

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka, modernit tuotantojärjestelmät

Opinnäytetyö

Ilkka Hakala

**KONEPAJATEKNISEN MITTAUKSEN KEHITTÄMINEN
OPPILAITOSYMPÄRISTÖSSÄ**

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2009

DI Pauliina Paukkala
Tampereen ammattiopisto, koulutuspäällikkö Kyösti Lehtonen

Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät
Ilkka Hakala

Hakala, Ilkka
Opinnäytetyö
Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Lokakuu 2009
Hakusanat

Konepajateknisen mittauksen kehittäminen oppilaitosympäristössä
38 sivua + 4 liitesivua
DI Pauliina Paukkala
Tampereen ammattiopisto, koulutuspäällikkö Kyösti Lehtonen
mittaus, mittaustekniikka, oppilaitos

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkintotyön tarkoituksena oli perehtyä konepajoissa käytettävään mittaustekniikkaan, luoda mittausharjoitusten suoritusilasta layout-suunnitelma Tampereen ammattiopiston kone- ja metallialan koulutustiloihin ja kehittää mittausharjoituksissa käytettäviä harjoituskappaleita. Tampereen ammattiopisto koostuu viidestä koulutusalaista ja vielä erikseen kokonaisuutena toimivasta aikuiskoulutuksesta. Suunnittelun kohteena ollut koulutustilaa hyödynnetään tulevaisuudessa tekniikan alan nuoriso- ja aikuiskoulutuksessa. Layout-suunniteluun liittyen työssä perehdyttiin mittaustilojen yleisiin vaatimuksiin sekä tehtiin useampia vaihtoehtoisia toteutusmalleja, joiden pohjalta tullaan toteuttamaan nk. työryhmämalli, jossa on työskentelypisteitä vähimmillään 12 koulutettavalle.

Mittausharjoituksien määräksi suunnitelmassa rajattiin kymmenen kappaletta, joiden lisäksi työssä tarkasteltiin myös konepajamittauksen, tarkastuksen ja kalibroinnin yleisiä periaatteita. Mittausharjoituksien sisällöt keskittyvät halkaisijoiden ja pituudenmittaukseen kaari-, kolmipiste-, kierre-, syvyys-, lautas- ja uramikrometrillä sekä kulman mittaukseen astelevyllä. Lisäksi harjoitukset sisälsivät kierteiden tunnistamisen, geometrinen mittauksien tekemisen sekä sini-viivaimen käytön harjoittelun. Harjoituskappaleet mallinnettiin Vertex 3D -ohjelmistolla, jota käyttäen mahdollistettiin kappaleiden myöhempi täydentäminen varioimalla olemassa olevia malleja.

TAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and production engineering

Modern production systems

Hakala, Ilkka Developing of the measuring technology in the educational institution environment

Engineering thesis 38 pages, 4 appendices

Thesis supervisor Pauliina Paukkala (M.Sc.)

Supervisor Tampere College, Supervisor Kyösti Lehtonen

September 2009

Keywords measurement, measuring technology, college

ABSTRACT

The purpose of this Engineering thesis is to get acquainted with the measuring methods used in engineering workshops and to create a layout plan for Tampere's technical college of machine and metal industry's education spaces even as to improve the exercise objects which are used in measuring rehearsals.

Tampere's technical college is formed from a five different education lines and one with entirety working adult education line. The target of design will be used in technique lines of youth and adult educations education space in the future.

Concerning to the layout design in the work it was to get familiar with the general measuring spaces requirements and was to make several alternative implementation models whom on ground will be accomplished so called working group which has at least 12 working spots for students.

For the number of measuring rehearsals was limited to 10 times and furthermore in the work there is point to examine also the common principles in engineering workshop measuring, inspection and calibration. The content of measuring rehearsals focuses on diameters and longitude measurement of conventional micrometer, screw thread micrometer, depth micrometer, outside micrometer special version with disc-shaped measuring surfaces, blade micrometers for measuring small external grooves and measuring the angle with the universal bevel protractor. In addition a rehearsal contains a reorganization of worms, making a geometrical measurement and practicing a use of sine bars. The exercise objects were modeled with Vertex 3D software what also can be used later to complete the objects by using already existing models.

ALKUSANAT

Opinnäytetyöni on tehty Kyösti Lehtosen ehdotuksesta ja myötävaikutuksella Tampereen ammattiopiston kone- ja metallitekniikan osastolle. Työ on ollut mielenkiintoinen ja haastava. Kiitänkin työnantajaani Tampereen ammattiopistoa mahdollisuudesta opinnäytetyön suorittamiseen. Erityiskiitokseni haluan suunata työni ohjaajalle koulutuspäällikkö Kyösti Lehtoselle sekä kollegoilleni, jotka ovat olleet suurena apuna työn toteuttamisessa.

Aviopuolisoani Tuijaa haluan kiittää tukemisesta ja perheen arjen pyörittämisestä opiskeluni aikana.

Lempäälässä 13.12.2009

Ilkka Hakala

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT	4
SISÄLLYSLUETTELO	5
JOHDANTO	6
TAMPEREEN AMMATTIOPISTO	7
MITTAUSTEKNIIKAN OPINTOJEN TAVOITTEET	8
1 MITTAUSTILAN YLEISET VAATIMUKSET	9
1.1 Lämpötila	9
1.2 Kosteus.....	10
1.3 Valaistus.....	11
1.4 Värähtelyt.....	11
1.5 Puhtaus ja järjestys.....	11
2 LAYOUT-SUUNNITTELU	13
2.1 Käytetyt suunnitteluohjelmistot	14
2.2 Mittatilan layout-suunnitelma	15
2.3 Välineistön säilytys	17
3 KONEPAJAMITTAUKSEN JA TARKASTUKSEN PERIAATTEITA	19
3.1 Mittausvälineiden valinta.....	19
3.2 Mittausvälineiden kalibrointi	20
3.3 Mittausvälineiden käyttö.....	21
4 MITTAUSHARJOITUKSIEN SISÄLTÖ	22
4.1 Mittausharjoitus 1, kaarimikrometrillä mittaaminen	22
4.2 Mittausharjoitus 2, lautas- ja uramikrometrillä mittaaminen.....	23
4.3 Mittausharjoitus 3, komipistemikrometrillä mittaaminen.....	24
4.4 Mittausharjoitus 4, reikäindikaattorilla mittaaminen	25
4.5 Mittausharjoitus 5, syvyysmikrometrillä mittaaminen	26
4.6 Mittausharjoitus 6, kulmanmittaus.....	27
4.7 Mittausharjoitus 7, kierteiden tunnistus	28
4.8 Mittausharjoitus 8, kierremikrometrillä mittaaminen	29
4.9 Mittausharjoitus 9, geometriset mittaukset	30
4.10 Mittausharjoitus 10, siniviivaimen käyttö.....	34
5 MITTAUSTILAN TOTEUTTAMINEN	36
6 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET	37
7 LÄHDELUETTELO	38
LIITTEET	
1. Layout-piirros	
2. Sovella Oy, Teollisuushyllyt ja kaapin-tuoteluettelon sivu nro 77	
3. Erikoiskaarimikrometriä tuote-esite, Teräskonttori Oy	
4. Piirustus, kaarimikrometriharjoitus	

JOHDANTO

Tämän tutkintotyön tarkoituksena on perehtyä konepajoissa käytettävään mittaustekniikkaan, luoda layout-suunnitelma mittausharjoitusten suoritusilasta Tampereen ammattiopiston kone- ja metallialan koulutustiloihin ja kehittää mittakappaleita, jotka simuloivat teollisuudessa esiintyviä mittaustilanteita. Kouluttamisella pyritään vastaamaan kiristyneen kilpailutilanteen, kasvavien asiakasvaatimusten ja tuotteiden monimutkaistumiseen liittyvään osaamisvaatimusten kasvuun.

Koordinaattimittaus on yleistynyt vaativien kappaleiden mittauksessa, mutta kehityssuunta ei vähennä perinteisen mittauksen osaamisen tärkeyttä. Valmistettaessa mitä tahansa tuotetta mittaus kuuluu kiinteästi valmistusprosessiin, vaikkakin kuten koneistajan ammattitutkinnon perusteissa todetaan ”laatu tehdään tekemällä, ei mittaamalla”. /3/

Mittaustekniikan oppimisympäristön kehittämällä vastataan yrityksiltä tulleen toiveeseen, parantaa alan opiskelijoiden mittaوساamisen- ja tekniikan hallintaa sekä tarjotaan mahdollisuus täydennyskoulutukseen jo alalla oleville työntekijöille. Oppimisympäristö parantaa oleellisesti yritys- ja täydennyskoulutusmahdollisuuksia, koska se sijaitsee erillisessä tilassa, nyky-käytännöstä poiketen.

Keskeisiä mittausharjoituspisteitä ovat pituuden, syvyyden ja halkaisijoiden mittaustyöntömitalla ja mikrometreillä. Reiän mittaustyöntömitalla, kulman mittaustyöntömitalla, koordinaattimittaus, kierteiden mittaustyöntömitalla ja tunnistus sekä siniviivaimen käyttö liittyvät myös opiskeltaviin asioihin. Ammatti- ja erikoisammattitutkintojen suorittajat pääsevät myös harjoituttamaan muoto- ja sijaintitoleranssien mittaustaitojaan.

TAMPEREEN AMMATTIOPISTO

Tampereen ammattiopistossa opiskelee vuosittain yli 8000 henkilöä. Se muodostuu viidestä koulutusalaista ja vielä erikseen kokonaisuutena toimivasta aikuiskoulutuksesta. Koulutusaloja ovat tekniikka, palvelut ja liiketalous, sosiaali- ja terveysala, liikenne ja metsä sekä maahanmuuttajakoulutus. Koulutustarjonnassa on tarjolla yli 100 ammattinimikettä, jotka jakautuvat perus-, ammatti- ja erikoisammattitutkintoihin. /1/

Nuorten koulutus

Tampereen ammattiopistossa, eli TAOssa opiskelee noin 4000 nuorta, joista lisäksi noin 700 opiskelijaa suorittaa kaksois- tai kolmoistutkintoon johtavia lukiopintoja. Ammatillisen perustutkinnon suorittaminen kestää kolme vuotta ja sen laajuus on 120 opintoviikkoa. Opiskelu jakautuu ammatillisiin, ammattitaitoa täydentäviin ja vapaasti valittaviin opintoihin. Ammatilliset opinnot sisältävät vähintään kaksikymmentä opintoviikkoa työssäoppimista. TAO:n www-sivujen määritelmän mukaan, ”Työssäoppiminen tarkoittaa työpaikoilla tapahtuvaa tavoitteellista, ohjattua ja arvioitavaa opiskelua, jossa opiskelijalla on mahdollisuus oppia osa tutkintoon kuuluvasta ammattitaidosta”. /1/

Aikuisten koulutus

Vuosittain TAO:n aikuiskoulutuksessa opiskelee yli 4000 opiskelijaa. Lyhytkestoisien koulutuksien lisäksi noin kolmannes opiskelijoista on tutkintoon johtavassa koulutuksessa. Ammatilliset perustutkinnot, ammattitutkinnot ja erikoisammattitutkinnot suoritetaan näyttötutkintona. Näyttötutkinnoissa ammattitaito osoitetaan työelämälähtöisesti riippumatta siitä, miten osaaminen on hankittu. Koulutuksessa, työelämässä ja harrastuksissa hankittua osaamista voi hyödyntää täysipainoisesti näyttötutkintojen tutkintosuorituksissa. /2/

MITTAUSTEKNIIKAN OPINTOJEN TAVOITTEET/2/

Nuorten ja aikuisten perustutkinnoissa yleisosaamisen tavoitteeksi on asetettu, että opiskelija osaa käyttää tavanomaisia mittalaitteita, kuten työntömittaa, mikrometriä, tulkkeja ja mittakelloja oikein ja tarkoituksenmukaisesti. Hänen on lisäksi pystyttävä kierretaulukoita, kierrekampoja ja työntömittaa käyttäen tunnistamaan erilaiset kiinnityskierteet sekä tiedettävä toleranssi- ja sovitejärjestelmän perusteet.

Suuntaavien opintojen tavoitteina (Koneistus, 20 ov) on konepajateknisten mittalaitteiden käytön lisäksi, osata tarkastaa näytön oikeellisuus ja kalibroida mitalaite tarvittaessa. Myös mittauslämpötilan vaikutus on osattava ottaa huomioon, sekä tunnistaa mittalaitteen huoltotarve.

Työvälinetekniikan (20 ov) opiskelijoiden on lisäksi tiedettävä pinnanlaadun Ra:n, VDI-VDA:n ja SPI-SPA:n määrittämisperusteet sekä hallittava kulmien mittaus tarkkuusmittamenetelmiä käyttäen. /1/

Aikuisten näyttötutkinnoissa osaamisvaatimukset ovat vastaavat kuin nuorten koulutuksessa, mutta tutkinnon suorittajalta odotetaan, että hän osaa huomioida kokonaisvaltaisemmin mittaustapahtuman muuttujat kuten lämpötilan, mittauspaineen, mittaus- ja lukema-asennon, puhtauden ja mittavälineiden yleisen kunnon vaikutuksen mittaussuoritukseen.

Esimerkiksi koneistajan ammattitutkinnossa vaatimuksena on, että tutkinnon suorittaja osaa suorittaa mittaukset sisä- ja ulkopuolisilla mikrometreillä tarkkuudella IT 5 sekä käyttää mittapaloja ja siniviivainta asetuksien teossa. Ammattitutkintojen suorittajan tulee osata todeta myös geometrinen toleranssien mittaaminen sekä osata hyödyntää tarvittaessa työstökoneen mitta- ja näyttölaitteita muodon ja sijainnin määrittämisessä. Tutkinnon suorittaja tietää koordinaattimittauskoneen ja lasermittauksen mahdollisuudet, käyttökohteet ja toimintaperiaatteet. /3/

1 MITTAUSTILAN YLEISET VAATIMUKSET /4/

Yleisenä vaatimuksena mittavälineiden säilytys- ja käyttöpaikoille on, että tilan lämpötila ja kosteustasapaino on hallittavissa. Lisäksi pitää olla mahdollisuus puhtauden ja järjestyksen ylläpidolle, johon erityisesti tilan layout-suunnittelulla voidaan vaikuttaa. Myös riittävä valaistus työskentelytasolla on oltava. Tärkeimmät ympäristövaatimukset koskien normaalia mittausta ovat lämpötila ja kosteus, joiden raja-arvot ovat 19–24°C ja kosteuden osalta 35–55%. Olosuhdevaatimukset koskien myös kalibrointitason mittausta on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1 Mittaustilojen olosuhdevaatimukset /4/

Ominaisuus	Vaativat mittaukset ja tavalliset kalibroinnit	Normaalit mittaukset ja vaatimattomat kalibroinnit	Välttävät mittaukset
Lämpötila työtasossa	20 °C ± 1 °C	19 ... 24 °C	15 ... 25 °C
Lämpötilaerot tilan eri osissa	Maks. 2 °C	Maks. 4 °C	–
Lämpötilan vaihtelu tunnissa	Maks. 0,3 °C	Maks. 1 °C	Maks. 1,5 °C
Lämpötilan vaihtelu vuorokaudessa	Maks. 1 °C	–	–
Ilman suhteellinen kosteus	35 ... 55 %	20 ... 70 %	Maks. 80 %
Värähtelyt (Amplitudi/taajuus)	1µm/20 Hz ... 3µm/10 Hz	Ei selvästi havaittavaa tärinää	Ei selvästi häiritsevää tärinää
Valaistus	800 ... 1000 lux	800 ... 1000 lux	500 ... 1500 lux
Puhtaus (koko/määrä)	< 5µm/1x10 ⁷ kpl/m ³	Puhtaudesta huolehditaan hyvin	Puhtaudesta huolehditaan normaalisti
Ilman virtausnopeus	< 300 mm/min	Ei tuntuvaa vetoa	Ei selvästi tuntuvaa vetoa
Melu	< 50 dBA	< 60 dBA	< 90 dBA

1.1 Lämpötila

Konepajamittauksen ja mittavälineiden peruslämpötilaksi on sovittu 20 °C. Tämä on mittahuoneiden lisäksi tavoitelämpötilana myös tuotanto-olosuhteille, joskin siellä lämpötilan vakiointi on vaikeasti hallittavissa, koska muuttujia on erittäin paljon. Tuotantokoneet itsessään tuottavat hukkalämpöä ympäristöön, ja osa esimerkiksi koneistustapahtumassa muodostuvasta lämmöstä siirtyy kappa-

leeseen. Erityisesti mittalaitteen ja mitattavan kappaleen välinen lämpötilaero saattaa aiheuttaa merkittävän virheen mittaustuloksiin, mikäli sitä ei oteta huomioon.

Koska peruslämpötilassa tehtävissä mittauksissa ei tarvitse tuntea mitattavan materiaalin lämpöpiteneemiskerrointa, saadaan eliminointua merkittävä virhelähde. Myös lämpötilan mittauksen virheet jäävät pois, kun toimitaan peruslämpötilassa. Tuotantotoiminnassa tämä edellyttää mitattavien kappaleiden varastointia esimerkiksi vuorokaudeksi, että kappaleiden lämpötila asettuu samalle tasolle mittahuoneen ja mittavälineiden kanssa.

1.2 Kosteus

Kosteuden hallinta suositellulla 35–55 %:n tasolla ei ole ongelma kuin kesällä, jolloin tarvitaan ilman kuivatusta ja talvella vastaavasti kostutusta. Liiallinen kosteus aiheuttaa rautametalleille riskin ruostua, mikä koskee erityisesti mitattavia kappaleita. Mittalaitteille aiheutuvia haittoja voidaan eliminoida huoltamalla laitteet säännöllisesti ja pitämällä ne väliaikoina rasvattuina.

Huolehtimalla ilman kosteustasapainosta voidaan parantaa paitsi ihmisen terveyttä, niin sillä on myös pölyä sitova vaikutus. Lisäksi tietyt materiaalit säilyttävät mittatarkkuutensa paremmin kuin kosteustasapaino pysyy vakaana.

Käytettäessä paineilmatoimisia mittalaitteita tai syötettäessä paineilmaa koordinaattimittauskoneelle syötettävästä ilmasta on kosteus erotettava ja epäpuhtaudet suodatettava pois.

1.3 Valaistus

Valaistuksessa tulee kiinnittää huomiota sen määrän lisäksi myös valaistuksen laatuun. Yleisesti katsotaan 800–1000 lx riittävän valaistukseksi mittahuoneeseen, mutta samalla on huolehdittava valaistuksen tasaisuudesta, jotteivät mitaajan silmät rasitu liiallisista valaistuksen vaihteluista. Valaisimien aiheuttama lämpökuorma tulisi myös huomioida mittatilan valaisimia valittaessa. Korkea-hko tila on myös edullisempi valinta, koska lämpötilavaihtelut mittaustasolla jäävät luontaisesti alhaisemmiksi.

1.4 Värähtelyt

Mikäli värähtelyjen suuruus ei ole niin huomattava, että ihminen ne mittauksen aikana havaitsee, ongelmia perusmittavälineitä käytettäessä ei yleensä synny. Sen sijaan interferometriaan perustuvat, muun muassa tasomaisuuden-, ympyrämuotoisuuden- ja lieriömuotoisuuden mittauskoneet ovat alttiita värähtelyjen aiheuttamille mittavirheille, jotka esiintyvät mittaustuloksissa yksittäisinä piikkeinä tai nollopisteen siirroksina.

Konepajassa, jossa suoritetaan raskasta rouhintaa, hakkaavaa työstöä tai painavien taakkojen siirtelyä, tulee mittaushuone eristää muun muassa lattiansa osalta konepajan muusta osasta. Raskaiden koneiden petit yleensä valetaan erillisiksi, mutta silti on vaara, että lattiaa pitkin kulkeutuu värähtelyjä haittaavassa määrin mittahuoneelle. Myös nostojen aiheuttamat iskut lattiaan saattavat välittyä värähdysinä pitkällekin.

1.5 Puhtaus ja järjestys

Puhtaus ja työskentelypisteen järjestys ovat asiat, joihin tulee kiinnittää jatkuvaa huomiota. Varsinkin työkappaleiden kuljetukset mitattavine kappaleineen ovat suurimpia lian tuojia mittahuoneeseen. Kappaleen mukana voi kulkeutua pölyn ja jopa lastujen lisäksi myös leikkuunestettä tai öljyä, jotka saattavat aiheuttaa mittavälineiden likaantumisen lisäksi myös suoria mittausrvirheitä. Yleisohjeena

kannattaakin pitää, että kaikki mittahuoneeseen tuotavat kappaleet pestään ennakolta.

Epäpuhtauksien kulkuun ilman välityksellä voidaan vaikuttaa muun muassa suodattamalla tuloilma, huolehtimalla esimerkiksi ovipumpulla, ettei kulkuaukko ole turhaan auki, ja säätämällä mittahuoneen ilmastointi ylipaineiseksi. Myös turhia vierailuja mittahuoneessa tulisi välttää. Paineilman puhtauteen tulee myös kiinnittää huomio, jotteivät mittakoneessa mahdollisesti olevat ilmalaakerit tai muut komponentit likaannu ja sitä kautta aiheuta mittavirheitä tai vikaantumisia. Mittauskäyttöön sopiva paineilman laatuluokitus on 2.4.3 ja ilmalaakereille sovelletaan luokkaa 2.3.3. Paineilman luokitus on esitetty standardissa ISO 8573-1:2001 (taulukko 2.) /5/

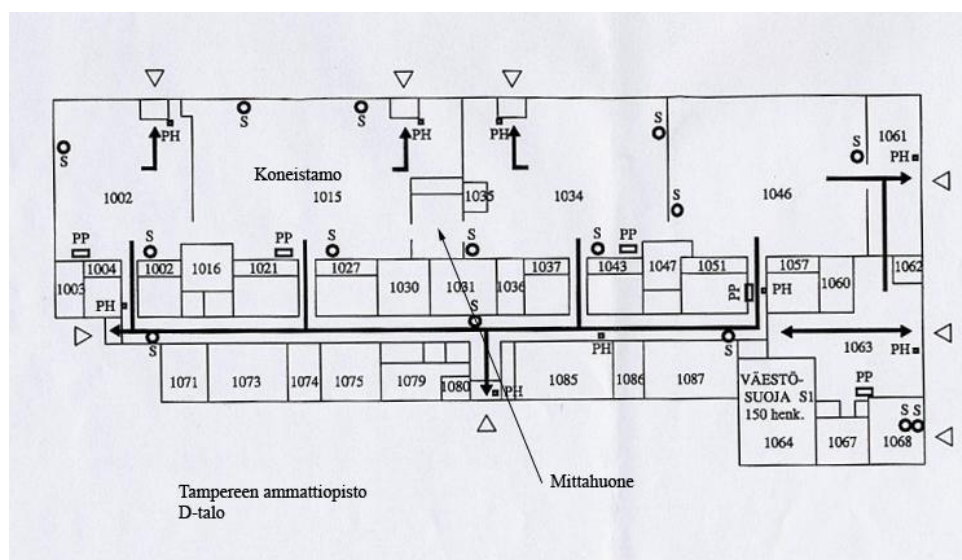
Taulukko 2 Paineilman laatuluokitus ISO 8573.1 mukaan

Laatuluokka	Pöly Partikkelikoko μm	Vesi Paineenalainen kastepiste $^{\circ}\text{C}$	Öljy mg/m^3
1	0,1	-70	0,01
2	1	- 40	0,1
3	5	- 20	1
4	40	3	5
5		7	25
6		10	

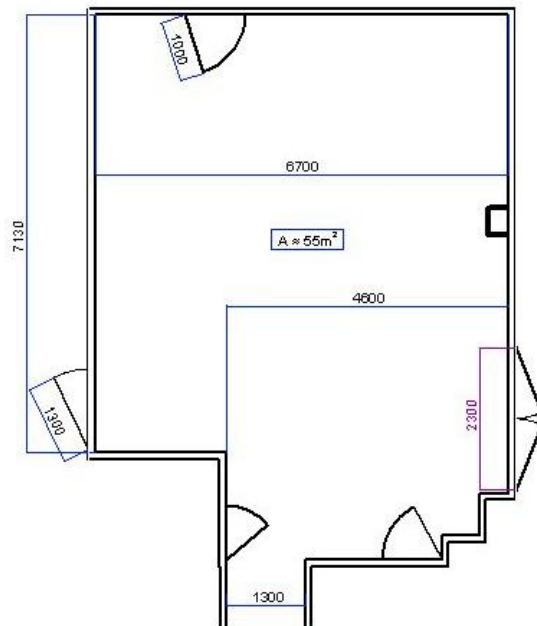
2 LAYOUT-SUUNNITTELU

Aikaisempi mittausharjoitusten järjestämistapa on ollut muodostaa irtopöydistä ja tarvittavista mittakappaleista sekä mittavälineistä koneistamotilaan mittausharjoituspisteitä, joita harjoituksen tekijät ovat sitten kiertäneet oppimisen tavoitteiden mukaan. Ongelmana on ollut menettelyn tilapäisyys, koska tällöin harjoitusten suorittaminen on painottunut lyhyelle aikavälille, mikä puolestaan vähentää joustavuutta koulutuksen suorittamisessa. Myös aikuiskoulutuksen osalla on ollut tilanteita, jolloin lyhytkursseja varten on jouduttu rakentamaan kyseiset mittausharjoitteet koneistamon sijasta luokkatiloihin.

Sama ongelma on toki tiedostettu aikaisemminkin. Mutta syksyn 2009 aikana vapautuva koneistamon viereinen opetustila (kuva 1) ja koko (kuva 2) mahdollistavat pysyvien järjestelyjen rakentamisen oppimistehtävien suorittamiseen. Erillinen tila parantaa myös opiskelijoiden keskittymistä oppimistehtäviin, koska tilassa ei ole muuta toimintaa samanaikaisesti.



Kuva 1 Mittahuoneen sijainti /1/



Kuva 2 Mittahuoneen pohjapiirustus

2.1 Käytetty suunnitteluohjelmisto

Suunnittelu on toteutettu Vertex G4 3D-mallinnusohjelmistolla, joka mahdollistaa myös 2D-piirustuksien (kuva 2) tuottamisen 3D-mallin pohjalta. Yleisesti 3D-mallinnuksella tarkoitetaan erilaisten osien tai kokoonpanojen suunnittelua kolmiulotteisesti. Tuotettu 3D-malli vastaa ulkonäöltään ja ominaisuuksiltaan alkuperäistä tuotetta tai mallinnuksen avulla tavoiteltua uutta tuotetta. Mallia kutsutaan yleisesti myös tilavuus- tai solidimalliksi.

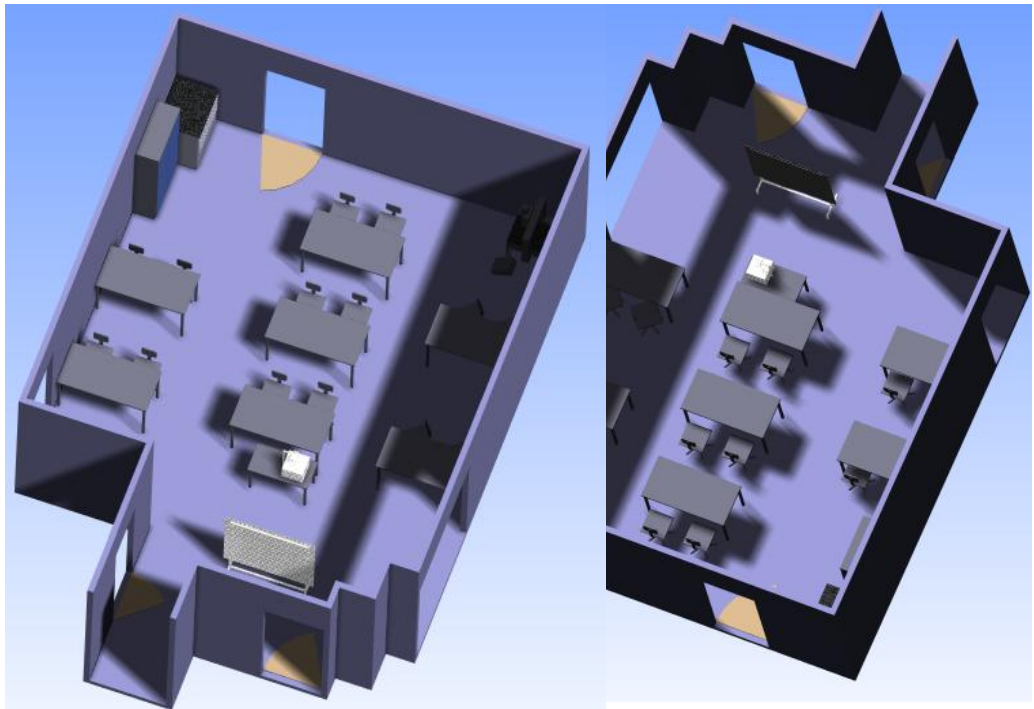
3D-mallinnuksen vahvuuksia on muun muassa esitystavan selkeys ja se, että mallia voidaan tarkastella sellaisena, kuin se todellisuudessa on. Koska tuote tai erillisistä osista koostuva kokoonpano suunnitellaan kolmiulotteisessa avaruudessa, kohdetta voidaan tarkastella mistä suunnasta tahansa ja samalla varmistaa osien yhteensopivuus toisiinsa. Suunnitteluvaiheessa voidaan myös vaihtaa joustavasti osien paikkaa, määrää ja koostumusta ja näin hakea kokonaisuuden kannalta optimaalisinta lopputulosta. /6/

2.2 Mittatilan layout-suunnitelma

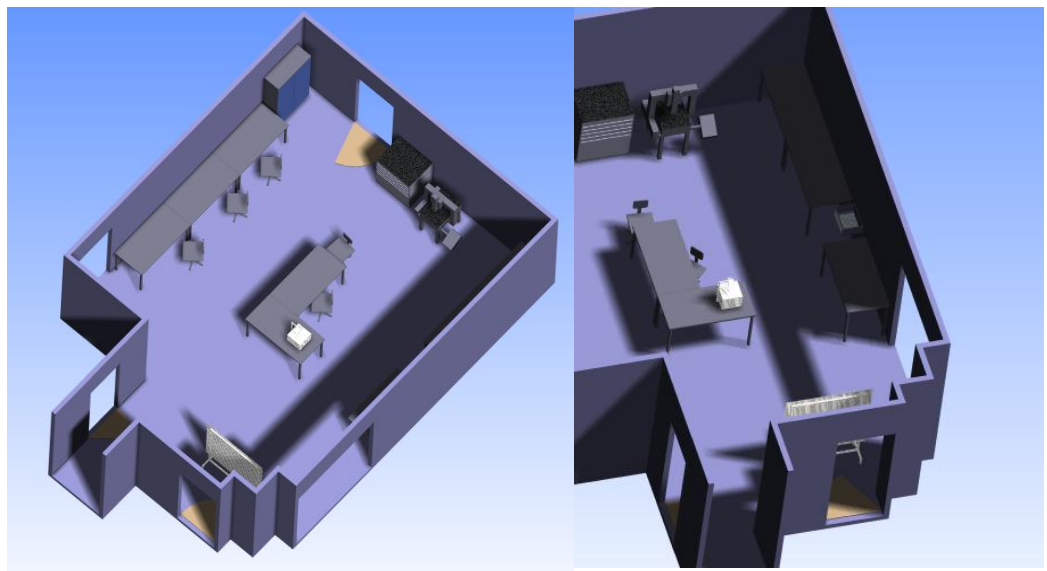
Suunnittelu aloitettiin tarvekartoituksella, johon kerättiin keskeisien toimijoiden toiveita ja aikaisemmassa toiminnassa esiin tulleita tarpeita. Kehittämiskeskusteluissa päädyttiin noin kymmeneen mittauspisteeseen koordinaattimittauskoneharjoitusten lisäksi. Suunnitelmassa on huomioitu myös sellainen esiin tullut asia, että tilaa ei ole tarkoituksenmukaista täysin eristää muusta toiminnasta, joten väliaikoina välineistöllä on oltava lukittavat säilytystilat.

Minimitavoitteena oli sijoittaa kymmenen mittauspistettä käytettävään tilaan, sekä huomioida opetuksen vaatimat pöytätilat piirtoheittimiseen ja dataprojekto-reineen. Lisäksi tilan etuosaan on jäätävä kulku tie pisteopetustilaan ja viereisiin opetustiloihin. Tila sinänsä on käyttötarkoitukseensa sopiva, kunhan kalusteiden sijoittuminen saataisiin ratkaistuksi tarkoituksenmukaisesti. Alkuvaiheessa kehitysprosessin tueksi laadittiin kalusteiden sijoittelusta kolme erilaista versiota ratkaisusta niin kutsuttu luokkatilamalli (kuva 3), seinänsivumalli (kuva 4) ja työryhmä versio (kuva 5).

Koordinaattimittauskoneen sijoituspaikaksi on valittu tilan peräosa, koska siinä mahdollinen lämpötilan vaihtelu on mahdollisimman vähäistä. Se on myös opetusjärjestelymielessä edullinen, koska tilan etuosa jää vapaaksi opetuskäyttöön, mikä taas mahdollistaa kalusteiden uudelleenjärjestelyt tarpeiden mukaan.



Kuva 3 Luokkatilamalli

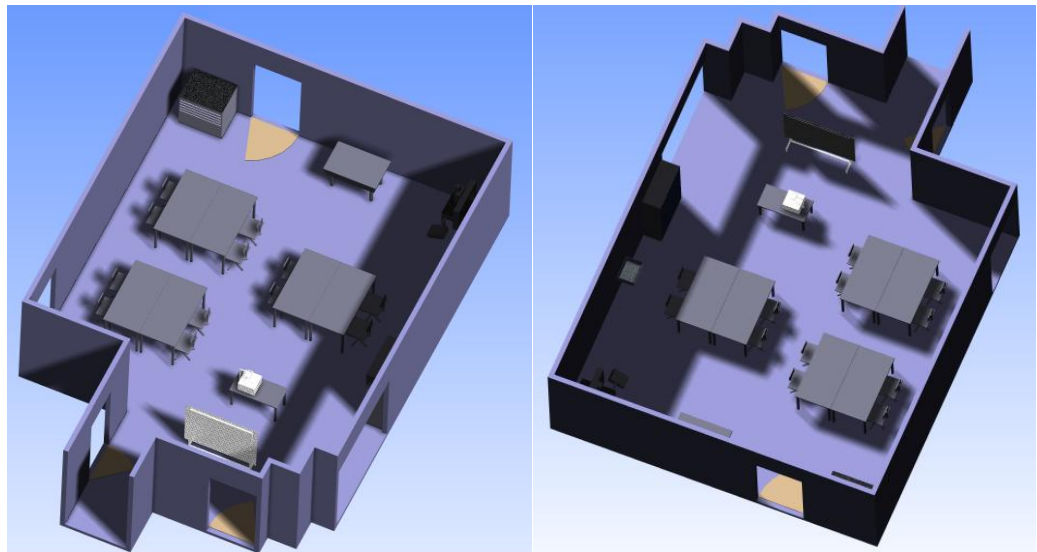


Kuva 4 Seinänsivumalli

Yllä olevassa ”seinänsivu-mallissa” opiskelijoiden sijoittuminen ei ole kovin tarkoituksenmukainen varsinkaan silloin, kun kädentaitojen harjoittelun sijasta keskitytään teorian kertaamiseen opettajan johdolla. Läsnaolijat ovat mallissa

selin toisiinsa ja opettajaan, jolloin kontakti ja vertaistuki eivät toimi parhaalla mahdollisella tavalla.

Työryhmäversiossa (kuva 5) opiskelijoiden sijoittuminen parantaa myös kanssakäymistä kädentaitojen harjoittelun aikana, jolloin vertaistuki ja opettajan suorittama havainnointi ja antama tuki ovat paremmin käytettävissä.



Kuva 5 Työryhmämalli

2.3 Välineistön säilytys

Mittausharjoitteita koskeva välineistö säilytetään ensisijaisesti yhdessä hyllyillä varustetussa kaapistossa, jossa on kullekin harjoitukselle oma merkitty paikka. Paikat numeroidaan ja lisäksi hyllyjen etureunoihin merkitään selväkieliset harjoitteiden nimet, jotka helpottavat käyttöä kaapilla asioitaessa. Käytettävässä kaapistossa on viisi tasoa, jotka ovat noin 1000 mm leveitä, joten kullekin hyllylle mahtuvat tarvittavat kaksi harjoitusta vierekkäin.

Sovella Oy:n teollisuuskaapiston kokoonpanon tuotenumero on 100/40/200-1 C 334 07 001, ja se löytyy Sovella Oy:n tuoteluettelosta (liite 2). Luettelon tuotenumerointi noudattaa niin sanottua LSK-sääntöä, jossa ensimmäinen mitta (cm)

on leveys (L), keskimäinen syvyys (S) ja viimeinen korkeus (K). Lisäksi ensimmäisen numerosarjan viimeinen termi tarkoittaa tuotteen revisionumeroa. Hyllyjen kantavuus on 150kg / hylly, mikä siis ei aseta rajoituksia kyseisessä käytössä.

Jokaista harjoitusta varten muodostetaan kokoonpano, jossa on kaikki harjoituksessa vaadittavat elementit mukana. Perusyksikön muodostavat säilytyslaatikko, mittaväline, mitattava kappale ja työohje sekä mittauspöytäkirja harjoituksen tuloksien ylöspanoa ja tarkastusta varten. Säilytyslaatikkona käytetään Euro-laatikkoa 6468 (kuva 6). Laatikon koko on (400 x 300 x 145) mm, joten hyllylle mahtuu kaksi laatikkoa vierekkäin ilman, että käytettävyyttä kärsisi hyllytilan kapeuden vuoksi.



Euro-laatikot

nimike	väri	L x S x K mm	tilavuus l	tilausnumero
Euro-laatikko 6487 ESD	musta	300 x 200 x 145	6	806 094-18
Euro-laatikko 6468 ESD	musta	400 x 300 x 145	13	806 095-18
Euro-laatikko 6469 ESD	musta	400 x 300 x 230	20	806 096-18
Euro-laatikko 6472 ESD	musta	600 x 400 x 145	25	806 097-18
Euro-laatikko 6479 ESD	musta	600 x 400 x 230	44	806 098-18

Kuva 6 Säilytyslaatikkovalikoima Sovella Oy //

3 KONEPAJAMITTAUKSEN JA TARKASTUKSEN PERIAATTEITA

Nykyään ei voi ajatella konepajatuotantoa ilman jatkuvaa mittaamista, jota tehdään valmistuksen ohessa, alihankintatuotteiden vastaanottotarkastuksessa ja mahdollisessa luovutustarkastuksessa sekä mittavälineiden tarkastuksessa, jota kutsutaan yleisesti kalibroinniksi. Mittaamista on tehty toki kautta aikain, mutta vasta yhteisten pelisääntöjen luomisella (standardisointi) ja mittavälineiden kehittymisen myötä on päästy nykytilannetta vastaavalle tasolle.

Edellisen vuosisadan alussa tehtiin tuotteita vielä huomattavan paljon toisiinsa sovittamalla, jolloin osien vaihtokelpoisuutta ei ollut nykypäivän tapaan. Osien tai kokonaisuuksien vaihtokelpoisuus onkin yksi tärkeä tekijä, jota on tavoiteltu luotaessa standardit, jotka ohjaavat yhteiseen toimintatapaan valmistajasta tai valmistusmaasta riippumatta. ”Standardit voivat olla voimassa vain yhdessä maassa, mutta yhä useammin pyritään eurooppalaisiin ja kansainvälisiin standardeihin, jotka ovat voimassa maailmanlaajuisesti. Standardit ovat luonteeltaan suosituksia”. /8/

Konepajassa mitataan yleensä siitä syystä, että mittaamisella ohjataan valmistuksen prosesseja sekä todetaan osista tai eristä täyttävätkö ne asetetut vaatimukset. Valmistettaessa mitä tahansa osia mittaamisen osaamisella on merkittävä taloudellinen vaikutus, koska samat kustannukset syntyvät siitä huolimatta, onko valmiste kelvollinen tai käyttöön kelpaamaton. Eli tärkeintä on pystyä säättämään tuotantoa tai tuotantolaitetta esimerkiksi työstökoneen teräkorjaimia tai ohjelman rakennetta oikeanlaisiksi työn aikana eikä tyytyä jälkikäteen mahdollisesti erillisen mittatarkastajan tekemään tarkastukseen.

3.1 Mittausvälineiden valinta

Mittavälineen valintaa ohjaa kohteen sallittu toleranssialue ja kappaleen muoto. Yleisenä tarkkuusperiaatteena pidetään, että mittavälineen tarkkuus on $1/5$ – $1/10$ mitattavan kohteen sallitusta toleranssialueesta. Kappaleen muoto rajaa myös osaltaan käytössä olevaa mittavälinevalikoimaa lisäksi on huomioitava mittavälineen soveltuvuus valmistusprosessia ajatellen.

Mittauksissa tulee käyttää vain kalibroituja mittavälineitä, joiden tarkastusmerkintänä yleisesti käytetään väri- ja numerokoodattuja tarroja.

3.2 Mittavälineiden kalibrointi

Kalibrointi on mittausvälineen mittausepävarmuuden määrittystä, jolla tässä yhteydessä tarkoitetaan tarkastus- ja huoltotoimenpiteitä. Kun alkujaan kallis ja tarkka mittaväline on likaantunut ja mahdollisesti kolhiintunut käytettäessä, näennäisen tarkalla mittavälineellä mittaaminen muuttuu enemmänkin arvaamiseksi. Ilman järjestelmällistä huoltamista ja tarkastamista saattaa kestää kauan, ennen kuin huomataan, että mittauslaite näyttää väärin.

Kalibrointiajankohdan kertoo mittavälineeseen kiinnitetty värillinen teippi, jossa väri ilmoittaa kalibrointivuoden ja numero viimeisen sallitun käyttökuukauden. Periaatteena on, että mittavälineitä, joiden määräaika on umpeutunut tai joista puuttuu teippi, ei käytetä, ennen kuin kalibrointi on tehty. Vastaavasti uudet kalibroimattomat mittavälineet tai tuotannossa huomautetut vikaantuneet mitat kalibroidaan ennen käyttöä.

Eräissä yrityksissä on tapana merkitä uudet mittavälineet punaisella nollassa numerolla varustetulla teipillä, jotta sekaannuksilta vältytään. Pitkään varastoitavana olevat mittavälineet, joilla on harvoin käyttöä, kannattaa myös merkitä em. tavalla. Näin kalibrointi suoritetaan ennen mittavälineen käyttöä ja kalibrointikustannuksia syntyy vain todellisen tarpeen mukaan.

Mittavälineiden rekisteröinti ja merkintä on tärkeätä kalibrointijärjestelmän toimivuudelle. Mittavälineiden tietokantaa voi ylläpitää kortiston tai tietokoneohjelman avulla, mutta tärkeintä on tunnistaa yksilöllisesti käytössä olevat mittavälineet. Tunnistamisessa voidaan käyttää hyväksi mittavälineen merkitsemistä yksilöllisellä numerolla tai alkuperäistä sarjanumeroa, jos sekaantumisen mahdollisuutta ei ole. Tärkeimmät ylläpidettävät tiedot ovat

- nimike
- valmistaja ja valmistusvuosi
- tunnistenumero

- tekniset tiedot mm. mittausepävarmuus
- kalibrointijakso ja kalibrointitulokset
- käyttöohjeet.

Mittavälineen tuloksien tai käytettävän mittanormaanin jäljitettävyys on käytävä selville kalibrointijärjestelmän dokumenteista, yleensä kansallisiin, mutta jopa kansainvälisiin mittanormaaleihin asti. Jäljitettävyyden toteutuminen edellyttää erityisesti, että kalibrointiketjun jokaisen vaiheen epätarkkuuden tulee olla tiedossa ja dokumentoitu.

3.3 Mittavälineiden käyttö

Mittauslaitetta tulee käsitellä huolellisesti, eikä sitä saa käyttää muuhun kuin mittaamiseen. Konepajaolosuhteissakin mittaväline tulee suojella tarpeettomalta likaantumiselta ja välttää mittavälineen sekoittamista muiden työvälineiden joukkoon, jottei vaurioitumista pääsisi tapahtumaan. Suositeltavaa on säilyttää mittaväline laatikossaan tms. suojassa kun sitä ei käytetä. Myös säilytyspaikka on valittava tarkoituksenmukaiseksi huomioiden mm. lämpötilaerot ja puhtausvaatimukset.

Mittausta aloitettaessa mittapinnat on puhdistettava ja tarkistettava samalla mittaavan kappaleen pinnat, jotteivät jäyste, pöly tai muu sellainen aiheuta mittausvirheitä. Tärkeätä on myös tarkistaa mittavälineen näyttämä eli suoritettava niin kutsuttu nollaus mittavälineelle. Myös työn aikana tulee mittaväline tarkastaa aika-ajoin ja lisäksi viimeisen kappaleen jälkeen, kun valmistetaan suuria kappalemääriä. Mitattaessa tulee lukema ottaa useasta kohdasta ja muutenkin tehdä useita toistoja, jotta varmistutaan näyttämän oikeellisuudesta.

Mittausvoima tulee vakioda varsinkin, jos käytössä on kitkaruuvittomia mittavälineitä tai muita esimerkiksi tulkkeja, joissa mittaväline ei itsessään rajoita käytettävää mittausvoimaa. Liian suuren mittausvoiman käyttö aiheuttaa mittausvirheitä ja välineiden ennen aikaista kulumista. Liikkeessä olevaa kappaletta ei koskaan saa mitata, vaikka esimerkiksi työstökoneen avoimuus sen mahdollistaisi. Mittavälineen vaurioitumisen lisäksi tällainen tilanne synnyttää onnettomuusriskin.

4 MITTAUSHARJOITUKSIEN SISÄLTÖ

Mittausharjoitukset koostuvat kymmenestä erisisältöisestä käytännön mittausharjoituksesta. Opiskelija mittaa kappaleet, kirjaa tuloksensa mittauspöytäkirjaan ja esittää suorituksensa mittausharjoituksen valvojalle. Tarkastuksen ja palautekeskustelun jälkeen opiskelija suorittaa, mikäli tarpeellista, kertaavat mittaukset. Harjoitukset sisältävät yleisimmät mittavälineet ja mittaustilanteet, jotka simuloivat myös työssäoppimisessa mahdollisesti esiintyviä tilanteita. Seuraavissa luvuissa käsitellään mittausharjoitusten sisältöä ja käytettäviä mittavälineitä sekä esitellään ajatuksia tavoitellusta osaamisesta.

Mittausharjoitusten yleisiä osaamistavoitteita ja vaatimuksia:

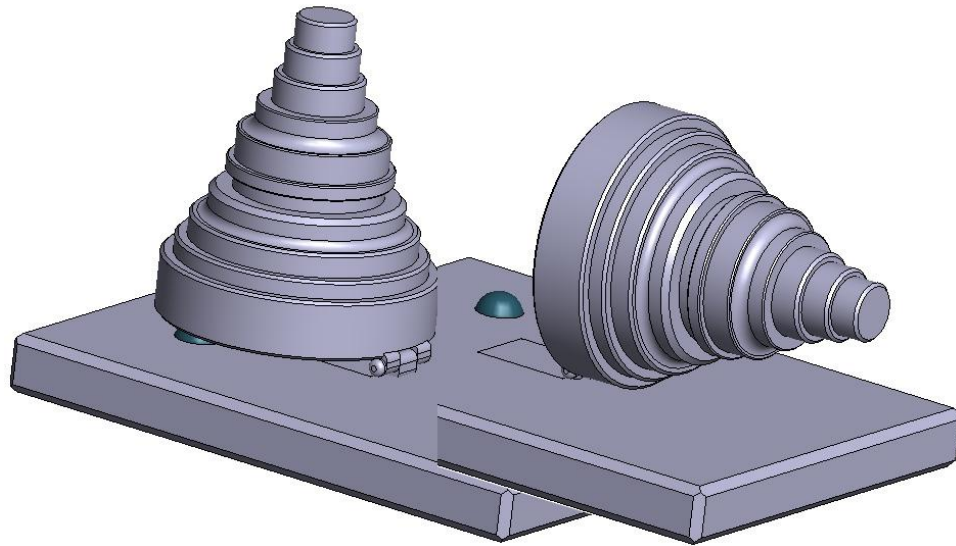
- mittalaitteiden huolellisen käsittelyn omaksuminen
- mittausrutiinin hankkiminen riittävillä toistoilla
- mittavälineen kunnan seuranta ja kalibroinnin suorittaminen
- karkeiden lukemavirheiden välttäminen
- mittavälineen asennon ja mittausvoiman merkitys mittaustuloksiin
- useiden eri mittavälineiden käytön omaksuminen
- mitattavan kappaleen muodon huomioimien mitattaessa
- mittaustuloksien vertaaminen vastaaviin toleransseihin (toleranssiasema)

4.1 Mittausharjoitus 1, kaarimikrometrillä mittaaminen

Kaarimikrometri on yksi konepajan perusmittavälineistä, jota yleisimmin käytetään, kun mitataan ulkomittoja, joiden toleranssialue on pienempi kuin työntömitalla saavutettava tarkkuus mahdollistaa, tai muutoin halutaan todeta mitattavan kappaleen todella tarkka mitta. Perusrakenteisesta kaarimikrosta on edelleen kehitetty lukuisia sovellutuksia erilaisiin käyttö- ja mittaustarpeisiin, joista yleisimmät ovat lautas-, ura-, kierremikrometrit (liite 3). Edellä mainituille mittavälineille on laadittu erilliset harjoitteensa, jotka on esitelty jäljempänä.

Mittausharjoitteeksi suunniteltiin kolmen kappaleen sarjat, joissa on kymmenen erilaista halkaisijaa ja joiden tosimitat sijoittuvat ”tasamillien” ja ”puolien millien” molemmille puolille. Tosimittojen sijoittuminen noniusasteikolle enemmän

tai vähemmän satunnaisesti ohjaa mittaajan tarkastamaan mittaustuloksensa esimerkiksi työntömitalla, jolloin karkeat puolen millimetrin virheet vähenevät. Kappaleen muoto valittiin ”kuuseksi” (kuva 7), ts. olakkeiden mitat alkavat kahdestakymmenestä millimetristä ja päättyvät noin sataan millimetriin (liite 4).

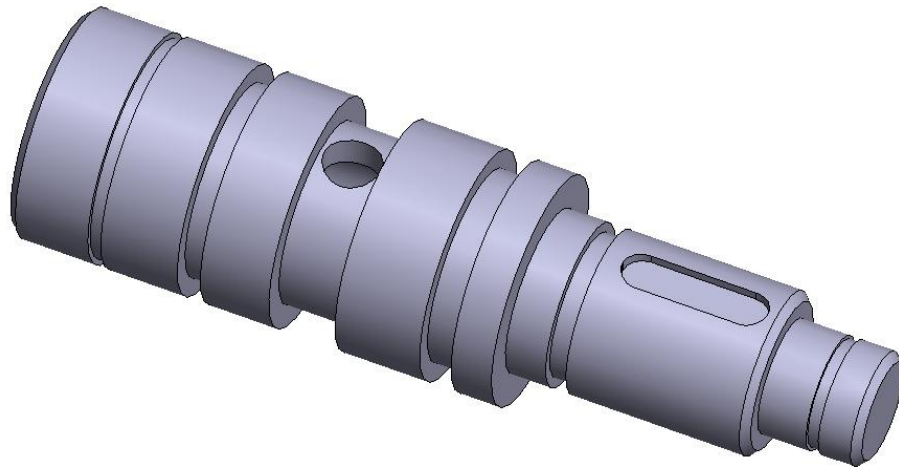


Kuva 7 Harjoitus 1. Mittakappale kääntöalustalla.

4.2 Mittausharjoitus 2, lautas- ja uramikrometrillä mittaaminen

Kaarimikrometrin eräät sovellutukset ovat lautas- ja uramikrometrit. Lautasmikrometriä käytetään teollisuudessa muun muassa urien paikan ja välimatkojen mittaamiseen sekä hammaspyörien hammasmittojen toteamiseen. Uramikrometriä käytetään tyypillisesti urien halkaisijoiden mittaamiseen. Molemmilla mittavälineillä on toki käyttönsä myös silloin, kun kappaleen muoto asettaa rajoituksia tavallisen kaarimikron käytölle.

Mittausharjoitteeksi valittiin kolme erilaista suorahampaista hammaspyörää (kärkisorvin varaosa) ja lisäksi suunniteltiin sarjat uritetuille akseleille ja tasomaisille laatoille, jotka simuloivat lukkorenkailla varustettuja, esim. hydraulikkaventtiilinkaroja sekä tiivisteurallisia kansia (kuva 8). Osaamistavoitteet ja käyttötavat ovat vastaavat kuin kaarimikroillakin, mutta lisähaasteen tuovat kyseessä olevien mittavälineiden rakenteellinen vaurioitumisherkkyys verrattuna ”tavallisiin” mikrometreihin. Aloitettaessa harjoitusta onkin syytä kerrata mittavälineiden käytön perusasiat ja korostaa välineiden huolellista käsittelyä sekä tarkoituksenmukaista mittausvoiman käyttöä.

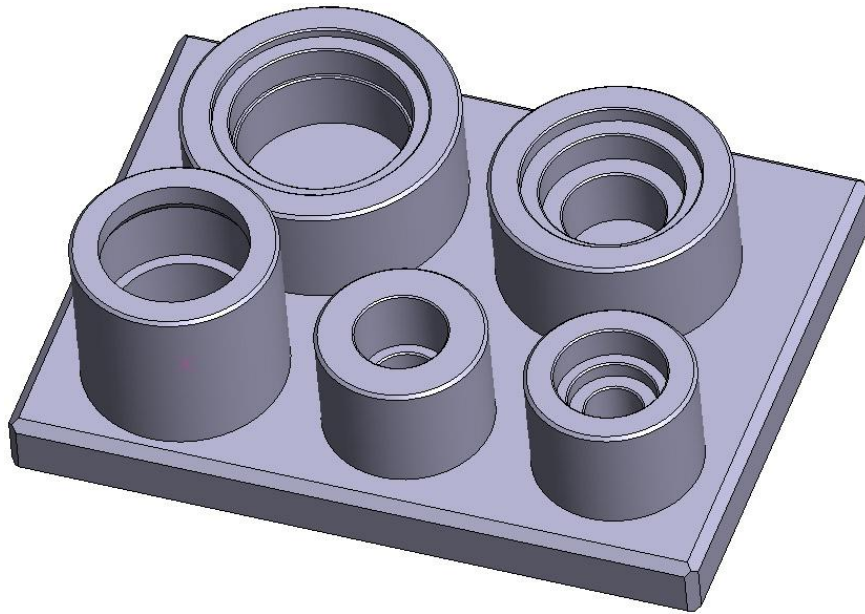


Kuva 8 Mittakappale 2. Lautas- ja uramikrometri harjoitus.

4.3 Mittausharjoitus 3, kolmipistemikrometrillä mittaaminen

Kolmipistemikrometrin toimintaperiaate on vastaava kuin kaarimikrometrin, joskin reiän mittauslaitteissa sovelletaan kiilaa tai kartiokierrettä (Imicro) mitta-
liikettä suurentavana elimenä. Mittausalueet ovat yleensä esimerkiksi 11–14,
14–17, 25–30, 50–60, 100–125 millimetriä jne. Tietyn alueen kattava mittavä-
linesarja sisältää yleensä vaadittavat tarkistusrenkaat mittavälineiden lisäksi.
Tärkeimpinä osaamistavoitteina on, että mittaaja omaksuu mittavälineen pai-
koittamisen kappaleen pintaa vasten oikealla tavalla sekä lukee ja tulkitsee mit-
tavälineen tulokset oikein.

Tarkoituksenmukainen harjoitus koostuu viidestä erillisestä kappaleesta, joissa
on kolme eri halkaisijalla olevaa olaketta (kuva 9). Mittauskohteita on näin yh-
teensä 15 kpl. Mitattava alue asettuu 14–60mm väliin, joten käytössä on useita
eri mittavälineitä sekä nollauksen tarkastamisia. Koska osassa kappaleita on sy-
vyys-suunnassa lyhyitä olakkeita, vaatimus mittauksen huolellisesta suorittami-
sesta tulee esiin.



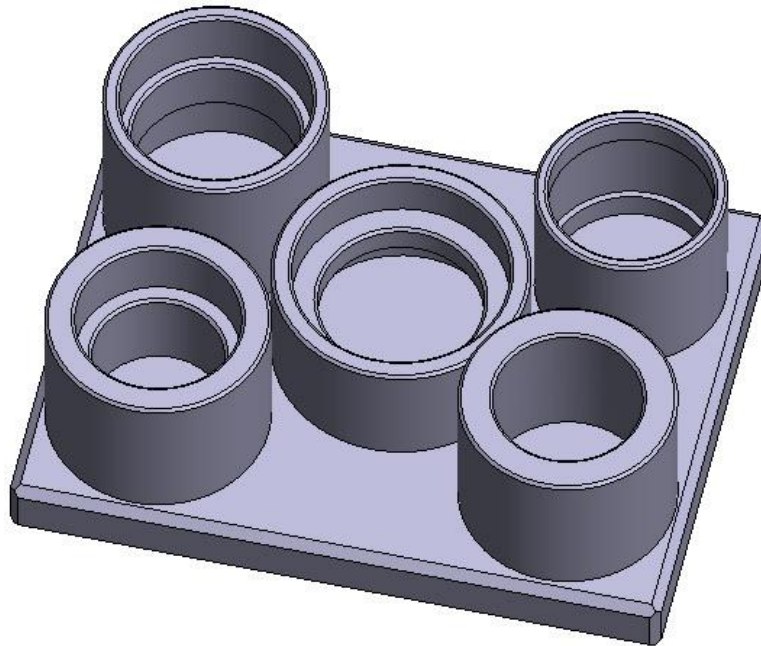
Kuva 9 Mittakappalesarja 3-pistemikroharjoitukseen.

4.4 Mittausharjoitus 4, reikäindikaattorilla mittaaminen

Reikäindikaattori, jota yleisesti kutsutaan myös reikäkelloksi, koostuu mittauspäästä (keskitys-silta), varresta ja osoitinmittauslaitteesta ”mittakellosta”. Tyypilliset mittausalueet ovat 18–35, 35–60 ja 50–150 millimetriä. Mittavälinesarja sisältää yleensä edellä mainittujen osien lisäksi tuntonastat ja sovitinrenkaat, joita vaihtamalla saadaan mitattua eri halkaisijat (Liite 4).

Reikäindikaattorilla mittaaminen on tyypiltään vertailumittausta, jossa verrataan kappaletta asetusrenkaan, kaarimikrometrin tai mittapalayhdistelmän näyttämään. Merkittävin ero esimerkiksi 3-pistemikrometrimittaukseen on siinä, että reikäkellomittaus on 2-pistemittausta, jolla voidaan todentaa kappaleen mahdollinen soikeus, mihin 3-pistemittaus taas ei puolestaan sovellu.

Reikäkellomittausharjoituskappaleet ovat rengasmaisia holkkeja (kuva 10), joiden mittaus edellyttää useiden kokoonpanojen rakentamista ja nollausta. Halkaisijat valitaan siten, että osan halkaisijoista mittaja joutuu asettamaan kaarimikrometrin avulla, mikä on mittarenkaan avulla tehtävää nollausta huomattavasti vaikeampi suorittaa. Lisäksi jotkin renkaista painetaan prässissä hieman soikeaksi, jotta ristimittojen ottamisen tärkeys tulee esiin ja sitä myöten harjoiteltua.

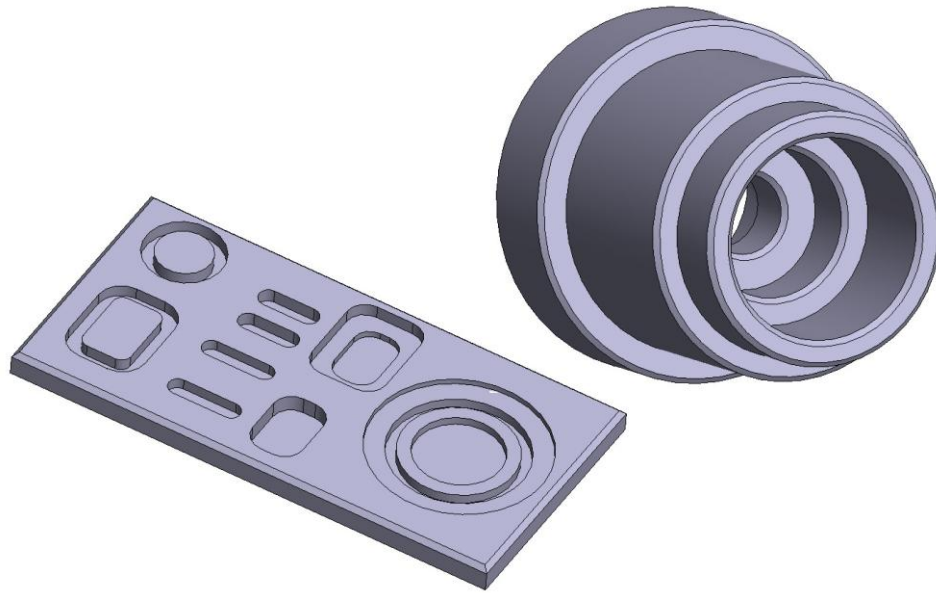


Kuva 10 Mittakappalesarja reikäkellolla mittaukseen.

4.5 Mittausharjoitus 5, syvyysmikrometrillä mittaaminen

Syvyysmikron käyttö ja kalibrointi suoritetaan periaatteessa samoin kuin muidenkin mikrometriä, koska perustoiminta on sama kuin muilla mikrometreillä. Syvyysmikrometri eroaa muista mikrometreistä siinä, että samalla perusrungolla voidaan mitata eri syvyysalueita niin kutsuttua mittatappia vaihtamalla, joskin myös kiinteällä mitta-alueella olevia mittoja on olemassa. Mitta-alue on yleensä 25 mm:n laajuinen, alkaen nolasta aina 300 mm:iin asti.

Syvyysmikrometrin käytön harjoittelu painottuu kolmeen keskeiseen asiaan: mittavälineen käytön opettelu huomioiden eri syvyysalueet, kalibrointi mittapaloja hyödyntäen ja mittavälineen asemointi kappaletta vasten. Harjoitus sisältää siten myös mittapalojen (mittanormaali) käytön opettelu, ennen kuin nimen mukaista harjoitusta päästään suorittamaan. Mittakappaleita suunniteltaessa otettiin huomioon erilaiset mitta-alueet ja sopiva valikoima erivaikeusasteen mitaustehtäviä (kuva 11). Peruskäytön opettelu aloitetaan helpohkosti mitattavalla kappaleella ja sen lisäksi harjoitus sisältää vaikeammin mitattavia kohtia. Syvyysmittauksen tekee haastavaksi tilanne, jossa mitan rungon alle jäävä tukipinta on pienehkö. Myös em. tilanteessa korostuu mitta-voiman oikeanlainen nostelu.

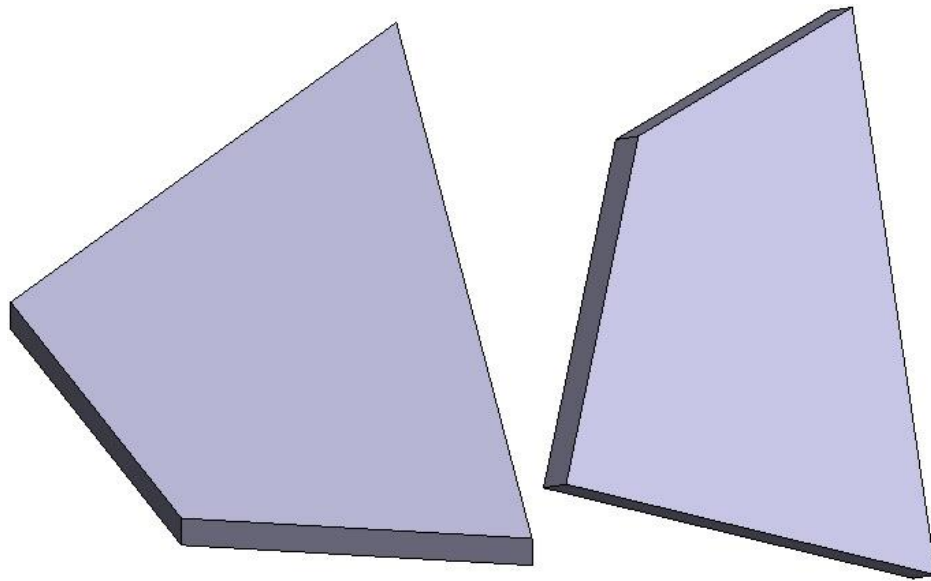


Kuva 11 Mittakappaleet 5. Syvyysmikrometri harjoitus.

4.6 Mittausharjoitus 6, kulmanmittaus

Kulmanmittauksella tässä harjoituksessa tarkoitetaan kulman määrittämistä noniusasteikolla varustetulla astelevyllä. Tällaisessa kulmamitassa on usein $4 \times 90^\circ$:n asetus sekä kaksi nooniota, jolloin lukema saadaan otettua kaikissa asennoissa. Mittaväline koostuu rungosta ja lehdestä, jotka painetaan kappaleen sivuja vasten ja joiden keskinäinen kulma luetaan astelevyn kehältä. Noniusasteikko on samantyyppinen kuin muissakin mittavälineissä, mutta nonius ilmoittaa matkan sijasta kulman osia, jotka jaetaan desimaaleihin tai minuutteihin ja sekunteihin. Aste jaetaan 60 minuuttiin ($60'$) ja minuutti puolestaan 60 sekuntiin ($60''$). Kulma siis voidaan ilmoittaa joko $15,5^\circ$ tai $15^\circ 30''$.

Harjoituksissa korostuu mittavälineen huolellinen asettaminen kappaletta vasten, noniuksen luenta ja tuloksen tulkinta ja laskeminen. Mittavälineen noonion näyttämä ei kaikissa mittavälineen asennoissa ole suoraan oikea, vaan mittaajan on hahmotettava ensiksi, onko kulma terävä vai tylppä toisin sanoen onko oikea tulos alle tai yli 90° . Mittakappaleina (3 kpl) tullaan käyttämään noin 5 mm:n vahvuisesta teräslevystä valmistettuja monikulmaisia kappaleita, joiden kokoluokka on noin 100 mm kanttiinsa (kuva 12).



Kuva 12 Mittakappaleet kulmanmittausharjoitukseen.

4.7 Mittausharjoitus 7, kierteiden tunnistus

Kierteiden tunnistaminen on varsinkin korjaustöiden yhteydessä oleellisen tärkeää. Aina ei ole käytettävissä alkuperäisiä piirustuksia tai muuta dokumentaatiota, joita voisi hyödyntää kohteessa, joten kierre täytyy tunnistaa ulkomuotonsa ja dimensioidensa perusteella. Tunnistus koostuu kierteen ulko- tai sydänhalkaisijan ja nousun määrittämisestä. Nousunmäärittäminen vaatii ensivaiheessa kylkikulman selvittämisen, joskin usein käytettäessä esimerkiksi niin kutsuttua kierrekampaa nousu ja kylkikulma selviävät samanaikaisesti. Mahdollisesti selvittämisessä tarvitsee turvautua kierteen kylkihalkaisijan mittaukseen, mutta useinkaan sitä ei tarvita. Kylkihalkaisijan mittausta käsitellään tarkemmin mittausharjoituksessa kahdeksan.

Mittausharjoitus koostuu noin kahdestakymmenestä erilaisesta kappaleesta, jotka sisältävät niin sisä- kuin ulkokierteitä. Kappaleet valitaan siten, että mukana on metrisiä hieno- ja karkeakierteitä sekä tuumajärjestelmän vastaavia kokoja. Kappaleina hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan kaupallisesti saatavilla olevia ruuveja ja kärkisorvien varaosia, joissa on tuumajärjestelmän mukaisia

kierteitä (kuva 13). Harjoitustöinä sorvattuja kappaleita, joissa on tarkoitukseen sopivia kierteitä, kannattaa myös hyödyntää mittakappaleina.



Kuva 13 Kierteiden tunnistuksessa käytettäviä kappaleita.

4.8 Mittausharjoitus 8, kierremikrometrillä mittaaminen

Kierteen koon tosimitta voidaan tarkastaa kierteen kylkihalkaisijan mittaamisella. Samalla voidaan arvioida kierteen tosimitan suhdetta toleranssialueeseensa, eli tarkastaa onko kierre niin kutsutuilla mitoillaan. Kierremikro (sarja) koostuu runko-osasta ja kierteen nousun mukaan vaihdettavista kärjistä. Mitan ulkoasu ja mittavälineen käyttö on periaatteessa samanlainen kuin perinteisessä kaarimikrometrissä. Tärkeimmät erot ovat siinä että kierremikrossa on kiinteiden mittatasojen sijalla aksiaalis-suuntaiset reiät, joihin sijoitetaan kohteen mukaan valitut kärjet, sekä halkaisijan pikasäätö, jolla kärkien vaihdon jälkeen mittaväline nolataan.

Mittausharjoituksen sisältö painottuu mittakärkien oikeaan valintaan, mittavälineen nollaukseen ja itse mittaussuorituksen hallintaan. Mittaajan tulee osata valita mittakärjet vastaamaan oikeata kierrejärjestelmää ja nousua sekä asettaa kärjet mittavälineeseen oikein. Mittavälineen nollaus tulee muistaa tehdä käyttäen tarvittaessa asetustulkkia yli 25 mm halkaisijoille. Mittaussuorituksen haasteena on asettaa mittaväline oikeaan asentoon (kohtisuoraan) ja löytää halkaisijasuun-

tainen maksimimitta kappaleesta, varsinkin jos kappaleen pinnankarheuden puutteet aiheuttaa mittakärkien takertelua mitattaessa.

Mittakappaleet ovat sorvilla kierteitettyjä akseleita (3 kpl), joissa on erinomaista hieno- ja karkeakierteitä. Lisäharjoituksena on M100x3 -sisäkierteinen holkki, jonka mittauksessa tarvitsee käyttää asteltavaa sisäkierrmittauslaitetta. Sisäkierrmittauslaite tarvitsee asettaa (nollata) ulkokierrmikrometrillä, joten kyseisessä harjoituksessa harjoitellaan mittalaitteen käyttöä myös referenssimittana. Mittauksen suorittajan tulisi verrata myös tuloksiaan tunnistamansa kierteen standardiin ja päätellä onko kappale mitoillaan. (SFS-käsikirja 120). /8/

4.9 Mittausharjoitus 9, geometriset mittaukset

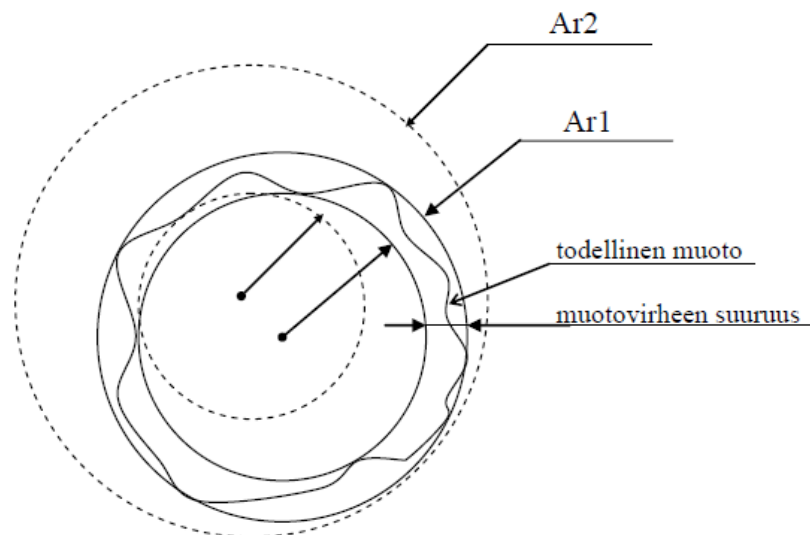
Valmistettavat kappaleet muodostuvat geometrisista muotoelementeistä. Muoto- ja sijaintitoleransseilla määrätään vaihteluväli, jossa muodon ja sijainnin poikkeamien tulee olla. Geometriset toleranssit merkitään vain silloin, kun se on tarpeellista varmistamaan valmistettavien osien toimintakelpoisuus. Mikäli ainoastaan mittatoleranssit on merkitty piirustuksiin, ne sisältävät myös samalla muoto- ja sijaintitoleranssit. Toisin sanoen kappaleen muoto voi olla minkälainen tahansa, kunhan se on toleranssialueen sisäpuolella. Mittatoleranssit eivät kuitenkaan sinänsä sisällä samankeskisyyttä, heittoa eivätkä symmetrisyyttä.

Geometrisia toleransseja käytetään erityisesti ohjaamaan valmistusta taloudellisiin ja teknisesti tarkoituksenmukaisiin valmistustapoihin, ottaen huomioon toiminnalliset vaatimukset ja vaihtokelpoisuus. Toleranssialue on alue, jonka sisällä geometrisen elementin kaikkien pintojen, pisteiden, viivojen ja keskiötason on sijaittava.

Riippuen merkinnästä toleranssialuetta rajoittavat

- ympyräviiva
- kahden samankeskisen ympyräviivan välinen alue, kuten esimerkkinä toimivassa samankeskisyys-toleranssissa (kuva 14)
- kahden yhdensuuntaisen viivan tai suoran välinen alue
- pallopinnan rajoittama tila
- lieriön tai kahden sama-akselisen lieriöpinnan välinen tila

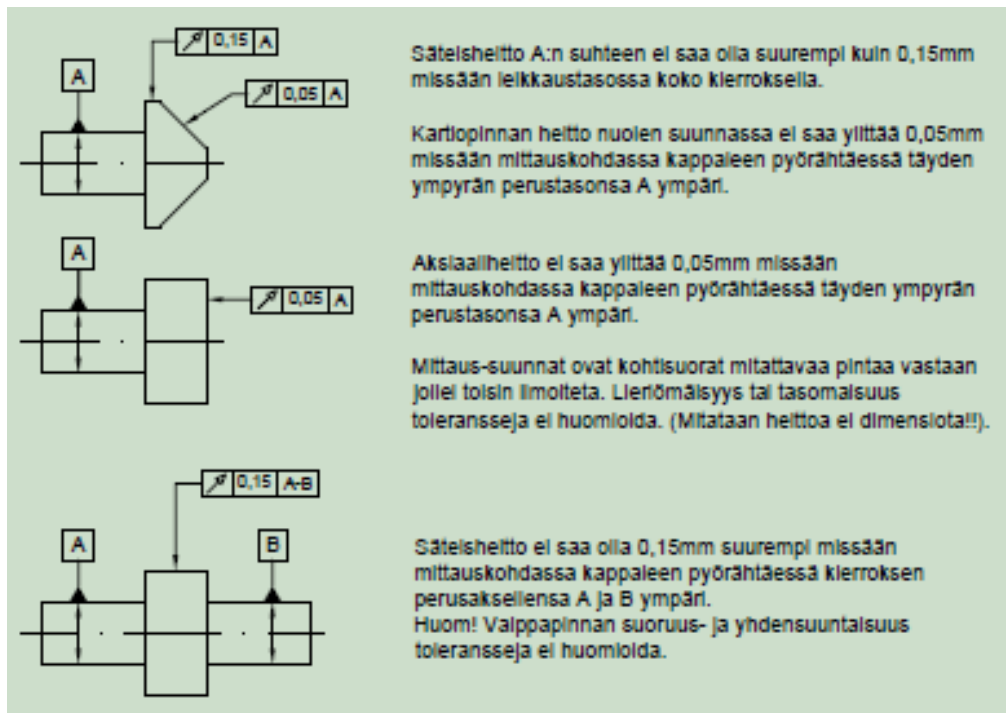
- vastakkaisten pintojen tai kahden yhdensuuntaisen tason välinen tila
- suorakulmion rajaama tila



Kuva 14 Samankeskisyys-vaatimuksen (Ar2) periaatekuva.

Ar2 -keskipiste määrittelee kahden samankeskisen lieriön tai ympyrän paikan siten, että niiden säteittäinen etäisyys on mahdollisimman pieni. Mitattaessa muoto- poikkeamia on huomioitava, että rajaviivan- tai pinnan tulee sijaita todellisessa muodossa siten, että saadaan pienin mahdollinen muoto poikkeama. Pienin mahdollinen muoto poikkeama = minimiehto. Todellisen muodon (Ar1) säteittäisen etäisyyden tulee olla pienempi tai yhtä suuri kuin annettu toleranssin arvo.

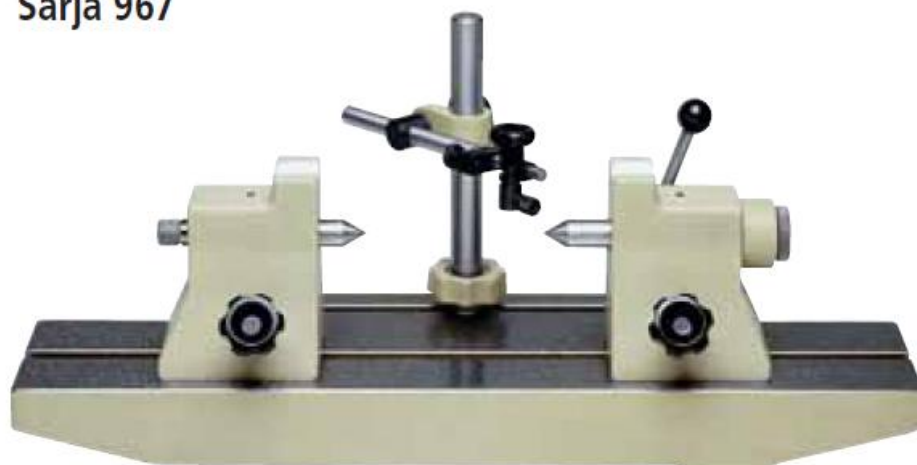
Mittausharjoituksissa keskitytään akselimaisten kappaleiden heitto-, samankeskisyys-, sama-akselisuus- ja yhdensuuntaisuusmittauksiin (kuva 15). Lisäksi tavoitteena on muodostaa harjoitukset jyrsin- ja porauskappaleiden tasomaisuus-, kohtisuoruus-, kulma-asento- ja paikkamittauksille. Piirustustenlukuharjoitukset liittyvät oleellisena osana kyseiseen harjoitukseen, koska geometriset toleranssit määrätään piirrosmerkinnöillä, joiden tunnistaminen ja liittäminen oikeanlaisiin mittaustapoihin ovat haastavia tehtäviä.



Kuva 15 Mallipiirrosmerkintöjä liittyen heiton -mittaukseen ja tulkintaan.

Geometristen mittausten perusmittavälineet koostuvat osoitinlaiteesta (mittakello), mittakellon pitimestä ja kappaleen pidinlaitteesta. Mittakellon pitimenä käytetään yleisesti säädettävää nivelrakenteista mittakellonjalkaa tai käytössä mahdollisesti olevan mittauspukin omaa säädettävää pidintä. Pyörähdyskappaleet, kuten kuvassa 15, asetetaan muun muassa heitonmittausta varten kärjillä varustettuun alustaan (kuva 16) tai kahden v-urakappaleen väliin (kuva 17).

Sarja 967



967-101 EM

Kuva 16 Heitonmittauslaite (mittaus kärkien välissä). /10/



Kuva 17 Ristiprismat (mittaus lieriöpinnasta tuettuna). /10/

V-urakappaleet joita kutsutaan yleisesti ristiprismoiksi, ovat varustettu neljällä erikokoisella 90° :n kulmalla, jotka ovat pareittain työstetyt ja joiden 90° :n prisma-ärmät ovat yhdensuuntaiset perustasoon nähden sekä toisiinsa sovitettut. Asetettaessa mitattava kappale lepäämään yhdensuuntaisiksi asetettujen v-urien varaan, päästään tutkimaan esimerkiksi kuvan 15 alimmaisessa esimerkkikuvassa esitettyä tilannetta. Yksittäisellä ristiprisamalla voidaan tutkia myös pyörähdyskappaleen aksiaalisuutta, kunhan kappaletta tuetaan vapaasta päästä aksiaalisuunnassa kärjellä.

Myös 3D-mittakonetta hyödynnetään muoto- ja sijaintitoleranssien mittauksissa. Paikkatoleranssien mittausharjoituksessa voisi harjoitus olla kaksivaiheinen, jolloin verrattaisiin ensin perinteisillä mittavälineillä saatuja tuloksia, seuraavassa vaiheessa tehtyyn mittakoneharjoitukseen ja siellä saatuihin tuloksiin. Perusmittavälineillä tehtävässä harjoituksessa käytetään yhdessä mittapuikkoja, mittapaloja, rakotulkkeja ja työntömittaa sekä mikrometriä.

Mittakappaleina käytetään olakkeellisia pyörähdyskappaleita, joissa mittauskohteina on säteis- ja aksiaalisuudet sekä sama-akselisuus toleranssit. Paikantarkastusmittausharjoitukset suoritetaan kappaleisiin, joihin on porattu kierrereikiä ja tarkkoja kalvain reikiä, joiden sijainti ja keskinäinen etäisyys pitää selvittää.

4.10 Mittausharjoitus 10, siniviivaimen käyttö

Siniviivainta käytetään kulmien tarkassa mittauksessa tai tehtäessä tarkkoja asetuksia. Siniviivain on nimensä mukaisesti viivain, jonka päissä ovat teräslieriöt (kuva 18). Normaalisti mittaus suoritetaan mittaustason päällä, jolloin toinen pää jää lepäämään tasoa vasten ja toisen pään teräslieriön alle kootaan tarvittava määrä mittapaloja. Näin menetellen saadaan viivaimen yläreuna asetettua haluttuun kulmaan. Lieriöiden keskiviivojen välinen etäisyys on yleensä tarkasti 100 mm. Myös 200 ja 300 mm:ä pitkiä viivaimia on saatavissa.



Kuva 18 Siniviivain /11/

Mittausalue siniviivaimella on nollasta neljäänkymmeneenviiteen astetta. Alle yhden asteen ja 45` minuutin kulmilla tulee mittavälinettä nostaa tasosta ylöspäin laittamalla molempien lieriöiden alle mittapaloja. Vastaavasti kaltevuus ei voi olla neljääkymmentäviittä astetta enempää vertailutasoon nähden. Mittapalakokoonpanon tuottama kulma saadaan suoraan mittataulukosta tai laskemalla trigonometrisen yhtälön (1) mukaisesti. Mittataulukossa on kerrottuna mittapalokokoonpanoihin vaadittavat paksuudet, suhteessa tuottamiinsa kulmiin. Kulmat ovat taulukossa 5` minuutin välein ilmaistuna.

Asetettava kulma (α) on

$$\sin^{-1} \alpha = \frac{h}{100} \quad (1)$$

jossa h on mittapalasarjan korkeus

Siniviivaimen käyttö teollisuustuotannossa ei ole kovin yleistä, mutta harjoitus silti palvelee tarkoitustaan, koska harjoituksen tekijä tutustuu siinä geometrian matemaattiseen perustaan ja samalla pääsee harjoittelemaan erilaisten mittausjärjestelyjen rakentamista. Mittausharjoituksina ovat erilaisten kiilamaisten kap-

paleiden kulmien mittaukset sekä kartiomaisen kappaleen kulman mittaus. Mittausharjoituksessa käytetään välineinä siniviivainta, mittapaloja ja mittakelloa, joka on asetettu siirreltävään jalustaan. Mittaus tapahtuu mittatason päällä, joka mahdollistaa mittakellokokoonpanon hallitun siirtämisen harjoituksen aikana.

5 MITTAUSTILAN TOTEUTTAMINEN

Mittaustila tullaan toteuttamaan hyödyntäen mahdollisimman paljon olemassa olevia kalusteita ja mittavälineitä. Kalusteiden sijoitteluksi tässä työssä suositellaan työryhmämallia, joka koostuu kolmesta pöytäryhmästä, sisältäen työskentelypisteet 12 hengelle. Tilan koko mahdollistaa kalusteiden sijoittelun muullakin tavalla, tarpeen niin vaatiessa. Tarkoituksenmukaisella pöytien sijoittelulla saadaan tilaan mahtumaan 16 hengelle työskentelypisteet, mikäli ryhmän koko tai muut tekijät niin vaativat.

Mittavälineiden osalta lisähankintoja tulee tehtäväksi lähinnä täydennysmielessä, koska kaikkiin harjoituksiin on olemassa vähintään yksi mittaväline tai mittavälinesarja. Kaarimikrometrisarjoja tarvitaan useita, koska kyseisiä mittavälineitä käytetään ulkomittausharjoitusten lisäksi asetusmittavälineinä muun muassa reikäkellomittausharjoituksissa. Lisäksi muitakin välineitä harjoituskappaleineen tulee olla useampia käytettävissä, koska yksittäisiin harjoituksiin käytettävä aika vaihtelee sekä ryhmäkoon kasvaessa vaihtoehtoisia harjoitteita tarvitaan enemmän.

6 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

Mittausharjoitusten täydentäminen vaihtoehtoisilla harjoituksilla ja joidenkin esim. pinnankarheuden mittausharjoitusten lisääminen ohjelmaan on tulevaisuudessa varsin tarpeellista. Yksi kehittämiskohde on tuoda paremmin esiin lämpötilaerojen vaikutus mittaustuloksiin. Mahdollisesti kysymykseen voisi tulla mitattavan kappaleen lämmittäminen erilaisiin lämpötiloihin, joiden vaikutuksia harjoituksessa tutkittaisiin.

Asennustöissä tarvittavan mittauksen kehittäminen on myös yksi tulevaisuuden haasteista. Tässä työssä esitellyt mittausharjoitukset tukevat parhaiten koneistukseen liittyvää koulutusta, vaikkakin perusmittavälineiden käytön osaaminen koskee kokonaisuudessaan koko tekniikan koulutusalaan. Asennusmittaukseen kuuluvat muun muassa pysty-, kohti- ja vaakasuoruuden mittaaminen sekä kaltevuuden mittaaminen hyödyntäen mm. vesivaakoja mittavälineinä.

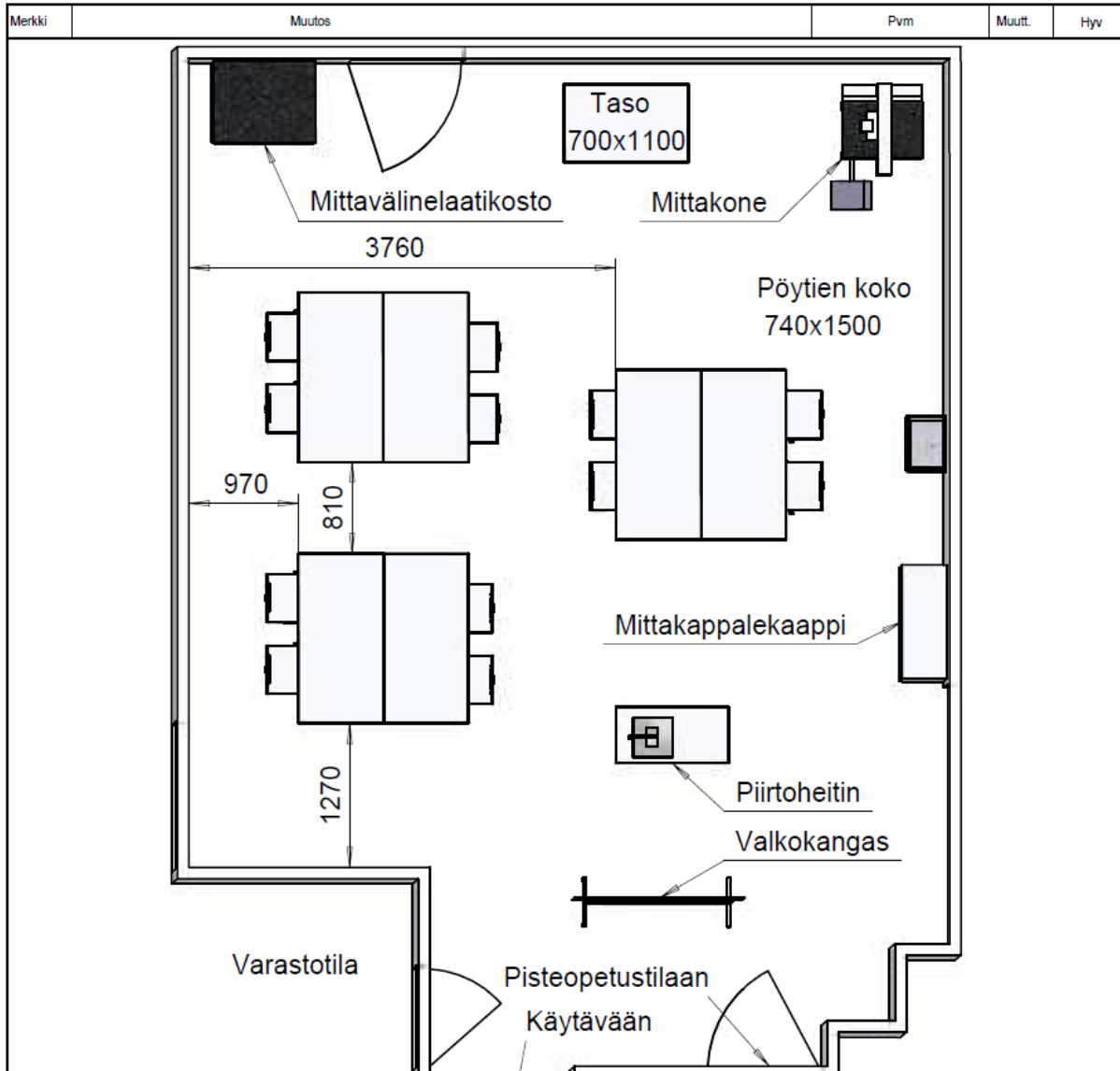
Koordinaattimittauskoneen hyödyntäminen täysipainoisemmin koulutuksessa on eräs kehittämiskohde tulevaisuudessa. Lähinnä haasteena on hankkia tarkoitukseenmukaisia harjoituskappaleita, joita mitattaessa koneen mahdollisuudet tulevat konkreettisesti opiskelijoille tutuksi. Yrityskoulutuksissa tulisikin pyrkiä hyödyntämään yritysten omia komponentteja koulutuksen yhteydessä. Tällä tavoin pystyttäisiin vastaamaan parhaiten vaatimukseen koulutuksen tarkoitukseenmukaisesta kohdentamisesta yritysten omiin tarpeisiin.

7 LÄHDELUETTELO

1. Tampereen ammattiopisto. [www-sivut]. [viitattu 14.8.2009] Saatavissa: <http://www.tao.tampere.fi/>
2. Opetushallitus, opetussuunnitelman perusteet. [www-sivut]. [viitattu 14.8.2009] Saatavissa: <http://www.edu.fi/julkaisut/maaraykset/ops/konemetalli2.pdf>
3. Opetushallitus, näyttötutkinnon perusteet. [www-sivut]. [viitattu 14.8.2009] Saatavissa: <http://www.edu.fi/julkaisut/maaraykset/naytot/koneistajanat.pdf>.
4. Vesala, Veli-Pekka – Lehto, Heikki – Tikka, Heikki, Konepajatekniset mittaukset ja kalibroinnit. Teknologiainfo Teknova Oy. Tampere 2003. 79 s.
5. Standardi ISO 8573–1:2001
6. Vertex Systems Oy. [www-sivut]. [viitattu 14.8.2009] Saatavissa: <http://www2.vertex.fi/web/fi/g4>
7. Sovella Oy. Tuoteluettelo 2008-2009. [www-sivut]. [viitattu 23.10.2009] Saatavissa: http://www.gwssystems.com/content/pdf/tuoteluettelo_08/SOVELLA_SUOMI.pdf?from=16830342968556596
8. SFS-KÄSIKIRJA 120. Kierteet. 1. painos. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki 1990. 211s.
9. Mittatekniikan keskus. [www-sivut]. [viitattu 23.10.2009] Saatavissa: <http://www.mikes.fi/frameset.aspx?url=metrologia.aspx%3fcategoryID=3>
10. Suomen Standardisoimisliitto SFS. [www-sivut]. [viitattu 23.10.2009] Saatavissa: http://www.sfs.fi/standardisointi/tietoa_standardeista/
11. Teräskonttori Oy. [www-sivut]. [viitattu 23.10.2009] Saatavissa: http://www.teraskonttori.fi/easydata/customers/teraskonttori/files/mittausvalineet/Mitu_luettelo_260-291.pdf
12. Teräskonttori Oy. [www-sivut]. [viitattu 23.10.2009] Saatavissa: <http://82.118.193.107/teraskonttori.fi/webcatalogic/index.php?page=products&c=1&e=16417&p=0>

LIITTEET

1. Layout piirros



0	mittahuone						1
0	Laatikosto						1
0	Mittakone						1
0	Piirtoheitin						1
0	Valkokangasteline						1
0	Työpöytä						6
0	Teollisuuskaappi						1
0	Piirtohyöty	Piirtoheitinhyötyä 1000 x 600					1
0	Terästaso_mittah						1
0	Työtuoli						12

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		Mittahuone, pöydät työryhmittäin		
Massa		1:50	Liittyy				
			Projekti				
Suunn	2009-08-04			Ent.	Uusi		

2. Sovella Oy, Teollisuushyllyt ja kaapit – tuoteluettelon sivu nro 77
Saatavissa: http://www.gwssystems.com/content/pdf/tuoteluettelo_08/teollisuushyllyt_74-85.pdf?from=16837493593452220

Teollisuushyllyt ja -kaapit



Säilytysjärjestelmän yhdistelmät



100/30/200-8 C 340 07 008

kpl	nimike	koko mm	tilausnumero
3	Päätykehikko/avo	300 x 2000	830 615-35
8	Taso + kannattimet	1000 x 300	852 175-35
2	Reikälevy	949 x 988	837 334-07
2	Vinotukiristikko 1000		852 176-35
2	Kiinnityssarja		852 278-35



100/40/200-1 C 334 07 001

kpl	nimike	koko mm	tilausnumero
1	Säilytyskaappi	1024 x 400 x 2000	C 334 07 000
4	Hyllytaso	1000 x 400	852 231-35

Siirrä haarukkavaunulla

Irrottamalla sokkelin etulevyn kaappia voi siirtää haarukkavaunulla tai trukilla. Kaapit on varustettu säätötalloilla.



100/40/200-4 C 334 07 004

kpl	nimike	koko mm	tilausnumero
1	Säilytyskaappi	1024 x 400 x 2000	C 334 07 000
2	Hyllytaso	1000 x 400	852 231-35
1	Reikälevy	949 x 988	837 334-07
3	Laatikko 400		834 513-35
1	Kiinnityssarja		852 278-35



100/40/200-9 C 340 07 009

kpl	nimike	koko mm	tilausnumero
2	Päätykehikko/avo	400 x 2000	830 895-35
14	Taso + kannattimet	1000 x 400	852 231-35
2	Vinotukiristikko 1000		852 176-35
1	Reikälevy	949 x 988	837 334-07
1	Säilytyskaappi	1024 x 400 x 2000	C 334 07 000
1	Kiinnityssarja		852 278-35

3. Erikoiskaarimikrometrien tuote-esite, Teräskonttori Oy

Mitutoyo Digitaaliset erikoiskaarimikrometrit



Malli: Selkeä (6,5 mm korkea), digitaalinäyttö 1 µm:iin saakka mahdollistaa arvojen virheettömän ja nopean lukemisen ilman noniusta. Sintratut ja tarkkuusläpätty kovametallimittauspinnat, mittauskara karkaistu ja hiottu. Lukitus kiinnitysruuvilla. Mittauspuristus tuntoräikkää käytettäessä 5 – 10 N.

42 1650 – ilman mittauskärkiä.

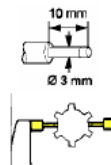
Toimituksen sisältö: Sis. 1 muovikotelon, asetusmitan koosta 25 – 50 alkaen ja 1 pariston nro 08 1560, koko 357.

Erikoistarvike: Tiedonsiirtokaapeli Digimatic 497440.
42 1650 – Kärjet kierremittauksiin nro 424300.

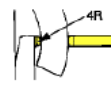


- 1 Lähtöpiste: Perussäätö/nollaus
- 2 Nollaus ja vaihto absoluuttiseen mittaukseen
- 3 Mittausarvo epäsuotuisissa mittausasennoissa
- 4 Suuri, selkeä LCD-digitaalinäyttö

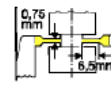
Koko = mittausalue	mm	0–25	25–50
42 1610	Mitutoyo Dig. kaarimikrometri, kavennetut mittauspinnat	X	(X)



Koko = mittausalue	mm	0–25	25–50
42 1630	Mitutoyo Dig. kaarimikrometri kaareville pinnoille	X	(X)



Koko = mittausalue	mm	0–25	25–50	50–75
42 1640	Mitutoyo Dig. kaarimikrometri urien mittaukseen	X	(X)	(X)



Koko = mittausalue	mm	0–25	25–50	50–75	75–100
42 1650	Mitutoyo Dig. kaarimikrometri kierteiden mittaukseen	X	(X)	(X)	(X)



Sopii: Kierrekaarimikrometrit nro 423900 ja 42 1650.

Malli: 60°:n kyläkulmalla useampien nousujen mittaukseen yhdellä kärkiparilla (tavallinen ja V-urakärki). Vain metrisille kiertelle.

Ohje: Whitworth-kierteille sopivia kärkiä on saatavissa tilauksesta.

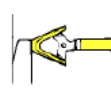
Koko = nousulle	mm	0,4–0,5	0,6–0,9	1–1,75	2–3	3,5–5	5,5–7
424300	Kärjet kierrekaarimikrometreihin	X	X	X	X	X	X



Koko = mittausalue	mm	0–25	25–50	50–75	75–100
42 1660	Mitutoyo Dig. kaarimikrometri, lautasmaiset mittauspinnat	X	X	(X)	(X)



Koko = mittausalue	mm	1–15	10–25	25–40
42 1670	Mitutoyo Dig. kaarimikrometri, 3-kulmainen, 60°	(X)	(X)	(X)



Koko = mittausalue	mm	0–25
42 1675	Mitutoyo Dig. kaarimikrometri, mittauskärki	(X)



