
Hissikorin punnituksen mittaustarkkuuden analysointi



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Kone- ja tuotantotekniikka

Riihimäki, kevät 2014

Ahti Alanoja



Riihimäki
Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä	Ahti Alanoja	Vuosi 2014
Työn nimi	Hissikorin punnituksen mittaustarkkuuden analysointi	

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö tehtiin KONE Oyj:n Hyvinkään toimipisteen, hissikorikomponenttitehtaalle. Tarkoituksena oli saada selville, onko nykyinen punnitusprosessi toimiva ja kuinka paljon KONEen hissikorien punnitustulokset käytännössä vaihtelevat. Hissikorien massa on kriittinen tekijä hissien toiminnan kannalla, sillä korin liikkuminen hissikuilussa perustuu pitkälti kitkaan vetopyörän ja köysien välillä.

Työn teoriaperustaksi perehdyttiin hieman Six Sigmaan ja Gage R&R -menetelmään sekä yleisesti mittausepävarmuuteen liittyvään teoriaan. Lisäksi oma kokemus hissiteknologiasta, mittausepävarmuustesteistä sekä kokenempien työntekijöiden ja kollegoiden tietotaito auttoivat työn suorituksessa.

Hissikorinpunnitukseen perehtymisen aikana syntyi samalla ohje oikeaoppiseen punnitukseen. Ohjeen avulla hissikorien punnituksesta saatiin luotua entistä vähemmän virhemahdollisuuksia ja tulkinnanvaraa sisältävä kokonaisuus. Kokonaisvaltainen harmonisointi prosessille helpotti punnitukseen perehdyttämistä, sillä yleisimmissä punnitustapahtumissa on ainoastaan yhdenlainen punnitustapa, joka on hyvin yksityiskohtaisesti kuvattu. Lisäksi alihankkijoille räätälöity ohje lisää tulevaisuudessa entisestään tulosten luotettavuutta ja vähentää mahdollisia virhelähteitä.

Suoritettujen testipunnitusten perusteella pystyi toteamaan, että punnitustapahtuman aikana punnitsijasta ja mittalaitteesta johtuvat virheet ovat hyvin pieniä suurimassa osassa tapauksia. Kuitenkin testien aikana löytyi yksi ongelmallinen punnitustapaus, joka koetteli KONEen omia laatuvaatimuksia ja toleranssirajoja.

Punnitusprosessin tarkkuuden kasvattamiseen on muutamia eri vaihtoehtoja. Yksi vaihtoehto on tehdä punnituksen osalta yhteistyötä alihankkijoiden kanssa ja parantaa heidän punnitusprosessiaan. Toinen vaihtoehto on suorittaa kaikki punnitukset komponentti kerrallaan, jolloin tuki työmäärä kasvaa, mutta punnitusten tarkkuus olisi huippuluokkaa.

Avainsanat Hissiteollisuus, punnitus, mittausvirhe.

Sivut 41 s. + liitteet 14 s.

Riihimäki

Degree Programme in Mechanical Engineering and Production Technology

Author

Ahti Alanoja

Year 2014

Subject of Bachelor's thesis

Defining the measurement accuracy of car unit weighing

ABSTRACT

This thesis was commissioned by KONE Corporation's, car component factory. The purpose of the work was to find out whether the current car unit weighing system was accurate enough and how much weighing results varie. A car's mass is a critical factor for correct function because the car's movement in an elevator shaft is largely based on friction.

The theoretical basis for this thesis was Six Sigma and Gage R&R as well as general theory related to uncertainty of measurement. Also gained experience in the field of elevator technology, uncertainty of measurement tests and more experienced colleagues' knowledge helped during the implementation of this task.


During the familiarization to car unit weighing a guide for correct weighing was done. The guide made it possible to reduce the number of error opportunities and interpretation. Overall harmonizing of the process eased work orientation because mainly there is only one type of weighing used which is described in detail. Also a guide for sub-contractors will improve the reliability of the results and reduce errors.

According to the accomplished test weighings it is possible to say that errors during the weighing situation due to the weigher and measurement device are minimal in most of the cases. However one problematic result was established which tested KONE's quality requirements and tolerance limits.

There are a few choices to increase the level of weighing accuracy. One of the options is to co-operate with sub-contractors and improve their weighing system. Another option is to weigh all components separately without the actual packing. This would increase workload, but accuracy would be greatly improved as there would be no fluctuations in mass.

Keywords Elevator industry, weighing, measurement error.

Pages 41 p. + appendices 14 p.



SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	ESITTELY	1
2.1	KONE Oyj.....	1
2.2	KONEen Hyvinkään tehdas	2
3	MATKA VALMIIKSI TUOTTEEKSI	3
4	TEORIAPOHJA	4
4.1	Mittaussysteemin analysointi	4
4.2	Six Sigma	4
4.3	Minitab	6
4.4	Toistettavuus ja uusittavuus	6
4.4.1	R&R-testin toteutus karkeasti.....	7
4.5	Mittausepävarmuus	9
4.5.1	Mittausepävarmuuden laskenta	9
4.5.2	Systemaattinen virhe	11
4.5.3	Satunnainen virhe	11
4.5.4	Karkea virhe	11
4.6	Kalibrointi	11
5	HISSIEN TOIMINTA	12
5.1	Hissi.....	12
5.2	Hissikuilu, -koneisto ja vastapaino	13
5.3	Turvallisuus, anturit ja sensorit	14
5.4	Ripustus.....	15
6	HISSIKORIN PUNNITUS.....	15
6.1	Punnitusprosessin eteneminen.....	15
6.2	Analysointi	16
6.3	Punnituskaavake.....	17
6.4	Punnituksen epävarmuustekijät.....	17
6.5	Punnituksen toteutus	18
7	PUNNITUSTESTIEN TOTEUTUS	20
7.1	Sovellettu ongelmanratkaisumalli	20
7.2	R&R-tutkimuksen suunnittelu ja pohjatyö.....	21
7.2.1	Punnitustapa 1	21
7.2.2	Punnitustapa 2	22
7.2.3	Punnitustapa 3	23
7.2.4	Punnitusten pohjustus.....	23
7.3	Hissikorin punnitushoje.....	23
7.4	Esitietojen kerääminen	24
7.5	Punnitusten toteutus	27
8	TYÖN TULOKSET	28

8.1	Mittausepävarmuuslaskut koripakkauksille	28
8.2	RR-taulukosta saadut tulokset	29
8.3	Minitabilla lasketut tulokset	31
9	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	36
9.1	Korin massan määrittäminen pakkauksen kanssa	36
9.2	Osina punnitseminen	38
9.3	Muut vaihtoehdot	38
	LÄHTEET	41

Liite 1	Kosteuden vaikutus välipuiden massaan
Liite 2	Mittausepävarmuuslaskelmat punnitustuloksille
Liite 3	Mittausjärjestelmän analysointi

1 JOHDANTO

Syksyllä 2013 pääsin perehtymään KONE Oyj:n toimintaan työtehtävien muodossa. Tuolloin tutustuin yrityksen toimintatapoihin, heidän tuotteisiinsa käyttämiin tekniikoihin sekä muihin pieniin, mutta oleellisiin yksityiskohtiin, joiden avulla tuotteista luodaan toimivia kokonaisuuksia.

Alansa johtaviin yrityksiin lukeutuvalle KONEelle tärkeimpiä arvoja tuotteissaan ovat laatu ja turvallisuus. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena onkin keskittyä parantamaan heidän hissiensä laatua ja luotettavuutta, sillä hissikorin punnituksen avulla pystytään paremmin tarjoamaan asiakkaalle toimintavarma hissi. Itselleni aihe oli myös mielenkiintoinen, sillä toimenkuvaani yrityksessä liittyy hissikorinpunnitusta melko läheisesti.

Työn suurin anti KONEelle on mittaustapahtuman toleranssien laskeminen. Tällä tavoin he pystyvät varmistumaan siitä, että saatu punnitustulos on erittäin suurella varmuudella oikeanlainen. Punnitustulosten vaihteluvälin selvittämiseksi tulee järjestää testipunnituksia, joissa on useampi punnitsija ja useampi punnittava hissikori. Tämän lisäksi myös itse punnitustapahtuman harmonisointi, joka tapahtui ikään kuin sivutuotteena, lisää tulosten luotettavuutta.

Tutkimuksen aikana aion hyödyntää tietojani aiemmin käymiltäni mittausepävarmuuteen liittyviltä opintojaksoilta. Olen aiemmin tehnyt itse toistettavuuteen ja uusittavuuteen liittyviä kokeita ja tämän jälkeen selvittänyt tietyllä luottamustasolla mittausepävarmuuden suuruuden.

2 ESITTELY

Esittelyluvussa käsitellään yleisiä KONEeseen liittyviä asioita ja kerrotaan faktatietoa yrityksestä. Tämä osio raottaa hieman näkemystä siitä, millainen yritys KONE Oyj on.

2.1 KONE Oyj

KONE on perustettu vuonna 1910 ja sen nykyinen pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Yrityksen liikevaihto vuonna 2013 oli 6,9 miljardia euroa ja henkilöstömäärä oli yli 43 000. Lisäksi KONE toimii noin 50 eri maassa.

KONE valmistaa hissejä ja liukuportaita ja on alansa johtavia yrityksiä. KONEelta löytyy erilaisia tuotteita matkustajien siirtämiseen kerrostasolta toiselle ja tärkeimpiä kohteita ovat muun muassa toimistorakennukset, asuinrakennukset, hotellit ja liikekeskukset. Kuitenkin myös vaativammat kohteet, kuten sairaalat kuuluvat KONEen osaamisalueeseen.

Yrityksellä on aikaisemmin ollut laajempikin toimenkuva ja siitä onkin lähtenyt erilleen muun muassa Konecranes ja Cargotec. Kuitenkin keskittymisen hissi- ja liukuporrastekniikkaan ovat auttaneet tehostamaan KONEen toimintaa.

1990-luvulla KONE teki monia merkittäviä keksintöjä, jotka ovat osaltaan johdattaneet yrityksen maailman menestykseen. Yksi merkittävä keksintö oli konehuoneeton hissi, joka helpotti hissien ”paketoimista” entistä pienempään tilaan.

KONE on onnistunut tekemään monia hyviä keksintöjä, ratkaisuja ja päätöksiä, vaikka maailmalla on eletty hyvin vaikeita aikoja. Lisäksi satsaukset nopeasti kasvaviin alueisiin ovat tuottaneet tulosta.

Huhtikuun 2014 alusta alkaen Henrik Ehrnrooth aloitti tehtävänsä KONE Oyj:n uutena toimitusjohtajana. Aiemmin hän toimi KONEen talousjohtajana.

2.2 KONEen Hyvinkään tehdas

Hyvinkään uusi tehdas avattiin vuonna 1967. Tehtaalla valmistetaan hissi-koriin kuuluvia osia, pakataan ne ja lähetetään tämän jälkeen kohdemaahan kokoonpanoa varten. Kuvassa 1 Hyvinkään tehdas näkyy etualalla.



Kuva 1. KONEen Hyvinkään tehdas. (Hyvinkää 2014.)

Hyvinkään koritehdas on erikoistunut valmistamaan niin sanottuja erikoiskoreja, jotka käsittävät kaikki asiakkaille räätälöidyt korimallit. Lisäksi tehtaalla on osaamista korien sähköistykseen, nostokoneistoihin ja hissien modernisaatioon liittyvissä asioissa.

Hissien valmistuksen lisäksi Hyvinkäällä tehdään myös paljon muuta oleellista työtä hissien tuotantoprosessin kannalta. Näistä muutamia esimerkkejä ovat suunnittelu ja projektien johto.

Hyvinkään tehdas sijaitsee Hiiltomon teollisuusalueella. Kyseinen alue onkin merkittävä Hyvinkään työllisyyden kannalta, sillä alueella sijaitsee monia suuria yrityksiä, jotka ovat vaikutusvaltaisessa asemassa omalla toimialallaan jopa maailmalla.

3 MATKA VALMIIKSI TUOTTEEKSI

Hissikorien valmistaminen ei ole yksinkertaista työtä, sillä ennen valmista hissiä on useita eri vaiheita, jotka jokaisen hissien on läpäistävä. Joskus näiden vaiheiden määrä saattaa hidastaa prosessia, mutta juuri se takaa tuotteen laadun ja korkean toimintavarmuuden.

Ennen kuin korien ominaisuuksia pystyy tarkemmin määrittelemään, täytyy täyttää esitietolomake. Tämä lomake toimii myös suunnittelun lähtötietona. Lomakkeessa on kerrottu kaikki korin oleelliset tiedot ja mitat, joita tarvitaan, kun piirustuksia eri osista tehdään. Lomakkeen lisäksi on myös muutamia muita oleellisia tiedon lähteitä, kuten asiakkaalla hyväksytyt layout-piirustukset.

Suunnitteluvaiheessa määritellään ja mitoitetaan kaikki koriin liittyvät ominaisuudet. Tällöin esimerkiksi tehdään piirustukset korin lattiasta, katosta, seinistä ja mahdollisista erikoisosista, jotka on räätälöity asiakkaita varten. Suunnittelija onkin suuressa vastuussa siitä, että asiakkaalle saadaan toimittua oikeanlainen tuote jokaista yksityiskohtaa myöten.

Korisuunnittelun ohella on tärkeää, että sähköistys suunnitellaan oikeanlaiseksi. Joihinkin hieman harvinaisempiin kohteisiin vaaditaan esimerkiksi parempaa suojausta kosteutta vastaan. Lisäksi paikalliset säädökset vaativat silloin tällöin parempaa suojausta ja korkeampaa laatutasoa.

Korin sisäiseen ilmeeseen vaikuttaa oleellisesti myös hissikorin ohjauspaneeli ja sen ulkomuoto. Asiakkaan niin halutessa, voidaan paneelin muotoa ja nappeja muuttaa melkein minkäläiseksi tahansa. Lisäksi sisustuselementeillä korista saadaan asiakkaan tarpeiden mukainen tuote.

Mekaniikkasuunnittelu osaltaan suunnittelee muun muassa korin liikuttamiseen vaikuttavia osia. Näihin kuuluvat muun muassa moottorit ja jarrut. Myös hieman isompien ja erikoisempien korien kuljetuskehikot ynnä muut rakennelmat ovat mekaniikkasuunnittelijoiden alaa.

Kuilumekaniikkasuunnittelijat vastaavat siitä, miten hissi käytännössä toimii ja sopii haluttuun kohteeseen. Hissiä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, onko kyseessä niin sanottu kulmakori, jossa ovet ovat vierekkäisillä seinillä. Korissa mahdollisesti oleva hätäovi ja hätäsilta aiheuttavat myös kuilulle tietynlaisia vaatimuksia, sillä korista pitää olla esteetön pääsy toiseen koriin. Lisäksi kuilussa olevat johteet ja vastapaino ovat tärkeitä elementtejä hissien toiminnan kannalta.

Suunnittelun jälkeen hissien osat menevät tilausvaiheeseen, jossa toimittajille annetaan tiedot haluttavista tuotteista. On tärkeää, että toimittajille saadaan tarvittava määrä oikeaa tietoa komponenttien valmistukseen, jotta toimintaa saadaan tehostettua. Tilausvaiheessa myös voidaan kääntää hissien osia KONEen omaan tuotantoon tai alihankkijan tuotantoon.

Kun osat on tilattu, voidaan aloittaa hissien osien valmistaminen ja kokoonpano. Osien valmistuttua ja tilausosien saavuttua, voidaan osat pakata valmiiksi niiden lähettämistä varten. Pakkausvaiheen päätteeksi suoritetaan korin punnitus, jossa saadaan selville korin kokonaismassa. Tämän jälkeen paketti lähetetään kohteeseen, jossa se asennetaan ja kokoonpannaan toimintaympäristössä.

4 TEORIAPOHJA

Teoriaosuudessa perehdytään työn toteutuksen kannalta oleellisiin lähtötietoihin. Näitä tietoja soveltamalla pystyy keskittymään oleellisiin kohtiin, niin itse työn toteutuksen suunnitteluvaiheessa, kuin myös toteutusvaiheessa.

4.1 Mittaussysteemin analysointi

Mittaussysteemin analysointi on käänös termistä Measurement System Analysis eli MSA. Kun halutaan selvittää, onko mittausjärjestelmä luotettava, on syytä tehdä sarja testejä. Niistä tuloksena saadaan arvo prosentteissa siitä, kuinka paljon vaihtelusta tulee mittauksen aikana tapahtuvista virheistä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 143.)

4.2 Six Sigma

Alun perin Six Sigma kehitettiin, jotta valmistusprosesseja pystyttäisiin kehittämään ja eliminoimaan niistä erilaisia haittavaikutuksia. Se kuitenkin on laajentunut kattamaan muun muassa liiketoiminnan prosesseja. Six Sigma onkin hyvin suosittu nykyaikana, sillä yritysjohtajat ovat hyvin kiinnostuneita siitä, miten kannattavaa ja tehokasta heidän liiketoimintansa oikeastaan on. (Desai 2010.)

Six Sigman perusajatus on, että tarvitaan jatkuvaa ponnistelua ja yritystä, jotta voidaan saavuttaa vakaa ja ennustettavissa oleva prosessi. Jotta näihin tuloksiin päästäisiin, vaaditaan koko organisaatiolta päättäväisyyttä ja sitoutumista. Tulosten saamista varten on hyvä tiedostaa, että liiketoiminta sisältää erilaisia ominaispiirteitä, joita pystytään mittaamaan, kehittämään, analysoimaan ja kontrolloimaan. (Desai 2010.)

DMAIC on yksi ongelmanratkaisumalli ja se koostuu viidestä eri vaiheesta. Tällainen ratkaisumalli sopii menetelmäksi, kun halutaan systemaattisesti ratkaista ilmenneitä ongelmia. Sen edut tavalliseen ongelmanratkaisutapaan voidaan kiteyttää seitsemään eri kohtaan:

1. DMAIC:ssa mitataan itse ongelmaa, eikä vain oleteta ymmärrettävän ongelman luonnetta.
 2. Asiakaskeskeisyys eli asiakas on tärkeä osa yrityksen toimintaa.
 3. Six sigmassa pitää pystyä toteamaan syy uudelleen
 4. Tuloksena tulisi syntyä uusia, suuria ja luovia muutoksia prosessiin.
 5. Keskeinen osa Six sigmaa on uusien ratkaisumallien testaaminen sekä kehittäminen.
 6. Prosessia mitataan eri tavoilla ja ratkaisujen seuranta jälkikäteenkin on oleellisessa osassa.
 7. Kehitettyjä ratkaisuja tulee ylläpitää, jotta ne pysyvät toiminnassa myös tulevaisuudessa.
- (Karjalainen & Karjalainen 2002, 43-44.)

Ensimmäinen DMAIC:n vaihe on määrittely (define), jonka avulla selvitetään itse tutkittavaa tapausta ja siihen liittyviä reunaehtoja. Tällöin tehdään pohjatyötä itse ongelman määrittämiseen ja luodaan perusteet sen ratkaisemiseksi. On hyvä esimerkiksi selvittää, miten nykyään prosessia suoritetaan, mitä hyötyä parannuksista on ja minkä ongelman kanssa oikeastaan työskennellään. Lisäksi pitää ottaa myös asiakas huomioon eli minkälaista tulosta etsitään asiakkaan kannalta. Näiden määrittelyjen tuloksena saadaan selvitettyä projektin laajuus ja tarkoitus. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 46.)

Mittausvaiheessa (measurement) pyritään keräämään tietoja tutkimuksen kohteena olevasta prosessista. Tällöin pyritään todentamaan ongelman olemassaolo. Usein mittausvaiheessa kerätyn tiedon perusteella täsmennetään vielä määrittelyvaiheen tavoitteita. Toisena tavoitteena voidaan pitää itse mittauksen luotettavuuden varmentaminen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 47-48.)

Kolmannessa vaiheessa analysoidaan (analysis) mahdollisia ongelman aiheuttajia ja tunnistetaan niistä keskeisimmät tekijät. Tämän lisäksi luodaan teoria, joka vahvistetaan tai kumotaan myöhemmin tilastollisilla analyysillä. Analyysivaiheessa ratkaisua voidaan tarkastella ainakin kahdesta eri näkökulmasta, prosessi ja data. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 48-49.)

Prosessianalyysi on tutkimus asiakkaan vaatimukset tuottavista ydin- ja avainprosesseista. Data-analyysissä hyödynnetään kerättyä dataa ja tehdään niistä erilaisia kaavioita ja etsitään trendejä. Näiden perusteella pystytään tarkemmin analysoimaan teorian paikkansapitävyyttä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 48.)

Kehittämisen vaiheessa (improvement) sovelletaan ratkaisuja ongelmiin, joita havaittiin analysointivaiheessa. Keskeisenä tavoitteena voidaan pitää vaihtelun pienentämistä prosessissa. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 51.)

Viimeisessä eli hallintavaiheessa (control) varmistetaan, että kehittämissä toteutettuja ratkaisumalleja ylläpidetään vielä projektin päättymisenkin jälkeen. Tällä tavoin varmistetaan, että ongelman kehitystä pystytään hallitsemaan prosessin jälkeenkin. Jotta näihin tavoitteisiin päästään, voi

olla tarvetta standardoida, tehdä ohjeita ja toteuttaa lisää mittauksia. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 52.)

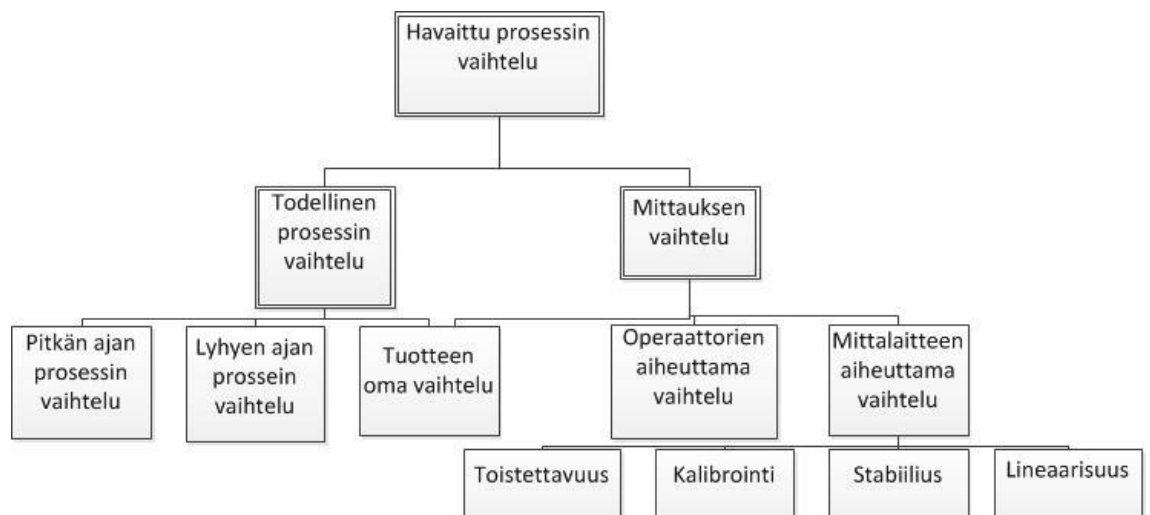
4.3 Minitab

Minitab on taulukkolaskentaohjelma ja sen käyttö on levinnyt hyvin laajalle ympäri maailmaa. Suomessa ohjelmistoa käytetään keskeisenä osana Six Sigmaa. Minitab Inc. kehittää jatkuvasti ohjelmistoa pystyäkseen vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin mahdollisimman monipuolisesti. (Minitab 16 n.d.)

4.4 Toistettavuus ja uusittavuus

R&R tulee sanoista repeatability (toistettavuus) ja reproducibility (uusittavuus). Toistettavuus kuvaa mittalaitteesta aiheutuvaa vaihtelua, kun operaattori mittaa samalla mittalaitteella samaa kappaletta useampaan kertaan. Uusittavuus puolestaan kuvaa operaattorista aiheutuvaa vaihtelua, kun eri operaattorit mittaavat samaa kappaletta usealla eri mittalaitteella. Kun nämä kaksi tekijää yhdistetään, saadaan R&R. (Barrentine 2003, 1-2.)

Kuvassa 2 on yleisellä tasolla lueteltu muuttujia, joista virhettä syntyy mitaustilanteessa. Kuvasta huomataan, että prosessista saatuja tuloksia pitää pystyä katsomaan myös objektiivisesti, sillä prosessin vaihtelu ei pelkästään johdu mittalaitteesta tai mittaajasta. Sen sijaan pidemmällä aika välillä voi tapahtua merkittäviäkin muutoksia prosessissa.



Kuva 2. Toistettavuuteen ja uusittavuuteen vaikuttavia tekijöitä. (Barrentine 2003, 2.)

General Motors esitteli eräänlaisen standarditoimintavan toistettavuuden ja uusittavuuden määrittämiseen. Tutkimuksessa käytetään minimissään kahta operaattoria ja kymmentä mitattavaa kappaletta. Jokainen operaattori mittaa myös jokaisen kappaleen vähintään kaksi kertaa. Näin ollen saadaan eritel-

tyä uusittavuutta ja toistettavuutta tuloksissa. Kuitenkaan kalibrointi, stabiilius, lineaarisuus ja mitattavan kappaleen vaihtelu eivät sisälly tuloksiin. (Barrentine 2003, 5.)

4.4.1 R&R-testin toteutus karkeasti

Tyypillinen toimintatapa R&R-testille on seuraava:

1. Kalibroi mittalaite tai varmista, että se on kalibroitu.
 2. Ensimmäinen operaattori mittaa kappaleet satunnaisessa järjestyksessä.
 3. Toinen operaattori mittaa kappaleet satunnaisessa järjestyksessä.
 4. Tätä jatketaan, kunnes kaikki operaattorit ovat mitanneet kaikki kappaleet.
 5. Toistetaan vaiheet 2–4 riittävän monta kertaa ja huolehditaan siitä, etteivät operaattorit tiedä aiempia tuloksia.
 6. Lasketaan arvot R&R:lle.
 7. Laske suorituskykytilastot R&R-testille.
 8. Laske mittauskäkyisyys indeksi (measurement capability index, MCI).
 9. Analysoi tuloksia ja kehitä toimintaa, mikäli tarpeellista.
- (Barrentine 2003, 6-8.)

Kun R&R-tutkimus on tehty, tulokset analysoidaan, jotta voidaan katsoa, onko mittausjärjestelmä riittävän hyvä. Tämä tehdään mittauskäkyisyys indeksin (measurement capability index, MCI) avulla. On kuitenkin olemassa kahdenlaista indeksiä, MCI_1 ja MCI_2 . Jos käytetään vain yhtä indeksiä, on syytä valita MCI_1 , sillä se on johdonmukaisempi tulkinnassa ja tarkoituksemukaisempi statistisesti. On kuitenkin hyvä muistaa, että ne toimivat myös hieman eri tavoin. MCI_1 kertoo vastauksen siihen, miten mittaus vaikuttaa prosessin vaihteluun. MCI_2 puolestaan vastaa kysymykseen, miten hyvin pystyy tulkitsemaan tietyn mittauksen vaihtelun määrittelyä. (Barrentine 2003, 11-15)

RR-testit voidaan jakaa kahden eri tyyppin mukaan, lyhyt ja pitkä testi. Lyhyessä testissä on yksi mittaja, joka mittaa useita eri kappaleita. Operaattori mittaa jokaista kappaletta useamman kerran kuitenkin tietämättä edellisten punnitusten tuloksia. Mitatut tulokset syötetään valmiiseen taulukkoon. Tuloksena saatava RR-arvo kuvastaa mittajan, mittalaitteen ja mitattakappaleen satunnaisvirhettä. (Esala ym. 2003, 60.)

Hissikorin punnituksen mittaustarkkuuden analysointi

Taulukko 1. Pitkän RR-testin tulostaulukko (Esala ym. 2003, 61.)

RR-tutkimus, pitkä menetelmä												
Yritys:												
Mittaaja:												
Anna mittausten toistomäärä:												
Anna kappaleiden lukumäärä:												
Anna mittaajien lukumäärä:												
Mittalaite ja resoluutio:												
Koe-kappale:												
KPL toleranssi:												
Päivämäärä ja paikka:												
Mittaaja	A				B				C			
No.	1. koe	2. koe	3. koe	Ero	1. koe	2. koe	3. koe	Ero	1. koe	2. koe	3. koe	Ero
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Yhteensä												
	Sum				Sum				Sum			
	Xa				Xb				Xc			
Ra												
Rb	Koe D4				R x D4 = UCLR				Max x			
Rc									Min x			
Sum									Xero			
R												
ARVIOINTIRAPORTTI				R =	Xero =				Toleranssi:			
MITTALAITTEARVIOINTI					Mittauskertoja				TOLERANSSIANALYYSI			
Toistettavuus EV: (Laittevaihtelu)					Koe 2 3				EV% = EV * 100 / TOL			
EV = R * K1					K1							
EV =					Tarkista tämä kohta							
Uusittavuus AV:					Henk. 2 3							
AV = sqrt ((Xero * K2)^2 - ((EV)/(n*r))^2)					K2				AV% AV * 100 / TOL			
(Xero x K2)												
(EV)^2/(n*r)												
AV =												
Toistettavuus ja uusittavuus RR:												
RR = EV + AV									RR% = RR * 100 / TOL			
RR =												

Pitkä RR-testi eroaa lyhyestä käytännössä siinä, että mittaajia on useita. Lisäksi testeistä saatava tieto on erilaista, sillä siinä voidaan erotella mittajasta ja mittalaitteesta johtuvat virheet. On kuitenkin hyvä huomioida mahdollisia jatkotoimenpiteitä silmällä pitäen, että laskennallinen luotettavuus-taso tässä tapauksessa on 99 %. (Esala ym. 2003, 61-62.)

Taulukossa 1 on pohja pitkän RR-testien tuloksia varten. Kun tarvittava määrä tuloksia on saatu kerättyä, voidaan laskea mittauksessa syntyvää virhettä kuvastava lukuarvo koko mittaukselle. Tämän lisäksi pitkässä RR-testissä laskettava virhe voidaan jakaa vielä operaattorin ja mittalaitteen tarkkuudeksi mittaustilanteessa.

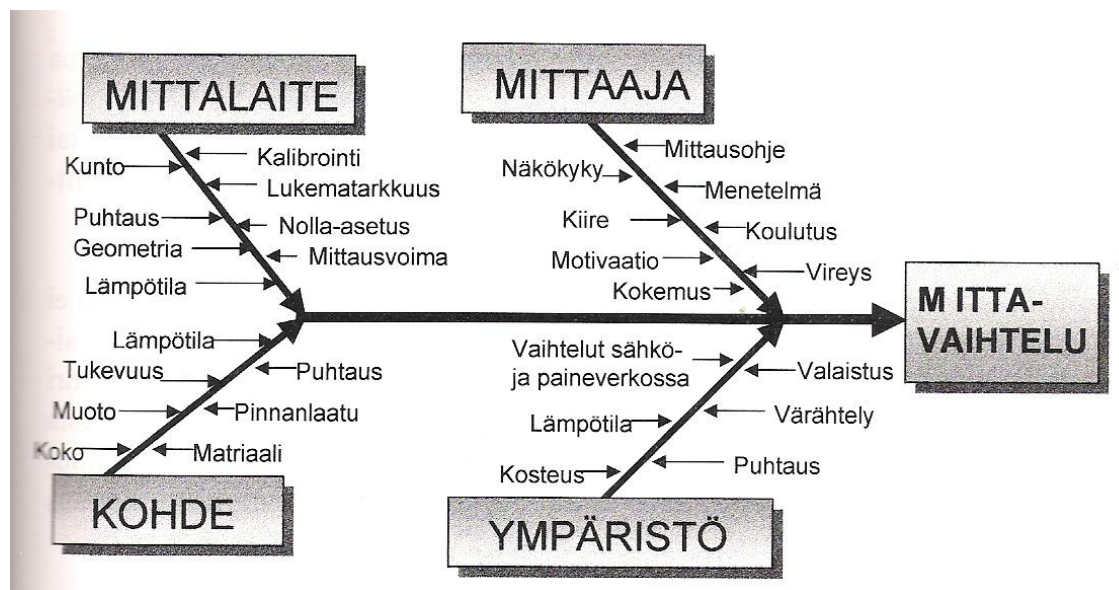
4.5 Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuudella tarkoitetaan arviota siitä, kuinka suuri mittausvirhe on. Mittaustulos ei itsessään ole absoluuttisen tarkka arvo, vaan pelkästään arvio siitä. Mittausvirhe puolestaan kertoo tämän mittaustuloksen ja mitattavan suureen tarkan arvon eron. (Mittaustekniikan perusteet / luento 7 2007.)

Yleisiä mittausepävarmuuteen vaikuttavia tekijöitä on lueteltu kuvassa 3. Näistä erityisesti punnitukseen vaikuttavat mittalaitteen kalibrointi ja lukematarkkuus sekä mittaajan kokemus.

Ennen punnitustestien aloittamista testattiin lattian suoruus ja se, ovatko punnitustilanteessa myös pumppukärryjen piikit vaakatasossa. Tällä pyrittiin varmistamaan se, että pakkauksen aiheuttama voima kohdistuisi mahdollisimman suoraan mittalaitteeseen. Tällöin havaittiin lattian olevan niin suorassa kuin vatupassilla pystyi tarkistamaan. Suoruus testattiin useammasta kohtaa ja vielä eri suuntiin mitattuna.

Pumppukärryjen piikkien suoruus oli hyvää luokkaa pituussuunnassa. Sen sijaan leveysuunnassa oli heittoa. Kärryjen piikkien kaltevuus oli eri suuntiin eri päissä. Toki erot olivat niin pieniä, että kyseisiä pumppukärryjä ei todennäköisesti ole edes suunniteltu näin pieniä toleransseja varten. Lisäksi kärryjä ei välttämättä ikinä saada pidettyä aivan optimaalisessa kunnossa, kun niillä nostetaan ja siirretään raskaita taakkoja.



Kuva 3. Mittausepävarmuuteen vaikuttavia tekijöitä. (Andersson & Tikka 1997, 139.)

4.5.1 Mittausepävarmuuden laskenta

Kun määritetään mittausepävarmuutta, oletetaan kaikkien suureiden, joilla ei ole tarkkaa arvoa, olevan satunnaismuuttujia. Yleensä mittauksissa määritetään vain yksi mittasuure. (Esala, Lehto & Tikka 2003, 65.)

Tyypin A mittausepävarmuuden määrittämisessä käytetään lähdeaineistona useita mittaustuloksia. Jotta tuloksista saataisiin mahdollisimman luotettavia, tulisi mittauskertoja olla useita. Jos mittausten lukumäärää ei ole mahdollista kasvattaa voidaan laskelmissa käyttää varmuuskerrointa, h . (Esala ym. 2003, 66.)

Taulukko 2. Varmuuskertoimet, kun mittaustulokkumäärät ovat pieniä. (Esala ym. 2003, 59.)

Mittausten lukumäärä	Varmuuskerroin h
2	7,0
3	2,3
4	1,7
5	1,4
6	1,3
7	1,3
8	1,2
9	1,2

Kun lähtösuure on Q ja siitä on tehty n määrä mittauksia, on Q :n arvon estimaatti havaintojen keskiarvo \bar{q} , joka saadaan yhtälöstä 1:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n q_j \quad (1)$$

q :n arvojen kokeellinen keskihajonta saadaan laskettua varianssin avulla, yhtälö 2:

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 \quad (2)$$

Kerättyjen mittaustulosten keskiarvon kokeellinen keskihajonta $s(\bar{q})$ saadaan yhtälöstä 3:

$$s(\bar{q}) = \frac{s(q)}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Yhtälön 4 avulla saadaan laskettua myös arvoon \bar{q} liittyvä standardiepävarmuus $u(g)$:

$$u(q) = s(\bar{q}) \quad (4)$$

(Esala ym. 2003, 66.)

Jos mittausten tuloksena syntyy mittauspöytäkirja, ilmoitetaan siinä mittaustulos, y laajennetun epävarmuuden, U kanssa. Tulos on siis muotoa $y \pm U$. Laajennetun epävarmuuden saa laskettua, kun standardiepävarmuus $u(y)$ kerrotaan kertoimella, k . Normaalijakautuneelle suureelle 95 %:n vaihteluväliä vastaa kattavuuskertoimen arvo 2. (Esala ym. 2003, 68.)

4.5.2 Systemaattinen virhe

SFS 3700-standardin mukaan systemaattisella virheellä tarkoitetaan mittauksen aikana syntyvää virhettä, joka on vakiosuuruinen, mikäli kaikki mittaukseen vaikuttavat tekijät pysyvät samoina. Virheen suuruus voi toki myös vaihdella, mutta tällöinkin se on säännöllisellä tavalla riippuvainen ympäristöstään. (Andersson & Tikka 1997, 128.)

Systemaattisen virheen pystyy ottamaan huomioon tekemällä asteikkomuutoksia. Tämä on mahdollista, sillä tällainen mittausvirhe on seurausta arvioitavissa olevista virhetekijöistä. Asteikkomuutoksen avulla pystytään laskemaan oikea arvo mitatulle suurelle ja näin ollen poistamaan systemaattisen virheen vaikutus. (Andersson & Tikka 1997, 128.)

Todellisessa mittaustilanteessa on monia mittaukseen vaikuttavia systemaattisia virhelähteitä ja niiden vaikutus toisiinsa nähden on vastakkaisuuntaista. Jos halutaan laskea vaikuttava kokonaisvirhe, saadaan se kaavasta $\Delta s = \sum s_i$, jossa s_i on systemaattinen virhe. (Andersson & Tikka 1997, 128.)

4.5.3 Satunnainen virhe

Satunnaisvirhe syntyy virhelähteistä, joiden vaikutusta mittaustulokseen on vaikea arvioida, hallita ja laskea. Jos halutaan saada tietoa virheen vaikutuksesta mittaustulokseen, voi suorittaa mittauksen useampaan kertaan. Kun mittaukset on tehty ja keskiarvo niille laskettu, voidaan satunnaisvirheen vaikutusta vähentää. (Andersson & Tikka 1997, 129.)

4.5.4 Karkea virhe

Karkea virhe on huolimattomuudesta ja erehdyksistä johtuva virhe. Esimerkkinä tällaisesta virheestä ovat muun muassa virhelähteiden huomiotta jättäminen ja mittaustuloksen virheellinen lukeminen. (Andersson & Tikka 1997, 130.)

4.6 Kalibrointi

”Toimenpiteet, joiden avulla saadaan annetuissa olosuhteissa mittauslaitteen, mittaustuloksen, kiintomittan tai vertailuaineen antamien arvojen ja mittanormaalien vastaavien arvojen yhteys” (Esala ym. 2003, 10).

Kalibroinnin avulla määritetään mittauslaitteen epävarmuutta, joka saavutetaan mittaustilanteessa. Esimerkiksi mikrometrin tarkkuus voidaan varmistaa kalibroituilla mittapaloilla. (Esala ym. 2003, 10.)

5 HISSIEN TOIMINTA

Yleensä käytössä olevat hissit toimivat vastapainon avustuksella, mutta on olemassa myös muun muassa hydraulisia hissejä. Pehdyn tässä tapauksessa kuitenkin vastapainollisiin hisseihin.

5.1 Hissi

Hissi on tarpeellinen apuväline, kun siirrytään pitkiä matkoja pystysuunnassa rakennuksien sisällä. Hissi kuljettaa matkustajia mukavalla kiihtyvyydellä kiihdyttäen ja sopivan hitaasti jarruttaen. Mukavuustekijät, sujuvuus ja turvallisuus ovatkin erittäin tärkeitä tekijöitä KONEen hisseissä.

Hissikori ei itsessään ole tarpeeksi tukeva ilman sen ympärillä olevaa korikehystä. Kehys tukevoittaa koria ja siihen on lisäksi liitetty muun muassa taittopyöriä, joiden kautta koria kuljettavia köysiä kierrätetään. Kuvassa 4 on hissikori ulkoapäin kuvattuna ilman korikehystä.



Kuva 4. Hissikori ulkoapäin kuvattuna.

Korkeissa pilvenpiirtäjissä ei aikaisemman teknologian rajoittamana pääsyt yhdellä hissillä alimmasta kerroksesta ylimpään kerrokseen, sillä ripustukset ja muut tukirakenteet olisivat tarvinneet lisätuntoja. Nämä puolestaan olisivat aiheuttaneet suhteettoman paljon lisätekemistä hissien suunnitteluun ja toteutukseen. Aiemmin korkeissa rakennuksissa jouduttiin siis käyttämään useampaa hissiä.

KONEen kehittämän ja patentoiman Ultraropen avulla korkeisiin pilvenpiirtäjiin riittää nykyään ainoastaan yksi hissi kuljettamaan alimmasta ylimpään kerrokseen. Ultrarope on suhteessa kevyempi kuin aiemmin käytetyt vaijerit. Lisäksi tämän uudenmallisen köyden ja vetopyörän välille saadaan aiempaa enemmän kitkaa, joka on keskeinen osa hissien toimintaa.

5.2 Hissikuilu, -koneisto ja vastapaino

Tavalliselle matkustajalle hissien toiminnan kannalta oleellisia ovat kerroksella olevat napit, joilla voi kutsua hissien luokseen sekä hissikorin sisällä oleva COP eli car operating panel, jonka avulla matkustaja kertoo hissille, mihin kerrokseen hän haluaa. Todellisuudessa tekniikka tämän takana on hyvinkin monimutkaista. Kuvassa 5 on yksi räätälöity COP.



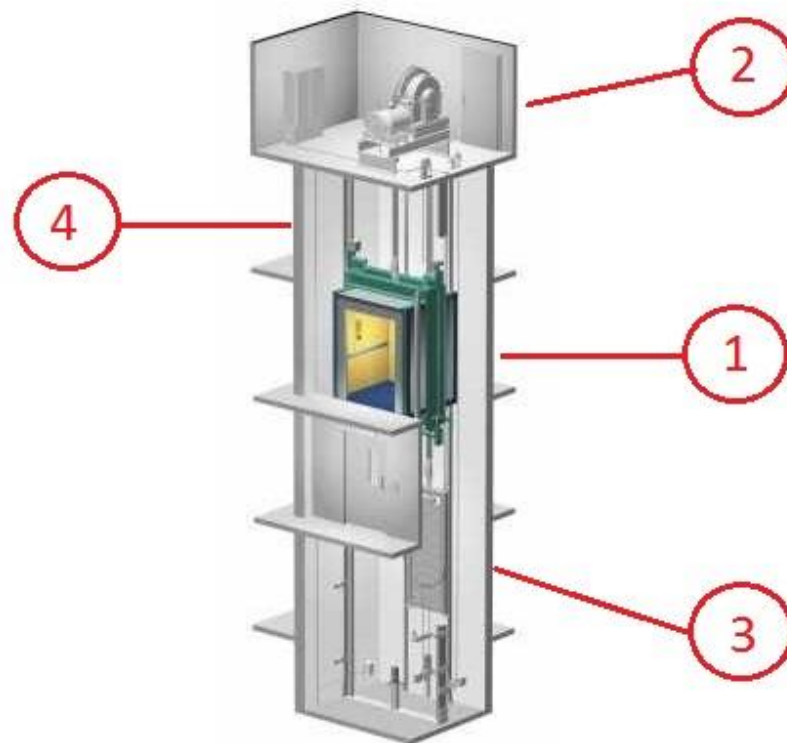
Kuva 5. Näytöllä varustettu hissikorinohjauspaneeli, COP.

Hissikori kulkee hissikuilussa johteita pitkin. Johteet on kiinnitetty kuilun seinämille ja ne ovat hissille yhtä tärkeitä, kuin junalle kiskot. Moottori tuottaa käyttövoiman, jonka avulla hissi saadaan liikkeelle. Lisäksi vastapaino avittaa hissikorin liikettä ja helpottaa näin moottorin ”työtä”.

Vastapaino mitoitetaan niin, että sen massa vastaisi puoliksi täynnä olevan hissikorin massaa. Jos massoissa on paljon eroja, voi se aiheuttaa ongelmia hissien toimintaan, sillä sen toiminta perustuu pitkälti kitkaan. Jos esimerkiksi hissikori on liian painava, voi korin lattiataso jäädä alemmaksi kuin kerroksen lattia. Tällöin kitka ei ole ollut tarpeeksi suuri ja köydet ovat päässeet luistamaan moottorin käyttämällä pyörällä.

Kuilun pohjalle on asennettu puskureita. Niiden avulla pyritään pehmentämään esimerkiksi vastapainon laskeutumista hissikuilun pohjalle. Lisäksi ne pysäyttävät hissikorin turvallisesti, vaikka kori pääsisikin putoamaan suurella nopeudella ilman, että nopeudenrajoitin vielä pysäyttäisi korin liikettä.

Hissikorin ja vastapainon massat vaikuttavat lisäksi myös mm. köysien lujuuslaskuihin ja moottorin tehoon. Jos punnituksessa havaitaan massojen olevan laskettua huomattavasti suurempia, köysilaskelmat tulee tehdä uudelleen. Moottorin kannalta punnitustapahtuma on oleellinen, sillä jos moottoriksi täytyy valita luokkaa tehokkaampi malli, saattaa se vaatia jo erillisen konehuoneen. Kuvassa 6 näkyy hissikori (1), konehuone (2), vastapaino (3) ja hissikuilu (4).



Kuva 6. Hissin pääosat. (Hissikori n.d.)

5.3 Turvallisuus, anturit ja sensorit

Hissin oikeanlaisen toiminnan takaamiseksi tarvitaan lisäksi monenlaisia antureita ja sensoreita. Kuiluun on esimerkiksi sijoitettu antureita, joista hissi tietää, milloin kori on halutun kerroksen kohdalla. Lisäksi hissien ovien ei haluta sulkeutuvan päin matkustajaa, joten niissä käytetään erilaisia valoverhoja tai -kennoja tunnistamaan ovien edessä liikkuvat kohteet.

Kun antureilta tulee tieto siitä, että kori on oikealla kerrostasolla, hissien ovet avautuvat. Tällöin korin ovien mukana kulkevat tarraimet tarttuvat kuiluaukon oviin kiinni ja avaavat ne samalla. Näin ollen kuilun ovet avautuvat ainoastaan vain silloin, kun kori on oikealla kohdalla.

Hissien turvallisuus on tärkein asia niitä suunniteltaessa. Monesti kuuleekin spekuloidavan siitä, voiko hissi oikeasti tippua kuilun pohjalle. KONEen hisseissä on nopeudenrajoitin, joka liian nopean vauhdin huomattessaan antaa käskyn korin mukana kulkeville tarraimille. Nämä tarraimet tarttuvat johteisiin kiinni ja näin ollen pysäyttävät hissien liikkeen.

Mikäli sattuisi jokin äärimmäisen vakava tilanne ja hissi ei liikkuisi mihinkään suuntaan, on joihinkin hisseihin asennettu hätäovi tai hätäsilta. Näiden avulla matkustajat voivat siirtyä samassa hissikuilussa olevaan toiseen hissiin. Hätäovi on sijoitettu korin seinämälle ja kun se avataan, kori ei enää lähde liikkeelle ovesta olevien koskettimien ansiosta. Ovikoskettimet siis lähettävät tiedon eteenpäin oven avaamisesta, jolloin matkustajat voivat turvallisesti astua ovesta ulos. Hätäsiltoja on erilaisia, mutta se voi myös olla esimerkiksi kiinteä taso hätäoven kohdalla. Matkustaja voi astua sen päälle ja näin ollen helpottaa siirtymistään toiseen hissikoriin.

Hissien ovetkin voidaan laskea turvallisuustekijöiksi. Itse korissa on omat ovet, mutta myös kuilunovet ovat yhtä tärkeitä. Ne suojaavat matkustajia jäämästä mihinkään väliin tai putoamasta kuiluun.

5.4 Ripustus

Hissin ripustuksessa voi olla erilaisia välityksiä. Jos köysi kiertää moottorin käyttämän vetopyörän kautta korilta vastapainolle, on välitys 1:1. Jos köydet eivät ole suoraan kiinni korissa tai vastapainossa, vaan esimerkiksi kuilun katossa, on välitys 1:2.

Korikehyksessä ja vastapainossa olevien taittopyörien avulla köysi saadaan sujuvasti liikkumaan hissien liikkeen aikana. Sopivasti köysiä kierrättämällä taittopyörien kautta saadaan myös välityksiä muutettua.

6 HISSIKORIN PUNNITUS

Hissikorin massa on kriittinen tekijä hissien toiminnan kannalta. Tästä syystä myös itse kori on syytä punnita tarvittavalla tarkkuudella ja huolellisuudella, jotta tulokset olisivat luotettavia ja hissi toimisi oikealla sekä luotettavalla tavalla.

6.1 Punnitusprosessin eteneminen

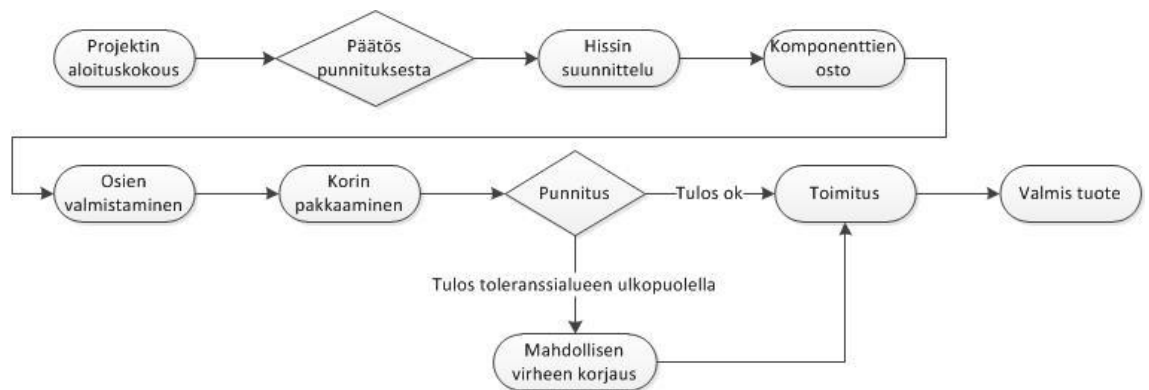
Hissikorin punnituksesta päätetään jo ennen korisuunnitteluvaihetta. Jos hissikorissa on paljon harvinaisia osia tai dekoraatiota, joiden oikeaa massaa on vaikea arvioida tai laskea, on kori syytä punnita. Lisäksi, jos kori on

selvästi perinteisten suunnitteluohjeiden ”ulkopuolella”, on punnituksella hyvä varmistaa korin massa.

Tässä työssä keskityttiin pääasiassa KONEen light special, SPEB- ja SPEC-kategorian koreihin. Korien nimet tulevat sanoista Special B ja Special C. Ne viittaavat erikoiskoreihin. Tällaisen luokituksen saaneet korit ovat yleensä jo haastavia toteutuksen kannalta, mutta eivät kuitenkaan kaikkein vaativimpia koreja.

Suunnittelun jälkeen kori menee osien ostovaiheen kautta valmistukseen ja sieltä pakkausvaiheeseen. Mukana kiertää koko ajan kansio, joka sisältää hissikorin oleelliset tiedot. Tässä kansiossa on myös merkintä siitä, pitääkö kori punnita vai ei. Mikäli punnitus tarvitaan, se tehdään pakkausvaiheen jälkeen.

Ennen sekä jälkeen punnituksen on monia vaiheita, jotka korin tulee läpäistä, jotta saadaan oikeanlainen ja haluttu punnitustulos aikaiseksi. Kuvassa 5 on esitetty kaavio siitä, miten tapahtumaketju etenee KONEella. Todellisuudessa vaiheita on vielä monia lisää, mutta kuvan 7 vaiheet liittyvät läheisesti itse punnitustapahtumaan.



Kuva 7. Punnitusprosessin eteneminen käytännössä.

Ennen korin komponenttien valmistusta täytetään sähköisessä muodossa oleva lista punnittavista koreista. Korin mukana kiertävässä kansiossa on nimetty punnituskaavake, joka löytyy tuotetietohallintajärjestelmästä. Punnitsija täyttää huolellisesti tämän kaavakkeen noudattaen sitä varten tehtyjä ohjeita. Jos kaavake ilmoittaa, että tulos on hyväksytty, ilmoitetaan hyväksytystä tuloksesta, jotta korin osat saadaan toimitettua eteenpäin. Jos tulos puolestaan ei mene läpi, ilmoitetaan siitä ylemmälle taholle. Tällöin tarkistetaan, missä kohtaa mahdollinen virhe on tapahtunut ja pyritään korjaamaan se, jotta punnitus saadaan hyväksytysti tehtyä. Korjaavia toimenpiteitä voivat olla esimerkiksi vastapainojen määrän lisääminen tai moottorin vaihtaminen erikokoiseksi.

6.2 Analysointi

Hissikorin punnituksen punnituksen tilaa arvioitaessa on hyvä tehdä SWOT-analyysi, joka on taulukossa 3. Analyysin avulla pystytään yleisellä tasolla perehtymään vahvuuksiin, heikkouksiin, mahdollisuuksiin ja uhkiin.

Taulukko 3. Taulukossa on arvioitu punnituksen tilaa.

SWOT-analyysi	
Vahvuudet	Heikkoudet
<ul style="list-style-type: none"> • Antaa tarkemman tuloksen, kuin laskennallinen arvo. • Erittäin luotettava, kun epävarmuustekijät huomioidaan. • Yksinkertainen suorittaa. • Vähän mahdollisia virhekohtia. • Nopea tapa punnita. • Pakkauksen kanssa punnitseminen ei lisää ylimääräisiä työvaiheita valmistusprosessiin 	<ul style="list-style-type: none"> • Välipuita ei huomioida • Koriin kuulumattomia osia ei huomioida. • Iso työmäärä tulokseen nähden (jos kaikki epävarmuustekijät otetaan huomioon pienintä yksityiskohtaa myöden). • Vaikea arvioida pakkauksen massan muutosta sisätiloissa pakkaamisen aikana.
Mahdollisuudet	Uhat
<ul style="list-style-type: none"> • Korjauksien jälkeen saadaan entistä tarkempi tulos. • Voidaan kehittää yhteinen ja standardoitu punnitustapa KONEelle ja sen alihankkijoille. • Yhteisillä toimintatavoilla saadaan pienempi työmäärä ja luotettavamat tulokset punnituksessa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Operaattorin motivaatio. • Virheet punnitustavassa. • Alihankkijoiden punnitsemistarkkuus. • Kokonaismassassa mukana osia, jotka eivät kuulu korin massa. • Mittalaitteen tarkkuus kaikissa tilanteissa ei välttämättä samanlainen. • Laskutoimitukset tulosten tarkentamiseksi

6.3 Punnituskaavake

KONEella on käytössään punnituksen yhteydessä täytettävä kaavake, jonka avulla pystytään tarkistamaan, meneekö kori punnituksesta läpi. Kaavakkeessa annettu tarkkuus punnitukselle on joko 50 tai 100 kg suuntaansa riippuen korille määritetystä kuormasta. Kuitenkin tarkkuus olisi parempi antaa prosenttiosuutena korin massasta, sillä erityyppisten korien massat vaihtelevat erittäin paljon.

Kaavakkeeseen tulee täyttää tarkasti kaikkien punnittujen osien yhteismassa. Lisäksi kaavakkeessa on erillinen sarake tehty pakkauksessa mahdollisesti mukana oleville osille, kuten hissien ohjauspaneelille tai korikehykselle.

6.4 Punnituksen epävarmuustekijät

Yksi suurimmista punnituksen epävarmuustekijöistä on pakkauslaatikko, joka on valmistettu puusta. Pakkauksen massa saattaa muuttua hyvinkin merkittävästi sen mukaan, onko se kuiva tai märkä. Esimerkiksi, jos kostea puupakkaus tuodaan kesällä kuumaan sisätilaan viikonlopun ajaksi, niin sen massasta haihtuu iso osa nestettä pois ennen punnitustapahtumaa.

KONEen punnitsijoilla on käytössään tietyille standardikokoisille pakkauksille valmiiksi annetut massat. Tämä ei kuitenkaan ole hyvä asia, sillä puun kosteusprosentti vaikuttaa hyvinkin oleellisesti pakkauksen kokonaismassaan, eikä tässä listassa ole otettu puun kosteuden vaihtelua huomioon.

Pakkaukseen laitettavat välipuut lisäävät myös epävarmuutta. Välipuiden vaikutuksen kokonaispunnitustulokseen voi ottaa huomioon punnitsemalla muutaman kappaleen erikseen ja laskemalla niiden massoille keskiarvon. Tällöin pystyy entistä tarkemmin arvioimaan itse punnituksen kohteina olevien komponenttien kokonaismassan.

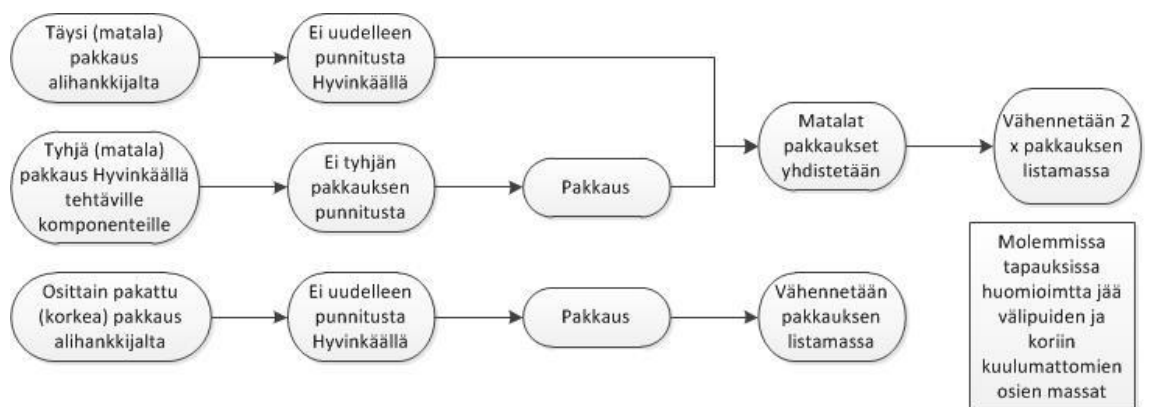
Kuitenkin helpompi, mutta hieman epävarmempi tapa välipuiden massojen huomioimiseen olisi määrätä jokin standardinomaisen massa esimerkiksi yhtä metriä puuta kohden. Siten punnitun korin kokonaismassasta pystyttäisiin välipuiden metrimäärä tietämällä vähentämään vertailuarvo ja täten pääsemään lähemmäksi oikeaa punnitustulosta.

Pakkaajan on merkittävä tarkasti punnituskaavakkeeseen, mitä osia pakkaus sisältää. Jos joku osa jää merkitsemättä, saattaa se aiheuttaa suurtakin vaihtelua hissikorin kokonaismassan määrittämisessä. Lisäksi punnituskaavakkeessa on annettu vain ”tavallisten” osien massoja. Jos kuitenkin kyseinen osa on räätälöity asiakkaan toiveiden mukaiseksi, saattaa oikean osan massa olla moninkertainen.

Alihankkijoiden punnitsemistarkkuus on myös tärkeä osa prosessia. Heille tulisi antaa samat ohjeet kuin KONEen koritehtaan työntekijöille. Jos alihankkijat pystyvät takaamaan tarkat punnitustulokset, helpottaisi se myös työmäärää Hyvinkään tehtaalla.

6.5 Punnituksen toteutus

KONEella on käytössä kaksi tapaa punnita kori, joko pumppukärryjen tai nosturin koukkuun kiinnitettävän vaa’an avulla. Kuvassa 8 on kuvattuna käytössä ollut prosessi ennen muutoksia. Mittalaitteet kalibroidaan vuosittain, jotta pystytään takaamaan validit mittaustulokset. Pumppukärryjä on Hyvinkään tehtaalla käytössä muutamia erilaisia. Niitä käytetään pääasiassa puupakkauksessa lähetettävien korien punnitukseen.



Kuva 8. Punnitusprosessi ennen muutoksia.

Tämän tutkimuksen kohteena olevissa koreissa käytetään pääasiassa kahta eri pakkauskokoa korkeuden suhteen, eli 60 cm ja 120 cm korkeita pakkauksia. 60 cm korkeita pakkauksia tulee koria kohden kaksi, sillä toinen on yleensä lattiaa, valaisinta sekä kattoa varten ja toinen pakkaus seiniä ja muita dekoraatioita varten. 120 cm korkea pakkaus puolestaan sisältää nämä kaikki osat yhdessä pakkauksessa. Kuvassa 9 on KONEella käytössä oleva standardikokoinen pakkaus, jonka pakkaaminen on suoritettu loppuun.



Kuva 9. 120 cm korkea puupakkaus valmiiksi pakattuna.

Pakkauksen leveys ja pituus sen sijaan vaihtelevat korin komponenttien mukaan. KONE käyttää useampaa standardoitua pakkauskokoa, jotka sopivat useimpiin korikokoihin. Tällä varmistetaan se, että pakkaukset ovat verrattain tasalaatuisia, eikä pienempiin pakkauksiin lähdetä tekemään korikoh-taisia pakkauksia.

Joihinkin koreihin tarvitaan hieman isompi pakkaus tai kokonaan erillinen kuljetuskehikko. Tällaisia tulee yleensä hieman kookkaampiin koreihin tai Hyvinkäällä valmiiksi kasattaviin koreihin. Jos kuljetuskehikkoa käytetään, tulee se punnita erikseen ilman koria. Tämän jälkeen punnitaan kehikko korin kanssa ja vähennetään kokonaismassasta kehikon massa. Tällaisissa koreissa on myös enemmän muuta pakkausmateriaalia, kuten alumiinihunajakennoja, jotka tulee myös pystyä vähentämään korin massaa määritettäessä. Tässä opinnäytetyössä keskitytään kuitenkin pääasiassa vain puupakkauksissa maailmalle lähteviin koreihin.

Tällä hetkellä mitään korin osia ei punnita erikseen, vaan kaikki punnitaan kerralla. 60 cm korkeat pakkaukset kiinnitetään toisiinsa pakkaustapahtuman jälkeen ja tämän jälkeen suoritetaan punnitus. 120 cm korkea pakkaus on yhtenä kappaleena punnituksessa. (Puisto, haastattelu 28.1.2014.)

7 PUNNITUSTESTIEN TOTEUTUS

Punnitustestien toteutusta käsittelevässä osiossa käsitellään muun muassa teorian soveltamista käytäntöön sekä itse punnitustestien tekemistä. Lisäksi osiossa selviää, miten koko prosessia lähdettiin viemään eteenpäin.

7.1 Sovellettu ongelmanratkaisumalli

Tämän punnitusprosessin alkuselvytysten ja ongelmanmäärittelyjen aikana pystyi osittain soveltamaan järjestelmällistä ongelmanratkaisumallia, DMAIC. Kyseisen ongelmanratkaisumallin soveltaminen käytännössä oli hyvin luontevaa, vaikka sitä ei koko mittakaavassa toteutettukaan. Tällaisen ”kaavan” noudattaminen kuitenkin selkeytti prosessin kulkua, sillä jokaisessa vaiheessa oli selvää, mitä pohjatyötä tulisi tehdä ennen seuraavaan vaiheeseen siirtymistä.

Tutustuessani hissikorinpunnitukseen pyrin kartoittamaan kaikki erilaiset punnitusvariaatiot ja näin ollen havaitsemaan punnituksen mahdollisia virhekohtia ennen varsinaisten testipunnitusten tekemistä. Tällöin pääsin itse myös katsomaan paikan päälle, kuinka punnitus todellisuudessa tehdään. Työn tavoitteena oli selvittää käytännön testien avulla oikea luotettavuus punnitukselle, jotta asiakkaankin kannalta saadaan toimitettua oikealaisia tuotteita.

Määrittelyssä auttoivat myös mittausepävarmuuden teoriapuolen asiantuntijat, laatuinsinöörit, tuotannon työnjohtajat sekä itse punnitusten suorittajat. Heidän avustuksellaan saatiin kehitettyä oikeanlainen ja luotettava punnitustapa itse testejä varten. Tavoitteena oli lisätä punnitusten tarkkuutta, kuitenkin lisäämättä kohtuuttomasti työmäärää tai kustannuksia.

Tutustuttuani prosessin toimintaan sain tietää, että nykyisillä punnituksilla saadaan eri tuloksia kuin laskennallisesti on saatu. Niinpä ryhdyin tutkimaan, mistä saatujen massojen erot johtuvat. Lisäselvittelyn jälkeen huomattiin, että näiden massojen ero on usein liian suuri, mikä lisää työmäärää oleellisesti jatkossa, sillä jopa suunnittelu saattaa tällöin mennä osittain uusiksi.

Kun epävarmuuskohteita kartoitettiin testien avulla, todettiin käytössä olevan mittaussysteemin tarkkuuden olevan parempi kuin 1/10 toleranssista. Tarkkuus on siis hyvää luokkaa ja siihen päästään noudattamalla tarkasti luotuja ohjeita.

Kun saatuja tuloksia analysoitiin tarkemmin, todettiin pakkauksessa käytetävän puun massan vaikuttavan hyvinkin oleellisesti tuloksiin yhdessä koriin kuulumattomien osien kanssa. Pelkästään koriin kuulumattomat osat voivat olla jopa useiden prosenttien luokkaa kokonaismassasta. Luvussa 7.4 on tarkemmin kerrottu välipuutestien tuloksista ja toteutuksesta.

Välipuuden kosteuden vaihtelun todettiin todellisuudessa olevan niin pientä, että kosteuden vaihtelusta aiheutuva massan muutos ei vaikuta oleellisesti

lopulliseen punnitustulokseen. Tällöin siis riittää, että jokaiselle välipuu-koolle annetaan yksilölliset massat, jotka huomioidaan pakkauksen sisältöä laskettaessa. Lisäksi koriin kuulumattomat osat tulee huomioida tulevaisuudessa korin massaa laskettaessa. Välipuutestien lisäksi tehtiin toki myös koripunnitukseen liittyvät testit, jonka tulokset ovat tarkemmin avattuna luvussa 8.

Opinnäytetyöhön ei käytännössä enää sisällytetty DMAIC-ongelmanratkaisumallille tavanomaista ylläpitovaihetta, jotta aihe ei laajenisi liikaa. Kuitenkin työn aikana havaituista ongelmakohtista oli helppo tehdä tulevaisuutta varten parannusehdotuksia ja ohjeita, joiden avulla ylläpitäminen olisi mahdollisimman vaivatonta.

7.2 R&R-tutkimuksen suunnittelu ja pohjatyö

KONEen mittaussvälineet kalibroidaan vuosittain asiantuntevien ammattilaisten tekemänä. Näin ollen oli selvää ennen punnitusten aloittamista, että tulokset ovat valideja. Lisäksi varmistettiin, että laitteita ei kalibroida kesken testejä, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia. Edellisen kerran testeissä käytetyt pumppukärryt oli kalibroitu tammikuun loppupuolella 2014. Testiin valittujen pumppukärryjen tarkkuudeksi on ilmoitettu 0,1 % punnitavasta kuormasta \pm erottelukyky eli tässä tapauksessa 1 kg. Kalibrointitodistusten perusteella kyseessä ovat melko identtisellä punnitsemistarkkuudella varustetut mittalaitteet. Kuitenkin toiset kärryt saattavat tietyissä tilanteissa näyttää yhden kilogramman verran liian pienen tuloksen. Tämä on kuitenkin niin pieni määrä, ettei se käytännön tasolla ole merkitsevä tekijä punnituksissa.

Sovellettavista punnitustavoista kehitettiin kolme erilaista variaatiota. Tämä sen takia, että jos aikataulu kävisi liian tiukaksi ja esimerkiksi punnittavia koreja ei tulisikaan tarpeeksi tiuhalla tahdilla, niin ainakin tarvittavat testit saataisiin tehtyä. Lisäksi kaksi ensimmäistä vaihtoehtoa mietittiin sillä tavoin, että punnitukset vastaisivat mahdollisimman paljon tällä hetkellä punnituksissa käytettävää tapaa. Kuvissa 10 ja 11 suositellut punnitustavat on aseteltu visuaaliseen muotoon.

7.2.1 Punnitustapa 1

Punnitsija 1 punnitsee tyhjän pakkauksen massan pumppukärryillä 1. Jos kyseessä on osittain pakattu pakkaus, punnitaan sekin ja otetaan alihankkijan ilmoittaman massan ja punnitun massan erotus huomioon.

Välipuiden massat ja mahdollinen muu lisäpakkausmateriaali huomioidaan. Niiden massoista tehdään valmis lista, jonka avulla punnitsija pystyy laskemaan käytettyjen välipuiden yhteismassan. Punnitsijan on siis hyvä pitää jonkinlaista kirjanpitoa käytetyistä välipuista.

Koriin kuulumattomien osien massat tarkistetaan ja huomioidaan ne pakkauksen sisällön massaa määritettäessä. Tämän jälkeen pakkaus viimeistellään ja punnitaan kokonaismassa. Saadusta kokonaismassasta vähennetään pakkauksen massa ja välipuiden massat.

Kun punnitus on tehty, puretaan pakkaus siihen pisteeseen, mistä pakkaaminen aloitettiin. Tämän jälkeen kutsutaan paikalle uusi punnitsija, joka omalla rutiinillaan hoitaa pakkaamisen. Muuten tapahtuma jatkuu samaan tapaan alusta alkaen.

Punnitsijoiden olisi hyvä punnita ainakin yksi muu kori välissä, ennen kuin punnitsee samaa koria uudestaan, jotta minimoitaisiin edellisen punnitustuloksen muistamisen mahdollisuus. Yksi vaihtoehto on myös punnita iltapäivällä ja heti aamulla sama kori, jolloin tämä ehto täyttyy. Kun operaattori toista kertaa punnitsee samaa koria, vaihdetaan mittalaitetta pumppukärryihin 2.



Kuva 10. Punnitustavan 1 toteutus käytännössä.

7.2.2 Punnitustapa 2

Ennen pakkaamista jokainen punnitustestiin osallistuva operaattori punnitsee tyhjän pakkauksen esimerkiksi kolme kertaa molemmilla testin mittalaitteilla. Tällä tapaa saadaan tyhjän tai osittain pakatun pakkauksen massa selvitettyä.

Kun pakkaus on valmis, se avataan niin, että punnitsija pystyy laskemaan käytettyjen välipuiden määrän ja ottamaan ne huomioon pakkauksen sisällön massaa määrittäessä. Välipuiden massat on listattuna valmiissa listassa.

Useampi punnitsija pakkaa testeissä käytettäviä koreja ja tämän jälkeen punnitsee ne noudattaen samaa rutiinia kuin punnitustapa 1:ssä. Tällöin voisi ristiin punnita toisten operaattorien pakkaamia koreja.

Lopuksi saadusta kokonaismassasta vähennetään alussa punnittu tyhjän pakkauksen massa, välipuut ja muut korin massaan kuulumattomat osat. Kun ensimmäinen operaattori on suorittanut punnitukset, avataan pakkaus ja kutsutaan toinen operaattori paikalle.



Kuva 11. Punnitustavan 2 toteutus käytännössä.

7.2.3 Punnitustapa 3

Kolmannessa punnitusvariaatioissa valittaisiin sattumalta yksi työntekijä yrityksestä sekä mahdollisesti myös itse testin suunnittelija suorittamaan punnitukset. Tässä tapauksessa riittäisi yksi kori punnittavaksi moneen kertaan eri mittalaitteilla. Tässä punnitusvariaatioissa keskityttäisiin lähinnä siis muihin epävarmuustekijöihin, kuin itse operaattorin aiheuttamaan mittauksen vaihteluun.

7.2.4 Punnitusten pohjustus

Punnitusvariaatiosta riippumatta mittauksia tuli tämän testin aikana tehdä vähintään 50 kappaletta, jotta saatiin tarpeeksi tietoa analysoitavaksi. Tämä tarkoitti punnitustapaa 1 käytettäessä vajaata kymmentä hissikoria punnittavaksi, sillä jokainen punnitsija punnitsi jokaisen korin noin neljä kertaa. 50 punnituskertaa valittiin punnituskertojen määräksi, sillä se täyttää KONEN omat standardit.

Testeistä pyrittiin kertomaan mahdollisimman vähän itse operaattoreille. Tällä tavalla pyrimme varmistamaan, että tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia, eivätkä punnitsijat pystyisi keskittymään juuri tiettyyn kohtaan punnituksessa. Näin testien tulokset vastasivat siis aivan tavallista punnitustulosta.

7.3 Hissikorin punnitusohje

Itse punnitustapahtumaan sekä muihin tapoihin ja epävarmuustekijöihin perehtyessä oli varsin luontevaa tehdä samalla ohje oikeaoppisen punnituksen toteutusta varten. Tätä ohjetta voidaan soveltaa vain standardikokoisissa pakkauksissa ja kuljetuskehikoissa oleviin koreihin. Joskus nimittäin punnittavat korit ovat niin isoja, ettei niitä punnita tavanomaisella tavalla.

Ohjeen tuli olla niin selkeä, että kuka tahansa tehtaan työntekijä osaisi suorittaa punnituksen ilman suurempaa avustusta. Ohjeessa kuvataan hyvin tarkkaan mm. miten nosturivaakaa käytettäessä köydet asennetaan pakkauksen ympärille ja miten pakkausta tulee nostaa, jotta tulokset olisivat mahdollisimman tasalaatuisia ja luotettavia.

Yksi suurimmista tavoitteista myös koko työtä ajatellen oli pitää punnitustapahtuma mahdollisimman selkeänä ja yksinkertaisena. Tällä tavalla mahdolliset tulkinnanvaraiset kohdat koko prosessissa minimoitaisiin ja tulosten tarkkuus kasvaisi.

Hyvinkään tehtaalle tarkoitetun ohjeen lisäksi tein ohjeen myös alihankkijoita varten. Ohje kertoo yksityiskohtaisesti myös heille, kuinka punnituksista saadaan oikeanlaista ja luotettavaa dataa ulos. Näiden tarkennuksien avulla saadaan entistä luotettavampaa tietoa myös KONEN tehtaan kannalta, sillä alihankkijoiden punnitustuloksia käytetään tämän hetkisessä punnitustavassa hyväksi myös Hyvinkäällä. Ohjeen avulla saadaan työvaihteita myös vähennettyä ja täten jopa kustannuksia karsittua hieman.

7.4 Esitietojen kerääminen

Jotta punnituksesta saatiin oikeanlaista ja tarvittava määrä tietoa heti testien alusta alkaen, piti suunnitella oleelliset kerättävät tiedot jokaisesta korista. Lisäksi ennalta mietityt kerättävät tiedot hyväksyttiin Gage R&R:n tuntevilla henkilöillä. Nämä tiedot koottiin yhteen suureen taulukkoon, jota käytettiin apuna tulosten analysoimisessa.

Ennen virallisten punnitusten aloittamista, tehtiin testejä kosteuden vaikutuksesta puun massaun. Kokeet suoritettiin sen takia, koska pakkaus itse on valmistettu puusta ja sen sisälle vielä tulee niin sanottuja välipuita parantamaan pakkauksen laatua. Pakkaus nimittäin altistuu kosteudelle, sillä se saattaa hyvinkin usein joutua olemaan pihalla katteettomassa tilassa ja kosteissa olosuhteissa. Lisäksi testeillä haluttiin varmistua siitä, että saadut tulokset koskevat juuri KONEella käytössä olevia pakkauksia ja puulaatuja.

Tässä testissä valittiin välipuiden joukosta sattumanvaraisesti muutama puu, joiden massa punnittiin. Välipuista valittiin poikkileikkaukseltaan kaksi erilaista välipuutyyppiä ja molemmista tyypeistä otettiin vielä useampi koekappale. Välipuut punnittiin siten, että kymmenen samanlaista puuta punnittiin kerralla ja tuloksesta laskettiin keskiarvo yhdelle välipuulle.

Punnituksen jälkeen puut vietiin pihalle kosteaan talvisäähän muutamaksi päiväksi. Tämän jälkeen suoritettiin uudelleen punnitus, jossa mitattiin kostean puun massa. Testien ajankohdan sää oli kuitenkin melko kuiva, joten merkittäviä eroja aikaisempaan punnitustulokseen ei saatu.

Koska välipuista haluttiin tietää myös niiden massa ääritilanteessa, jolloin ne olisivat hyvinkin kosteita (kosteusprosentti jopa 40), suoritettiin seuraavaksi puiden upotus vesiastiaan. Puut punnittiin yhden ja kolmen vuorokauden jälkeen upotuksesta.

Veteen upotuksen jälkeen testattiin, kuinka nopeasti puu kuivaisi takaisin lähtötilakosteuteen. Tänä aikana puita säilytettiin sisätiloissa. Puun kuivumisen nopeus on oleellinen tieto, jos joskus pakkaaminen kestääkin pidemmän aikaa ja täten puun kostus ehtii muuttumaan ensimmäisestä punnituksesta.

Kaikille tuloksille laskettiin lisäksi epävarmuusarvio tulosten oikeellisuudesta. Tätä varten punnituksia suoritti kolme henkilöä ja jokainen punnitus suoritettiin useampaan kertaan. Liitteestä 1 löytyy tarkemmat välipuulaskeumat.

Testeissä huomattiin kosteuden vaikutuksen puun massaun olevan merkittävää luokkaa, jos puu altistuu kosteudelle pidemmäksi aikaa. Välipuut kuivuivat nopeasti niiden veteen upotuksen jälkeen ja kahden vuorokauden kuluessa niiden massat olivat lähellä samaa suuruusluokkaa kuin ennen punnitusta. Taulukossa 4 on lueteltuna keskiarvot tehdyistä mittauksista.

Taulukko 4. Saadut punnitustulokset välipuille.

Välipuiden kosteuskoe		
Testityyppi	55x65 mm	44x91 mm
Ulkoilmakosteus	1820 g/m	1801 g/m
1 vrk veteen upotuksessa	1980 g/m	1973 g/m
3 vrk veteen upotuksessa	2099 g/m	2046 g/m
2 vrk veteen upotuksen jälkeen	1844 g/m	1802 g/m

Todellisuudessa itse välipuut eivät pääse kovin pahasti kastumaan ennen pakkaukseen laittamista, sillä niitä säilytetään suojassa katoksessa. Tuloksista kuitenkin pystyy tekemään johtopäätöksiä myös itse puupakkausten suhteen, sillä ne valmistetaan samasta puulaadusta.

Koska oletus oli, ettei välipuiden kosteus juuri vaihtele tai ainakaan sen vaikutus välipuiden massa on merkityksetön, laskettiin jokaiselle välipuukoolle massa. Testien alkaessa KONEella oli käytössään kahdella eri poikileikkauksella varustettua välipuumallia, joille molemmille kuitenkin laskettiin sama keskiarvo massalle, n. 1800 g/m. Jos muun kokoisia puita tulisi pakkaukseen laitettaviksi, täytyisi niille laskea oma keskiarvo. Taulukossa 5 on lueteltu jokaiselle käytössä olevalle välipuukoolle massa, jota käytettiin punnitustesteissä.

Taulukko 5. Välipuiden massat.

Välipuun pituus	Välipuun massa
1650 mm	3,0 kg / kpl
1950 mm	3,5 kg / kpl
2200 mm	4,0 kg / kpl

Todellisuudessa on hieman vaikeampi arvioida pakkauksen massan muutosta pakkaustapahtuman aikana, sillä siihen vaikuttavat monet tekijät. Massan muutos riippuu paljolti siitä, kuinka kostea pakkaus on, kun se tuodaan sisälle. Jos pakkaus jää esimerkiksi kesken viikonlopun ajaksi, tällöin pakkauksesta ehtii haihtua enemmän nestettä, kuin jos se saataisiin samana päivänä valmiiksi.

Puiden kosteuden vaihtelu pyritään minimoimaan testeissä siten, että pakkaus punnitaan juuri ennen ensimmäisen komponentin asettamista siihen. Tällä tavoin aikaväli jää mahdollisimman pieneksi ensimmäisen ja viimeisen punnituksen välillä.

Ennen virallisia testejä, suoritettiin punnituksia kokeillen erilaisia variaatioita siitä miten punnitustulokset vaihtelisivat, kun punnitustilanne hieman vaihtuu. Tällöin kokeilin tehdä punnituksia siirtelemällä pumppukärryjä eri kohtiin pakkauksen alle, niin pakkauksen pituus kuin leveyssuunnassa. Leveyssuunnassa pumppukärryjä pystyi siirtämään hyvinkin jopa puoli metriä

pois pakkauksen alta, niin että pakkaus oli enää piikkien kärkien päällä. Pituussuunnassa kärryjä liikuteltiin myös kymmeniä senttimetrejä suuntaansa. Lisäksi kokeilin vaikuttaako kärryjen nostokorkeuden muutos tulokseen. Yhteensä toistin kokeen viisi kertaa ja joka kerta tulos oli sama. Vaikka otos oli pieni, pystyi sen pohjalta vetämään jonkinlaisia johtopäätöksiä myös siitä, että mittalaitteesta johtuvat virheet olisivat melko pieniä.

Koriin kuulumattomien osien massoja kerättiin ennen punnituksia alustavasti piirustuksista. Testeissä kuitenkin päätettiin, ettei näiden komponenttien massoja tarvitse varmistaa erikseen punnitsemalla, sillä ne eivät vaikuta itse punnitustapahtuman tarkkuuteen. Lisäksi yksi yleisistä koriin kuulumattomista komponenteista valmistetaan alihankkijan toimesta, joten punnitusvastuu on heillä.

Taulukossa 6 on lueteltuna ennen punnituksen harmonisointia käytössä olleet pakkauksien oletusmassat. Näiden massojen käyttäminen todellisessa punnitustilanteessa on hyvin kyseenalaista, sillä tiedossa ei ole, mikä kosteusprosentti näissä pakkauksissa on ollut, kun punnitukset on suoritettu. Lisäksi pakkauksetkaan eivät ole aina identtisiä käytetyn puumateriaalin määrän suhteen.

Taulukko 6. Listamassat pakkauksille ennen muutoksia.

Puuhäkki	
310 x 170 x 120 cm	139 kg
310 x 200 x 120 cm	153 kg
310 x 225 x 120 cm	168 kg
340 x 225 x 120 cm	218 kg
340 x 240 x 120 cm	239 kg
Kaksi 60 cm korkeata pakkausta ("setti")	
310 x 170 x 60+60 cm	176 kg
310 x 200 x 60+60 cm	200 kg
310 x 225 x 60+60 cm	230 kg
340 x 225 x 60+60 cm	340 kg
Meripakkaus	
310 x 170 x 60 cm	250 kg
310 x 200 x 60 cm	280 kg
310 x 170 x 120 cm	300 kg
310 x 200 x 120 cm	326 kg
340 x 200 x 120 cm	406 kg
310 x 225 x 120 cm	495 kg
340 x 225 x 120 cm	525 kg

Pakkauksien massan muuttumista tutkittiin myös hieman. KONEella testejä on tehty myös aikaisemmin tuomalla ulkoa kostea pakkaus sisälle, jolloin pakkaus punnittiin ensimmäisen kerran. Tämän jälkeen pakkauksen annettiin olla kuivemmissä sisätiloissa muutaman päivän ajan, minkä jälkeen suoritettiin uudelleen punnitus ja tarkistettiin saatujen massojen ero. Valitettavasti näiden testien tarkkoja tuloksia ei ollut tallessa ja testijakson ajalle ei sattunut sateisia päiviä, jotta käytännön mittauksia olisi päässyt tekemään.

Välipuutestien perusteella puun massasta saattaa haihtua helposti 10 % pois muutaman päivän aikana. Pakkauksien massat huomioiden tämän tarkoittaisi useiden kymmenien kilogrammojen osuutta massasta.

7.5 Punnitusten toteutus

Punnitustavaksi mahdollisista kolmesta eri variaatiosta valittiin punnitustapa 2. Tämä variaatio osoittautui pienen tarkastelun jälkeen melko todennukaiseksi tilanteeksi, jossa myös normaaliolosuhteissa testejä suoritetaan. Lisäksi tässä punnitustavassa tulisi huomioida tämän hetken suurimmat virheitä aiheuttavat tekijät eli pakkauksen massa ennen pakkaamista Hyvin-käällä sekä muu pakkausmateriaali.

Punnituksia teki yhteensä kolme operaattoria, joista kaksi oli kokeneempia tekijöitä ja yksi hieman kokemattomampi. Tällaisella järjestelyllä otetaan

huomioon myös uusien työntekijöiden sekä kesäapulaisten aiheuttama epävarmuus tuloksissa. Kokeneet punnitsijat olivat puolestaan punninneet koreja jo pitkään.

Punnituskertoja täytyi olla KONEen standardien mukaan vähintään 50 kappaletta, joten kolmella punnitsijalla ja neljällä punnituskerralla koria kohti se tarkoitti yhteensä noin viittä punnittavaa pakkausta. Todellisissa testeissä punnittiin kuitenkin kuusi koripakkausta. Tällöin siis pakkaamista edeltäviä ja seuraavia punnituksia tuli yhteensä noin 70 kappaletta.

Jokainen pakkaus punnittiin ensimmäisen kerran siten, että alihankkijalta tulleen setin päälle asetettiin Hyvinkään tehtaalta tuleva puupakkaus ja tämä kokonaisuus punnittiin. Toinen punnitus tehtiin, kun pakkaaminen oli suoritettu ja juuri ennen kuin pakettia lähetettiin eteenpäin. Tällä tavalla saatiin samalla testattua vaihtelevatko punnitustulokset enemmän vai vähemmän ennen ja jälkeen pakkaamisen.

8 TYÖN TULOKSET

KONEella oli jo ennen tämän työn aloittamista tiedossa teoreettinen luottamusvälin arvot hissikorien punnituksen vaihteluvälille. Mittausjärjestelmän toimivuus haluttiin kuitenkin saada testattua käytännössä, sillä kaikkien epävarmuuksien arviointi teoriassa on joskus hyvinkin vaikeaa.

Jotta tietoa saataisiin mahdollisimman laajalti, laskettiin tuloksia sekä Minitab-ohjelmalla että erillisellä RR-tutkimukseen tarkoitettuna taulukon avulla. Taulukon tulokset ovat 99 prosentin ja Minitab-ohjelmalla suoritettua laskut 95 prosentin luottamustasolla. Liitteessä 3 on tarkemmat tulokset annettuna numeromuodossa.

Koska testeissä perehdyttiin nimenomaan erikoiskoreihin, niin on todella harvinaista, että aivan samanlaisia koreja tulisi valmistettavaksi isompia sarjoja. Tästä johtuen myös punnitut korit olivat osittain erilaisia. Kuitenkin laatuinsinöörien avustuksella laskettiin myös Minitabilla mittaussysteemiä kuvaavat arvot, vaikka punnitustulosten ei pitäisikään olla aina identtisiä.

8.1 Mittausepävarmuuslaskut koripakkauksille

Laskuissa oletettiin arvojen olevan normaalisti jakautuneita ja tulokset on ilmoitettu 95 % luottamustasolla. Taulukossa 7 on ilmoitettu kaikkein koripakkausten keskiarvot ja laajennettu epävarmuus kyseiselle punnitustulokselle. Laskelmat näiden lukujen takaa löytyvät liitteestä 2.

Taulukko 7. Punnitustulosten laajennetut epävarmuudet ja keskiarvot.

Hissinumero	Aloituspunnitus	Kokonaismassa
8233383	668 ± 0,9 kg	1089 ± 0,9 kg
8233384	680 ± 0,5 kg	1100 ± 0,6 kg
8289903	578 ± 0 kg	829 ± 0,8 kg
350006117	943 ± 0,8 kg	1200 ± 12,3 kg
8264709	812 ± 1,0 kg	1441 ± 1,1 kg
8264705	820 ± 0,5 kg	1444 ± 1,5 kg

Tuloksista nähdään, että vaihtelut ovat pääsääntöisesti hyvin pieniä. Yhden korin kohdalla vaihtelu on suurempaa, mutta siitä huolimatta tämä on KO-NEen antamien toleranssirajojen sisäpuolella. Täytyy toki huomioda, että näissä laskuissa on huomioitu vain Hyvinkään tehtaalla tapahtuva punnitus, eikä muiden punnitustarkkuutta tai pakkauksen massan vaihtelua.

Saatujen tulosten valossa voi sanoa punnitusprosessin toimivan kohtalaisen hyvin. Vielä, kun minimoidaan kaikkien vaihteluiden määrä prosessista, niin saadaan luotettavia tuloksia ulos. Tämä toki vaatii ponnisteluja, jotta kaikki muutokset saadaan toteutettua.

8.2 RR-taulukosta saadut tulokset

Mittaajien väliset erot testeissä olivat hyvin pieniä. Kokeneemmat punnitsijat pystyivät uusimaan suurella tarkkuudella punnitsemansa tuloksen uudelleen kerta toisensa jälkeen. Heidän omien punnitusten keskimääräinen erotus oli kummallakin 2,333 kg. Kokemattomammalla punnitsijalla arvo oli puolestaan 2,667 kg. Tämä kertoo siitä, että myös kokematon punnitsija pystyy pääsemään hyvin lähelle samoihin tarkkuuksiin kuin kauemman aikaa punninneet henkilöt. Punnitusten väliset erot ovat pääsääntöisesti kuitenkin niin pieniä, että ne eivät yksistään pilaa punnituksen tarkkuutta.

Mittalaitteiden erot olivat hyvin pieniä. Kun sama operaattori punnitsi kahdella eri mittalaitteella samaa koria, oli yhtä poikkeusta lukuun ottamatta suurin ero näiden välillä 3 kg. Kyseisessä tapauksessa 3 kg on 0,2 prosenttia kokonaismassasta.

Kun MCI on välillä 0 - < 20 %, on tulos hyvä. Arvon ollessa 20-30 % on tulos vielä hyväksyttävä, mutta se ei ole parhaimmasta päästä. Jos arvo sen sijaan on yli 30 %, tulosta ei voida pitää enää hyvänä. (Barrentine 2003, 12.)

Kokonais RR-arvoksi saatiin n. 11 kg, joka tulee kokonaisuudessaan mittalaitteen aiheuttamasta vaihtelusta. Jos kappaleelle sallittu toleranssialue asetetaan arvoon 50 kg, niin silloin saatu vie n 22 % toleranssialueesta. Tämä on hyvä arvo. Lisäksi MCI₁-arvoksi saatiin 4,33 %, joka on Larry B. Barrentinen antamien ohjearvojen mukaan aivan ideaalia tasoa.

Yhden koripakkauksen kohdalla tuli kuitenkin erittäin suuria eroja, niin punnitsijoiden kuin mittalaitteidenkin osalta. Jokainen operaattori sai punnittua sekä suuremman että pienemmän tuloksen. Eroa tuloksilla oli suurimmillaan lähes 25 kg. Lisäksi molemmilla mittalaitteilla saatiin isompi ja

pienempi tulos. Jokaisella kerralla punnitsijat tarkistivat myös sen, että pakkaus oli kokonaan ilmassa, niin että pakkauksen paino oli kokonaan pumppukärryjen varassa. Tässä tapauksessa kyse saattaisi olla jopa systemaattisesta virheestä, sillä tulosten vaihtelun suuruus oli suurin piirtein samaa luokkaa kaikilla punnitsijoilla ja jokainen punnitsija sai myös täsmälleen saman tuloksen toisella punnituksella. Täten vaikuttaisi, että tulokset olivat säännöllisellä tavalla riippuvaisia ympäristöstä.

Mahdollinen syy siihen, miksi yhden korin punnitustulos vaihteli niin paljon, on että pakkauksen painopiste oli hyvin etäällä pakkauksen keskiosasta. Punnituslaitteen vaakana mekaniikkaa paremmin tuntematta voisi siis olla mahdollista, että vaaka näyttäisi eri lukemia, kun painopiste siirtyy liian kauas kärryjen päältä. Kyseissä punnituksissa olisi siis saattanut tämä raja kulkea hyvin läheltä pakkauksen keskikohtaa ja kun pumppukärryjä asetettiin aina uudelleen pakkauksen alle, niin aina tapahtuu vaihtelua kärryjen sijainnin suhteen, vaikka ne yrittäisikin laittaa täsmälleen samaan kohtaan. Tällaisessa skenaariossa olisi mahdollista saada erilaisia punnitustuloksia.

Saaduista tuloksista pystyi muutaman koripakkauksen kohdalla vertailemaan aiemmin käytössä olevan punnitustavan ja uuden punnitustavan välisiä tuloseroja. Suurimmillaan vanhalla punnitustavalla saatiin noin 5 % pienempi tulos kuin uudella punnitustavalla. Toisaalta toisen pakkauksen kohdalla saatiin noin 7 % suurempi tulos vanhemmalla punnitusmetodilla.

Testien aikana oli hyvin tärkeää, että itse testien toimeksiantaja oli samalla myös valvomassa testien toteuttamista. Tällä tavoin minimoitiin operaattorien mahdolliset toimet yrittää saada samoja tuloksia jokaisella punnituskerralla. Muutamassa punnitustapauksessa tällainen tilanne oli syntyä, mutta oikeat tulokset saatiin kuitenkin kirjattua, kun tulos kirjattiin heti paketin noustua lattiasta kokonaan ilmaan pumppukärryjen varaan.

Testeissä havaittiin, että keskimäärin sekä mittalaitteesta että operaattorista johtuvat mittausvirheet ovat hyvin pieniä. Yhtä punnittavaa koria lukuun ottamatta erot olivat 5 kg tai sen alle. Kun ensimmäiset korit oli punnittu, tuntuikin, että mahdolliset virheet itse punnitustilanteessa jäävät erittäin vähäisiksi.

Punnitustesteissä punnittiin paljon niin sanottuja settejä, jotka sisältävät siis kaksi matalaa puulaatikkoa. Näistä pakkauksista tehdyn massataulukon ja alihankkijan merkitsemien pakettien sisältömassojen perusteella pystyi tekemään pienimuotoista vertailua siitä, miten tarkat punnitukset ovat ennen harmonisointia. Vaikka valmiiksi laadittu lista onkin huono puupakkauksien massaa arvioitaessa, voidaan tuloksista todeta, että saaduissa tuloksissa on useamman kymmenen kilogramman heittoja. Näiden laskelmien perusteella voidaan kyseenalaistaa ainakin joko listamassat pakkauksille tai alihankkijoiden mittausten tarkkuus.

Saatujen tulosten avulla vertailtiin myös laskennallisesti saatuja korin massoja todellisissa punnituksissa saatuihin arvoihin. Valitettavasti kahden punnittavan korin osalta ei alihankkija ollut antanut sisällön massaa, joten

niitä ei voi hyödyntää näissä laskelmissa. Näihinkin tuloksiin kannattaa suhtautua pienellä varauksella, sillä pakkauksien ensimmäisten punnitusten tarkkuutta ei tiedetä. Kuitenkin yhden koriryhmän osalta ylitettiin toleranssien, että se aiheuttaa lisätoimenpiteitä jatkossa. Muiden korien osalta sen sijaan arvot olivat selkeästi lähempänä toisiaan.

On kuitenkin hyvin vaikea sanoa, onko pakkauksen kanssa punnittu arvo yhtään sen oikeampi kuin laskettu arvo, sillä absoluuttisen tarkkaa tulosta korille ei tiedetä. Pakkauksen kanssa punnitessa saattaa esimerkiksi ongelmia tulla vääränlaisesta painopisteestä. Tällöin onkin tärkeää, että päästään mahdollisimman lähelle oikeaa tulosta, jotta hissit toimisivat oikealla tavalla.

Testeissä osui punnitukseen kaksi kahden korin sarjaa, joiden pitäisi keskenään olla samanlaisia ja täten massaltaan liki identtiset. Ensimmäisessä kahden korin sarjassa kokonaismassoja punnittaessa ohjeita noudattaen päästiin kaikissa tuloksissa 10 kg sisään toisistaan. Toisessa sarjassa puolestaan erot olivat 6 kg sisällä. Toisessa sarjassa aloituspunnitusten perusteella pakkauksien välillä tulisi olla jopa 10 kg eroja, joita kokonaismassaa tarkasteltaessa ei kuitenkaan ollut. Hyvää kuitenkin tuloksissa on se, että erot ovat näin pieniä ja sopivat asetettuihin laatuvaatimuksiin.

8.3 Minitabilla lasketut tulokset

Minitab antaa graafisessa muodossa tulokset kaikille laskuille. Seuraavassa on hieman avattu, mitä nämä kaikki kuvaajat ja luvut tarkoittavat.

Components of variation (vasen yläkulma) kertoo, kuinka paljon vaihtelua syntyy eri lähteistä. Ideaalissa tilanteessa osien sisäiset erot aiheuttavat suurimman osan vaihtelun määrästä. Jos puolestaan esimerkiksi mittausjärjestelmä aiheuttaisi suurimman osan vaihtelusta, saattaisi se vaatia parannuksia. (Gage Studies for Continuous Data n.d.)

R chart (keskellä vasemmalla) kuvastaa jokaisen mittaajan johdonmukaisuutta. Pisteet osoittavat suurimman ja pienimmän tuloksen erotusta kappaletta kohden ja jos tulokset ovat samoja, tällöin tuloskin on nolla. Vihreä keskiviiva kuvastaa keskiarvoa ja punaiset viivat ovat Minitabin laskemia raja-arvoja. Jos yläraja ylitetään, ei operaattori mittaa johdonmukaisesti. (Gage Studies for Continuous Data n.d.)

Xbar chart (vasen alakulma) vertaa osien keskinäistä vaihtelua toistettavuuteen. Pisteet kuvastavat keskiarvoa jokaiselle kappaleelle operaattorikohtaisesti. Vihreä viiva on keskiarvo kaikkien operaattorien suorittamien punnitusten keskiarvo. Raja-arvot perustuvat toistettavuusarvioon sekä keskiarvoon johtaneiden mittausten lukumäärään. Suuri määrä pisteitä rajojen ulkopuolella kertoo siitä, että suuri osa vaihtelua syntyy osien välillä eikä itse mittausjärjestelmästä. (Gage Studies for Continuous Data n.d.)

Measurements by part (oikea yläkulma) kuvastaa kaikkia mittauksia kappalekohtaisesti. Minitab piirtää mittaustuloksista tyhjän ympyrän ja keskiar-

voista kiinteä ympyrän. Viiva yhdistää jokaisen kappaleen keskiarvot toisiinsa. Jos ympyrät ovat lähellä toisiaan, on vaihtelu vähäistä. Sen sijaan keskiarvoympyröiden ollessa etäällä toisistaan syntyy vaihtelu osien sisällä. (Gage Studies for Continuous Data n.d.)

Measurements by operator (oikealla keskellä) kuvastaa operaattorien välisen mittausten johdonmukaisuutta. Mustat ympyrät kuvaavat keskiarvoa ja jos niitä yhdistävä viiva on yhdensuuntainen x-akselin kanssa, mittaavat operaattorit yhdenmukaisesti kappaleita. (Gage Studies for Continuous Data n.d.)

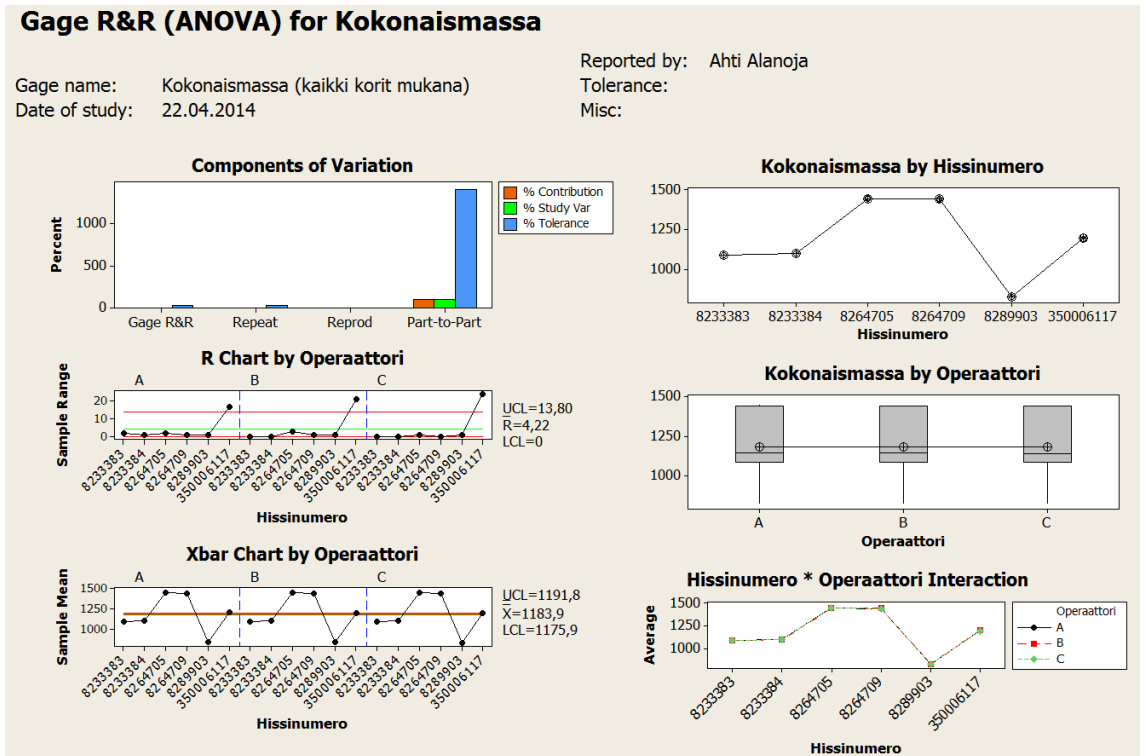
Operator by part interaction (oikea alakulma) kuvaa jokaisen operaattorin kappalekohtaista keskiarvoa. Jokaista operaattoria kohden on oma viiva, joka yhdistää tulokset toisiinsa. Jos viivat ovat yhdenmukaiset, mittaavat operaattorit kappaleita samalla tavalla. Sen sijaan erojen ollessa suuria, voi kuvaajasta päätellä, mittaako kenties jokin operaattori eri tavalla muihin verrattuna. (Gage Studies for Continuous Data n.d.)

% Contribution on luku, joka kertoo kokonais-Gage R&R:n, uusittavuuden, toistettavuuden sekä osien vaihtelun suhteen kokonaisvariaatioon. Esimerkiksi jos part-to-part % Contribution arvo on 99,20 %, tarkoittaa se, että kokonaisvaihtelusta 99,20 % tulee osien vaihtelusta. (Gage Studies for Continuous Data n.d.)

AIAG on antanut raja-arvoja, joiden mukaan pystytään tarkistamaan, ovatko toistettavuus- ja uusittavuustestit hyväksyttävällä tasolla. Yksi kriteereistä on, että mittaustuloksissa käytettävät arvot on saatu tarpeeksi hyvällä resoluutiolla mitatuksi. Tämä kriteeri (ndc, number of distinct categories) kertoo siis, kuinka moneen ryhmään mittausjärjestelmä pystyy saadun tuloksen jakamaan. Yleisesti ottaen arvon on syytä olla yhtä suuri tai suurempi kuin viisi. (Automotive Industry Action Group, Measurement Systems Analysis, Third Edition 2003, 45.)

Toinen merkittävä tekijä on se, kuinka paljon mittausjärjestelmä aiheuttaa vaihtelua. Tällöin tarkastellaan vaihtelun määrää toleranssista ja prosessista mitattuna. Jos kyseiset arvot ovat 10 % tai alle ovat tulokset hyväksyttäviä. 10-30 % on vielä hyväksyttävällä tasolla, mutta yli 30 % on jo huono taso, eikä tuloksia voi tällöin hyväksyä. (Automotive Industry Action Group, Measurement Systems Analysis, Third Edition 2003, 77.)

Kuvissa 12, 13 ja 14 on vasemmassa yläkulmassa esitettyinä variaatiot kokonais-Gage R&R:lle, toistettavuudelle, uusittavuudelle ja kappaleiden väliselle vaihtelulle. Kuten kuvasta näkee, suurimmat variaatiot ovat kappaleiden välillä. Tämä on hyvä asia, sillä tällöin suurin osa testeissä syntyneessä variaatiosta tulee kappaleista, eikä itse mittaussysteemistä. Lisäksi taulukoissa 8, 9 ja 10 on listattuna saadut tulokset eri punnituksille.



Kuva 12. RR-testin tulokset kokonaismassalle (kaikki punnitustulokset mukana)

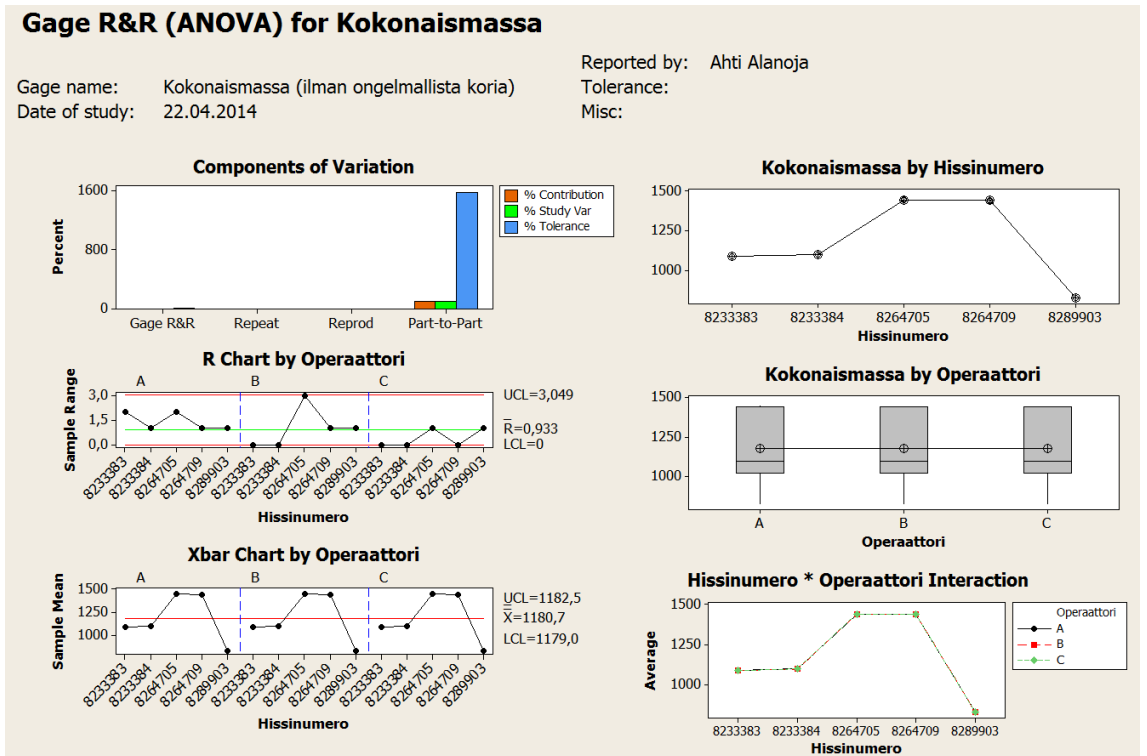
Taulukko 8. RR-testin tulokset kokonaismassalle (kaikki punnitustulokset mukana)

	%Contribution	StdDev	Study Var	% Study Var
Kokonais Gage R&R	0,04	4,941	29,64	2,10
Toistettavuus	0,04	4,941	29,64	2,10
Uusittavuus	0,00	0,00	0,00	0,00

Kaikkien korien kokonaismassaa laskettaessa ndc-arvo oli 67, joka on erittäin hyvä luku. % Contribution arvo kokonais Gage R&R:lle on alle 1, joten sekin täyttää tarvittavat kriteerit mittaussysteemin hyväksynnälle. % Study variation on alle 10 %, joten tätäkin voidaan pitää ideaalina arvona.

Keskihajonnaksi saatiin noin 4,9 kg, josta laskelmien mukaan kaikki vaihtelu tulee toistettavuudesta eli mittalaitteesta. Sen sijaan kokonaismassojen tutkimuksen vaihteluksi saatiin 29,6 kg. Uusittavuus on puolestaan erittäin hyvää luokkaa, sillä siitä ei pitäisi aiheuta yhtään vaihtelua tuloksiin.

Tuloksia laskettiin myös sen perusteella, jos toleranssiksi annettaisiin 100 kg, joka on tällä hetkellä käytössä pienempien korien massoja laskettaessa. Tällöin tulokset sen sijaan olivat juuri ja juuri hyväksyttävissä rajoissa (alle 30 % toleranssialueesta), mutta riski olisi erittäin suuri toleranssien ylitykselle.



Kuva 13. RR-testin tulokset kokonaismassalle (yksi ongelmallinen punnitustulos poistettu)

Taulukko 9. RR-testin tulokset kokonaismassalle (yksi ongelmallinen punnitustulos poistettu)

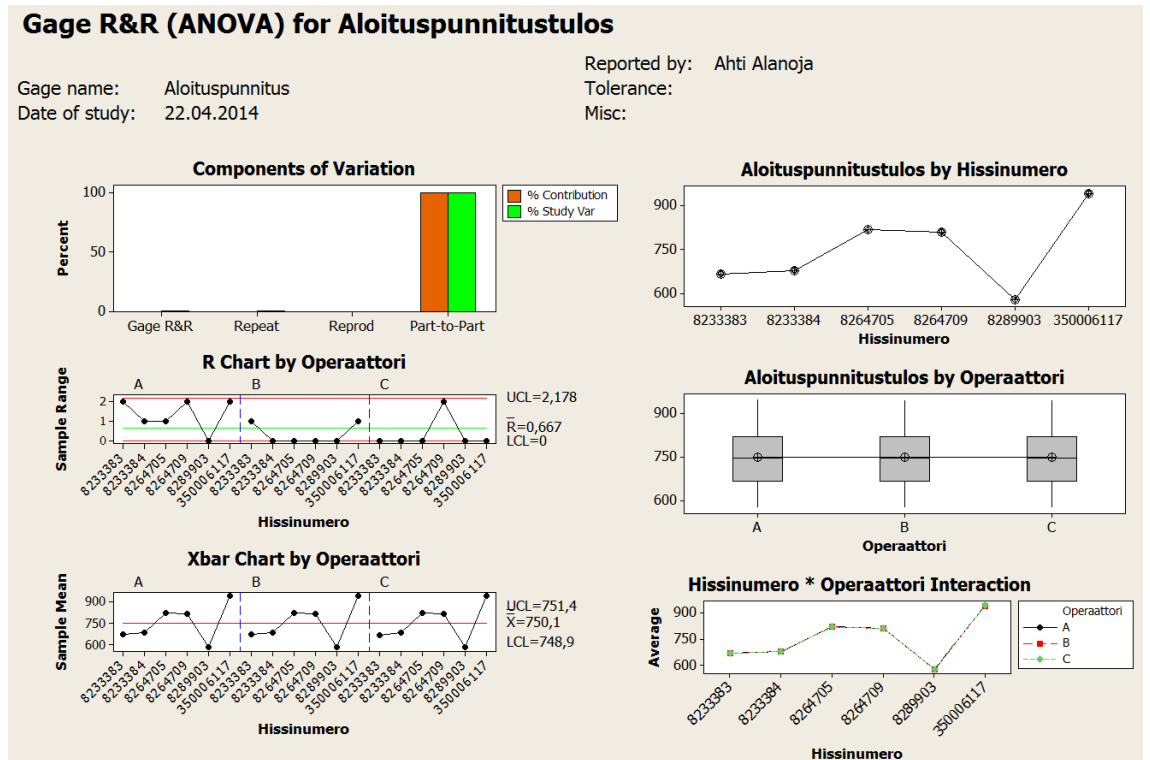
	% Contribution	StdDev	Study Var	% Study Var
Kokonais Gage R&R	0,00	1,008	6,05	0,38
Toistettavuus	0,00	0,894	5,37	0,34
Uusittavuus	0,00	0,465	2,79	0,18

Kokonaismassoille laskettiin kaikki arvot uudelleen siten, että tuloksista jätettiin yksi ongelmallinen koripakkaus pois, joka aiheutti suurimman osan vaihtelusta. Tällöin tulokset olivat vielä parempaa luokkaa. % Contribution oli 0 ja % Study Variation oli 0,38. Molemmat ovat siis aivan optimaalisella tasolla.

Näille laskuille annettiin myös sama 100 kg toleranssialue, jolloin % Tolerance arvoksi saatiin 6,05. Kyseinen arvo olisi erittäin hyvää luokkaa.

Keskihajonnaksi koko Gage R&R:lle saatiin hieman reilu 1 kg. Toistettavuudelle 0,9 kg ja uusittavuudelle 0,5 kg ovat myös hyvin pieniä lukuja hissikorin punnitusta tarkasteltaessa. Nämä ovat siis aivan hyväksyttäviä eivätkä täten aiheuta itsessään suurempia toimenpiteitä.

Näihin tuloksiin on kuitenkin syytä perehtyä hieman varautuen, sillä ongelmallisia punnitustuloksia saattaa tulla tuotannossa useamminkin. Tämä siis antaa hieman väärennettyä kuvaa tuloksista, vaikka selvästi suurin osa punnituksista onkin onnistuttu suorittamaan erittäin hyvällä tasolla.



Kuva 14. RR-testin tulokset aloituspunnituksille (kaikki punnitukset mukana)

Taulukko 10. RR-testin tulokset aloituspunnituksille (kaikki punnitukset mukana)

	%Contribution	StdDev	Study Var	% Study Var
Kokonais Gage R&R	0,00	0,633	3,798	0,48
Toistettavuus	0,00	0,630	3,780	0,48
Uusittavuus	0,00	0,063	0,378	0,05

Aloituspunnituksia tutkittaessa saatiin myöskin erittäin positiivisia tuloksia. Kokonaistulos toistettavuus ja uusittavuus tutkimukselle %Contribution oli 0 ja % Study Variation 0,48 ja nämä luvut ovat aivan ideaaleja.

Kuvissa 12, 13 ja 14 on useita prosessia kuvaavia kuvaajia. Kenties tärkein näistä on vasemmalla keskellä oleva kuva, josta näkee operaattori-kohtaisesti saatujen mittaustulosten väliset erot. Pääasiassa erot ovat suuruudeltaan alle 3 kg, mikä on hyvää luokkaa koripunnituksessa.

Toinen hyvä kuvaaja on oikean alakulman vertailu operaattorien saamista tuloksista. Kuten kuvasta näkee, jokainen operaattori punnitsee suurin piirtein samankaltaisia tuloksia, sillä kuvaajat menevät limittäin. Myös kappa-leiden välisen vaihtelun erottaa selvästi.

Oikealla keskellä olevasta kuvaajasta näkee, että punnitsijat punnitsevat yhdenmukaisesti koreja, sillä keskiarvoja yhdistävä viiva on yhdensuuntainen x-akselin kanssa. Lisäksi voi todeta oikean yläkulman kuvaajista, että tulokset ovat olleet hyvin lähellä toisiaan, sillä ei pysty selvästi erottamaan ympyröitä, jotka poikkeaisivat keskiarvosta.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että pääasiassa tämänhetkisellä KONEEn mittaussysteemillä ja siihen tehdyillä pienillä parannuksilla, voidaan mitata hyvinkin luotettavasti. Kuitenkin tutkimuksissa yhden pakkauksen kohdalla havaittu vaihtelu oli niin suurta, ettei tätä voi hyväksyä.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Oikeanlaiset punnitustavat, tarkat ohjeet punnitukseen sekä vuosittaiset kalibroinnit tulisi ottaa osaksi niin KONEEn omaa kuin sen alihankkijoidenkin tuotantoa. Jos alihankkijat pystyvät todistamaan, että heidän punnitustuloksensa on saatu kalibroidulla ja luotettavilla mittausrakenteilla, helpottaa se työmäärää myös Hyvinkään tehtaalla. Tällöin ei tarvitsisi uudelleen punnita alihankkijoilta tulevia tavaroita niiden tulosten oikeellisuuden varalta, vaan voidaan luottaa heidän ilmoittamiinsa arvoihin.

Tulevaisuudessa KONEella tulee olemaan käytössä vähintään kaksi eri punnitustapaa, yksi punnitustapa kokonaisina lähteviä ja yksi osina lähteviä koreja varten. Tehdyissä testeissä keskityttiin kuitenkin vain osina eli puupakkauksessa maailmalle lähetettäviin koreihin. Jotta kaikissa eri punnitustavoissa pystytään varmistumaan tulosten oikeellisuudesta, olisi syytä toteuttaa testejä myös muissa punnitustavoissa.

9.1 Korin massan määrittäminen pakkauksen kanssa

Alihankkijoilla tehtiin oma ohjeistus siitä, kuinka heidän tulee punnitus oikeaoppisesti suorittaa. Tällä hetkellä he merkitsevät kokonaan pakatun pakkauksen kokonaismassan ja paketin sisällön massan. He eivät kuitenkaan ole selvästi merkinneet ja ottaneet huomioon heidän omia pakkaukseen asettamiaan välipuita ja muita koriin kuulumattomia osia. Ohjeen avulla nämä merkitään tulevaisuudessa selkeästi papereihin, mitä osia heidän ilmoittamansa massat sisältävät.

Jokaista tyhjiltään aloitettavaa pakkaustapahtumaa tulisi edeltää pakkauksen punnitus. Tällöin pystyttäisiin minimoimaan pakkauksen massaan liittyvät epävarmuustekijät eli puun kosteus ja puun määrä pakkauksessa. Jos tämä kuitenkin unohtuu tehdä, tulee tästä suuri määrä lisätyötä, jos osat puretaan pois tai virheen mahdollisuus kasvaa, jos punnitsija käyttää lista-arvoa pakkauksille.

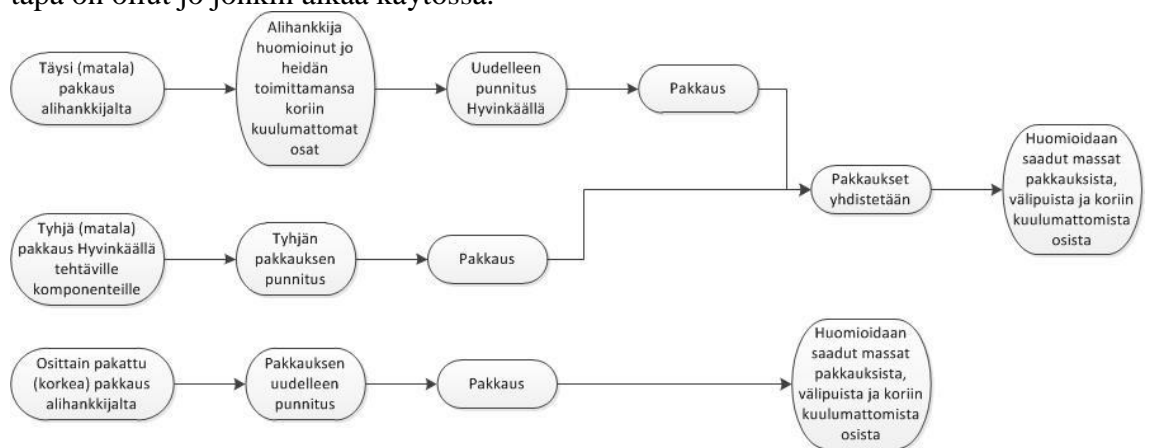
Pakkauksen kanssa punnitsemiseenkin liittyy muutamia riskitekijöitä, jotka saattavat merkittävästi vaikuttaa lopulliseen tulokseen. Yksi merkittävä tekijä on, jos pakkaaminen syystä tai toisesta jäisi kesken useammaksi päiväksi ja puupakkaus keventyisi ensimmäisen punnituksen jälkeen. Toinen merkittävä tekijä on se, jos alihankkijalta tulleeeseen pakkaukseen lisätään joitain komponentteja ennen ensimmäistä punnitusta. Tällaisissa tapauksissa pitäisi aina suorittaa esimerkiksi valaisimen pakkaamista ennen ja jälkeen punnitus.

Jos pakkauksien massojen muuttumista ajan suhteen halutaan tarkemmin tutkia, on syytä tuoda muutamia pakkauksia sisätiloihin esimerkiksi muutama sadepäivän jälkeen. Tällöin sadeveden kostuttamat pakkaukset tulisi mitata heti sisälle tuotaessa ja tämän jälkeen muutaman tunnin välein. Tällä tavalla saisi tarkemmin tietää, paljonko ulkoilmassa kostuneet pakkaukset menettävät massastaan pakkaamisen aikana.

Pakkauksen kosteuden vaihtelua pystytään hieman kontrolloimaan tuomalla jokainen punnituksen vaativa koripakkaus sisälle kuivumaan tarvittavaksi ajaksi. Tällä tavalla saataisiin suurimmat kosteuden vaihtelusta aiheutuvat epävarmuudet punnituksessa minimoitua. Toki tällöin pitäisi tehdä myös testejä siitä, kuinka kauan pakkauksia tulisi kuivata sisäilmassa, jotta saavutetaan optimaalinen piste puun kosteuden suhteen. Valitettavasti tällainen järjestely ei kuitenkaan aina ole mahdollista, sillä joskus komponenteilla on hyvin kiire kohteeseen ja aina ei välttämättä ole pakkauksien vaatimaa tilaa vapaana tehtaalla.

Tämän hetkisillä punnitustavoilla riittäisi pienemmät muutokset, jos hyödynnettäisiin nykyisiä resursseja, mutta halutaan kuitenkin tarkempia tuloksia. Tällaista vaihtoehtoa voidaan soveltaa, niin tyhjiin kuin osittain pakattuihin toimituksiin. Tällöin tyhjennettäisiin puupakkauksesta kaikki osat, mitä se sisältää jättäen vain pelkän pakkauksen jäljelle. Tämän jälkeen punnitaan tyhjä pakkaus ja merkitään tulos ylös. Sitten osat asetellaan kaikki osat yksitellen pakkaukseen ja huomioidaan tuloksessa tyhjän pakkauksen massa. Tämäkin punnitustapa edellyttää, että pakkaaminen tapahtuu nopealla aikataululla, eikä pakkaus jää osittain pakattuna pitkäksi aikaa kuivumaan sisäilmaan. Tällainen pakkaaminen ei ole kuitenkaan tehokasta, eikä täten myöskään suotavaa toteutettavaksi ainakaan suuressa mittakaavassa.

Kuvassa 15 on havainnollistettuna, kuinka punnitusprosessin tulee edetä, jotta tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia. Pakkauksen kanssa punnitseminen olisi sinänsä helppo tapa punnita tulevaisuudessa, sillä kyseinen tapa on ollut jo jonkin aikaa käytössä.



Kuva 15. Punnitusprosessi muutosten jälkeen.

9.2 Osina punnitseminen

Jos punnitukset halutaan viedä entistä tarkemmalle tasolle, on yksi vaihtoehto punnita kaikki osat erillään muusta pakkausmateriaalista. Tällöin on helpompi laskea pelkkä hissikorin massa ja poistaa siitä koriin kuulumattomien osien massat.

Pieniä yksittäisiä osia, kuten ruuvipaketteja saattaa korin mukana olla joskus useampia ja niiden punnitus yksitellen olisikin hankalaa. Tätä varten olisi hyvä kehittää esimerkiksi kevyt alusta tai matalareunainen lava, jonka tiheys ei juurikaan muuttuisi kosteuden tai muun ympäristön vaikutuksesta. Yksi vaihtoehto on käyttää punnitusalustana kokoonpanopaketteja, joiden päällä seinäpaneelit kootaan. Tällaiselle alustalle olisi siten aina sama massa, joka olisi täten helppo huomioida punnitusta tehdessä. Alustalle voisi asettaa isommat osat yksitellen ja pienemmät osat kerralla. Tämän jälkeen punnitus olisi helppoa pumppukärryillä ja pakkauksen massan vaihtelu olisi tällöin minimoitu. Alustan avulla myöskään kaikkia tavaroita ei tarvitsisi kasata esimerkiksi seinäpaneelien päälle, jotta ne eivät vioittuisi.

Tällä hetkellä KONEella on käytössä pieniä vaunuja, joissa muun muassa seinäpaneelit viedään pakkauspisteelle. Tämän vaunun kanssa voisi punnita myös Hyvinkään tehtaalta tulevat osat, kunhan saadusta kokonaismassasta muistaa vähentää vaunun massan. Tämä olisi myös melko vaivatonta, sillä samalla kerralla saataisiin pitkälti seinät punnittua kerralla ja ruuvipaketit ynnä muut osat voisi asettaa punnitukseen mukaan. Toki epävarmuutta aiheuttaa se, muistavatko punnitsijat ottaa punnitukseen mukaan kaikki pienimmätkin osat, joita ei tavallisesti näissä vaunuissa ole.

Jotta osina punnitsemisessa välttyttäisiin tilanteelta, jossa punnitsija unohtaa punnita joidenkin komponenttien massoja, on hyvä käyttää prosessin apuna valmiiksi laadittuja listoja osista. Tällaisiin listoihin on helppo merkitä osien massat ja samalla seurata paremmin, mitä osia on jo punnittu.

Osina punnitsemisesta on syytä järjestää samanlainen toistokoe useammalla pakkaajalla, jos kyseiselle punnitustavalle halutaan myös tehdä mittaustarkkuuden tarkempi tarkastelu. Tällä tavalla saadaan tietää vaihtelun määrät saaduissa punnitustuloksissa.

9.3 Muut vaihtoehdot

Tulevaisuudessa uuteen rakennettavaan halliin on tulossa myös lattiavaaka, joka osaltaan helpottaisi punnitusten tekemistä, jos kaikki osat voisi asettaa irrallisina vaa'an päälle. Tämä nopeuttaisi merkittävästi osina punnitsemista verrattuna osien kappalekohtaiseen punnitukseen ja täten saisi helposti ja luotettavasti laskettua pelkkien korin mukana liikkuvien osien yhteismassan.

Lähitulevaisuudessa pyritään vähentämään entisestään hissikorien punnitarvetta, sillä tällä hetkellä punnitaan monia koreja, jotka ovat hyvin lä-

hellä standardia. Tällaisissa tapauksissa saatava hyöty punnituksessa on vähäistä, mutta punnitusta varten tehtävä työ on puolestaan erittäin suurta ja aikaa vievää.

Erikseen punnittaessa kasvaa kuitenkin työmäärä punnituksessa melko paljon. Lisäksi virheen tekemisen todennäköisyys lisääntyy, kun punnituskertoja tulee yhtä koria kohden enemmän. Tällöin on mahdollista, että punnitsijalta jää jokin osa punnitsematta tai hän punnitsee jonkin komponentin jopa kahteen kertaan.

Seuraava askel pois päin tehtaalla suoritettavista hissikorin punnituksista olisi suunnitella taulukko tai ohjelma, johon on listattuna kaikkien vähemmän räätälöityjen osien massat. Tämän kaltainen järjestelmä onkin jo KONEella olemassa, mutta sen vieminen sellaiselle tasolle, että tulokset olisivat todella tarkkoja, olisi suotavaa. Tällöin tehtaan puolella voisi punnita erikseen vain erikoisosat, joita ei järjestelmässä vielä ole.

Kuljetuskehikon punnitus erikseen on toki hyvä juttu, mutta aina pitäisi pystyä punnitsemaan juuri se kuljetuskehikko, joka asetetaan punnittavan korin ympärille, sillä kaikkia samanlaisia koreja ei välttämättä punnita erikseen. Tällöin vältetään kuljetuskehikoiden keskinäisten erojen vaikutus saatavaan korin massaan, sillä kehiöt eivät koskaan ole aivan identtisiä, vaan hitsisauman määrät ja myös metallin määrä vaihtelevat.

Kuljetuskehikon kanssa punnittaessa pitää pystyä kokonaismassasta vähentämään myös käytettävä pakkausmateriaali. Yleensä koreihin laitetaan alumiinihunajakennoa tai muovista valmistettua kennomateriaalia lasien päälle. Lisäksi pressu laitetaan suojaamaan koko koria muun muassa kosteutta vastaan. Joko nämä pakkausmateriaalit tulee punnita erikseen tai siten koko kori punnitaan ennen näiden laittamista korin osien suojaksi. Joissakin koreissa näistä materiaaleista saattaa tulla useamman kymmenen kilogramman lisäpaino tulokseen.

Punnitsijalla on tarkoin tietoa siitä, mitä pakkaus sisältää ja miten se on punnittu. Siksi hänen vastuullaan tulisi olla myös KONEella käytössä olevan punnituskaavakkeen täyttäminen. Tällöin ei tarvittaisi erillisiä ja epämääräisiä lappuja, joiden avulla tieto viedään eteenpäin toiselle henkilölle, joka täyttää kaavakkeen. Siksi ennen kuin tarvittavat koulutukset saadaan pidettyä, oli laadittava tarkka lista, jonka pakkauksen punnitsija huolellisesti täyttää, jotta oikeanlainen tieto välittyy punnituskaavakkeen täyttäjälle.

Vaikka erittäin suurella todennäköisyydellä käytössä olevalla mittajärjestelmällä saadaankin uusittavissa ja toistettavissa olevaa tulosta, niin siitä huolimatta isotkin virheet punnituksessa ovat mahdollisia. Tästä syystä on syytä harkita osina punnitsemismahdollisuutta aina, kun se vain on mahdollista. Aina tämä ei välttämättä ole paras vaihtoehto, sillä pieniä yksittäisiä osia saattaa joskus olla todella suuri määrä, jolloin niiden punnitseminen jopa kerralla on työlästä. Kuitenkin jos tulokset ovat merkittävästi vääriä, saattaa tästäkin seurata suuria kustannuksia, kun joudutaan uusia osia kuljettamaan

asennuspaikoille. Lisäksi osina punnitus olisi loogisempaa, sillä erillisiä laskutoimituksia ei tarvittaisi enää juurikaan ja ei tarvitsisi enää muistella, mitä osia tuli vähentää kokonaismassasta.

LÄHTEET

Andersson, P. & Tikka, H. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Helsinki: WSOY.

Automotive Industry Action Group, Measurement Systems Analysis, Third Edition. 2003. DaimlerChrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation.

Barrentine, L. 2003. Concepts for R&R Studies. Milwaukee: ASQ Quality Press.

Desai, D. 2010. Six Sigma. Viitattu 17.1.2014. Saatavissa Ebrary-tietokannassa: <http://site.ebrary.com/lib/hamk/docDetail.action?adv.x=1&d=all&f00=all&f01=&f02=&hitsPerPage=500&p00=six+sigma&p01=&p02=&page=1&id=10415095>

Esala, V-P., Lehto, H & Tikka, H. 2003. Konepajatekniset mittaukset ja kalibroinnit. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Gage Studies for Continuous Data. n.d. Minitab Inc. Viitattu 21.4.2014. <http://www.minitab.com/uploadedFiles/Documents/sample-materials/TrainingSampleMeasurementSystemsMTB16EN.pdf>

Hissikori. n.d. Taloyhtio.net. Viitattu 24.1.2014. <http://www.taloyhtio.net/korjausjaremontointi/hissit/kori/>

Hyvinkää. 2014. KONE Oyj. [intranet] Viitattu 20.5.2014. http://intranet.konenet.com/countries/fi_en/toolssupport/location_guide/Hyvinkaa/Pages/default.aspx

Karjalainen, T. & Karjalainen, E. 2002. Six Sigma. Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenettelmä. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy.

KONE powerpoint. [intranet] Viitattu 15.5.2014.

Minitab 16, n.d. Quality Knowhow Karjalainen. Viitattu 9.2.2014. http://www.laatutieto.fi/product_catalog.php?c=52

Mittaustekniikan perusteet / luento 7. 2007. TKK. Viitattu 12.1.2014. http://metrology.hut.fi/courses/S-108.1010/Luento7_2007.pdf

KOSTEUDEN VAIKUTUS VÄLIPUIDEN MASSAAN

55x65 mm poikkileikkaukseltaan oleva välipuu (ulkoilmakosteus)

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{10} * (1820 * 6 + 1830 * 2 + 1810 * 2) = 1820 \text{ g}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{10-1} * \{[(1820 - 1820)^2] * 6 + [(1830 - 1820)^2] * 2 + [(1810 - 1820)^2] * 2\} = 44,444$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{44,444}}{\sqrt{10}} = 2,108$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 2,108 = 4,216 \cong 5 \text{ g}$$

$$\gg \pm 5 \text{ g}$$

44x91 mm poikkileikkaukseltaan oleva välipuu (ulkoilmakosteus)

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{10} * (1810 * 3 + 1800 * 5 + 1790 * 2) = 1801 \text{ g}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{10-1} * \{[(1810 - 1801)^2] * 3 + [(1800 - 1801)^2] * 5 + [(1790 - 1801)^2] * 2\} = 54,444$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{54,444}}{\sqrt{10}} = 2,333$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 2,333 = 4,667 \cong 5 \text{ g}$$

$$\gg \pm 5 \text{ g}$$

55x65 mm poikkileikkaukseltaan oleva välipuu (veteen upotuksesta 1 vrk.)

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{10} * (1980 * 5 + 2000 * 3 + 1950 * 2) = 1980 \text{ g}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{10-1} * \{[(1980 - 1980)^2] * 5 + [(2000 - 1980)^2] * 3 + [(1950 - 1980)^2] * 2\} = 333,333$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{333,333}}{\sqrt{10}} = 5,774$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 5,774 = 11,547 \cong 12 \text{ g}$$

$$\gg \pm 12 \text{ g}$$

44x91 mm poikkileikkaukseltaan oleva välipuu (veteen upotuksesta 1 vrk.)

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{10} * (1970 * 4 + 1950 * 3 + 2000 * 3) = 1973 \text{ g}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{10-1} * \{[(1970 - 1973)^2] * 4 + [(1950 - 1973)^2] * 3 + [(2000 - 1973)^2] * 3\} = 423,333$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{423,333}}{\sqrt{10}} = 6,506$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 6,506 = 13,013 \cong 14 \text{ g}$$

$$\gg \pm 14 \text{ g}$$

55x65 mm poikkileikkaukseltaan oleva välipuu (veteen upotuksesta 3 vrk.)

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{10} * (2100 * 7 + 2080 * 2 + 2130 * 1) = 2099 \text{ g}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{10-1} * \{[(2100 - 2099)^2] * 7 + [(2080 - 2099)^2] * 2 + [(2130 - 2099)^2] * 1\} = 187,778$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{187,778}}{\sqrt{10}} = 4,333$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 4,333 = 8,667 \cong 9 \text{ g}$$

$$\gg \pm 9 \text{ g}$$

44x91 mm poikkileikkaukseltaan oleva välipuu (veteen upotuksesta 3 vrk.)

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{10} * (2070 * 1 + 2050 * 7 + 2020 * 2) = 2046 \text{ g}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{10-1} * \{[(2070 - 2046)^2] * 1 + [(2050 - 2046)^2] * 7 + [(2020 - 2046)^2] * 2\} = 226,667$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{226,667}}{\sqrt{10}} = 4,761$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 4,761 = 9,522 \cong 10 \text{ g}$$

$$\gg \pm 10 \text{ g}$$

55x65 mm poikkileikkaukseltaan oleva välipuu (kuivatus sisäilmassa 2 vrk.)

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{10} * (1850 * 5 + 1830 * 4 + 1870 * 1) = 1844 \text{ g}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{10-1} * \{[(1850 - 1844)^2] * 5 + [(1830 - 1844)^2] * 4 + [(1870 - 1844)^2] * 1\} = 182,222$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{182,222}}{\sqrt{10}} = 4,269$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 4,269 = 8,537 \cong 9 \text{ g}$$

$$\gg \pm 9 \text{ g}$$

44x91 mm poikkileikkaukseltaan oleva välipuu (kuivatus sisäilmassa 2 vrk.)

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{10} * (1800 * 5 + 1780 * 2 + 1820 * 3) = 1802 \text{ g}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{10-1} * \{[(1800 - 1802)^2] * 5 + [(1780 - 1802)^2] * 2 + [(1820 - 1802)^2] * 3\} = 217,778$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{217,778}}{\sqrt{10}} = 4,667$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 4,667 = 9,333 \cong 10 \text{ g}$$

$$\gg \pm 10 \text{ g}$$

MITTAUSEPÄVARMUUSLASKELMAT PUNNITUSTULOKSILLE

8233383 aloituspunnitus

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{6} * (667 * 4 + 669 * 1 + 668 * 1) = 668 \text{ kg}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{6-1} * \{[(667 - 668)^2] * 4 + [(669 - 668)^2] * 1 + [(668 - 668)^2] * 1\} = 0,7$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)*h}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{0,7*1,3}}{\sqrt{6}} = 0,444$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 0,444 = 0,888 \cong 0,9 \text{ kg}$$

$$\gg \pm 0,9 \text{ kg}$$

8233383 kokonaismassa

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{6} * (1091 * 1 + 1089 * 5) = 1089 \text{ kg}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{6-1} * \{[(1091 - 1089)^2] * 1 + [(1089 - 1089)^2] * 5\} = 0,667$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)*h}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{0,667*1,3}}{\sqrt{6}} = 0,433$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 0,433 = 0,867 \cong 0,9 \text{ kg}$$

$$\gg \pm 0,9 \text{ kg}$$

8233384 aloituspunnitus

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{6} * (680 * 5 + 681 * 1) = 680 \text{ kg}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{6-1} * \{[(680 - 680)^2] * 5 + [(681 - 680)^2] * 1\} = 0,167$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)*h}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{0,167*1,3}}{\sqrt{6}} = 0,217$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 0,217 = 0,433 \cong 0,5 \text{ kg}$$

$$\gg \pm 0,5 \text{ kg}$$

8233384 kokonaismassa

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{6} * (1099 * 3 + 1100 * 3) = 1100 \text{ kg}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{6-1} * \{[(1099 - 1100)^2] * 3 + [(1100 - 1100)^2] * 3\} = 0,3$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)*h}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{0,3*1,3}}{\sqrt{6}} = 0,291$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 0,291 = 0,581 \cong 0,6 \text{ kg}$$

$$\gg \pm 0,6 \text{ kg}$$

8289903 aloituspunnitus

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{6} * (578 * 6) = 578 \text{ kg}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{6-1} * \{[(578 - 578)^2] * 6\} = 0$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)*h}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{0*1,3}}{\sqrt{6}} = 0$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 0 = 0 \cong 0 \text{ kg}$$

$$\gg \pm 0 \text{ kg}$$

8289903 kokonaismassa

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{6} * (830 * 2 + 829 * 3 + 828 * 1) = 829 \text{ kg}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{6-1} * \{[(830 - 829)^2] * 2 + [(829 - 829)^2] * 3 + [(828 - 829)^2] * 1\} = 0,567$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)*h}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{0,567*1,3}}{\sqrt{6}} = 0,4$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 0,4 = 0,799 \cong 0,8 \text{ kg}$$

$$\gg \pm 0,8 \text{ kg}$$

350006117 aloituspunnitus

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{6} * (944 * 1 + 942 * 2 + 943 * 3) = 943 \text{ kg}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{6-1} * \{[(944 - 943)^2] * 1 + [(942 - 943)^2] * 2 + [(943 - 943)^2] * 3\} = 0,567$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)*h}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{0,567*1,3}}{\sqrt{6}} = 0,4$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 0,4 = 0,799 \cong 0,8 \text{ kg}$$

$$\gg \pm 0,8 \text{ kg}$$

350006117 kokonaismassa

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{6} * (1210 * 3 + 1193 * 1 + 1189 * 1 + 1186 * 1) = 1200 \text{ kg}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{6-1} * \{[(1210 - 1200)^2] * 3 + [(1193 - 1200)^2] * 1 + [(1189 - 1200)^2] * 1 + [(1186 - 1200)^2] * 1\} = 133,067$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)*h}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{133,067*1,3}}{\sqrt{6}} = 6,122$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 6,122 = 12,244 \cong 12,3 \text{ kg}$$

$$\gg \pm 12,3 \text{ kg}$$

8264709 aloituspunnitus

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{6} * (813 * 2 + 811 * 2 + 812 * 2) = 812 \text{ kg}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{6-1} * \{[(813 - 812)^2] * 2 + [(811 - 812)^2] * 2 + [(812 - 812)^2] * 2\} = 0,8$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)*h}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{0,8*1,3}}{\sqrt{6}} = 0,475$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 0,475 = 0,949 \cong 1,0 \text{ kg}$$

$$\gg \pm 1,0 \text{ kg}$$

8264709 kokonaismassa

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{6} * (1440 * 1 + 1441 * 3 + 1443 * 1 + 1442 * 1) = 1441 \text{ kg}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{6-1} * \{[(1440 - 1441)^2] * 1 + [(1441 - 1441)^2] * 3 + [(1443 - 1441)^2] * 1 + [(1442 - 1441)^2] * 1\} = 1,067$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)*h}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{1,067*1,3}}{\sqrt{6}} = 0,548$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 0,548 = 1,096 \cong 1,1 \text{ kg}$$

$$\gg \pm 1,1 \text{ kg}$$

8264705 aloituspunnitus

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{6} * (820 * 5 + 821 * 1) = 820 \text{ kg}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{6-1} * \{[(820 - 820)^2] * 5 + [(821 - 820)^2] * 1\} = 0,3$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)*h}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{0,3*1,3}}{\sqrt{6}} = 0,217$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 0,217 = 0,433 \cong 0,5 \text{ kg}$$

$$\gg \pm 0,5 \text{ kg}$$

8264705 kokonaismassa

$$\bar{q} = \frac{1}{n} * \sum q_j = \frac{1}{6} * (1446 * 1 + 1444 * 2 + 1442 * 1 + 1445 * 2) = 1444 \text{ kg}$$

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 = \frac{1}{6-1} * \{[(1446 - 1444)^2] * 1 + [(1444 - 1444)^2] * 2 + [(1442 - 1444)^2] * 1 + [(1445 - 1444)^2] * 2\} = 1,867$$

$$s(\bar{q}) = \frac{\sqrt{s^2(q)*h}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{1,867*1,3}}{\sqrt{6}} = 0,725$$

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

$$k_1 = 1, k_2 = 2 \ \& \ k_3 = 3$$

Koska epävarmuus halutaan tietää 95 % -luottamustasolla, kerrotaan standardiepävarmuus kertoimella k=2.

$$U = k_2 * s(\bar{q}) = 2 * 0,725 = 1,45 \cong 1,5 \text{ kg}$$

$$\gg \pm 1,5 \text{ kg}$$

MITTAUSJÄRJESTELMÄN ANALYSOINTI

RR-tutkimus, pitkä menetelmä												
Yritys:												
Mittaja:												
Anna mittausten toistomäärä: 2												
Anna kappaleiden lukumäärä: 12												
Anna mittaajien lukumäärä: 3												
Mittalaite ja resoluutio: 1 kg												
Koekappale: Koripakkaukset												
KPL toleranssi: 50 kg												
Päivämäärä ja paikka:												
Mittaja	A				B				C			
No.	1. koe	2. koe	3. koe	Ero	1. koe	2. koe	3. koe	Ero	1. koe	2. koe	3. koe	Ero
1	667	669		2	668	667		1	667	667		0
2	1089	1091		2	1089	1089		0	1089	1089		0
3	680	681		1	680	680		0	680	680		0
4	1099	1100		1	1099	1099		0	1100	1100		0
5	578	578		0	578	578		0	578	578		0
6	829	830		1	829	830		1	828	829		1
7	944	942		2	943	942		1	943	943		0
8	1210	1193		17	1210	1189		21	1186	1210		24
9	811	813		2	812	812		0	811	813		2
10	1440	1441		1	1442	1443		1	1441	1441		0
11	820	821		1	820	820		0	820	820		0
12	1446	1444		2	1442	1445		3	1445	1444		1
Yhteensä	11613	11603	0	32	11612	11594	0	28	11588	11614	0	28
				2,666667				2,333333				2,333333
	Sum	23216			Sum	23206			Sum	23202		
	Xa	967,33333			Xb	966,9167			Xc	966,75		
Ra	2,66666667											
Rb	2,33333333	Koe	D4		R x D4 = UCLR				Max x	967,3333		
Rc	2,33333333	2	3,27		2,444444	3,27	7,993333		Min x	966,75		
Sum	7,33333333	3	2,56						Xero	0,583333		
R	2,44444444											
ARVIOINTIRAPORTTI												
MITTALAITEARVIOINTI				R =	Xero =				Toleranssi:			
Toistettavuus EV:				Mittauskertoja				TOLERANSSIANALYYSI				
(Laitevaihtelu)				Koe				EV% = EV * 100 / TOL				
EV = R * K1				K1				22,29333 %				
EV =				Tarkista tämä kohta								
11,1466667 kg				Henk.				AV% = AV * 100 / TOL				
Uusittavuus AV:				K2				0				
AV = sqrt((Xero * K2)^2 - ((EV)/(n*r))^2)												
(Xero x K2)^2												
2,480625												
(EV)^2/(n*r)												
3,4513383												
AV = #LUKU! kg ->				0								
Toistettavuus ja uusittavuus RR:												
RR = EV + AV								RR% = RR * 100 / TOL				
								22,29333				
RR =												
11,1466667 kg												
Mittauskykyisyyssindeksi												
% Toistettavuus		4,33 %										
% Uusittavuus		0,00 %										
% RR		4,33 %										

Kokonaismassa (kaikki korit mukana)

Gage R&R

Source	VarComp	95% CI		%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	24,4	(16,124;	44,158)	0,04
Repeatability	24,4	(15,372;	44,647)	0,04
Reproducibility	0,0	(0,000;	6,669)	0,00
Operaattori	0,0	(0,000;	6,669)	0,00
Part-To-Part	55245,5	(21523,064;	332339,482)	99,96
Total Variation	55269,9	(21547,551;	332364,087)	100,00

Source	95% CI
Total Gage R&R	(0,01; 0,12)
Repeatability	(0,01; 0,14)
Reproducibility	(0,00; 0,01)
Operaattori	(0,00; 0,01)
Part-To-Part	(99,88; 99,99)
Total Variation	

Process tolerance = 100

Source	StdDev (SD)	95% CI		Study Var (6 * SD)
Total Gage R&R	4,941	(4,015;	6,645)	29,64
Repeatability	4,941	(3,921;	6,682)	29,64
Reproducibility	0,000	(0,000;	2,582)	0,00
Operaattori	0,000	(0,000;	2,582)	0,00
Part-To-Part	235,044	(146,707;	576,489)	1410,26
Total Variation	235,096	(146,791;	576,510)	1410,57

Source	95% CI		%Study Var (%SV)	95% CI		%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	(24,093;	39,871)	2,10	(0,81;	3,44)	29,64
Repeatability	(23,524;	40,091)	2,10	(0,84;	3,68)	29,64
Reproducibility	(0,000;	15,495)	0,00	(0,21;	0,91)	0,00
Operaattori	(0,000;	15,495)	0,00	(0,21;	0,91)	0,00
Part-To-Part	(880,244;	3458,934)	99,98	(99,94;	100,00)	1410,26
Total Variation	(880,745;	3459,062)	100,00			1410,57

Source	95% CI
Total Gage R&R	(24,09; 39,87)
Repeatability	(23,52; 40,09)
Reproducibility	(0,00; 15,49)
Operaattori	(0,00; 15,49)
Part-To-Part	(880,24; 3458,93)
Total Variation	(880,75; 3459,06)

Number of Distinct Categories = 67
 95% CI = (41,0274, 174,792)

Hissikorin punnituksen mittaustarkkuuden analysointi

Kokonaismassa (ongelmallinen kori poistettu)

Gage R&R

Source	VarComp	95% CI	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	1,0	(0,692; 2,706)	0,00
Repeatability	0,8	(0,437; 1,916)	0,00
Reproducibility	0,2	(0,000; 1,782)	0,00
Operaattori	0,0	(0,000; 0,882)	0,00
Operaattori*Hissinumero	0,2	(0,000; 1,855)	0,00
Part-To-Part	68987,1	(24763,554; 569650,238)	100,00
Total Variation	68988,1	(24764,533; 569651,275)	100,00

Source	95% CI
Total Gage R&R	(0,00; 0,00)
Repeatability	(0,00; 0,00)
Reproducibility	(0,00; 0,00)
Operaattori	(0,00; 0,00)
Operaattori*Hissinumero	(0,00; 0,00)
Part-To-Part	(100,00; 100,00)
Total Variation	

Process tolerance = 100

Source	StdDev (SD)	95% CI	Study Var (6 * SD)
Total Gage R&R	1,008	(0,832; 1,645)	6,05
Repeatability	0,894	(0,661; 1,384)	5,37
Reproducibility	0,465	(0,000; 1,335)	2,79
Operaattori	0,000	(0,000; 0,939)	0,00
Operaattori*Hissinumero	0,465	(0,000; 1,362)	2,79
Part-To-Part	262,654	(157,364; 754,752)	1575,92
Total Variation	262,656	(157,368; 754,752)	1575,94

Source	95% CI	%Study Var (%SV)	95% CI
Total Gage R&R	(4,992; 9,870)	0,38	(0,13; 0,69)
Repeatability	(3,964; 8,306)	0,34	(0,12; 0,66)
Reproducibility	(0,000; 8,010)	0,18	(0,00; 0,52)
Operaattori	(0,000; 5,634)	0,00	(0,00; 0,33)
Operaattori*Hissinumero	(0,000; 8,173)	0,18	(0,00; 0,59)
Part-To-Part	(944,186; 4528,511)	100,00	(100,00; 100,00)
Total Variation	(944,205; 4528,515)	100,00	

Source	%Tolerance (SV/Toler)	95% CI
Total Gage R&R	6,05	(4,99; 9,87)
Repeatability	5,37	(3,96; 8,31)
Reproducibility	2,79	(0,00; 8,01)
Operaattori	0,00	(0,00; 5,63)
Operaattori*Hissinumero	2,79	(0,00; 8,17)
Part-To-Part	1575,92	(944,19; 4528,51)
Total Variation	1575,94	(944,21; 4528,51)

Number of Distinct Categories = 367

95% CI = (204,804, 1110,96)

Hissikorin punnituksen mittaustarkkuuden analysointi

Aloituspunnitukset

Gage R&R

Source	VarComp	95% CI		%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,4	(0,263;	1,858)	0,00
Repeatability	0,4	(0,250;	0,726)	0,00
Reproducibility	0,0	(0,000;	1,428)	0,00
Operaattori	0,0	(0,000;	1,428)	0,00
Part-To-Part	17443,7	(6796,653;	104929,800)	100,00
Total Variation	17444,1	(6797,055;	104930,204)	100,00

Source	95% CI	
Total Gage R&R	(0,00;	0,01)
Repeatability	(0,00;	0,01)
Reproducibility	(0,00;	0,01)
Operaattori	(0,00;	0,01)
Part-To-Part	(99,99;	100,00)
Total Variation		

Source	StdDev (SD)	95% CI		Study Var (6 * SD)
Total Gage R&R	0,633	(0,513;	1,363)	3,798
Repeatability	0,630	(0,500;	0,852)	3,780
Reproducibility	0,063	(0,000;	1,195)	0,378
Operaattori	0,063	(0,000;	1,195)	0,378
Part-To-Part	132,075	(82,442;	323,929)	792,448
Total Variation	132,076	(82,444;	323,929)	792,457

Source	95% CI		%Study Var (%SV)	95% CI	
Total Gage R&R	(3,080;	8,179)	0,48	(0,19;	1,07)
Repeatability	(2,999;	5,112)	0,48	(0,19;	0,83)
Reproducibility	(0,000;	7,169)	0,05	(0,00;	0,90)
Operaattori	(0,000;	7,169)	0,05	(0,00;	0,90)
Part-To-Part	(494,651;	1943,572)	100,00	(99,99;	100,00)
Total Variation	(494,666;	1943,576)	100,00		

Number of Distinct Categories = 294
95% CI = (132,658, 733,637)