

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

Tekniikan Porin Yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Automaatio- ja kunnossapitotekniikan suuntautumisvaihtoehto

Markku Pihlajamaa



OIKAISUKONEIDEN TUOTANNON TEHOSTAMINEN

Insinöörityö

Kevät 2007

## ALKUSANAT

Haluan kiittää kaikkia työssäni mukana olleita henkilöitä, erityisesti insinööriyöni valvojia ja Outokumpu Pori Tube Oy:n henkilökuntaa. Lisäksi haluan kiittää kaikkia haastateltavana olleita henkilöitä ja mittauslaitteiston asennukseen osallistuneita henkilöitä. Kiitokset kuuluvat myös sukulaisille, kavereille ja avovaimolle henkisestä tuesta ja kannustuksesta.

Tämä insinööriyö antoi minulle erittäin hyvät lähtökohdat käytännön työelämään. Sain hyvää kokemusta projektiluontoisesta työskentelystä ja laajan kokonaisuuden käsittelystä. Työni tekeminen oli antoisaa aikaa ja opin samalla paljon uusia asioita alaani liittyen.

Kiitän tutkimuksessani aktiivisesti mukana olleita henkilöitä:

Tuohimaa Timo, tekninen päällikkö. Outokumpu Pori Tube Oy.

Mattila Pasi, kehitysteknikko. Outokumpu Pori Tube Oy.

Söderlund Jani, työtekniikko. Outokumpu Pori Tube Oy.

Reunamo Petteri, kone- ja tuotantotekniikan laboratorioinsinööri. SAMK, Pori.

Porissa 15.6.2007

.....  
Markku Pihlajamaa

## TIIVISTELMÄ

Pihlajamaa Markku Michel  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Automaatio- ja kunnossapitotekniikka  
Tekniikan Porin yksikkö  
Toimeksiantaja: Outokumpu Pori Tube Oy  
Maaliskuu 2007  
Työnvalvojat: Tuohimaa Timo(Outokumpu) ja Reunamo Petteri(SAMK)  
Avainsanat: Outokumpu, putken oikaisukoneet, tuotanto  
UDK: 62-79, 621.7, 658.51  
Sivumäärä: 73

### OIKAISUKONEIDEN TUOTANNON TEHOSTAMINEN OUTOKUMPU PORI TUBE OY:N PUTKITEHTAALLA

Tutkimuksen tavoitteena oli kupariputkituotteita muokkaavien oikaisukoneiden 2, 3 ja 4 tuotannon tehostaminen, pienentämällä asetusten tekoajoja ja asetuksissa syntyvän kupariromun määrää Outokummun Porin putkitehtaalla. Tavoitteeseen oli tarkoitus päästä modernisoimalla oikaisukoneiden asetuksissa tarvittavat mittauslaitteistot, hankkimalla tilalle uudet ja tarkemmat mittalaitteet sekä keräämällä valmiiden asetusten arvoja tiedonkeruujärjestelmään, josta ne ovat tuotteen toistuessa, nopeasti uudelleen käytävissä. Modernisointi oli tarkoitus hoitaa antureiden ja digitaalisten näyttöjen avulla.

Tutkimus rajattiin tehtäväksi vain oikaisukone 2:lla, koska työn laajuus olisi mennyt insinööriyöni ylitse. Oikaisukone 2 oli vaihtoehdoista paras modernisoitavaksi, koska se oli tuotannoltaan suurin, asetusten tekoajat pitkiä ja koneen mittauslaitteisto oli vanha ja pois käytöstä.

Tutkimusta varten kerättiin riittävä pohjatieto laajasta kokonaisuudesta, tutkimalla yleisesti työhön liittyvää teoriaa; mm. kuparin ominaisuuksia, kupariputken valmistusta ja valmistusvaiheita, oikaisukoneita ja asetusten tekoa. Varsinainen tutkimus aloitettiin etsimällä kaikki mahdolliset eri anturivaihtoehdot mittausten suorittamiseen oikaisukone 2:lla. Paras mittausperiaate valittiin, laitteet tilattiin maahantuojalta ja asennettiin ne paikoilleen. Tutkimuksen lopuksi tutkittiin modernisoinnilla saavutettuja tuloksia ja hyötyä.

Tutkimuksen tuloksena saatiin työntilajalle luotettava mittauslaitteisto oikaisukone 2:lle, joka antaa hyvät edellytykset oikaisukoneen asetusajojen lyhenemiselle, tuotannon tehostumiselle ja kupariputkituotteiden lyhyemmille toimitusajoille. Mittaustulokset olivat riittävän tarkkoja ja täyttivät hyvin työntilajajan sekä

oikaisukoneen asettamat vaatimukset. Lisäksi laitteet soveltuivat hyvin teollisuuden oloihin.

Tuotannon tehostumisen määrittäminen ja mittauslaitteiston soveltuvuus oikaisukoneille 3 ja 4, jäi työn tilaajan tai seuraavan insinööriopiskelijan selvitettäväksi.

## ABSTRACT

Pihlajamaa Markku Michel

Satakunta University of Applied Sciences

Mechanical and Production Engineering

Automation Engineering and Maintenance Technology

School of Technology Pori

Commissioned by: Outokumpu Pori Tube Oy

May 2007

Supervisors: Tuohimaa Timo(Outokumpu) and Reunamo Petteri (SAMK)

Keywords: Outokumpu, tube straightening machines, production

UDC: 62-79, 621.7, 658.51

Pages: 73

## INCREASING PRODUCTION EFFECTIVENESS OF STRAIGHTENING MACHINES AT OUTOKUMPU PORI TUBE MILL

The purpose of this thesis was to increase the production effectiveness of copper tube straightening machines 2, 3 and 4 by decreasing setting-times and the amount of copper scrap created by settings at Outokumpu Pori Tube Oy. The goal was to be reached by modernizing the measuring equipment of straightening machines, replacing them by new, more accurate equipment and collecting information of settings in the system, where settings can be easily verified and repeated. Equipment for modernizing was meant to consist of sensors and digital displays.

The thesis was delimited to only straightening machine 2, otherwise the extent of the thesis would have been too wide. The best alternative for modernizing was straightening machine 2, because it was the biggest in production with long setting-times and the measuring equipment of the machine was old and out of use.

Adequate basis for the thesis was collected of the extensive whole by studying the theory generally connected to the survey i.e. copper features, production and stages of production of copper tube, tube straightening machines and making the settings. After that, the actual thesis was started by checking all the suitable sensor alternatives for performing the setting measurements with straightening machine 2. The best principle of measurement was chosen, equipment was ordered from importer and installed in place. Finally, the results and benefits achieved by modernizing were examined.

As a result of the thesis reliable measuring equipment was received for straightening machine 2, which gives good prerequisites for decreasing setting-times, increasing

production effectiveness and shorter delivery times for copper tube products. The measurement results were accurate enough and they meet the commissioner and straightening machine requirements well. Besides, the equipment was also very suitable for industry.

Determining production effectiveness and suitability of measuring equipment for straightening machines 3 and 4 remained to be solved for the commissioner or next engineering student.

## SYMBOLI- JA TERMILUETTELO

1. Kylmämuokkaus = materiaalin muokkausta huoneen lämpötilassa.
2. Muokkauslujittuminen = aineen lujittuminen kylmämuokkauksessa.
3. Muovaus = pakotetaan kappale ulkoisilta mitoiltaan haluttuun muotoon.
4. Muokkaus = tarkoituksena muuttaa aineen ominaisuuksia.
5. Disklokaatio = dislokaatiot ovat viivamaisia tai nauhamaisia kidevirheitä ja niitä syntyy mm. plastisessa deformaatioissa, jähmettymisen yhteydessä ja säteilytettäessä metallia.
6. 02-raja = jännitys, joka aikaansaa pysyvän 0,2 %:n venymän aineessa. Raja arvo, jonka ylityksen jälkeen puhutaan 10-kovasta kupari putkituotteesta. Yleisin kupariputken 02- raja on 150 N/mm<sup>2</sup>, pintakovalla kupariputkella 02-raja on 70- 120 N/mm<sup>2</sup>.
7. 10-kova putki = hehkutettu, oikaisussa kovetettu putki.
8. Skinhard = tarkoittaa oikaisulujitettuja kupariputkia, joiden muovattavuus on jäykkyyden oleellisesta lisääntymisestä vielä hyvä.

## SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO.....	8
1.1 Työn tavoite.....	9
1.2 Työn tarkoitus ja tehtävät.....	10
2 OUTOKUMPU OYJ.....	11
2.1 Outokumpu Copper Tube and Brass.....	13
2.2 Outokumpu Pori Tube Oy.....	14
2.2.1 Tuotanto.....	15
2.2.2 Tuotteet ja käyttökohteet.....	17
3 KUPARI.....	20
3.1 Ominaisuudet ja käyttökohteet.....	21
3.2 Deoksidoitu kupari Cu-DHP.....	23
3.3 Hapeton kupari Cu-OF.....	24
3.4 Kylmämuokkaus.....	24
3.5 Pehmennyshehkus.....	26
4 KUPARIPUTKEN VALMISTUSPROSESSI.....	29
4.1 Yleistä.....	29

4.2 Raaka-ainetuotannon valmistusprosessit.....	31
4.3 Valmistuslinja 3:n valmistusprosessit.....	33
<b>5 KUPARIPUTKIEN OIKAISUKONEET.....</b>	<b>36</b>
5.1 Yleistä.....	36
5.2 Tekniset ominaisuudet.....	37
5.3 Oikaisurulla.....	38
5.4 Oikaisukone 2.....	38
5.5 Oikaisukone 3 ja 4.....	40
5.6 Asetusten teko.....	41
5.6.1 Oikaisurullien säätö.....	42
5.6.2 Vetokokeen tekeminen.....	43
5.7 Oikaisuprosessi.....	44
5.7.1 Kova putki R290.....	45
5.7.2 Puolikova putki R250.....	45
5.7.3 Pehmeä putki R220.....	46
<b>6 ANTURIT.....</b>	<b>47</b>
6.1 Potentiometri.....	47
6.2 Magnetostritiivinen anturi.....	49
6.3 Magneettinen pulssianturi.....	51
6.4 Optinen etäisyysanturi.....	52
<b>7 OIKAISUKONEIDEN MODERNISOINTI.....</b>	<b>55</b>
7.1 Anturivaihtoehdot.....	56
7.1.1 Novotechnik asema-anturit.....	57
7.1.2 Siko magneettinauha-anturit.....	59
7.1.3 Leuze electronic optiset valokennot.....	60
7.1.4 Keyence laseretäisyysanturit.....	61
7.2 Digitaaliset näytöt.....	63
7.3 Laitteiden valinta, hankinta ja asennus.....	64

8 ASETUSTEN SEURANTA.....	67
8.1 Ennen modernisointia.....	67
8.2 Modernisoinnin jälkeen.....	70
9 TULOSTEN TARKASTELU JA YHTEENVETO.....	71
LÄHDELUETTELO.....	72

## LIITTEET



# 1 JOHDANTO

Globalisaatio on tuonut maailmalle uuden ja haasteellisen markkinatilanteen, jossa saman alan yritysten välinen kilpailu on kiristynyt entisestään, räjähtämispisteeseen asti. Kiristynyt kilpailu on saanut yritykset toimimaan nopeammin ja vastaamaan globalisaation tuomiin haasteisiin kustannustehokkaammin. Yleisesti vaihtoehtoja on ollut kaksi: tuotannon ja toimintojen tehostaminen tai niiden siirtäminen halvempiin maihin, esim. nykytrendin mukaan Euroopasta Lähi-idän ja Aasian-maanosiin. Kiristyvässä kilpailussa yritykset kilpailevat kaikesta selviytyäkseen kilpailuilla ja tulostavoitelluilla markkinoilla. ”Aika on rahaa” -sananlasku on kultainen nyrkkisääntö myös kiristyvässä kilpailussa yrityksille, joten kaikki täytyy pystyä tekemään kilpailijoita nopeammin, tehokkaammin ja paremmin.

Suomessa tuotannon ja toimintojen tehostaminen on välttämätön toimenpide tai muuten edessä on väistämätön tilanne; tuotanto on lopetettava ja siirrettävä se halvempiin maihin. Lisäksi suomalaisten yritysten on jatkuvasti kehitettävä itseään ja panostettava erityisosaamiseen, koska yrityksillä on muutamia kilpailukykyä heikentäviä tekijöitä. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi Suomen suhteellisen korkea palkkataso, kallis energia, pohjoinen sijainti ja kuljetuskustannukset, jotka heikentävät kilpailukykyä halpa maihin nähden. Suomalainen osaaminen on kallista ja se vaatii tuotannon tehostamistoimia, jotta tuotanto ja toiminta jatkuvat ja ihmiset saavat pitää työpaikkansa. Nämä lähtökohdat ovat opinnäytetyöni tilauksen taustana.

Opinnäytetyöni tilaaja tarvitsee myös tuotannon tehostamiskeinoja parantaakseen asemiaan kiristyvillä metalliteollisuudenmarkkinoilla. Työntilaaaja on Outokumpu-konsernin tytäryhtiö Outokumpu Pori Tube Oy, joka on yksi maailman suurimmista kupariputkien valmistajista. Työntilaus koskee yrityksen kupariputkia viimeistelevien oikaisukoneiden 2, 3 ja 4 tuotannon tehostamista, nopeuttamalla koneiden asetusten tekoa. Asetusten nopeuttaminen lyhentää asetusten tekoajoja, tuotteiden läpimenoajoja, vähentää turhan kupariromun määrää ja tuotanto tehostuu

huomattavasti. Ideana on modernisoida oikaisukoneita, suunnittelemalla ja hankkimalla sekä asentamalla koneille uudet ja nykyaikaiset mittausteistot.

### 1.1 Työn tavoite

Tämän insinööriyön tavoitteena on Outokumpu Pori Tube Oy:n kupariputkia oikaisevien oikaisukoneiden 2, 3 ja 4 tuotannon tehostaminen, koneiden pitkiä asetusajoja lyhentämällä ja asetuksissa syntyvää kupariromua vähentämällä. Tavoitteeseen on tarkoitus päästä modernisoimalla oikaisukoneet, hankkimalla uudet ja tarkemmat mittausteistot. Modernisointi hoidetaan antureiden ja digitaalisten näyttöjen avulla.

Rajasimme työntilajan kanssa opinnäytetyön toteutettavaksi vain oikaisukone 2:lle, koska työn laajuus olisi mennyt insinööriyöni ylitse. Työtä on mahdollista laajentaa ja toteuttaa samantyyppiset modernisoinnit oikaisukoneille 3 ja 4, jos tavoitteeseen päästään oikaisukone 2:lla ja modernisoinnin todetaan olevan kannattava ja hyödyllinen hankinta. Oikaisukone 2 on oikaisukoneista paras vaihtoehto modernisoitavaksi, koska se on tuotannoltaan suurin ja sen asetusajat ovat pitkiä sekä siinä ei ole käytössä olevaa oikaisurullien mittausteistoa.

Ongelma on lyhyesti se, että oikaisukone 2:n asetusten helpottamiseksi ei ole käytössä minkäänlaista mittausteistoa johon asetuksia voisi verrata. Alkuperäinen mittausteisto on rikki ja pois käytöstä. Se koostuu mekaanisista mittalaitteista, jotka osoittavat oikaisurullien korkeudet ”kellotaulu-näytöillä” ja kulman suuruudet pystyy lukemaan asteina ”nuoli-viivoitin-asteikosta”. Asetukset haetaan kohdalleen ”yritys ja erehdys-periaatteella”, kokeilemalla ja säätämällä oikaisurullien korkeutta ja kulmaa. Tämän jälkeen koneenkäyttäjä katsoo silmämääräisesti koska tuote on hyvää ja täyttää sille asetetut vaatimukset. Lopuksi putkesta otetaan näyte ja tarkistetaan vaatimusten täytyminen Metallilaboratorion vetokokeella. Jos tulos ei ole riittävä, asetukset tehdään uudestaan ja toistetaan vetokoe kunnes tuote on asiakkaan vaatimusten ja käytössä olevien standardien mukainen.

## 1.2 Työn tarkoitus ja tehtävät

Opinnäytetyöni tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa modernisointi oikaisukone 2:lle, hankkimalla uusi ja nykyaikainen oikaisurullien mittauslaitteisto. Uuden mittauslaitteiston tarkoitus on ilmaista koneen käyttäjälle oikaisurullien korkeus ja kulma, jotka tiedettäessä helpottavat ja nopeuttavat asetusten tekoa. Koneenkäyttäjä kerää valmiiden asetusten arvoja tiedonkeruujärjestelmään, esimerkiksi tietokoneen Excel-ohjelman taulukkoon, josta niitä voidaan hyödyntää ja käyttää uudestaan saman tuotteen toistuessa oikaisukoneella.

Ensimmäinen tehtävä on tutustua kupariputkien valmistukseen, oikaisukoneisiin, oikaisuprosessiin ja sitä edeltäviin valmistusvaiheisiin. Seuraava tehtävä on etsiä kaikki erilaiset anturivaihtoehdot mittausten suorittamiseksi ja sopivat digitaaliset näytöt mittaustulosten kertomiseksi koneen käyttäjälle. Kolmas tehtävä on rakentaa näistä eri ratkaisumalleja ja verrata niitä keskenään. Neljäs tehtävä on valita paras ratkaisumalli, jonka mukaan uusi mittauslaitteisto hankitaan ja asennetaan oikaisukoneelle. Viimeisenä ja viidentenä tehtävänä on tarkastella modernisoinnilla saavutettuja hyötyjä sekä tavoitteen täyttymistä. Suunnitelmassa pitää ottaa huomioon myös oikaisukoneen oikaisurullien asettamat vaatimukset ja hankittavan mittauslaitteiston hinta, käytettävyys, työturvallisuus, ym.

Onnistuessaan opinnäytetyö nopeuttaa asetusten tekoa ja sitä kautta tehostaa oikaisukoneiden sekä samalla koko yrityksen tuotantoa. Lisäksi yritys hyötyy taloudellisesti, parantaa kupariputkituotteidensa ja yrityksensä kilpailukykyä, imagoa sekä toimitusvarmuutta. Asetusten teon nopeutuminen lyhentää tuotteiden läpimenoaikoja, tuotteiden toimitusaikoja ja pienentää koneen romuprosentin määrää

sekä helpottaa koneen käyttäjien työtä. Materiaalin säästöt tarkoittavat yritykselle taloudellisia säästöjä ja tuottavuuden paranemista.

## 2 OUTOKUMPU OYJ

Outokumpu Oyj on Outokumpu-konsernin emoyhtiö, Suomessa vuonna 1932 perustettu ja rekisteröity julkinen osakeyhtiö. Konserni on monikansallinen kaivos- ja metalliteollisuuden alan yritys. Yhtiön toiminta alkoi Outokummun kaupungista, jossa yhtiöllä oli kuparimalmia tuottava kaivos.

Outokumpu Oyj oli luopunut kaikista kaivoksistaan 2000-luvulle tultaessa, lukuun ottamatta Keminmaalle 1960-luvun alussa perustettua Kemin kromikaivosta ja Nivalassa sijaitsevaa Hituran nikkelikaivosta. Kemin kromikaivos toimi avolouhoksena vuosituhaten vaihteeseen asti, jolloin se käynnisti maanalaisen louhinnan. Hituran kaivoksen toiminta on ollut useamman kerran keskeytyksissä, mutta se käynnistettiin uudelleen joulukuussa 1999.

Outokumpu Oyj:n ruostumattoman teräksen valmistus yhdistettiin vuonna 2000 Avesta Sheffield -yhtiön kanssa AvestaPolarit -nimiseksi yhtiöksi. Konserni ilmoitti tuolloin jäävänsä vähemmistöosakkaaksi tähän yhtiöön. Vuonna 2003 Outokumpu Oyj osti takaisin Avesta Sheffieldin osuuden AvestaPolaritista ja ilmoitti luopuvansa asteittain värimetallurgiasta. Saman vuoden joulukuussa Outokumpu Oyj myi kupari- ja sinkkisulattonsa ruotsalaiselle Boliden AB:lle ja jäi aluksi vähemmistöosakkaaksi tähän yhtiöön, mutta myi koko osuutensa syyskuussa 2005.

Elokuussa 2004 Outokumpu Oyj ilmoitti, että konsernin tuleva strateginen suunta perustuu johtavaan asemaan ruostumattomassa teräksessä ja erilaisia vaihtoehtoja selvitetään konsernin muokattujen kuparituotteiden liiketoiminnasta luopumiseksi. Huhtikuussa 2005 Outokumpu Oyj myi kuparituotetoimialansa Outokumpu Copper Products Oy:n pääomasijoitusyhtiö Nordic Capitalille 599 M€ hintaan. Kauppa saatettiin päätökseen 7.6.2005, kokonaiskauppahinta oli 612 M€. Myydyn yhtiön nimi muutettiin toukokuussa 2006 Luvata Oy:ksi. Kupariputkia valmistava Outokumpu Copper Tube and Brass -divisioona ei sisällynyt kauppaan, koska osa sen yksiköistä oli hankittu Boliden-järjestelyn yhteydessä vuoden 2003 lopussa ja integraatio- ja uudelleenjärjestelyprosessi oli edelleen käynnissä.

Lokakuussa 2006 Outokummun aiemmin kokonaan omistamasta tytäryhtiöstä Outokumpu Technologystä tuli oma erillinen Helsingin pörssissä listattu yhtiö. Outokummun Oyj:n omistus yrityksestä jäi 12 %:iin.

Outokumpu Oyj on kansainvälinen ruostumattomien terästuotteiden valmistamiseen ja myyntiin sekä teknologiaan keskittyvä yritys. Useilla eri aloilla toimivat asiakkaat ympäri maailmaa käyttävät Outokummun metallituotteita, teknologiaa ja palveluita. Konserni toimii noin 30 eri maassa ja työllistää henkilöstöä jatkuvissa toiminnoissa keskimäärin 8 505 henkilöä(31.12.2006). Konsernin liikevaihto kasvoi +23 % vuonna 2006 ja oli 6 154 M€ (2005: 5 016 M€). Liikevaihdosta 95 % tuli Suomen ulkopuolelta. Liikevoitto kasvoi roimasti vuonna 2006 ja oli ennätysellinen 824 M€ (2005: 57 M€). Outokumpu Oyj on ollut listattuna Helsingin pörssissä vuodesta 1988 ja sen suurin osakkeenomistaja on Suomen valtio 31,14 %:n-osuudella(31.12.2006). Yhtiön pääkonttori sijaitsee Espoossa ja toimitusjohtajana toimii Juha Rantanen. Outokumpu konsernin tavoite on keskittyä kokonaan ruostumattomaan teräkseen ja luopua myytävänä olevasta Outokumpu Copper and Brass-divisioonan liiketoiminnasta.

Outokummun liiketoiminnot ovat ruostumattomassa teräksessä, kuparissa ja teknologiassa. Konsernin pääliiketoiminta-alue on ruostumaton teräs (Stainless Steel), joka on jaettu tuotevalikoimaan perustuen kahteen divisioonaan: General Stainless ja Specialty Stainless. Outokummun merkittävin tuotantolaitos on Torniossa toimiva terästehdas, joka valmistaa n. miljoonan tonnin vuosikapasiteetilla valssattuja

ruostumattomia teräksiä. Tornion laitokset muodostavat maailman suurimman, yhtenäisen ruostumattoman teräksen tuotantoketjun. Yhtiöllä on ruostumattomia teräksiä valmistavia tehtaita myös Ruotsissa Avestassa, Torshällassa, Långshyttanissa ja Degerforsissa sekä Iso-Britanniassa Sheffieldissä. Ruotsin Degerforsissa on lisäksi karkealevyjen valmistusta. Sheffieldissä sijainnut kylmävalssaamo suljettiin vuoden 2005 lopulla osana kiinteiden kustannusten säästöohjelmaa. Ruostumattomista teräksistä hitsattuja putkia valmistavat yhtiön tuotantolaitokset Pietarsaassa, Nybyssä ja Fagerstassa.

Outokumpun merkittävimmät kilpailijat ruostumattoman teräksen valmistuksessa ovat sitä suuremmat saksalainen ThyssenKrupp, espanjalais-ranskalais-luxemburgilainen Arcelor ja espanjalainen Acerinox /1, 4/.

## 2.1 Outokumpu Copper Tube and Brass

Outokumpu Copper Tube and Brass-divisioona on Outokumpu Oyj:n alainen, tällä hetkellä myynnissä oleva liiketoiminta. Yhtiö on Euroopan toiseksi suurin kupariputkien valmistaja strategisesti sijoitetuilla tehtaillaan. Sen liiketoimintaan kuuluvat vesijohto- ja teollisuusputkien, ilmastointi ja jäähdytinputkien ja messinkitankotuotteiden valmistus ja myynti ympäri Eurooppaa. Outokumpu Copper Tube and Brassin päätuotteita ovat kupariputket LVI-asennukseen ja teollisuussovelluksiin, messinkitangot sähköteollisuudelle, rakentamiseen ja autoteollisuuden sovelluksiin.

Yhtiöön kuuluvat kupariputkitehtaat sijaitsevat Suomen Porissa, Ruotsin Västeråsissa, Belgian Liègeissä ja Espanjan Zaratomossa. Sekä messinkitankotehtaat Alankomaiden Drunenissa ja Iso-Britanian Aldridgessä sekä yhteisyritys (50 %:n osuus) Ruotsin Gusumissa. Yhtiön liikevaihto vuonna 2005 oli 529 M€ ja se työllisti 1400 henkilöä Euroopassa. Liikevoitto oli -13 M€ tappiollinen sisältäen kertaluonteisia strukturointikustannuksia 9 M€. Yhtiön keskeisin tavoite on edelleen kannattavuuden parantaminen, jota tavoitellaan kustannuskilpailukyvyn tehostamisella. Syyskuussa 2005 yhtiö lanseerasi tärkeimmillä markkina-alueillaan ensimmäisenä kupariputkivalmistajana euroopanlaajuisen kupariputkimerkkin tub-e® .

Helmikuussa 2006 Outokumpu myi Britanniassa sijaitsevan messinkitankotehtaansa, Outokumpu Copper MKM Ltd:n, The Meade Corporationille. Kokonaiskauppahinta oli noin 20 M€. Outokumpu Copper MKM Ltd:n tuotantokapasiteetti on noin 40 000 tonnia messinkitankoja vuodessa, henkilöstön määrä 320 ja sen myynti vuonna 2005 oli noin 70 M€ /2/.

## 2.2 Outokumpu Pori Tube Oy

Outokumpu Pori Tube Oy on Outokumpu-konsernin omistama tytäryhtiö ja osa Outokumpu Tube and Brass-divisioonaa. Outokumpu Pori Tube Oy yhtiöitettiin omaksi juridiseksi yhtiöksi vuoden 2004 lopussa tehdyillä kaupoilla.

Outokumpu Pori Tube Oy:n liiketoiminta on kupariputkien valmistusta ja myyntiä Porin putkitehtaalla. Vuoden 2006 lopussa yhtiö työllisti noin 230 työntekijää, joista 59 oli toimihenkilöitä. Liikevaihto oli 230 M€, josta noin 90 % tuli viennistä ja loput kotimaan markkinoilta.. Yrityksen asiakkaita ja yhteistyökumppaneita ovat suorat teolliset asiakkaat ja LVI- sekä metallitukkurit. Porin putkitehtaalla on ollut ISO 9000:2000-laatusertifikaatti vuodesta 1986 ja EU:n EMAS-asetuksen mukaisesti sertifioitu ympäristöjärjestelmä vuodesta 1998.

Yhtiö toimii samassa rakennuksessa yhdessä vuokralaisensa Luvata Oy:n vetämöyksikön kanssa. Rakennus on vuonna 1940 rakennettu halli, joka on lähes 400 m pitkä ja kohdasta riippuen 90-120 m leveä. Rakennus sijaitsee Porissa Valtatie 2:n varrella, sen pinta-ala on yhteensä 40 847 m<sup>2</sup>, josta putkitehtaan käyttämä osuus on 27 851 m<sup>2</sup>. Yhtiön toimitusjohtajana toimii Hannu Heiskanen.

Outokumpu Pori Tube Oy:llä on monia yhteistyökumppaneita ja alihankkijayrityksiä, joiden toiminnoista ja palveluista yritys on riippuvainen. Isoimmat yritykset näistä ovat Luvata, ABB, Valtasiirto, Lassila & Tikanoja, Schenker, Falck Security ja Amica. Luvata Oy myy yhtiön valimoista kupariraaka-aineen Outokumpu Tube Oy:lle ja ostaa tuotannossa syntyvän kupariromun takaisin. Valtasiirto Oy vastaa yrityksen raaka-aine kuljetuksista, ABB Oy tehtaan tuotantolaitteiston sähköisestä ja mekaanisesta kunnossapidosta, Lassila & Tikanoja Oy jätehuollon, siivouksen ja kierrätyksen, Falck Security Oy vartioinnin, Amica Oy ruokailun ja Schenker Oy valmiiden tuotteiden toimituksesta asiakkaalle /3/.

### 2.2.1 Tuotanto

Putkitehtaan tuotantokapasiteetti on noin 40 000 tonnia kupariputkia vuodessa, markkinoiden kysyntä määrää kuitenkin loppujen lopuksi kuinka paljon koko kapasiteetista vuosittain hyödynnetään. Tuotanto jakautuu kaavion 1. mukaisesti; raaka-ainetuotantoon ja kolmeen valmistuslinjaan:

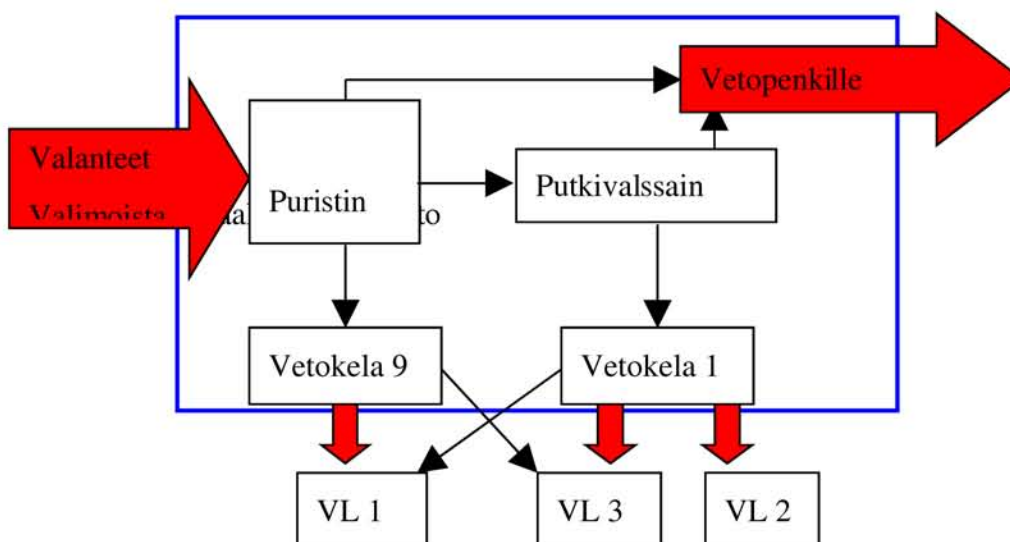
Valmistuslinja 1 = vesi- ja lämpöjohtoputket

Valmistuslinja 2 = puolaputket

Valmistuslinja 3 = teollisuusputket

Karkeasti jaettuna kukin valmistuslinja kattaa noin kolmanneksen putkitehtaan vuosittaisesta tuotannosta. Kaikki tuotteet kulkevat raaka-ainetuotannon läpi, koska kupariputken valmistus tapahtuu tässä kokonaisuudessa. Tämän jälkeen tuotteet jakautuvat kolmelle valmistuslinjalle jatkokäsiteltäväksi. Tuotantoa tehdään päivä- ja vuorotyönä.





Kaavio 1. Raaka-ainetuotannon materiaalivirrat.

Raaka-ainetuotannon tehtävä on tuottaa materiaalia jatkokäsiteltäväksi eteenpäin kaikille kolmelle valmistuslinjalle. Tuotanto etenee seuraavasti:

Puristimelta tuotetaan kupariputkea kelalle 9, pilger-putkivalssaimelle ja vetopenkille. Vetokelalta 9 tuotetaan putkea pääsääntöisesti valmistuslinja 1:n vetokeloille 10 ja 11 sekä tarvittaessa myös valmistuslinja 3:n vetokeloille.

Putkivalssaimelta tuotetaan putkea kelalle 1 ja vetopenkille.

Vetokelalta 1 tuotetaan putkea pääsääntöisesti valmistuslinjojen 2 ja 3 vetokeloille sekä tarvittaessa myös valmistuslinja 1:n vetokeloille.

Vetokelalta 9 ja 1 tuotetaan putkea aina tarvittaessa myös Outokummun Ruotsin tehtaalte raaka-ainemateriaaliksi.

Raaka-ainetuotannon ja valmistuslinja 3:n valmistusprosessit käsitellään tarkemmin kappaleessa 4. Teollisuusputkien materiaalivirtaukset koneiden välillä on nähtävissä liitteestä 1.

VL1:n lopputuotteet ovat suoria vesi- ja lämpöjohtoputkia, ulkohalkaisijaltaan 10 mm - 28 mm ja seinämältään 0,7 mm - 1,5 mm.

VL2:n lopputuotteet ovat teollisuuskäyttöön meneviä, n. 100kg - 300kg puolalle puolattuja putkia, jotka ovat sisäpinnaltaan sileitä tai rihlattuja sekä ulkohalkaisijaltaan 6 mm - 22 mm ja seinämältään 0,25 mm - 1,5 mm.

VL3:n lopputuotteet ovat valmistuslinjoista kirjavin joukko. Valmistuslinjalla valmistetaan suoria, eripituisia putkia ja putkikieppejä, teollisuus- että asennuskäyttöön. Putkien ulkohalkaisijat liikkuvat välillä 4 mm – 54 mm ja seinämät välillä 0,5 mm - 3,0 mm.

Outokumpu Pori Tube Oy käyttää tuotannon raaka-aineenaan kahta eri valannetta: fosforipitoista kupariseosta Cu-DHP CW024A(SFS2907) ja hapetonta elektrolyyttistä sähköjohtokupariseosta Cu-OF CW008A(SFS2905). Kaikki valmistuslinjat käyttävät normaalissa tuotannossa ainoastaan DHP-valanteita, OF-valanteita käytetään pääosin puolaputken valmistukseen, noin 2 % kokonaistuotannosta /3, 10/. Kuparin ominaisuuksia ja käyttökohteita käsitellään paremmin kappaleessa 3.

### 2.2.2 Tuotteet ja käyttökohteet

Outokumpu Pori Tube Oy valmistaa tub-e® -merkkisiä kupariputkia. Tuotteet valmistetaan 99,9 % puhtaasta kuparista valvotuilla tuotantomenetelmillä asiakkaan vaatimusten ja käytössä olevien standardien mukaisesti. Outokumpu Pori Tube Oy käyttää tuotannossa mm. seuraavia eurooppalaisia standardeja:

SFS-EN1057:1996 ”Kupari ja kupariseokset. Saumattomat pyöreät kupariputket LVI-käyttöön”

SFS-EN12449:1999 ”Kupari ja kupariseokset. Saumattomat pyöreät kupariputket yleiseen käyttöön”

SFS-EN 12451:1999 ”Kupari ja kupariseokset. Saumattomat pyöreät lämmönvaihdinputket”

SFS-EN 12452:1999 ”Kupari ja kupariseokset. Saumattomat pyöreät lämmönvaihdinriipaputket”

SFS-EN12735-1:2001 ”Kupari ja kupariseokset. Saumattomat pyöreät kupariputket ilmastonin jäädytykseen ja kylmälaitoksiin”

SFS-EN 13348 ”Kupari ja kupariseokset. Saumattomat pyöreät kupariputket sairaalakaasuille ja alipaineelle”

Tuotteet jakautuvat valmistuslinjojen mukaan kolmeen pääryhmään: LV-asennusputket(Plumbing Installations), Erikoisasennusputket(Special Installations) ja Teollisuusputket(Industrial Tubes).

LV-asennusputket ovat kaikki korroosiosuojattuja; tub-e® PREMIUM, WHITE, CHROME, FINCU, PLUS PRISOL ja THERM.

PREMIUM on kirkas kupariputki kaikkiin putkistoihin

WHITE on valkoiseksi polttomaalattu kova kupariputki, joka on kehitetty kaikkiin lämpö- ja vesijohtojen pinta-asennuksiin

CHROME on kromipinnoitettu kupariputki, joka on kehitetty erityisesti patteri- ja hanaliittymien pinta-asennuksiin

FINCU on hehkutettua, vuotovesisuojaalla päällystettyä kupariputkea kaikkiin putkistoihin

PLUS PRISOL on hehkutettua, valmiiksi lämpöeristettyä kupariputkea, joka vähentää lämpöhukkaa, kondensoitumista ja ääntä kaikissa putkistoissa

THERM on vuotovesisuojaalla päällystetty kupariputki lattialämmitysjärjestelmiin

Erikoisasennusputket ovat: tub-e® FRIGO ja MEDICAL. Puhdistusprosessin jälkeen putkien päät tulpitetaan, jotta sisäpinta säilyy puhtaana.

FRIGO on kirkas ja sisältä puhdistettu erikoiskupariputki ilmastointi- ja jäädytyslaiteasennukseen

MEDICAL on sairaalakäyttöön kehitetty erikoisputki, joka täyttää erittäin herkän alan korkeat puhtaas-, laatu- ja turvallisuus vaatimukset

Teollisuusputket ovat saumattomia, vedettyjä, EN 12449 -standardin mukaisia kupariputkia yleiskäyttöön. Materiaali on puhdasta, DIN 1787 -standardin mukaista kuparia(Cu-DHP CW 024A:n mukaisesti). tub-e ® Industrial -tuotteita valmistetaan

myös asiakkaan erityisvaatimusten mukaan. Tuotteita ovat mm. sileät puolaputket(LWC), rihlatut puolaputket(LWC), suorat sekä kieppiputket, määrämittaiset putket, ripaputket, ovaaliputket ja suorat hitsatut putket.

Putkille valmistuksen yhteydessä tehtävä hehkutus parantaa putkien taivutettavuutta ja sisäpinnan käsittelyllä parannetaan kuparin passivoitumista käyttövesijärjestelmissä. Puhdas, käsitelty sisäpinta edesauttaa kuparia suojaavien oksidikerrosten muodostumisen nopeasti ja yhtenäisesti juomavesijärjestelmissä. Outokummun tub-e putkia voidaan käyttää kaikissa putkiston osissa niin asuintaloissa, julkisissa rakennuksissa kuin teollisissa järjestelmissäkin. Kupariputket soveltuvat käytettäviksi:

Kylmän ja lämpimän käyttöveden putkistoissa

Lämpöjohto-, öljy- ja kaasuputkistoissa

Sairaalakaasuputkistoissa

Kylmälaite- ja jäähdytysputkistoissa

Jäähdytysvesiputkistoissa

Sprinkler-, höyry- ja aurinkopaneelijärjestelmäputkistoissa

Vesi- ja lämpöjohtoputkia käytetään esimerkiksi veden, kaasujen, kylmän tai kuuman siirtämiseen rakennusteollisuudessa. Vesi- ja lämpöjohtoputkia toimitetaan suorina määrämittaisina putkina sekä pieninä kieppeinä, ja kyseessä ovat yleensä markkina-alueittain standardoidut putkimitat.

Puolaputket ovat 100 kg - 300 kg kiepeille puolattuja isoja kieppejä, joita käytetään lähinnä teollisuuden automaattilinjoilla. Yksi suuri käyttökohde ovat edellä mainitut ilmastointilaitteet. Kuparin lämmönjohtavuus on erittäin hyvä ja sen vuoksi kupariputkia käytetään laajasti erilaisissa kylmäkoneissa ja lämmönvaihtimissa. Maailmanlaajuisesti pelkästään ilmastointilaitteita valmistetaan yli 50 miljoonaa yksikköä vuosittain. Telekommunikaatioteollisuus käyttää kaapeleissaan hapetonta kuparia sen erittäin hyvän sähkönjohtokyvyn ansiosta.

Teollisuudessa käytetään myös muissa muodoissa toimitettavaa kupariputkea. Teollisuusputket ovat lähes aina asiakkaan asettamien vaatimusten mukaisia, eikä tällä

alueella voidaan siis puhua vain kourallisesta standardimittoja, vaan lähes jokainen tilaus on asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöity. Teollisuusputkikohteissa hyödynnetään usein kuparin hyviä erikoisominaisuuksia. Käyttökohteesta riippuen kyseessä voi olla esimerkiksi kuparin hyvä muokattavuus, lämmönjohtavuus tai sähkönjohtavuus. Käyttökohteita on lukematon määrä veden läpijuoksukuumentimista liittimiin ja vesihanojen liitinputkista suihkutankoihin /2, 3/.

### 3 KUPARI

”Ensimmäinen tunnettu metalli oli kupari, jota hyödynnettiin jo noin 6000 eKr. Lähi-Idässä.”([http://www.nba.fi/fi/skm\\_opetus\\_esihist\\_pronssik](http://www.nba.fi/fi/skm_opetus_esihist_pronssik))

Kupari(Cu) on punertava tai vihertävä, värimetalleihin ja jalometalleihin kuuluva alkuaine, joka ei sisällä rautaa. Kupari on 100 % kierrätettävä rakennusmateriaali, siksi yli 80 % aiemmin louhitusta kuparista on edelleen käytössä. Kupari on elintärkeä ja välttämätön alkuaine kaikkien elollisten olentojen aineenvaihdunnalle. Ihminen

tarvitsee ruokavaliiossaan noin 2 - 3 mg kuparia päivässä. Kuparin raaka-ainehinta vaihtelee markkinoiden mukana, mutta yleisesti hinta liikkuu 3 - 8 euron välillä. Kahden kuukauden tarkastelujakson aikana hinta vaihteli melkein 2 euroa: 14.02.2007 kuparin hinta oli 4,73 €/kg ja 12.04.2007 se oli jo 6,49 €/kg. Kuparin käyttö lisääntyy 2 - 3 % vuosittain ja sitä esiintyy melkein kaikkialla maan kuorella /2, 4, 5/.

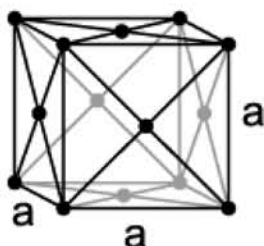
Kupariin seostetaan seosaineita, lähinnä sen mukaan minkälaisia ominaisuuksia seokselta halutaan, esimerkiksi paremmat lujuusominaisuudet, työstettävyys, koneistettavuus ja lastuavuus. Yleisempiä kuparin seosaineita ovat sinkki, tina, lyijy, alumiini, pii, nikkeli ja arseeni. Nykyisin käytössä on yli 400 kupariyhdistettä, joista merkittävämpiä ovat pronssi, nikkelikuparit, messinki ja uushopea. Puhtaat kuparit voidaan jakaa neljään eri ryhmään: hapeton kupari, deoksidoidut kuparit, happipitoinen kupari ja seostetut kuparit /5, 6/.

Seuraavissa 3 luvun alakappaleissa: 3.1, 3.2, 3.4 ja 3.5 käsitellään yleisesti kuparin ominaisuuksia, käyttökohteita, kylmämuokkausta ja pehmenyshehkutusta.

### 3.1 Ominaisuudet ja käyttökohteet

Kuparilla on erinomainen sähkön- ja lämmönjohtokyky. Metalleista vain hopealla on kuparia parempi sähkönjohtokyky. Kuparissa yhdistyvät myös hyvät mekaaniset ominaisuudet, työstettävyys, muovattavuus ja korroosionkesto. Kuparin kemiallinen stabiilisuus eli korroosionkestävyys johtuu kuparin pinnalle nopeasti muodostuvasta oksidikerroksesta, joka suojaa materiaalia ruostumiselta. Kuparin sisäinen kiderakenne on suhteellisen yksinkertainen. Se koostuu pintakeskisestä kidelaadusta, joka on jakautunut tasaisiksi, umpimähkään suuntautuneiksi rakeiksi. Tämän vuoksi kupari on

sitkeää ja helposti muovattavaa kaikissa lämpötiloissa. Kuparia ei voida karkaista, koska kiderakenne säilyy samana sulamispisteen saakka.

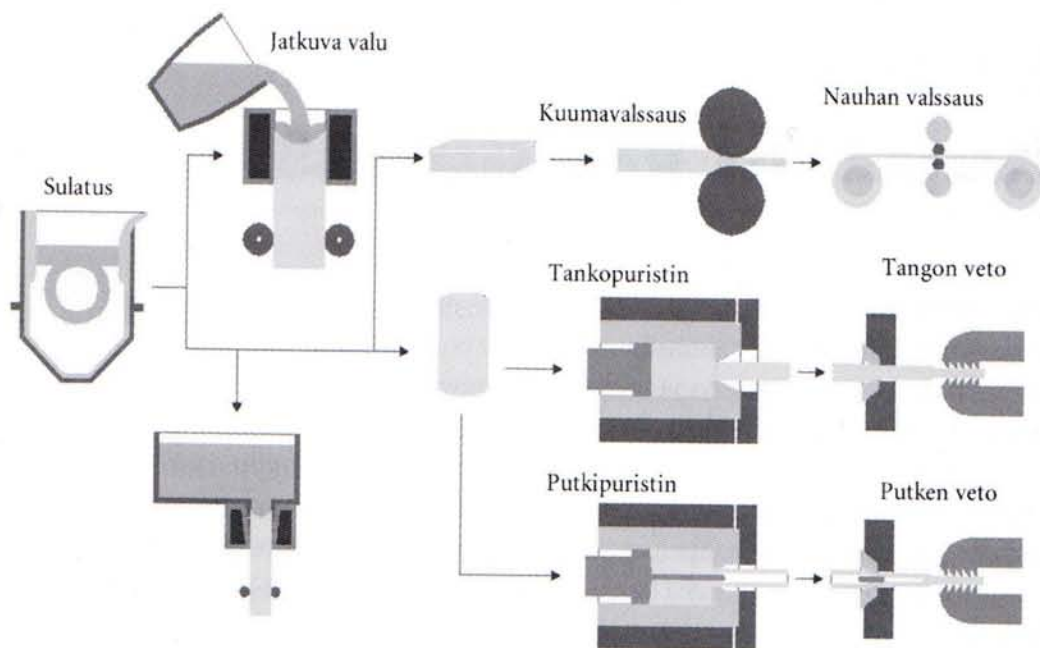


Kuva 1. Pintakeskeinen kiderakenne /6/.

Kuparin tiheys on  $8,9 \text{ kg/dm}^3$ , sulamispiste  $1083 \text{ }^\circ\text{C}$  ja kiehumispiste  $2562 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ominaislämpökapasiteetti  $0,385 \text{ kJ/kg K}$ , sähkönjohtavuus  $59,52 \times 10^6 \text{ S/m}$  ja lämmönjohtavuus  $401 \text{ W/(m}\times\text{K)}$ , tiedot normaalipaineessa. Kuparia voidaan lujittaa kylmämuokkauksella tai seostuksella. Kuparin lujuutta ei voida lämpökäsittelyillä parantaa, mutta raerakenne sopii erinomaisesti muokattavaksi kuumana ja kylmänä. Sopivalla lämpökäsittelyllä ja seostuksella saadaan kuparille jopa hyvä koneistettavuus. Sähkön- ja lämmönjohtavuus laskevat aina seostettaessa. Kuparin sähkönjohtavuus on lämpötilasta riippuvainen siten, että lämpötilan noustessa johtavuus pienenee ja paranee lämpötilan laskiessa /4, 5, 6/.

Kupari kuuluu metalleihin, joilla ei ole selvää myötörajaa. Kuparimetallien murtolujuus ja kovuus riippuvat kylmämuokkauksen määrästä, ne ovat sitä suuremmat mitä enemmän kuparia on kylmänä muokattu. Muovattavuus huononee kovuuden kasvaessa. Kuparimetallien käyttö perustuu yleensä tiettyihin kuparin ominaisuuksiin, kuten sähkön- ja lämmönjohtavuuteen, muovattavuuteen, väriin tai korroosiokestävyyteen. Sähkönjohtavuutta hyödynnetään lähes kaikissa sähkö- ja elektroniikkateollisuuden tuotteissa, joissa tarvitaan materiaalia sähkön johtamiseen ja siirtämiseen. Lämmönjohtavuutta hyödynnetään lukuisissa teollisuuden sovelluksissa, kuten lämmönvaihtimissa ja jäähdytyskoneissa. Korroosionkestävyyttä hyödynnetään laajasti vesi- ja kaasuputkistoissa ja venttiileissä, sekä myös kattojen ja julkisivujen materiaalina /5, 6/.

Kuparista ja sen seoksista muokataan erilaisia välituotteita, kuten levyjä, nauhoja, lankaa, tankoja, profiileja ja putkia. Näistä valmistetaan lukuisia erilaisia päätuotteita rakennus-, sähkö-, auto- ja elektroniikkateollisuuteen sekä erilaisia kulutustuotteita jokapäiväiseen elämään. Alla oleva kuva 2. havainnollistaa kupariputken alkutuotantoa, valanteesta putkeksi /6/.



Kuva 2. Kuparimetallien valmistusmenetelmiä /5/.

Keskityn seuraavaksi tarkastelemaan Outokumpu Pori Tube Oy:n kupariputkituotannossa käytettyjen kupariraaka-aineiden valmistusta ja ominaisuuksia.

### 3.2 Deoksidoitu kupari Cu-DHP

DHP-kupari valmistetaan lisäämällä kuparisulaan runsaita määriä deoksidointiainetta, fosforia. Fosforin tarkoitus on pääasiassa sitoa ja poistaa kuparisulasta vapaana oleva happi. Fosfori estää myös kuparin rakeenkasvua ja nostaa kuparin pehmenemislämpötilaa eli saa kuparin lujuusominaisuudet säilymään samana



hehkutuksen jälkeenkin. Lisäksi fosfori parantaa hitsattavuutta, koska se estää sulan hapettumisen ja huokosten muodostumisen sekä haurastumisen.

Deoksidoitua kuparia voidaan hehkuttaa melko vapaasti tarvitsematta pelätä liian suurta raekokoa. Kupariputkiaine onkin melkein kaikkialla maailmassa juuri runsasfosforista kuparia, koska putkia joudutaan kuumentamaan, juottamaan tai hitsamaan kontrolloimattomissa olosuhteissa, jolloin hapettumisen rakeenkasvun ja vetysairauden vaara on olemassa.

Deoksidoitu DHP-kupari on yleiskupari, sen kuparipitoisuus on vähintään 99,90 % ja fosforipitoisuus 0,015...0,040 %. Kuparin kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet ovat luettavissa taulukosta 1. Runsa fosforipitoisuus heikentää DHP-kuparin sähkönjohtokykyä, joten sitä ei käytetä sen takia sähkönjohtotarkoituksiin. Käyttökohteita ovat esimerkiksi vesijohtoputket, kuumavesivaraajat, lämmitysputket ja jäädyttimet /2, 4, 5/ .

TAULUKKO 1. DHP-kuparin kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet /2/.

Cu min. 99.90 %		P min. 0.015- max. 0.040 %,			
Bi max. 0.0010 %		Pb max. 0.0030 %			
	Vedetty	Hehkutettu	Skinhard	Puolikova	Kova
Vetolujuus RM N/mm <sup>2</sup>	min.380	min.210	min.210	min.250	-
Yield strength Rp0.2 N/mm <sup>2</sup>	min.360	avg.60	avg.80	min.160	-
Venymä A5 %	min.3	min.40	min.40	min.20	-
Vickers kovuus HV	avg.125	avg.55	avg.55	avg.90	Cu- -
Brinell kovuus HB	avg.110	avg.55	avg.55	avg.75	-

### 3.3 Hapeton kupari Cu-OF(oxygen-free copper)

OF-kupari valmistetaan sulattamalla katodikupari suojakaasussa metallisulaksi, hapen liukenemisen estämiseksi. Metallisula suojataan koko prosessin ajan pelkistävällä hiilipeitteellä(puuhiilellä). Hapettomissa kupareissa on pieni happipitoisuus, enintään

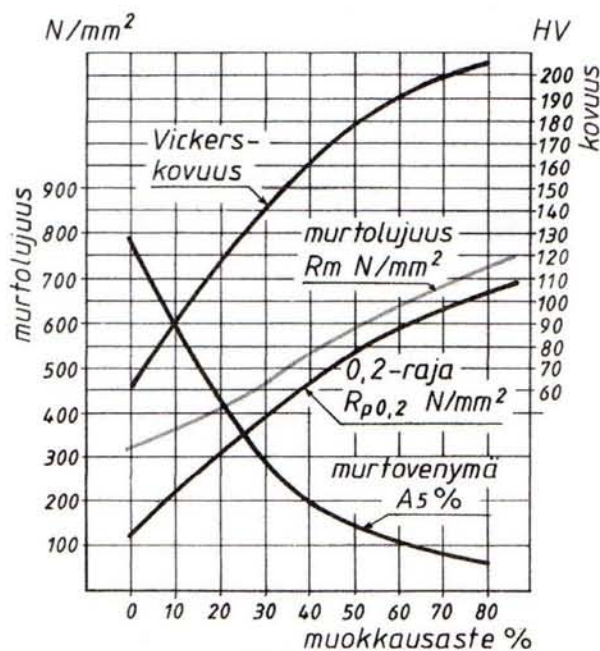
10 ppm(0,0010 %). Niukan happipitoisuuden takia hapeton kupari kestää hyvin vetysairautta. Hapettoman kuparin kuparipitoisuus on vähintään 99,95 %, puhtautensa ansiosta sen sähkönjohtavuus on myös paras kaikista kuparilaaduista, vähintään 100 % IACS. Lämmönjohtavuus on samoin paras mahdollinen, vähintään 395 W/mK. Hapettoman kuparin kuumamuokattavuus on hyvä ja kylmämuokattavuus on kupareista paras. Hyvien ominaisuuksien ja monipuolisuutensa ansiosta hapeton kupari on sähköteollisuuden yleiskupari. Käyttökohteita ovat esimerkiksi sähköjohtimet, virtakiskot, suprajohteet, merenalaiset kaapelit ja induktiouunit /5/.

### 3.4 Kylmämuokkaus

Kupari- ja kupariseostuotteita valmistettaessa kylmämuokkaus on hyvin yleinen työtapa. Käsittelyssä muovataan tuotteen muotoa ja samalla vaikutetaan myös aineen sisäiseen rakenteeseen, kovuus- ja lujuusominaisuuksiin. Kylmämuokkauksen johdosta kuparin sähkönjohtavuus pienenee enintään noin 3 %. Käsittely tehdään materiaalille lämpötilassa, joka on sen rekristallisaatiolämpötilaa matalampi.

Kylmämuokkauksessa kuparin rakennusosat eli rakeet muokkautuvat liukumalla eli litistyvät muokkaussuunnassa. Liukuminen tapahtuu siten, että rakeiden dislokaatiot eli virhekohdat siirtyvät ulkoisen voiman vaikutuksesta muokkaustasossa. Liukuminen saa aikaan vuorostaan uusia virhekohtia, sitä enemmän mitä voimakkaampaa kylmämuokkaus on. Raerajan suhteellinen osuus pienenee kappaleen tilavuudessa ja dislokaatiitiheys kasvaa. Dislokaatiot vaikeuttavat toistensa liikkumista, aiheuttaen kuparin rakenteessa jännitystilaa, jolloin aine kovenee eli lujittuu. Dislokaatioiden määrä aiheuttaa yhä suuremmat jännitykset rakenteen sisällä, myötöraja kohoaa ja venymä laskee /4, 5, 7/.

Kylmämuokkaus vaikuttaa lujuusominaisuuksiin kuvan 3. käyrien osoittamalla tavalla. Venymäraja eli 0,2-raja, murtolujuus ja kovuus kasvavat muokkausasteen lisääntyessä, kun taas murtovenymä pienenee /5/.



Kuva 3. Kuparin lujuusarvot kylmämuokkausasteen funktiona [6].

Kylmämuokkausaste eli reduktio ilmaisee, kuinka paljon metallia on muokattu rekristallisaation jälkeen. Muokkausasteen kasvaessa myös voimantarve lisääntyy. Maksimaalinen kylmämuokkausaste, esimerkiksi pehmeäksi hehkutetulla kuparille, yhdellä muokkauspistolla on noin 25 %. Useilla perättäisillä kylmämuokkauspistoilla voidaan kuparia muokata jopa 80 %. Esimerkiksi, seostamattoman hehkutetun kuparin kovuus on 35 - 40 HV10, 10 - 15 % kylmämuokkauksella kuparin kovuus nousee arvoon 80 - 95 HV10, kappaletta edelleen muokattaessa sen kovuus saavuttaa lopulta noin 40 % kylmämuokkauksen jälkeen, kovuuden 130 - 135 HV10.

Kuparia kylmämuokataan:

Raerakenteen hienontamiseksi, koska kylmämuokkauksessa raerakenne syntyy uudelleen ja hienonee

Tarkempien mittatoleranssien saavuttamiseksi, koska kylmämuokkausprosesseilla päästään kuumamuokkausprosesseja parempiin toleransseihin. Kuumamuokkausprosesseihin liittyy aina kappaleen ja muokkaustyökalujen lämpeneminen, kuluminen ja niihin liittyvät muodonmuutokset

Työkappaleen pinta on usein alttiina hapettumiselle ja hilseilylle. Näiden syiden takia esimerkiksi kuumaprosesseissa saadaan kappaleita, joiden mittatoleranssit vaihtelevat +/- 0,5 mm

Kappaleen muokkauslujittamiseksi, koska kuparia halutaan tarpeen mukaan lujittaa eri käyttötarkoituksiin

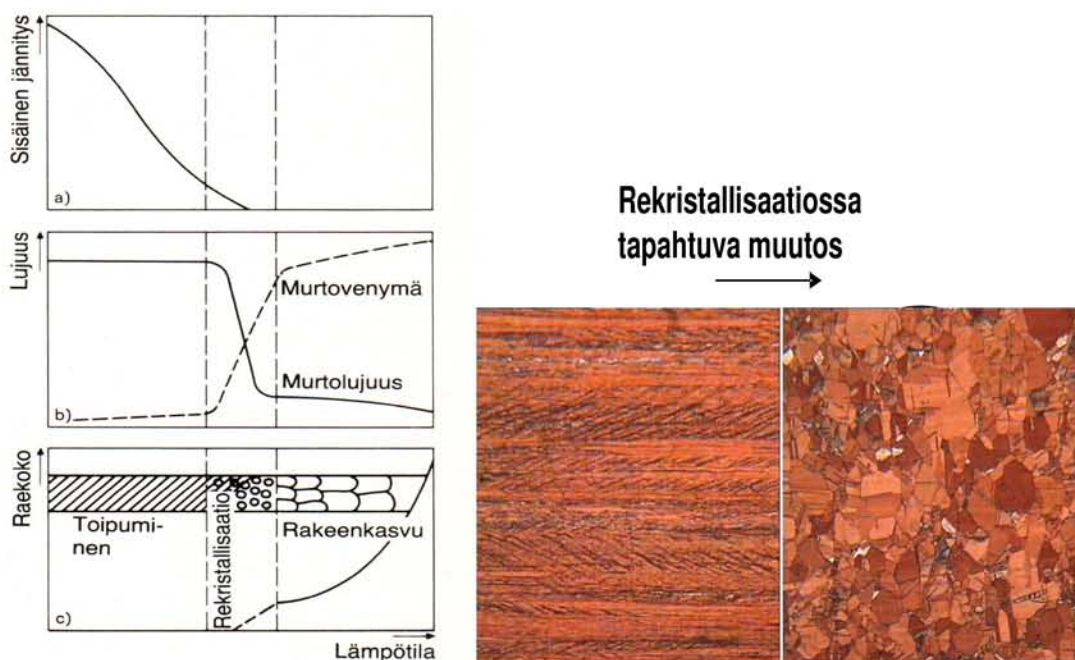
Kuparin kylmämuokkausprosesseja ovat esimerkiksi kylmävalssaus, kylmäveto, oikaisu, pintakovetus, raepuhallus, tyssäys, syväveto ja kylmätaonta. Esimerkkinä kupariputken kylmävalssaus: putkenmuokkaus tehdään muokkaamalla putket huoneenlämmössä ohutseinämäisemmiksi, ulkohalkaisijaltaan pienemmiksi ja pinnaltaan parempilaatuisiksi. Kylmävalssauksessa tapahtuu raaka-aineen lujittumista, putki voidaan jättää siihen tilaan tai lämpökäsitellä kylmämuokkauksen jälkeen /4, 5, 7/.

### 3.5 Pehmennyshehkus

Usein on tarpeen poistaa kuparin kylmämuokkauksen aiheuttamat jännitykset ja raerakenteen muutokset hehkuuttamalla, jotta pystytään jatkamaan muovausta. Pehmennyshehkus eli rekristallisaatiohehkus on kuparin ja kupariseosten tavallisin lämpökäsittely. Kuparin pehmennyshehkuksella pyritään pehmeään, sopivan raekoon materiaaliin, josta on poistettu kylmämuokkauksen aiheuttamat jännitykset ja raerakenteen muutokset. Kuparin pehmennyshehkuksen tulokseen voidaan vaikuttaa vaihtelemalla kylmämuokkausastetta, hehkuslämpötilaa ja -aika. Yleissääntö: Hehkusajan pidentäminen kaksikertaiseksi antaa saman tuloksen kuin lämpötilan nostaminen 10 °C-asteella.

Rekristallisaatiohehkuksessa kiderakenne hienonee ja järjestäytyy uudelleen eli uudelleenkiteytyy, muodostuu hienorakeinen ja tasa-akσιαalinen rakenne, josta muokkauksen jäljet (litistyneet rakeet) ovat hävinneet. Kappaleen kovuus ja venymä palaavat kylmämuokkausta edeltäviin arvoihinsa, aine pehmenee.

Uudelleenkiteytymisen eli rekristallisaation saa aikaan energia, joka on kylmämuokkauksessa varastoitunut aineen rakeisiin jännityksenä. Uudelleenkiteytymisessä rakenteen muutosvaiheen aikana aineen murtovenymä kasvaa ja venymäraja, murtolujuus, kovuus pienenevät. Hehkutettaessa kuparin sisäiset jännitykset, lujuus ja raekoko muuttuvat. Hehkutuslämpötilalla, ajalla ja kylmämuokkausasteella voidaan vaikuttaa kuparin pehmenyshehikutustulokseen. Raekoon kasvuun voidaan vaikuttaa hehkutusajalla ja -lämpötilalla, raekoko kasvaa sitä suuremmaksi, mitä korkeammassa lämpötilassa kuparia hehkutetaan. Hehkutuslämpötilan oltava rekristallisaatioalueella tai sen yläpuolella, jotta kupari pehmenee. Kuvasta 4. käy ilmi lämpötilan vaikutus hehkuksessa.



Kuva 4. Kaavioesitys kylmämuokatun kuparin hehkuksessa tapahtuvista muutoksista /5/.

Sisäiset jännitykset saadaan pieneneään ns. ”toipumisilmion” vaikutuksesta, hehkuttamalla kuparia alhaisissa lämpötiloissa. Lujuus säilyy kuitenkin lähes muuttumattomana ja rakennemuutokset ovat vähäisiä. Korkeammassa lämpötiloissa alkaa rakenteen uudelleenmuotoutuminen. Muodostuu uusia kideytimiä, jotka kasvavat muokkautuneen rakenteen kustannuksella, kunnes loppuvaiheessa uudet rakeet ovat kokonaan korvanneet alkuperäisen muokkausrakenteen. Rekristallisaation jälkeen, etenkin korkeimmissa lämpötiloissa, muutamat rakeet alkavat kasvaa kuumennusta

jatkettaessa toistensa kustannuksella. Tätä ilmiötä kutsutaan rakeen kasvuksi, joka aiheuttaa pieniä lujuusominaisuuksien muutoksia rakenteen sisällä. Käytännössä pehmenyshehkuksissa hehkutuslämpötilat ovat korkeita ja hehkutusajat pitkiä, rakeenkasvuvaihe määrää kuparin lopullisen raekoon, joka puolestaan vaikuttaa mekaanisiin ominaisuuksiin.

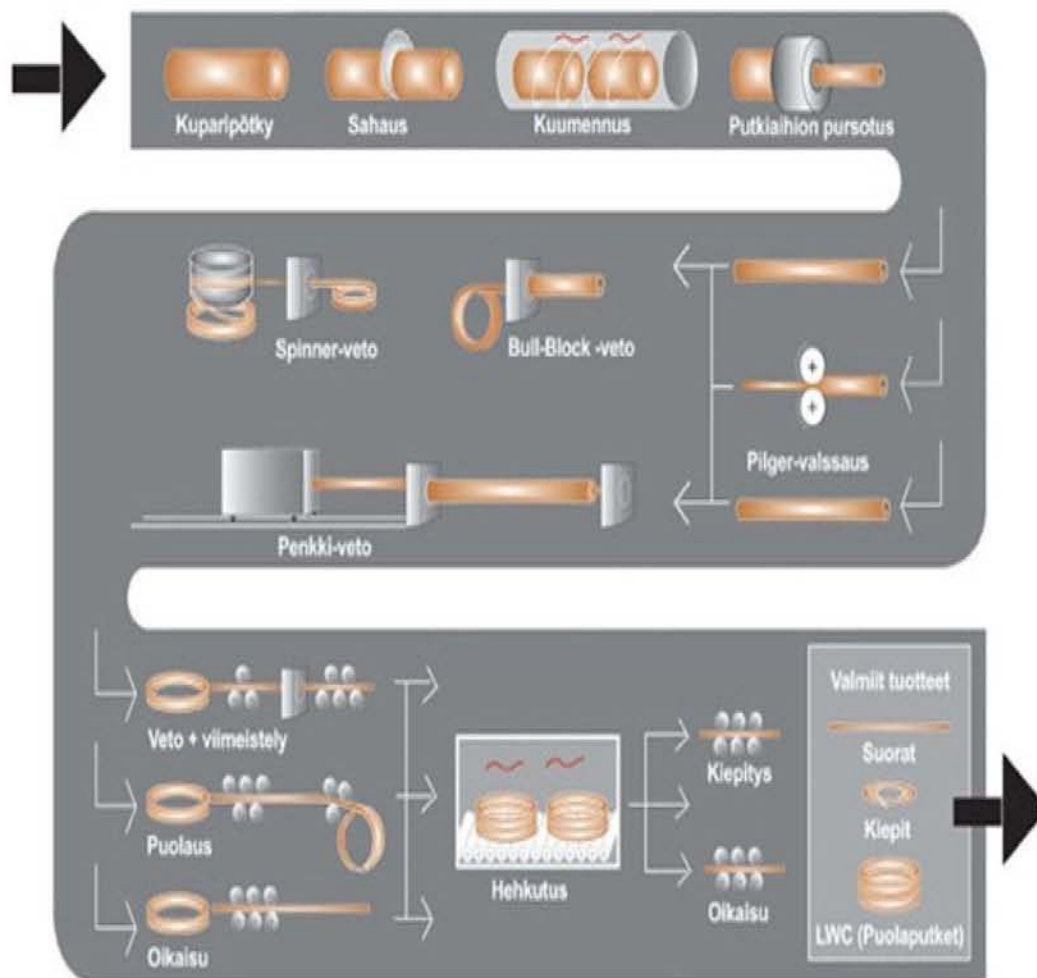
Outokumpu Pori Tube Oy:n putkitehtaalla kupariputkituotteita hehkutetaan rulla-arina uunissa 500...700 °C-asteen lämpötilassa noin 0,5 - 3 tuntia, riippuen tuotteesta. Hehkutetun kupariputken vetolujuus huonelämpötilassa on vähintään 200 N/mm<sup>2</sup>. Uuni on sähkökuumentainen, jossa uunin tarvitsema lämpö tuotetaan sähkövastuksilla. Hehkutus tehdään suojakaasussa, ettei tuotteiden pinta hapetu. Monet tekijät vaikuttavat siihen kuinka pian materiaali kuumenee ja saavuttaa tarkoitetun lämpötilan. Näitä ovat panostustapa, panoksen suuruus, valmisteen paksuus ja uunin teho. Liian korkeat lämpötilat tai liian pitkät hehkutusajat saattavat antaa karkearakeisen materiaalin, joka voi saada aikaan karkeita ” appelsiinipintoja” syvävedetyissä kappaleissa tai levyjen taivutuskohdissa. Liian korkea lämpötila aikaansaa myös tarpeetonta hapettumista ilmassa hehkutettaessa /5, 7/.

## 4 KUPARIPUTKEN VALMISTUSPROSESSI

### 4.1 Yleistä

Aluksi tarkastelen kupariputken valmistusprosessia raaka-ainetuotannossa. Tämän jälkeen keskityn tarkastelemaan valmistuslinja 3:en teollisuusputkien ja oikaisukoneita koskevia valmistusprosesseja, koska insinööriyön aiheena olivat oikaisukoneet ja ne kuuluvat kyseiseen valmistuslinjaan. Valmistuslinjoilla 1 ja 2 kupariputken valmistusprosessi etenee yleisesti samanlaisesti kuin valmistuslinjalla 3, kuvan 5. mukaisesti. Raaka-ainetuotannon ensimmäisten vetojen jälkeen putki on valmista toimitettavaksi kolmelle valmistuslinjalle jatkokäsittelyyn, kuten kuvassa 5. Valmistuslinjoilla putki vedetään haluttuun loppumittaan, hehkutetaan ja ajetaan viimeistelykoneilla haluttuun muotoon ja tilaan sekä pakataan tuote asianmukaiseen pakettiin. Valmistuslinjojen 1 ja 2 materiaalivirrat on nähtävissä liitteestä 10.

Kupariputken valmistusprosessi perustuu Outokumpu Tube Oy:n putkitehtaalla käytössä olevien tuotantokoneiden valmistusprosesseihin; pursotukseen, valssaukseen, kylmämuokkaukseen ja pehmeäksi hehkutukseen. Valmistusprosessin ensimmäinen vaihe on raaka-ainetuotantokokonaisuus, joka koostuu neljästä eri koneesta; puristin, pilger-valssain sekä kelat 1 ja 9.



Kuva 5. Porin Putkitehtaan kupariputken valmistusprosessi /3/.

Putkitehdas tilaa raaka-aineensa Luvata Oy:n valimoilta, valettuina, lieriön muotoisina valanteina eli ”kuparipötkyinä” puristin-koneelle. Valanne sahataan määrämittaan puristimen sahalla, kuudeksi noin 650 mm pituiseksi ja noin 360 kg painoiseksi ”kuparipölliksi”. Tämän jälkeen ne kuumennetaan punahehkuisiksi kahdessa induktiuunissa, noin 900 °C asteeseen. Lopuksi hehkutettu valanne pursotetaan puristimella yksi kerrallaan joko ohutseinämäiseksi tai paksuseinämäiseksi puristeputkeksi. Puristimen pursotuksen jälkeen onton puristeputken päät sahataan puristimen sahalla tai leikataan auki kelalla 9 ja siirretään haluttuun paikkaan. Raaka-ainetuotannon materiaalivirrat ovat nähtävissä kappaleessa 2.21. ja raaka-ainetuotannon eri välituotteiden ominaisuuksiin voi tutustua seuraavan sivun taulukosta 2.



TAULUKKO 2. Raaka-ainetuotannon eri välituotteet.

Välituote	Ulkohalkaisija/Sisähalkaisija [mm]	Pituus [m]	Uunin lämpötila [°C]
Ohutseinämäinen puristeputki ”kelaputki”	68/61	noin 50	925
Paksuseinämainen puristeputki	86/61	noin 15	870
Valssattu putki ”valssiputki”	44/40	noin 100	-

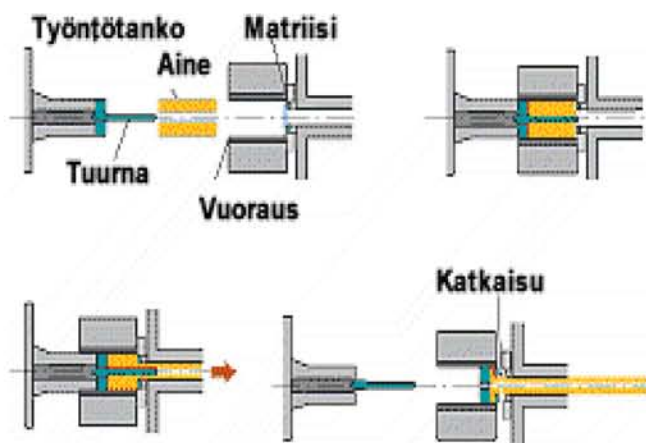
Paksuseinämainen puristeputki valssataan pilger-putkivalssaimella ohutseinämäiseksi ”valssiputkeksi”, ennen vetojen aloittamista. Tämän jälkeen valssattu putki siirretään kelalle 1 ja suoritetaan putkelle kaksi välivetoa, ennen materiaalin siirtoa valmistuslinjoille 2 tai 3. ”Valssiputki” voidaan siirtää myös valssin sahalle, jossa tuote sahataan haluttuun pituuteen, esimerkiksi 12,5 m pituisiksi putkiksi. Tämän jälkeen putket siirretään Henley-kuormansiirtoajoneuvolla valmistuslinja 3:n päntekoon ja vetopenkille.

Ohutseinämäiselle puristeputkelle voidaan kuumapursotuksen jälkeen alkaa suoraan vetoprosessi, vetokelalla 9 tai vetopenkillä. Tavallisesti ”kelaputki” ohjataan kelalle 9, jossa putkelle suoritetaan kolme välivetoa, ennen siirtämistä VL1:lle. ”Kelaputki” voidaan myös sahata puristimen sahalla haluttuun pituuteen, esimerkiksi 7,2 m mittaisiksi putkiksi. Tämän jälkeen putket siirretään Henley-kuormansiirtoajoneuvolla valmistuslinja 3:n päntekoon ja vetopenkille.

#### 4.2 Raaka-ainetuotannon valmistusprosessit

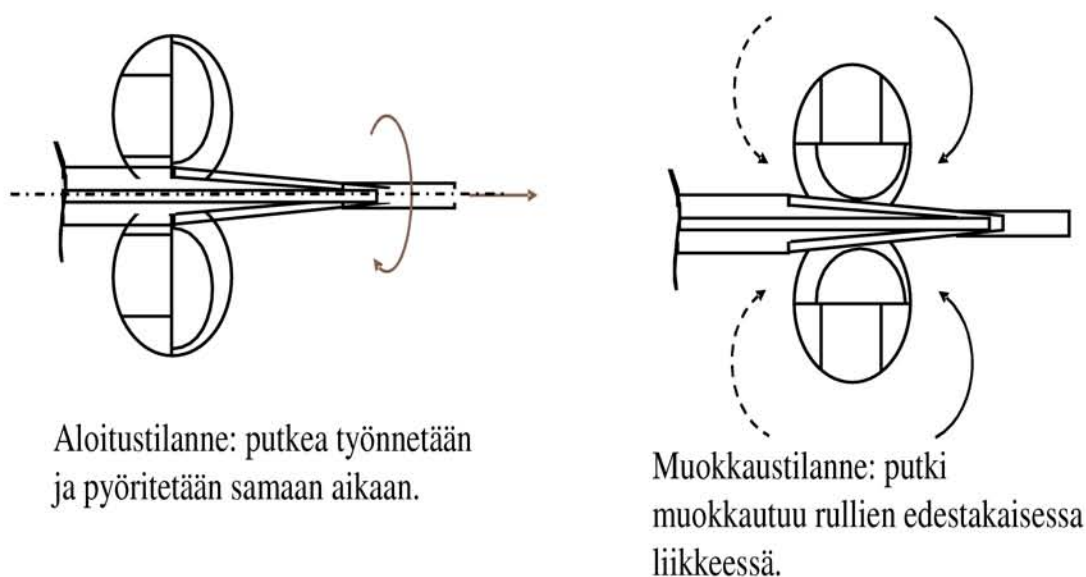
Pursotusprosessi tapahtuu alla olevan kuvan 6. mukaisesti. Pursotuksessa ”kuparipölli” eli aihio puristetaan 4500-tonnin voimalla tuurnan ja puristusmatriisin välisestä raosta

putkiainehioksi. Pursotus tehdään vesialtaaseen aihion päät suljettuina, kuuman kuparin hapettumisen estämiseksi. Aluksi tuurna viedään aihion reikään ja aihio asetetaan aihiosylinteriin. Kun pursotus alkaa, aihio ”pursoaa” matriisin reiästä, joka määrää ulkohalkaisijan ja tuurna määrää sisähalkaisijan, lopuksi putki jäädytetään vedessä.



Kuva 6. Pursotusprosessi.

Valssausprosessi tapahtuu kuvan 7. mukaisesti. Putkea valssataan syöttämällä putkiainehiota putkivalssaimen syöttöpöydällä tuurnavarsien päälle ja valssaamalla kolme putkea kerralla emulsion kanssa ohutseinämäiseksi putkeksi.

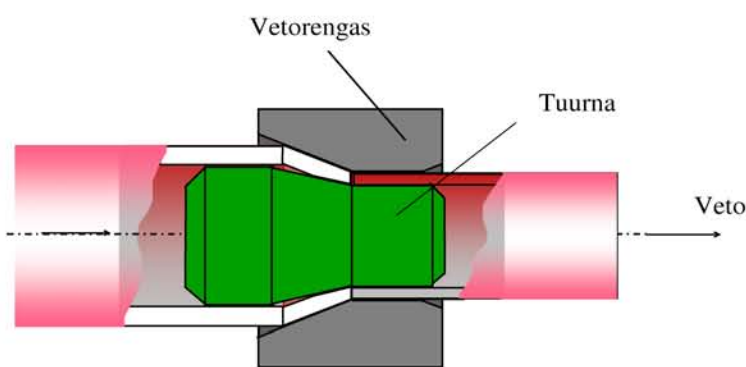


Aloitustilanne: putkea työnnetään ja pyöritetään samaan aikaan.

Muokkaustilanne: putki muokkautuu rullien edestakaisessa liikkeessä.

Kuva 7. Valssausprosessi.

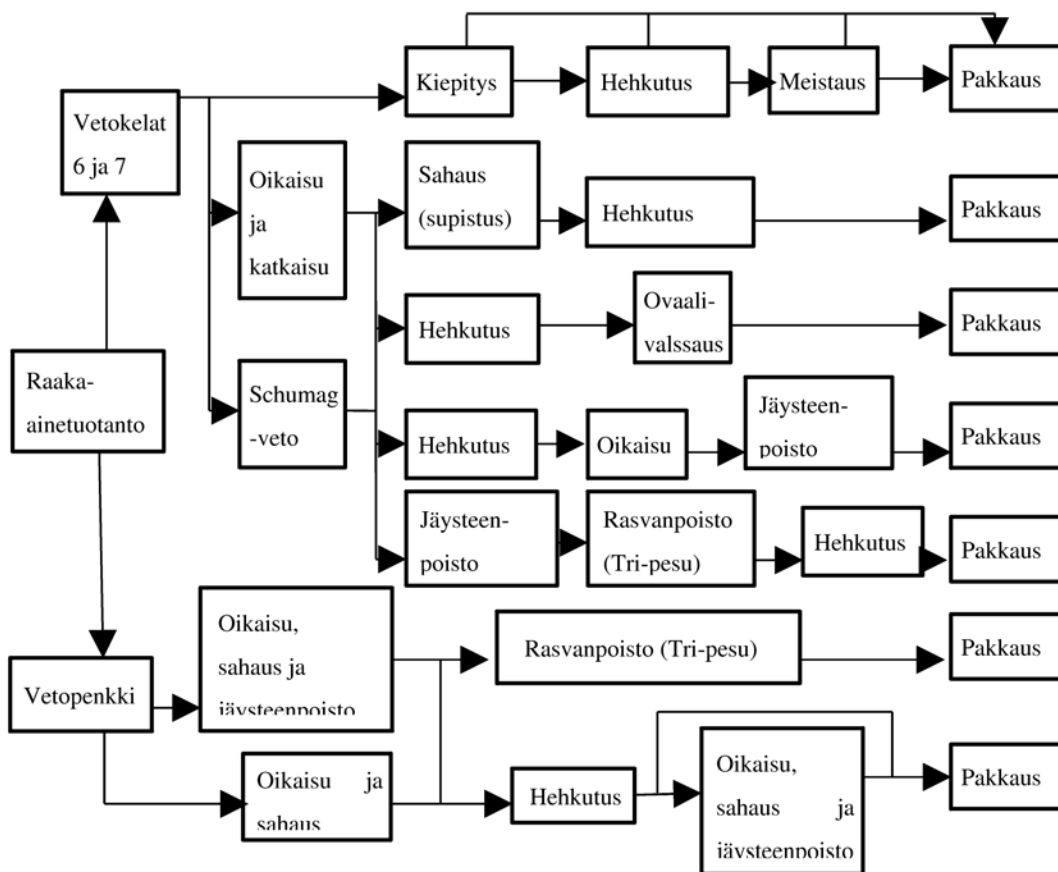
Vetoprosessi tapahtuu alla olevan kuvan 8. mukaisesti; putkea kylmämuokataan eli vedetään ilman välihehkutuksia, reduktio noin 10 - 30 % kerralla. Prosessissa putken poikkipinta-ala pienenee, putken sisään laitetaan tuurna muokkaamaan putken seinämää ja vetorengas muokkaa putken ulkomitan. Vedossa käytetään putken sisä- ja ulkopuolella voiteluaineena vetoöljyä. Ennen vetoprosessin aloittamista on putken päälle tehtävä ”vetopää”, puristamalla putkenpää noin 150 mm matkalta kasaan, jotta putkenpää saadaan työnnettyä vetorengas läpi ja se voidaan kiinnittää tukevasti vetoleukojen väliin(vetokelat) tai kelkkaan(vetopenkki). Jos vetokertoja on useita, joudutaan ”vetopää” tekemään aina uudestaan, ennen vetojen aloittamista.



Kuva 8. Vetoprosessi.

#### 4.3 Valmistuslinja 3:n valmistusprosessit

Teollisuusputkien valmistus alkaa käytännössä, kun tuotteet ovat siirtyneet raaka-ainetuotannosta valmistuslinja 3:n vetokeloille 6, 7 tai vetopenkille. Vetopenkille ja pääntekoon tulevat isot, ulkohalkaisijaltaan yli 28 mm putket ja vetokeloille menevät pienemmät, alle 28 mm kupariputket. Keskityn seuraavaksi tarkastelemaan vetopenkin vetoprosessia, koska vetokelojen vetoprosessi on edellä jo käsitelty ja vetopenkki on oikaisukoneita edeltävä valmistusprosessi. Kaaviosta 2. ja liitteestä 1. voi seurata valmistuslinja 3:n, teollisuusputkituotteiden valmistusprosessien välisiä yhteyksiä sekä koneiden välisiä materiaalivirtoja. Liitteessä 1. vihreällä merkitty reitti kuvaa isojen, puolikovien R250 tuotteiden kulkua valmistuslinjalla linjalla.



Kaavio 2. Valmistuslinja 3:n prosessikaavio.

Vetopenkillä valmistetaan isoja, ulkohalkaisijaltaan yli 28 mm teollisuusputkituotteita, vetämällä putkia 25 tonnin voimalla vetorenkään läpi. Vetopenkillä tapahtuu samanlainen vetoprosessi kuin edellä mainitussa vetoprosessissa, ainoa ero yleisesti vetokelalla ja vetopenkillä, penkillä voidaan vetää maksimissaan 3 putkea kerrallaan kuin kelalla vedetään yksi kerrallaan, vetokertojen määrä ja vetovoima ovat myös suurempia vetopenkillä. Yleisesti vetokeloilla on 1 - 3 välivetoa kuin vetopenkillä vastaava määrä on 1 - 8 välivetoa. Vetopenkiltä tuotteet menevät valmistettavan kovuuslaadun mukaan joko oikaisuun oikaisukone 2:lle tai hehkutettavaksi rullarinauuni 2:lle. Tämän jälkeen tuotteet menevät vielä pestäväksi, sahattavaksi tai oikaistavaksi. Oikaisukoneet, oikaistavat tuotteet ja kovuuslaadut käsitellään tarkemmin seuraavassa kappaleessa 5.

Hehkutusprosessi tapahtuu sähkökuumenteisessa uunissa, tuotteesta riippuen hehkuttamalla kupariputkia suojakaasussa, noin 500...600 °C-asteen lämpötilassa 0,5 - 2 tuntia, jolloin putket muuttuvat pehmeiksi, rekritallisoituneiksi kupariputkiksi. Uunin tuotteita ovat suorat putket ja kiepit, jotka kulkevat rullarataa pitkin hehkutusuunin läpi. Uunin läpimenoaikoihin vaikuttavat uunin lämpötila ja ajonopeus, jotka vaihtelevat tuotteittain. Hehkutusprosessista uunin lämpö otetaan talteen ja sitä hyödynnetään putkitekään lämmityksessä. Uunin jäähdytysvettä jäähdytetään lämmönvaihtimella, jonka toisiopiirissä virtaa jokivesi. Rulla-arinauuni yhdellä tuotteella panostetaan erillisiin tuotehäkkeihin ja hehkutetaan myös sähkökuumenteisessa uunissa. Tuotteiden läpimenoaika on noin neljä tuntia. Molemmilla rulla-arina uunilla tuotteet hehkutetaan hapettumisen estämiseksi suojakaasussa, koska suojakaasu estää putken hapettumisen.

Viimeisenä valmistusprosessina oikaisun jälkeen on vielä Tri-pesu, jossa alle 6,5 m kupariputkista pestään rasva pois trikloorieteenillä asiakasvaatimuksista riippuen. Tri-pesu tapahtuu laskemalla putkinippu altaaseen, joka suljetaan. Koko prosessin ajan lämmitetään destillaattorissa olevaa trikloorieteeniä, joka alkaa höyrystyä +83 °C:n lämpötilassa. Höyry pääsee altaan yläosaan ja poistaa putkista rasvaa sekä kuivaa nipun. Kun riittävä määrä höyryä on pesualtaassa ja höyryn yläpinta on saavuttanut trikloorieteenihöyryn yläpinnan, höyry ohjautuu lauhduttimeen ja lämmitys loppuu. Kun höyryn alapinta on laskenut, kansi aukeaa raolleen, tuuletin käynnistyy ja valmiiksi pesty putkinippu nostetaan pois koneesta, pakattavaksi /3, 8, 10/.

## 5 KUPARIPUTKIEN OIKAISUKONEET

### 5.1 Yleistä

Porin Putkitehtaan tuotannossa on kolme kupariputkien oikaisukonetta, joita käytetään kupariputkituotteiden oikaisemiseen ja kovettamiseen. Oikaisukoneet ovat englantilaisen Bronx Engineering Ltd:n suunnittelemaa ja valmistamaa. Alun perin koneet on suunniteltu käytettäväksi yleisesti metallisten putkien ja tankojen muokkaamiseen.

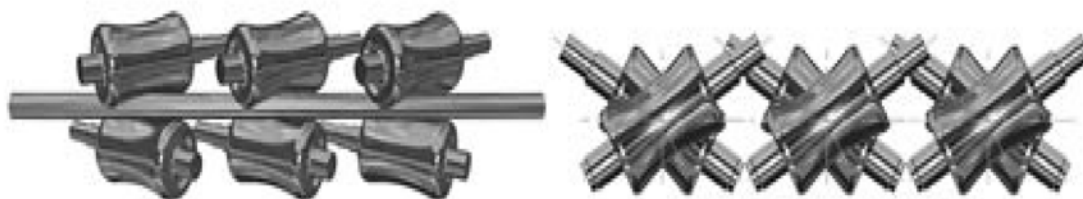
Oikaisukoneet sijaitsevat putkitehtaan pohjoispään molemmin puolin, tarkka sijainti käy selville valmistuslinja 2:n layout-piirustuksesta, liite 2. Oikaisukone 2 on monimutkaisempi kuin oikaisukoneet 3 ja 4, johtuen koneella tehtävistä oheistöistä. Kaikkien oikaisukoneiden oikaisuyksiköt toimivat samalla periaatteella ja ovat toiminnoiltaan identtiset, ainoa ero koneiden välillä ovat erilaiset toiminta-alueet ja tuotteiden mitat. Lisäksi oikaisukoneilla 3 ja 4 on käytössä oikaisurullien mittarit, jotka helpottavat ja nopeuttavat asetusten tekoa. Oikaisukoneissa mitattavia suureita on kaksi: oikaisurullien korkeus ja kulma. Kaikilla oikaisukoneilla työskennellään yksin ja käytetään päivittäin radio-ohjattavia siltanostureita tuotteiden siirtelyyn.

Oikaisukoneilla valmistetaan paljon eri tuotteita asiakkaiden spesifikaatioiden mukaan, mutta pääsääntöisesti koneella valmistetut tuotteet voidaan jakaa kahteen eri kovuusluokkaan: kova R290(pehmeä R220) ja puolikova R250 kupariputki. Kaikki oikaistavat kupariputkituotteet valmistetaan asiakkaiden ja tehtaan sisäisten vaatimusten sekä käytössä olevien standardien mukaisesti. Sisäiset vaatimukset ovat varsinaisia standardeja monesti huomattavasti tiukempia, koska tämä pois sulkee tuotteen epäonnistumisen ja takaa asiakkaiden tyytyväisyyden.

Standardointi takaa tuotteiden samanlaisuuden, terveen kilpailun markkinoista ja asiakkaista. Oikaistavia tuotteita koskevia standardeja on putkitehtaalla käytössä pääsääntöisesti neljä eri standardia: SFS-EN 12449 (Yleiset Teollisuusputket), SFS-EN 12735-1(Jäähdytyslaatu), SFS-EN 1057(Asennusputket eli vesijohtoputket) ja SFS-EN 13348(Sairaalaputket) /10/.

## 5.2 Tekniset ominaisuudet

Oikaisukoneessa on 6 oikaisurullaa eli 3 rullaparia, kuvan 9. mukaisesti. Rullia pyörittää kaksi moottoria, toinen moottori pyörittää 3 ylärullaa ja toinen 3 alarullaa. Moottorit pyörivät samalla nopeudella noin 1 - 2 r/min täydestä nopeudesta, joka on noin 1500 r/min.



Kuva 9. Oikaisurullien asemointi sivulta(vasemmalla) ja ylhäältä(oikealla) kuvattuna /11/.

Alla olevassa taulukossa 2. on selvitetty putkitehtaalla käytössä olevien oikaisukoneiden tekniset tiedot.

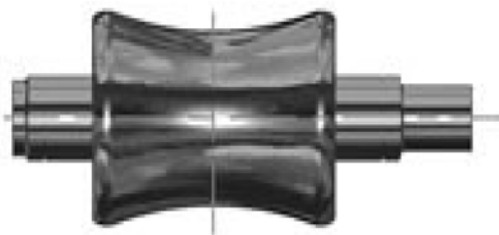
TAULUKKO 3. Bronx Engineering Ltd:n oikaisukoneiden tekniset tiedot.

### 5.3 Oikaisurulla

Oikaisukoneiden oikaisurullat ovat profiililtaan kuvan 10. mukaisia ja materiaaliltaan EN-X210CrW12- normin mukaista Böhler K107 kylmätyöterästä. Kylmätyöteräs on seostettu erikoisteräs, jonka kemiallinen koostumus on seuraavanlainen: kromipitoisuus 11,5 %, hiilipitoisuus 2,1 %, volframipitoisuus 0,7 % ja lisäksi pieniä määriä mangaania sekä piitä. Teräksen tiheys on 7,70 kg/dm<sup>3</sup> ja siksi sitä käytetään yleisesti työkalussa, joilta vaaditaan erittäin hyvää kulumisenkestävyyttä, mitanpitävyyttä ja pitkää käyttöikää, esimerkiksi teollisuuden leikkuuterät, veto ja pursotustyökalut. Kylmätyöteräs toimitetaan yleisesti pehmeäksi hehkutettuna, toimituskovuus on yleisesti 250 HB ja suositeltava työkovuus 60...65 HRC välillä. (<http://www.sten.fi/data/attachments/K107FIN.pdf>)

Oikaisu-kone	Tyyppi	Sarja	Normaali Suurin halkaisija	Normaali Pienin halkaisija	Normaali Suurin seinämä	Max.suositus Suurin halkaisija	Normaali Syöttönopeus
Nro.	Nro.	Nro.	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/min]
2	6.CR.5	28263	65	13	6	100	75
4	6.CR.2.5	22571	22	6	3	28	60
3	6.CR.2	12768	16	5	2.5.	20	30





Kuva 10. Oikaisurullan profiili /11/.

#### 5.4 Oikaisukone 2

Oikaisukone 2 on vuonna 1963 valmistettu viimeistelykone, joka on tarkoitettu kovien putkien oikaisuun ja pehmeiksi hehkutettujen putkien kovettamiseen. Koneella muokataan kupariputkituotteet ulkoisilta mitoiltaan ja ominaisuuksiltaan, asiakkaiden- ja teknisten vaatimusten mukaisiksi. Oikaisukone 2 kuuluu kokonaisuuteen, joka koostuu viidestä eri yksiköstä: syöttöpää-, oikaisu-, sahaus-, tarkistus- ja leimaus- ja harjausyksikkö. Kokonaisuudessa putket oikaistaan tai kovetetaan, sahataan valmiiseen määrämittaan, leimataan tuote standardileimalla, värileimalla tai molemmilla. Lopuksi putken virheettömyys tarkistetaan pyörrevirtatarkistuslaitteella ja tarvittaessa putken päät harjataan sekä tulpitaan. Pyörrevirtatarkistuslaite on ainetta rikkomaton tarkastelu, jolla havaitaan putkessa olevat kolot, lommot ja epäjatkuvuuskohdat. Oikaisukone 2 on tässä kyseisessä kokonaisuudessa oikaisuyksikkö, joka oikaisee ja kovettaa kupariputkia.



Kuva 11. Oikaisukone 2.

Oikaisukone 2:lla asetusten tekoon voi pahimmillaan mennä useita vuoroja ja samalla satoja kiloja kupariputkea, ongelma on erityisesti puolikovien tuotteiden kanssa. Oikaisukoneen asetusajat ovat pitkiä ja asetusten teko hankalaa, koska oikaisurullien mittaristot ovat pois käytöstä. Oikaisurullien säädöt eli asetukset haetaan kohdalleen kokeilemalla ja katsotaan silmämääräisesti koska tuote täyttää sille asetetut vaatimukset. Asetukset kestävät kauemmin silloin kun joudutaan kaikki oikaisukone 2 kokonaisuuteen kuuluvat vaiheet muuttamaan uudelleen. Kokonaisuasetukseen kuuluvat oikaisurullien säätö, sahojen siirto pituuden muuttuessa, leimarullien vaihto, värileimalaitteen asetusten haku ja varmistus, tarkistuslaitteen säätö ja harjaysikön säätö putken mittojen mukaan.

Kupariputket tulevat oikaisukone 2:lle pääasiassa kovana 25-tonnin vetopenkiltä tai hehkutettuina eli pehmeinä rulla-arinauni 2:stä ja joskus myös kovana vetokone 2:lta. Putket menevät oikaisukoneelta joko pakkaukseen, Tri-pesuun tai hehkutukseen. Oikaisukone 2:lla valmistetaan paljon eri tuotteita asiakkaiden spesifikaatioiden

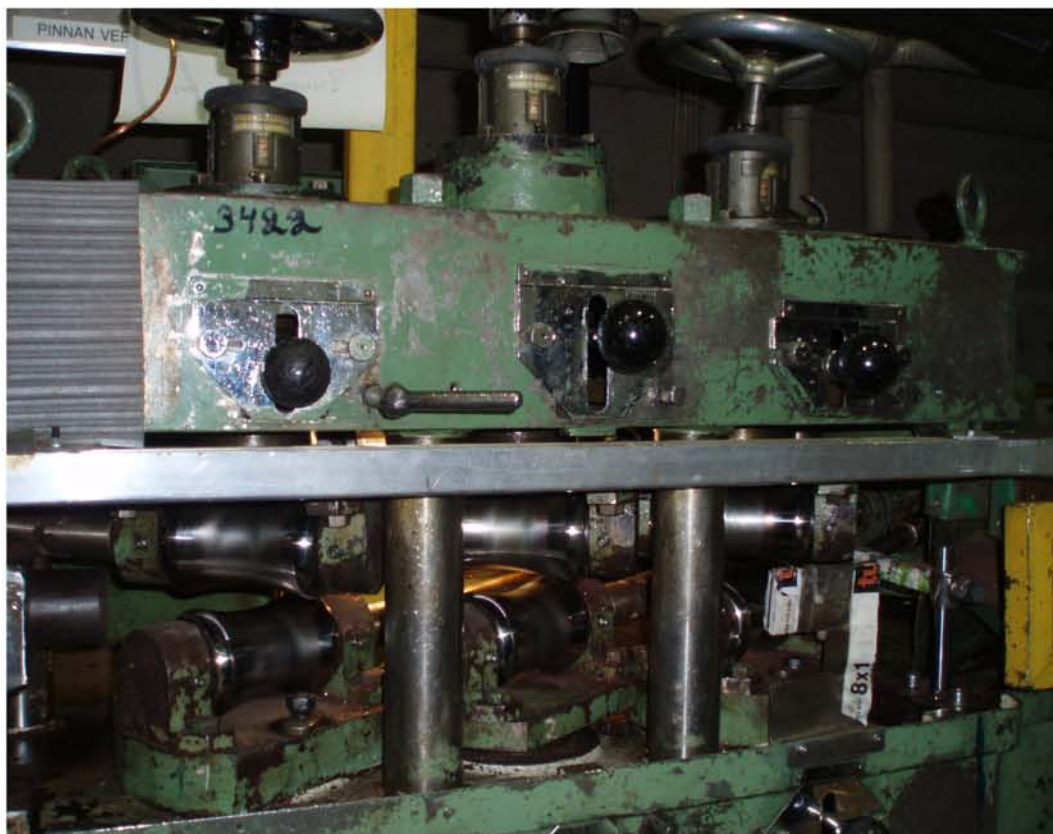
mukaan, mutta yleisesti tuotteet ovat joko kovia tai puolikovia kupariputkia. Putkien ulkohalkaisijat vaihtelevat 28 - 54 mm välillä, seinämät 0,7 - 6 mm välillä ja pituudet 3 - 12 m välillä /10/.

Liitteen 3. kaaviossa A ja B, on esitetty oikaistavien tuotteiden valmistusvaiheet ja oikaisukoneiden 2,3 ja 4 sijainti tuotantoketjussa. Punaisella merkitty reitti kaaviossa kuvaa päätuotteen kulkua.

### 5.5 Oikaisukone 3 ja 4

Oikaisukone 3 on koneista pienin ja siinä oikaistaan puolikovat ja pehmeät kupariputket. Putkien ulkohalkaisijat vaihtelevat 5 - 16 mm välillä, seinämät 1 - 1,5 mm ja pituudet 3 - 6 m välillä. Oikaisukone 4 putkien ulkohalkaisijat vaihtelevat 10 - 28 mm välillä, seinämät 0,5 - 2,5 mm ja pituudet 3 - 7,5 m.

Oikaisukoneet kolme ja neljä ovat tuotteiden osalta melko identtiset, molempien koneiden päätuotteena ovat hehkutetut ja oikaisussa kovetettavat puolikovat putket. Toisena ryhmänä ovat kovat R290 putket(pehmeä R220). Pehmeät putket ovat pehmeämpiä kuin puolikovat putket, siksi niiden pakkaus suoritetaan oikaisun yhteydessä koneilla. Tuotteet tulevat oikaisukoneille 25-tonnin vetopenkiltä kovana tai rulla-arinauuni 2:lta pehmeinä. Tuotteet menevät oikaisukoneilta sahaukseen, harjaukseen tai pakataan suoraan puulaatikoihin ja lähetetään asiakkaalle /10/.



Kuva 12. Oikaisukone 4.

## 5.6 Asetusten teko

Seuraavaksi keskitymme tarkastelemaan asetusten tekoa vain oikaisukoneiden oikaisuyksikköön liittyen. Oikaisukoneiden asetukset joudutaan hakemaan kohdalleen aina tuotteen vaihtuessa. Asetukset koostuvat oikaisurullien säädöstä ja vetokokeen tekemisestä metallilaboratoriossa sekä oikaisukone 2:lla tapahtuvien oheistöiden säädöistä. Asetukset tehdään siis hakemalla oikaisuyksikön oikaisurullien korkeudet ja kulmat kohdalleen, jolloin oikaistavasta kupariputkesta tulee ominaisuuksiltaan vaatimusten mukaista. Lopuksi tuotteen ominaisuudet tarkistetaan metallilaboratorion vetokokeella.

Asetukset tehdään kaikissa kolmessa oikaisukoneessa suurin piirtein samanlaisesti. Asetusten teko oikaisukone 2:lla vie enemmän aikaa kuin oikaisukone 3 ja 4:llä, koska

koneella ei ole käytössä minkäänlaisia mittareita osoittamaan oikaisurullien korkeutta ja kulmaa. Lisäksi oikaisukone 2:lla joutuu tuotteen vaihtuessa säätämään kokonaisuuteen kuuluvia laitteita, kuten sahaa, pyörrevirtalaitetta ja leimaisin konetta.

### 5.6.1 Oikaisurullien säätö

Oikaisukoneiden oikaisurullia voidaan säätää seuraavasti: kaikkien kolmen ylärullan ja keskimmäisen alarullan korkeutta sekä kaikkien kuuden oikaisurullan kulmaa voidaan säätää asetuksia tehdessä. Kulmaa säätämällä, pyritään saamaan mahdollisimman suuri osa rullasta koskettamaan putken pintaa ja siten vaikuttamaan pinnan laatuun. Keskimmäisen alarullan korkeuden säädöllä saadaan aikaan taittoa putkeen, jolloin hyvinkin mutkainen putki saadaan oikaistua. Korkeuden ja kulmansäätö tapahtuu pyörittämällä kuvan 11. osoittamia veivejä. Myötäpäivään pyörittäessä rullan korkeus laskee ja kulma kasvaa positiiviseen suuntaan. Oikaisukone 2:lla oikaisurullien säätö perustuu puhtaasti työntekijän ammattitaitoon, koska säädöt haetaan paikoilleen ”yritys ja erehdys-periaatteella”.

Oikaisurullien säätäminen asetuksia tehdessä, oikaisukone 2:lla tapahtuu yleisesti seuraavasti:

Aluksi avataan kaikki lukitusruuvit

Nostetaan kaikki ylärullat ylös

Lasketaan keskimmäinen alarulla alas, jotta kupariputki ei vielä kosketa oikaisurullia voidaan laittaa rullien väliin helposti

Lasketaan ensimmäinen ja viimeinen ylärulla putkeen kiinni, ei kuitenkaan kiristetä

Säädetään myös näiden ylä- ja alarullien kulmat putkeen kiinni

Viimeisenä säädetään keskimmäinen rullapari, nostamalla alarulla kiinni putkeen ja laittamalla tarpeen mukaan vielä lisäksi vähän taitoa

Lasketaan ylärulla putkeen kiinni ja säädetään kulmat kiinni putkeen

Lopuksi on tärkeää muistaa lukita oikaisurullat, ennen kuin aloittaa varsinaisen ajamisen koneella

Tämän jälkeen putki testataan säädetyillä asetuksilla, laittamalla moottorit päälle eli oikaisurullat alkavat pyörimään ja putki ajetaan rullien läpi, jolloin putki kulkee kaikkien rullien läpi kuiluun. Tarkistetaan putken pinnanlaatu ja mitat. Jos lopputulos ei täytä vaatimuksia, on oikaisurullien säätöä jatkettava. Jos putki täyttää asiakkaan vaatimukset, voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen eli määrämittaan sahaukseen. Jos putkissa esiintyy kierrettä tai väreitä oikaisun jälkeen, kierteen aiheuttaa rullan liian raskas puristus tai rullan kulmasäätö on liian avoin, joka aiheuttaa liian raskaan kosketuksen putkeen /10/.

### 5.6.2 Vetokokeen tekeminen

Vetokoe suoritetaan standardin SFS-EN 10002-1:2002-mukaisesti. Vetokoe tehdään kaikille puolikoville ja pehmeille putkille, jotka oikaisun avulla muokataan asiakkaan vaatimusten mukaisiksi. Vetokokeen avulla tarkistetaan, että tuotteen ominaisuudet; kovuus, murtolujuus, 02-raja sekä venymä vastaavat tilattua tuotetta ja ovat asiakkaan vaatimusten mukaisia.

Vetokoe suoritetaan putkitekhaan metallilaboratorion vetokoneella, joka sijaitsee keskellä putkitekhaan pohjoispäätä, oikaisukoneiden 2 ja 4 välissä. Laboratoriossa valvotaan yleisesti lopputuotteen pinnanlaatua, ja tuetaan koneilla tapahtuvaa laadunvalvontaa. Laboratoriossa tehdään vetokokeen lisäksi, myös asiakkaan vaatimuksesta raetarkastelu hehkutetuille kupariputkille, jolloin tarkastetaan kuparin raekoko ja raerakennetta. Raekokoon määrittämiseen käytetään standardoitua ASTM-E112 vertailukuva sarjaa, jolla saadaan tyypillinen raekoko pehmeälle kuparille 0,1... 0,250 mm. Tarkastus tehdään mikroskoopin 75-kertaisella suurennuksella, jolla saadaan näkyviin hehkutetun kupariputken täysin rekristallisoitunut raerakenne.

Vetokoe suoritetaan vasta, kun putki on saatu oikeisiin mittoihin eli toleransseihin oikaisukoneella ja mitatut arvot on kirjattu tietokoneen mittauspöytäkirjaan,

poikkeuksena oikaisukone 2:n kovat putket. Toleranssit ovat mittojen ääriarvoja, joiden sisälle putken kaikki mitat on saatava. Oikaisukoneilla toleransseja on putken pituuteen, seinämään ja ulkohalkaisijaan. Vetokoe suoritetaan huoneenlämpötilassa, kiinnittämällä koesauva vetokoneen leukojen väliin ja vetämällä koesauvaa tasaisesti kasvavalla voimalla, kunnes koesauva katkeaa. Koesauva on tässä tapauksessa standardin mukainen, noin 30 cm pituinen, kovetettu kupariputki tai siitä leikattu liuska. Liuska tehdään ulkohalkaisijaltaan yli 42 mm putkille vain, jos vetokoneen vetoleuat eivät aukea tarpeeksi, koekappaletta ei saada kiinnitettyä tai vetovoima ei riitä koneessa suorittamaan vetokoetta. Vetokoneessa on laite, joka laatii vetotapahtumasta jännitysvenymäpiirroksen, liite 4.

Piirroksista saadaan tietoa kupariputken jäykkyydestä, lujuudesta ja sitkeydestä. Kuvaajassa venymä(Elongation) on ilmoitettu prosentteina ja jännitys(Stress) N/mm<sup>2</sup>. Murtoraja on piirroksen korkein kohta ja murtojännitys on murtorajaa vastaava jännitys. Vetokokeesta saatua murtojännitystä sanotaan aineen murtolujuudeksi  $R_m$ . Tietokone laskee jännitysvenymäpiirroksista myös 0,2-ajan( $R_p$  0.2) ja kimmomodulin(E-modulus) sekä ilmoittaa kokeessa käytetyn vetovoiman. Jos vetokone antaa normaaleista tuloksista poikkeavan mittaustuloksen, tietokone lähettää automaattisesti poikkeamaraportin laatupäällikölle ja syytä ruvetaan etsimään. Vetokokeen jälkeen saadut tulokset kirjataan putkitekniikalla käytössä olevaan LEAN-tuotannonohjausjärjestelmään, josta voidaan seurata asiakkaiden tuotteiden edistymistä /3, 9, 10/.

## 5.7 Oikaisuprosessi

Oikaisuprosessin tarkoituksena on saada kupariputkituotteet asiakkaan vaatimusten mukaisiksi. Yleisesti vääntynyt kupariputki pyritään oikaisemaan asiakkaan suoruusvaatimusten mukaiseksi siten, ettei putken pintaan tule sormella tunnusteltaessa tuntuvaa kierrettä. Oikaisuprosessissa voidaan vaikuttaa kupariputken suoruuden lisäksi myös kuparin lujuusominaisuuksiin, kovettamalla hehkutettua putkea

asiakkaan haluamaan kovuuteen. Oikaisuprosessissa kovat R290(pehmeä R220) kupariputket suoristetaan ja puolikovat R250 kupariputket kovetetaan, suoristamisen lisäksi.

Putken oikaisussa, kupariputki kulkee oikaisurullien välissä, oikaisurullat pakottavat putken muotoutumaan rullien asettaman muodon mukaan ja putken vääntymät suoristuvat. Putken kovettaminen eroaa oikaisusta siten, että kovettamisessa putken lujuusominaisuuksia, 02-rajaa nostetaan ja putken ulkohalkaisijaa pienennetään. Kovuutta saadaan suuremmaksi, säätämällä oikaisurullia lähemmäs putkea ja asettamalla putkeen ylä- tai alataittoa keskimmaisella rullaparilla. Oikaisurullat puristavat putkea enemmän kasaan, putken ulkohalkaisija pienenee ja taittoliike saa putken kovettumaan. Putken ulkohalkaisija pienenee kovettamisessa 0,1 - 0,15 mm ja kovuutta saadaan nostettua jopa 30 - 60 %, riippuen tuotteesta.

Pehmeillä oikaistuilla kupariputkituotteilla 02-rajaa on 70 - 120 N/mm<sup>2</sup> ja puolikovilla tuotteilla 02-rajaa on yli 150 N/mm<sup>2</sup>, lukuun ottamatta isoja, ulkohalkaisijaltaan yli 40 mm putkia, joiden kovuusarvot pitää olla vähintään 70 HV /10/.

### 5.7.1 Kova putki R290

Kova putki on tuoteryhmistä tuotantomäärältään suurin, koska tuote kulkee raaka-ainetuotannon jälkeen vain kahden tuotantokoneen läpi valmiiksi tuotteeksi. Vetopenkillä tuote vedetään oikeaan mittaan ja siirretään tuote oikaisukone 2:lle, missä putki oikaistaan, sahataan oikeaan mittaan, poistetaan sahauksen aiheuttamat ”jäysteet” sekä putken päiden särmien terävyys harjauksessa ja tarkistetaan putkien virheettömyys pyörrevirtatarkastuslaitteella. Tämän jälkeen kovat putket siirretään Tri-pesuun, jossa vedoissa käytetty rasva poistetaan putkista. Lopuksi putken pakataan ja tarvittaessa päät tulpitaan asiakkaan vaatimusten mukaisesti.



### 5.7.2 Puolikova putki R250

Puolikovat ”10-kovat” putket ovat oikaisussa asiakkaan vaatimusten mukaisiksi lujitettuja putkia. Putki vedetään 25-tonnin vetopenkillä oikeaan mittaan ja sahataan hehkutuspituuteen. Tämän jälkeen putket hehkutetaan pehmeiksi rulla-arinauuni 2:lla, oikaistaan sekä kovetetaan asiakkaan haluamaan kovuuteen oikaisukoneilla. Lopuksi puolikovan putken ominaisuudet tarkistetaan vetokokeella, jonka jälkeen putket pakataan ja tarvittaessa päät tulpitetaan. Puolikovien kilpailuetu muihin valmistajiin nähden on oikaisuprosessissa pienien erien tehokas ja nopea valmistus sekä toimitus, kilpailijoilla valmistus isoissa erissä ja toimitusajat pidemmät.

### 5.7.3 Pehmeä putki R220

Pehmeät ”pinta kovat” putket ovat oikaisussa lujitettuja putkia, joiden muovattavuus on jäykkyyden lisääntymisestä huolimatta vielä erinomainen. Putki tehdään samalla tavalla, samojen työvaiheiden kautta asiakkaan haluamaan kovuuteen kuin puolikova putki, paitsi oikaisussa putkea ei koveteta taiton avulla ja putket pakataan oikaisun yhteydessä. Pehmeä putki on pehmeämpää kuin puolikova putki, koska hehkutuksen jälkeen tapahtuvassa oikaisussa putkea ei koveteta kuin vähän. Pehmeän putken tarkoituksena on säilyttää hehkutuksessa saavutettu putken pehmeys asiakkaalle, joka hyödyntää jatkossa putken muovattavuutta, esimerkiksi taivutettaessa. Pehmeä putki on oikaisuvaiheessa vielä kovuusluokkaan R290 ja saa kovuusluokan R220, vasta hehkutuksen jälkeen.

## 6 ANTURIT

Anturi on tekninen laite, joka mittaa fyysisiä suureita; esimerkiksi pituutta, nopeutta, voimaa tai lämpötilaa sekä välittää mittauksen tiedon eteenpäin, esimerkiksi ohjausjärjestelmälle. Anturit koostuvat kolmesta osasta: tuntoelin, mittamuunnin ja mittalähetin. Antureiden tehtävä on kerätä tietoa prosessin, koneen tai toimilaitteen toiminnoista eli tilasta. Käytännönesimerkki anturin toiminnasta: Anturin tuntoelin mittaa oikaisukoneen oikaisurullan korkeuden muutosta, kun sitä säädetään asetuksia tehtäessä. Mittamuunnin muuntaa mitattavan suureen arvot eli mittausarvot mittausviestiksi, yleensä sähköjännitteeksi tai -virraksi ja mittalähetin muuntaa mittausviestin standardin mukaiseksi lähtöviestiksi, useimmiten 4 - 20 mA DC. Anturin mittalähetin lähettää mittausviestin oikaisukoneen digitaaliselle näytölle, josta koneenkäyttäjä voi lukea mittaustuloksen numeroina /12/.

### 6.1 Potentiometri

Potentiometri on analoginen absoluuttianturi, joka on edullinen, luotettava ja yksi yleisempiä asemanmittausantureita. Jatkuvaa asematietoa tarvitaan erityisesti koneen osien säädön toteutuksessa, esimerkiksi oikaisukoneen oikaisurullien säädöissä. Potentiometri on perusrakenteeltaan säätövastus, joka koostuu vastuselementistä ja mittakärkeen kiinnitetystä liukukoskettimesta eli liu`usta. Liukuosan ja runko-osan välinen resistanssi on yleensä suoraan verrannollinen kiertymään eli käytännössä

liu`un jännite määräytyy resistanssin eli liu`un paikan mukaan. Potentiometrianturit sopivat suoraviivaisen tai kulmaliikkeen mittaamiseen ja niitä valmistetaan sekä suoraliikkeisiä ja kierrettäviä. Potentiometreihin käy tasa- ja vaihtojännite ja ne voidaan liittää helposti muihin analogia komponentteihin. Potentiometrin voi hankkia komponenttina tai koota valmiista vastuselementistä ja liukukoskettimesta. Potentiometrin erotustarkkuus on erinomainen, tyypillisesti 0,01 - 0,05 % mittausalueesta eli kokonaisvastuksesta, joka on suuruusluokkaa 1 - 10 kilo-ohmia. Anturin erottelukyky, kitkavastus ja kohina riippuvat kuitenkin valmistustarkkuudesta ja rakenteesta.

Potentiometrin heikkoutena on vastuspinnan ja liukukoskettimen välinen mekaaninen kosketus, joka kuluttaa anturia ja vähentää käyttöikä. Myös vastuspinnan ja liukukoskettimen oksidoituminen ja likaantuminen voi aiheuttaa häiriöitä käytössä. Liukukoskettimen huono kosketus vastuspinnalla tekee ylimenovastuksesta vaihtelevan, lisää kohinaa ja saattaa aiheuttaa toimintakatkoksen. Potentiometrit sopivat parhaiten kohteisiin, joissa liikenopeudet ovat pienet. Tarkkuutta voidaan parantaa välityksellä, joka lisää liu`un liikettä. Muovielementti vastuspintana pienentää kitkaa ja nopeuttaa liukukoskettimen toimintaa.

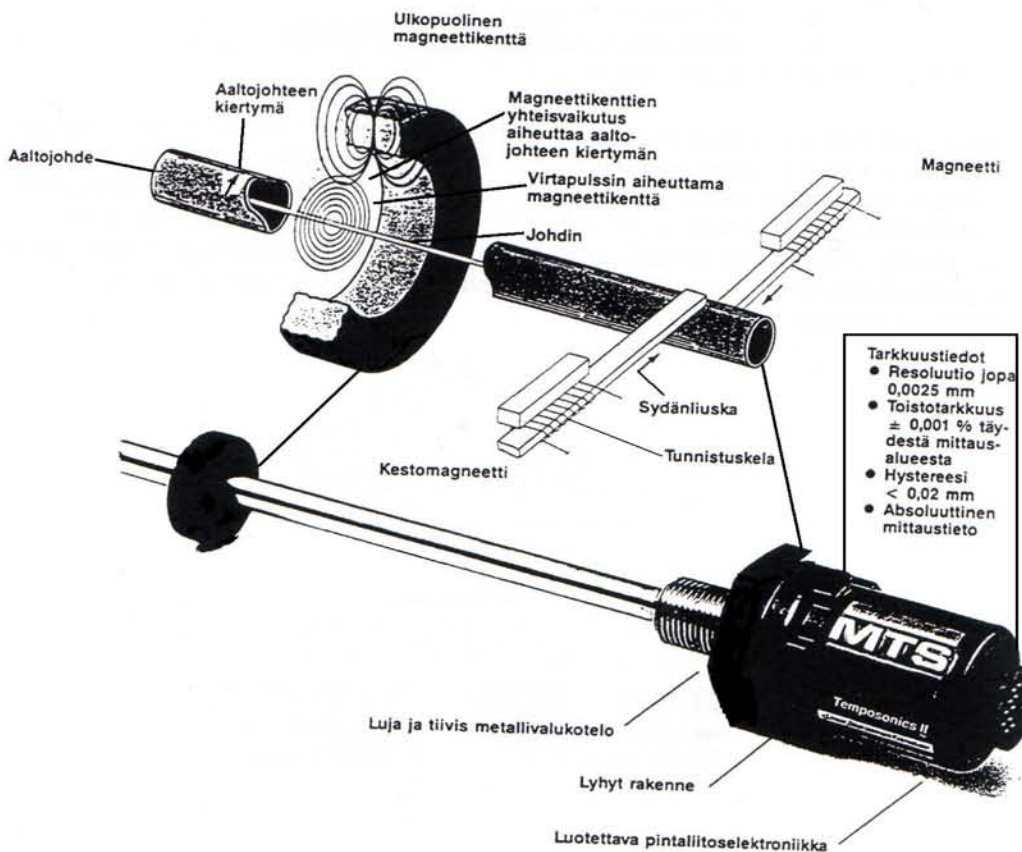
Antureilla saadaan mitattua tyypillisesti 25...2500 mm pituisia liikkeitä. Mittatarkkuus on yleisesti +/- 0,5 %, mikä on tyypillistä analogisille signaaleille. Mittatarkkuutta voidaan parantaa stabiloimalla jännitelähde ja nollaamalla mittalaite. Potentiometrin halkaisija vaihtelee 15...65 mm välillä. Sallittu liikenopeus on tavallisesti 2000 - 4000 astetta sekunnissa, mutta erikoismalleilla päästään jopa 5000 asteeseen sekunnissa. Lämpötila-alue on laaja, noin -50 - +100 °C-astetta. Potentiometrin erotustarkkuus on erinomainen, tyypillisesti 0,01...0,05 % mittausalueesta eli kokonaisvastuksesta, joka on suuruusluokkaa 1 - 10 kilo-ohmia. Halpojen potentiometriä käyttöikä on noin miljoona kierrosta ja parhaimpien jopa 50...100 miljoonaa kierrosta. Potentiometrejä on kaiken hintaisia, mutta hinnat vaihtelevat karkeasti 1 - 1000€ välillä. Koneautomaatiosovelluksissa vastuspinta ja liukukosketin voidaan jopa sijoittaa suoraan liikkuviin rakenteisiin /12, 13/.



Kuva 13. Lineaarinen tarkkuuspottiometri.([www.yeoy.fi/productPics/534-50R.jpg](http://www.yeoy.fi/productPics/534-50R.jpg))

## 6.2 Magnetrostriktiivinen anturi

Magnetrostriktiivinen anturi perustuu Wiedemann-ilmiöön, joka on yksi magnetrostriktion esiintymismuoto. Anturi on absoluuttianturi ja sen lähtöviesti on analoginen virta- tai jänniteviesti tai digitaalinen signaali. Sen siirtoon voidaan käyttää sarja- tai rinnakkaismuotoista tiedonsiirtoa. Magnetrostriktiivisen anturin mitta-alue on tyypillisesti 150 - 2000 mm. Erotustarkkuus on 0,01 - 0,1 % ja lineaarisuus 0,05 % mitta-alueesta. Toistettavuus on tavallisesti alle 0,01 mm. Anturiosaa voi käyttää -40 - +85 °C-asteen lämpötilassa. Anturi kestää jatkuvaa painetta noin 350 bar ja hetkellistä noin 600 bar. Anturissa ei ole kuluvia osia, eikä se ole herkkä ulkoisille sähkö- tai magneettikentille, siksi se on helppo sijoittaa suojaan esimerkiksi hydraulisen sylinterin sisään mittaamaan männänvarren liikkeitä. Servosylintereiden asemanmittauksen ohella käyttökohteina ovat muut vaikeissa oloissa tehtävät tarkat mittaukset. Käyttöjännite on tavallisesti 12 V DC eli tasavirta. Analogisten antureiden lähtöjännite vaihtelee välillä 0 - 10 V ja lähtövirta välillä 0 - 20 mA. Tyypillinen hinta on 200 - 700 €. Magnetrostriktiivisen anturin käyttökohteita ovat kuljettimien, sylinterien tai työpöytien liikkeiden mittaaminen, dynaamisten liikkeiden mittaaminen ja pinnankorkeuden mittaaminen.

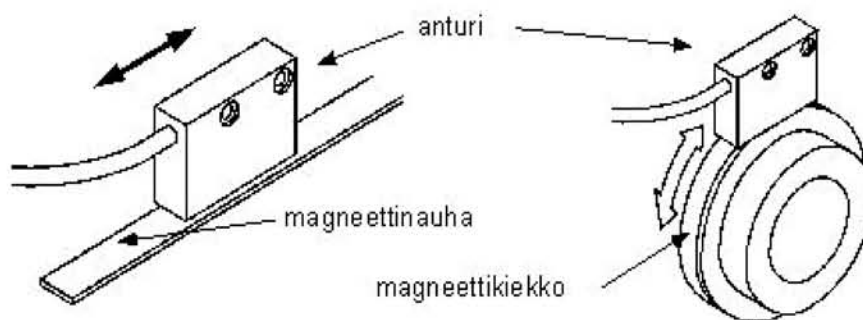


Kuva 14. Magnetostriktiivisen anturin pääosat /12/.

Aksiaalisessa magneettikentässä oleva sauva kiertyy, kun sen läpi johdetaan virta eli aiheutetaan johdinta kiertävä magneettikenttä. Anturin aaltojohteen sisälle on sijoitettu ohut johdin ja näiden ympärillä on liikkuva rengasmagneetti, joka aikaansaa aksiaalisen magneettikentän. Johtimeen lähetetään virtapulssi, joka aikaansaa aksiaalisen magneettikentän. Kahden magneettikentän törmäyskohdassa putki kiertyy. Kiertymä etenee johtimessa kumpaankin suuntaan ultraäänen nopeudella. Anturin rungon puoleisen pään kiertymä todetaan ilmaisimella. Vapaaseen päähän kulkeutunut kiertymä vaimennetaan heijastusten välttämiseksi. Lähetetty virtapulssi on käynnistänyt tarkkuusgeneraattorin tai pulssigeneraattorin. Kiertymäaalto pysäyttää laskennan, jolloin ääniaallon kulkuajasta voi laskea tarkasti kestopagneetin sijainnin. Saman johtimen ympärille voi sijoittaa useita kestopagneetteja, joiden paikat voi määrittää samanaikaisesti /12, 13/.

### 6.3 Magneettinen pulssianturi

Magneettiset pulssianturit on suunniteltu vaativiin teollisuusoloihin, ne kestävät hyvin tärinää, iskuja ja kosteutta. Käyttölämpötilat saavat vaihdella  $-55...+100$  °C-asteen välillä. Asematieto saadaan anturilta pulsseina, 0,05, 0,1 tai 1,0 mm välein. Sallitut liikenopeudet vaihtelevat 3...5 m/s. Anturit sopivat suhteellisen nopeiden lineaariliikkeiden ja kulman mittaukseen. Magneettinen pulssianturi voi olla rakenteeltaan inkrementaalinen tai absoluuttinen, inkrementtiantureiden pulssimäärä on tyypillisesti 16... 2500 pulssia/kierros ja absoluuttianturit käsittävät 8...14 bittiä. Inkrementtianturin ulostulona on kaksi pulssijonoa, jotka ovat 90-asteen vaihesiirrossa keskenään. Inkrementaalisten antureiden heikkoutena on, että järjestelmää käynnistettäessä laskurille on aina opetettava nollakohta, josta pulssien laskenta alkaa. Lisäksi, jos jokin pulseista jää laskematta, syntyy pysyvä virhe järjestelmään, ellei laskurin nolla-asemaa ajoittain tarkisteta. Absoluuttiantureilla ei näitä ongelmia ole, koska anturi tietää aina asemansa. Absoluuttianturit ovat kooltaan ja hinnaltaan suurempia kuin inkrementtianturit. Magneettisia pulssiantureita käytetään esimerkiksi kappaleenkäsittelylaitteiden, työstökoneiden ja robottien liikkeiden mittaamiseen.



Kuva 15. Magneettisen pulssianturin periaatekuva /14/.

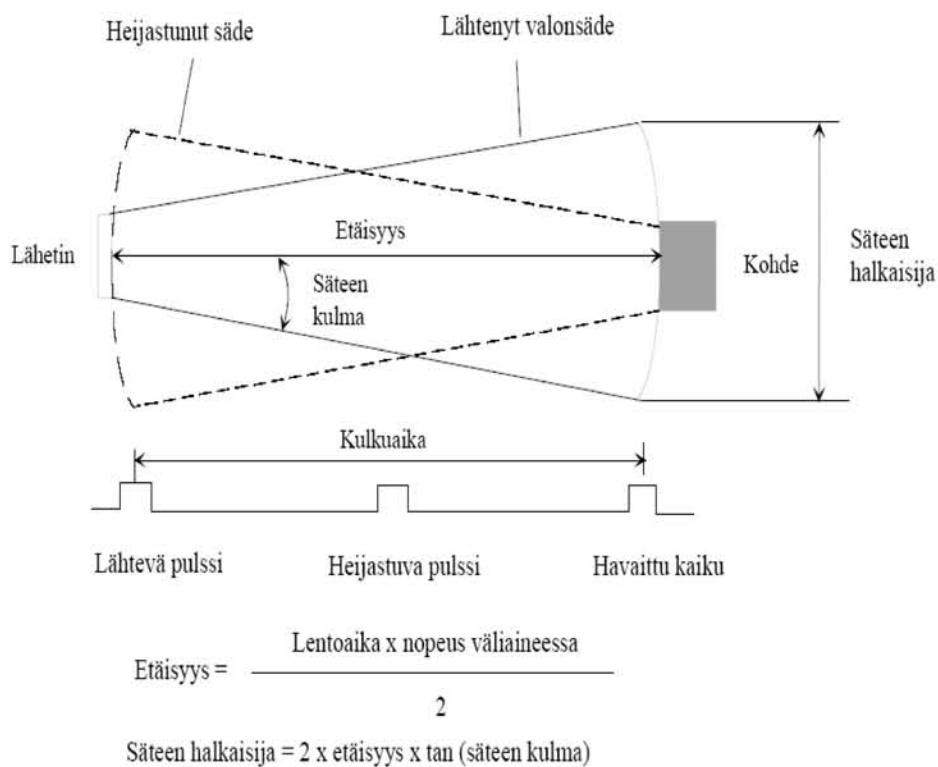
Magneettisen pulssianturin toimintaan tarvitaan anturi, joka koostuu tunnistinlaitteesta ja magneettinen nauha tai kiekko, joka koostuu magneettisista ja ei-magneettisista sektoreista. Tunstinlaite koostuu rengasmagneetista, jossa on ulostulona kaksi 90 –asteen vaihesiirrossa keskenään olevaa käämiä. Toiseen käämiin syötetään

vakiotaajuinen ja amplitudinen signaali. Lukukäämin amplitudiin vaikuttaa käämien välinen muuntosuhde ja rengasmagneetin asema segmentteihin nähden. Lukukäämiin indusoituu magneettisten elementtien moduloima jännite. Kun kantoaalto suodatetaan, saadaan selvästi erottuvat nolla- ja ykköstilat, joista elektroniikan avulla muodostetaan suorakaideaalto /13/.

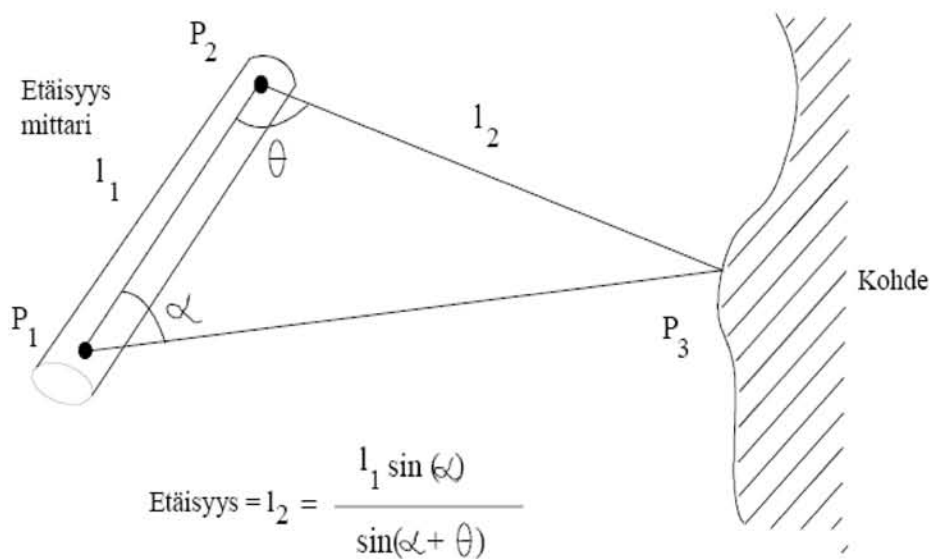
Yksinkertaisesti, omin sanoin kuvattuna; tunnistinpää tunnustelee anturihilan sektoreita lukupäällä ja lähettää tiedon tunnistinlaitteelle, joka vahvistaa amplitudin ja vaihesiirron sekä muodostaa niistä kaksi keskenään vaihesiirtoista pulssijonoa ja lähettää ne esimerkiksi ohjausjärjestelmän laskurille.

#### 6.4 Optinen etäisyysanturi

Optiset etäisyysanturit perustuvat yleensä kahteen fyysiseen ominaisuuteen: pulssin kulkuajan mittaamiseen tai kolmiomittausperiaatteeseen. Kulkuajan mittaukseen perustuvat anturit lähettävät pulssin ja mittaavat aikaa siitä, kun pulssi on lähetetty siihen asti kunnes se vastaanotetaan, kuva 16. Etäisyys saadaan kertomalla nopeus ajan puolikkaalla. Mittaamalla lähetetyn pulssin suuntakulma ja yhdistämällä se etäisyyden kanssa saadaan kohteen paikka määriteltyä. Tunnetuin kulku aikaan perustuva etäisyysanturi on tutka. Kolmiomittausanturit mittaavat etäisyyttä geometrian avulla, kuva 17. Kolmiomittaus vaatii kohteen havaitsemista kahdesta katselupisteestä, joiden välimatka tiedetään. Kaksi etäisyyttä voidaan mitata usealla eri tavalla: liikuttamalla yhtä anturia, yhden anturin älykäs sijoittelu tai käyttämällä useita eri antureita. Aktiivinen anturi havainnoi aktiivisesti lähetettyä valosädettä, passiivinen havainnoi vain valoa. Lähetettävä pulssimuotoinen valonsäde on laseria eli näkyvää punavaloa tai infrapunavaloa. Näkyvä punainen valo helpottaa säteen suuntausta, infrapunavalolla päästään pitempään toimintaetäisyyteen /16/.



Kuva 16. Aikaan perustuvan mittauksen periaate /15/.

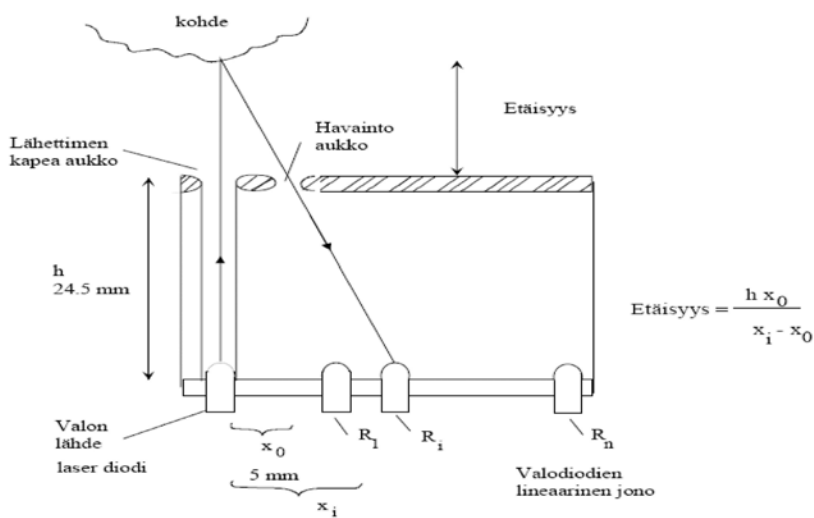


Kuva 17. Kolmiomittausperiaate /15/.



### Laser etäisyysanturi

Anturi käyttää valonlähteenä laser-diodia ja lineaarisia photo-diodeja vastaanottimina. Valon kulkutie, jonka yhdistää valonlähde ja lähettimen aukko on eristetty vastaanotosta, jotta lähettimen valo ei kulje sisäkautta vastaanottiin. Osa kohteesta heijastuvasta valonsäteestä kulkee vastaanottoaukon läpi diodimatriisille. Karheat pinnat hajottavat valonsädettä ja vähentävät pinnan orientaation merkitystä. Anturin etäisyys kohteesta saadaan havaittua lineaarisen anturimatriisin paikan funktiona, eli kohteen etäisyys on verrannollinen vastaanottavan anturin paikkaan. Anturin aktiivinen mittausetäisyys on 5 - 60 mm kohtuullisella tarkkuudella /16/.



Kuva 18. Optinen laseretäisyysanturi

## 7 OIKAISUKONEIDEN MODERNISOINTI

Modernisoinnin tavoitteena on lyhentää asetusajoja, pienentää asetuksissa syntyvän kupariromun määrää ja tätä kautta tehostaa oikaisukoneiden tuotantoa. Keskityimme vain oikaisukone 2:n tuotannon tehostamiseen, koska työn laajuus ylittäisi insinööriyöni laajuuden. Modernisoinnin ajatuksena on hankkia ja asentaa oikaisukoneelle, tarkempi ja nykyaikainen mittalaitteisto sekä korvata samalla oikaisurullien alkuperäiset, käytöstä pois olevat, mekaaniset mittalaitteet.

Hankittavan mittauslaitteiston on tarkoitus koostua tarvittavasta määrästä antureita ja digitaalisia näyttöjä, jotka ilmaisevat koneenkäyttäjälle asematietoa oikaisukoneen asetuksista. Uuden mittauslaitteiston on tarkoitus toimia seuraavanlaisesti: Anturit mittaavat reaaliaikaisesti koneen asetukset ja lähettävät ne sähköisinä mittaustulosviesteinä sähköjohtoja pitkin digitaalisille näytöille, joista tulokset ovat luettavissa, numeroina. Tämän jälkeen koneen käyttäjä dokumentoi oikaisurullien asematiedot eli asetukset digitaalisista näytöistä ylös tiedonkeruujärjestelmään, esimerkiksi paperille tai tietokoneen taulukkoon, josta asetukset voidaan saman tuotteen toistuessa helposti ja nopeasti uusia. Onnistuessaan uusi mittauslaitteisto ja kyseinen käytäntö nopeuttavat asetusten tekoa, asetusajat sekä kupariromun määrä pienentyvät merkittävästi ja tuotanto tehostuu.

Modernisoinnin aluksi, etsin kaikki sopivat anturivaihtoehdot ja digitaaliset näytöt mittausten suorittamiseen ja tulosten ilmoittamiseen koneenkäyttäjälle. Tämän jälkeen vertailen antureita keskenään ja valitsen omasta mielestäni parhaat anturit sekä digitaaliset näytöt mittauslaitteiston hankintaehdotukseen, liitteet 6 ja 7. Työntilaaaja valitsee ja tilaa hankintaehdotukseni pohjalta hankittavan mittalaitteiston kyseiseltä maahantuojalta. Laitteiden saavuttua, työni jatkuu antureiden kiinnikkeiden suunnittelulla ja mittauslaitteiston kytkentäkuvien piirtämisellä Autocad-piirustusohjelmalla. Kiinnikkeiden ja kytkentäkuvien tarkoitus on, että asentajat

osaavat kytkeä ja asentaa mittauslaitteiston kiinni oikein ja turvallisesti. Lopuksi tarkastelen ja arvioin modernisoinnilla saavutettuja hyötyjä kappaleessa 8. Arviointi perustuu oikaisukone 2:lla, työntekijöiden täyttämiin asetustenseurantalomakkeisiin ennen ja jälkeen modernisointia. Lomakkeiden avulla tarkoitukseni on seurata oikaisukone 2:n asetusaikoja ja romukappaleiden määrää.

Työntilaajan ja oikaisukone 2:n asettamat vaatimukset hankittavalle mittauslaitteistolle ovat seuraavanlaiset:

Oikaisukoneella mitattavia kohteita ovat neljän oikaisurullan korkeuden muutokset ja kaikkien kuuden oikaisurullan kulmanmuutokset, koska ne muuttuvat koneen asetuksia tehdessä. Mittauslaitteiston tarvitsema antureiden määrä on näin ollen kymmenen kappaletta, neljä lineaariliikettä ja kuusi kulmaa mittaavaa anturia

Oikaisurullien korkeuden säätöalue on 28...54 mm ja toiminta-alue on max.100 mm, joka asettaa lineaariliikettä mittaavalle anturille mittausalueeksi 0...100 mm. Anturille hyvä ja luotettava korkeuden mittatarkkuus on vähintään 0,01 mm, koska päätimme työntilaajan kanssa sen olevan riittävä mittatarkkuus

Oikaisurullien kulman säätöalue +/- 5 -astetta eli 100 mm pituinen liike viivainasteikolla ja toiminta-alue on max.300 mm, joka asettaa kulmaa mittaavalle anturille mittausalueeksi 0...300 mm. Anturille kulmanmittaustarkkuus vähintään 0,1 mm tai astetta, koska päätimme työntilaajan kanssa sen olevan riittävä mittatarkkuus

Antureilla pitäisi olla analoginen mA-lähtösignaali, ei pakollinen

Digitaaliset näytöt pitäisivät olla yleiskäyttöisiä, mahdollisesti ohjelmoitavia sekä helppokäyttöisiä näyttöjä ja malliltaan koteloon asennettava, koska työntilaajan mukaan kaikki näytöt voidaan asentaa yhteen isoon koteloon

Mittauslaitteiston on sovelluttava teollisuuden oloihin eli kestävä tärinää, likaa ja muita haitallisia tekijöitä

## 7.1 Anturivaihtoehdot

Markkinoilla on kymmeniä antureita valmistavia yrityksiä ja saatavana on tuhansia eri anturimalleja. Valitsin luotettavat ja tunnetut laitevalmistajat, pääosin maahantuontiyritys SKS Automaatio Oy:n valikoimista, poikkeuksena laseretäisyysanturin maahantuontiyritys Stig Wahlström Oy. Tarkastelen modernisoinnin aluksi mittauslaitteiston mahdollisia eri anturivaihtoehtoja, mittausten suorittamiseen ja mittauslaitteistolle asetettujen vaatimusten täyttämiseen.

### 7.1.1 Novotechnik asema-anturit

Saksalaisen Novotechnikin tarkkuusanturit on suunniteltu sovelluksiin, joissa tarvitaan laitteesta tarkkaa asema- tai mittatietoa. Anturit valmistetaan materiaaleista, jotka säilyttävät erinomaisesti ominaisuutensa myös ankarissa olosuhteissa ja sopivat sovelluksiin, joissa toistojen määrä on huomattava. Antureiden tyypillinen elinikä on 50 tai 100 miljoonaa liikettä. Anturit antavat absoluuttisen asematiedon, eli paikka/asento tiedetään myös jännitekatkoksen jälkeen, vaikka asentoa olisi muutettu. Anturit jaetaan toimintansa perusteella kolmeen pääryhmään: kierrospotentiometrit, lineaaripotentiometrit ja kosketuksettomat, absoluuttiset tarkkuusanturit.

Kosketuksettomat, absoluuttiset anturit sopivat lineaarisen ja pyörivän liikkeen mittaamiseen. Lähtötyyppinä on virta- tai jänniteviesti. Kosketukseton ja absoluuttinen mittaus on toteutettu eri periaattein eri malleissa. Lineaaripotentiometrit sopivat lineaarisen liikkeen mittaamiseen, resistanssin muutokset ilmaisevat liikkeen sijainnin. Käytävissä on erilaisia viestimuntimia ja liittimiä sekä asemointivarren kiinnitysosia. Palautusliike suoritetaan jousella tai ilman. Saatavana on myös koteloimattomia vastuselementtejä, joihin liittyvä liikkuva harjasosa valitaan kohteen mukaan mitoitettuna /14/.

Kosketuksettomat lineaarianturit TLM-sarja

Novotechnikin magnetrostriktiivisten lineaariantureiden sarja TLM käyttää uutta NOVOSTRICTIVE®-tekniikkaa, jonka kehityksessä on erityisesti huomioitu sisäinen mitta-arvon käsittely luotettavuus ja tiedon lähtönopeus (16 kHz).



Kuva 19. Novotechnik TLM-sarjan lineaarianturi varustettuna osoitinmerkillä /14/.

Anturit ovat alumiiniprofiiliin toteutettuja magnetrostriktiivisiä antureita, joissa on kuvan 19. mukaisesti osoitinmerkinä keltainen, ”kelluva magneetti”. Kosketuksettomia asemanmittausantureita on saatavana 4,5 m mittauspituuteen saakka. Anturit ovat iskun- ja värinänkestäviä, niiden erottelukyky on 2 µm, riippumatta mittauspituudesta ja kotelointiluokka on IP 67. Käytännössä magneetin liikenopeudella ei ole maksimiarvoa. Asema-arvojen oikeellisuus tarkistetaan riippumatta lähtötyypistä ja lineaarisuus korjataan. Monipuolinen ASIC-piiri käsittelee asema-arvot ja muuntaa ne lähtöviestiksi jaksonajalle 62,5 µs, joka vastaa 16 kHz taajuutta. Lähtöviestinä ASIC-piiri antaa Start/Stop-, SSI- tai uuden DyMoS-lähtötyypin standardisignaalit.

#### DyMoS-lähtö

Lähtötyypissä yhdistyvät yksisuuntaisen tahdistetun tiedonsiirron yksinkertaisuus ja väyläteknologian luotettavuusedut. Lähtötyyppi on edullinen, 16 kHz päivitystaajuus, helposti sovellettava ja tarjoaa tärkeitä ominaisuuksia, kuten virhetietoja, CRC-tarkistuksen tiedonsiirron valvontaan ja automaattisen laitetunnistuksen. Asema-arvon lisäksi lähtötietona saadaan myös nopeusarvo /14/.

Novotechnikin asema-antureista melkein kaikki sopisivat modernisoinnin lineaariliikkeen mittaamiseen, mutta ainoa asetettujen vaatimusten mukainen modernisointiin sopiva anturivaihtoehto olisi loppujen lopuksi Novotechnikin TLM-sarjan kosketukseton lineaarianturi, koska vain tällä anturilla on vaadittu mA-lähtösignaali ja se soveltuu hyvin lineaariliikkeen mittausten suorittamiseen.

### 7.1.2 Siko magneettinauha-anturit

Magneettinauha-anturit muuttavat magneettinauhalta tai renkaalta luetun magneettisen osoitetiedon joko pulssitiedoksi, siniaallokseksi tai absoluuttiseksi paikkatiedoksi.



Kuva 20. Siko-anturi ja digitaalinen näyttö /14/.

#### Rakenne

Magneettinauha kiinnitetään esimerkiksi johteeseen ja anturi liikkuvaan vaunuun, tai päinvastoin. Anturi ei saa koskettaa magneettinauhaa, vaan niiden välille on jätävä ilmaväli. Ilmavälin suuruus on noin 1 - 3 mm, riippuen anturityypistä. Anturi kytketään joko suoraan mittaus/ohjausjärjestelmään, muunninyksikköön tai paikallisnäyttöön tyypistä riippuen. Siko valmistaa viittä erityyppistä magneettinauha-anturia; Magline Micro, Basic, Macro, Roto ja Mag. Basic on kosketukseton, magneettinen mittaustekniikka lineaariselle tai pyörivälle liikkeelle, erottelukyky 0,001...0,8 mm ja mittaustarkkuus 0,025...0,1 mm, saatavana absoluuttisia ja pulssiversioita /14/.

Sikon magneettinauha-antureista modernisoinnin kulman ja lineaariliikkeen mittaamiseen sopiva anturivaihtoehto olisi Siko Basic-tyyppin anturi, koska vain sen ominaisuudet täyttävät mittalaitteistolle asetetut vaatimukset.

### 7.1.3 Leuze electronic optiset valokennot

Saksalainen valokennovalmistaja Leuze electronic valmistaa useita etäisyyttä mittaavia valokennotyyppejä. Tuotteen voi valita mittausetäisyyden(0...10 km) ja halutun lähtöviestin perusteella. Optisilla valokennoilla voidaan mitata etäisyyttä kohteesta melko tarkasti.

#### Mittausperiaatteet

Lineaariliikkeiden asemoinnissa käytetään kosketuksetonta, optista ja absoluuttista etäisyysmittausperiaatetta. Järjestelmässä kiinteään(tai liikkuvaan) asemaan kiinnitetty laite mittaa liikkuvaan(tai kiinteään) kohteeseen kiinnitetyn heijastimen etäisyyttä lähettämällä heijastimeen valoa. Lyhyemmillä etäisyyksillä on suoraan kohteesta heijastuvan valon mittaaminen mahdollista. Takaisin palaavasta valosta päätellään kohteen/heijastimen etäisyys.

Mittaustulos voi perustua valon vaihekulman muutokseen, palaavan valonsäteen saapumiskulmaan tai valon kulkuaikaan. Optisella mittauksella rakenteet saadaan yksinkertaisiksi ja asennus nopeaksi ja helpoksi /14/.



Kuva 21. Leuze electronic ODS 25-infrapunavalokenno /14/.

Leuze electronicin ODS 25 on pienikokoinen, muovikoteloitu, suoraan kohteesta mittaava infrapunavalokenno, jonka mittauspituus on 25...200 mm. Analogialähtö 1...10 V on opetettavissa painikkeella tai sähköisellä tulolla /14/.

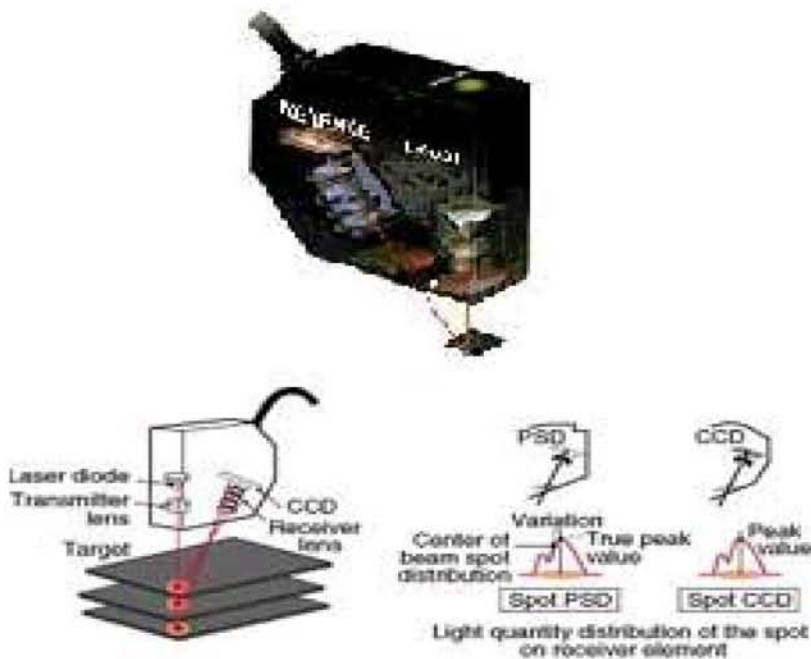
Leuze electronicin optisista valokennoista modernisoinnin korkeuden mittaukseen sopiva anturivaihtoehto olisi edellä mainittu Leuze electronicin OD 25-malli, koska vain tämän anturin ominaisuudet täyttävät mittalaitteistolle asetetut vaatimukset.

#### 7.1.4 Keyence laseretäisyysanturit

Japanilaisen laseranturivalmistaja Keyence on maailman johtava optisten antureiden kehittäjä ja valmistaja. Yhtiön suuret panostukset tuotekehitykseen ovat tuoneet tämän päivän huipputeknologian myös optisiin antureihin.

Keyencen LC -sarjan anturit ovat tarkkoja, antureiden resoluutio on jopa 0,01  $\mu\text{m}$  (10 nanometriä), nopea mittaustaajuus 50 kHz ja pieni 12  $\mu\text{m}$  säteenkoko. Nopea mittaustaajuus mahdollistaa nopeasti liikkuvien kohteiden mittauksen ja pieni säteen koko mahdollistaa pienien kappaleiden tai pienien kohoumien mittaamisen. LC -sarjan anturilla on myös erittäin pitkä mittausetäisyys, mittaustarkkuuteensa nähden. Tästä on etua mittauskohdeissa, joissa anturia ei voida tuoda lähelle mittauskohdetta. 0,02  $\mu\text{m}$  resoluutiolla voidaan mitata jopa 30 mm etäisyydellä olevia kohteita. LC -sarjan mittausteistä saadaan ulostulona +/- 10 V ja RS-232C liitintä voidaan käyttää kommunikointiin ja datan ulosottoon. Kontrolli I/O-liitännät löytyvät, joilla voidaan saada hälytykset ylärajasta, alarajasta, intensiteetin tason laskusta ja mittausalueen ylityksestä. Ohjelmien valinta, pitotoiminto ja kalibrointi onnistuvat sisääntuloja ohjaamalla. Erilaisia mittaushjelmia voidaan tallentaa viisi kappaletta. Näitä vaihdetaan riippuen kappaleen vaihtuessa esimerkiksi kiilto-ominaisuuksien muuttuessa tai toleranssi alueen vaihtuessa /15/.





Kuva 22. Keyence LK -sarjan laseretäisyysanturi /15/.

LK -sarjan antureissa käytetään CCD -kolmiomittausmenetelmää, perinteisen PSD menetelmän sijaan, katso kuva 22. Tämä parantaa anturin tarkkuutta huomattavasti, koska CCD -mittaustapa huomaa takaisinheijastuneen valon kulmasta "piikki" arvon, joka ilmoittaa todellisen etäisyyden kohteesta. Perinteinen PSD -menetelmä käyttää takaisin heijastuneen valon määrää riippumatta valon tarkasta heijastumiskulmasta. PSD -mittausmenetelmällä ei pystytä mittaamaan "tarkkaan" todellista etäisyyttä. Keyencen LK -sarjan antureiden tarkin mittaustarkkuus on jopa  $0,1 \mu\text{m}$  ( $1/10000 \text{ mm}$ ) ja suurin mittausetäisyys on 750 mm. Mittausta ei häiritse tuotteen väri, pinnan laatu tai ulkopuoliset valonlähteet. Sensorin pää on suojausluokaltaan IP-67. Ulostuloja on +/- 10 V tai +/- 5 V, 4-20 mA ulostulo sekä NPN -hälytysulostulo /15/.

Keyencen laseretäisyysantureista modernisoinnin korkeuden mittaukseen sopivia antureita olisivat Keyencen LC- tai LK -sarjan anturit, koska vain näiden antureiden ominaisuudet täyttävät mittalaitteistolle asetetut vaatimukset.

## 7.2 Digitaaliset näytöt

Markkinoilla on saatavana monia erilaisia digitaalisia näyttöjä, niiden käyttötarkoituksen mukaan. Maahantuojayritykset suosittelevat käyttämään saman valmistajan näyttöjä ja antureita mittatarkkuuden säilyttämiseksi. Digitaalisia näyttöjä tarvitaan kymmenen kappaletta, koska vain muutaman näytön valikoiden selailu on hidasta, käytettävyys on huono ja lukeminen hankalaa. Tarkastelen maahantuojayritys SKS Automaatio Oy:n tuotteiden valikoimista digitaalisia yleisnäyttöjä ja anturi-valmistajien omia näyttöjä.

### Siko MA10/4-digitaalinen näyttö

Digitaalinen näyttö on yleiskäyttöinen, pulssituloinen ja monipuolinen pistematriisi-LCD -tekniikalla toteutettu monitoiminäyttö, jonka luettavuutta helpottaa kirkas 12-merkkinen numero/kirjainnäyttö. Näyttö on vapaasti etulevyn painikkeilla ohjelmoitavissa oleva asemanäyttö pulssilähtöisille ja absoluuttisille antureille. MA10/4-monitoiminäytön saa asennusaukkoon upotettavana paneeli asennusversiona (EG) tai koteloituna pöytäversiona(TG). Laitetyypistä riippuen MA10/4-näytöllä voidaan toteuttaa monia näyttösovelluksia: asemanäyttö(myösLineDriver-tuloin), nopeusnäyttö, pulssilaskuri, absoluuttimittaus(SSI-viestistä), optio: kytkevät lähdöt (2 kpl NPN) ja optio: sarjaliikenneliityntä (RS232 tai RS485)

### PR 5714-ohjelmoitava digitaalinen näyttö

Digitaaliset näytöt ovat yleiskäyttöisiä, 4-numeroisia, 12-segmentin LED-näyttöjä, joiden ohjelmointi tapahtuu etulevyn painikkeista. Tuloviesteinä voidaan käyttää virta(mA DC), jännite(V DC), lämpötila(Pt100 ja termoelementti) tai 3-johdin potentiometrin pulssituloja. Prosessin seuranta tapahtuu kahdella potentiaalivapaalla releellä ja/tai analogialähdöllä. Näyttö toimitetaan asennusversiona, jonka suojausluokka on IP 65.

Modernisoinnin digitaalisiksi näytöiksi sopisivat molemmat edellä mainitut näytöt. Digitaaliset näytöt ovat nähtävissä myöhemmin kuvassa 23. asennettuna paikoilleen koteloon.

### 7.3 Laitteiden valinta, hankinta ja asennus

Mittauslaitteiston valinta suoritettiin yhdessä työntilaaajan kanssa. Valitsimme seuraavanlaisen mittauslaitteiston:

- Novotechnik TLM-anturit, lineaariliikkeen mittauksiin
- Siko MSK-210 magneettinauha-anturit ja antureille tarvittavat MB-200-magneettinauhat, kulmanmittauksiin
- Sikon antureille omat MA10/4-digitaaliset näytöt ja Novotechnikin antureille PR-ohjelmoitavat yleisnäytöt

Mittauslaitteiston valinnassa otettiin huomioon oikaisukone 2:n ja työntilaaajan asettamat vaatimukset sekä mittalaitteiden sopivuus kyseiselle koneelle. Anturit soveltuvat ominaisuuksiltaan hyvin mittausten hoitamiseen. Digitaalisten näyttöjen tekniset tiedot, ominaisuudet ja käyttöohjeet ovat nähtävissä sekä luettavissa liitteistä 15 - 22.

Mittauslaitteiston hankinta tapahtui työntilaaajan toimesta, laatimani mittauslaitteiston hankintaehdotukseen ja maahantuojalta pyytämäni tarjouspyyntöön pohjautuen, liitteet 6-9. Työntilaaaja tilasi aluksi vain yhden edellä mainitsemani laitteet, joilla oli tarkoitus kokeilla mittausten suorittamista oikaisukone 2:lla. Työntilaaaja halusi varmistua mittauslaitteiston luotettavuudesta ja toimivuudesta oikaisukone 2:lla, ennen kalliin mittauslaitteiston kokonaishankintaa.

Mittalaitteiden saavuttua maahantuojalta työntilaaajalle, tehtäväni oli suunnitella asennukseen tarvittavat kiinnikkeet ja piirtää Autocad-ohjelmalla kytkentään tarvittava kytkentäkuva, liite 5. Luovuimme yhdessä työntilaaajan kanssa kuitenkin kiinnikkeiden

suunnittelusta, koska totesimme sen olevan kannattavampaa ja yksinkertaisempaa tehdä asennuksen yhteydessä.

Asennus tapahtui Outokumpu Pori Tube Oy:n kehitysinsinööri Pasi Mattilan, itseni, yhteistyökumppani ABB Oy:n kahden sähkömiehen sekä T:mi Mansikkamäen kahden mekaanisen miehen toimesta.



Kuva 23. Digitaaliset näytöt asennettuna ja käyttövalmiina kotelossaan.



Kuva 24. Siko magneettinauha-anturi asennettuna oikaisukoneen taakse, koneenrunkoon.



Kuva 25. Novotecknikin TLM-lineaarianturi asennettuna kiinnikkeiden avulla paikoilleen.

## 8 OIKAISUKONE KAHDEN ASETUSTEN SEURANTA

Asetusten seurannalla oli tarkoitus saada luotettava vertailukohta tutkimukselle ja selvittää toteutetun modernisoinnin tuoma hyöty. Totesimme kuitenkin modernisoinnin tuoman hyödyn määrittämiseksi kuluvan liikaa aikaa, jopa kuukausia ja työnlaajuuden paisuvan liian laajaksi, joten jätimme sen pois insinööriyöstäni. Keskityin vain tarkastelemaan mittauslaitteiston mittausten luotettavuutta ja tarkkuutta, jotka antavat hyvät edellytykset asetustenteon nopeampaan tekemiseen ja asetusaikojen pienenemiseen sekä tuotannon tehostamiseen. Asetusten seuranta tapahtui laatimillani asetusten seurantalomakkeilla oikaisukone 2:lla.

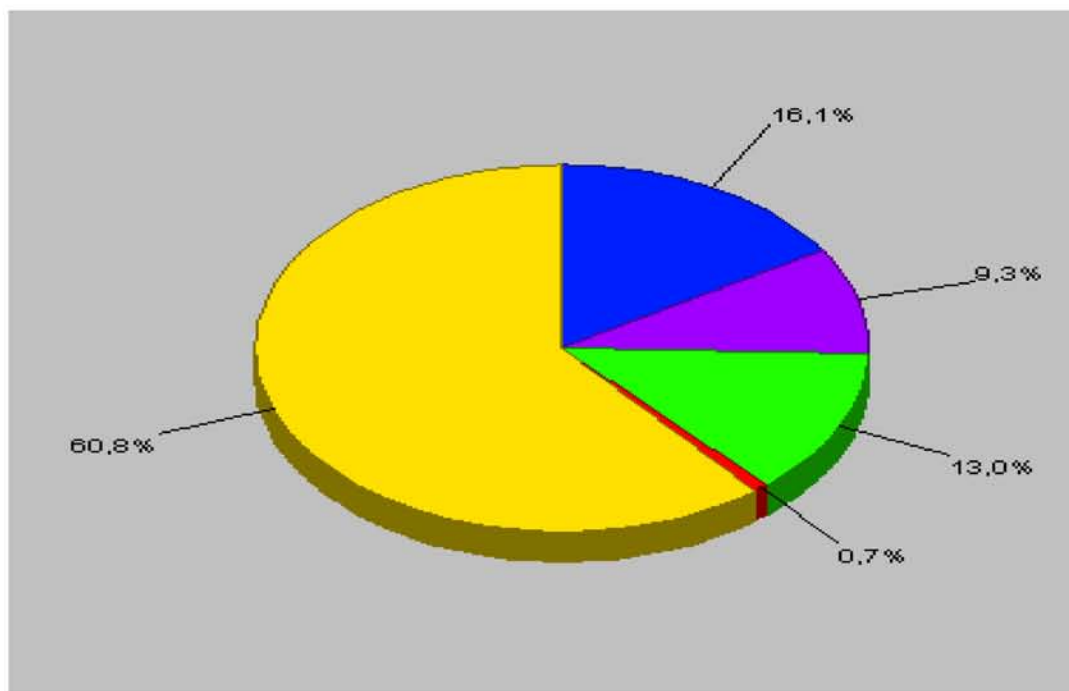
Seurantalomakkeilla tutkittiin ja saatiin selville asetusten tekoon kuluva aika eri tuotekovuuksilla ja asetuksissa romutettujen kupariputkien kappalemäärä. Mittauslaitteiston luotettavuutta ja mittaustarkkuutta tutkin muokkaamalla seurantalomakkeilla, johon koneen käyttäjät kirjasivat ylös mittauslaitteiston digitaalisten näyttöjen ilmoittamia lukemia eli asetuservoja, liite 14.

Tämä muokattu lomake on samalla pohjalla tehty kuin alkuperäinen asetusten seurantalomake, mutta sarakkeiden otsikot on vain vaihdettu. Kaikki työntekijöiden täyttämät asetusten seurantalomakkeet löytyvät liitteistä 11 - 13 ja asetuservot liitteestä 14.

### 8.1 Ennen modernisointia

Yleisesti oikaisukone 2:n asetusaikat olivat pitkiä, koska asetustenteossa ei ollut käytössä minkäänlaisia mittalaitteita. Asetusaikat olivat pienemmillään vain 5 min, mutta suurimmillaan jopa 8 tuntia, riippuen tuotteen kovuusluokasta ja asetusten onnistumisesta.

Oikaisukone 2:n asetusajat vuonna 2006 olivat noin 16,1 % koneen kokonaiskäyntiajasta. Piirakkakuviosta 1. on nähtävissä oikaisukone 2:n käynninseurannan grafiikka vuonna 2006. Kuvio ei kuitenkaan kerro varsinaisen oikaisuyksikön asetusajoja, koska koneasetuksiin kuuluvat myös koneella tapahtuvat muut toiminnot (esimerkiksi sahansiirto ja vetokokeen tekeminen) ja varmaan vuoden aikana on myös muutamat kahvitunnit vahingossa ilmoitettu koneasetuksiksi.



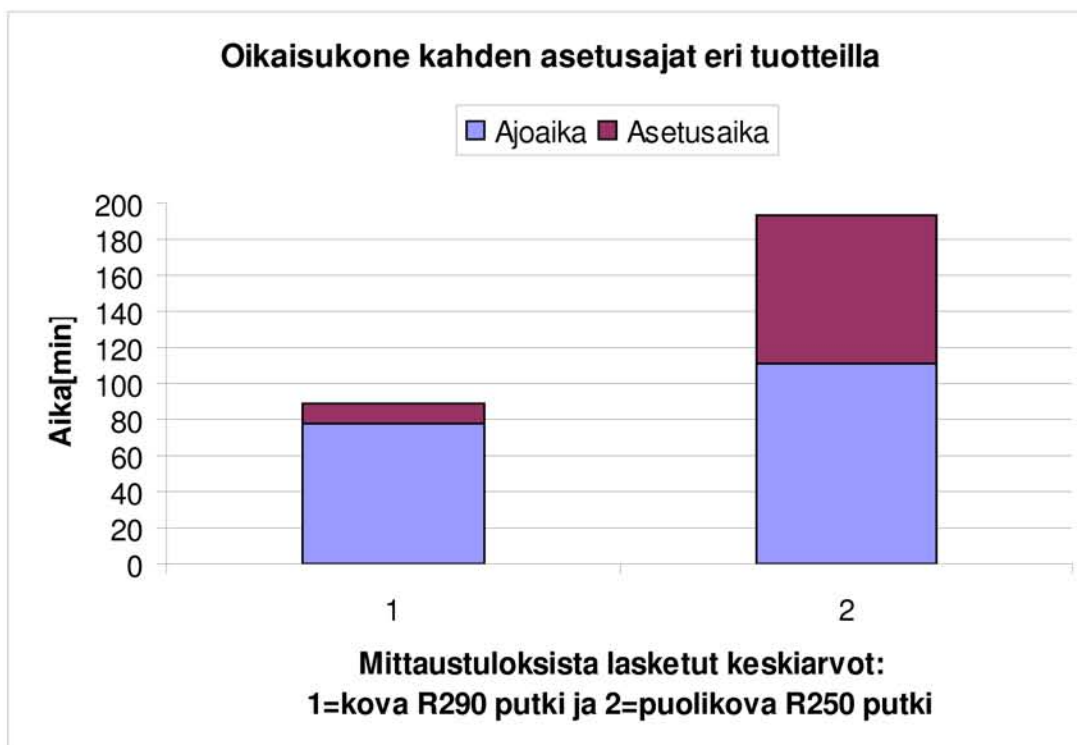
Kuvio 1. Oikaisukone 2:n koneasetusajat 3.1-22.10.2006 välisenä aikana.

Piirakkakuviossa 1. värit tarkoittavat seuraavaa asiaa: vihreä = kone käy, punainen = häiriö, keltainen = odotus, violetti = materiaalipula ja sininen = koneasetus.

Etsiessäni tarkempia lähtökohtia tutkimukselleni, laadin liitteiden 11 - 13. mukaiset asetustenseurantalomakkeet ja toimitin muutamia kopioituja lomakkeita oikaisukone 2:lle, asetusten seuraamista varten. Laadin täytettyjen lomakkeiden pohjalta graafisen esitystapakuvion 2, josta voi havainnoida tuloksia eri putki kovuuksilla pylväsdiagrammin muodossa. Kuviossa ei ole ollenkaan pehmeää R220 putkea, koska se oikaistaan samalla tavalla kuin kova R290 kupariputki ja pehmennetään vasta



oikaisun jälkeen eli oikaisu vaiheessa on kyseessä sama tuote. Laadin nämä kyseiset tuotekovuudet samaan pylväsdiagrammiin.



Kuvio 2. Graafinen esitys oikaisukone 2:n asetusajoista eri tuotekovuuksilla.

Kuviosta 2. voimme havainnoida, että pitkät asetusajat koskevat lähinnä puolikovia R250 kupariputki tuotteita. Asetusten teko tällä kyseisellä tuotteella vie keskiarvolla laskettuna noin 43 % eli lähes puolet koneen työskentely ajasta. Näin ollen, modernisoinnin vaikutus huomataan erityisesti puolikovilla tuotteilla asetusten tekoajoissa.

Kovilla R290 tuotteilla asetusten teko vie keskiarvolla laskettuna vain noin 12 % koneen työskentely ajasta, joka on suhteellisen pieni verrattuna puolikoviin tuotteisiin. Modernisoinnin vaikutus huomataan varmasti myös kovalla tuotekovuudella, mutta vaikutus on todennäköisesti vain muutamia prosentteja, koska asetusten tekoon tulee aina menemään vähän aikaa ja se on jo ennen modernisointia suhteellisen pieni prosenttiluku.

Asetuksissa syntyvien romukappaleiden määrät on nähtävissä liitteistä 11 - 13, koska en laatinut niistä erillistä kaaviota. Kyseiset kappalemäärät vaihtelevat suuresti eri tuotekovuuksilla ja ovat aina tapauskohtaisia, mutta yleisesti romukappalemäärät ovat suuremmat aina puolikovilla R250 kupariputkilla.

## 8.2 Modernisoinnin jälkeen

Seurasimme laatimallani asetusten seurantalomakkeella vielä mittauslaitteiston luotettavuutta ja mittaustarkkuutta, jotta työntilaaaja varmistuisi modernisoinnin mittauslaitteiston hankinnasta, liite 14.

Saimme riittävän luotettavia mittaustuloksia ja totesimme laitteiden pienentävän asetusten tekoajoja ja sitä kautta tehostavan tuotantoa. Työntilaaaja varmistui laitteistosta ja hankki loput tarvittavat laitteet oikaisukone 2:lle. Totesimme lopuksi kuitenkin anturivaihtoehtoista Siko magneettinauha-anturin olevan käytännöllisempi, tarkempi ja luotettavampi kuin Novotechnikin TLM-lineaarianturi. Anturi saadaan hyvin suojaan koneen taakse ja se antaa riittävän tarkan mittaustuloksen. Lisäksi Sikon omat näytöt säilyttävät mittausten mittatarkkuuden ja ovat ominaisuuksiltaan käytännöllisempiä kuin PR:n digitaaliset näytöt, näyttöihin saa jopa vaihdettua yksiköt; mm, asteet ja muut yksiköt.

Työntilaaaja aikoo hankkia kaiken kaikkiaan kymmenen Sikon anturia, nauhaa ja näyttöjä. Digitaalisille näytöille tehdään yksi iso kotelo, johon ne sijoitetaan ja mistä koneenkäyttäjän on niitä helppo seurata, asetuksia tehdessä. Näyttöihin on tarkoitus asettaa korkeuden yksiköksi mm ja kulman yksiköksi asteet. Korkeuden voi asettaa kohdalleen siten, että näytön lukema on samansuuruinen oikaistavan putken ulkohalkaisijan mukaan.

Oikaisukone 2:n mittauslaitteistolle on tarkoitus tehdä kalibrointitanko jostakin materiaalista, esimerkiksi kuparista. Jos oikaisukoneelle tulee jokin isompi remontti, jossa koneen rulla tai muut isommat osat tarvitsee purkaa, voidaan mittauslaitteisto

kalibroida kyseisellä tangolla remontin jälkeen ja saada mittalaitteet nopeasti toimintakuntoon.

## 9 TULOSTEN TARKASTELU JA YHTEENVETO

Modernisoinnin tuloksena saatiin työntilajalle luotettava mittauslaitteisto oikaisukone 2:lle, joka antaa edellytykset oikaisukoneen asetusajojen lyhenemiseen, tuotannon tehostumiseen ja parempaan tuotantotehokkuuteen. Työni paransi myös huomattavasti oikaisukoneella työskentelevien työntekijöiden jokapäiväistä työtä sekä työntarkkuutta. Insinöörityöni pääasia on, että saimme luotettavia mittaustuloksia, teknisten mittalaitteiden ja mittaustulosten luotettavuus on riittävää ja työntilajan asettamien vaatimusten täytyminen sekä mittatarkkuuden säilyminen mittauksissa on onnistunut erinomaisesti. Insinöörityöni tuloksien pohjalta sain työntilajan vakuuttuneeksi mittauslaitteiston hankinnasta.

Insinöörityötutkimukseni tavoitteet täyttyivät ja tuotanto saatiin tehostumaan, se kuinka paljon modernisointi loppujen lopuksi vaikutti tuotannon tehostumiseen jää työntilajan selvitettäväksi. Oikaisukoneiden tuotannon tehostumisen vaikutusta ja määrää ei tässä tutkimuksessa ehditty havaitsemaan, koska siihen menee todennäköisesti vielä kuukausia. Seuraava insinöörityöntekijä voi tehdä oman insinöörityönsä kyseisestä aiheesta ja tutkia modernisointi-investoinnin tuoman taloudellisen tuoton yritykselle, määrittää toimitusaikojen lyhentymisen ja tuotantotehokkuuden kasvun. Mittauslaitteiston toimintaa voitaisiin tulevaisuudessa kokeilla myös oikaisukoneilla 3 ja 4, jotta nähtäisiin onko mittalaitteiden tarkkuus todella riittävä kaikelle oikaisukoneille ja onko mittalaitteet fyysisesti liian isoja

asennettavaksi pienemmille oikaisukoneille. Tämäkin jää työntilaaajan tai seuraavan insinööriyöntekijän selvitettäväksi.

Yhteenvetona voin sanoa, että olen saanut aikaan mielestäni laajan, mielenkiintoisen kokonaisuuden, jossa tutkittiin perusteellisesti mm. kuparin teoriaa, putkenvalmistusta, oikaisukoneita, antureita ja niiden eri vaihtoehtoja modemisoinnin suorittamiseksi.

Olen tehnyt parhaani insinööriyöni onnistumiseksi ja saanut työni päätökseen. Nyt on kiitosten ja juhlan aika... Kippis.

## LÄHDELUETTELO

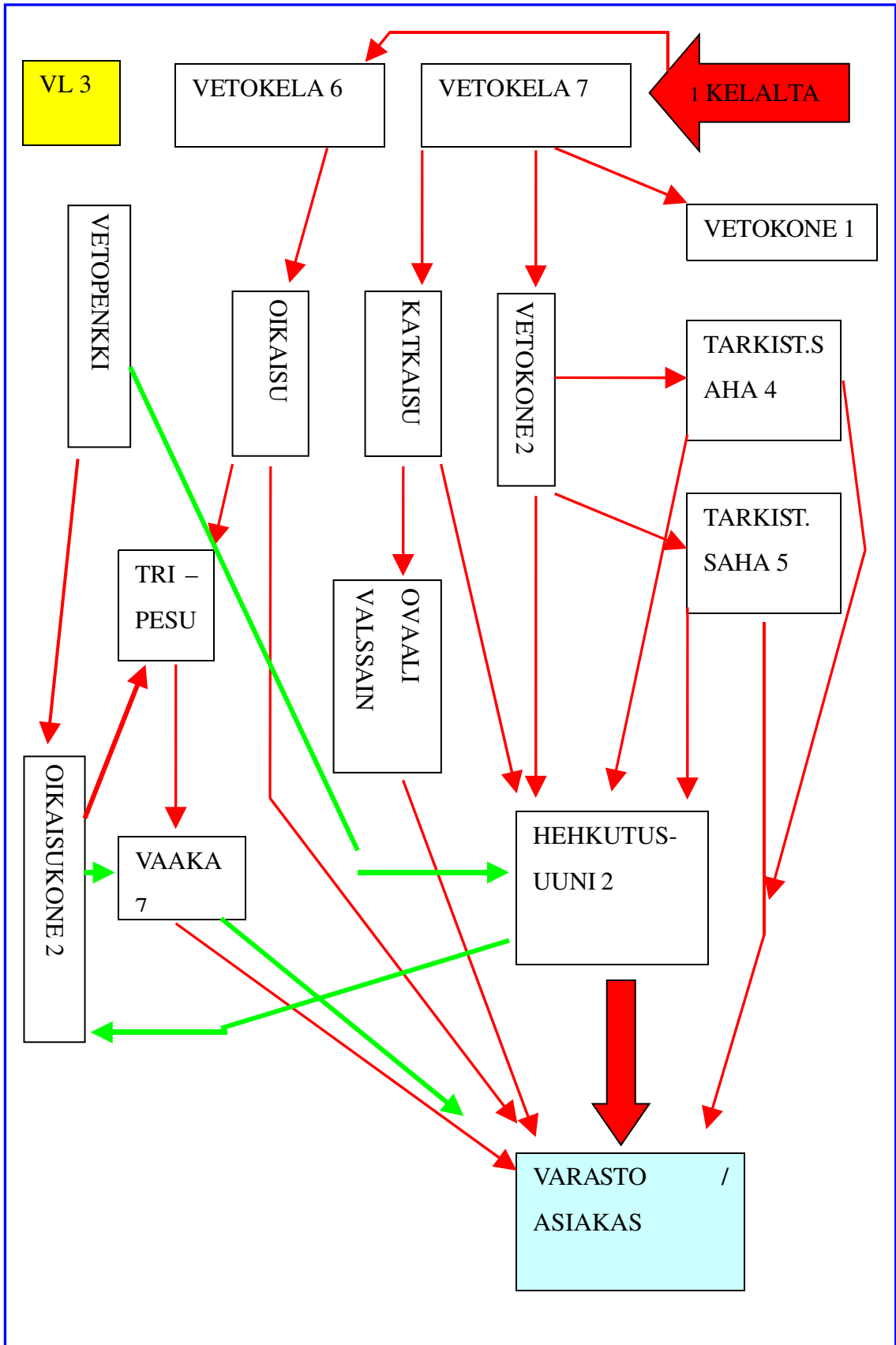
1. Outokummun vuosikertomus 2005 ja Outokummun tilinpäätöstiedote 2006. <http://www.outokumpu.com>.
2. Outokumpu Pori Tube Oy:n kotisivut. <http://www.outokumpu.com> ja <http://www.tub-e.com>.
3. Outokummun sisäinen tiedotuskanava Intranet. <http://www.myoutokumpu.com>.
4. Tietosanakirja. <http://www.wikipedia.org>.
5. Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET. Kuparimetallit. Raaka-ainekäsikirja 3. Tampere: Metalliteollisuuden Kustannus Oy, 2001. s.8-81.
6. Autio, A. Raaka-aineet. Kone- ja metallialan perusoppi 2. Helsinki: Otava, 1982. s.88-124.
7. Tampereen teknillinen yliopisto. Konetekniikan materiaaliopin kurssi: Kupari. [http://butler.cc.tut.fi/~juhan/vmv\\_2002/vmv\\_4\\_2\\_2.html](http://butler.cc.tut.fi/~juhan/vmv_2002/vmv_4_2_2.html)

8. Tuohimaa T. 2006. Tekninen päällikkö. Outokumpu Pori Tube Oy. Putkitechdas Pori. Suullinen tiedoksianto 20.10.2006.
9. Nurmi M. 2006. Laborantti. Outokumpu Pori Tube Oy. Putkitechdas Pori. Suullinen tiedoksianto 03.11.2006.
10. Söderlund, J. 2005. Isojen 10-kovien saannin parantaminen. Tutkintotyö.
11. Englanninkielinen artikkeli oikaisukoneista ja oikaisurullista.  
<http://www.tubenet.org.uk/technical/turner.html>
12. Airila, M. Mekatroniikka 897. Luku 4: Anturit. Helsinki: Otatieto Oy, 2004 s.1-61.
13. Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Störm, Välimaa. Automaatiolaitteet. Helsinki: Edita Oy, 1996. s.22-63.
14. Maahantuojayritys SKS-Automaatio Oy:n kotisivut. <http://www.sks.fi>.
15. Maahantuojayritys Stig Wahlström Oy:n kotisivut. <http://www.swoy.fi>
16. Oulun Yliopisto. Konetekniikanosaston materiaali.  
[http://me.oulu.fi/fileadmin/admindocs/Materiaali/kpl\\_3\\_anturit.pdf](http://me.oulu.fi/fileadmin/admindocs/Materiaali/kpl_3_anturit.pdf)



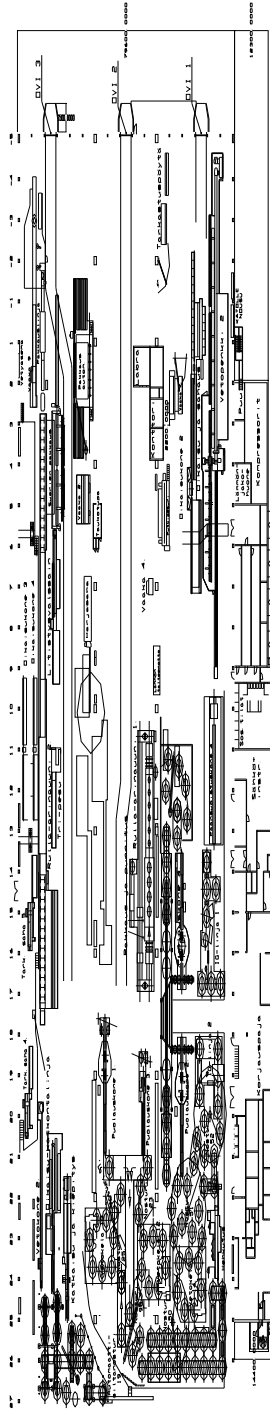
LIITTEET

LIITE 1



LIITE 2

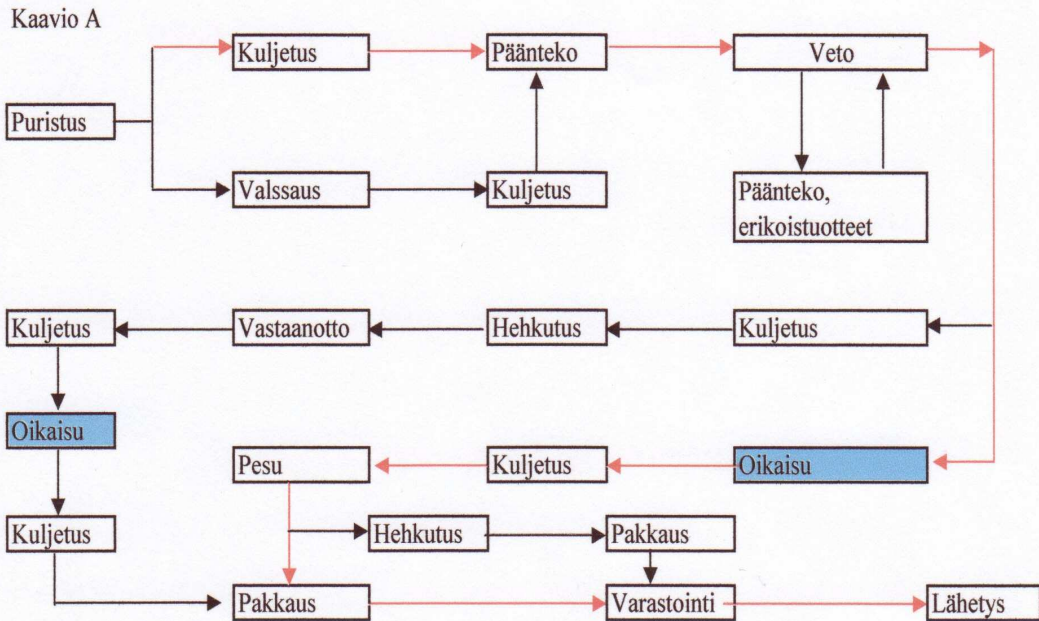




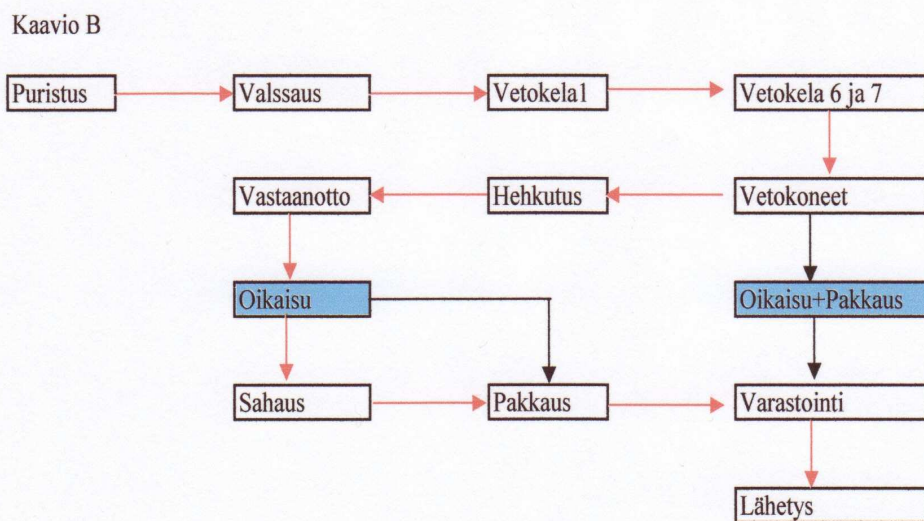
# Oikaistavan tuotteen valmistusvaiheet kokonaisuudessa

Oikaisuvaihe on merkitty sinisellä. Kaaviosta on luettavissa, mitkä työvaiheet edeltävät oikaisua ja mihin tuote oikaisun jälkeen siirtyy. Punaisella merkitty päätuotteen kulku.

## OIKAISUKONE 2 VALMISTUSLINJASSA



## OIKAISUKONEET 3 JA 4 VALMISTUSLINJASSA



**Parameter table:**

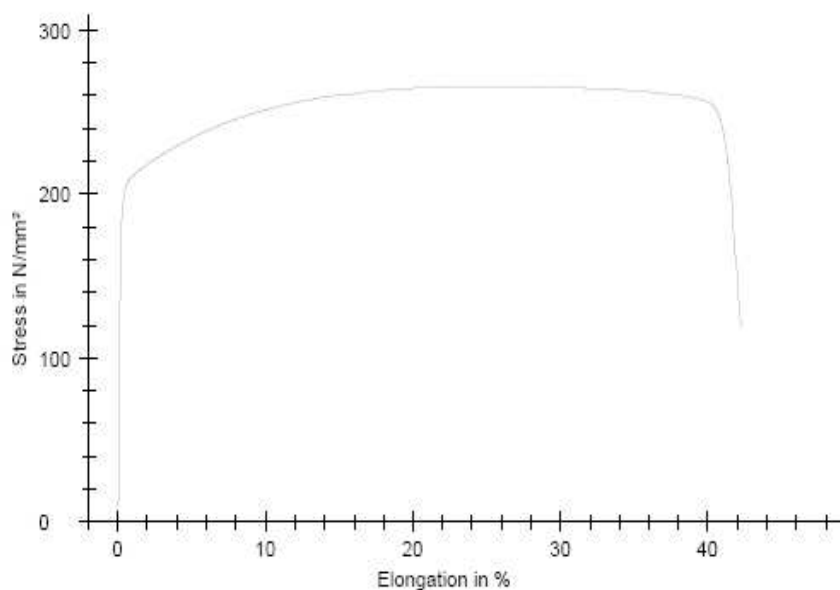
Customer	:		Load cell	:	150kN
Tester	:	RD	Extensometer	:	Multisens
Test standard	:	EN10002	Specimen grips	:	Hydraulig
Material	:			:	

**Results:**

Nr	Lot/Sample number	Rp 0.1 N/mm <sup>2</sup>	Rp 0.2 N/mm <sup>2</sup>	Rt 0,5 N/mm <sup>2</sup>	Rm N/mm <sup>2</sup>	L0 mm	Elongation %	S0 mm <sup>2</sup>
23	PU57395.2/2	178	194	202	266	41,8	42	54,88

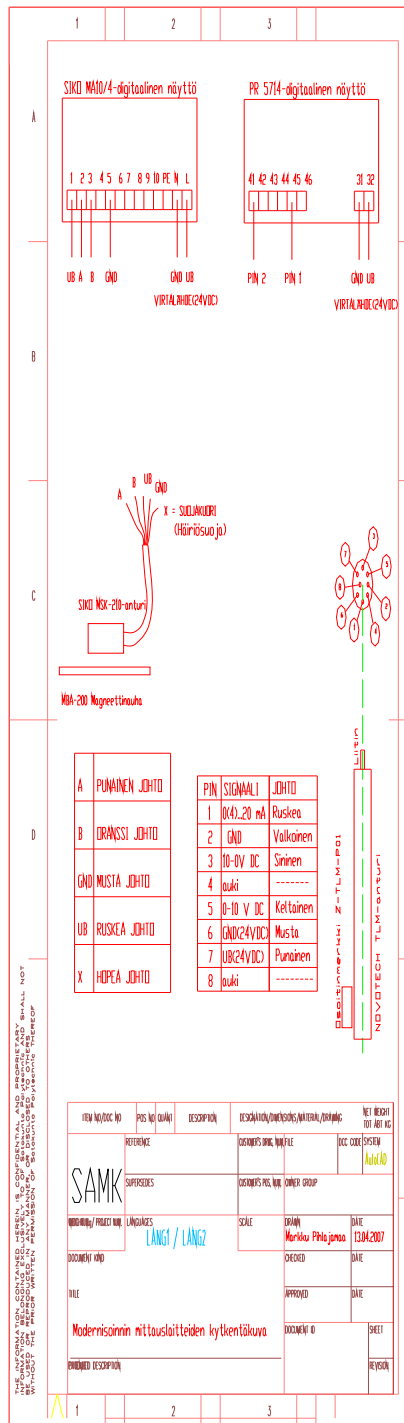
Nr	E-Modulus kN/mm <sup>2</sup>
23	121

**Series graphics:**



**Statistics:**

Series n = 1	E-Modulus kN/mm <sup>2</sup>	Rp 0.1 N/mm <sup>2</sup>	Rp 0.2 N/mm <sup>2</sup>	Rt 0,5 N/mm <sup>2</sup>	Rm N/mm <sup>2</sup>	Elongation %	L0 mm	S0 mm <sup>2</sup>	Rpx2 N/mm <sup>2</sup>
x	121	178	194	202	266	42	41,8	54,88	207
s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
v	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Satakunnan ammattikorkeakoulu

YHTEENVETO

Tekniikka Pori

Markku Pihlajamaa

09.01.2007

Gsm.044-2666529

E-mail. markku.pihlajamaa@tp.spt.fi

### **Mittalaitteiston hankintaehdotus Oikaisukone 2:lle**

Tein tämän kyseisen yhteenvedon taustatiedoksi varsinaista tilausta varten, mittalaitteiston tilaajalle. Käytin lähdetietona Internetiä, SKS Oy:n teknistä päällikköä Jan Järveläistä ja Sata-Automaatio Oy:n osaavaa henkilökuntaa.

Tarvittava mittauslaitteisto ja hankintaehdotukset

Markkinoilla on kymmeniä antureita ja digitaalisia näyttöjä valmistavaa yritystä. Valitsin luotettavat ja tunnetut laitevalmistajat, maahantuontiyritys SKS Oy:n valikoimista.

Anturit

- **4 kpl Novotechnik Lineaaripotentiometri:** mittaustarkkuus: 0,01mm, hinta alkaen: n.250€, tekniset ja erikoisominaisuudet: katso Novotechnik-liitetiedosto. Puhetta oli että antureilla tarvitsisi olla mA lähtösignaali.

- Ehdotan hankittavaksi mittauspituudeltaan 0..100 mm olevia TLM tai TMI -sarjan antureita, koska vain näillä malleilla on mA lähtösignaali ja puhetta oli että antureilla tarvitsisi olla mA lähtösignaali. Mittauspituutta on saatavana 0..50 mm alkaen, seuraava 0..100 mm, suurin 0..4500mm ja paljon välikokoja.

- **6 kpl Siko Magline magneettinauha-anturi:** mittaustarkkuus: 0,025...0,1mm, hinta alkaen: n.300€, tekniset ominaisuudet: katso liitetiedostot.

- Ehdotan hankittavaksi MSK-210 antureita, koska mittaustarkkuus on mittaukseen riittävä.

## LIITE 7

- **1 kpl Magneettinauha:** tilattava pituus=  $6 \times (100\text{mm} + 100) \text{ mm} = 700 \text{ mm}$  (huomioitu asennukseen kuluvat ”hukkapalat”), hinta: n.225€/1000mm, nauhan leveys: n.10mm, nauhan vahvuus: 1,7mm, katso Siko -liitetiedosto.
- Ehdotan hankittavaksi MB-200 magneettinauhaa, koska se sopii MSK-210 anturille.

### Digitaaliset näytöt

- **10 kpl 1-rivinen, 5 tai 6 numeroinen, ohjelmoitava digitaalinen näyttö:** valmistajia: Omron, Nokeval ja Red Lion (Putkitehtaalla yleisesti käytetty). Hinnat alkaen 200€, mallit ja tekniset ominaisuudet: katso 5714-liitetiedostot. Maahantuoja suosittelee käyttämään antureiden omia näyttöjä, mittatarkkuuden säilyttämiseksi. Esim. Siko valmistaa magneettinauha-antureille omia digitaalisia näyttöjä.
- Ehdotan hankittavaksi antureiden omat näytöt.

- 1 kpl iso metallinen kotelo, johon näytöt sijoitetaan.

- Ehdotan kotelon tehtäväksi ABB:n toimesta.

- Tuotteiden toimitusajat ovat tilattaessa n.2-3 viikkoa, jos tavaraa löytyy hyllystä niin toimitus heti.

- Mittalaitteiston hankintaa varten tarvitaan edellä mainittu määrä antureita ja digitaalisia näyttöjä. Liitteistä voi tarkastella antureiden eri malleja ja näyttöjä sekä niiden teknisiä ominaisuuksia.

- Yhteysenkilöni SKS Automaatio Oy:llä:

Sari Teräväinen

SKS Automaatio Oy

PL122 (Martinkyläntie 50)

FI-01721 VANTAA, FINLAND

puh. 020 764 6551      tel. + 358 (0)20 764 6551

[www.sks.fi](http://www.sks.fi)

[sari.teravainen@sks.fi](mailto:sari.teravainen@sks.fi)

LIITE 8



# SKSAUTOMAATIO

Sari Teräväinen  
Puh. 020 764 6551

TARJOUS 1733942

1

9. 01. 2007

OUTOKUMPU PORICOPPER OY PUTKITEHDAS

Markku Pihlajamaa p.044-2666529  
PL 60

28101 PORI  
Telefax 02-6265304

Insinööriyö: Markku Pihlajamaa

Lineariliikkeen anturit

Kiitämme kyselystänne ja tarjoamme Teille:

Pos	Tuote	Nimitys	Määrä	Yksikkö	A-hinta	Ale%
10		TLM 0100 001 421 101 LINEAARIANTURI	4,00	KPL	666,47	nto
20	1079478	Z-TLM-P01 OSCITINMAGNEETTI TLM VART - Toimintaetäisyys 0...4 mm	4,00	KPL	27,58	nto
Vaihtoehtoisesti tarjoamme:						
30		TMI 0100 002 421 101 LINEAARIANTURI	4,00	KPL	828,00	nto
40	1100922	Z-TMI-P03 OSCITINMAGNEETTI TMI VART	4,00	KPL	27,58	nto
50	1079479	EEM 33-84 8-PIN SUORALIIITIN IP67 - TLM/TMI-antureille	4,00	KPL	45,96	nto
60	1083838	5714 A LED-NÄYTTÖ - ohjelmoitava näyttö analogitulolle	4,00	KPL	164,00	nto
Lisäksi tarjoamme:						
70		MSK210-4-A-E1/2,0-PP-NI-0-20/0,025	6,00	KPL	281,40	nto
80	1085515	MB200-...-10-0.05-AM-O MAGN. NAUHA - nauhan pituus: 100m mitattava matka + 100m - (6x200mm + 200mm = 1400mm)	1,40	M	224,90	nto
90		MA10/4-TG-4-PP-25-SO-RO-XX/XX-BS-S - alumiinikoteloitu näyttö magneettinauha-anturille - anturin liitäntä D-SUB 9-napaisella liittimellä, jota ei ole ohjelmassamme - apujännite 24 Vdc	6,00	KPL	601,31	nto

Hinnat EUR

Toimitusaika n. 4 vkoa tilauksesanne. Tieto perustuu tarj.päivän tilanteeseen.

Maksuehto 30 päivää netto

Toimitusehto vapaasti varastossamme, ilman pakkausta

Voimassaoloaika tarjous on voimassa 09.02.2007 saakka

Jatkuu...

## SKS Automatio Oy

Päätoimipaikka/Head Office

PL 122, FI-01721 Vantaa, Finland, puhelinlnt. +358 (0)20 764 61, faksilnt. +358 (0)20 764 6820  
automatio@skis.fi, www.skis.fi

Aluekeskukset/area Offices

Itä-Suomi, Markkinylänle 50, FI-01720 Vantaa, Finland, puhelinlnt. +358 (0)20 764 61, faksilnt. +358 (0)20 764 6820  
Keski-Suomi, Hiesenkatu 6 A, FI-33100 Tampere, Finland, puhelinlnt. +358 (0)20 764 7500, faksilnt. +358 (0)20 764 7501  
Länsi-Suomi, Mustonkatu 8, FI-20750 Turku, Finland, puhelinlnt. +358 (0)20 764 7600, faksilnt. +358 (0)20 764 7649

Tavarastot/Warehouse Address

Varastokatu 10, FI-08800 Hyvinkää, Finland, puhelinlnt. +358 (0)20 764 8303, faksilnt. +358 (0)20 764 8325

Hymys: 1107293-L, WTE: FI1107293L, RetpaKiaDomide: Vantaa

LIITE 9





Sari Teräväinen  
Puh. 020 764 6551

TARJOUS 1733942

2

9. 01. 2007

OUTOKUMPU PORICOPPER OY PUTKITEHDAS

Markku Pihlajamaa p. 044-2666529  
PL 60

28101 PORI  
Telefax 02-6265304

Insinööriyö: Markku Pihlajamaa

Lineariliikkeen anturit

Myyntiehdot           TKL04, lähetetään pyydettyä

Hinnat perustuvat voimassa oleviin tuontimaksuihin ja  
tehtaan hintaan. Mikäli niissä tapahtuu muutoksia  
pidätämme oikeuden vastaaviin muutoksiin.  
Hinnat ilmoitettu ilman arvonlisäveroa.

Terveisin

SKS Automaatio Oy

**SKS Automaatio Oy**

Päätösimpiikkä/Head Office

PL 122, FI-01721 Vantaa, Finland, puhelinlntel. +358 (0)20 764 61, faksa/fax +358 (0)20 764 6820  
automaatio@skt.fi, www.skt.fi

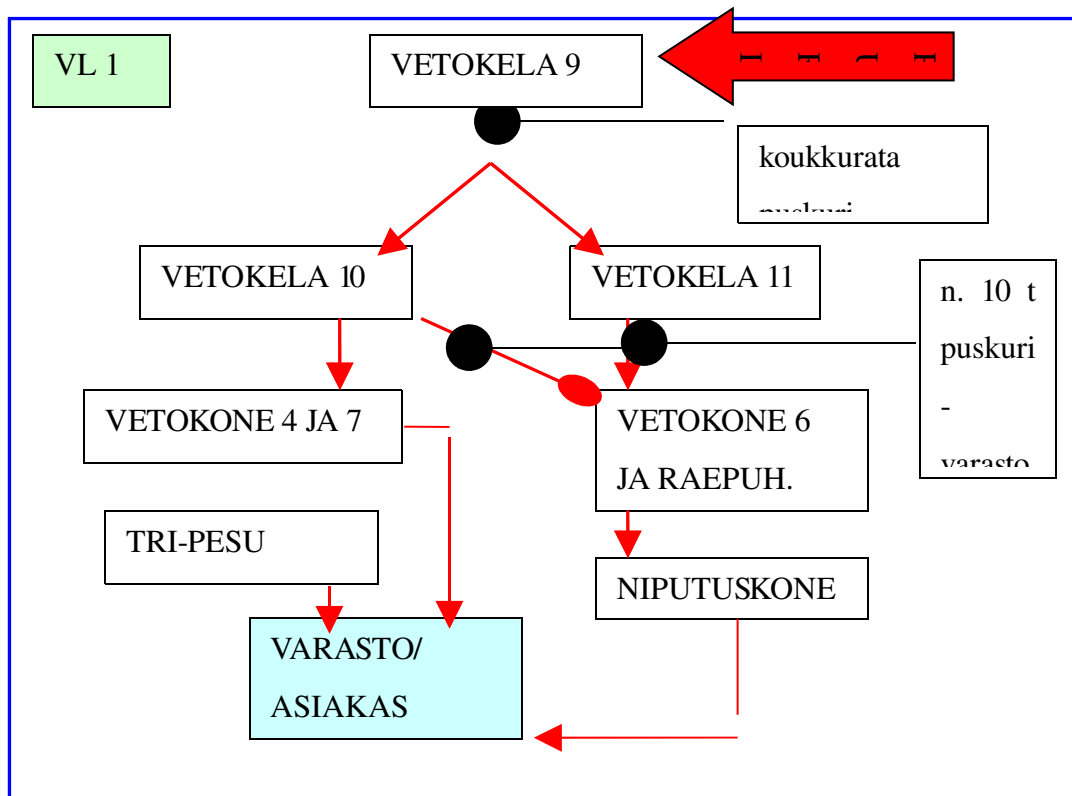
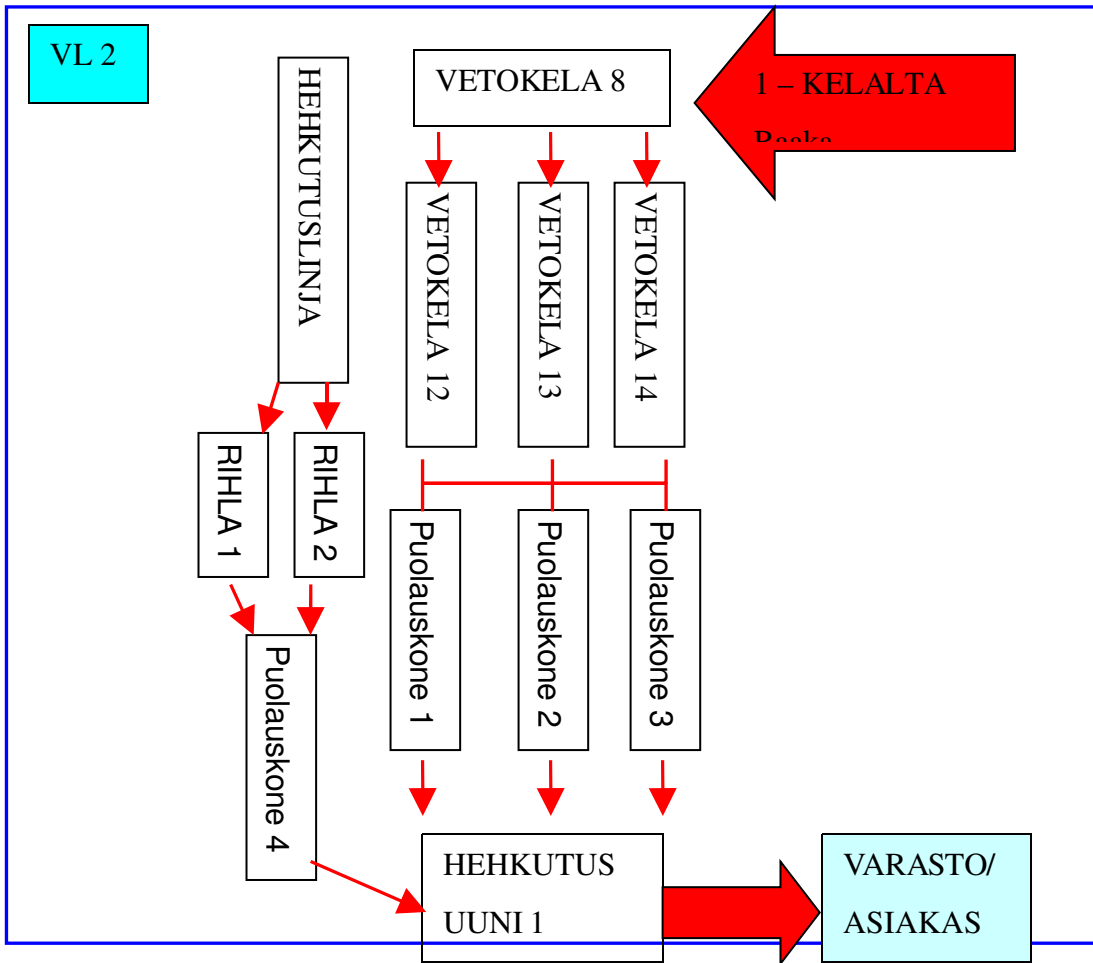
Aksetoimistot/Inna Offices

Etelä-Suomi, Marinkyläntie 50, FI-01720 Vantaa, Finland, puhelinlntel. +358 (0)20 764 61, faksa/fax +358 (0)20 764 6820  
Keskä-Suomi, Hämeneinkatu 6 A, FI-33100 Tampere, Finland, puhelinlntel. +358 (0)20 764 7500, faksa/fax +358 (0)20 764 7501  
Läntä-Suomi, Mustonkatu 8, FI-20750 Turku, Finland, puhelinlntel. +358 (0)20 764 7600, faksa/fax +358 (0)20 764 7649

Tavarastot/Warehouse Address

Varenskatu 10, FI-06800 Hyvinkää, Finland, puhelinlntel. +358 (0)20 764 8353, faksa/fax +358 (0)20 764 8355

Kyynnus: 2107293-1, WAF: FI11072931, RospaKa/Comole: Vantaa



LIITE 11

## Oikaisukone 2 asetusten seuranta

**Huomio! Asetusaikaan merkitään vain oikaisurullien säätöön kuluva aika(ei sahaniirtoon kuluva aikaa yms.)  
Romukappaleiksi merkitään vain asetuksissa romutetut kupariputket.**

Pvm/Vuoro	Työnumero	Tuotteen mitat ja kovuus	Ajoaika	Ajetut kpl, kaikki	Asetukset = Tällinteko	Romu kpl
Esimerkki	52733.1	42.00X1.50X5000R290	4h 30min	900		
01.02/AAMU					30min	12
5.2 illta	57660.1	44.00x2.00 x 5000 R290	~45min	140	15min	0
—	58611.2	53.98x1.70 x 5000 R290	~30-40	120	~5min	0
—	58389.4	50.00x1.50 x 5000 R290	~1h	210	~5min	0
—	57909.1	35.00x1.20 x 6000 R220	~2h	335	~5min	0
6.2 illta	58405.2	54.00x1.50 x 5000 R220	~30min	140	~5min	0
6.2 YÄ	58503.2	35.00x2.00x5000 R250	~1h	150	~45min	5
<del>7.2 AAMU</del>	<del>58503.2</del>	<del>35.00x2.00x5000 R250</del>	<del>~1h</del>	<del>220</del>	<del>4h</del>	<del>1000</del>
8.2 illta	58192.1	41.27x1.60 x 6000 R220SH	1h 30min	324	35min	8
5.2 YÄ	58012.5	35.00x1.50 x 5500 R220	1h	176	5min	0
9.2 illta	58405.1	54.00x2.00 x 5000 R290	30min	80	~10min	0
10.2 illta	585760.1	50.80x2.00 x 6000 R290	~15min	40	~5min	0
—	58425.1	35.00x1.20 x 6000 R290	~1h	150	35min	14
12.2 aamu	58016.2	34.43x1.40 x 3000 R250	~2h	181	1.5h	26
12.2 YÄ	58302.13	28.58x1.63 x 6m R250	~1h	150	2.5h	20
16.2 aamu	58625.1	42x1.5 6050 m R290	~1h 15min	180	10min	3
—	58634.2	42x1.5 5m R290	45min	106		2
—	58570.3	41.27x1.72 5m R290	1h	232	5min	4
—	58573.7	41.27x1.52 5m R290	~45min	130		6
6.3. aamu	58892.1	50 x 1 4.6m R290	~30min	84	10min	12

Huomioitavat asiat voi kirjoittaa tähän:

sisältää veto kokeen työn labranssa







# Ohjelmoitava LED-osoitinkoje



- 4-numeroinen, 14-segmentti LED-näyttö
- Virta-, jännite-, lämpötila- ja potentio-  
metritulo
- 2 relettä ja analogialähtö
- Universaaliapujännite
- Ohjelmointi etulevyn painikkeilla



## Sovellus:

- Osoitinkojeessa tuloviestinä voidaan käyttää virta-, jännite-, lämpötila- tai 3-johdin potentiometrituloja.
- Prosessin seuranta kahdella potentiaalivapaalla releellä ja/tai analogialähdöllä.

## Tekniset ominaisuudet:

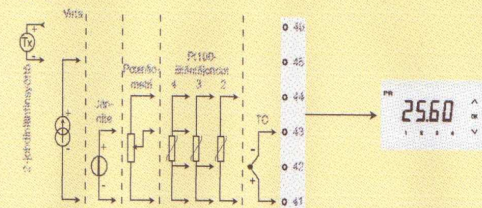
- 4-numeroinen LED-näyttö, numerokorkeus 13,8 mm, 14 segmentin kirjaimet.
- Suurin näyttölukema -1999...9999 aseteltavalla desimaalipisteellä, rele ON/OFF-osoitus.
- Kaikki toimintaparametrit voidaan asettaa sovelluksen mukaan etulevyn painikkeilla.
- Kielivalikossa kahdeksan kieltä.
- PReview 5714 voidaan toimittaa myös valmiiksi konfiguroituna asiakkaan sovelluksen mukaan.
- Versiossa B ja D releiden toiminnot voidaan koestaa ilman, että tuloviesti on kytketty.

## Asennus:

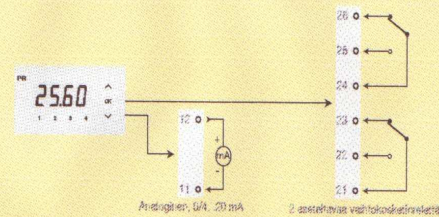
- Etulevyasennus. Toimitukseen kuuluvalla kumitiivisteellä asennusaukon ja etukehysten välissä saavutetaan koteloitiluokka IP 65 (NEMA 4).
- PReview 5714 voidaan toimittaa roiskevesiujoatulla kannella (lisävaruste), jolloin koteloitiluokka on IP 67.

## Sovellukset

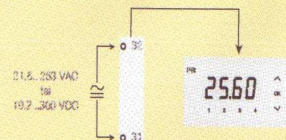
### Tulot:



### Lähdöt:



### Apujännite:

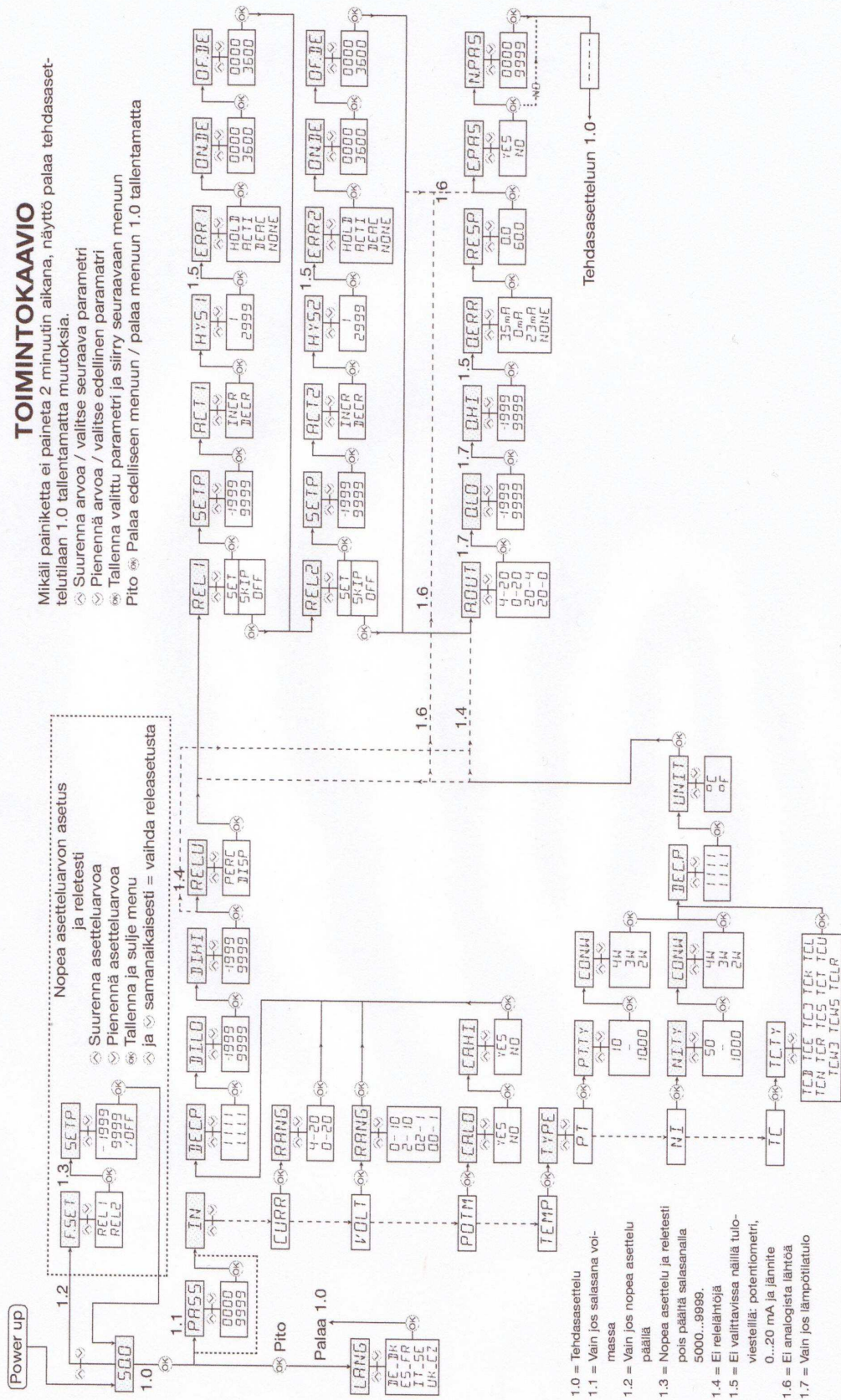




## TOIMINTOKAAVIO

Mikäli painiketta ei paineta 2 minuutin aikana, näyttö palaa tehdasasettelutilaan 1.0 tallentamatta muutoksia.

- ⊗ Suurennä arvoa / valitse seuraava parametri
- ⊗ Pienennä arvoa / valitse edellinen parametri
- ⊗ Tallenna valittu parametri ja siirry seuraavaan menuun
- ⊗ Pito ⊗ Palaa edelliseen menuun / palaa menuun 1.0 tallentamatta



Tilausohje: 5714

Tyyppi	Versio
5714	Vakio . . . . . : A
	2 relettä . . . . . : B
	Analogialähtö . . . . . : C
	Analogialähtö ja 2 relettä . . . . . : D

**HUOM!** Roiskevesisuojaus kansi (IP 67) on tilattava erikseen.  
Tilausnumero: 8335.

**Sähköiset tiedot:**

**Erittelyalue:**  
-20°C...+60°C

**Yhteiset tiedot:**

Universaaliapujännite ..... 21,6...253 VAC, 50...60 Hz  
tai 19,2...300 VDC

**Virrankulutus:**

Tyyppi	Sisäinen virrankulutus	Suurin virrankulutus
5714A	2,2 W	2,5 W
5714B	2,7 W	3,0 W
5714C	2,7 W	3,0 W
5714D	3,2 W	3,5 W

Eristysjännite, koe / toiminto ..... 2,3 kVAC / 250 VAC  
Viesti- / kohinasuhde ..... min. 60 dB (0...100 kHz)  
Vasteaika (0...90 %, 100...10 %), aseteltava:  
Lämpötilatulo ..... 1...60 s  
Virta- / jännitetulo ..... 0,4...60 s  
Kalibrointilämpötila ..... 20...28°C

**Tarkkuudeksi valitaan suurempi yleisestä tai perusarvosta:**

Yleiset arvot		
Tulo-tyyppi	Absoluuttinen tarkkuus	Lämpötilariippuvuus
kaikki	≤ ±0,1% lukemasta	≤ ±0,01% lukemasta / °C

Perusarvot		
Tulo-tyyppi	Perus-tarkkuus	Lämpötilariippuvuus
mA	≤ ±4 µA	≤ ±0,4 µA / °C
V	≤ ±20 µV	≤ ±2 µV / °C
Potentiometri	≤ ±0,1 Ω	≤ ±0,01 Ω / °C
Pt100	≤ ±0,2°C	≤ ±0,02°C / °C
Ni100	≤ ±0,3°C	≤ ±0,03°C / °C
Termoelementti: E, J, K, L, N, T, U	≤ ±1°C	≤ ±0,05°C / °C
TE: B, R, S, W3, W5, LR	≤ ±2°C	≤ ±0,2°C / °C

EMC-immuneettiriippuvuus ..... < ±0,5% lukemasta

**Lisäjännitteet:**

2-johdinlähetysoitto ..... 25...16 VDC / 0...20 mA  
Johdinkoko, liittimet 41-46 (maks.) ... 1 x 1,5 mm<sup>2</sup> hienosäikeinen  
Johdinkoko, muut (maks.) ..... 1 x 2,5 mm<sup>2</sup> hienosäikeinen  
Ilman kosteus ..... < 95% RH (ei kond.)  
Mitat (K x L x S) ..... 48 x 96 x 120 mm  
Asennusaukko ..... 44,5 x 91,5 mm  
Kotelointiluokka (etulevy) ..... IP 65  
Paino ..... 230 g

**Vastanturi- (RTD) ja potentiometritulo:**

Tulo-tyyppi	Pienin arvo	Suurin arvo	Normi
Pt100	-200°C	+850°C	IEC60751
Ni100	-60°C	+250°C	DIN 43760
Potentiometri	10 Ω	100 kΩ	-

**Vastanturitulotyyppit:**

Pt10, Pt20, Pt50, Pt100, Pt200, Pt250,  
Pt300, Pt400, Pt500, Pt1000  
Ni50, Ni100, Ni120, Ni1000

Vastanturi/ johdin, RTD (maks.) ..... 50 Ω  
Anturivirta, RTD ..... nim. 0,2 mA  
Anturikaapelivastuksen vaikutus  
(3- /4-johdin), RTD ..... < 0,002 Ω / Ω  
Anturivian ilmaisu, RTD ..... kyllä  
Oikosulun ilmaisu, RTD ..... < 15 Ω

**Termoelementtitulo:**

Tyyppi	Pienin arvo	Suurin arvo	Normi
B	+400°C	+1820°C	IEC 60584-1
E	-100°C	+1000°C	IEC 60584-1
J	-100°C	+1200°C	IEC 60584-1
K	-180°C	+1372°C	IEC 60584-1
L	-200°C	+900°C	DIN 43710
N	-180°C	+1300°C	IEC 60584-1
R	-50°C	+1760°C	IEC 60584-1
S	-50°C	+1760°C	IEC 60584-1
T	-200°C	+400°C	IEC 60584-1
U	-200°C	+600°C	DIN 43710
W3	0°C	+2300°C	ASTM E988-90
W5	0°C	+2300°C	ASTM E988-90
LR	-200°C	+800°C	GOST 3044-84

**Kylmäpistekompensointi (CJC)**

sisäisen anturin kautta ..... < ±1,0 °C  
Anturivian ilmaisu, kaikki TE-tyypit.. kyllä  
Anturivian mittausvirta:  
mittaessa ..... nim. 2 µA  
muuten ..... 0 µA

**Virtatulo:**

Mittausalue ..... -1...25 mA  
Valittavat mittausalueet ..... 0...20 ja 4...20 mA  
Tulovastus ..... nim. 20 Ω + PTC 25 Ω  
Tulopiirin valvonta 4...20 mA ..... kyllä

**Jännitetulo:**

Mittausalue ..... -20 mV...12 VDC  
Valittavat mittausalueet ..... 0...1 / 0,2...1 /  
0...10 / 2...10 VDC  
Tulovastus ..... nim. 10 MΩ

**Lähdöt:**

**Näyttö:**

Näyttölukema ..... -1999...9999 (4 numeroa)  
Desimaalipiste ..... aseteltava etulevystä  
Numerokorkeus ..... 13,8 mm  
Näytön päivitys ..... 2,2 kertaa/ s  
Tulo tuloalueen ylityksenä  
näytetään ..... tekstillä

**Virtalähtö:**

Viestialue ..... 0...20 mA  
Aseteltavat viestialueet ..... 0...20 / 4...20 /  
20...0 / 20...4 mA

Kuorma (maks.) ..... 20 mA / 800 Ω / 16 VDC  
Kuorman vakavuus ..... ≤ 0,01% alueesta/100 Ω  
Anturivian ilmaisu ..... 0/3,5/23 mA/ei mitään  
NAMUR NE 43 ylös ..... 23 mA  
NAMUR NE 43 alas ..... 3,5 mA

**Ulostulorajoitukset:**

4...20 ja 20...4 mA -viestit ..... 3,8...20,5 mA  
on 0...20 ja 20...0 mA -viestit ..... 0...20,5 mA  
Virtarajoitus ..... ≤ 28 mA

**Relelähdt:**

Reletoiminto ..... Setpoint  
Hystereesi, % / näyttöyksikköä ..... 0,1...25% / 1...2999  
On- ja Off-osoitus ..... 0...3600 s  
Anturivian ilmaisu ..... avautuva/sulkeutuva/pito  
Suurin jännite ..... 250 VRMS  
Suurin virta ..... 2 A / AC  
Suurin AC-teho ..... 500 VA  
Suurin virta @ 24 VDC ..... 1 A

**Meritekninen hyväksyntä:**

Det Norske Veritas, Ships & Offshore. Stand. for Certific. No. 2.4

**EU:n direktiivit:**

EMC 2004/108/EC  
säteily ja immunitaetti ..... EN 61326  
LVD 73/23/EEC ..... EN 61010-1  
UL, turvastandardi ..... UL 508

**Vastaava standardi:**

PULSSIMITTAUS, ABSOLUUTTIMITTAUS

# Monitoiminäyttö MA10/4

Vapaasti ohjelmoitava asemanäyttö pulssilähtöisille ja absoluuttisille antureille. Kirjain/numeronäyttö helpottaa näyttämän lukemista ja ymmärtämistä.



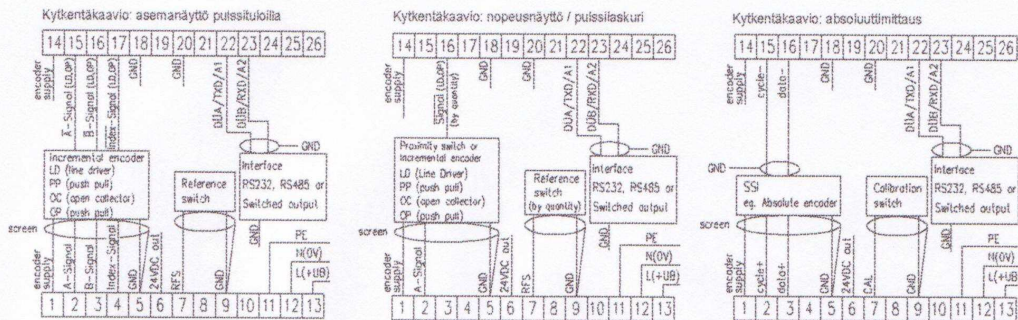
## Ominaisuudet:

- 12-merkkinen kirkas LCD-pistematriisinäyttö
- käytetään pulssianturien, pulssilähtöisten magneettianturien (MSK...) tai absoluuttianturien (SSI-lähtö) kanssa
- vapaasti ohjelmoitavissa etulevyn painikkeilla
- optio: sarjaliikenneliityntä
- optio: nopeusnäyttö / pulssilaskuri

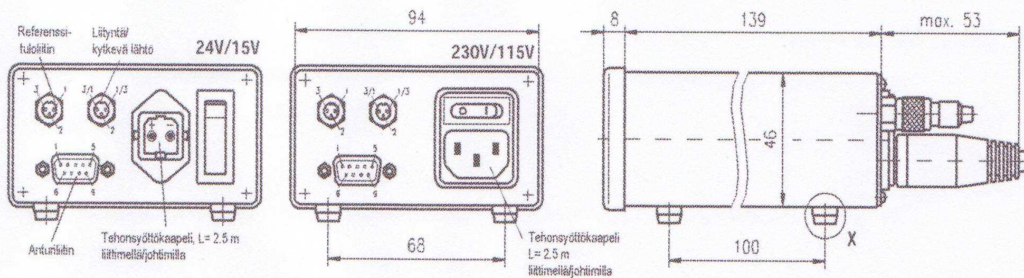
Ominaisuudet	Vaihtoehdot	Tekniset tiedot	Lisätietoja
Rakenne	EG	paneeliasennuskotelo	
	TG	pöytäkotelo	
Käyttöjännite	1	230 VAC ±10%	
	2	115 VAC ±10%	
	3	24 VAC ±10%	
	4	24 VDC ±20%	
	9	15 VAC ±10%	
Anturitulo	PP	push pull	asemanäyttö
	OC	avokollektorin	asemanäyttö
	OP	push pull vastavaihesignaalein	asemanäyttö
	LD/5	line driver / 5 VDC anturisyöttö / 5 VDC tulo	asemanäyttö
	LD/24	line driver / 24 VDC anturisyöttö / 5 VDC tulo	asemanäyttö
	SSI/5	SSI / 5 VDC	absoluuttimittaus
	SSI/24	SSI / 24 VDC	absoluuttimittaus
	DREH/PP	push pull / 24 VDC anturisyöttö	nopeusnäyttö
	DREH/OC	avokollektorin / 24 VDC anturisyöttö	nopeusnäyttö
	S/PP	push pull / 24 VDC anturisyöttö	pulssilaskuri
S/OC	avokollektorin / 24 VDC anturisyöttö	pulssilaskuri	
Laskentataajuus (kHz)	25		
	250		
	500		
Kytkevä lähtö	SO	ei kytkevää lähtöä	
	SM	kytkevät lähdöt	2 x NPN-lähtö, maks. 30V / 100mA
Referenssitulo	RM	referenssitulo, maapotentiaalia kytkevä	vakiona paneeliasennusversiossa EG
	RO	ei referenssituloa	
Liityntä / protokolla	XX/XX	ei liityntää	
	S1/00	RS232 / vakioprotokolla	
	S3/00	RS485 / vakioprotokolla	
Etulevyn kalvo	BS	siniset kalvonappaimet, SIKO-logo	vakio
	BN	siniset kalvonappaimet, ilman logoa	
Ohjelmisto	S		vakio

# Monitoiminäyttö MA10/4

## Rakenne EG

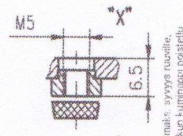


## Rakenne TG



Anturi- liitin	PP, OC	OP, LD/5, LD/24	SSI/5, SSI/24	DREH/PP, DREH/OC, S/PP, S/OC
Pin 1	anturisyöttö	anturisyöttö	anturisyöttö	anturisyöttö
Pin 2	A-signaali	A-signaali	kellotaajuus +	A-signaali
Pin 3	B-signaali	B-signaali	data +	N.C.
Pin 4	I-signaali	I-signaali	N.C.	N.C.
Pin 5	GND	GND	GND	GND
Pin 6	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
Pin 7	N.C.	/A-signaali	kellotaajuus -	N.C.
Pin 8	N.C.	/B-signaali	data-	N.C.
Pin 9	N.C.	/I-signaali I/O	N.C.	N.C.

N.C. = ei kytketty



Referenssi- tuloliitin	PP, OC, OP, LD/5, LD/24, S/PP, S/OC	SSI/5, SSI/24	Liityntä	Kytävä liittö
Pin 1	RFS	CAL	Pin 1	GND
Pin 2	GND	GND	Pin 2	DÜB/RXD
Pin 3	+24V	+24V	Pin 3	DÜA/TXD

### Tekniset tiedot

Näyttö / näyttämä	12-merkkinen LCD-pislematriisi	-999 999 ... 9999 999 + etumerkki + mätäyksikkö
Laskenta-aajuus	maks. 500 kHz	
Laskentakapasiteetti	± 2 <sup>o</sup> puussia	
Puussintunnistus	4-kertainen	(tunnistaa A- ja B-kanavista sekä nousevan että laskevan puussireunan)
Tehonkulutus	< 9 VA	
Koteloinnluokka	IP40 koko laite	IP60 etulevy paneelin asennettuna
Käyttölämpötila-alue	0 ... +50°C	
Varastoinnlämpötila-alue	-20 ... +85°C	
Kotelo	EG: muovikotelo TG: alumiiniprofiilikotelo	kiinnitys paneeliin asennusaukkoon painamalla
Ilmankosteus	kondensaatiota ei sallita	
Merkintä / suojausluokka	laitteessa CE-merkki	häiriösuojausluokka 3 (IEC 801)

### Lisätietoja

**ESIMERKKI 3**

**MB100**-magneettinauha  
**MSK100**-magneettinauha-anturi  
**MA10/4**-näyttö

Halutaan mitata matkaa millimetreinä, kahden desimaalin tarkkuudella.

- mittamatka 100 mm (valitaan itse)
- anturin erottelukyky 0,001 mm (eräs MSK100-versio, muut vaihtoehdot: sivu 5)
- erottelukykykerroin 4 (sama kaikissa MSK-antureissa)

$$\rightarrow \text{pulsseja/mittamatka} = \frac{100 \text{ mm}}{4 \times 0,001 \text{ mm}} = 25000$$

**MA10/4-näyttöön syötettävät tärkeimmät parametrit:**

DEC:	0.00	desimaalipisteen paikka
DPR:	100.00	näyttämä yhden mittamatkan jälkeen
DIVISOR:	1	näytön jakaja
INCR:	25000	pulsseja/mittamatka
UNITS:	mm	näytettävä mittayksikkö

Muut parametrit sovelluksen tarpeiden mukaan.



**Siko MA10/4-digitaalisen näytön valikoiden suomenkieliset käyttöohjeet**

Inkrementti-versio:

<b>Näytön teksti</b>	<b>Valittavat arvot</b>	<b>Kuvaus</b>
<b>LANGUAGE</b>	Ger. tai Eng.	Näytön kielen valinta
<b>DEC</b>	0.; 0.0; 0.00; 0.000	Desimaalipisteen paikan valinta
<b>DPR</b>	0...59999	Näyttämä yhden mittamatkan jälkeen. Arvo, jonka näyttö lisää/vähentää 1 kierroksen jälkeen koodauslaitteelta.
<b>DIVISOR</b>	1; 10; 100; 1000	Näytön jakaja
<b>INCR</b>	0...59999	Pulsseja/kierros
<b>DIRECTION</b>	c; cc	Laskenta suunta;c=myötäp.,cc=vastap.
<b>INDEX</b>	I-lang; 0-lang; I-kurz	Indeksin valinta
<b>TRS</b>	n.open; n.closed	Käsi referenssi piste
<b>REF</b>	-999999...+999999	Referenssipisteen asetus
<b>OFF</b>	-999999...+999999	Siirtymän(offsetin) määrittäminen
<b>RESET</b>	off; on; del.1s; del.3s	Kuittauspainikkeen määrittäminen, viive
<b>ABS/REL</b>	off; on	Ei inkrementti anturille, vain absoluutti!
<b>RE/OFF.EN</b>	off; on	Referenssi/offsetti päällä tai pois
<b>STO</b>	off; on	On-tilassa muistaa viimeisen paikan ennen pois kytkemistä, off-tilassa täytyy kalibroida eli nollata.
<b>P-KEY</b>	3s; 5s; 10s; 20s; 30s	Viiveen määrittäminen, koska laskee tuloksen
<b>BAUD</b>	2400; 4800; 9600; 19200; SIKON.3	Raja-pinnan Baud-määrä
<b>ADR</b>	1...31	Osoite asetus SIKONETZ3-baudille
<b>UPL</b>	-999999...+999999	Tulon yläkytkentäraja
<b>LOL</b>	-999999...+999999	Tulon alakytkentäraja
<b>LIMIT.EN</b>	off; on	Raja-arvojen valinta

<b>UNITS</b>	--; mm; cm; m; km	Näytettävä mittayksikkö
<b>D.ANGLE</b>	-5...+4	Kontrastin säätö
<b>CODE</b>	00000	Koodin syöttö: huolto
<b>CONTROL</b>	aus; ein	Koodin tulo: huolto