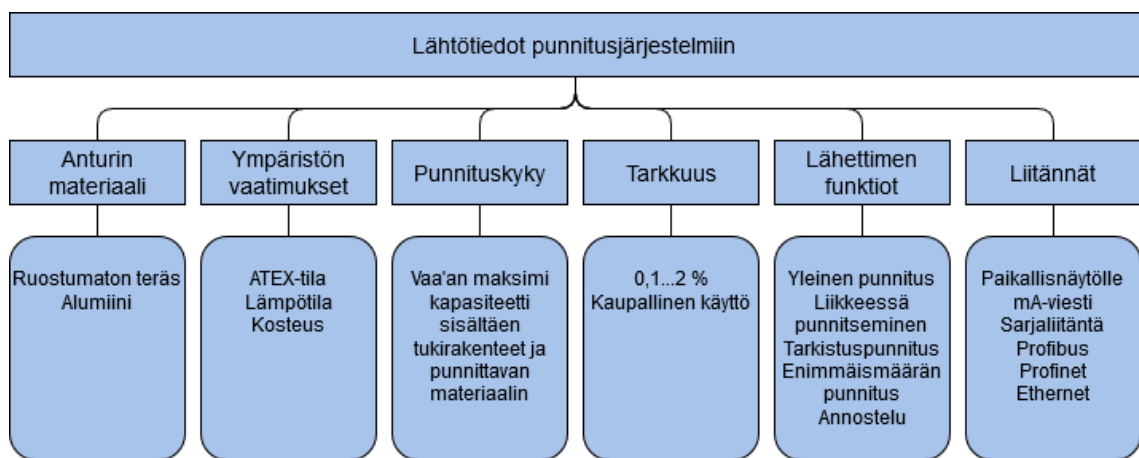


Kuva 4. Vaatimustenmukaisuuden ilmaiseva merkkijhdistelmä (Tukes 2019b)

## 3 PUNNITUSLAITTEET

### 3.1 Lähtötiedot

Kuvan 5 yleisien lähtötietojen lisäksi erilaisiin sovelluksiin on omat ydinlähtötiedot. Siilon tai säiliön punnituksessa tärkeä lähtötieto on jalkojen tai tukipisteiden määrä, johon suositus on kolme tukipistettä, jolloin paino jakaantuu tasaisesti tukipisteiden välillä. Tasovaakalle taas merkittävä lähtötieto on tason tai sillan koko – myymälävaaka vai autovaaka. (Lahti Precision 2019e.)



Kuva 5. Punnitusjärjestelmien yleiset lähtötiedot

Nosturivaa'an anturivalintaan vaikuttaa huomattavasti anturin sijainti, kuten (Lahti Precision 2019e)

- nostokoneiston tuenta anturien varaan
- anturi koukkupesään
- anturi köyteen tai köyden kiinnityspäähän (ylikuormitusuoja)
- anturi taittopyörän akselille.

Kuljetin- ja hihnavaaka sekä kappaletavarasovelluksissa yleisesti mitä enemmän vaaka-antureita on, sitä parempi mittaustarkkuus (Kastro 2011, 31–32):

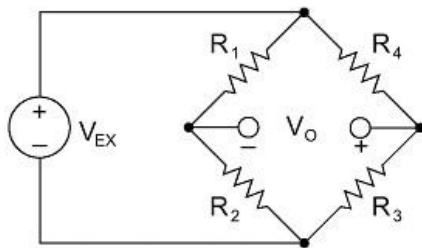
- yhdellä anturilla tarkkuus  $\pm 1...2$  %
- kahdella anturilla tarkkuus  $\pm 0,5...1$  %
- neljällä anturilla tarkkuus  $< \pm 0,5$  %.

### 3.2 Wheatstonen silta

Wheatstonen sillassa on aina 4 vastusta, jotka voidaan korvata yhdellä, kahdella tai neljällä venymäliuskalla. Jotta venymäliuska-antureita voidaan mitata, ne täytyy yhdistää virtapiiriin, joka pystyy lukemaan tarkasti pienetkin muutokset venymäliuskassa metallijohteen venymästä tai puristumasta johtuvasta resistanssin muutoksesta. Kuvassa 6 on esitetty Wheatstonen siltakytkentä, jossa  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  ja  $R_4$  esittävät venymäliuskoja ja vastuksia,  $V_{EX}$  on käyttöjännite ja  $V_O$  on siltakytkennän jännite, joka voidaan laskea kaavalla 1. Siltakytkennän yksittäisen vastuksen korvaaminen venymäliuskalla aiheuttaa muutoksen ulostulojännitteeseen venymän funktiona. (National Instruments 2020.)

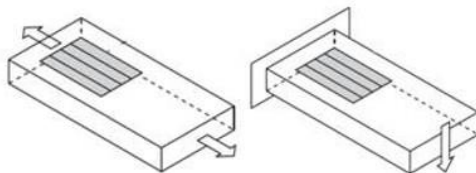
$$V_O = \left[ \frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \cdot V_{EX}$$

Kaava 1. Siltakytkennän jännite (National Instruments 2020)



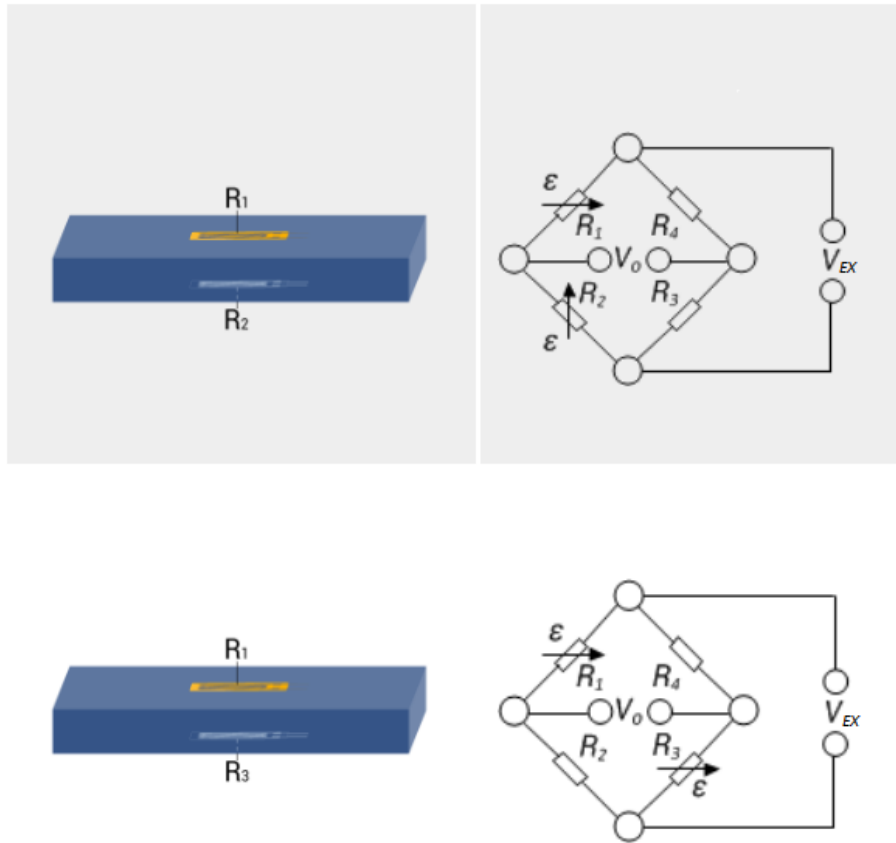
Kuva 6. Wheatstonen silta (National Instruments 2020)

Venymäliuskoilla voidaan mitata puristus- tai taivutusvoimaa, riippuen siitä miten anturit on sijoitettu. Kuvan 7 palkkianturissa ensimmäinen kohta kuvaa anturin venymistä ja toinen kohta taipumista. (National Instruments 2020.)



Kuva 7. Venymäliuskojen kuormitus (National Instruments 2020)

Kuvassa 8 on kuvattu kaksi mahdollista kytkentää puolikkaassa Wheatstonen sillassa. Kun vastukset  $R_1$  ja  $R_2$  on korvattu venymäliuskoilla, palkista voi mitata vain taivutusvoimaa. Tämä johtuu siitä, että venymätilanteessa venymäliuskojen liike on samansuuntaista. Jos taas venymäliuskat on kytketty vastakkaisiin paikkoihin  $R_1$  ja  $R_3$ , kytkennällä voidaan mitata vain aksiaalista puristus- tai venymävoimaa. (HBM Finland 2020b.)



Kuva 8. Puolikkaan sillan kytkentä (HBM Finland 2020b)

### 3.3 Vaaka-anturit

Ongelmattomaan vaaka-anturin toimintaan pääsee jo oikean kapasiteetin, tarkkuuden ja ympäristön vaatimukset tietämällä. On kuitenkin muistettava, että tietyt anturit voivat tarjota selviä etuja muihin verrattuna ylikuormitusominaisuuksien tai helpon asennuksen kannalta. (VPG Transducers 2019.)

### 3.3.1 Nappianturi

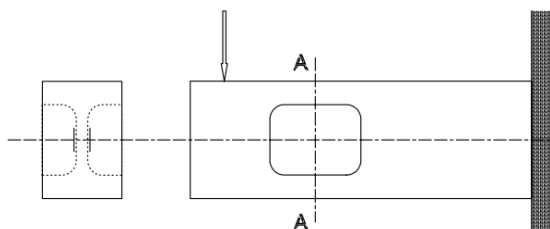
Kuvan 9 lieriömäisessä nappianturissa kuormitusta mitataan reiän muodonmuutoksesta venymäliuskan avulla. Nappianturi ei välttämättä tarvitse erillistä asennussarjaa vaan se voidaan integroida olemassa oleviin tukirakenteisiin. Anturin tarkkuus riittää normaaleihin prosessimittauksiin ja valvontoihin ja tyypilliset käyttökohteet ovat silloissa ja säiliöissä, joiden perustukset ovat teräspalkkirakenteiden varassa. Nappianturilla ei ole muiden anturien tapaan kapasiteettirajoja vaan siinä on erittäin laaja mitta-alue ja varsinaista ylärajaa ei ole lainkaan. Nappianturin edullisuus korostuu kapasiteetin kasvaessa. (Lahti Precision 2019a.)



Kuva 9. Lahti Precision nappianturi (Lahti Precision 2019a)

### 3.3.2 Leikkausvoima-anturi

Yleiskäyttöisen leikkausvoima-anturin etuja on vakaus sivuvoimia vasten sekä pieni herkkyys. Kuvan 10 leikkauksessa A-A on kuvattu anturin rakenteeseen työstetty molemmin puolinen syvennys, jossa venymäliuskat sijaitsevat. Anturin rakenteen puolesta venymäliuskat on helppo suojata ympäristön vaikutuksilta. (VPG Transducers 2019.)



Kuva 10. Leikkausvoima-anturin toimintaperiaate (VPG Transducers 2019)

### 3.3.3 Taivutuspaikkianturi

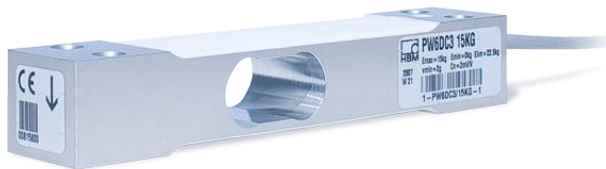
Tämän tyyppin anturit ovat hyvin yleiskäyttöisiä ja koska taipumaa aiheutuu jo suhteellisen pienillä kuormilla, tämä tekee niistä ideaaleja pienen kapasiteetin vaa'oilte. Taivutusmittausperiaatteena tarjoaa erinomaisen lineaarisuuden. (VPG Transducers 2019.)

Kuvan 11 S-muotoista kahdesta osasta taipuvaa anturia käytetään eniten sovelluksissa, jossa kuorma roikkuu anturin varassa. Anturia voi kuormittaa molempiin suuntiin. (Lahti Precision 2019c.)



Kuva 11. Lahti Precision S-muotoinen anturi (Lahti Precision 2019c)

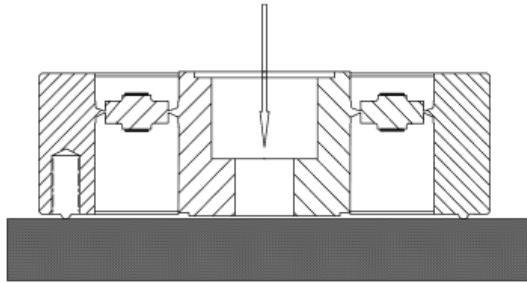
Suorakulmaisessa anturissa, kuvassa 12, joka poikkileikkattuna taivutusakselin kohdalta on symmetrinen, ylä- ja alapuolella olevat venymäliuskat taipuvat vastakkaisiin suuntiin. Usein käytetty tasovaa'oilissa. (VPG Transducers 2019.)



Kuva 12. HBM taivutuspaikkianturi (HBM Finland 2020a)

### 3.3.4 Puristusanturi

Puristusanturissa, joka kulkee myös nimellä rengasvääntöanturi, perustuu neljään pyöreään venymäliuska-anturiin renkaan muotoisessa osassa. Tätä kuormittaessa renkaan halkaisija pienentyy ylhäältä ja suurenee alhaalta, toisin sanoen kaksi venymäliuskaa on puristuksissa ja kaksi jännityksessä. Anturin geometrisen suunnittelun takia hystereesi- ja ryömintäominaisuudet ovat parempia verrattuna veto- ja puristusantureihin, mutta ne ovat myös herkempiä iskuista muodostuvalle ylikuormitukselle. Renkaan ja pohjan välinen rakenne, kuva 13, antaa anturille mekaanisen ylikuormitussuojan. (VPG Transducers 2019.)



Kuva 13. Puristusanturin leikkauskuva (VPG Transducers 2019)

Kuvan 14 esimerkin puristusanturia käytetään yhdessä erilaisten asennussarjojen kanssa ja sopii hyvin esimerkiksi siilon tai säiliön punnitukseen. (Lahti Precision 2019b.)

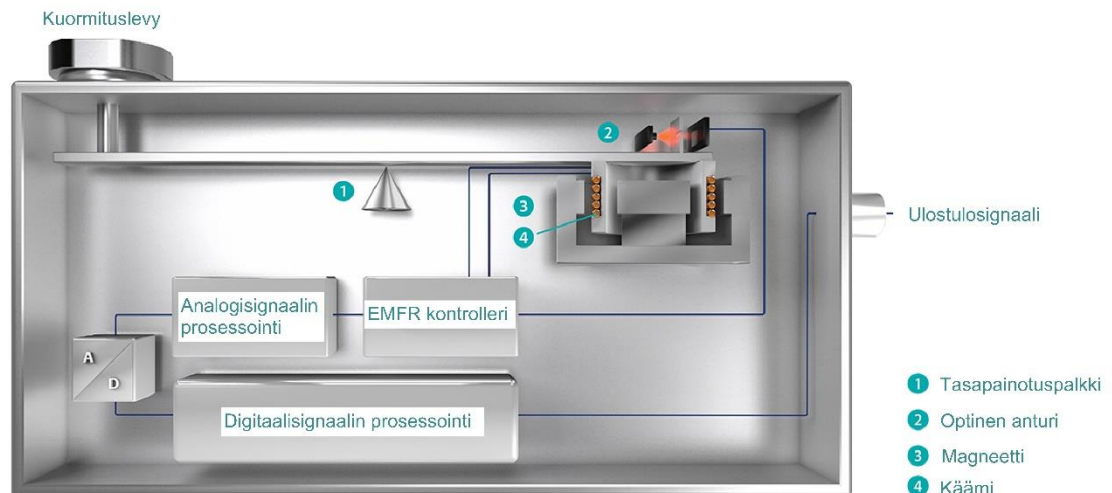


Kuva 14. Lahti Precision Puristusanturi (Lahti Precision 2019b)



### 3.3.5 EMFR-anturi

EMFR-tekniikkaan perustuvat (Electro Magnetic Force Restoration) anturit ovat erittäin tarkkoja ja nopeita verrattuna venymäliuska-antureihin. Kuvassa 15 paino asettuu käämin varren päähän, jonka seurauksena kuormitusilanteessa palkki liikkuu pois magneetikentästä. Optinen anturi tunnistaa pienimmätkin poikkeamat ja sen avulla tiedetään paljonko virtaa käämin lävitse täytyy lähettää, jotta palkki pysyy tasapainossa. Toisin sanoen anturiin asetettu paino kompensoidaan käämin läpi kulkevalla virralla, jonka jälkeen virtatieto voidaan prosessoida digitaaliseen muotoon luettavaksi suoraan anturilta. Erilistä indikaattoria tai lähetintä ei siis tarvitse käyttää tämän tyyppin anturien kanssa. Tälle anturille tyypillistä on pienemmät kapasiteetit sekä suuri fyysinen koko verrattuna edellisiin antureihin. (Wipotec 2018.)



Kuva 15. Wipotec EMFR-anturin toimintaperiaate (Wipotec 2018)

### 3.4 Vahvistimet ja lähettimet

Vaaka-anturit kytketään aina jonkinlaiseen lähettimeen, vahvistimeen tai muuhun instrumenttiin, joka muuntaa antureilta tulevan analogiasignaalin luettavaan muotoon, yleensä massaksi tai voimaksi. Tältä instrumentilta voidaan tarpeiden ja laitteen ominaisuuksien mukaan viedä signaali eteenpäin joko analogisena tai digitaalisena automaatiojärjestelmään, paikallisnäytölle, tietokoneelle tai toiselle laitteelle. (Powder Bulk & Solids 2020.)

Punnitustietoja voidaan prosessoida lähettimessä valmiilla yksinkertaisilla funktioilla, joita voivat olla esimerkiksi (Avery Weigh-Tronix 2019):

- yleinen punnitus
- liikkeessä punnitseminen
- tarkistuspunnitus
- enimmäismäärän punnitus
- annostelu
- laskuri.

Kuvan 16 lähetin on yleiseen punnitukseen sopiva isolla paikallisnäytöllä varustettuna, joka sopii hyvin esimerkiksi tasovaakoihin. Lähettimellä on mahdollista suorittaa kalibrointi suurella tarkkuudella ja kaupalliseen käyttöön. (Dini Argeo 2019a.)



Kuva 16. Dini Argeo DFWS -lähetin paikallisnäytöllä (Dini Argeo 2019a)

Kuvan 17 lähetin, joka on ominaisuuksiltaan hyvin samanlainen kuin kuvan 16 lähetin, sijoitetaan koteloon tai keskukseen. Sopii hyvin esimerkiksi prosessiteollisuuteen, jossa voidaan tarvita korkeampaa suojausluokkaa ympäristön vaatimuksista johtuen. (Dini Argeo 2019b.)



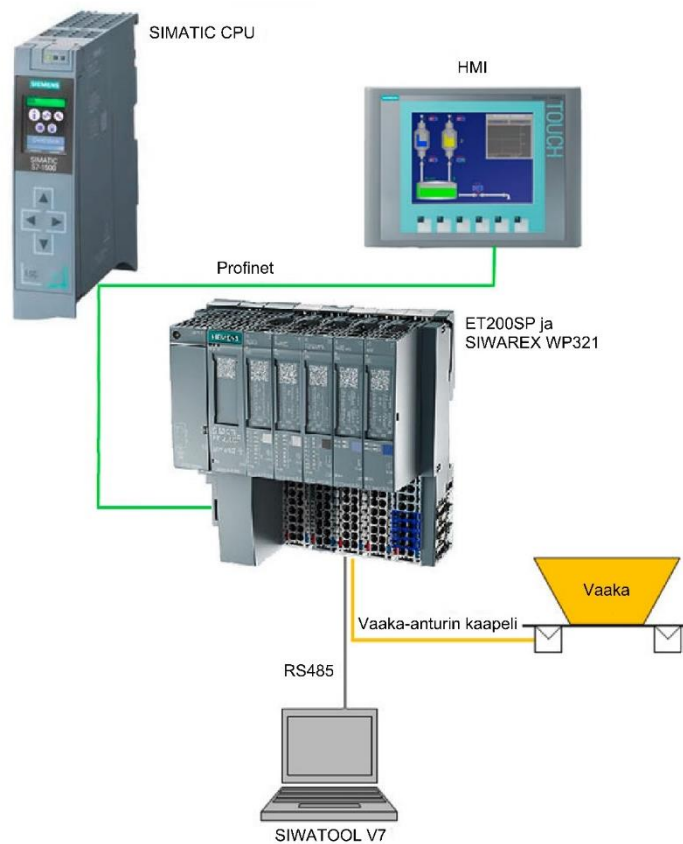
Kuva 17. Dini Argeo DGT4 -lähetin kiskoasennusmalli (Dini Argeo 2019b)

## 4 SIEMENS SIWAREX -JÄRJESTELMÄ

### 4.1 SIWAREX PLC

Perinteisen lähettimen sijaan vaihtoehtona on kytkeä anturit suoraan automaatiojärjestelmään, jossa suurimmat edut ovat tehokkuus ja yksinkertaisuus. Antureilta tuleva tieto voidaan helposti hyödyntää reaaliajassa muualla osana isompaa automaatiojärjestelmää. (Siemens 2018.)

Kuvassa 18 on esitetty yksinkertainen järjestelmä Siemens ET 200SP -hajautusyksiköstä WP321-vaakaohjaimella varustettuna. Vastaavan järjestelmän rakennus vain yhtä vaakaa varten ei ole kovin kustannustehokasta varsinkaan, jos olemassa olevaa automaatiojärjestelmää ei ole olemassa. Prosessiteollisuuden tehtaisiin ja laitoksiin, jossa I/O-määrät voivat olla jopa tuhansia, SIWAREX PLC -pohjaiset punnitusjärjestelmät ovat varteenotettava vaihtoehto. (Siemens 2017.)



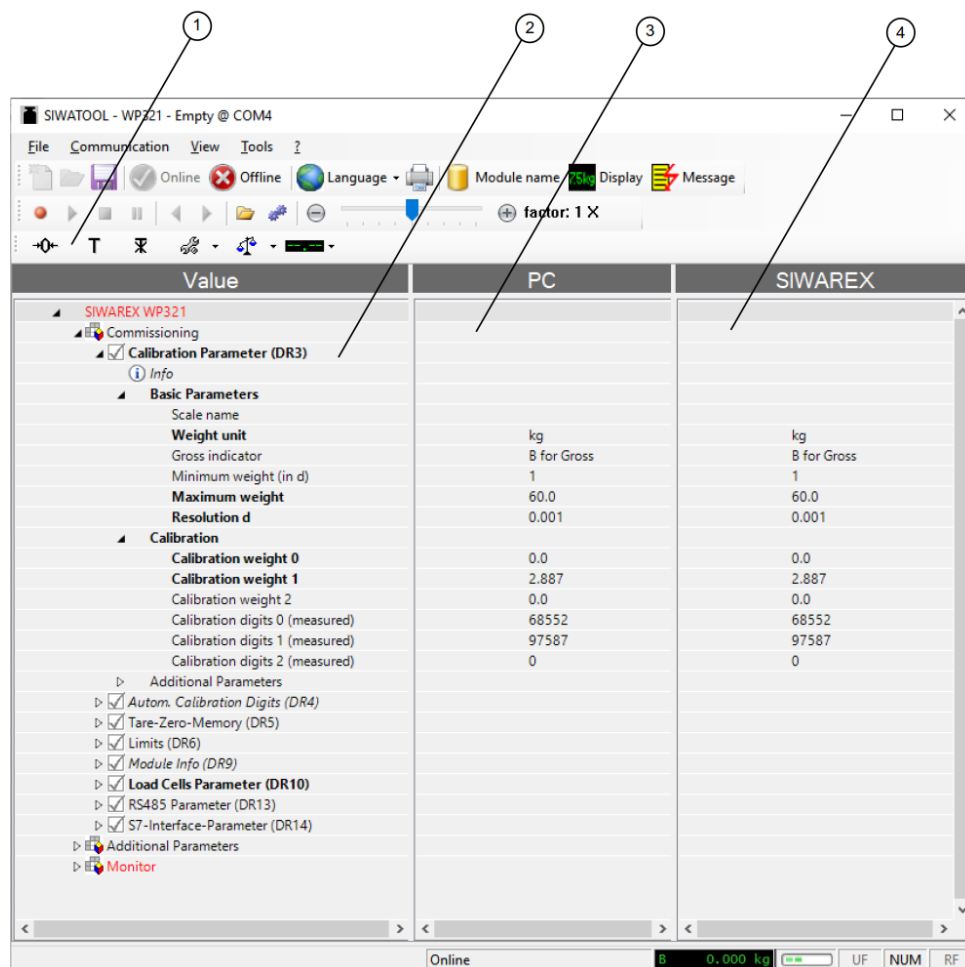
Kuva 18. Järjestelmän yleiskuva (Siemens 2017)

## 4.2 SIWATOOL

SIWATOOL on erillinen Siemensin ohjelma, joka ei tarvitse TIA Portalia toimiakseen. Parametrien katselu ja muutokset ennalta määriteltyn vaakakorttiin onnistuu ilman TIA Portalia, tähän tarvitaan ja tietokone SIWATOOL-ohjelmalla sekä yhteys vaakakorttiin RS485-väylää käyttäen. Kaikkia vaakakortin parametreja on mahdollista muokata, vaikka yhteyttä vaakaan ei ole. Tämä vähentää käyttöönottoaikaa, kun parametrit voidaan valmistella etukäteen toimistolla. Voidaan esimerkiksi käyttää jo käytössä olevan vaa'an talletettua profiilia uuden samanlaisen vaa'an käyttöönottoon. (Siemens 2017.)

SIWATOOL-ohjelman käyttöliittymän kuvassa 19:

1. SIWATOOL työkalut ja vaa'an operointi
2. Vaakakortin parametrilista
3. Vaakakortin offline-arvot
4. Vaakakortin online-arvot



Kuva 19. Yhdistetyn vaakakortin oletusnäky (Siemens 2017)

SIWATOOL-ohjelmassa vaa'an kalibrointi voidaan suorittaa kahdella alla olevalla tavalla.

Automaattinen kalibrointi suoritetaan käyttäen yhden tai useamman vaaka-anturin teknisiä tietoja. Parametreihin tulee asettaa vaa'an maksimipaino, resoluutio, vaaka-anturien määrä, vaa'alla oleva paino kalibrointihetkellä (suositeltua on, että vaaka olisi tyhjä), vaaka-anturin mV/V lukema (jos käytetään useampaa anturia, lasketaan anturien mV/V lukemien keskiarvo) sekä vaaka-anturien nimelliskapasiteetti. (Siemens 2017.)

Toinen tapa kalibroida vaaka on referenssipainoja käyttäen. Referenssipainoksi käytetään vain tunnettu paino. SIWAREX-ohjelmaan tulee asettaa kalibrointia varten vaa'an maksimipaino, resoluutio sekä referenssipainon massa. Siemensin (2017) tekstissä suositellut referenssipainot:

- 1 mV/V: 4 % vaaka-anturin maksimista
- 2 mV/V: 2 % vaaka-anturin maksimista
- 4 mV/V: 1 % vaaka-anturin maksimista.

Siemensin (2017) tekstissä neuvotaan, että kalibroinnin tulos tulee tarkastaa kummasakin kalibrointitavassa seuraavalla menetelmällä:

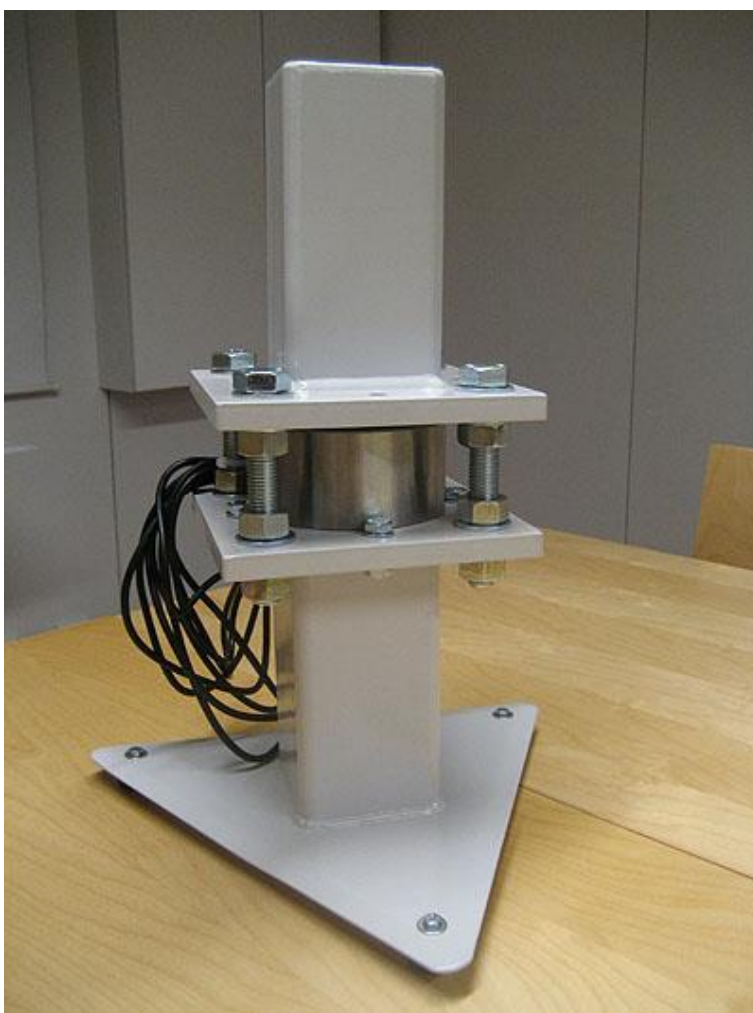
1. Varmista, että vaaka on tyhjä ja näyttö on nollokohdassa.
2. Aseta yksi tai useampi tunnettu paino vaa'alle.
3. Tarkista tulos näytöltä.
4. Poista paino(t) vaa'alta.
5. Tarkista, että näyttö on nollokohdassa.

Kalibroinnin jälkeen on hyvä tallentaa vaa'an parametrit tiedostoon myöhempää käyttöä varten (Siemens 2017).

## 5 ESIMERKKEJÄ KÄYTTÖKOHTEISTA

### 5.1 Siilo tai säiliö

Punnitusjärjestelmä on luotettava vaihtoehto, jos halutaan säiliöön tai siiloon tuotetta koskevat pinnanmittaus. Säiliössä oleva materiaali ei likaa antureita, joten ratkaisu on myös melko huoltovapaa. Hälytysrajat ovat vapaasti asetettavissa lähettimestä, kun taas joissain perinteisissä pintamittareissa hälytys- ja mittausrajat pitää määrittää jo laitetta ostaessa. Siilon tai säiliön tukijalkoihin asennetaan vaaka-anturit, esimerkiksi kuvan 20 tavoin Triotecin siilovaakajärjestelmässä. (Jauhetekniikka 2020.)



Kuva 20. Siilovaaka-anturin asennussarja (Triotec 2020)

## 5.2 Nosturi

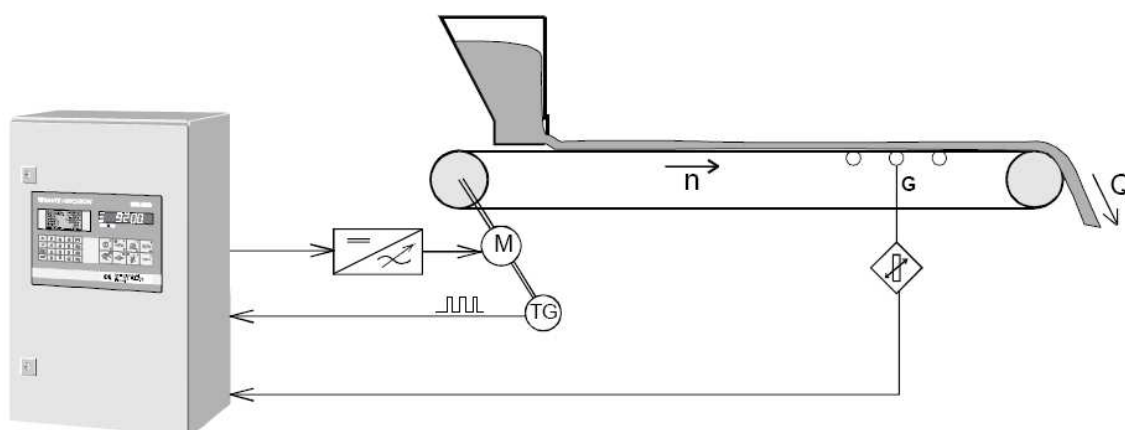
Kuten nimestäkin voi jo päätellä, nosturivaakaa käytetään nostettavan tai roikkuvan kappaleen punnitukseen. Tämä voi joskus olla hankalaa ja jopa vaarallista, jos kappale on muodoltaan epätavallinen ja erittäin painava. Nosturivaaka'at ovat yleensä etäohjattavissa kauko-ohjaimella ja saavat sähkönsä akuista tai pattereista, koska henkilövahingon mahdollisuus tulee olla minimoitu. Valmiissa ratkaisussa nostureihin vaakanturi on sijoitettu yleensä koukkuun. Kuvan 21 tuotteessa on langaton lähetin, mutta muissa tuotteissa lähetin voidaan myös sijoittaa anturin yhteyteen eli suoraan koukkuun, jolloin ope-  
rointi tapahtuu kauko-ohjaimella. (PCE Instruments 2020.)



Kuva 21. Teollisuusnosturivaaka ja lähetin (Vaakaekspertti 2020)

### 5.3 Kuljetin- tai hihnavaaka

Vaaka mittaa jatkuvatoimisesti kuljettimella siirrettävää materiaalia painon ja nopeuden perusteella, joista lähetin kerää ja käsittelee mittaustulokset ja tuottaa punnitustuloksena vaa'an yli kulkeneen materiaalmäärän (kuvassa 22 materiaalin paino  $G$ ) ja hetkellisen massavirran. Tarvittaessa lähettimeltä saatu ohjaustieto käytetään hihnan tai kuljettimen nopeuden (kuvassa 22 hihnan nopeus  $n$ ) ohjaukseen, jolloin materiaalivirta (kuvassa 22 materiaalivirta  $Q$ ) pysyy vakiona. (Lahti Precision 2019d.)



Kuva 22. Nopeussäätetyn hihnavaa'an toimintaperiaate (Lahti Precision 2019d)

Olemassa olevan hihnakuuljettimeen saa punnitustoiminnon helposti vaihtamalla kuljettimesta yhden rullapukin tilalle punnitusanturi. Toimittaja valitsee punnitusanturin tapauskohtaisesti tilaajan tarpeiden mukaan hihnaleveyden ja rullaprofiilin mukaan. Optioina saattaa olla hihnasyötin, joka syöttää materiaalia muualle halutulla massavirralla. (Lahti Precision 2019d.)



## 6 RUOKALINJASTON TASOVAA'AN SUUNNITTELU

Tämä luku on salainen.

## 7 YHTEENVETO

Tavoitteena olleet käyttöohjeet laitevalinnasta sekä käyttöönotosta valmistuivat Elomatic Oy:n suunnittelijoiden käytettäväksi. Vaikka lähteitä tiedonhakuun on ollut monta, niiden kirjo ei ollut suuri. Vaaka-anturien eri tyyppejä ei ollut ennestään selvitetty asennuskohteen kannalta syvällisesti.

Työn aikana esille on tullut vaaka-anturien laaja-alaiset vaihtoehdot, joihin vaikuttaa merkittävästi käytettävät asennussarjat. Lähettimen valinta perustuu usein suunnittelijoiden kokemuksiin ja mielipiteisiin, koska valmistajien laitevalikoima on valtava. Jo käytössä olevan punnitusjärjestelmän kalibrointi Siemensin automaatiojärjestelmästä onnistuu ohjeiden avulla yksiselitteisesti, jonka voi kokemattomampi suunnittelijakin tehdä.

Asiakkaan tasovaa'an valintaa luultiin projektissa aluksi helpohkoksi vaiheeksi, koska tuntemus tekniikkaan ei ollut laaja. Tasovaa'an suunnitteluvaiheessa ei ollut merkittäviä ongelmia, koska laitetoimittajan ja kollegojen vinkkien avulla pääsi melko pitkälle.

Oikeiden lähtötietojen tarpeen tunnistaminen ajoissa vaikuttaa ratkaisevasti mihin tahansa prosessilaitteen valintaan. Käyttöohjeiden laajentamista myös muihin mittausmenetelmiin voisi harkita. Kun työuran alussa olevalle suunnittelijalle annetaan tehtäväksi mittalaitteiden valinta, voisi hän lukea ohjeistuksen aiheesta projektin vauhdittamiseksi.

## LÄHTEET

Anyload 2020. 202WA Planar Load Cell. Viitattu 7.1.2020. <https://www.anyload.com/product/202wa-planar-load-cell/>

Avery Weigh-Tronix 2019. Weight Indicators brochure. Viitattu 10.12.2019. <http://edition.pagesuite.com/html5/reader/production/default.aspx?pubname=&pubid=c342a708-aa34-4254-998b-22a086031480>

Dini Argeo 2019a. DFWL: Multifunction weight indicator. Viitattu 10.12.2019. <http://www.diniargeo.com/prd/scales/weight-indicators/dfw-series/en-dfwl.aspx>

Dini Argeo 2019b. DGT4: 4-channel weight transmitter. Viitattu 10.12.2019. <http://www.diniargeo.com/prd/scales/weight-indicators/dgt-series/dgt4fieldbus-en.aspx>

Vaakadirektiivi 2014/31/EU. Annettu Euroopan parlamentissa ja neuvostossa 26 päivänä helmikuuta 2014. Saatavilla <http://data.europa.eu/eli/dir/2014/31/oj>

Mittauslaitedirektiivi 2014/32/EU. Annettu Euroopan parlamentissa ja neuvostossa 26 päivänä helmikuuta 2014. Saatavilla <http://data.europa.eu/eli/dir/2014/32/oj>

HBM Finland 2020a. PW6D Single Point Load Cell. Viitattu 7.1.2020. <https://www.hbm.com/en/3028/pw6d-single-point-load-cell/>

HBM Finland 2020b. The Wheatstone Bridge Circuit. Viitattu 7.1.2020. <https://www.hbm.com/en/7163/wheatstone-bridge-circuit/>

Jauhetekniikka 2020. Siilojen ja säiliöiden punnituslaitteistot. Viitattu 7.1.2020. <http://www.jauhetekniikka.fi/tuotteet/jauheiden-varastointi/punnituslaitteistot>

Kastro, A. 2011. Massavirtausmittaukset pulpperin syöttökuljettimella. Opinnäytetyö. Automaatiotekniikka. Hämeen ammattikorkeakoulu. Viitattu 7.1.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201201251611>

Lahti Precision 2019a. Nappianturipunnitus. Viitattu 22.7.2019. <https://www.lahtiprecision.com/fi/tuotteet/vaakapaatteet-ja-punnituskomponentit/53/punnitusanturit>

Lahti Precision 2019b. Punnitusanturi RC2. Viitattu 22.7.2019. [https://lahtiprecision.com/wp-content/uploads/2019/08/Lahti\\_Precision\\_Punnitusanturi\\_RC2\\_FI.pdf](https://lahtiprecision.com/wp-content/uploads/2019/08/Lahti_Precision_Punnitusanturi_RC2_FI.pdf)

Lahti Precision 2019c. Punnitusanturi TB5. Viitattu 22.7.2019. [https://lahtiprecision.com/wp-content/uploads/2019/08/Lahti\\_Precision\\_Punnitusanturi\\_TB5\\_FI.pdf](https://lahtiprecision.com/wp-content/uploads/2019/08/Lahti_Precision_Punnitusanturi_TB5_FI.pdf)

Lahti Precision 2019d. WB-920 Annosteleva hihnavaaka käyttöohje. Viitattu 22.7.2019. <https://www.lahtiprecision.com/fi/tuotteet/vaakapaatteet-ja-punnituskomponentit/55/vaakapaatteet>

Lahti Precision 2019e. Pekka Saarinen, Sähköpostikeskustelu 17.7.2019.

National Instruments 2020. Measuring Strain with Strain Gages. Viitattu 7.1.2020. <https://www.ni.com/fi-fi/innovations/white-papers/07/measuring-strain-with-strain-gages.html>

Nieminen, I. 2019. PROFINET prosessiteollisuuden automaatio suunnittelussa. Opinnäytetyö. Energiatekniikka. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Viitattu 29.1.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201901211452>

PCE Instruments 2020. Crane Scales and Heavy Weighing Equipment. Viitattu 29.1.2020. [https://www.pce-instruments.com/english/weighing-equipment/scales-and-balances/crane-scales-and-heavy-weighing-equipment-kat\\_40142.htm](https://www.pce-instruments.com/english/weighing-equipment/scales-and-balances/crane-scales-and-heavy-weighing-equipment-kat_40142.htm)

PJ Control 2020. Automaatio > Teollisuusväylä > Profibus. Viitattu 29.1.2020. <https://www.pjc.fi/automaatio/teollisuusvayla/profibus>

Powder Bulk & Solids 2020. Selecting the Right Weight Indicator. Viitattu 29.1.2020. <https://www.powderbulksolids.com/article/Selecting-the-Right-Weight-Indicator-05-02-2018>

Punnitukset Ja Voiman Mittaukset. 1981. Helsinki: Suomen säätöteknillinen seura ry.

Siemens 2017. Electronic weighing system SIWAREX WP321. Viitattu 15.10.2019. [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/745/109750745/att\\_930891/v1/A5E33715669A-ABen\\_SIWAREX\\_WP321\\_M\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/745/109750745/att_930891/v1/A5E33715669A-ABen_SIWAREX_WP321_M_en-US.pdf)

Siemens 2018. Products for Weighing Technology. Viitattu 15.10.2019. [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/627/109745627/att\\_966051/v1/WT10\\_en.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/627/109745627/att_966051/v1/WT10_en.pdf)

Triotec 2020. Triotec siilovaaka. Viitattu 29.1.2020. <https://www.triotec.fi/siilot-ja-sailiot/triotec-siilovaaka>

Tukes 2019a. Räjähdyksvaarallisten tilojen laitteet – ATEX. Viitattu 12.12.2019. <https://tukes.fi/teollisuus/rajahdysvaaralliset-tilat/rajahdysvaarallisten-tilojen-laitteet-atex>

Tukes 2019b. Vaakojen vaatimustenmukaisuuden tunnistaminen. Viitattu 12.12.2019. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/mittauslaitteet/vaakojen-vaatimustenmukaisuuden-tunnistaminen>

Vaakaekspertti 2020. Nosturivaaka KERN HFT. Viitattu 29.1.2020. <https://vaakaekspertti.fi/nosturivaaka-kern-hft.html>

VPG Transducers 2019. Load Cell Technology. Viitattu 22.7.2019. <http://www.vishaypg.com/docs/11866/vpg-01.pdf>

Wipotec 2018. Weighing Principle. Viitattu 10.12.2019. <https://www.wipotec-wt.com/en/company/weighing-principle/>

## LIITE I

## OLENNAISET VAATIMUKSET

Käytetty sanasto noudattaa lakisääteisen mittaustoiminnan kansainvälisen järjestön (OIML) mukaista sanastoa.

**Alkuhuomautukset**

Jos 1 artiklan 2 kohdan a–f alakohdassa lueteltuun käyttöön tarkoitettuun vaakaan sisältyy tai siihen on liitetty useampi kuin yksi näyttö- tai tulostuslaite, niiden laitteiden, jotka toistavat punnitustuloksen ja joilla ei ole vaikutusta vaa'an asianmukaiseen toimintaan, ei tarvitse olla olennaisten vaatimusten mukaisia, jos punnitustulokset tulostuvat tai tallentuvat oikein ja pysyvästi vaa'an osalla, joka on olennaisten vaatimusten mukainen, ja tulokset ovat mittausten molempien osapuolten saatavilla. Jos vaakoja kuitenkin käytetään suoraan kuluttajille suunnattuun myyntiin, myyjää ja ostajaa varten tarkoitettujen näyttö- ja tulostuslaitteiden on oltava olennaisten vaatimusten mukaisia.

**Metrologiset vaatimukset**1. *Massan yksiköt*

Käytettyjen massan yksiköiden on oltava mittayksikköjä koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä 20 päivänä joulukuuta 1979 annetussa neuvoston direktiivissä 80/181/ETY<sup>(1)</sup> tarkoitettuja virallisia massan yksiköitä.

Tätä ehtoa noudattaen seuraavat yksiköt ovat sallittuja:

- a) SI-yksiköt: kilogramma, mikrogramma, milligramma, gramma, tonni;
- b) englanninmittayksikkö: troy ounce jalometallien punnitsemiseksi;
- c) muu kuin SI-yksikkö: metrinen karaatti jalokivien punnitsemiseksi.

Kun vaoissa käytetään edellä mainittua englanninmittayksikköä, jäljempänä tarkoitettuja asiaa koskevia olennaisia vaatimuksia sovelletaan muuttamalla se yksinkertaisella interpoloinnilla englanninmittayksiköksi.

2. *Tarkkuusluokat*

## 2.1 Seuraavat tarkkuusluokat on määriteltä:

- a) I erikois
- b) II täsmä
- c) III kauppa
- d) IIII harvajako

Näiden luokkien tekniset eritelvät on annettu taulukossa 1.

Taulukko 1

Tarkkuusluokat				
Tarkkuusluokka	Varmennusaskelarvo (e)	Pienin käyttökuorma (Min)	Varmennusaskelmäärä $n = ((Max)/(e))$	
		Pienin arvo	Pienin arvo	Suurin arvo
I	$0,001 \text{ g} \leq e$	100 e	50 000	–
II	$0,001 \text{ g} \leq e \leq 0,05 \text{ g}$	20 e	100	100 000
	$0,1 \text{ g} \leq e$	50 e	5 000	100 000
III	$0,1 \text{ g} \leq e \leq 2 \text{ g}$	20 e	100	10 000
	$5 \text{ g} \leq e$	20 e	500	10 000
IIII	$5 \text{ g} \leq e$	10 e	100	1 000

(1) EYVL L 39, 15.2.1980, s. 40.

II- ja III-luokan vaakojen pienin käyttökuorma saa olla 5 e, kun vaakoja käytetään kuljetusmaksujen määräämiseen.

## 2.2 Askelarvot

2.2.1 Todettavissa oleva askelarvo (d) ja varmennusaskelarvo (e) on annettava muodossa:

$$1 \times 10^k, 2 \times 10^k \text{ tai } 5 \times 10^k \text{ massan yksikköä,}$$

jossa k on mikä tahansa kokonaisluku tai nolla.

2.2.2 Kaikissa muissa kuin apulukemislaitteilla varustetuissa vaoissa:

$$d = e.$$

2.2.3 Apulukemislaitteella varustetuissa vaoissa seuraavien ehtojen on oltava voimassa:

$$e = 1 \times 10^k \text{ g;}$$

$$d < e \leq 10 \text{ d.}$$

Kyseisiä ehtoja ei sovelleta I-luokan vaakoihin, joissa  $d < 10^{-4} \text{ g}$ , jolloin  $e = 10^{-3} \text{ g}$ .

## 3. Luokittelu

### 3.1 Yhden punnitusalueen vaa'at

Apulukemislaitteella varustettujen vaakojen on kuuluttava I- tai II-luokkaan. Näiden vaakojen osalta vaa'an pienimmän käyttökuorman pienin arvo saadaan taulukosta 1 korvaamalla sarakkeessa 3 varmennusaskel (e) todettavissa olevalla askelcella (d).

Jos  $d < 10^{-4} \text{ g}$ , suurin käyttökuorma I-luokassa voi olla pienempi kuin 50 000 e.

### 3.2 Vaa'at, joissa on monta punnitusaluetta

Useat punnitusalueet ovat sallittuja, jos ne ovat vaakaan selvästi merkittyjä. Jokainen punnitusalue luokitellaan 3.1 kohdan mukaisesti. Jos punnitusalueet kuuluvat eri tarkkuusluokkiin, vaa'an on täytettävä tiukimmat vaatimukset, jotka on annettu vaa'an eri punnitusalueiden tarkkuusluokille.

### 3.3 Moniaskelvaa'at

3.3.1 Yhdellä punnitusalueella varustetuissa vaoissa voi olla useita punnituksen osa-alueita (moniaskelvaa'at).

Moniaskelvaa'oissa ei saa olla apulukemislaitetta.

3.3.2 Moniaskelvaa'an kukin punnituksen osa-alue i määritellään sen

— varmennusaskeleen $e_i$ avulla,	$e_{(i+1)} > e_i$
— sen suurimman käyttökuorman $Max_i$ avulla,	$Max_r = Max$
— sen pienimmän käyttökuorman $Min_i$ avulla,	$Min_i = Max_{(i-1)}$ ja $Min_1 = Min$

jossa

$$i = 1, 2, \dots, r,$$

i = punnituksen osa-alueen numero

r = punnitusten osa-alueiden lukumäärä

Kaikki kuormat ovat nettokuormia, käytetyn taaran arvosta riippumatta.

3.3.3 Punnitusten osa-alueet luokitellaan taulukon 2 mukaisesti. Kaikkien osa-alueiden on kuuluttava samaan tarkkuusluokkaan, joka on vaa'an tarkkuusluokka.

Taulukko 2

Moniaskelvaa'at				
$i = 1, 2, \dots, r$				
$i$ = punnituksen osa-alueen numero				
$r$ = punnitusten osa-alueiden lukumäärä				
Tarkkuusluokka	Varmennusaskelarvo (c)	Pienin käyttökuorma (Min)	Varmennusaskelmäärä	
		Pienin arvo	Pienin arvo (1) $n = ((Max_i)/(c_{i-1}))$	Suurin arvo $n = ((Max_i)/(c_i))$
I	$0,001 \text{ g} \leq e_i$	$100 e_1$	50 000	—
II	$0,001 \text{ g} \leq e_i \leq 0,05 \text{ g}$	$20 e_1$	5 000	100 000
	$0,1 \text{ g} \leq e_i$	$50 e_1$	5 000	100 000
III	$0,1 \text{ g} \leq e_i$	$20 e_1$	500	10 000
IIII	$5 \text{ g} \leq e_i$	$10 e_1$	50	1 000

(1) Kun  $i = r$ , taulukon 1 sarake on voimassa siten, että  $c$  korvataan  $c_r$ llä.

#### 4. Tarkkuus

- 4.1 Pantaessa täytäntöön 13 artiklassa säädettyjä menettelyjä näyttämän virhe ei saa ylittää taulukossa 3 annettua suurinta sallittua virhettä. Kun kyseessä on epäjatkuva (digitaalinen) näyttämä, epäjatkuvuudesta aiheutuva pyöristysvirhe on korjattava.

Suurimpia sallittuja virheitä sovelletaan kaikkiin mahdollisiin netto- ja taarakuormiin, ennalta asetettuja taarakuormia lukuun ottamatta.

Taulukko 3

Suurimmat sallitut virheet				
Kuorma				Suurin sallittu virhe
I luokka	II luokka	III luokka	IIII luokka	
$0 \leq m \leq 50\,000 \text{ e}$	$0 \leq m \leq 5\,000 \text{ e}$	$0 \leq m \leq 500 \text{ e}$	$0 \leq m \leq 50 \text{ e}$	$\pm 0,5 \text{ e}$
$50\,000 \text{ e} < m \leq 200\,000 \text{ e}$	$5\,000 \text{ e} < m \leq 20\,000 \text{ e}$	$500 \text{ e} < m \leq 2\,000 \text{ e}$	$50 \text{ e} < m \leq 200 \text{ e}$	$\pm 1,0 \text{ e}$
$200\,000 \text{ e} < m$	$20\,000 \text{ e} < m \leq 100\,000 \text{ e}$	$2\,000 \text{ e} < m \leq 10\,000 \text{ e}$	$200 \text{ e} < m \leq 1\,000 \text{ e}$	$\pm 1,5 \text{ e}$

- 4.2 Suurimmat sallitut virheet käyttötilanteessa ovat 4.1 kohdassa suurimmat sallitut virheet kaksinkertaisina.
5. Vaa'an punnitustulosten on oltava toistettavissa ja käytetystä näyttölaitteesta tai tasapainotusmenetelmästä riippumatta uusittavissa.
- Punnitustuloksen on oltava riittävästi riippumaton kuorman sijainnista kuormankannattimella.
6. Vaa'an on vastattava pieniin kuormanmuutoksiin.
7. Vaikutussuureet ja aika
- 7.1 Tavanomaisessa käytössä aiheutuvat kallistukset eivät saa merkittävässä määrin vaikuttaa II-, III- ja IIII-luokan vaakoihin, joita voidaan käyttää kalliistettuna.
- 7.2 Vaa'an on toimittava metrologisten määräysten mukaisesti valmistajan ilmoittamalla lämpötila-alueella. Tämän alueen on oltava vähintään
- a)  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  I-luokan vaa'aille;

b) 15 °C II-luokan vaoille;

c) 30 °C III- tai IIII-luokan vaoille.

Jos valmistaja ei ole ilmoittanut lämpötila-alueita, sovelletaan aluetta – 10 °C – + 40 °C.

7.3 Sähköverkkoon kytkettyjen vaakojen on toimittava mittausteknisten määräysten mukaisesti, kun verkossa esiintyy tavanomaisissa rajoissa pysyvää vaihtelua.

Paristo- tai akkukäyttöisten vaakojen on ilmaistava jännitteen lasku alle sallitun pienimmän arvon. Vaa'an on siinä tapauksessa joko edelleen toimittava oikein tai lakattava toimimasta.

7.4 Elektronisten vaakojen, lukuun ottamatta I-luokan vaakoja ja sellaisia II-luokan vaakoja, joiden e on pienempi kuin 1 g, on oltava metrologisten määräysten mukaisia olosuhteissa, joissa vallitsevalla lämpötilan alueella suuri suhteellinen kosteus.

7.5 II-, III- ja IIII-luokan vaakojen pitkäaikainen kuormitus ei saa merkittävästi vaikuttaa vaa'an näyttämään vaa'an ollessa kuormitettuna tai nollanäyttämään välittömästi kuorman poistamisen jälkeen.

7.6 Muissa olosuhteissa vaa'an on joko edelleen toimittava oikein tai lakattava toimimasta.

#### Vaa'an rakenne

8. *Yleisiä vaatimuksia*

8.1 Vaa'an rakenteen on oltava sellainen, että vaaka säilyttää metrologiset ominaisuutensa asianmukaisessa käytössä ja oikein asennettuna sekä kun sitä käytetään sille tarkoitetuissa ympäristöissä. Vaa'assa on oltava massanäyttö.

8.2 Jos elektroniset vaa'at joutuvat alttiiksi häiriöille, ne eivät saa antaa merkittävästi virheellisiä tuloksia tai niissä olevien tarkistuslaitteiden on havaittava ja ilmoitettava tulosten virheellisyys.

Kun tarkistuslaite on automaattisesti havainnut sähkömekaanisessa vaa'assa merkittävästi virheellisen tuloksen, sen on annettava näyttö- tai äänimerkki, jonka on jatkuttava, kunnes käyttäjä ryhtyy sen perusteella korjaustoimenpiteisiin tai virhe häviää.

8.3 Vaakojen on koko niiden tavanomaisen käyttötien ajan oltava 8.1 ja 8.2 kohdan mukaisia.

Digitaalisten elektronisten laitteiden on aina riittävästi tarkastettava mittaustapahtuman, näyttölaitteen toiminnan sekä tietojen tallennuksen ja siirron virheettömyys.

Kun merkittävä pysyvyysvirhe on havaittu automaattisesti, sähkömekaanisen vaa'an on annettava näyttö- tai äänimerkki, jonka on jatkuttava, kunnes käyttäjä ryhtyy toimiin sen korjaamiseksi tai virhe häviää.

8.4 Jos erillinen laite kytketään vaakaan sopivalla liitännällä, vaa'an mittaustekniset ominaisuudet eivät saa huonontua.

8.5 Vaa'an on rakenteeltaan oltava sellainen, ettei se mahdollista vilpillistä väärinkäyttöä ja että se vähentää tahatonta väärinkäyttöä. Osat, joita käyttäjä ei saa purkaa eikä viritellä, on suojattava tällaisia toimia vastaan.

8.6 Vaa'at on suunniteltava sellaisiksi, että tässä direktiivissä säädetyt tarkastukset on helppo tehdä.

9. *Punnitustuloksen näyttämät ja muut painoarvot*

Punnitustuloksen ja muiden painoarvojen näyttämien on oltava tarkasti ja yksiselitteisesti luettavissa olevia, eivätkä ne saa olla harhaanjohtavia. Näyttölaitteen antaman näyttämän lukeminen tavanmukaisissa käyttöolosuhteissa on oltava helppoa.

Tässä liitteessä olevassa 1 kohdassa annettujen yksiköiden nimien ja lyhenteiden on oltava direktiivin 80/181/ETY mukaisia. Tämän lisäksi metrisen karaatin lyhennyksenä käytetään merkintää "ct".



Näyttämän on oltava estetty kun suurin sallittu kuorma (Max) lisättyä arvolla 9 e on ylitetty.

Apulukemislaitte saa näyttää numeroita ainoastaan näyttämän desimaalimerkin oikealla puolella. Näyttämän laajennusta saadaan käyttää vain väliaikaisesti, ja sen aikana tulostus on estettävä.

Muut kuin varmennuskelpoiset lisänäyttämät ovat sallittuja, jos niitä ei voi sekoittaa varmennuskelpoisiin näyttämiin.

10. *Punnitustulosten ja muiden painoarvojen tulostus*

Tulostettujen arvojen on oltava oikeita, asianmukaisesti tunnistettavissa olevia ja yksiselitteisiä. Tulostuksen pitää olla selvä, helposti luettava ja pysyvä eikä poistettavissa oleva.

11. *Vaa'an saattaminen perusasentoon*

Tarvittaessa vaa'at on varustettava asennon viritys- ja näyttölaitteella, jotka ovat tarpeeksi herkkiä vaa'an oikean asennuksen varmistamiseksi.

12. *Nollaus*

Vaa'at voi varustaa nollauslaitteella. Näiden laitteiden toiminnan on varmistettava tarkka nollaus eivätkä ne saa aiheuttaa vääriä mittaustuloksia.

13. *Taaraus- ja esitaarauslaitteet*

Vaa'assa voi olla yksi tai useampi taaruslaitte sekä esitaaruslaitte. Taaruslaitteen toiminnan on saatettava vaa'an näyttämä tarkasti nolleen ja varmistettava oikea nettopunnitus. Esitaaruslaitteen toiminnan on varmistettava laske-  
tun nettoarvon oikea määrittäminen.

14. *Vaa'at, jotka on tarkoitettu suoraan kuluttajalle suunnattuun myyntiin ja joiden enimmäiskuorma on enintään 100 kg: lisämääräyksiä*

Vaakojen, jotka on tarkoitettu suoraan kuluttajalle suunnattuun myyntiin, on näytettävä asiakkaalle kaikki ollellinen tieto punnituksesta ja, jos on kyse hinnan laskevista vaa'oista, niiden on lisäksi selvästi näytettävä ostettavan tuotteen hinnan laskemiseen käytetyt tiedot.

Kun vaaka näyttää maksettavan hinnan, tiedon on oltava tarkka.

Hinnan laskevien vaakojen on näytettävä ollelliset tiedot riittävän pitkän ajan, jotta asiakas voi lukea ne asianmukaisesti.

Hinnan laskevissa vaa'oissa saa kertapunnituksen ja hinnanlaskun ohella olla muita toimintoja ainoastaan, jos kaikki kauppatahtumaan liittyvä tieto tulostetaan asiakasta varten selvästi, yksiselitteisesti ja sopivasti ryhmiteltyinä kuitille tai lipukkeelle.

Vaa'assa ei saa olla ominaisuuksia, jotka suoraan tai välillisesti voivat aiheuttaa näyttämiä, joiden tulkinta on vaikeaa tai monimutkaista.

Vaakojen on suojattava asiakkaita sellaisilta vääriä myyntitapahtumilta, jotka aiheutuvat vaakojen virheellisestä toiminnasta.

Apulukemislaitteet ja näyttämän laajennus eivät ole sallittuja.

Lisänäyttölaitteet ovat sallittuja ainoastaan, jos ne eivät mahdollista vilpillistä väärinkäyttöä.

Jos vaakojen ominaisuudet ovat samanlaiset kuin niillä vaa'oilla, jotka on tarkoitettu käytettäväksi myynnissä suoraan kuluttajille, mutta vaa'at eivät ole tässä kohdassa annettujen määräysten mukaisia, niihin on kiinnitettävä näytön läheisyyteen pysyvä merkintä "Ei saa käyttää myytävässä suoraan kuluttajalle".

15. *Hinnan tulostavat vaa'at*

Hinnan tulostaviin vaakoihin sovelletaan soveltuvin osin vaatimuksia, jotka asetetaan suoraan kuluttajalle suuntautuvaan myyntiin tarkoitetuille hinnan laskeville vaa'oille. Hintalipukkeen tulostus pienintä käyttökuormaa alitavilla kuormilla on estettävä.