

**KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU**  
**TEKNIikka**

Aarni Mikko

**Proportionaaliventtiilien elinkaaren analyysi**

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Automaatiotekniikan tuotantopainotteinen koulutusohjelma

Kemi 2011

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Outokumpu Oyj:n Tornion tehtaiden kylmävalssaamolle. Työn aihe on saatu insinööri Pekka Hiltuselta, joka toimii työnjohtajana kylmävalssaamolla.

Työn tarkoituksena oli tehdä proportionaaliventtiilien elinkaaren analyysi HP-linjoille ja valmistelulinjalle sekä saattaa laiterekisteri ajan tasalle. Vanhentuneen laitekannan tilalle oli tarkoitus löytää uusi vastaava laitteisto.

Työ sai alkunsa, kun keskustelin työnjohtaja Pekka Hiltusen kanssa mahdollisesta opinnäytetyön aiheesta ja kävi ilmi että Outokummun kylmävalssaamolla olisi syytä laatia menetelmä proportionaaliventtiilin käyttöään määrittämiseksi, koska laitekanta on päässyt vanhentumaan ja samalla selvittää korvaavien laitteiden saatavuus.

Työn valmistumisessa haluan lämpimästi kiittää työnvalvojaa kunnossapitoinsinööriä Sauli Kiiskilää Outokummulta sekä työnjohtajia Pekka Hiltusta ja Jussi Halmkronaa, jotka ovat auttaneet työn valmistumisessa.

## TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Mikko Aarni
Opinnäytetyön nimi	Proportionaaliventtiilien elinkaaren analyysi
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	29.3.2011
sivumäärä	56 + 5 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	DI Tuomas Pussila
Yritys	Outokumpu Oyj
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Insinööri Sauli Kiiskilä

Tämä opinnäytetyö on tehty Outokumpu Oyj:lle Tornion tehtaiden kylmävalssaamolle. Kylmävalssaamolta työn valvojana toimi kunnossapitoinsinööri Sauli Kiiskilä.

Työssä keskitytään tehtaan kylmävalssaamossa esiin tulleen ongelman selvittämiseen. Laitekanta on osittain päässyt vanhentumaan, jolloin on syytä selvittää kaikkien tarpeellisten uusien korvaavien laitteiden saatavuus tarvittaessa. Samalla pyritään laatimaan menetelmä proportionaaliventtiilien käyttöään määrittämiseksi. Tietoa voisi ehkä hyödyntää välttämättömien huoltoseisokkien yhteydessä, jolloin ehkä voisi vaihtaa myös lähiaikoina käyttöikänsä loppuun tulevat venttiilit ja siten välttää linjan pysähtymiseltä kesken tuotantoprosessin vältettävissä olevan laiterikon takia.

Kirjallisuusosassa kuvattiin tuotantoprosessia, hydraulikan ja kunnossapidon perusteita sekä tuotantoyksikössä käytössä olevaa kunnossapitojärjestelmää.

Kokeellisessa osassa tehtiin piirikaavioista saatujen tietojen perusteella taulukko, josta selviää positio, proportionaaliventtiilin tyyppi ja VT-ohjauskortti. Proportionaaliventtiilien tyyppitietojen tarkistaminen sekä täydentäminen suoritettiin kiertämällä kaikki tuotantolinjat läpi ja käymällä läpi jokaisen yksittäisen proportionaaliventtiilin tyyppi. Koska joitakin poikkeamia oli vuosien varrella tehtyjen huoltojen yhteydessä jostakin syystä merkintöihin tullut, saatettiin listat ajan tasalle. Päivitetyt tiedot merkittiin kunnossapitojärjestelmä Kutiin. Samassa yhteydessä luotiin Kutiin myös järjestelmä, jossa jokaisen proportionaaliventtiilin käyttöikä rekisteröitiin ja näin luotiin perusdata, josta voidaan myöhemmin määrittellä keskimääräinen käyttöikä kullekin venttiilityypille.

Asiasanat: automaatio, analyysi, dokumentointi, elinkaari.

**ABSTRACT**

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Electrical Engineering
Name	Mikko Aarni
Title	The Life Cycle of the Proportional Valve
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	29 March 2011
Pages	57 + 5 appendices tai appendixes
Instructor	Instructor Tuomas Pussila, MSc, (Tech.)
Company	Outokumpu Oyj
Contact Person/Supervisor from Company	Sauli Kiiskilä, MechEng Outokumpu Oyj

This study is done at the coldrolling productionlines of the Outokumpu Tornio Works under the Supervisor Sauli Kiiskilä, MechEng Outokumpu Oyj.

The purpose of the job was to make the life cycle analysis of the proportional valves on the HP-3-line and the prepairingline and update the register of the equipments. The outdated equipments should be found and prepared to substitute by the corresponding equipments.

At the literature part was described the production process, the basics of the hydraulics and the basics of the preventive maintenance and the actual maintenance system.

At the working part of the study the table was created where the position, the type of the proportional valve and the VT-control card can be found. The table was

controlled by checking all the individual valves in the production lines and the errors were prepared. All the new data was put into the Maintenance System Kuti. At the same time the working time of all the individual proportional valves was observed and the data was created, where the average life time of the valves can be calculated after some months and years.

## SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT .....	I
TIIVISTELMÄ.....	II
ABSTRACT .....	III
SISÄLLYSLUETTELO.....	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	V
1. JOHDANTO.....	1
2. PROESSIN KUVAUS .....	3
2.1. Tuotantoketju malmista jaloteräkseksi - prosessikuvaus .....	3
2.2. Kylmävalssaamon toiminnan yleiskuvaus ja yksityiskohtaisempikuvaus .....	5
2.3. Valmistelulinja.....	8
2.4. HP3-linja.....	10
2.4.1. Hehkutusuuni .....	11
2.4.2. Jäähdytysvyöhyke .....	12
2.4.3. Kuulapuhallus .....	12
2.4.4. Elektrolyyttipeittäus.....	13
2.4.5. Sekahappopeittäus.....	14
2.4.6. Huuhtelu ja tarkastus .....	15
2.5. HP-linjat 1, 2 ja 4 .....	17
3. HYDRAULIIKAN PERUSPIIRTEIDEN KUVAUS.....	18
3.1. Yleistä.....	18
3.2. Hydraulisen, mekaanisen ja sähköisen tehonsiirron vertailu .....	19
3.3. Proportionaali- ja servoventtiilit.....	19
3.3.1. Proportionaaliventtiilien ohjaus .....	20
3.3.2. Sähköisen käskyarvon muuntaminen mekaaniseksi voimaksi tai liikkeeksi .....	21
3.3.3. Tilavuusvirtavahvistus.....	23
3.3.4. Nousuaika .....	25
4. KUNNOSSAPIDON PERUSTEIDEN KUVAUS .....	26
4.1. Kunnonvalvonta osana kunnossapitoa.....	26
4.1.1. Korjaava kunnossapito.....	27
4.1.2. Ennakoiva kunnossapito .....	27
4.1.3. Parantava kunnossapito .....	28
4.2. Kylmävalssaamon kunnossapito .....	28
5. KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄ KUTIN KUVAUS .....	31
5.1. Laiterekisteri .....	32
6. PROPORTIONAALIVENTTIILIEN ELINKAAREN ANALYYSI .....	33
6.1. Instrumenttipiirikaavioiden tutkiminen .....	33
6.2. Instrumenttipiirikaavioiden tietojen tarkistaminen.....	34
6.3. Proportionaaliventtiilien vastaavuustaulukot .....	34
6.4. Taulukoiden lisääminen KUTI:iin.....	36
6.5. VT-vahvistinmoduuli.....	40
7. YHTEENVETO .....	44
8. LÄHDELUETTELO.....	46
9. LIITELUETTELO.....	47

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

KYVA	Kylmävalssaamo
HP-1	Hehkutus-peittauslinja 1
HP-2	Hehkutus-peittauslinja 2
HP-3	Hehkutus-peittauslinja 3
HP-4	Hehkutus-peittauslinja 4
VA-1	Valmistelulinja 1
KUTI	Kunnossapidon tietojärjestelmä

## 1. JOHDANTO

Outokumpu-konsernin toiminta keskittyy teräkseen ja teknologiaan. Torniossa ja Keminmaassa toimivat Outokumpu Stainless Oy ja Outokumpu Chrome Oy kuuluvat Outokumpu-konsernin General Stainless-liiketoiminta- alueeseen. /8/

Ainutlaatuinen ja täysin integroitu tuotantoketju alkaa Keminmaassa sijaitsevasta kromikaivoksesta ja jatkuu Torniossa ferrokromitehtaan, terässulaton, kuumavalssaamon sekä kylmävalssaamojen prosesseissa. Tornion terästehdas on maailman suurin yhtenäinen ruostumattoman teräksen valmistusyksikkö. /8/

Torniossa ja Keminmaassa työskenteli vuonna 2010 yhteensä noin 2400 henkilöä. Lisäksi kromi- ja terästuotannon välillinen vaikutus alueelle on lähes 9000 työpaikkaa. /8/

Suurin osa lopputuotannosta, ruostumattomista teräsnauvoista ja -levyistä, toimitetaan Tornioista asiakkaille yli 60 eri maahan. Osa tuotannosta kulkee Röyttän sataman kautta laivoilla Terneuzeniin, Hollantiin. Siellä nauhat ja levyt leikataan asiakkaiden haluamiin mittoihin jatkokäsittelylaitoksessa, Outokumpu Stainless Oy:n tytäryhtiössä Outokumpu Stainless B.V:ssä. /8/

Röyttän satamassa toimii Outokumpu Stainless Oy:n toinen tytäryhtiö, Kandelinin Seuraajat Oy. Se huolehtii Röyttän sataman tavaraliikenteestä ja vastaa kaikesta satamassa tapahtuvasta laivojen ahtaus- ja laivanselvitystoiminnasta. Tämän lisäksi yhtiö harjoittaa kuorma-autoliikennettä. /8/

Työssä keskitytään tehtaan kylmävalssaamossa esiin tulleen ongelman selvittämiseen. Laitekanta on osittain päässyt vanhentumaan, jolloin on syytä selvittää kaikkien tarpeellisten uusien korvaavien laitteiden saatavuus tarvittaessa. Samalla pyritään laatimaan menetelmä

proportionaaliventtiilien käyttöiän määrittämiseksi. Tietoa voisi ehkä hyödyntää välttämättömien huoltoseisokkien yhteydessä, jolloin ehkä voisi vaihtaa myös lähiaikoina käyttöikänsä loppuun tulevat venttiilit ja siten välttyä linjan pysähtymiseltä kesken tuotantoprosessin vältettävissä olevan laiterikon takia.

## 2. PROSESSIN KUVAUS

### 2.1. Tuotantoketju malmista jaloteräkseksi - prosessikuvaus

Tuotantoketju alkaa Keminmaan kaivokselta. Kromimalmio löydettiin vuonna 1959 ja vuonna 1968 rikastamo aloitti toimintansa. Louhiminen aloitettiin ensin avolouhoksena ja sitten vuonna 1999 siirryttiin maan alle. Kaivoksella louhittu malmi rikastetaan, minkä jälkeen rikastettu kromimalmi kuljetetaan Tornion tehtaalle. /8/

Tornion tehtaat muodostuvat erilaisista tuotantolinjoista, joista ensimmäisenä otettiin käyttöön ferrokromitehdas vuonna 1968. Sen ensimmäisten vuosien tuotanto oli vain noin 25 000 tonnia. Nykyään ferrokromitehtaan vuosikapasiteetti on jo 270 000 tonnia. /8/

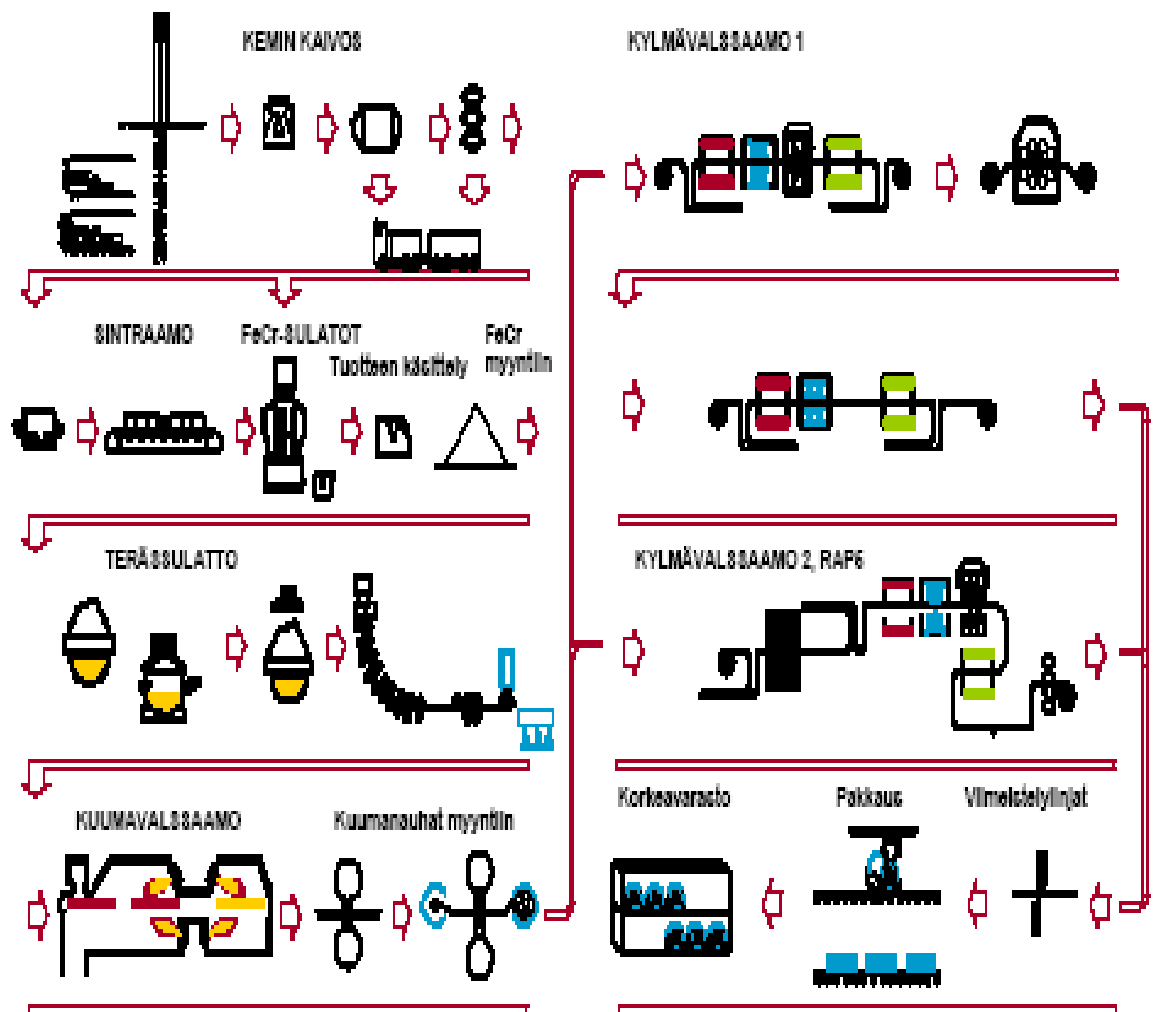
Ferrokromitehtaalla malmi menee ensin sintraamolle, jossa se jauhetaan ja pelletoidaan. Pelletoinnin jälkeen malmi sintrataan sintrausuunissa. Tämän jälkeen suurin osa tuotannosta toimitetaan automaattisella junalla terässulatolle. /8/

Vuonna 1974 valettiin terässulaton peruskivi ja sulaton rakentaminen oli kaksivuotinen rakennusprojekti. Terässulaton valmistuminen mahdollisti romuteräksen uusiokäytön. Terässulaton tuotanto alkaa raaka-ainevarastolta, josta kierrätysteräs kuljetetaan sulatuslinjoille. Tarvittaessa romu ensin kuivataan, jonka jälkeen tehdään panostus joko kromikonvertteriin tai valokaariuuniin. Kromikonvertterissa sulasta puhalletaan hapen avulla pii ja osa hiilestä pois. Valokaariuunissa lisätään tarvittavat lisäaineet. Konvertterista sula teräs siirretään senkka-asemalle ja siihen lisätään tarpeen mukaan lisäaineita. Viimeisenä sulateräs menee jatkuvavalukoneelle, jossa sula jähmettyy ja se katkaistaan aihioiksi. /8/

Kuumavalssaamalla tuotanto alkoi vuonna 1988. Kuumavalssaamo jatkojalostaa terässulaton ja ferrokromitehtaan tuotannosta saadut teräsaihiot. Nykyään

kuumavalssaamalla valssataan noin 1,7 miljoonaa tonnia vuodessa. Kuumavalssaamolle saapuva aihio on 180 mm paksu ja noin 14 metriä pitkä. Askelpalkkiuunissa kuumentamisen jälkeen aihio valssataan 22 mm paksuksi ja 100 metriä pitkäksi nauhaksi. Tämän jälkeen nauha valssataan vielä nauhavalssaimella. Jatkokäsittely nauharullalle tapahtuu kylmävalssaamalla.

Kylmävalssaamo vihittiin käyttöön vuonna 1977, ja sen aloituskapasiteetti oli 50 000 tonnia. Kuumavalssaamalla valmistunut nauha kuljetetaan hehkutus- ja peittäuslinjoille, jossa nauha ensin hehkutetaan. Hehkutuksen jälkeen nauhan pinnassa oleva oksidikerros rikotaan kuulapuhalluksella. Elektrolyytti- ja sekahappopeittauksilla liuotetaan nauhan pinnasta loput oksidikerroksesta sekä pintaan syntynyt kromiköyhä kerros. Tämän jälkeen nauha valssataan oikeaan paksuuteen ja valssauksen jälkeen nauha hehkutetaan ja peitataan uudelleen. Lopuksi nauha leikataan levyiksi tai kapeammiksi rulliksi asiakkaan tilauksen mukaan. Tuotantoketju malmista jaloteräkseksi ilmenee yksityiskohtaisesti kuvassa 1 esitettävästä tuotantoketjukaaviosta. /8/



Kuva 1. Kromimalmista jaloteräkseksi /8/

## 2.2. Kylmävalssaamon toiminnan yleiskuvaus ja yksityiskohtaisempikuvaus

Kuumavalssaamolta tullut kuumanauha valmistellaan valmistelulinjalla tai se otetaan suoraan kuumanauhahehkutukseen ja -peittaukseen. Hehkutuksessa nauhasta poistetaan kuumanauhavalssauksessa syntyneet jännitykset. Kuulapuhalluksen ja elektrolyytti- ja happopeittausten avulla poistetaan niin kuumavalssauksessa kuin hehkutuksessa syntynyt hilse ja kromiköyhä alue sekä ennen uudelleenkelautusta suoritetaan pinnanlaatu- ja mittatarkastus. Pinnanlaatu- ja mittatarkastuksen perusteella hehkutettu ja peitattu kuumanauha

menee tilauksesta riippuen joko kuumatuoteleikkaukseen, pakkaukseen ja tuotevarastoon tai kylmävalssaukseen joko suoraan tai tarvittaessa pinnan korjaushionnan kautta. /8/

Kylmävalssauksessa tavoitteena on tuotenauhan tilauksen mukainen loppupaksuus. Kylmävalssauksessa nauhassa tapahtuu muokkauslujittumista niin, että nauha voidaan valssata korkeintaan 80 % muokkausasteeseen saakka. Annettuun väli- tai loppumittaan valssattu tuotenauha menee välivarastoinnin kautta kylmänauhahehkutukseen ja -peittaukseen sekä ennen uudelleenkelautusta suoritetaan jälleen pinnanlaatu- ja mittatarkastus. Tilauksen mukaiseen mittaan valssatulle kylmänauhalle suoritetaan ennen leikkausta pinnanlaadun parantamiseksi lähes aina venytysoikaisu ja/tai viimeistelyvalssaus. Leikkauksen jälkeen tuote pakataan tilauksen mukaisiin pakkauksiin ja varastoidaan. Varastosta tuote toimitetaan tilauksen mukaisena toimitusaikana asiakkaalle. /8/

Prosessin sisäiset materiaalikuljetukset suoritetaan pääasiassa vihivaunuilla ja siltanostureilla. /8/

Kylmävalssaamossa kuumavalssattu teräsnauha käsitellään ensin hehkutus-peittauslinja 3:ssa, jossa se hehkutetaan teräksen sisäisen rakenteen tasaamiseksi. Sen jälkeen nauha puhdistetaan mekaanisesti kuulapuhalluksella ja peitataan ensin elektrolyttisesti neutraalissa natriumsulfaattiliuoksessa ja lopuksi sekahapolla. Sekahapossa typpihapon pitoisuus on 100-120 g/l ja fluorivetyhapon pitoisuus 20-25 g/l. /8/

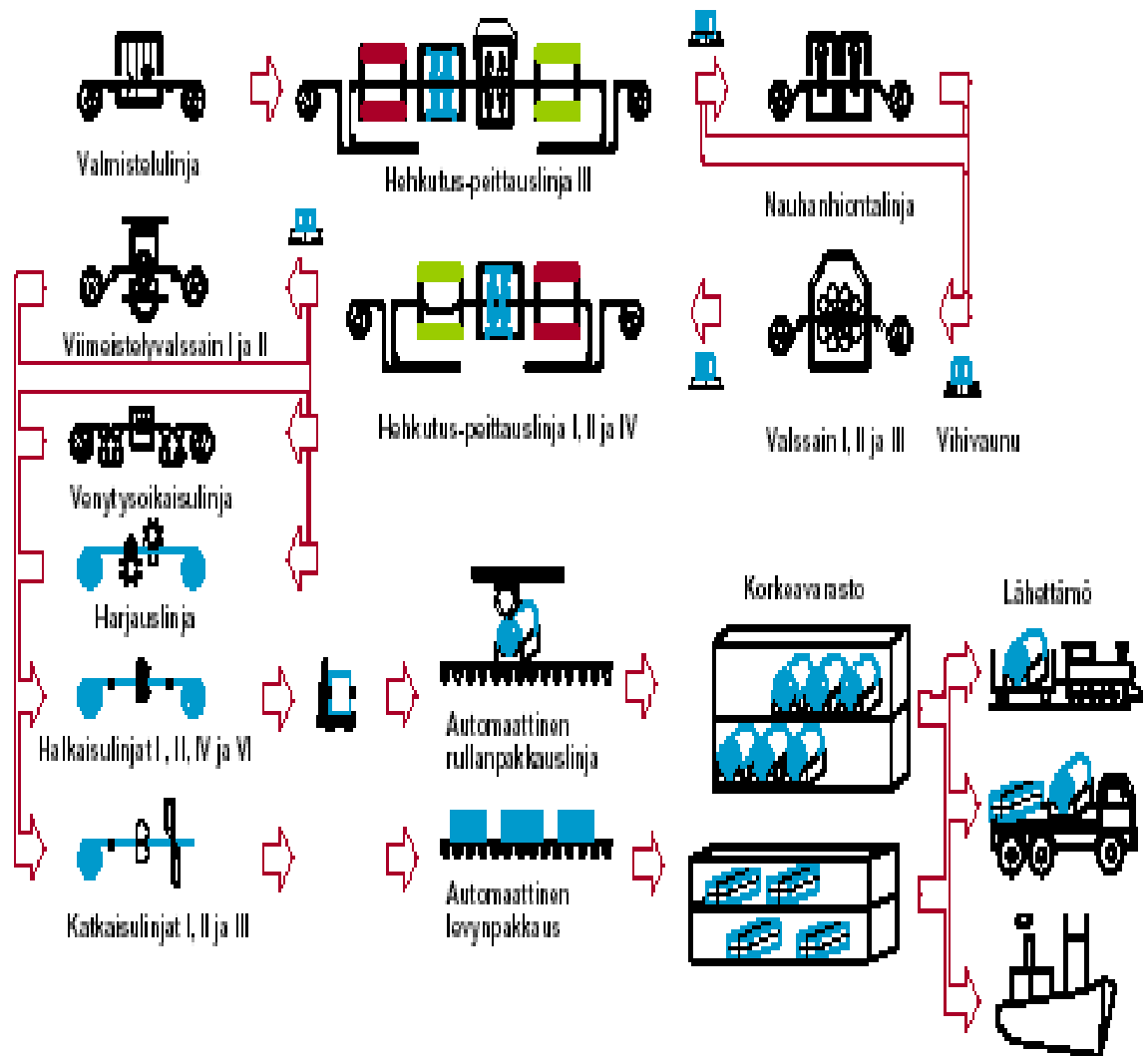
Mahdolliset pintaviat poistetaan nauhanhiontalinjassa. Osa tuotannosta menee tässä vaiheessa myyntiin. /8/

Kylmävalssaus lopulliseen paksuuteen tehdään kolmella rinnakkain toimivalla Sendzimir-valssaimella. Kylmävalssattu teräsnauha käsitellään seuraavaksi rinnakkaisissa hehkutus-peittauslinjoissa 1, 2 ja 4. Toimintaperiaatteeltaan nämä ovat samanlaisia kuin hehkutus-

peittäuslinja 3, minkä lisäksi HP4-linja poikkeaa nauhan esipuhdistuksen osalta. Ennen hehkutusta nauhan pinnasta poistetaan öljy ja rasva alkaalisella pesuliuksella. /8/

Loppumittaan valssattu, hehkutettu ja peitattu teräsnauha valssataan tarvittaessa kevyesti viimeistelyvalssaimilla 1 ja 2. Käsittely parantaa teräksen pinnan sileyttä ja tasomaisuutta. Teräsnauhan halkaisua varten on neljä halkaisulinjaa ja katkaisua varten kolme katkaisulinjaa. Määrämittaan katkaistut levyt voidaan vielä hioa ja niistä voidaan leikata pyöreitä kappaleita. Kylmävalssaamon tuotanto on 350 000 tonnia. /8/

Kemikaalien käytön kannalta kylmävalssaamon keskeisimmät osat ovat hehkutus- ja peittäuslinjat. Linjat koostuvat useista peräkkäin asennetuista yksiköistä. Teräsnauha hehkutetaan kaasulämmitteisissä hehkutusuuneissa, puhdistetaan tarvittaessa mekaanisesti kuulapuhalluksella ja peitataan ensiksi natriumsulfaattiliuoksessa sähkövirran avulla ja lopuksi typpi- ja fluorivetyhappojen seoksessa. Peittauksessa muodostuvat typen oksidit prosessoidaan katalyyttisesti ammoniakin ja lämpötilan avulla typpikaasuksi ja vesihöyryksi. Kuvasta 2 nähdään ruostumattoman teräksen tuotantokaavio kylmävalssaamolla. /8/



**Kuva 2. Kylmävalssaamon tuotantokaavio /8/**

### 2.3. Valmistelulinja

Valmistelulinjalla (VA-linja) kuumavalssattujen tuotenuhojen päihin hitsataan MAG-hitsausmenetelmällä nk. jatkopää. Tuotenuhaan hitsatun jatkopään avulla voidaan kylmävalssausta suorittaa Senzimir-tyyppin rypälevalssaimella käytännössä koko tuotenuhan pituudelta, eikä tuotenuhan päihin jää valssaamatonta aluetta, ns. pistopäätä. /8/

Valmistelulinjalla kuumavalssattu nauhakela aukikelataan ja sen molempiin päihin liitetään MAG -hitsausmenetelmällä jatkopää, jonka jälkeen nauha päällekelataan VA-linjan loppupäässä olevalla päällekelaimella. Päällekelauksen jälkeen tuotenauha ohjataan esihetkuskäsittelyyn HP3-linjalle. /8/

VA-linja on panosprosessi-tyyppinen, ei-jatkuvatoiminen tuotantolinja, jonka avulla parannetaan tuotenauhan saantoa kylmävalssauksessa. /8/

Valmistelulinjassa tarkastetaan myös kuumanauhoja ja tarvittaessa reunausta suoraan asiakkaalle. /8/

Taulukossa 1 nähdään valmistelulinjan perustiedot.

**Taulukko 1. Valmistelulinjan tekniset tiedot /8/**

Käyttöönottovuosi	1976
Henkilöstö/vuoro	2
Paksuusalue (mm)	2,0 – 8,0
Leveysalue (mm)	800 - 1630
Hitsausmenetelmä	MAG
Max.nopeus (m/min)	60
Reunausalue (mm)	10-40
Jatkopäiden pituus max. (m)	8

## 2.4. HP3-linja

Hehkutus-peittauslinja 3:lla (HP3) suoritetaan kuumavalssattujen, ruostumattomien teräsnauhojen esihehkuttaminen ja hehkutusta seuraava peittauskäsittely. Linja on jatkuvatoiminen läpivetolinja, jonka prosessiosan läpi teräsnauha kulkee nauhakohtaisella vakionopeudella. Kunkin nauhan ajonopeus määräytyy ainesvahvuuden ja nauhan leveyden mukaan. /8/

HP3-linjan alkupäässä kuumavalssatut nauhakelat aukikelataan (kuva 3) ja hitsataan kiinni edeltävän, jo linjassa olevan, tuotenauhan päähän. Käytännössä tämä toteutetaan linjan alkupäässä olevien kahden aukikelaimen avulla, joilta tuotenauhat syötetään vuorotellen hitsauskoneelle. Hitsauskoneella tuotenauhojen päät liitetään toisiinsa MIG-hitsausmenetelmällä. Hitsaus- ja aukikelaustapahtumien ajan linjan alkupää on pysähdyksissä, jolloin tuotenauhaa syötetään jatkuvatoimiselle prosessiosalle nauhavarajasta. /8/



Kuva 3. Aukikelain /8/

HP3-linjan prosessiossa rakentuu hehkutusuuneista ja näitä seuraavista jäähdytysvyöhykkeistä, kolmesta kuulapuhallusyksiköstä, sähkökemiallisesta elektrolyyttipeittausosasta ja kemiallisesta sekahappopeittauksesta. /8/

### 2.4.1. Hehkutusuuni

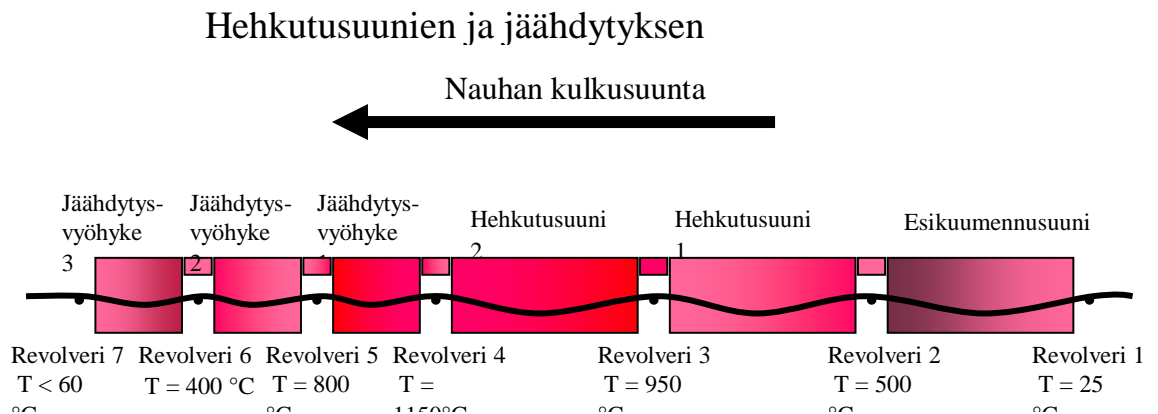
Linjan prosessiosalla tuotenauha kulkee ensimmäisenä esikuumennusuuniin, jossa nauhan lämpötila nostetaan 400 - 500 C:een hehkutusuunejen savukaasuista vapautuvan jätelämmön avulla. Esikuumennusuunia seuraa varsinainen hehkutusuuni, kuva 4, joka rakentuu viidestä säätövyöhykkeestä. HP3-linjan uunin vuorausmateriaalina on tulenkestävä tiili, jonka alla käytetään eristystiiltä ja kalsiumsilikaattilevyä (600 - 700 W/m<sup>2</sup>). Uunissa teräsnauhaa hehkutetaan 1050 - 1150 C loppulämpötilassa, jolloin kuumavalssauksessa erkautuneet faasit liukenevat ja teräs homogenisoituu. Tällöin kuumamuokkauksessa lujittunut teräs elpyy ja sen mekaaniset ominaisuudet palautuvat muokkausta edeltäneeseen tilaan. Uunien polttoaineena ovat nestekaasu ja hiilimonoksidi. Hiilimonoksidia käytetään uunin kahdessa ensimmäisessä säätövyöhykkeessä (2000 - 3000 Nm<sup>3</sup>/h vyöhyke) ja nestekaasua muissa säätövyöhykkeissä (100 - 200 Nm<sup>3</sup>/h vyöhyke). Nestekaasu höyrystetään linjan yhteydessä toimivalla nestekaasuhöyrystinasemalla energiaosaston toimittaman vesihöyryn avulla. HP3-linjalla käytettävä hiilimonoksidi on ferrokromin sulatuksen yhteydessä syntyvää jätekaasua, jota hyödynnetään polttoaineena HP3-linjan hehkutusuunilla. /8/



**Kuva 4. Lämmitysuunit /8/**

## 2.4.2. Jäähdytysvyöhyke

Hehkutusuunien jälkeen teräsnauha kulkee jäähdytysvyöhykkeiden läpi, jolloin teräsnauhan pintaan ohjataan suutinputkista jäähdytysilmaa ja vettä. Jäähdytykseen käytettävät vesi- ja ilmamäärät ovat suhteellisen suuria, koska ruostumattomilla teräksillä jäähdytyksen on tapahduttava nopeasti hyvän korroosiokestävyyden saavuttamiseksi. Kuvasta 5 käy ilmi hehkutusuunien ja jäähdytyksen toimintaperiaate. /8/



**Kuva 5. Hehkutusuunien ja jäähdytyksen periaatekuva /8/**

## 2.4.3. Kuulapuhallus

Hehkutusuunissa käytettävän polttoilman ylimäärän vuoksi teräsnauhan pintaan muodostuu oksidikerros, jonka alle syntyy kromiköyhä vyöhyke. Riittävän korroosiokestävyyden saavuttamiseksi sekä ulkonäkösyistä muodostunut oksidikerros ja kromiköyhä vyöhyke poistetaan teräsnauhasta. HP3-linjalla ensimmäinen prosessivaihe oksidikerroksen poistossa on kuulapuhallus, jossa nauhan pintaan lingotaan suurella nopeudella pienikokoisia teräskuulia, jotka rikkovat mekaanisesti nauhan pinnassa olevaa oksidikerrosta. Kuulapuhalluksessa syntyvä metallioksidipöly imetään HP3-linjan yhteydessä toimivaan pölynkäsittelylaitokseen, jossa pölyinen ilma suodatetaan pussisuotimen tapaan toimivilla

patruunasuodattimilla. Suodatettu pöly siirretään ruuvikuljettimella pölykonttiin ja sieltä edelleen jatkokäsiteltäväksi. /8/

#### 2.4.4. Elektrolyyttipeittäus

Kuulapuhalluksen jälkeen teräsnauhasta poistetaan oksidikerrosta sähkökemiallisella peittäusmenetelmällä, elektrolyyttipeittäyksellä. Elektrolyytinä HP3-linjalla käytetään natriumsulfaatin ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) vesiliuosta, jonka  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -pitoisuus on n. 150 - 200 g/l. Elektrolyyttiä kierrätetään pumpaamalla sitä jatkuvasti elektrolyyttipeittäusaltaan ja kierrätysvälikäytön välillä sulkeisessa kierrossa. Kierrossa olevan elektrolyytin määrä on n. 50 m<sup>3</sup>. Kierrätettävä elektrolyytti pumpataan kierrätysvälikäytöstä lämmönvaihtimelle, josta se siirtyy elektrolyyttipeittäusaltaaseen n. 60 - 80 C lämpötilassa. Lämmönvaihtimilla käytetään lämmönsiirtoon vesihöyryä, joka ohjataan lämmönvaihtimeen linjalla olevasta sekoituslauhduttimesta. Kierrätettävän elektrolyytin pH pyritään pitämään neutraalina lisäämällä siihen säännöllisin väliajoin pieniä määriä natriumhydroksidia eli lipeää ( $\text{NaOH}$ ), koska elektrolyytillä sinällään on taipumus happamoitua elektrolyyttipeittäyksessä tapahtuvien sähkökemiallisten reaktioiden seurauksena. /8/

HP3-linjan elektrolyyttipeittäusaltaassa teräsnauhan peittäus perustuu ns. epäsuoraan polarisaatioon. Teräsnauha kulkee nauhan ylä- ja alapuolisten virtakiskojen, anodi- ja katodiparien, välistä kytkeytyen vuorotellen anodi- ja katodivaiheeseen. Käytettävä virrantiheys on n. 8-20 A/dm<sup>2</sup>. Fyysistä kontaktia nauhan ja elektrodikiskojen välillä ei synny, vaan käytetty elektrolyyttiliuos toimii virrankuljettajana. /8/

Elektrolyyttipeittäusaltaassa teräsnauhan molemmilla puolilla olevien anodi- ja katodiparien väliin johdetaan tasavirta, jolloin teräs polarisoituu. Altaassa liikkuva teräsnauha kulkee vuorotellen anodi- ja katodivaiheiden ohi ollen vuorotellen katodisessa ja anodisessa polarisaatioissa. Varsinainen peittäytymisen tapahtuu teräksen anodivaiheessa, jolloin oksidit liukenevat. Elektrolyyttipeittäystä neutraalissa elektrolyytissä, neolytytissä, voidaan perustellusti pitää ympäristön kannalta edullisena menetelmänä, koska liukenevat metallit reagoivat neolytytissä hydroksideiksi. Hydroksidisakka voidaan poistaa helposti

painovoimaisesti laskeuttamalla. Toinen merkittävä etu on, että lähes kaikki käytettävä sähkövirta voidaan käyttää oksidikerroksen liuottamiseen ja perusmetallin liukeneminen on varsin vähäistä. Haittapuolena neolyyttipeittauksessa on liukeneva kuudenarvoinen kromi (Cr6+). Peittauksessa höyrystyvä neolyyttihöyry imetään katetuista altaista nk. hönkäimurilla ja johdetaan kaasunpesurille. /8/

### 2.4.5. Sekahappopeittaus

Elektrolyyttipeittauksen jälkeen teräsnauhan pintaan ohjataan vettä suutinputkista ja pinta harjataan harjausyksikössä, joka sijaitsee välittömästi elektrolyyttipeittausaltaan jälkeen. Edellä kuvatun välihuuhtelun jälkeen teräsnauhalle tehdään kemiallinen sekahappopeittaus. HP3-linjalla teräsnauha kulkee kolmen peittaushappoaltaan läpi, kuva 6, jolloin liikkuva nauha upotetaan peittaushappokylpyyn. Kylpy koostuu HP3-linjalla fluorivetyhapon (HF) ja typpihapon (HNO<sub>3</sub>) vesiliuoksesta, johon on liuennut ruostumattoman teräksen raaka- ja seosaineena käytettyjä metalleja. /8/



**Kuva 6. Sekahappoaltaat /8/**

Peittaushappoa kierrätetään peittaushappoaltaiden ja kierrätys säiliöiden välillä saman periaatteen mukaisesti kuin elektrolyyttiä. Kierrossa olevan sekahapon määrä on n. 70 m<sup>3</sup> ja lämpötila n. 60 C. Peittaushapon lämmittäminen tapahtuu levylämmönvaihtimilla kiertävällä kuumalla vedellä. Sekahappopeittauksessa lämmin sekahappo liottaa teräsnauhaan jääneen lopun oksidikerroksen sekä kromiköyhän vyöhykkeen. Typpihappo toimii happokylvyssä hapettimena ja fluorivety kompleksinmuodostajana. Höyrystyvät hapot imetään katetuista altaista samaan tapaan kuin neolyttipeittauksen höyryt. Happohöyry pestään katalyyttisesti injektoimalla siihen ammoniakkivettä ja nostamalla höyryn lämpötila nestekaasupolttimen avulla n. 350 C:een. Sekahappokylpyyn liuenneiden metalleiden vuoksi kylpyjä väkevöidään säännöllisesti siten, että osa käytössä olevasta kylvystä pumpataan regenerointilaitokseen ja pois pumpattu tilavuus korvataan regeneroidulla hapolla tai tuorehapoilla ja vedellä. /8/

#### **2.4.6. Huuhtelu ja tarkastus**

Sekahappopeittauksen jälkeen teräsnauhan pinta huuhdellaan vedellä ja harjataan loppuhuuhteluyksikössä, jonka jälkeen nauhan pinta kuivataan puhaltamalla siihen vesihöyryllä lämmitettyä ilmaa. Kuivauksen jälkeen nauhan pinta tarkastetaan visuaalisesti ja nauha kelataan päällekelaimella. /8/

Edellä kuvatus liuotushehcutuksen ja peittausprosessin jälkeen kirkas, ruostumaton kuumanauha soveltuu jo moniin varsin vaativiinkin käyttötarkoituksiin, joten n. 100 000 tonnia HP3-linjalla käsitellyistä teräsnauhoista myydään asiakkaalle sellaisinaan. Loput 80% HP3-linjan tuotannosta puolestaan ohjautuu Senzimir-valssainten kautta prosessoitavaksi kylmävalssaamon muille tuotantolinjoille, joilta se edelleen toimitetaan asiakkaille ruostumattomana kylmänauhana. Taulukossa 2 on HP3-linjan perustiedot. /8/

**Taulukko 2. HP3-linjan tekniset tiedot /1/**

Tiedot	HP3 (Hehkutus ja Peittaus)
Käyttöönottovuosi	1991
Tuotanto vuonna 2002 (t)	525 000 t
Kapasiteetti (t/h1)	70
Henkilöstöä/vuoro	6
Paksuusalue KUNA (mm)	1,5–12,7 KUNA (kuumanauha)
Leveysalue (mm)	800–1650
Max. nopeus linjalla (m/min)	60
Hitsausmenetelmä	MAG
Alkupään varaaja (m)	390
Uunin pituus, esikuum. + poltinuunit (m)	31+49
Uunien polttoaine	Häkä/Propaani
Nauhan loppulämpötila uunissa (°C)	1050–1150
Jäähdytys	Vesi/Ilma
Kuulapuhallus	3 yksikköä
Elektrolyyttipeittaus	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 150 g/l
– Lämpötila (°C)	65–75
– Peittausvirta (A)	4000–6000
– Pituus (m)	27
Sekahappopeittaus	HF+HNO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
– Lämpötila (°C)	50–60
– Pituus (m)	35
Loppupään varaaja (m)	160

## 2.5. HP-linjat 1, 2 ja 4

Toimintaperiaatteeltaan hehkutus- ja peittäuslinjat ovat samanlaisia kuin HP3-linja.

HP-linjat on tarkoitettu lähinnä kylmävalssatuille nauhoille, joiden paksuus vaihtelee 0,4-6,5 mm. /8/

Yhteenvetona voidaan kylmävalssaamosta todeta, että koko prosessi on olosuhteiltaan vaativa prosessien pitkien tuotantolinjojen takia ja toisaalta useassa kohdassa korkeiden lämpötilojen takia sekä prosessien keskeytymättömän, määräaikaista huoltoseisokista toiseen jatkuvan toiminnan takia. Niinpä prosessia säätelevien proportionaaliventtiilien häiriötön toiminta on ensiarvoisen tärkeää. Varsinkin, kun niitä kylmävalssaamossakin on toista sataa.

### 3. HYDRAULIIKAN PERUSPIIRTEIDEN KUVAUS

#### 3.1. Yleistä

Hydraulijärjestelmät ovat tehonsiirtoketjuja, joissa mekaanisesti tuotettu teho muunnetaan hydrauliseksi tehoksi eli siirretään nesteeseen paineeksi ja tilavuusvirraksi. Tämä nesteeseen sidottu teho puolestaan siirretään haluttuun kohteeseen ja muunnetaan siellä takaisin mekaaniseksi tehoksi. /1/

Hydraulisten järjestelmien etuna muihin tehonsiirtotapoihin verrattuna ovat muun muassa suunnittelun vapaus ja komponenttien hyvät teho-painosuhteet. Koska teho siirretään putkia ja letkuja pitkin, suunnittelija ei ole sidoksissa johonkin tarkoin määrättyyn tehonsiirtorataan, vaan teho voidaan siirtää tuottokohdasta käyttökohteeseen sopivinta reittiä. Komponenttien pieni koko taas johtaa laitteiston pienuuteen ja keveyteen. /1/

Hydrauliikan käyttö on lisääntynyt sekä teollisuudessa että liikkuvassa kalustossa elektroniikan ja ohjausjärjestelmien kehittymisen myötä. Yhdistämällä nämä hydrauliikkaan voidaan toteuttaa pitkälle automatisoituja suuritehoisia ja tarkkoja järjestelmiä. Ohjausjärjestelmien kehittyessä voidaan lisäksi varsinaista hydrauliikkapuolta yksinkertaistaa korvaamalla hydrauliset ohjaukset sähköisillä. Tämä luonnollisesti johtaa monimutkaisiin ohjausjärjestelmiin, joten suunnittelija ei tule toimeen pelkällä hydrauliikan tuntemuksella, vaan hänen tulisi hallita myös ohjaustekniikkaa ja elektroniikkaa. /1/

Nykyaikainen hydraulijärjestelmä koostuukin tehonsiirron perusjärjestelmästä sekä tähän liittyvästä ohjausjärjestelmästä, joka yksinkertaisimmillaan hyödyntää manuaaliohjausta ja kehittyneimmillään mikroprosessoriohjausta, jolloin on useimmiten kyse järjestelmän säädöstä. /1/

Teollisuudessa hydraulikkaa sovelletaan esimerkiksi työstökoneissa, puristimissa, valsseissa ja paperikoneissa. Liikuvassa kalustossa eli mobilekalustossa sitä käytetään esimerkiksi maatalous- ja maansiirtokoneissa, kaivoskoneissa, junissa, lentokoneissa ja laivoissa.

Kullakin sovelluskohteella on omat erityisvaatimuksensa tehonsiirrolle sekä sen säädettävyydelle. Siksi käytettävät järjestelmäsuureet, paine ja tilavuusvirta, vaihtelevat suuresti sovelluskohteittain. Järjestelmän käyttöolosuhteet taas vaikuttavat käytettäviin komponentteihin, välineisiin sekä materiaaleihin. /1/

### **3.2. Hydraulisen, mekaanisen ja sähköisen tehonsiirron vertailu**

Hydraulisten tehonsiirtojärjestelmien ominaisuudet tekevät niistä monissa sovelluksissa kilpailukykyisiä muihin tehonsiirtojärjestelmiin verrattuna. Hydraulikalla on helppo toteuttaa sekä suoraviivainen liike että pyörivä liike. Liikenopeudet, voimat ja momentit ovat helposti säädettävissä. Laitteiston ylikuormitus voidaan estää yksinkertaisin keinoin. Järjestelmän painetta kasvattamalla saadaan sama teho yhä pienemmillä komponenteilla eli komponenttien teho-painosuhteet ovat hyviä. Paineen nostaminen yli yleisimmin käytetyn painealueen johtaa kuitenkin seinämätapauksien ja komponenttien koon kasvuun, joten painetason kohottamisella on rajansa. /1/

Haittapuolina hydraulijärjestelmissä voidaan katsoa olevan vain kohtalaisen hyötysuhteen sekä tehonsiirrossa käytetyn väliaineen huonot ominaisuudet. Väliaineina käytetyt nesteet ovat ominaisuuksiltaan lämpötilariippuvaisia, lievästi kokoon puristuvia ja likaavia. Suurin osa on myös palavia. /1/

### **3.3. Proportionaali- ja servoventtiilit**

Proportionaali- ja servoventtiileillä toteutettavat toiminnot ovat tilavuusvirran suunnan ohjaus, tilavuusvirran määrän ohjaus sekä järjestelmän paineen ohjaus. Proportionaali- ja servoventtiileissä voidaan käyttää jatkuvaa portaatonta ohjausta. /1/

Kun venttiileitä voidaan ohjata portaattomasti, myös toimilaitteiden asemaa, nopeutta sekä voimaa tai momenttia voidaan ohjata portaattomasti. Saavutettava ohjaustarkkuus riippuu tällöin suuresti venttiilin eli asetuslaitteen kyvystä ohjata haluttua suuretta. Proportionaali- ja servoventtiilien mahdollistaman portaattoman ohjauksen tarkkuuden parantaminen onkin vaatinut venttiilien ohjausrakenteiden kehittämistyötä paremmin ohjaus- ja säätötoimintoihin sopivaksi. /1/

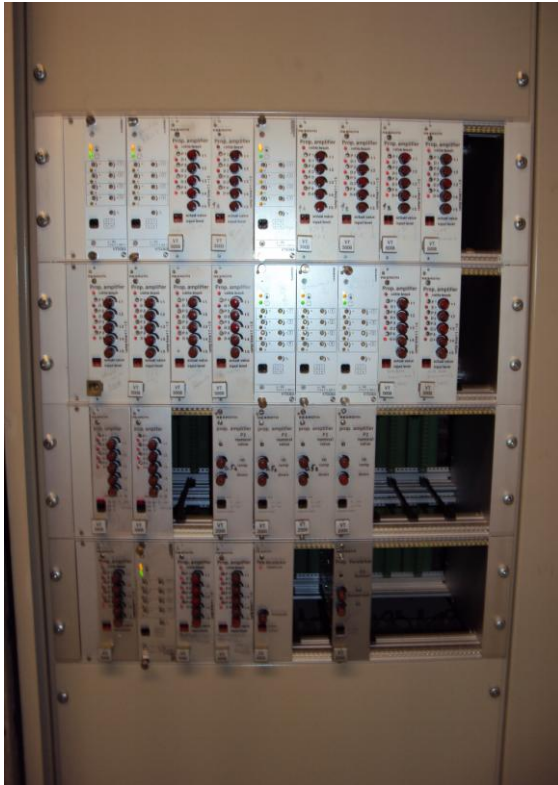
Toimintaperiaatteeltaan proportionaali- ja servoventtiilit ovat jatkuvatoimisia vahvistimia, joissa tuleva ohjaussignaali eli tulosignaali muunnetaan ja vahvistetaan hydrauliseksi lähtösignaaliksi. Jatkuvatoimisuus tarkoittaa tässä sitä, että lähtösignaali eli oloarvo seuraa jatkuvasti ja portaattomasti tulosignaalia eli käskyarvoa. Venttiileitä voidaan ohjata kaikilla yleisesti käytetyillä tavoilla, joten ohjaussignaali voi olla sähköinen, hydraulinen, pneumaattinen, mekaaninen tai lihasohjauksella tuotettu. Tarkastellaan vain sähköistä ohjausta. /1/

Termi proportionaalitekniikka tarkoittaa yleisesti kaikkia jatkuvatoimisia laitteita, joissa vahvistettu lähtösignaali riippuu tietyssä suhteessa tulosignaalista. Hydraulikassa proportionaalitekniikalla tarkoitetaan kuitenkin vain varsinaisia proportionaaliventtiileitä sekä sellaisia järjestelmiä ja laitteistoja, joissa näitä venttiileitä käytetään. /1/

### **3.3.1. Proportionaaliventtiileiden ohjaus**

Proportionaaliventtiilien sähköinen ohjaustapa mahdollistaa elektronisen ohjauksen liittämisen hydraulikkaan. Tarpeen mukaan ohjaus voi olla joko yksinkertaista käskyarvon muodostamista tai monipuolista järjestelmän hallintaa eri toimintaolosuhteissa, jolloin järjestelmän staattiset ja dynaamiset ominaisuudet saadaan mahdollisimman hyviksi kaikissa tilanteissa. Elektroniikan avulla voidaan muun muassa venttiilien kytkentää ohjata halutulla tavalla ja siten estää liian nopeista kytkeytymisistä aiheutuvat paineiskut. Lisäksi sähköinen ohjaustapa mahdollistaa venttiilien helpon sijoittamisen lähelle toimilaitetta, jolloin joustoja aiheuttava nestetilavuus venttiilin ja toimilaitteen muodostamassa kokonaisuudessa jää

vähäiseksi ja siten myös joustot pienenevät ja dynaamiset ominaisuudet paranevat. Tästä venttiilien hajasijoituksesta huolimatta venttiilien ohjaus voidaan helposti keskittää yhteen hallintapisteeseen. Tästä esimerkkinä kuvassa 7 on HP3-linjan proportionaaliventtiilien ohjauskortit sijoitettu automaatiotilaan. /1/

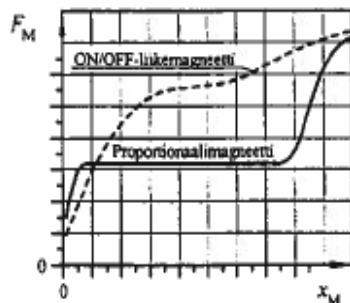


**Kuva 7. HP3-proportionaaliventtiilien ohjauskortit**

### **3.3.2. Sähköisen käskyarvon muuntaminen mekaaniseksi voimaksi tai liikkeeksi**

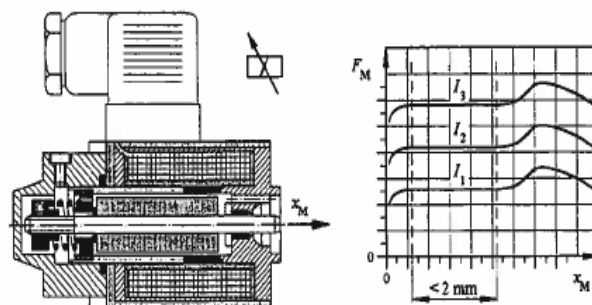
Ohjauselektronikan tuottama sähköinen käskyarvo on hydrauliventtiileiden toimintatavan vuoksi muunnettava mekaaniseen muotoon joko voimaksi tai liikkeeksi. Näiden avulla voidaan sitten hallita venttiilin karaa sekä edelleen venttiilin lähtösignaalia, painetta tai tilavuusvirtaa. Sähköinen käskyarvo muunnetaan mekaaniseksi sähkömekaanisilla muuntimilla. /1/

Proportionaaliventtiileissä sähköinen käskyarvo muunnetaan mekaaniseksi proportionaalimagneeteilla. Ne ovat virtaohjattuja tasavirtamagneetteja, jotka tuottavat syötettyyn virtaan nähden proportionaalisen voiman. Kuvassa 8 on esitetty proportionaalimagneetin ominaiskäyrä verrattuna tavallisen, ON/OFF-tyyppisissä sähköohjatuissa venttiileissä käytettävään liikemagneetin ominaiskäyrään. Tiettyä syöttövirtaa vastaava proportionaalimagneetin voima pysyy lähes vakiona suhteellisen laajalla magneetin iskunpituusalueella, kun taas tavallisen liikemagneetin tuottama voima riippuu suuresti iskunpituudesta. /1/



**Kuva 8. Proportionaali- ja liikemagneetin ominaiskäyrät /1/**

Proportionaalimagneetit voidaan jakaa voimaohjattuihin ja asemaohjattuihin. Voimaohjatun magneetin tuottama, syöttövirrasta riippuva voima on vakio iskunpituusalueella, jonka laajuus on alle 2 mm (Kuva 9). Magneettia käytetään tällä lyhyellä alueella ja magneetin tehtävä onkin tuottaa syöttövirrasta riippuva voima, ei liike. Tällaisia proportionaalimagneetteja käytetään pääasiassa esiohjatuissa suunta- ja paineproportionaaliventtiileissä, joissa magneetin tuottama voima muunnetaan venttiilin pääkaran ohjaukseen käytettäväksi paineeksi. /1/



**Kuva 9. Asemaohjattu proportionaalimagneetti /1/**

Jousivoima ei kuitenkaan ole ainoa tekijä, joka vaikuttaa asemaohjattujen magneettien tiettyä syöttövirtaa vastaavaa siirtymää, vaan siihen vaikuttavat lisäksi erilaiset häiriötekijät, joita ovat muun muassa virtausvoimat venttiilin karassa, kitkat, lämpötila sekä magneettinen hystereesi. Nämä heikentävät magneetin asemointitarkkuutta, jolloin venttiili ei asetukaan tulosignaalia vastaavaan asemaan eikä lähtösignaali saa haluttua arvoaan. /1/

Asemointitarkkuuden parantamiseksi magneetti voidaan asematakaisinkytkä, eli voidaan muodostaa säätöjärjestelmä, jossa magneetin ja sen ohjaama karan siirtymää valvotaan asema-anturilla, jolloin häiriötekijöistä aiheutuvat asemapoikkeamat voidaan korjata. Takaisinkytkentä parantaa magneetin staattisia ominaisuuksia pienentämällä hystereesiä ja parantamalla lineaarisuutta, toistotarkkuutta sekä vastaherkkyyttä ja kasvattamalla oleellisesti magneetin jäykkyyttä, joka vaikuttaa myös magneetin dynaamisiin ominaisuuksiin. /1/

Asematakaisinkytkennän merkitys on sitä suurempi, mitä suuremmat ovat häiriövoimat suhteessa magneetin ohjausvoimaan. Tämän vuoksi asematakaisinkytkentä on merkityksellisin suoraanohjatuissa venttiileissä, jossa virtausta ohjaavan karaan kohdistuvat häiriövoimat kohdistuvat suoraan myös ohjaavaan magneettiin. Esiohjatuissa venttiileissä asematakaisinkytkennän merkitys on pienempi, sillä virtausta ohjaavan pääkaran asemointiin käytettävissä oleva voima on merkittävästi ohjaavan magneetin voimaa suurempi, koska ohjaussignaali vahvistetaan venttiilissä hydraulisesti. /1/

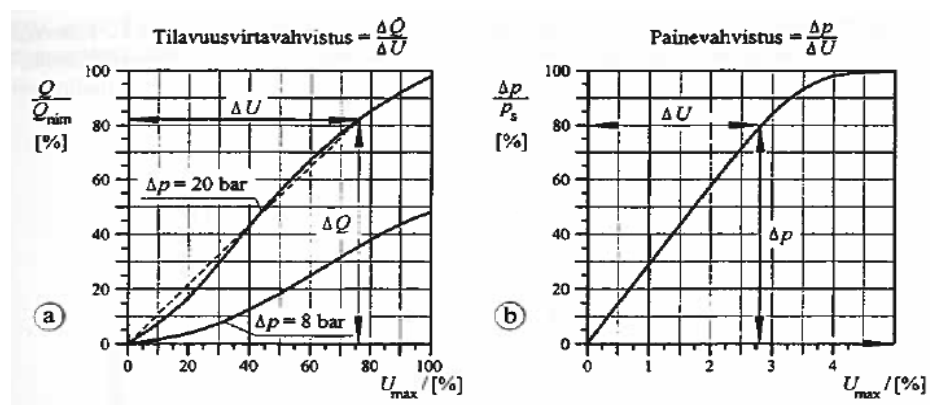
Asematakaisinkytkettyjä magneetteja käytetään suunta-, paine- ja vastusproportionaaliventtiileissä. Säätöjärjestelmiin tarkoitetuissa proportionaaliventtiileissä eli niin kutsutuissa regelventtiileissä ohjausmagneetti on aina asematakaisinkytkentä. /1/

### **3.3.3. Tilavuusvirtavahvistus**

Tilavuusvirtavahvistus kuvaa venttiilin lähtösignaalina oleva tilavuusvirran riippuvuutta tulosignaalista. Sen arvo saadaan määrittämällä tilavuusvirta-signaalikäyrästä

kulmakerroin sille ominaiskäyrälle, joka vastaa venttiilin yli vallitsevaa paine-eroa, sillä eri paine-eroilla vahvistus saa erilaisia arvoja. Koska ominaiskäyrät eivät ole täysin lineaarisia, joudutaan ominaiskäyrä linearisoimaan tilavuusvirtavahvistusta määritettäessä, kuva 10. /1/

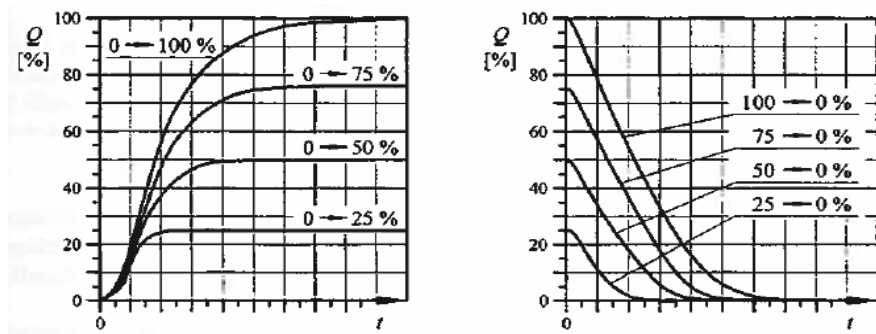
Painevahvistus ilmaisee, kuinka suuri tulosignaali jatkuvatoimisissa suuntaventtiileissä tarvitaan, jotta venttiilin toimilaiteliitäntöjen välille syntyy tietyn suuruinen paine-ero. Vahvistuksen arvo määräytyy venttiilin linearisoidun paine-signaalikäyrän kulmakertoimesta, kuva 10. Vahvistus on suurin nolapeittoisilla venttiileillä; positiivis- ja negatiivispeittoisilla vahvistus on sitä pienempi, mitä suurempi on karan peitto. Painevahvistus vaikuttaa suoraan venttiilin säätötarkkuuteen, joten sen tulisi olla mahdollisimman suuri. /1/



**Kuva 10. Tilavuusvirtavahvistus ja painevahvistus /1/**

### 3.3.4. Nousuaika

Dynaamisia ominaisuuksia kuvaava nousuaika ilmaisee venttiilin kyvyn seurata askelmaista tulosignaalin muutosta. Venttiilin tilamuutokseen tarvitsema aika riippuu sekä signaalimuutoksen suuruudesta että suunnasta. Kuvassa 11 on esitetty tyypilliset nousuaikakuvaajat neljällä eri tulosignaalin muutoksella, joiden suuruus on ilmaistu prosentuaalisena osuutena tulosignaalin koko alueesta. /1/



Kuva 11. Venttiilin askelvaste /1/

## **4.KUNNOSSAPIDON PERUSTEIDEN KUVAUS**

Kunnossapito ymmärretään toimintana, joka vastaa koneiden ja laitteiden teknisestä toimivuudesta ja mahdollistaa näin tuotantolaitteiden maksimaalisen hyödyntämisen. Kunnossapito ei ole yksinomaan koneissa ja laitteissa esiintyvien vikojen korjausta, vaan myös niiden ennakoitua ja korjaustoiminnan suunnittelua, jossa kartoitetaan etukäteen tarvittavien varaosien saatavuus ja korjaustoimen oikea ajankohta. /2/

Toimivan kunnossapidon lähtökohtana on, että koneet huolletaan koneen valmistajan antamien huolto-ohjeiden mukaisesti. Toimintavarmuutta voidaan parantaa tarkkailemalla koneen huolto- ja vikatietoja, joiden perusteella huoltoa voidaan omaan kokemukseen perustuen kehittää ja kohdentaa vikaherkille osa-alueille. Kuitenkin korjaavan kunnossapidon toimenpiteiden tyypillisimpiä syitä ovat laitteen virheellinen käyttö tai sen huono tuntemus. Virheistä johtuvien vikaantumisten syitä tarkemmin tutkittaessa huomattava osa niistä palautuu puutteellisesti ja usein myös kiireessä laadittuun käyttöohjeeseen. /2/

### **4.1. Kunnonvalvonta osana kunnossapitoa**

Pohjimmiltaan kunnossapidon tehtävänä on ollut pitää tehtaan pyörät pyörimässä. Tämä tehtävä on kuitenkin nykyisin laajentunut siten, että pyörien olisi pyörittävä yhä nopeammin ja yhä pidempään. Tällöin ylläpitävä kunnossapito ei enää riitä, vaan tarvitaan parantavia toimenpiteitä riittävän käytettävyyden takaamiseksi. Kunnonvalvonnasta ja yleensä ennakkohuollosta vastaavat henkilöt ovat tuotantolaitoksissa yleensä sellaisia henkilöitä, joilla on hyvin suuret mahdollisuudet havaita sellaisia puutteita, jotka voidaan helposti korjata ja sitä kautta saada prosessia tai laitetta tehokkaammaksi. /2/

### 4.1.1. Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito on yksinkertaisimmillaan sitä, että laite huolletaan vaurion jo synnyttyä. Yleensä vaurioituminen aiheuttaa prosessiin katkoksen. Yllättävästä käyttökatkoksesta aiheutuvat tuotannonmenetykset ovatkin tavallisesti huomattavasti suuremmat kuin itse korjauksen kustannukset. Aikaisemmin tärkeimmille laitteille rakennettiin varalaitte nopeuttamaan vaurioituneista selviämistä. Varalaitteet aiheuttavat kuitenkin kustannuksia ja usein varalaitetta on mahdotonta järjestää. Esimerkiksi paperiteollisuudessa on mahdotonta rakentaa varalle esimerkiksi yhtä kuivatusryhmää. Paperiteollisuus onkin ollut yksi edelläkävijöistä ennakoivan kunnossapidon alueella. /2/

### 4.1.2. Ennakoiva kunnossapito

Ennakoivan kunnossapidon tarkoituksena on ehkäisevillä toimenpiteillä estää yllättävät vauriot ja siten myös yllättävät käyttökatkokset. Ennakoivaan kunnossapitoon kuuluvat *ehkäisevä kunnossapito* eli säännöllinen huoltotoiminta sekä *mittaava kunnossapito*. Ennakoivalla toiminnalla on myös tärkeä turvallisuutta lisäävä vaikutus. Viime aikoina ennakoivan kunnossapidon luonne on muuttunut yhä enemmän määräaikaishuolloista oikea-aikaisiin huoltoihin, joiden ajankohta ja sisältö määritellään suurelta osin kunnonvalvonnan mittauksen ja erilaisten tarkastusten avulla. Mittaavan kunnossapidon osa-alueita ovat *kunnonvalvonta*, joka on jatkuvaa säännöllistä toimintaa sekä muu mittauksin tehtävä *tarkastustoiminta*. Mittaavassa kunnossapidossa havaitut ongelmat johtavat usein myös parantaviin toimenpiteisiin. Kunnonvalvonta on yleisnimitys kaikille tekniikoille, joita on kehitetty koneen kunnon määrittelyyn sen käynnin aikana. Kunnonvalvonta perustuu muutosten seuraamiseen mittaussuureissa eli kyseessä on jatkuva toiminta. Esimerkiksi lämpötilan kasvu tai värinän lisääntyminen on yleensä merkinä koneen kunnon huononemisesta. Kunnonvalvonta sisältää tämän muutoksen havaitsemisen, sen diagnostisoinnin, eli syyn tarkemman selvittämisen sekä lisäksi arvion siitä, kuinka vakava vaurio on eli jäljellä olevan käyttöiän ennustamisen. /2/

### 4.1.3. Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito tarkoittaa laitteiden suorituskykyä, käytettävyyttä, luotettavuutta ja turvallisuutta lisäävää toimintaa, jonka avulla voidaan poistaa esimerkiksi suunnitteluvirheistä johtuvat ongelmatapaukset tai vaurioiden perussyyt ja siten vähentää kunnossapidon tarvetta. Usein myös laitteiden modernisoinnit ja uusinnat voidaan lukea kuuluvan parantavan kunnossapidon piiriin, mikäli niiden toteuttamisen taustalla on kunnossapidollinen ongelma

tai suoranaisesti laitteen käytettävyyttä ja luotettavuutta lisäävä muutostyö, jolla voidaan välttää uushankinta. Parantavan kunnossapidon perustana on esimerkiksi ongelman juurisyysanalyysi (Root Cause Analysis tai Root Cause Failure Analysis ), jonka avulla ongelman perussyö pyritään ensin tarkentamaan ja tämän jälkeen löytämään ratkaisu perussyyn poistamiseen. Juurisyysanalyysiin voidaan käyttää erilaisia tietolähteitä aina laitteen vikahistoriasta erilaisiin mittaustietoihin, ja se on monesti vaativa ja aikaavievä prosessi. Onnistuneen juurisyysanalyysin tuloksena on ratkaisu, jolla sekä korjataan vian aiheuttamat seuraukset että estetään vian toistuminen tulevaisuudessa kokonaan tai ehkäistään sen aiheuttamat seuraamukset minimiin esimerkiksi käyttämällä vahvempia osia, eri materiaalia tai voiteluainetta, jne. Tarkkaa rajaa mittaavan ja parantavan kunnossapidon välille on vaikeaa vetää, sillä esimerkiksi tietyillä kunnonvalvonnan analyysimenetelmillä (mm. pakkovärähtelyanimaatio, resonanssimittaus, rakenteen värähtelymuotoanalyysi ) kyetään löytämään rakenteelliset perusvial ja usein myös keinot niiden poistamiseen. Vastaavasti korrelaatioanalyysillä on mahdollista parantaa laitteen käytettävyyteen liittyviä ongelmia vertaamalla prosessin eri parametrien vaikutusta toisiinsa ja etsimällä ajettavuuden kannalta optimaaliset arvot eri parametreille. /2/

## 4.2. Kylmävalssaamon kunnossapito

Mekaanisesti ja sähköisesti liikkuvat osat kuluvat ja hajoavat hyvästäkin huollosta huolimatta. Opinnäytetyössä kartoitettiin Valmistelulinjan ja HP-linjojen proportionaaliventtiilien tiedot oikeiksi ja myös senhetkinen varaosien saatavuus

ulkopuoliselta toimittajalta. Näin saatiin digitaaliseen muotoon prosessissa käytössä olleet proportsioventtiilit ja niiden vastaavuustaulukot, mikäli laite on vanhentunut ja tilalle on asennettava korvaava malli. Tämä helpottaa huomattavasti kunnossapidon toimintaa, sillä turha etsiminen jää kokonaan pois.

Jos kunnossapidon perusasiat eivät ole kunnossa, ei kunnossapitokaan voi toimia moitteettomasti. Ensimmäinen ongelma on usein ilmenevä sähkölaitteiden kokoonpano- ja varaosakuvien sekä osaluetteloiden puutteellisuus tai pahimmassa tapauksessa niiden puuttuminen kokonaan. Varaosien kartoitus ja tilaaminen on mahdotonta, jos kuvat ja osaluettelot eivät ole ajan tasalla. /8/

Tornion tehtaiden kunnossapidosta vastaa kunnossapitoyksikkö, jonka organisaatio on uudistunut 1.5.2007 alkaen. Kunnossapitoon rekrytoitiin toiminnasta vastaava johtaja tammikuussa 2007. Aikaisemmin kunnossapito on toiminut tehtaanjohtajan alaisuudessa. /8/

Tehtaan eri kunnossapitoryhmät yhdistettiin ja toimintaa yhtenäistetään koko tehdasalueella. Kylmävalssaamon kunnossapitoryhmä palvelee tuotantoa osana Tornio Worksin yhteistä kunnossapito-organisaatiota ja sitä johtaa kunnossapitopäällikkö. /8/

Kylmävalssaamolla kunnossapito jakaantuu seitsemään eri ryhmään: leikkauslinjat, käsittelylinjat, valssaimet, yleiset alueet, regenerointi ja neutralisointi, ennakkohuolto, sekä Rolling Annealing and Picklingline 5 (RAP5). Kunnossapitoryhmän päällikön alaisuudessa toimivat kunnossapitoinsinöörit. Kunnossapitoinsinöörit vastaavat automaatio- ja sähkökunnossapidosta alueillaan sekä konekunnossapidosta. /8/

Kunnossapitoinsinöörien alaisuudessa toimivat työnjohtajat. Työnjohtajia on alueittain keskimäärin kaksi sekä sähkö- ja automaatiokunnossapidossa että mekaanisessa kunnossapidossa. Jokaisen työnjohtajan alaisena työskentelee kahdesta neljään asentajaa. Itse tuotettujen kunnossapitopalveluiden lisäksi tehtaan kunnossapidossa käytetään tarvittaessa ulkopuolelta ostettuja kunnossapitopalveluita. Alkuperäinen ajatus sähkö- ja automaatiokunnossapidossa on se, että käytetään pääsääntöisesti omien asentajien osaamista

ja ostetaan vain erikoisosaamista vaativiin työtehtäviin ulkopuolelta kunnossapitopalveluita. Samaa linjaa noudattaa myös konekunnossapito. /8/

Päivävuorossa työskentelevien lisäksi kunnossapidossa toimivat 5-vuorojärjestelmän mukaisessa vuorotyössä vuoroteknikko, kolme sähköasentajaa sekä kaksi koneasentajaa. He huolehtivat arkisin ja viikonloppuisin linjoja pysäyttävistä vioista. Näin päivävuorolle jää aikaa toteuttaa ennakoitua kunnossapitoa huomattavasti paremmin. Kaikki työvuorot auttavat toisia mahdollisuuksien ja tarpeen mukaan. /8/

## 5.KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄ KUTIN KUVAUS

KUTI on Outokumpu Stainless Oy:n kunnossapidon tietojärjestelmä. KUTI:a on ollut kehittämässä TietoEnator Oy. Kyseessä on maailmanlaajuinen kunnossapitojärjestelmä. /5/

Järjestelmä on arkkitehtuuriltaan Client-Server-tyyppinen. Se toimii Microsoft WindowsNT-käyttöjärjestelmissä ja sen käyttöliittymä noudattaa Microsoft Windows95-standardia. Tietokantana on Oracle. /5/

Outokumpu Oyj on siirtymässä yhä vahvemmin käyttämään KUTI:a. KUTI:n käyttö aloitettiin jo noin 10 vuotta sitten. Ensimmäiset KUTI-työohjeet on tehty tuolloin. Aikaisemmin järjestelmän käyttö ei ollut tehdasalueella kovin yleistä. Vasta viime vuosina on alettu siirtyä KUTI:n täydelliseen käyttöön. Järjestelmän käyttöönoton yhteydessä on annettu koulutusta käyttöorganisaatiolle sekä kehitetty ohjelmaa mahdollisimman kattavaksi. Opinnäytetyössä on tarkoitus liittää KUTI:iin proprotioventtiilien vastaavuustaulukot. /5/

Tänä päivänä kaikki kunnossapitotyöhön liittyvät asiat tehdään KUTI:n kautta, jolloin ohjelmaan jää aina merkintä, mitä on tehty, milloin ja kuka. Tätä historiatietoutta voidaan käyttää hyväksi 4-8 vuoden kuluttua esimerkiksi laitteiden rikkoutumistaajuuden toteamiseksi ja tätä kautta voidaan ennaltaehkäistä vikaantumista ja parantaa näin linjojen tuottavuutta. /5/

## 5.1.Laiterekisteri

Laiterekisterissä ylläpidetään tuotantolaitteiston tekniset tiedot. Lisäksi se sisältää tietoja muun muassa nimikkeistä, varaosista ja dokumenteista. /5/

Laitos koostuu erityyppisistä kohteista, kuten linja, laitteisto, sähkölaitos ja niin edelleen. Näitä kaikkia kutsutaan yhteisellä nimellä objekteiksi. Objektityyppi on tärkein objektin luokitettava tekijä. Jokainen objekti on jotakin tyyppiä. Objekti voi olla aineellinen esine, kuten laite, laitepaikka tai osa. Objekti voi olla myös abstraktimpi käsite, kuten nimike tai nimikeryhmä. Objektiin liittyvät sen tyyppin mukaan määritellyt ominaisuudet ja toiminnot. Taulukosta 3 nähdään muutama objektityyppi.

**Taulukko 3. Objektityyppejä /4/**

Tunnus	Objektityyppi
Automaatiopiiri	O_P_AUTOMATIONCIRCUIT
Laitepositio	O_P_DEVICEEPOSITION
Osa	O_PART

## **6.PROPORTIONAALIVENTTIILIEN ELINKAAREN ANALYYSI**

Opinnäytetyön suorittamisessa on muutamia eri vaihetta, joita käydään tässä kappaleessa läpi.

Opinnäytetyön kohteena on Outokummun Tornion tehtaiden kylmävalssaamo. Linjat, joille tein proportionaaliventtiilien elinkaaren analyysin, olivat VA1-, HP1-, HP2-, HP3- ja HP4-linjat. Elinkaaren analyysin tarkoituksena on turvata uuden proportionaaliventtiilin löytyminen vanhan rikkoutuneen tai ennakkohuollossa vaihtoon tulevan tilalle, koska kun laitekanta on ikääntynyt, niin samanlaista laitetta ei ehkä enää saa tilattua, vaan tilalle on löydettävä uusi vastaava tyyppi. Uudet vastaavat tyypit liitettiin KUTI-järjestelmään. Näin ollen proportionaaliventtiilin rikkoutuessa tai ennakkohuollossa vaihdettaessa uusi vastaava tyyppi löytyy helposti ja kustannustehokkaasti ja näin pienennetään huomattavasti linjojen vikataajuutta sähkökunnossapidon osalta.

### **6.1. Instrumenttipiirikaavioiden tutkiminen**

Työ aloitettiin tutkimalla instrumenttipiirikaaviot linjoilta VA1, HP1, HP2, HP3 ja HP4-linjoilta. Instrumenttikaavioista sain tietoon proportionaaliventtiilien position ja VT-ohjauskortin tyypin sekä joissakin tapauksissa proportionaaliventtiilin tyypin. Tein piirikaavioista saamieni tietojen perusteella taulukon, josta selviää positio proportionaaliventtiilin tyyppi ja VT-ohjauskortti. Taulukossa 4 on esimerkki näytetyön yhteydessä tehdystä taulukosta. Esimerkkitaulukossa on yksi proportionaali venttiili HP1-linjalta.

#### Taulukko 4. Proportionaaliventtiilit

		Nimi	Venttiilin tyyppi	Ohjauk kortin tyyppi	Uusi venttiili	Uusi VT-kortti
Positio	73.411D21Y1	Siirtovaunun 1 nosto	3DRPE 11/25A24NZ4M	6C- VT 11013		

### 6.2. Instrumenttipiirikaavioiden tietojen tarkistaminen

Proportionaaliventtiilien tyyppitiedot tarkastettiin ja täydennettiin kiertämällä linjat läpi ja tarkastamalla jokaisen proportionaaliventtiilin tyyppi. Poikkeuksena oli HP2-linja, jonka modernisointi valmistui toukokuussa 2010 ja josta löytyivät tuoreet tarkastetut laitelistat ja päätettiin luottaa niihin.

Tarkastusta suoritettaessa huomattiin, etteivät joidenkin proportionaaliventtiilien tiedot instrumenttipiirikaaviossa ja tuotantolinjalla fyysisesti täsmänneet. Hehkutus- ja peittauslinjat sekä valmistelulinjat ovat olleet toiminnassa jo useiden vuosien ajan. Tuotantolaitteistoa on korjattu tai korvattu uusilla laitteilla tarpeen mukaan toimintavuosien varrella. Korjaustoimenpiteiden yhteydessä on linjan instrumenttipiirikaavioiden päivittäminen jäänyt tekemättä. Tästä syystä johtuen joidenkin tuotantolinjan proportionaaliventtiilien tiedot eivät ole ajanmukaisia ja käyttöönottoajankohtaa ei tiedetä. Tästä johtuen nähtiin tarpeelliseksi käydä läpi kaikki proportionaaliventtiilit ja saattaa listat ajan tasalle.

### 6.3. Proportionaaliventtiilien vastaavuustaulukot

Kun oli kierretty HP-linjat sekä valmistelulinjat ja saatu kaikkien proportionaaliventtiilien tyypit selville, oltiin yhteydessä laitetoimittajaan. Laitetoimittajalta saatujen tietojen perusteella täydennettiin liitteenä olevat taulukot, joista näkyy proportionaaliventtiilien

saatavuus tai uusi vastaava, sekä uusi VT-kortti. Laitetoimittajat eivät olleet halukkaita kertomaan, kuinka kauan yksittäinen nykylaitte tai ohjauskortti on saatavilla, vaan he sanoivat vain, että venttiili on joko saatavilla tai on löydettävä vastaava. Taulukossa 5 on esimerkki täydellisestä taulukosta, josta ilmenee nykyinen proportionaaliventtiili ja sen korvaava malli. Taulukossa on esitetty myös ohjauskortin tyyppi ja korvaava malli. Jos proportionaaliventtiiliä saa tilattua samalla tyyppillä, niin taulukkoon ei ole kirjoitettu uutta tyyppiä.

### Taulukko 5. Proportionaaliventtiilien vastaavuustaulukko

		Nimi	Venttiilin tyyppi	Ohjauskortin tyyppi	Uusi venttiili	Uusi VT-kortti
Positio	73.411D21Y	Siirtovaunun	3DRPE	6C-	VT 11013	3DREP 6 C-
1		1 nosto	11/25A24NZ4M			2X/25E G24K4/M 1X

Valmistelulinja 1 ja HP2 on modernisoitu hiljattain ja niiden laitekanta ei ole vielä päässyt vanhenemaan. Huomioitavaa on kuitenkin, että HP2-linja on valmistunut keväällä 2010 ja sieltä löytyy jo vanhentunut proportionaaliventtiili, jonka tilalle on hankittava korvaava sen rikkoutuessa.

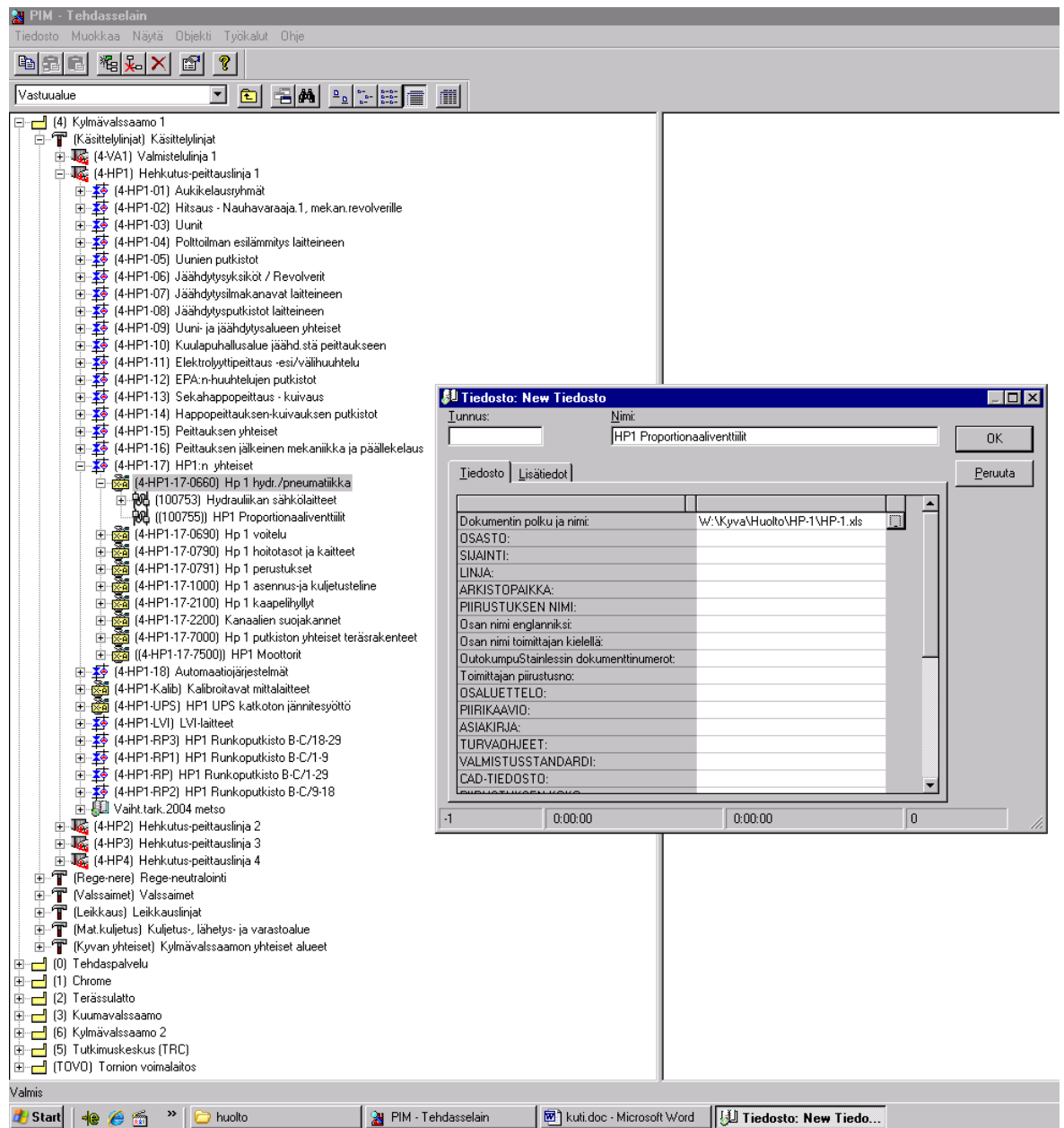
HP1-, HP3- ja HP4-linjoilla laitekanta on päässyt vanhenemaan ja lähes kaikille proportionaaliventtiileille on vaihdettaessa asennettava uusi korvaava tyyppi. Uusi korvaava tyyppi on helppo löytää tekemieni taulukoiden perusteella, jotka ovat liitteenä 1, 2, 3, 4 ja 5. Olemassa oleva vikatietokanta ei anna vielä riittävää tietoa siitä, milloin venttiilien ryhmävaihto on syytä tehdä vuosihuollon yhteydessä.

HP1- ja HP3-linjojen EMG proportionaalisuuntaventtiileille, jotka ohjaavat keskityssäätöä, ei taulukoissa ole vastaavaa. Ne on tarkoitus korvata HP2-linjalla olevalla SEC 16-systeemillä.

## **6.4.Taulukoiden lisääminen KUTI:iin**

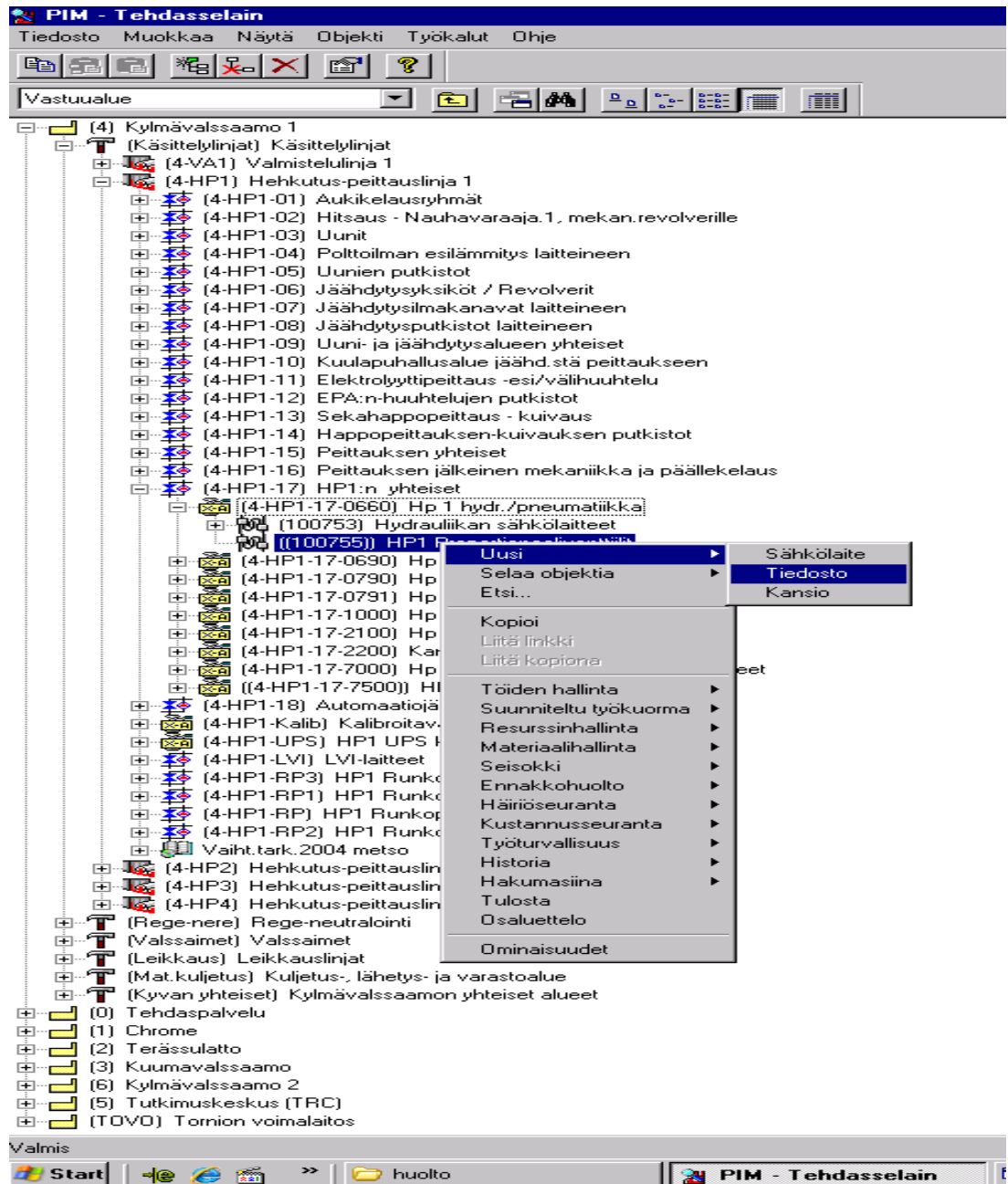
Ensimmäinen tehtävä taulukoiden siirtämisessä KUTI:iin oli selvittää, minne taulukot on tarkoituksenmukaisinta siirtää. Koska saman position alle ei voi lisätä kahta laitetta, päätettiin lisätä taulukot hydraulikka/ pneumatiikkakansion alle. Tämä tehtiin jokaiselle linjalle.

Ensimmäinen vaihe taulukoiden liittämässä KUTI:iin on määrittellä se polku, josta järjestelmä osaa käydä lukemassa tiedoston. Tämä tapahtuu kuvan 12 mukaisesti.



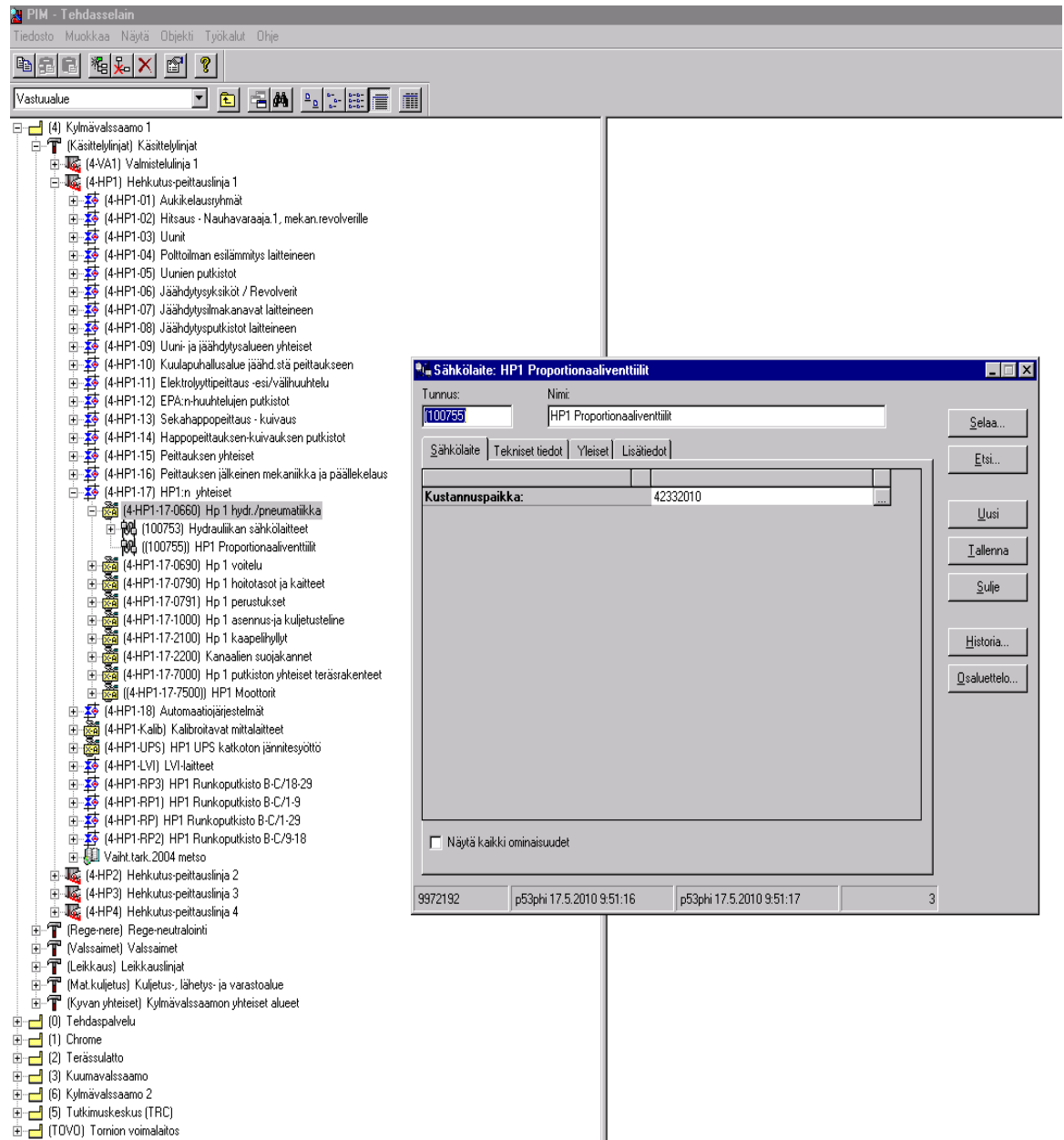
**Kuva 12. Taulukoiden sijoittaminen KUTI:iin**

Toinen vaihe KUTI:iin liittämisessä on lisätä linjaa vastaava taulukko ensimmäisessä vaiheessa luodun polun alle, kuten kuvassa 13 on esitetty.



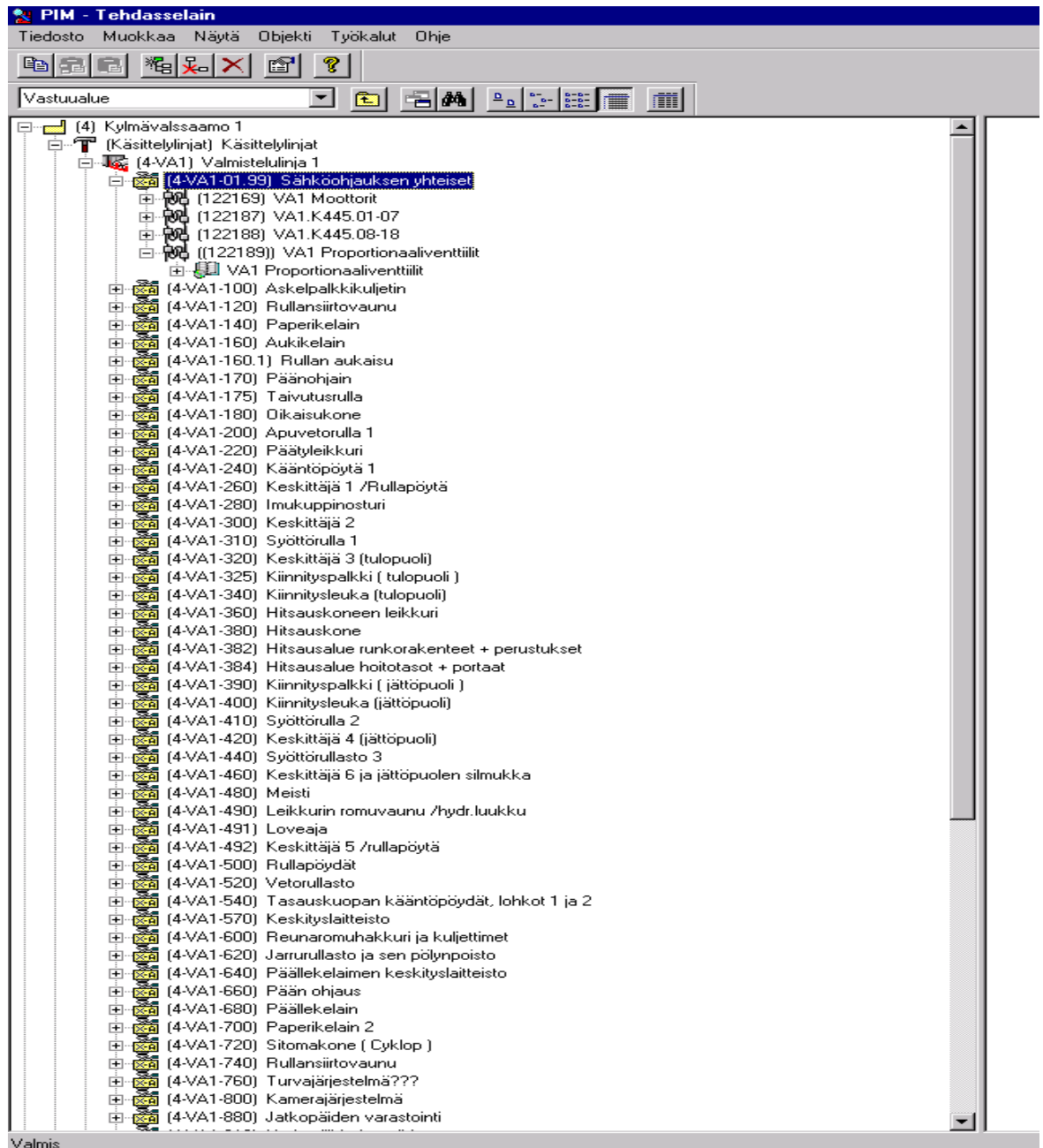
Kuva 13. Taulukoiden liittäminen KUTI:iin toinen vaihe

Kolmannessa vaiheessa lisätään uusi sähkölaite ja määritellään kustannuspaikka. Tämä on esitetty kuvassa 14.



**Kuva 14. Kolmasvaihe KUTI:iin liittämässä**

Kuvassa 15 on esitetty valmis rakenne tehtyjen toimenpiteiden jälkeen. Kun proportionaaliventtiili on vaihdettu uuteen korvaavaan, se vaihdetaan myös KUTI-järjestelmässä kyseisen position kohdalla, näin KUTI pysyy ajan tasalla ja position alla oleva laite löytyy myös fyysisesti kentältä.



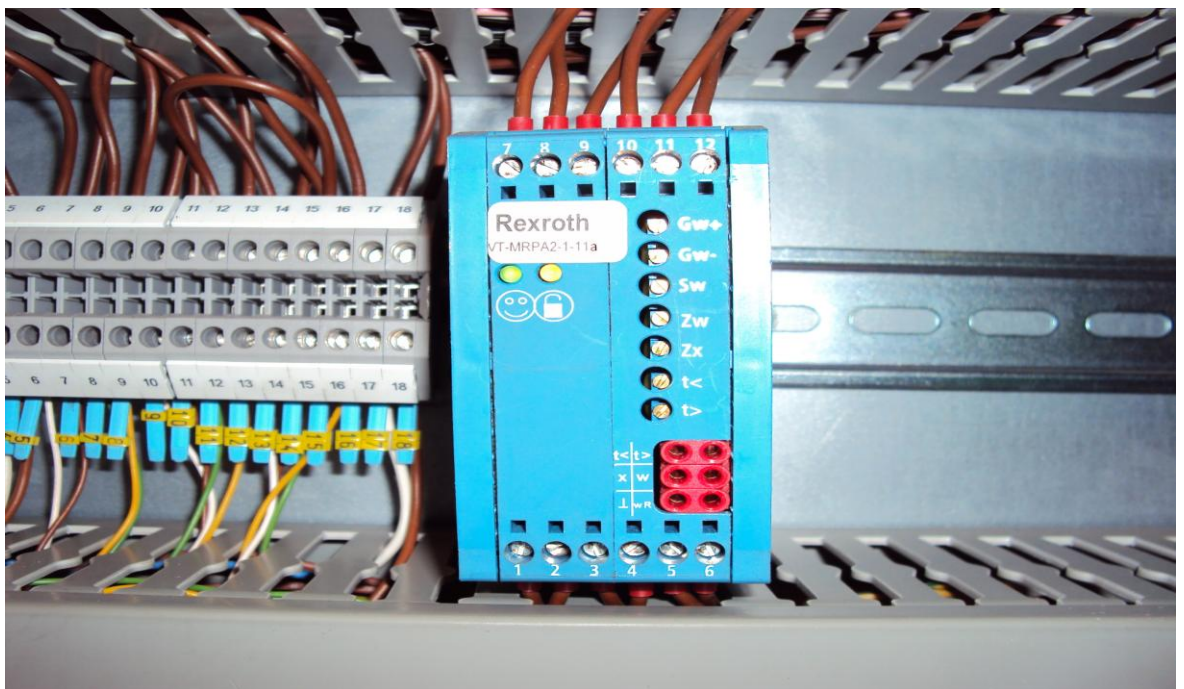
**Kuva 15. Valmis rakenne**

## 6.5. VT-vahvistinmoduuli

Proportionaaliventtiileitä ohjataan VT-vahvistin moduulien avulla tai ohjaukset on integroitu proportionaaliventtiin suoraan. Kun vanhan mallinen proportionaaliventtiili vaihdetaan uuden malliseen, niin myös VT-moduuli vaihtuu. Kuten liitteenä olevista

vastaavuustaulukoista käy ilmi, uusia proportionaaliventtiileitä ohjataan VT-MRPA1- ja VT-MRPA2-ohjausmoduuleilla.

Kuvasta 16 käy ilmi, minkä näköinen ohjausmoduuli on. Ohjausmoduulit voi sijoittaa kenttäkoteloihin tai automaatiotiloihin.



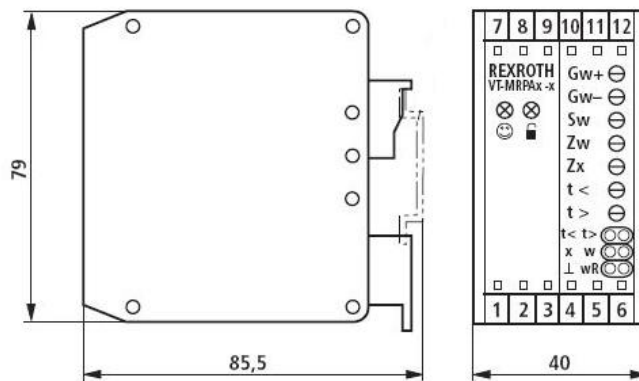
**Kuva 16. VT-MRPA2 kenttäkotelossa**

Suomennettiin kuvassa 17 näkyvät kytkentäohjeet, josta käy ilmi, mitä mihinkin nastoihin kytketään. Tämän pitäisi helpottaa kytkentätyötä ja säästää aikaa.

				VT-MRPA2	VT-MRPA1
käyttöjännite	$+U_O$	1	7	Solenoidi "b"	Solenoidi
	$0\text{ V}^{1)}$	2	8		
Mahdollinen	$U_E$	3	9	Solenoidi "a"	n.c.
Differentiaali tulo	Vertailuarvo potentiaali	4	10		
	$\pm U_{\text{comm}}$	5	11	4 Anturin positio toisio	4 Anturin positio toisio
Anturin todellinen positio	1	6	12		

**Kuva 17. VT-MRPA1- ja VT-MRPA2-kytkentäohje**

Kuvassa 18 on esitetty VT-MRPax-moduulin etupaneeli. Paneelissa on eri säätömahdollisuuksia sekä mittauskantoja. Teoriaosuudessa on hieman asiaa säätämisestä, muuten en ole perehtynyt säätämiseen tässä opinnäytetyössä.



#### LED Valo indikaatorit

- ☺ Operointi valmius (vihreä)
- ☐ Säätö mahdollinen (keltainen)

#### Potentiometrit

- Gw+** Positiivisten tulosignaalien amplitudi vaimennus
- Gw-** Negatiivisten tulosignaalien amplitudi vaimennus (vain MRPA-2)
- Sw** Askelpituuden vaihto negatiivisille ja positiivisille suunnille
- Zw** Käskyalueen nolla kohta
- Zx** Todellisen arvon nolla kohta
- t<** Nousevan käskyarvon ramppi aika
- t>** Laskevan käskyarvon ramppi aika

#### Mittaus kannat:

- t<** Ramppi aika "ylös"
- t>** Ramppi aika "alas"
- x** Todellinen arvo
- w** Käsky arvo
- wR** Käsky arvo rampin jälkeen
- ⊥** Nollakohdan mittaus

**Kuva 18. VT-MRPax-moduulin etupaneeli**

## 7.YHTEENVETO

Laitehallinnan parantamiseksi on tämän työn yhteydessä parannettu kunnossapitojärjestelmä KUTI:a erityisesti proportionaaliventtiilien kohdalta siten, että KUTI on saatettu ajan tasalle linjalla olevien laitetyyppien oikeellisuuden osalta. Tätä varten käytiin läpi kaikki linjoissa olevat proportionaaliventtiilit, tarkistettiin niiden tyyppimerkinnot ja tiedot merkittiin kunnossapitojärjestelmä KUTI:iin ja oikeat ajan tasalla olevat piirikaaviomerkinnot varmistettiin. Samoin tehtiin VT-ohjaukskorttien tarkistaminen. Kaikille proportionaaliventtiileille haettiin myös korvaavien venttiilien tiedot ja selvitettiin venttiilien saatavuus.

Samassa yhteydessä pyrittiin selvittämään myös kunkin venttiilin käyttöönottopäivä ja luotiin järjestelmä, jolla voidaan kerätä tietoa kunkin venttiilin ja venttiilityypin käyttöiästä ja tästä datasta voidaan sitten vähitellen koota keskimääräinen elinikä kullekin venttiilityypille. Kun proportionaaliventtiilit pyritään valmistamaan siten, että ne kestävät yleensä niiden koneiden ja laitteiden koko iän, mihin ne on asennettu, niin se tarkoittaa yleensä normaalissa teollisuuskäytössä, esim. keskeytyvässä kolmivuorotyössä noin 10 vuotta eli noin 44000 käyttötuntia. Outokummun tyyppisessä keskeytymättömässä kolmivuorotyössä 44000 käyttötuntia tulee runsaassa 5 vuodessa. Näin ollen voidaan olettaa, että kylmävalssaamon linjoilla saattaa tulla eteen mahdollisuus hoitaa välttämättömiä venttiilivaihtoja normaalien huoltoseisokkien yhteydessä ikään kuin ennakkoon, kun todennäköinen elinikä tunnetaan. Tämä on tyypillinen ehkäisevän ja ennakoivan kunnossapidon ongelma, johon siis esitetään ratkaisuksi edellä mainittua datan keruuta. Etuna tälle voidaan esittää:

1. Vältetään yllättäviä seisokeilta.
2. Korjauskustannukset pienenevät.
3. Korjausajat lyhenevät.
4. Varaosatarve pienenee.
5. Korjaukset/huollot voidaan ajoittaa suunniteltuihin seisokkeihin:

Tämän seurauksena tuotanto kasvaa ja korjaavan kunnossapidon kustannukset pienenevät.  
/7/, /3/ ja /4/

Yleensä proportionaaliventtiilien käyttöikä voi käyttöpisteen olosuhteiden erilaisuudesta johtuen vaihdella suurestikin, joten esimerkiksi 5 vuoden käytön jälkeen huoltoseisokin yhteydessä tapahtuvassa ryhmävaihdossa saattavat jotkut venttiilit olla vielä kaukana todellisesta käyttöikänsä lopusta, mitä voidaan pitää menetelmän haittapuolena. Toisaalta proportionaaliventtiilien hinta asennuksineen suhteessa koko linjan pysähtymiseen yhden satunnaisen venttiilirikon takia on ehkä halvempi kustannuksiltaan kuin linjan pysähtymisen takia menetetty tuotanto ja odotusajan palkkakustannukset. Tämä riippuu siis proportionaaliventtiilin tyypistä ja vastaavasti seisonta-ajan pituudesta.

## 8.LÄHDELUETTELO

/1/ Kauranen, Heikki, Kajaste, Jyrki, Vilenius, Matti, Hydraulitekniiikan perusteet, 3, painos, WSOY, 2007.

/2/ ABB:n TTT-käsikirja, 2000-07, (WWW-dokumentti),  
[http://heikki.pp.fi/abb/230\\_0007.pdf](http://heikki.pp.fi/abb/230_0007.pdf), 12.6.2010.

/3/ Immonen, Aarno, Hydraulikomponenttien käyttöiän tarkastelu, Diplomityö, (WWW-dokumentti), (<http://www.promaint.net/downloader.asp?id=2789&type=1>) 12.6.2010.

/4/ Immonen, Aaro, Hydraulikomponenttien käyttöikä, (WWW-dokumentti),  
<http://www.ramentor.com/@Bin/1552815/hydrauliikkakomponentit.pdf> 19.8.2010.

/5/ KUTI-Kunnossapidon tietojärjestelmä. 1999. Outokumpu intranet, 5.5.2010

/6/ Lotus notes, Outokumpu intranet ,8.5.2010.

/7/ Nome Oy Ennakoiva kunnossapito, (WWW-dokumentti),

[http://www.lprinno.fi/includes/file\\_download.asp?deptid=15004&fileid=7222&file=Nome\\_Oy\\_10\\_12\\_08.ppt](http://www.lprinno.fi/includes/file_download.asp?deptid=15004&fileid=7222&file=Nome_Oy_10_12_08.ppt), 26.7.2010.

/8/ Yleisesite. Outokumpu Oyj. Tornio Works intranet, 9.5.2010.

## **9.LIITELUETTELO**

Liite 1. Valmistelinjan proportionaalivettiili-vastaavuustaulukko

Liite 2. HP1-linjan proportionaalivettiili-vastaavuustaulukko

Liite 3. HP2-linjan proportionaalivettiili-vastaavuustaulukko

Liite 4. HP3-linjan proportionaalivettiili-vastaavuustaulukko

Liite 5. HP4-linjan proportionaalivettiili-vastaavuustaulukko