

Joni Hukkanen

KENTTÄLAITTEIDEN ASENNUSKANNAN ELINKAAREN
HALLINNALLA KÄYNTIVARMUUTTA JA
KUSTANNUSTEHOIKUUTTA

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2013

KENTTÄLAITTEIDEN ASENNUSKANNAN ELINKAAREN HALLINNALLA KÄYNTIVARMUUTTA JA KUSTANNUSTEHOKKUUTTA

Hukkanen, Joni

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Helmikuu 2013

Ohjaaja: Juuso, Jarmo

Sivumäärä: 72

Liitteitä: 5

Asiasanat: kustannustehokkuus, laadunhallinta, prosessiteollisuus, tuotekehitys, venttiilit,

Opinnäytetyön aiheena oli kehittää venttiilin valintamenetelmän tueksi ongelmanratkaisumalli, jonka avulla pystytään saavuttamaan parempi käyntivarmuus ja pystytään hallitsemaan kriittisissä kohteissa esiintyviä ongelmia systemaattisesti. Ongelmanratkaisumallia ryhdyttiin luomaan tutkimalla venttiilien ominaisuuksia, materiaaleihin liittyviä asioita ja yleisempiä esiintyviä vaurioita prosessisovelluksissa. TT-menetelmän, SPC:n pareto-analyysin, Taguchi-menetelmän ja syy-seurauskaavion yhdistelmää pystyttiin soveltamaan Oy Tehdas AB:n prosessin ongelmaventtiilin materiaalivalintojen ja määräävien ominaisuuksien optimointiin. Toimivan ongelmanratkaisumallin avulla asiakkaalle tarjottiin kohdeventtiilin parannusehdotus, jonka toteutusmallina toimisi tämä opinnäytetyön ongelmanratkaisumalli.

RELIABILITY AND COST-EFFICIENCY BY MANAGING THE LIFECYCLE OF THE FIELD EQUIPMENT'S INSTALLATION BASE

Hukkanen, Joni

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

February 2013

Supervisor: Juuso, Jarmo

Number of pages: 72

Appendices: 5

Keywords: cost-efficiency, Quality management, processing industry, research and development, valves

The purpose of this thesis was to develop problem-solution model that supports the basics of valve selection protocol which helps to achieve better reliability and be able to manage systematically occurring problems in critical applications. The development of problem solution model began by examining the properties of the valves, issues concerning about valve materials and common occurring problems in process applications. Combination of TT-method, SPC, Pareto-analysis, Tacughi-method and cause/effect-diagram can be used to apply the Oy Tehdas Ab's material and feature optimization to improve critical valve in their process. With an affective problem-solution model the customer were offered a suggestion for improvement with the right features and material, which are developed in this thesis.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	VENTTIILITYYPIT	7
2.1	Palloventtiili.....	7
2.1.1	Palloventtiilin rakenne.....	7
2.1.2	Metso Oy:n tarjoamat palloventtiilien runkorakenteet.....	8
2.1.3	Palloventtiilien tiivisterakenteet.....	10
2.1.4	Palloventtiilin toiminta.....	11
2.2	Läppäventtiili	11
2.2.1	Neles [®] -tuoteryhmän läppäventtiilit.....	12
2.2.2	Neles [®] -läppäventtiilin rakenne.....	12
2.2.3	Neldisk [®] -tiivistysperiaate.....	13
2.2.4	Neles [®] -läppäventtiilin toiminta.....	13
2.2.5	Jamesbury [®] -tuoteryhmän läppäventtiili	14
2.2.6	Jamesbury [®] -läppäventtiilin rakenne.....	14
2.2.7	Tiivistysperiaate	15
2.2.8	Jamesbury [®] -läppäventtiilin toiminta.....	16
2.3	Segmenttiventtiili.....	16
2.3.1	Venttiilin ja segmentin rakenne.....	17
2.3.2	Tiivistysperiaate	19
2.3.3	Segmenttiventtiilin toiminta.....	19
2.4	Istukkaventtiili	20
2.4.1	Rotary Globe [®] -kiertoistukkaventtiili	20
2.4.2	Rotary Globe [®] -kiertoistukkaventtiilin rakenne.....	20
2.4.3	Rotary Globe [®] -kiertoistukkaventtiilin tiivisteratkaisut.....	21
2.4.4	Finetrol [®] -kiertoistukkaventtiili	22
2.4.5	Finetrol [®] -kiertoistukkaventtiilin rakenne.....	22
2.4.6	Finetrol [®] -kiertoistukkaventtiilin tiivistysperiaate	23
3	MATERIAALIVALINNAN MERKITYS.....	24
3.1	Venttiileissä käytettyjä ei-metallisia materiaaleja ja niiden ominaisuuksia.	25
3.2	Metallien korroosiokestävyys	26
3.2.1	Korroosio ja eroosio	27
3.2.2	Kavitaatio-, ja flashing-ilmio	27
3.2.3	Sähkökemiallinen korroosio eli galvaaninen korroosio	31
3.3	Metallien kitkakerroin.....	32
3.4	Kohdeventtiilissä käytetyt metallit	32
3.5	Tutkimustyössä tutkittujen erikoismetallien ominaisuuksia.....	33

4	TUTKIMUSMENETELMÄT	34
4.1	TT-menetelmä.....	34
4.1.1	TT-menetelmän käyttäminen	35
4.2	SPC 36	
4.2.1	Pareto-diagrammi	36
4.2.2	Syy-seurauskaavio.....	37
4.2.3	Pareto-digrammin ja syy-seurauskaavion yhdistelmä.....	37
4.3	Taguchi-menetelmän parametrisuunnittelu	38
4.3.1	Kokeiden suunnittelu.....	39
4.4	Menetelmien soveltaminen	45
5	TYÖKALUN SOVELTAMINEN JA TOTEUTTAMINEN	46
5.1	Tutkimustyön aloittaminen	46
5.2	Tutkimustyön lähtökohdat	47
5.2.1	Kohdeventtiilin tiedot.....	47
5.2.2	Kohdeventtiilin analysointi	49
5.3	Tutkimustyön aloittaminen	49
5.3.1	TT-menetelmän soveltaminen.....	55
5.3.2	TT-menetelmän ja Pareto-diagrammin yhteys	58
5.3.3	Tosiasioiden ryhmittely	58
5.3.4	Pareto-diagrammin esittäminen.....	59
5.3.5	Syy-seurauskaavion luonti	59
5.3.6	Vianaiheuttaja ja koesuunnittelu	62
5.3.7	Parametrien suunnittelu	63
5.3.8	Kohdeventtiilin parametrisuunnittelu.....	64
5.3.9	Kustannuslaskelma.....	65
5.4	Työkalun etenemismalli ja toteutusohje	66
	LÄHTEET.....	69
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Prosessiteollisuudessa oikeantyyppisillä venttiileillä on suuri merkitys tasaisen prosessituotteen saavuttamiseksi. Joskus on kuitenkin tapauksia, jolloin venttiili pitää korvata erilaisella venttiilityypillä tai venttiilityypille pitää etsiä uusi toimiva ratkaisu. Uuden ratkaisun määrittämisen syynä saattaa olla monia erilaisia asioita, kuten prosessin muuttuminen tai tuotantokapasiteetin kasvaminen/ supistuminen. On olemassa tapauksia jolloin perinteinen venttiilin mitoitus ja valintaprosessi ei tuota toivottua tulosta, vaan venttiili vioittuu edelleen mitoituksesta huolimatta ja on vaaraksi prosessin jatkumiselle. Ongelmallisia kohteita kutsutaan nimityksellä kriittinen kohde. Tässä opinnäytetyössä keskitytään luomaan kriittisten kohteiden kehittämiseksi ja ratkaisulle pohja, apuna käytetään kolmannen osapuolen (Oy Tehdas Ab:n) prosessissa sijaitsevaa kohdeventtiiliä. Kohdeventtiilin tutkimusten ja saatujen tulosten perusteella voidaan luoda hyvä pohja uudelle venttiilin valinnan työkalulle, sekä saavuttaa konkreettinen hyöty kolmannelle osapuolelle parantamalla venttiilin toiminta-aikaa pidemmäksi.

Opinnäytetyössä käytetään empiiristä eli toteavaa tutkimusmenettelytapaa, tutkitaan kohteessa esiintyviä asiakohtia, sekä haetaan kirjallisuustutkimus menetelmän avulla tyydyttävä ratkaisu. Toteavassa tutkimuksessa pyritään luomaan kohdeventtiilin ympärille ryhmät vaurionaiheuttajista. Myöhemmin haetaan kaksi parannusehdotusta, jotka esitetään toteutettaviksi Taguchi-menetelmää noudattaen.

Kriittisten kohteiden venttiilivalinnan etenemismalliksi on valittu pääasiassa tuotekehityksessä käytettäviä menetelmiä, kuten tehtävän asettelun analysointia, eli TT-, ja Taguchi-menetelmää ja sovelletaan SPC:n osia tyydyttävän mallin rakentamiseksi.

2 VENTTIILITYYPIT

2.1 Palloventtiili

Palloventtiilit ovat laajalti prosessiteollisuuden käytössä olevia sulku- ja säätösoveluksia. Palloventtiilien rakenne on sukua tulppaventtiileille, joiden tiivisterakenteena toimii 90-astetta kiertyvä sulkuelin. Metso Oy:n tuotemerkkejä ovat Jamesbury[®] ja Neles[®].

Palloventtiilin tiiviysperiaate perustuu pallonmuotoiseen sulkuelimeen, joka on säteen ja pallon ulkokehän ympärysmitan kanssa yhdenmukainen tiivisteiden kanssa. Paineen kasvaessa, joko sulkuelin tai vastaavasti tiivisterakenne siirtyy toista kohti ja muodostaa tiiviin parin. Rakenteita on yleisesti kahta erilaista mallia, laakeroitu pallo ja ns. kelluva pallo. Pallon muotoisessa sulkuelimessä on kanava pallon läpi, josta väliaine pystyy kulkemaan ilman suuria virtausvastuksia. Kääntämällä palloa akselista 90-astetta saadaan venttiili aukeamaan tai sulkeutumaan. Palloventtiilin säätöominaisuuksia pystytään parantamaan muuttamalla virtausaukon muotoa.

(Smith & Zappe 2004, 108-114.)

2.1.1 Palloventtiilin rakenne

Laakeroitu sulkuelin

Palloventtiili jonka sulkuelimen rakenne on toteutettu laakeroimalla. Pallo muodostaa joustamattoman yhtenäisen osan akselin kanssa. Pallonmuotoinen sulkuelin ja akseli on tuettu pallon molemmin puolin liukulaakereilla. Laakeroidulla rakenteella pystytään saavuttamaan hyvä tiiviys pienillä paineilla. Tiivisterakenne laakeroidulla palloventtiilillä on monimutkainen ja tarvittavia osia on enemmän kuin laakeroimattomassa mallissa. Tiiviyden saavuttamiseksi esipaine pitää luoda jousen avulla, joka painaa itseään vasten sulkuelintä. Laakeroidun sulkuelimen avautumiskitka ei kasva merkittävästi linjaston paineen kasvaessa ja rakenne toimii pienissä, että suurissa kokuokissa hyvin.

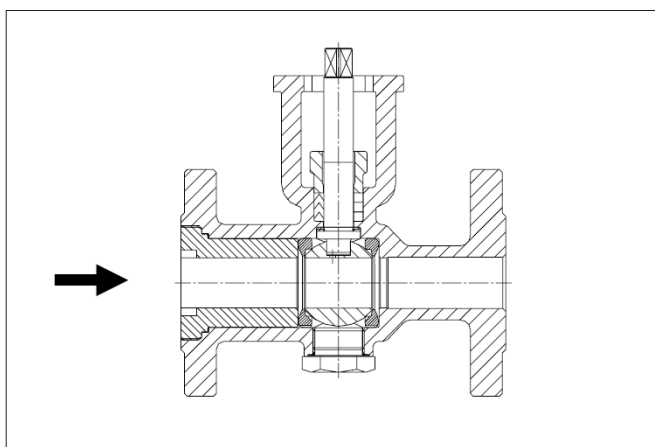
(Metso Automation 2002a, 3.)

Kelluva vapaasti liikkuva sulkuelin

Kelluvassa sulkuelin rakenteessa pallon muotoinen sulkuelin on asennettu kahden tiivisteiden väliin. Tiivisteet ovat lukittu venttiilin runkoon ja eivät näin ollen pysty liikkumaan kohti palloa. Pallo pystyy liikkumaan vapaasti myötävirrassa tiivisteitä kohti vääntämättä akselia. Pallon muotoinen sulkuelin ja akseli ovat erilliset osat. Akseliin on kiinnitetty vetokappale, joka asettuu väljästi pallon yläosassa sijaitsevaan uraan. Vetokappale välittää akselin kiertoliikkeen palloon. Kelluva rakenne ei ole tiivis rakenne metallisilla tiivisteillä jos linjaston paine on pieni, sillä pallon ja tiivisteiden väliin jää vällystä. Pieni paine ei auta riittävästi palloa siirtymään kohti tiivistettä ja tiiviys huononee. Pehmeällä tiivistemateriaalilla kuten Xtreme[®] hyvän tiiviuden saavuttaminen on mahdollista ilman linjaston auttavaa painetta, sillä tiiviste on kokoajan kosketuksessa palloon. Irrallisen pallon avautumisvoiman tarve kasvaa paineen kasvaessa, ja ei näin ollen sovellu suurien kokoluokkien rakenneratkaisuksi. Säätkäytössä kelluva rakenne ei ole suositeltava ratkaisu, tämä johtuu siitä, että paine painaa palloa kohti tiivistettä ja liikkuaessaan useasti säädön aikana saattaa aiheuttaa vaurioita tiivistepintoihin ja venttiilin käyttöikä lyhenee.

(Metso Automation 2002a, 3.)

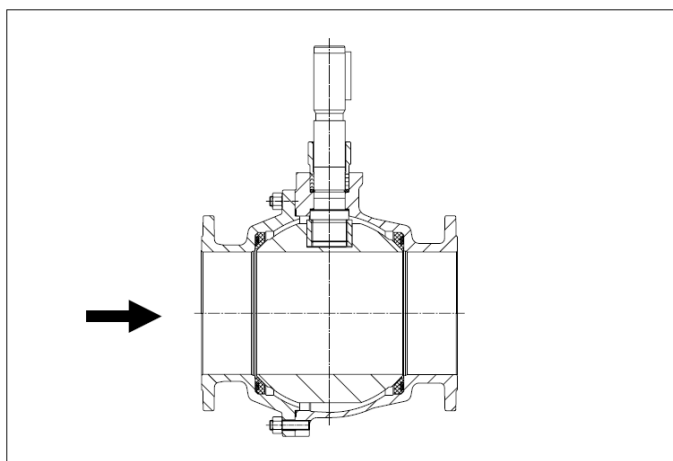
2.1.2 Metso Oy:n tarjoamat palloventtiilien runkorakenteet



Kuva 1, Yksiosainen runko insertillä. (Metso Automation 2002, 3.)

Yksiosainen runko on käytössä vanhemmissa pienikokoisissa palloventtiileissä. (Kuva 1.) Rungon ollessa yhtenäinen pallo on asennettu pesään rungon toisesta päästä, jossa on kierteillä oleva laippaholkki. Pallon asennuksen jälkeen laippaholkki kierretään paikoilleen. Tiivisteet ovat lukittuna laippaholkissa ja rungossa.

(Metso Automation 2002a, 3.)

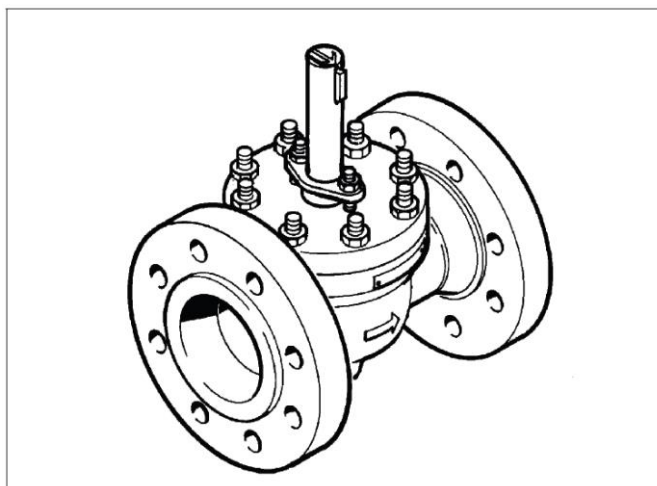


Kuva 2, Kuvaus kaksiosaisesta runkorakenteesta. (Metso Automation 2002a, 3.)

Kaksiosainen runkorakenne on käytössä uudemmissa pienikokoisista suuriin palloventtiileihin. (Kuva 2.) Kaksiosaisessa runkorakenteessa pesän erilliset osat on liitetty toisiinsa vaarnaruuvein, tällainen rakenne helpottaa venttiilin huoltamista ja venttiiliin on käytetty vähemmän tiiviyteen vaikuttavia osia.

Top-Entry (päältä huollettava) – rakenne on käytössä Metso oy:n erikoissäätö ja sulkuovelluksissa. Venttiili on helppo huoltaa rakenteensa vuoksi irrottamalla sitä linjasta.

(Metso Automation 2012, 3)



Kuva 3, TOP Entry venttiilin rakenne. (Metso Automation 2012, 3.)

2.1.3 Palloventtiilien tiivisterakenteet

Palloventtiilin tiivisteiden muodot ovat suunniteltu palvelemaan monenlaisia väliaineita ja prosessiolosuhteita. Tiivisterakenteita on jokaista palloventtiilityyppiä kohden monta erilaista vaihtoehtoa. Metso Oy:n venttiilien laaja tiivisterakenne tarjonta laajentaa venttiilien käyttöaluetta huomattavan paljon. Metso Oy:n kotisivuilta löytyvistä teknisistä esitteistä näkee tärkeimmät tiivisterakenteet. Metallisella tiivisteellä saavutetaan hyvä tiiviys kasvattamalla painetta. Pehmeällä materiaalilla kuten Xtreme®, palloventtiili on tiivis ilman paineen kasvatusta. Pehmeillä tiivistemateriaaleilla on mahdollista saavuttaa ns. kuplatiiviys, joka tarkoittaa sitä että venttiilin pallon ja tiivisteiden välistä ei vuoda yhtään väliainetta.

(Metso Automation 2010a, Flowschool) (Smith & Zappe 2004, 108-114.)

2.1.4 Palloventtiilin toiminta

Palloventtiilin rakenne sopii erinomaisesti sulkuventtiiliksi, mutta se soveltuu myös säätöön. Säätökäytössä palloventtiiliä käytetään kun paineet ja muut prosessiolosuhteet eivät ole suotuisat esimerkiksi segmenttiventtiilille tai läppäventtiilille. Säätöominaisuuksia pystytään parantamaan kuristamalla venttiilin virtausaukkoa, jolloin väliaine virtaa nopeammin venttiilin yli. (Metso Automation. 2012a, 3.)

Palloventtiilin sovelluskohteet

- Sellutehtaan eri sovellukset:
 - sellukeitin
 - kuitulinja
 - lipeälinja
 - kemikaalien talteenotto
- TMP -laitokset
- Uusiopaperilinjat
- Paperikone
- Sekä muut prosessiteollisuus sovellukset

Soveltuvuudet väliaineille.

- Kaasut
- Nesteet
- Hiomattomat lietteet
- Alipaineistetut väliaineet
- Cryogeeniset väliaineet

2.2 Läppäventtiili

Läppäventtiilit ovat prosessiteollisuudessa yleisesti käytettyjä venttiilejä, sillä ne soveltuvat moneen hyvin erilaiseen sovellukseen laajan käyttöalueen vuoksi. Rakenteen ja tiivistysratkaisun ansiosta läppäventtiili soveltuu myös monille erilaisille väliaineille. Tässä opinnäytetyössä käsitellään Metso Oy:n läppäventtiileitä, joiden tuo-

temerkkejä ovat Jamesbury® ja Neles®. Tuotemerkit eroavat pääasiassa toisistaan tiivisterakenteen ja tiivistysperiaatteen mukaan.

Läppäventtiilien toimintaperiaate on 90-astetta kääntyvä sulkuelin ”läppä”, karaa käännettäessä sulkuelin irtoaa tiivisteeltään ja vapauttaa virtauksen. Läppäventtiileillä ei ole mahdollista asettaa avautumiskulmaa, koska tiivisteiden ja sulkuelimen muodostama kosketuspinta on kapea ja pinta-alaltaan hyvin pieni, tämä mahdollistaa pienen avautumisvoiman tarpeen.

2.2.1 Neles®-tuoteryhmän läppäventtiilit

Kaikki Neles® – tuotemerkin läppäventtiilit ovat metallitiivisteisiä venttiileitä. Venttiilit on suunniteltu kestäväksi hyvin mekaanista kulutusta. Neles® läppäventtiilien tiivisteratkaisu on kehittynyt ja se ei vaadi hyvän tiiviyden saavuttamiseksi putkiston painetta, tai erillisiä jousia auttamaan sulkeutumista.

2.2.2 Neles®-läppäventtiilin rakenne

Neles® läppäventtiileitä on kahta perusmallia ja muutama erikoissovellus. Perusmallit ovat L12, LW, joihin keskitytään tässä opinnäytetyössä. Kaikki Neles® -venttiilit ovat kolmoisepäkeskeisiä tiivistysperiaatteeltaan, rakenteesta kerrotaan kappaleessa **Neldisc® -tiivistysperiaate**.

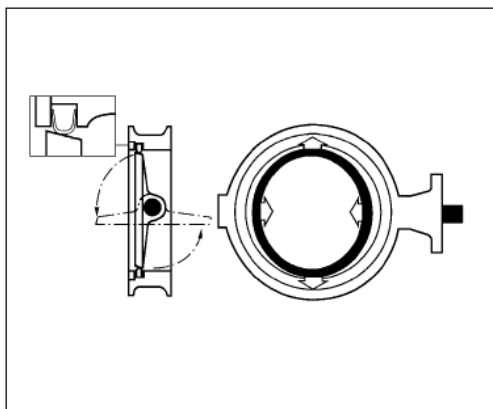
L12-sarjan venttiilissä on yksiosainen runkorakenne. Venttiili asennetaan laippojen väliin DN 600 kokoon asti, suuremmissa kokoluokissa venttiilissä on pultattu laipparengas. Rakenne on kevyt ja venttiili on helppo asentaa.

LW- ja LG-sarjan venttiileissä on mahdollista irrottaa tiivisterengas, sillä toinen tasopinta on kiinnitetty venttiilin runkoon kuusioruuvien avulla. LW-sarjan läppäventtiilit on suunniteltu vaativiin olosuhteisiin ja käyttöön. Venttiilit ylittävät TA-Luft vaatimustason, joka tarkoittaa emissioiden vähäisiä määriä. Rakenteeltaan verrattuna L12-sarjan venttiiliin LW on hieman pidempi rakennemitaltaan. LW -sarja on laippojen väliin asennettava malli ja LG -sarja on korvaketyyppinen malli.

(Metso Automation Oy. 2012c, 1-6.)

2.2.3 Neldisk®-tiivistysperiaate

Venttiilin läppä on muodoltaan ellipsi, se on kuin metallikartiosta vinottain poikki-leikattu siivu. Kun venttiili sulkeutuu, läppä työntää tiivisterengasta isomman akselin suuntaisesti ulospäin, tällöin tiivisterengas puristuu läppää vasten pienemmän akselin suuntaisesti saaden aikaan tiiviin kosketuksen läpän ja tiivisteen välille. Kun venttiili avautuu, kosketus irtoaa heti. Hyvän suunnittelun ansiosta tiivisterengas palautuu alkuperäiseen pyöreään muotoonsa. (Metso Automation 2012c. 2.)



Kuva 4, kolmoisepäkeskeinen tiivistysratkaisu. (Metso Automation 2012d. 3.)

2.2.4 Neles®-läppäventtiilin toiminta

Neles® -läppäventtiileitä käytetään hyvin laajalti erilaisissa sovelluskohteissa, niitä ovat mm. paperi- ja selluteollisuudessa, sekä kemian- petrokemian ja jalostamoteollisuuden monissa erilaisissa sovelluskohteissa. Läppäventtiilit soveltuvat sekä säätökäyttöön että sulkuventtiileiksi.

Soveltuvuus väliaineille

- Nesteet
- Kaasut
- Höyry
- Massa
- Läppäventtiileitä voidaan käyttää laajasti prosessiteollisuuden sovelluksissa

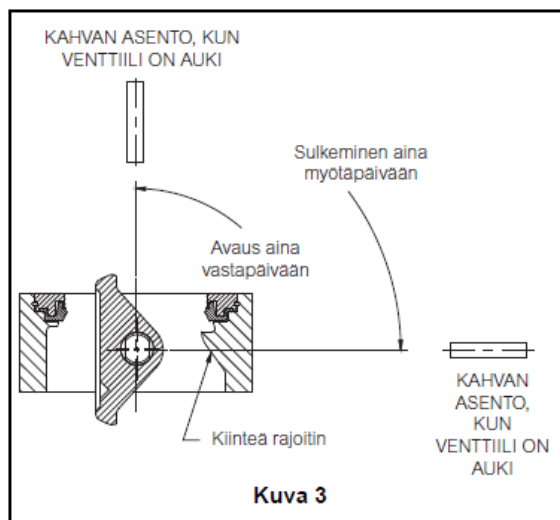
2.2.5 Jamesbury®-tuoteryhmän läppäventtiili

Jamesbury® -tuoteryhmän läppäventtiileissä tiiveys on toteutettu käyttämällä Xtreme® -materiaalia tiivistemateriaalina. Venttiilit ovat helppoja huoltaa ja ne soveltuvat moniin erilaisiin sovelluskohteisiin, jopa monipuolisemmin kuin metallitiivisteiset läppäventtiilit.

2.2.6 Jamesbury®-läppäventtiilin rakenne

Jamesbury® -tuoteryhmän läppäventtiilit ovat kaksiosaisia, niissä on irrotettava insertti joka pitää tiivisteiden paikoillaan. Läppäventtiili on myös kaksoisepäkeskeinen rakenteeltaan, joka tarkoittaa sitä että läppä ei ole avautuessaan kosketuksessa tiivisteiden kanssa. Jamesbury® -läppäventtiileissä on ns. pehmeä tiivistemateriaali jolloin vaarana on läpän pyörähtäminen yli 90 astetta, tämä aiheuttaisi läppäventtiilin epäkuntoon menemisen. Kuitenkin venttiilin rungossa on kiinteä rajoitin (kuva 5), joka estää läpän liikkumisen yli sallittujen rajojen, sekä se mahdollistaa myös toimilaitteen rajojen säätämisen linjassa. Läppäventtiileistä on kahta erilaista kiinnitysmallia, toinen on laippojen väliin asennettava ja toinen on yksilaippainen, korvakkeellinen malli.

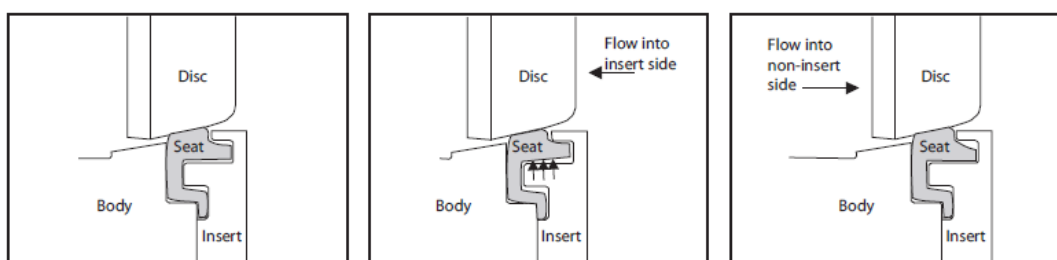
(Metso Automation Oy. 2013, 1-4.)



Kuva 5, kiinteä rajoitin. (Metso Automation Oy. 2013, 1-4.)

2.2.7 Tiivistysperiaate

Jamesbury® -läppäventtiileissä putkiston paineella on merkitystä venttiilin tiiviydelle, toisin kuin Neldisc® -tiivistysperiaatteessa. Läppäventtiili on kuitenkin kaksois-epäkeskeinen, joka parantaa tiivisteen kestoa. Läppä on epäkeskeinen sillä akseli on sivussa keskipisteestä ja Sulkuelin on myös läpän tiivistetason takana. Väliaineen virtaussuunnalla ei ole läpän tiiviyteen suurta merkitystä.

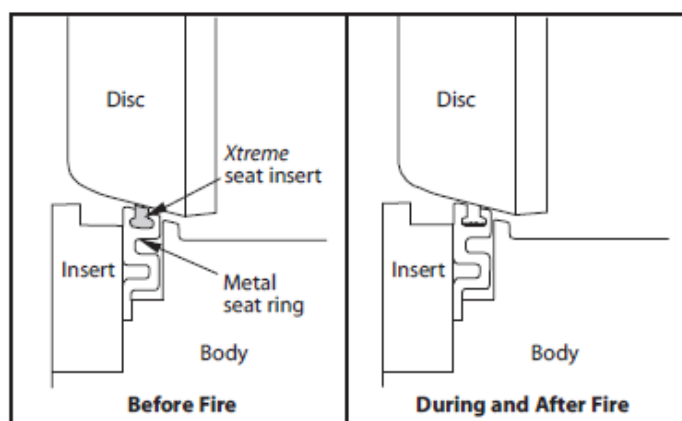


Kuva 6, Pehmeä tiivisteen toimintaperiaate. (Metso Automation Oy. 2013, 1-4.)

Yllä olevista kuvista näkee kuinka putkiston paine pääsee vaikuttamaan elastisen huulitiivisteen tiivistysperiaatteeseen. Virtauksen tullessa insertin puolelta putkiston paine pääsee huulitiivisteen väleihin nostaen tämän kohti läpän tiivistepintaa.

Virtauksen tullessa insertin vastakkaiselta puolelta putkiston paine painaa läppää vasten huulitiivistettä. Jamesbury® tarjoaa myös läppäventtiileihin tulitiiviin tiivisteratkaisun. Tiiviste on kaksiosainen, ensisijaisesti venttiili tiivistetään Xtreme® -tiivistemateriaalia käyttäen. Tilanteessa, jossa Xtreme® -materiaali tuhoutuu, muodostaa jäljelle jäänyt metallinen rengas läpän kanssa tiiviin parin. Rakenne sopii erinomaisesti myös kriittisiin ja vaarallisiin sovelluskohteisiin.

(Metso Automation Oy. 2013, 1-4.)



Kuva 7, tuli-tiivis tiivisteratkaisu. (Metso Automation Oy. 2013, 1-4.)

2.2.8 Jamesbury®-läppäventtiilin toiminta

Jamesbury® -tuoteryhmän läppäventtiilit soveltuvat miltei kaikkiin sovelluksiin prosessiteollisuudessa. Erilaisille väliaineille on suunniteltu omat sovelluksensa, näitä ovat esimerkiksi kloori, korkeasti alipaineistetut väliaineet ja korkeasykliset aineet.

(Metso Automation Oy. 2013, 1-4.)

2.3 Segmenttiventtiili

Segmenttiventtiili on kehitetty ensisijaisesti virtauksen säätöön, mutta se soveltuu myös sulkuventtiilisovelluksiin. Segmenttiventtiilillä pystytään saavuttamaan hyvä tiiviyys, mutta se ei ole niin tiivis kuin esimerkiksi palloventtiili. Säätöominaisuuksia on parannettu pienentämällä avautumiskitkaa valitsemalla oikea metallipari tiivisteseen, keventämällä tiivisteiden ja sulkuelimen painoa. Segmenttiventtiilin sulkuelin on

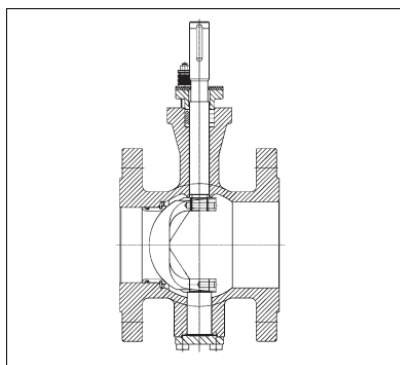
muodoltaan pallostasta otettu segmentti. Metso Oy:n segmenttiventtiilin sulkuelimen muodolla saavutetaan hyvin tasainen virtauksen säätö.

(Metso Automation 2012e, 1-6.)

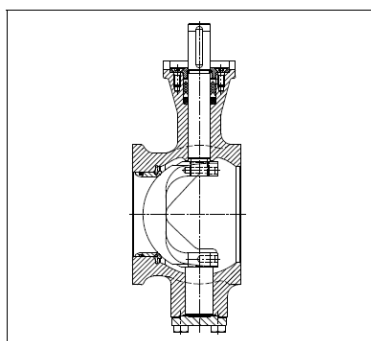
2.3.1 Venttiilin ja segmentin rakenne

Segmenttiventtiilin on runkorakenteeltaan yksiosainen. Venttiilejä on kahta laippojen väliin asennettavaa mallia, toinen on laipaton RA – mallinen ja toinen on laipallinen RE – mallinen segmenttiventtiili. Sulkuelimen on kaksoislaakeroitu runkoon erillisillä akseleilla. Segmentti on V-aukkoinen, ja sillä pystytään saavuttamaan tasainen virtauksen säätö.

(Metso Automation 2012e, 1-6.)



Kuva 8, kuva sarjan RE laipallisesta segmenttiventtiilistä. (Metso Automation 2012e, 1-6.)



Kuva 9, kuva sarjan RA laipattomasta segmenttiventtiilistä. (Metso Automation 2012e, 1-6.)

Segmentin rakenne on hyvin monimutkainen. Parhaiten sulkuelimen pystyy kuvaamaan esittämällä kuvat segmentistä.



Kuva 10 Segmenttiventtiilin sulkuelementin tiivistepinta.

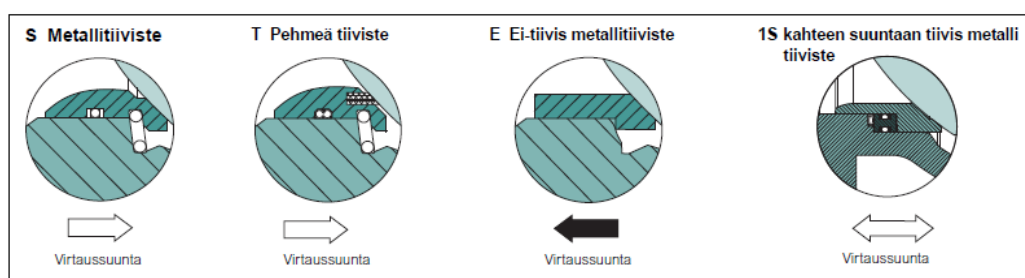


Kuva 11, V-aukkoisen segmentin muoto.

2.3.2 Tiivistysperiaate

Segmenttiventtiilin tiivisterakenne on hyvin yksinkertainen, mutta tukeva. Tiivistyspinta ei ole suoraan virtauksessa, mikä pidentää venttiilin elinikää. Tiiviste on jousikuormitettu sekä paineavusteinen. Tiiviste on asennettu virtausaukkoon niin että kaikki osat ovat venttiilin sisäpuolella, jolloin virtausvoimat eivät vaikuta tiivisteeseen suorituskykyyn. Segmenttiventtiileissä on mahdollisuus valita metallinen tiiviste tai PTFE:n ja lujiteaineen seoksesta valmistettu Xtreme® -tiivistemateriaali.

(Metso automation 2010a. Flow school)



Kuva 12, Segmenttiventtiilin tiivisteratkaisut. (Metso Automation 2012e, 1-6.)

2.3.3 Segmenttiventtiilin toiminta

Segmenttiventtiilin sovelluskohteita ovat:

- Virtauksensäätö
- Joissakin tapauksissa Segmenttiventtiili soveltuu sulkusovelluksiin

Väliaineet

- Segmenttiventtiili soveltuu useille väliaineille erilaisten tiivisteratkaisujen ansiosta.

2.4 Istukkaventtiili

Metso Oy:n kiertoistukkaventtiilit ovat tarkoitettu pääasiassa säätöventtiileiksi. Kiertoistukkaventtiilit eroavat normaalista istukkaventtiilistä sillä tavoin, että venttiili toimii neljänneskiertoperiaatteella ja sulkuelimenä toimii 90-astetta kiertyvä istukka tai vastaava. Lineaarinen istukkaventtiili toimii pystyliikkein. Toimilaite avaa venttiilin kohtisuoraan akselia kohden.

(Smith & Zappe 2004, 54-55.)

Metso Oy:n venttiilivalikoimaan kuuluu tällä hetkellä kahta erityyppistä kiertoistukkaventtiiliä, jotka soveltuvat hyvin tarkkoihin säätösovelluksiin. Venttiilityyppien tuoteryhmät ovat nimeltään Rotary globe® ja Finetrol®. Kiertoistukkaventtiilit on kehitetty palvelemaan niin rankkojen prosessiolosuhteiden, kuin hyvin tarkkojen mikrovirtaussäätöä vaativien olosuhteiden hallintaan. Kiertoistukkaventtiilien ympäristöpäästöt on minimoitu myös hyvällä akselitiivistyksellä ja kiertoliikkein tapahtuvalla sulku- ja avaussuunnalla.

(Metso Automation Oy. 2012f, 1-6.) (Metso Automation Oy. 2012g, 1-3.)

2.4.1 Rotary Globe®-kiertoistukkaventtiili

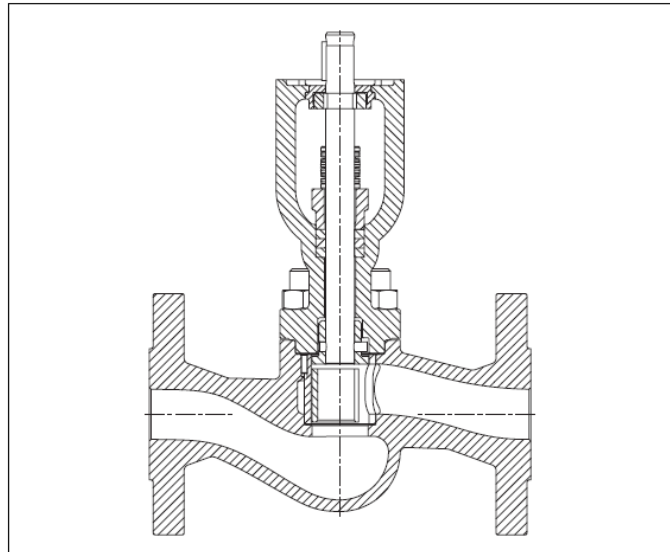
Rotary Globe®-kiertoistukkaventtiili on suunniteltu tarkkaa säätöä vaativiin kohteisiin. Rakenteeltaan venttiili muistuttaa lineaari-istukkaventtiiliä, mutta tiivistys on muodostettu tiivisteholkin ja istukan muodostavalla sulkuparilla.

(Metso Automation Oy. 2012g, 1-3.)

2.4.2 Rotary Globe®-kiertoistukkaventtiilin rakenne

Rakenteeltaan Rotary Globe – venttiili on ”top entry”, mikä mahdollistaa venttiilin huoltamisen linjasta irrottamatta. Rakenne mahdollistaa myös virtauskapasiteetin muuttamisen ilman, että venttiili otetaan irti putkesta.

(Metso Automation Oy. 2012g, 1-3.)



Kuva 13, RotaryGlobe-säätöventtiilin poikkileikkaus. (Metso Automation Oy. 2012g, 1-3.)

2.4.3 Rotary Globe[®]-kiertoistukkaventtiilin tiivistetkaisu

Rotary Globen tiiviys toteutetaan käyttämällä tiivisteholkin ja istukan muodostavaa sulkuparia. Istukoita ja tiivisteholkkeja on suunniteltu säätämään erilaisia tilavuusvirtoja, säätö muutetaan muuttamalla istukan ja tiivisteholkin virtausaukkoja.

2.4.4 Finetrol[®] -kiertoistukkaventtiili

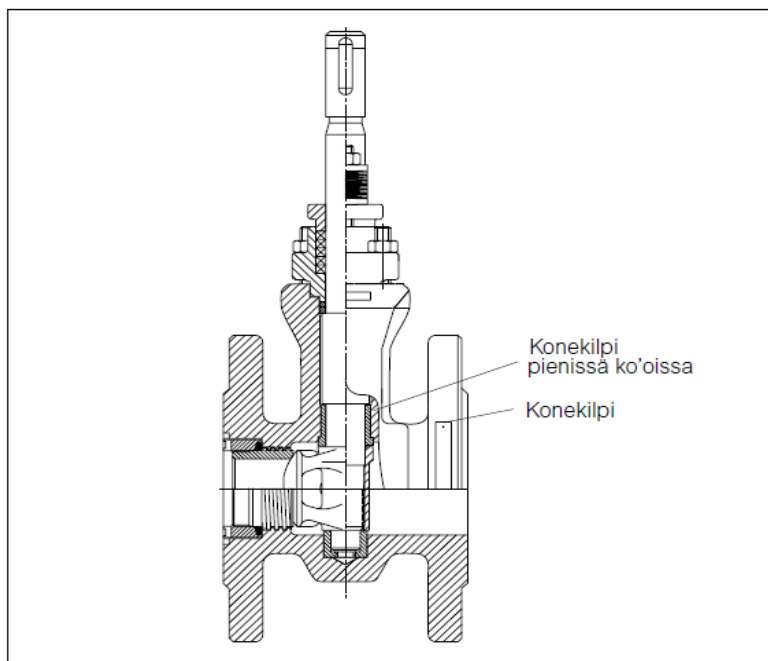
Finetrol[®]-kiertoistukkaventtiili on rakennemitoiltaan yleisesti käytössä olevien istukkaventtiilien ja neljänneskiertosäätöventtiilien mittainen, mikä mahdollistaa niiden korvaamisen tällä runkorakenteeltaan yksiosaisella ja kestäväällä venttiilillä. Venttiili on suunniteltu tarkkaa säätöä vaativiin kohteisiin, sekä kestäämään vaativia prosessiolosuhteita.

(Metso Automation Oy 2012f, 1-6.)

2.4.5 Finetrol[®] -kiertoistukkaventtiilin rakenne

Venttiilin runko on yksiosainen ja istukka asennetaan paikoilleen virtausaukosta, jonka jälkeen asennetaan tiiviste ja laippaholkki kiertämällä ne laattakierteistetylle virtausaukolle oikealle kireydelle.

(Metso Automation Oy 2012g, 1-6.)

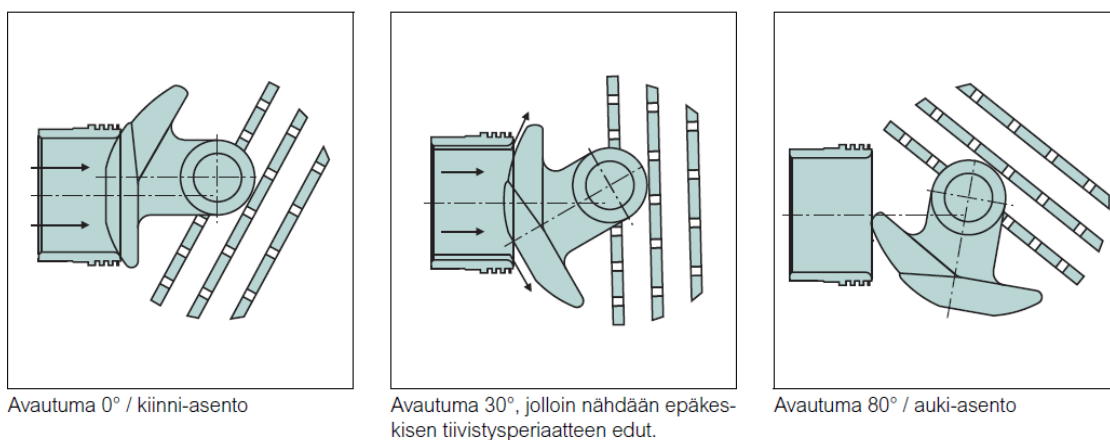


Kuva 14, Finetrol-kiertoistukkaventtiilin poikkileikkaus. (Metso Automation Oy 2012g, 1-6.)

2.4.6 Finetrol[®] -kiertoistukkaventtiilin tiivistysperiaate

Venttiilin tiivisterakenne on toteutettu epäkeskeisellä toimintaperiaatteella. Epäkeskeisyys irrottaa istukan tiivisteeltä heti kun venttiili alkaa avautua. Epäkeskeisyys pidentää käyttöikää ja mahdollistaa laajan soveltuvuuden eri prosessiapplikaatioille. Avautumiskitka on huomattavasti pienempi epäkeskeisellä rakenteella. (Metso Automation Oy. 2012g, 1-6.)

EPÄKESKEINEN TOIMINTAPERIAATE Q-VAIMENTIMELLA



Kuva 15, Finetrol-venttiilin epäkeskeinen avautumisperiaate. (Metso Automation Oy 2012f, 1-6.)

3 MATERIAALIVALINNAN MERKITYS

Materiaaleilla on suuri merkitys valittaessa venttiiliä määriteltyyn sovellukseen, sillä kaikkialla maailmassa venttiilit ovat jonkin säätelevän normin tai standardin alaisuudessa, joihin venttiilien valmistajien tai tehtaan on vastattava. Teollisuudella vaatimuksia aiheuttavat prosessin kriittisyys, ympäristötekijät tai tuotettavan tuotteen laatuvaatimukset. Kemian- ja jalostamoteollisuudessa venttiilien valmistajille syntyy jatkuvasti uusia haastavia väliaineita, joille sopivan venttiilin suunnitteleminen vaatii materiaalivalintojen tutkimista. Ongelmallisia väliaineita voivat olla esimerkiksi syövyttävät, hiovat, räjähdysherkät ja moniaineiset kaasut. Hapot ovat ongelmallisia väliaineita, koska materiaalien kulumiseen vaikuttavia asioita voi löytyä useita. Myös vaikuttavien asioiden yhdistelmät, esimerkiksi hapon vahvuus ja lämpötila saattavat luoda uuden ongelman ratkottavaksi. Rikkihappo on hyvä esimerkki siitä miksi venttiilien materiaalien valinta on haastavaa. Rikkihappo, jonka vahvuus on $> 93 \%$ ja lämpötila on alle 30 celsiusastetta, ei ole vaaraksi perinteisille austeniittisille haponkestäville teräksille, kun taas esimerkiksi laimennettu 15 % rikkihappo vaatii superseosteisen metallin kestääkseen happoa.

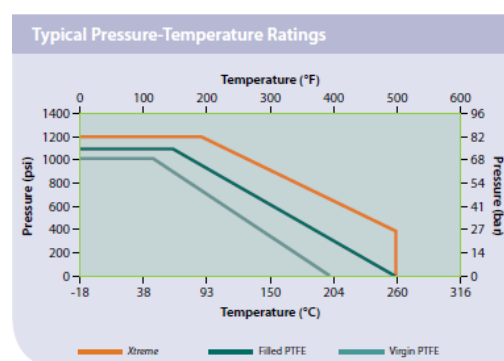
Erikoismetalleja ja pinnoitteita käyttämällä venttiilien soveltuvuutta saadaan laajennettua moniin erilaisiin kohteisiin. Opinnäytetyön kohdeventtiili on juuri tällaisessa kriittisessä kohteessa. Materiaalien laajalla tarjonnalla voi olla myös haittaa, sillä venttiiliä ei saa ylimitoitaa materiaalien suhteen. Liian hyviä materiaaleja ei kannata käyttää jos prosessi on vakaa ja väliaineena ei ole vaativia aineita, tällaisissa paikoissa voi käyttää halvempia perusmateriaaleista valmistettuja venttiilejä. Erikoisventtiilin suunnittelua vaativiin sovelluksiin pitää välttää mahdollisimman pitkään, koska venttiilin hinta kohoaa reilusti erikoismateriaaleja käytettäessä. Ennen erikoismateriaalien käyttämistä pitää varmistua siitä, etteivätkö perusmateriaalit tai toisen tyyppinen venttiili voisi pidentää vaihtoväliä tai poistaa ongelmaa kokonaan. Ylimitoitettu venttiili kooltaan tai materiaaleiltaan on kallis sekä toimittajalle, että asiakkaalle.

Oikealla materiaalivalinnalla saavutetaan kestävä venttiili. Joskus materiaaleiksi joudutaan valitsemaan kalliita erikoisseoksia, silloin venttiilin hinta nousee moninkertaiseksi verrattuna perusventtiiliin. Erikoisseoksilla saadaan kuitenkin toimintavarmuutta silloin kun muut materiaalit eivät kestä prosessin olosuhteita. Jos materiaalien väärällä valinnalla aiheutetaan koko tuotantolaitoksen alasajo, saattaa yhden ns. halvan perusventtiilin hinnaksi nousta jopa satoja tuhansia euroja. Kestävä venttiili on myös

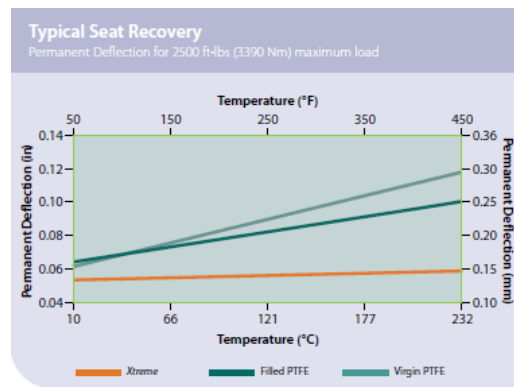
turvallinen venttiili ja se takaa myös omalta osaltaan tuotannon tasaisen laadun saavuttamisen.

3.1 Venttiileissä käytettyjä ei-metallisia materiaaleja ja niiden ominaisuuksia.

Venttiileissä käytetään myös muitakin materiaaleja kuin metalleja. Etenkin tiivisteisiin, akselitiivisteisiin ja tasotivisteisiin käytetään yleisesti polytetrafluorieteeniä (PTFE), ja grafiittia. PTFE on hyvä materiaali sen lämmönkestävyyden ja pienen kitkakertoimen ansiosta. PTFE:n lämpötila-alue on -200...+260 celsiusastetta ja kitkakero on 0,04...0,10, riippuen siitä onko kyseessä neitsyt PTFE, vai täyte PTFE materiaali. Yli +400 celsiusasteen lämpötilassa PTFE alkaa hajota ja syntyy myrkyllisiä fluoripitoisia kaasuja. Metso Oyj on kehittänyt ominaisuuksiltaan huomattavasti perus PTFE:tä kestävämmän Xtreme[®]-materiaalin, joka on PTFE:n ja lujiteaineen yhdistelmä, se soveltuu tiivistemateriaaliksi erinomaisesti. Xtreme[®] ylittää PTFE:n ominaisuudet lämmön- ja paineenkestoltaan. Metso Oyj:n kehittämällä materiaalilla voidaan korvata myös muut tiivistemateriaalit kuten PEEK, FEP, PFA, Filled Teflon ym. PEEK materiaaliin verrattuna materiaalisäästöä saadaan pienen kitkakertoimen takia, sillä Xtreme[®] - materiaalin avautumiskitka on huomattavasti PEEK:ä pienempi. (Metso Automation 2010a, Flow school)



Kuva 16, Xtreme[®]-materiaalin ja PTFE:n paineen- ja lämmönkeston vertailua. (Metso automation 2010a. Flow school)



Kuva 17, Xtreme[®]-materiaalin ja PTFE:n vertailua pysyvistä muodonmuutoksesta. (Metso automation 2010a. Flow school)

3.2 Metallien korroosiokestävyys

Ruostumattomina teräksinä pidetään sellaisia rautapohjaisia seoksia joiden kromipitoisuus on yli 10,5 %. Ruostumattomien CrNi-terästen hyvä korroosiokestävyys tulee pinnalle muodostuvan hyvin ohuen kromioksidikerroksen ansiosta, pintaa kutsutaan passivaatiokerrokseksi. Lisäämällä seokseen nikkeliä, saadaan kiderakenteesta austeniittista, jolloin syntyy hyvin sitkeää ja lujuudeltaan kohtalaista ruostumatonta terästä. Nikkeli myös optimoi kromin tekemää korroosiosuojaa silloin, kun pitoisuus on 7 % - 8 %. Kun teräkseen lisätään molybdeenia, saadaan ns. haponkestäviä teräksiä eli CrNiMo-teräksiä. Molybdeeni myös lisää korroosiokestävyyttä. Nikkeliseoksia käytetään myös venttiilien materiaaleina silloin kun vaaditaan erinomaista korroosiokestävyyttä, lämmönkestoa, tai hyvää vetomurtolujuuden kestoja. Nikkeli on hyvin kallis materiaali ja siksi sen käyttöä pyritään välttämään. Lisäämällä molybdeenia seokseen saadaan parannettua pistesyöpymäkestävyyttä. Seostamalla nikkeliin molybdeenia ja/tai kromia saadaan erittäin korroosiokestäviä tai kuumankestäviä seoksia, näitä seoksia kutsutaan nimellä superseokset. Yksi yleinen erikoisventtiilien materiaalina käytetty superseos on nimeltään Hastelloy[®]. Monelmetallit ovat myös yksi superseosten ryhmä joita käytetään silloin kun materiaalien pitää kestää merivettä, tai silloin kun esiintyy eroosiovaara. Tässä opinnäytetyössä keskitytään pääasiassa ruostumattomasta ja haponkestävästä teräksestä valmistettuihin venttiileihin, sekä tutkitaan superseoksien ominaisuuksia käytettävänä materiaaleina.

(Koivisto ym. 2008, 144–147.)

3.2.1 Korroosio ja eroosio

Korroosio tarkoittaa aineen syöymistä tai erikoistapauksissa repeilemistä, kun kemiallisen tai sähkökemiallisen reaktion vaikutus kohdistuu kappaleen pintaan. Korroosionmuotoja on monia erilaisia, ruostumattomille ja haponkestäville metalleille yleisimpiä korroosionmuotoja ovat rakokorroosio ja pistekorroosio.

(Keasche 2003, 470, 488.)

Eroosiolla tarkoitetaan aineen kulumista vaikuttavan aineen mukana. Eroosioon liittyy usein useita vaikuttavia asioita. Eroosio muodostuu yleensä suurilla neste- tai kaasuvirtausnopeuksilla, samoin kavitaatio on liitetty mukaan eroosioon. Eroosion nopeutumista lisää väliaineen joukossa kulkevien partikkeleiden kuluttava voima silloin kun partikkelien kovuus on kovempaa kuin venttiilissä eroosiolle altistuvan kohdan materiaali. Eroosiota voidaan estää vaihtamalla altistunut materiaali kovempaa seokseen, muuttamalla venttiilin kokoa (oikea avautumiskulma), virtausaukon muotoa muuttamalla, sekä pienentämällä virtausnopeutta vaimentimella tai vaimennetulla sulkuelimellä.

(ASM International[®] 1998, 24.)

3.2.2 Kavitaatio-, ja flashing-ilmiö

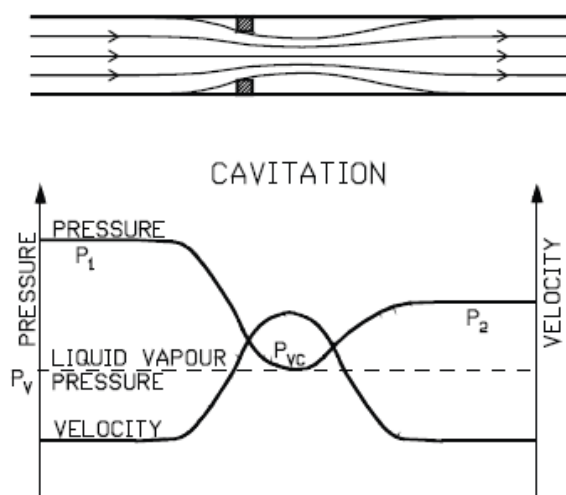
Kavitaatio ja flashing ovat ilmiöitä, jotka syntyessään saattavat aiheuttaa vaurioita venttiilissä käytettyihin materiaaleihin. Vahinkoa mitataan eroosion tavoin materiaalin painohäviönä. Kavitaatio on ilmiönä huomattavasti voimakkaampi kuin flashing. Molemmissa ilmiöissä virtausnopeuden kiihtymisellä on tärkeä rooli.

(Metso Automation 2011, 47.)

Kavitaatio on kaksivaiheinen ilmiö, joka syntyy tietyissä virtausolosuhteissa. Virtaavan nesteen vastuksen kasvaessa kuristavassa kohdassa on virtausnopeuden kiihdyttävä, sillä neste pyrkii pitämään virtaavan ainemäärän vakiona riippumatta tapahtuneesta pinta-alamuutoksesta. Pinta-alamuutos voi olla esimerkiksi venttiilin osittain avonainen sulkuelin tai kuristuselementti. Kineettisen energian kasvaessa pitää paineen pudota, jotta energian säilymisperiaate toteutuu.

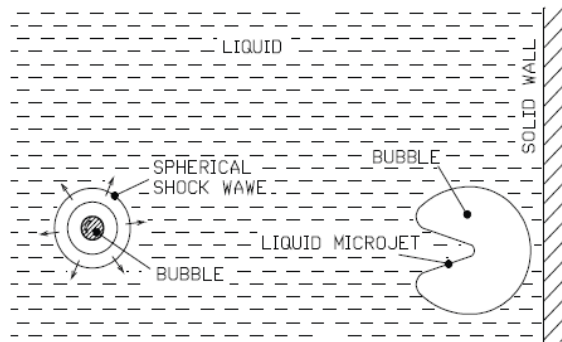
(Smith & Zappe 2004, 38-39)

Ensimmäisessä vaiheessa kavitaatio alkaa syntyä suuren virtauksen alueella hieman alavirrassa, jota kutsutaan vena contracta:ksi. Vena contracta:ssa paine putoaa alle nesteen höyrystymispisteen, viipymä alueella on hyvin pieni, sillä paine pyrkii tasaantumaan virtausnopeuden hidastuttua. Vena contracta:n alueella nesteeseen syntyy kaasu- tai höyryhuokosia silmin nähtävään mittaan.



Kuva 18, Kvittion syntyminen. (Metso Automation 2011, 47.)

Toisessa vaiheessa syntyneet kaasu- tai höyrykuplat luhistuvat nopeasti, paineen tasaantumisen seurauksena. Kuplien luhistuminen aiheuttaa avoimessa symmetrisessä tilassa paineaallon, jonka vaikutus materiaalin vaurioitumisen kannalta on vähäinen. Epäsymmetrisessä tai seinämän läheisyydessä olevan kaasukuplan luhistuminen aiheuttaa paineaallon ja voimakkaan mikrovirtauksen, jonka vaikutus voi vaurioittaa venttiilin tai putkiston materiaalia pahoin. Kuplien luhistumisen aiheuttama paine isku on hyvin voimakas, mutta lyhytkestoinen. Seinämän läheisyydessä luhistuva kupla saattaa aiheuttaa voimakkuudeltaan 1×10^4 MPa iskun materiaaliin, tällainen voima saattaa ylittää materiaalin lujuuden ja näin ollen useasti toistuessaan aiheuttaa suurta vahinkoa. Kavitaation syntyä pystytään hallitsemaan käyttämällä erilaisia vaimentimia, kuten Q-Trim[®], S-disc[®] tai laippojen väliin asennettavalla vaimennuslevyllä. (Metso Automation 2011, 48-49.)



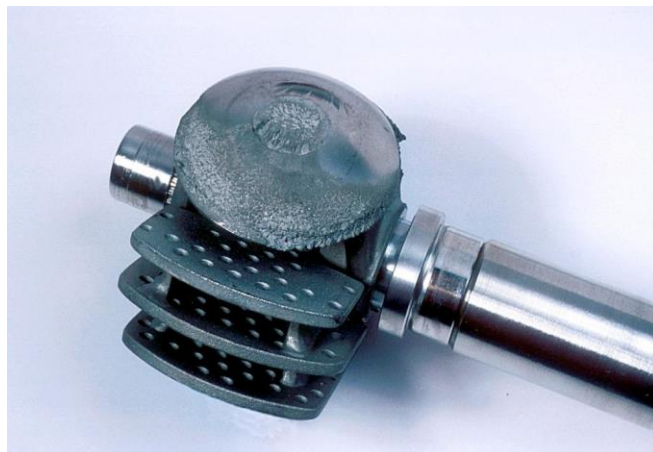
Kuva 19, Kavitaation aiheuttamien paineiskujen mallikuva.

(Metso Automation Oy 2011, 47.)

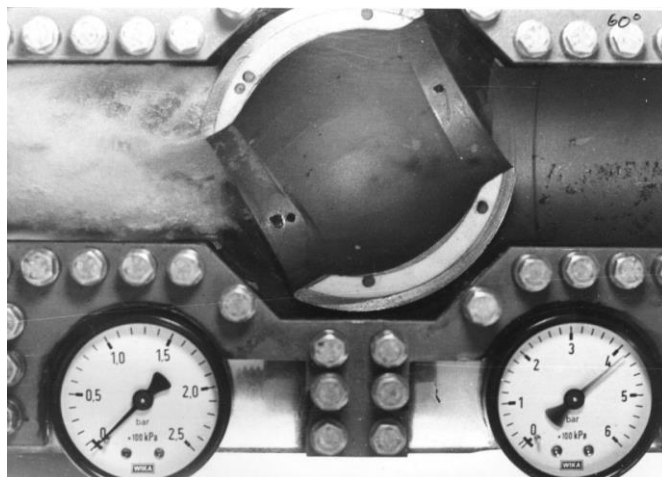
Esimerkkejä kavitaation aiheuttamasta vahingosta näkyvät kuvissa (20, 21, 22)



Kuva 20, kavitaation aiheuttamat vahingot.

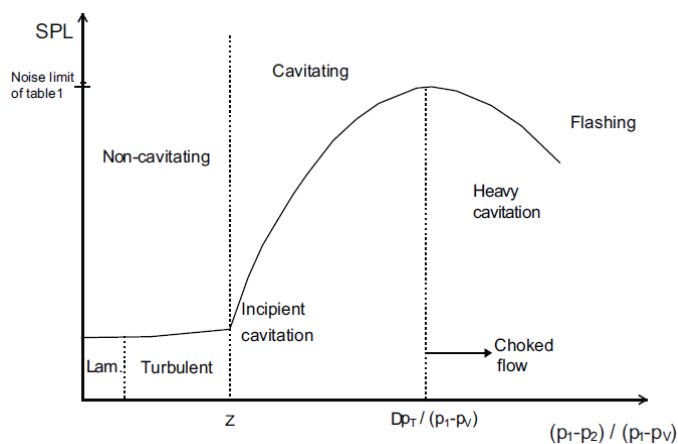


Kuva 21, kavitaation tuhoama tiivistuspinta.



Kuva 22, Esimerkki kavitaatiosta. (Metso automation 2010a. Flow school)

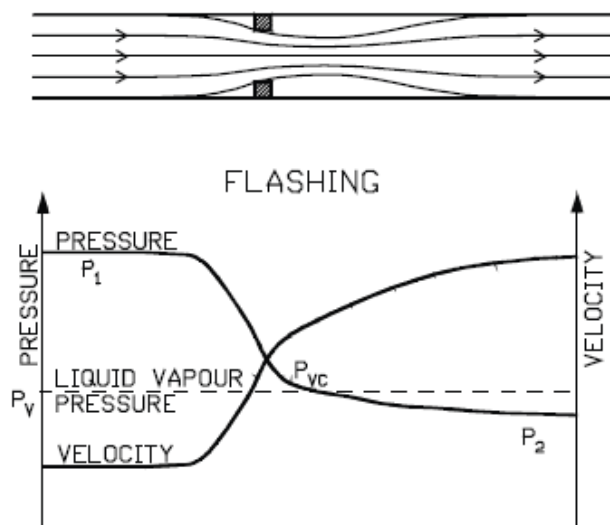
Venttiilin kavitoinnilla ja virtauksen äänenvoimakkuudella on suoranainen yhteys, riippuen venttiilin kokoluokasta melurajana pidetään DN80 venttiilillä 80 dB ja yli DN 400 kokoluokilla 95 dB. Kuvasta (23) näkee melun ja kavitaation yhteyden.



Kuva 23, Melun ja kavitaation keskinäinen riippuvuus. (Metso Automation 2011, 51.)

Flashing-nimitystä käytetään ilmiöstä, jossa tapahtuu samalla tavalla paineen putoaminen ja virtausnopeuden kiihtyminen kuten kavitaatiossa, mutta flashing:ssa paine jää vena contracta:n jälkeen höyrystymispaineen alle pidemmäksi aikaa. Ilmiö saattaa aiheuttaa materiaaleille eroosiota ja tärinää. Flashing ei välttämättä ole vaarallista jos kuristavan pinta-alamuutoksen jälkeen putkistossa ei ole mutkaa tämän vaikutusalueella tai virtaus vapautuu säiliöön. Flashing-ilmiön syntyä pystytään hallitsemaan käyttämällä erilaisia vaimentimia, kuten Q-Trim[®] ja S-disc[®] tai laippojen väliin

asennettava vaimennuslevy. Kuvassa (24) näkyy yksinkertaistettu malli flashing- ilmiöstä

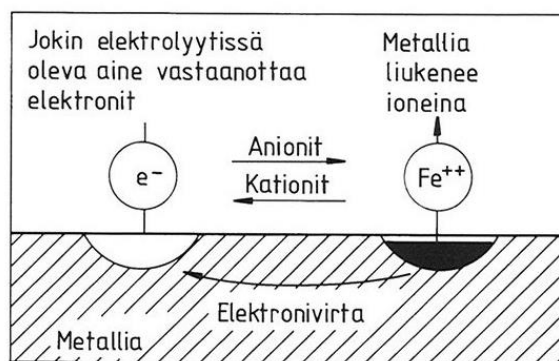


Kuva 24, Flashing-ilmiön esiintyminen putkistossa. (Metso Automation 2011, 51.)

3.2.3 Sähkökemiallinen korroosio eli galvaaninen korroosio

Sähkökemiallisella korroosioilla tarkoitetaan potentiaalieroja joka aiheuttaa metallin vaurioitumisen. Sähkökemiallisessa korroosiossa syntyy sähköpari, jossa kahden elektrodipotentiaalien omaavan metallin välille tai saman metallin pinnan eri kohdille syntyy potentiaaliero väliaineen johdosta.

(Koivisto ym. 2008, 240.)



Kuva 25, Sähkökemiallinen korroosio (Koivisto ym. 2008, 240.)

Potentiaaliero syntyy katodin ja anodin välille, jossa anodi on epäjalompaa ainetta ja se syöpyy. Sähkökemiallisen korroosion syntymiseksi tarvitaan sähköä johtava liuos,

tai metalliparin on oltava yhteydessä toisiinsa. Venttiilien materiaalit ovat suunniteltu niin, etteivät ne itsessään muodosta tällaista ilmiötä, vaan väliaineen partikkelit voivat aiheuttaa reaktion jolloin venttiilin metalli liukenee ioneina väliaineeseen. Sähkökemiallinen korrosio on laskettavissa käyttämällä sähkökemiallista jännitesarjaukkoa. (Koivisto ym. 2008, 239–241.)

3.3 Metallien kitkakerroin

Lähde: Metals handbook s 4-13, Konetekniikan materiaalioppi s 11

Kitka määritelmä on kahden vastakkaisen tasopinnan vastustava tangentiaalinen voima. Kitkakerroin tarkoittaa metallille tai materiaalille ominaista kitka-arvoa. Materiaalin liukuominaisuudet ratkaisevat joskus materiaalivalinnan, silloin tarkastellaan kitkakertoimia. Varsinkin palloventtiileiden sulkuelimen ja tiivisteen vastakkaiset pinnat pitää määritellä erittäin tarkasti, jottei venttiilin avautumismomentti kasva liian suureksi. Väärän metalliparin valinta tiivistepariksi saattaa vaurioittaa sulkuelintä tai tiivistettä silloin kun putkiston paine vastustaa venttiilin avautumista. Väärä kitkapani saattaa ns. leikata kiinni ja vaurioittaa materiaalien pinnanlaatua pahoin. (Koivisto ym. 2008, 240., ASM International[®] 1998, 13, 28.)

3.4 Kohdeventtiilissä käytetyt metallit

- 1.4408 myös tässä tapauksessa (CF-8M) on korroosion kestävä austeniittista valuterästä. 19Cr-9Ni teräs sisältää molybdeenia ja maksimissaan 0.08 % hiiltä.

(ASM International[®] 1998, 388.)

- 1.4436 on austeniittista ruostumatonta terästä jolla on hyvä korroosion kesto, jota on seostettu enemmän kuin edellä mainittua 1.4408 terästä.

(Südwestfalen GmbH 2000)

- 17-4PH on Martensiittistä lujaa, erkautuskarkaistua terästä. Metalliseoksella on hyvä korroosionkesto.

(AK Steel Corporation 2007)

- XM-19 tai Nitronic 50 on erittäin lujaa ja korroosiokestävää metallia.

(High Performance Alloys, Inc. 1997.)

3.5 Tutkimustyössä tutkittujen erikoismetallien ominaisuuksia.

Hastelloy® C-276 ja C-2000 on erittäin korroosiokestävää nikkeli-molybdeeni-kromiseos. Se kuuluu ryhmään superseokset. Hastelloy®-seokset soveltuvat useimpiin happosovelluksiin.

(Haynes International, Inc 2003. ASM International® 1998, 618-619.)

Monel® K400/K500 on nikkeli-kupariseos johon on lisätty titaania ja alumiinia ominaisuuksien parantamiseksi. Monel® K500 metallilla on hyvä korroosiokestävyys ja se soveltuu erinomaisesti cryogeenisiin sovelluksiin.

(High Performance Alloys, Inc. 2007.)

Ultimet on erittäin korroosiokestävä koboltti-kromi-pohjainen metalliseos, korroosiokestävyys on verrattavissa hastelloy:n ja kulutuskestävyys on verrattavissa stelliittiin. Materiaali soveltuu erinomaisesti venttiilin osiin.

(ASM International® 1998, 619.)

MP159 on nikkeli-koboltti-metalliseos jolla on erinomainen lujuus, hyvä korroosionkesto ja hyvä muokattavuus.

(ASM International® 1998, 617.)

Stelliitti stelliitti on koboltti-molybdeenipohjainen metalliseos, joka on hankauskestävää ja korroosiokestävää metallia. Stelliittejä on hyvin montaa erilaista seosta, joista jokaisella on niille suunniteltuja erikoisominaisuuksia. Stelliittiä käytetään venttiilien tiivisteissä ja sulkuelimissä pinnoitteena. (ASM International® 1998, 617.)

4 TUTKIMUSMENETELMÄT

Ongelmaan ratkaisuun ja työkalun luontiin sovelletaan tutkimusmenetelmiä laadunparantamisen ja tuotekehityksen puolelta. Venttiilin valinnassa huomioon otettavia asioita ovat oikeanlaisen venttiilin lisäksi kustannukset, joten tutkimusmenetelmien valinnassa pitää huomioida monenlaisia asioita. Opinnäytetyössä käytettäviä menetelmiä ovat TT-menetelmä, SPC:n pareto-digrammi ja syy-seurauskaavio ja Taguchi-menetelmän parametrisuunnittelua.

4.1 TT-menetelmä

TT-menetelmä on japanilaisen antropologi Jiro Kawakitan kehittämä ongelman analysointi- ja ratkaisumenetelmä. Menetelmä perustuu ryhmätyöskentelyyn. Menetelmän avulla ongelmaan pystytään löytämään ratkaisu, jo huolellisen pohdiskelun ja analysoinnin perusteella. TT-menetelmässä keskitytään ongelmaan liittyvien tosiasioiden etsimiseen ja keskinäisesti toisistaan riippuvien vaikutussuhteiden selvittämiseen. Vaikutussuhteet voivat olla syitä, seurauksia, riippuvuuksia, yhteyksiä tai ristiriitoja. Menetelmä perustuu huolelliseen tutkimustyöhön. Jokainen uusi ratkaisu tuo mukanaan uusia haasteita ja asiakohtia joilla saattaa olla vaikutusta tuotteen toimivuuteen. Ratkaisujen laaja-alainen pohtiminen vie paljon aikaa, mutta lopulta ratkaisu on hyvä ja virheiden määrä on vähäinen. TT-menetelmällä saadaan luotua tutkitavalle kohteelle vaatimukset ja tavoitteet. Opinnäytetyössä TT-menetelmää sovelletaan ainoastaan tosiasioiden keräämisen muodossa.

(Jokinen 1987, 25-29.)

4.1.1 TT-menetelmän käyttäminen

TT-menetelmä koostuu neljästä vaiheesta:

1. Tosiasioiden keräämien ja sanallinen selittäminen

- a. Etsitään huomioitavia tosiasioita.

Tosiasiat ovat ongelmaan liittyviä asioita. Jokainen ryhmän jäsen tuo esille oman näkemyksen asiasta. Tosiasioiden todenperäisyydellä ei ole väliä, sillä virheelliset tiedot paljastuvat analyysissä tehtäessä.

- b. Etsitään vioittuneet kohdat

Opinnäytetyössä TT-menetelmää hyödynnetään niin, että tuodaan esille kaikki kriittisen kohteen mahdolliset ongelmakohdat. Ryhmätyöskentely tarkoittaa tässä tapauksessa tutkimustyötä tekevän henkilön henkilökohtaisia haastatteluja ja tosiasioiden ylöskirjausta.

- c. Pienet huomiot

Hyvin pienilläkin huomioilla saattaa olla tärkeä rooli toimivan venttiilin kehittämiseen.

- d. Tehdään tiedonkeruulomakkeeseen merkinnät vauriotyypeistä.

2. Kerätyn aineiston ryhmittely

- a. TT-menetelmän kaltaista ryhmittelyä ei välttämättä pystytä tekemään kaikissa tapauksissa, mutta samaan aikaan tehtävä Pareto-diagrammi luokittelee osat löytyneiden vaurioiden mukaan.

3. Kaavion tekeminen

- a. Tehdään kaavio, TT-menetelmän tiedot auttavat Pareto-diagrammin ja syy-seurauskaavion onnistumisessa.

4. Kaavion selittäminen

- a. Selitetään kaavioiden pohjalta saatuja tuloksia ja tehdään parametri-suunnittelu syy-seurauskaaviosta ja Pareto-diagrammista löytyneiden tekijöiden pohjalta.

(Jokinen 1987, 25-29.)

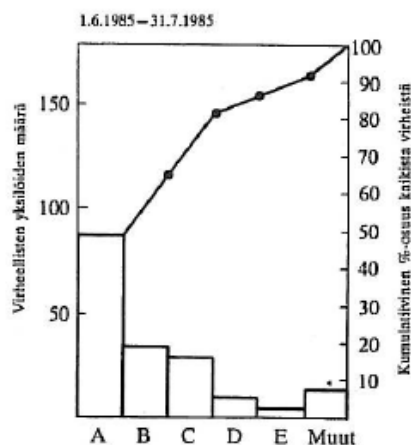
4.2 SPC

SPC eli tilastollinen prosessin ohjaus kattaa suppeasti ymmärrettynä vain tilastolliset menetelmät, joita käytetään prosessin ohjaamiseen. SPC sisältää erilaisia toimintatapoja, joilla voidaan parantaa laatutoimintaa. Tilastollinen prosessin ohjaus on oikein käytettynä laadunvarmistuksen työkalu, tosin toimiakseen tehokkaasti tulee se käsitellä kokonaisvaltaisesti osaksi laatutoimintaa. Opinnäytetyössä käytetään SPC:n Pareto-menetelmää.

(Järnefelt 1990, 7.)

4.2.1 Pareto-diagrammi

Pareto-menetelmä on luokitusjärjestelmä, jota apuna käyttäen saadaan luokiteltua virheet eri kriteerien mukaan, kuten venttiilin toimivuuden kannalta osien tärkeys. Tällöin voidaan keskittyä tärkeimpien virheiden poistamiseen. Paretodiagrammista näkee määritellyn kriteerin mukaisen luokittelun. Pareto-analyysi on yksinkertainen työkalu kehityskohteiden löytämiseen. Kun analyysia käyttäen on löydetty ongelma-alue, joihin pitää ehdottomasti keskittyä, pyritään määrittelemään ja tunnistamaan virhe tarkkaan. Etsitään virheeseen johtavat syyt, aiheuttajat ja ratkaisu sen poistoon. (Järnefelt 1990, 13., Kume 1989, 21.)

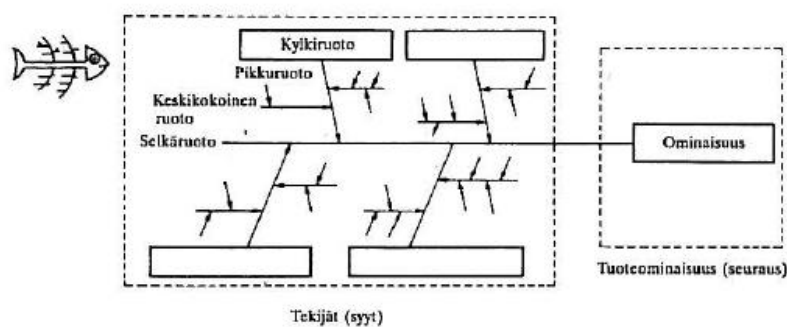


Kuva 26, esimerkki Pareto-diagrammista (Kume 1989, 24.)

4.2.2 Syy-seurauskaavio

Tässä opinnäytetyössä ongelman syynaiheuttajien etsintään käytetään ns. syy-seurausanalyysia. Usein tulosten voidaan katsoa johtuvan useista erilaisista tekijöistä, myös syy-seuraussuhde löytyy tutkimalla tekijöitä. Syy-seuraussuhteen rakenteen voi määrittää tutkimalla systemaattisesti prosessia. Oikea ratkaisu on hyvin vaikea löytää monimutkaisissa tapauksissa, sillä syyt ja ratkaisut muodostavat pitkän ja epäselvän ketjun. Syy-seurauskaaviota käyttämällä pystytään löytämään toistuvat asiat jotka vaikuttavat vahvasti ongelmaan.

(Kume 1989, 28–33.)



Kuva 27, syy-seurausanalyysin malli. (Kume 1989, 29.)

4.2.3 Pareto-diagrammin ja syy-seurauskaavion yhdistelmä

Ongelman ratkaisuun olisi hyvä käyttää useamman menetelmän yhdistelmää. Hyvä yhdistelmä on esimerkiksi syy-seurauskaavion ja Pareto-kuvaajan käyttäminen. Tutkimustyötä aloittaessa on hyvä ryhtyä keräämään tietoa vioittuneista osista yksityiskohtaisesti. Tässä opinnäytetyössä työ aloitettiin keräämällä tietoa TT-menetelmän avulla, ja samalla kirjattiin ylös kaikki vauriot, niitä olivat syöpymä, korroosio, kuluminen, välyksellisyys ja jumiutuminen. Epäselvissä kohdissa tietoa laitetaan kohtaan muut. Tulosten jälkeen valitaan tärkeimmät tiedot ja tehdään niistä syy-seurauskaavio. Tämän jälkeen tehdään lopullinen Pareto-kuvaaja ongelmasta, jota voidaan seurata parannustyön edetessä.

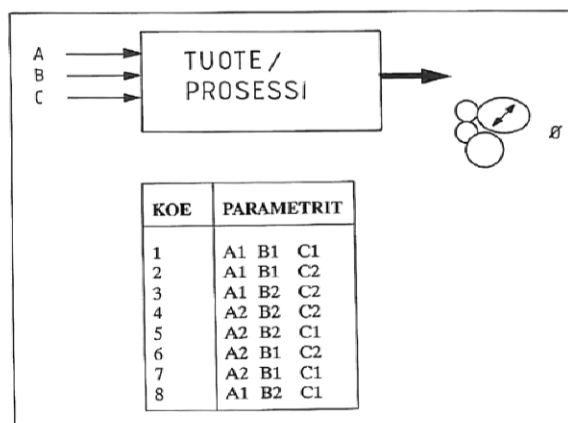
(Kume 1989, 34–38.)

4.3 Taguchi-menetelmän parametrisuunnittelu

Parannustyö on hyvin laaja operaatio, vioittuneita osia löytyy venttiilistä paljon, ja jokaisen osan erillinen testaus aiheuttaisi yritykselle paljon kuluja ja vie aikaa huomattavan paljon. Systemaattiselle etenemiselle löytyy kuitenkin oma menetelmänsä, sitä kutsutaan Taguchi-menetelmän parametrisuunnitteluksi, eli kokeelliseksi suunnitteluksi. Parannustyö tehdään pareto-kuvaajien ja syy-seurauskaavioiden perusteella. Parametrisuunnittelu on Taguchi-menetelmän tärkein ja oleellisin osa. Suunnittelun tavoitteena on määrittää suunnittelijan valittavissa olevien osien ja toimintojen ominaisarvot niin, että saavutetaan parhain mahdollinen suoritusarvo, minimoidaan häiriötekijät ja pyritään saavuttamaan minimoidut kustannukset. Parametrisuunnittelulla halutaan etsiä ohjaustekijöistä ne tekijät, jotka ovat ns. vahvimpia ja vaikuttavat eniten tuotteen suoritusarvoihin. Tarkkaa keskinäisvaikuttajaa ei tarvitse välttämättä löytää, sillä riittää kun löydetään paras kombinaatio ohjaustekijöiden väliltä. Parhaan kombinaation löytyessä häiriötekijän vaikutus pienenee ja saavutetaan toimiva ratkaisu.

Parametrisuunnittelun perustavoitteena on siis suunnitella tuote niin että valitaan ohjaustekijöistä optimaaliset parametrit. Optimaaliset parametrit tekevät tuotteesta epäherkän häiriön eli kohinan aiheuttamalle vaihtelulle. Parametrisuunnittelun perusstrategiana on se, että tuotetta aletaan suunnitella mahdollisimman karkeilla ja halvoilla komponenteilla. Ihanteellisen ratkaisun etsiminen auttaa huomattavasti, sillä paras vaihtoehto pitää sisällään yleensä myös kalliit materiaalit tai ominaisuudet. Suunnittelun edetessä on helppoa etsiä halvempia ratkaisuja ihanteelliselle vaihtoehdolle. Perinteiseen suunnitteluun verraten Taguchi-menetelmän parametrisuunnittelu eroaa siinä, että perinteisessä suunnittelussa muutetaan vain yhtä ominaisuutta tai ohjaustekijää, kun taas parametrisuunnittelussa etsitään ohjaustekijöille tasot ja vaihtoehdot joita muutetaan. Erilaiset vaihtoehdot on suunniteltava tarkkaan sillä parametrisuunnittelu toteutetaan tarkkaan suunnitellun kokeen avulla. Häiriötapauksessa käytetään häiriötekijöitä eli kohinatekijöitä määrittämään parametrit. Kohinatekijät eroavat esimerkiksi signaali- tai ohjaustekijöistä siinä että niitä ei voi ohjata. Häiriötekijöiden todellista arvoa ei tunneta, vaan niiden tilastollinen luonne voidaan tuntea tai spesifioida.

(Karjalainen 1990, 45–47.)



Kuva 28, Klassinen ongelmanratkaisumalli (Karjalainen 1990, 52.)

KOE	PARAMETRIT			KOETULOS
	A	B	C	
1	1	1	1	Ø1
2	1	2	2	Ø2
3	2	1	2	Ø3
4	2	2	1	Ø4

Kuva 29, Kuvan 28 ratkaisumalli käyttäen ortogonaalimatriisiä.
(Karjalainen 1990, 55.)

4.3.1 Kokeiden suunnittelu

Koetta suunniteltaessa on tärkeää, että kokeessa pystytään käsittelemään suuri määrä muuttujia vähäisellä testimäärällä, kokeen on oltava tasapainossa niin, että yksittäisen tekijän vaikutus voidaan määrittellä ja koe on toistettavissa ja soveltuu hyvin tuotantoon. Taguchi-menetelmän parametrisuunnittelun Ortogonaalimatriisi soveltuu erittäin hyvin edellä mainittuihin vaatimuksiin.

Klassisessa suunnittelussa otetaan huomioon jokainen tekijä erikseen, mikä nostaa kokeiden määrän esimerkiksi kolmella parametrilla ja kahdella tasolla minimissään kahdeksaan kappaleeseen. Jos muuttujia on enemmän kuin kolme, nousee kokeiden määrä huomattavan suureksi ja kustannukset nousevat usein niin korkeiksi, ettei kokeita kannata suorittaa.. Ortogonaalimatriisiä käyttäen kolmella tekijällä ja kahdella tasolla päästään neljän kokeen suoritukseen. Määritetyt tekijät eli parametrit ovat ortogonaalimatriisissa tasapainossa ja jokaisen tekijän paino on yhtäläinen muiden

kanssa. Tällaista matriisia käyttäen voidaan käsitellä suuri määrä erilaisia muuttujia pienellä määrällä kokeita. Tärkein asia on kuitenkin Ortogonaalimatriisin käytössä koetulosten luotettavuus ja toistettavuus. Tuloksista pystytään määrittelemään mikä on jokaisen muuttujan tai tason painoarvo.

(Karjalainen 1990, 55–58.)

Ortogonaalimatriisien tekijöiden erottelemisen koetuloksesta tapahtuu yksinkertaisen laskukaavan avulla.

Laskukaavan käyttö seuraavasti:

Parametri 1, taso 1, eli $A1 = 1/4 * (\text{Kokeiden tulos laskettuna yhteen, joissa on ollut käytössä parametri A1})$

$$A1 = 1/4 * (Y1 + Y2 + Y3 + \dots) = \text{Virheprosentti}$$

Parametri 1, taso 2, eli $A2 = 1/4 * (\text{Kokeiden tulos laskettuna yhteen, joissa on ollut käytössä parametri A2})$

$$A2 = 1/4 * (Y5 + Y6 + Y7 + \dots) = \text{Virheprosentti}$$

Parametri 2, taso 1, eli $B1 = 1/4 * (\text{Kokeiden tulos laskettuna yhteen, joissa on ollut käytössä parametri B1})$

$$B1 = 1/4 * (Y1 + Y2 + Y5 + \dots) = \text{Virheprosentti}$$

Laskemalla selvitetty arvot voidaan ne siirtää vastetaulukkoon, jolloin voidaan erottaa tärkeimmät tekijät, eli parametrien paras kombinaatio. Venttiileihin liittyen määrät ovat niin pieniä, että kuvan (Kuva 30) keskimäinen sarake voidaan jättää kokonaan pois. Oikeiden parametrien valintaperuste on tekijän tärkeys ja pieni virheprosentti. Tekijän tärkeys voidaan havaita suurena tasoerona, esimerkiksi jos tasojen A1 ja A2 ero on 25 % -yksikköä, on toinen tekijöistä erittäin tärkeässä asemassa valintoja tehdessä. Jos tuloksista saadaan pieni virheprosentti tarkoittaa se sitä, että tekijän valinta on hyvä ja ominaisuuksiltaan toimiva.

Lähdeaineiston esimerkin vastetaulukosta (Kuva) näkee parhaan kombinaation, ja taulukosta näkee myös ne tekijät joilla ei ole suurta merkitystä oikeaan valintaan. Määräävät tekijät ovat A1 D1 E2 F1 G2, B ja C. Tekijöitä ei tarvitse ottaa pienen prosentuaalisen eron takia huomioon.

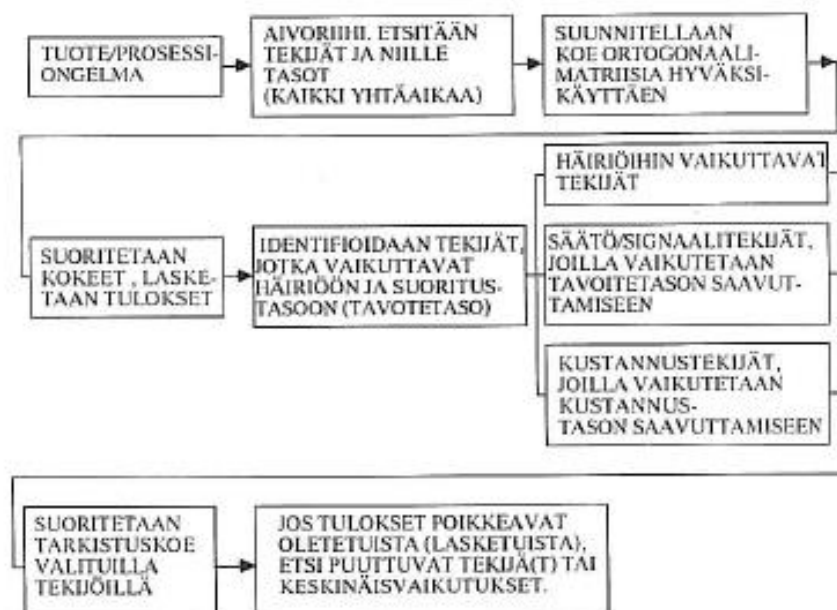
(Karjalainen 1990, 58.)

TEKIJÄ	VIALLISTEN MÄÄRÄ/ 400 TIILTÄ	VIRHE- PROSENTTI
A1	51	12,75
A2	142	35,50
B1	107	26,75
B2	86	21,50
C1	101	25,25
C2	92	23,00
D1	76	19,00
D2	117	29,25
E1	122	30,50
E2	71	17,75
F1	54	13,50
F2	139	34,75
G1	132	33,00
G2	61	15,25
Keskiarvo	193	24,12

Kuva 30, vastetaulukko (Karjalainen 1990, 58.)

Esimerkkejä Ortogonaalimatriisin eduista koemääriä tutkittaessa.

Testattavia tekijöitä on 13, tasoja 3 on klassista menetelmää käyttäen kombinaatioi-
den määrä $13^3=1\ 594\ 322$ kappaletta, Ortogonaalimatriisia käyttäen selvittäään 27
kokeella.



Kuva 31, Taguchi-menetelmän tapa edetä määränpään. (Karjalainen 1990, 47.)

Opinnäytetyössä käytetään $L_8(2^7)$ ortogonaalimatriisia

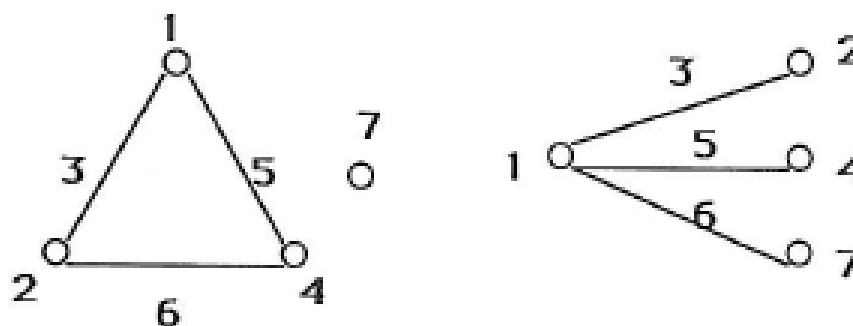
KOENUMERO	TEKIJÄ							KOETULOS
	A	B	C	D	E	F	G	
1	1	1	1	1	1	1	1	Y1
2	1	1	1	2	2	2	2	Y2
3	1	2	2	1	1	2	2	Y3
4	1	2	2	2	2	1	1	Y4
5	2	1	2	1	2	1	2	Y5
6	2	1	2	2	1	2	1	Y6
7	2	2	1	1	2	2	1	Y7
8	2	2	1	2	1	1	2	Y8

Kuva 32, L_8 ortogonaalimatriisi (Karjalainen 1990, 57.)

Ortogonaalimatriisin päätekijät voidaan erotella toisistaan. Päätekijöillä ja muilla tekijöillä saattaa kuitenkin olla yhteisriippuvuus. Yhteisriippuvuus tarkoittaa sitä, että parametrien A ja C tekijät vaikuttavat yhdessä virheprosenttiin häiritsevästi. Yhteisriippuvuus voidaan ottaa kuitenkin huomioon käyttämällä apuna lineaarikuvaajia, joilla nähdään mihin sarakkeisiin keskinäisvaikutus kohdistuu. Jokaisella ortogonaalimatriisilla ovat omat lineaarikuvaajat, opinnäytetyössä käytetyllä $L_8(2^7)$ -ortogonaalimatriisilla lineaarikuvaajat on esitetty kuvassa.

(Karjalainen 1990, 59–62.)

KOE- NUMERO	TEKIJÄ							KOETULOS
	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	1	1	1	1	1	1	Y1
2	1	1	1	2	2	2	2	Y2
3	1	2	2	1	1	2	2	Y3
4	1	2	2	2	2	1	1	Y4
5	2	1	2	1	2	1	2	Y5
6	2	1	2	2	1	2	1	Y6
7	2	2	1	1	2	2	1	Y7
8	2	2	1	2	1	1	2	Y8



Kuva 33, L8(27)-ortogonaalimatriisi ja sen lineaarikuvaajat (Karjalainen 1990, 60.)

Kuvassa (Kuva 33) tekijät/parametrit on määritelty numeroina 1..7, matriisin alla näkyy kaksi erilaista lineaarikuvaajaa. Vasemmanpuolisesta lineaarikuvaajasta näkee, että tekijöiden 1 ja 2 keskinäisvaikutus heijastuu sarakkeeseen 3. Samoin nähdään että tekijät 2 ja 4, joiden keskinäisvaikutus heijastuu sarakkeeseen 6, samoin tekijät 1 ja 4 joiden keskinäisvaikutus heijastuu sarakkeeseen 5. Tekijä 7 on erillään muista, koska sillä ei ole keskinäisvaikutusta. Oikeanpuoleinen lineaarikuvaaja on silloin käytössä kun on vain yksi päätekijä, ja siihen liittyviä useita sivutekijöitä. Lineaarikuvaajia käytetään riippuen koejärjestelyistä.

(Karjalainen 1990, 60–61.)

Taguchi-menetelmässä suositellaan että aluksi koe suoritetaan ainoastaan käyttämällä päätekijöitä, tärkeimmät tekijät kannattaa kuitenkin sijoittaa niin että vahvimmat tekijät sijoitetaan kohtiin 1, 2, 4 ja 7 jos keskinäisvaikutusta kuitenkin esiintyy. Keskinäisvaikutuksen voi tarkastaa laskukaavalla, jossa määritellään päätekijöille ja niiden tasoille tulos. Kuvassa on esimerkki laskukaavasta ja keskinäisvaikutuksen vaikutuksesta toisiinsa. (Karjalainen 1990, 60.)

KOE- NUMERO	TEKIJÄ							KOETULOS
	A	B	A X B	C	A X C	B X C	D	
	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	1	1	1	1	1	1	Y1
2	1	1	1	2	2	2	2	Y2
3	1	2	2	1	1	2	2	Y3
4	1	2	2	2	2	1	1	Y4
5	2	1	2	1	2	1	2	Y5
6	2	1	2	2	1	2	1	Y6
7	2	2	1	1	2	2	1	Y7
8	2	2	1	2	1	1	2	Y8

Kuva 34, yhteisvaikutuksen laskeminen tekijöistä ja tasoista A1, A2 ja B1, B2

Keskinäisvaikutus voidaan laskea A:lle ja B:lle seuraavasti:

$$(AXB)_1 = 1/4 \cdot (Y1 + Y2 + Y7 + Y8)$$

$$(AXB)_2 = 1/4 \cdot (Y3 + Y4 + Y5 + Y6)$$

Kuva 35 laskukaava yhteisvaikutuksen laskemisesta. (Karjalainen 1990, 61.)

Jos $(AXB)_1$ ja $(AXB)_2$ ovat erisuuret, on tekijöillä A ja B toisistaan riippuva yhteisvaikutus.

Yhteisvaikutusta ei ole välttämätöntä käyttää, jos ollaan varmoja tekijöiden riippumattomuudesta toisistaan. Yhteisvaikutuksia tulisi käyttää tilanteessa, jossa koe epäonnistuu tai koetta ei voida toistaa, sillä silloin tekijöiden välillä on yhteisvaikutusta. Kun yhteisvaikutus otetaan käyttöön, on valittava riittävän suuri ortogonaalimatriisi, jossa on riittävästi vapausasteita. On myös merkittävä lineaarikuvaajan (Kuva 33)

pallot päätekijöiksi ja yhdysviivat keskinäisvaikutustekijöiksi. Keskinäisvaikutuksia käyttämällä saadaan luotua useampitasoisia koejärjestelyitä. Tässä opinnäytetyössä ei keskinäisvaikutuksia oteta käyttöön, mutta sijoitetaan tekijät kuitenkin niin että jätetään niille mahdollisuus.

4.4 Menetelmien soveltaminen

Opinnäytetyön työkalua luodessa käytetään kaikkia edellä mainittuja työkaluja luontevasti ja helposti kohdeventtiilin tutkimiseen ja ratkaisun löytämiseen. Seuraamalla kohdeventtiilin tutkimisen etenemistä, saadaan kokonaiskuva työkalun toimivuudesta. Opinnäytetyössä on luotu erillinen osio itse työkalulle, jossa kerrotaan venttiilin valinnan kannalta tärkeitä asioita uuden tapauksen alkaessa.

TT-menetelmällä tutkitaan venttiilin osat ja käytetään menetelmän osa-alueita hyödyksi tutkimustyön aihepiirien ymmärtämiseksi ja selvittämiseksi. Menetelmällä ryhmitellään ja saadaan hyvä kokonaiskuva ongelmasta. TT-menetelmään kuuluvien ideoiden luomisella saattaa olla myös tärkeä rooli oikean vianaiheuttajan löytymiseen.

Ongelman ratkaisemiseksi Pareto-analyysin ja syy-seurauskaavion avulla määritellään todellisen vianaiheuttajat ja asiat joihin pitää keskittyä. TT-menetelmän pohjalta luodaan lähtökohta Pareto-diagrammille ja Pareto-diagrammin ryhmittelyn jälkeen voidaan aloittaa tarvittavien syy-seurauskaavioiden tekeminen.

Ortogonaalimatriisiin luodaan oikeat parametrit ja suunnitellaan toteutettavat kokeet, jolloin saadaan toimiva ratkaisu ja samalla kerättyä tietoa tulevia tapauksia varten. Pareto-diagrammia hyödynnetään edelleen tilanteen kehittymisen seuraamiseksi. Kokeen lopulla voidaan verrata Pareto-diagrammeja toisiinsa ja laskea kustannus ja asiakkaan säästölaskelma.

5 TYÖKALUN SOVELTAMINEN JA TOTEUTTAMINEN

Kun saadaan tutkittavaksi venttiili jonka hajoamisen syytä ei vielä tiedetä, on hyvä aloittaa tutkiminen ryhmätyöskentelynä. Ryhmätyöskentely voi aluksi olla sähköisessä muodossa, jolloin kaikki asiasta tietävät henkilöt käyvät keskustelua mahdollisista syistä, historiasta ja etenemisestä. Opinnäytetyön etenemissuunnitelma on luotu helpottamaan asioiden ratkaisua ja pienentämään kustannuksien määrää.

5.1 Tutkimustyön aloittaminen

Työ aloitetaan listaamalla realiteetit ja rajoitteet, jotka antavat rajat tietyt rajoitteet työn suorittamiselle. Analysoidaan kohde tarkkaan. Itse tutkimustyö aloitetaan tutkimalla kohdeventtiilin ongelmia TT-menetelmän muodossa. Pareto-diagrammia voidaan ryhtyä tekemään, silloin kun kaikki tosiasiat on saatu muodostettua. Pareto-diagrammin tekeminen aloitetaan luomalla tiedonkeruulomake. Kohdeventtiilin Pareto-diagrammin tekijöitä kerätään tutkimalla osista löytyneitä vaurioita. Pareto-diagrammista pystytään näkemään tärkeimmät tekijät johon kannattaa keskittyä. Kuvaajan tekeminen auttaa hahmottamaan tilanteen.

Pareto-diagrammin luomisen jälkeen on hyvä ryhtyä tekemään syy-seurauskaaviota. Syy-seurauskaavioon valitaan sellainen ominaisuus joka aiheuttaa prosessin alasajon, tässä tapauksessa se on venttiilin rikkoutuminen. Syy-seurauskaavioita voi luoda tarvittaessa useampia, esimerkiksi lopputuloksen tekijöistä voi tehdä uuden kaavion. Uuden kaavion ansiosta saadaan tuotua esille tärkeimpiä vaikuttavia tekijöitä ja päästään lähemmäs todellista vianaiheuttajaa.

Kun työnsuorittaja on päässyt riittävän lähelle lopputulosta, voidaan ryhtyä suunnittelemaan Taguchi-menetelmän parametrisuunnittelun ortogonaalmatriisia. Matriisin suunnittelu on tärkein vaihe tutkimustyön loppuunsaattamiseksi. Jos parametrit ja tasot suunnitellaan väärin, saattaa koe epäonnistua, tai sitten tulos on liian tasainen. Parametreiksi on hyvä suunnitella kuitenkin sellaiset tekijät jotka parantavat venttiilin suorituskykyä halutulla tavalla tai jättävät tilanteen ennalleen, mutta ne eivät saa ikinä heikentää kohteen ominaisuuksia. Matriisin suunnittelun jälkeen on hyvä suunnitella kokeiden toteutus, noudattamalla luotua matriisia. Jos tulos ei ole miellyttävä on tutkimuksissa tehty virhe ja silloin pitää tutkia parametrit ja tasot uudelleen.

Kaikki edellä mainitut menetelmät vaativat valmistelua ja aikaa, mutta tulos on edullisempi ja ratkaisu toimii hyvän suunnittelun ja systemaattisen ongelmanratkaisun ansiosta.

5.2 Tutkimustyön lähtökohdat

Venttiili on tyypiltään Finetrol[®] -kiertoistukkasäätöventtiili. Venttiili säätelee virtausmäärää, joka on moniaineista kaasua. Venttiilin tehtävänä on myös sulkea linjasto tiiviiksi tilanteen sitä vaatiessa. Venttiilin rikkoontumisesta ollaan tietoisia, mutta vian aiheuttajia ei ole vielä pystytty täysin tunnistamaan. Joitakin tutkimustöitä on tehty, mutta tulokseen ei ole koskaan päästy. Prosessi itsessään on hyvin vakaa ja se ei aiheuta äkillisiä muutoksia tuotettavaan tuotteeseen, ongelma sijaitsee prosessissa käytetyn inerttikaasun poistolinjassa. Inerttikaasu on prosessissa käytettyä suojakaasua, jonka tarkoituksena on estää tulipalon syntyminen prosessissa. Koska linjaston väliaineena toimii kaasu jonka sisältöä ei voida mitoitaa tai määrittellä kovinkaan tarkasti, tutkittava kohde on erinomainen tällaisen työkalun luomiselle. Linjastossa ei ole analysaattoreita tai virtausmittareita tukemassa tutkimustuloksia. Eräässä alasajossa on linjaston väliaineesta on otettu ainepitoisuudet, jotka on esitetty kaaviona. Kaaviota ja pitoisuuksia pystytään käyttämään apuna tapausta tutkittaessa.

5.2.1 Kohdeventtiilin tiedot

Linjastossa on ollut käytössä neljää erilaista Metso Oy:n venttiiliä, malliltaan jokainen venttiili on Finetrol[®]- neljänneskiertoistukkaventtiileitä. Venttiili sopii linjastoon, koska se on suunniteltu vaativiin olosuhteisiin.

Opinnäytetyön kohdeventtiilin tiedot.

Kohdeventtiilin tyyppi: Finetrol[®] - kiertoistukkaventtiili

Tyyppikoodit: **FC040MCTBB6KBSGTK**
 FC040MCTBB6KBRGTK
 FC040MCTAB6KBSGTK
 FC040MCTAB6KBRGTK

Esitteen mukainen erottelu

FC	Finetrol epäkeskeinen kiertoistukkaventtiili säätöön, laipallinen rakennepituus IEC/DIN 534-3-2
040	40 mm virtausaukko
M	PN 40 paineluokka
C	DIN 2526 form C, Raiced face, standardi Rz 40-160 (Ra 10-40) Laippapinnan pinnan laatu
TA	Yleis- ja palonkestävä rakenne, jousikuormitteinen akseli-tiivistys, FTO, TA-Luft hyväksytty
TB	Yleis- ja palonkestävä rakenne, jousikuormitteinen akseli-tiivistys, FTC, TA-Luft hyväksytty
B6	Rungon materiaali 1.4408
Laippaholkin materiaali	1.4436
Kannen materiaali	1.4408
Kiristysholkki	1.4408
KB	Istukan materiaali CF8M/ 1.4581
Pinnoite	Kobolttikovaseospinnoite (Stelliitti)
Akselin materiaali	17-4PH, nitrattu
Laakerien materiaali	17-4PH, nitrattu
SGT	Tiivistetyyppi Cv=100%
Tiivisteiden materiaali	XM-19
Takatiiviste	Grafiitti
Akselitiivisteet	V-rengas PTFE
Kannentiiviste	Grafiitti
RGT	Tiivistetyyppi Cv=50%
Tiivisteiden materiaali	XM-19
Takatiiviste	Grafiitti
Akselitiivisteet	V-rengas PTFE
Kannentiiviste	Grafiitti
K	Ruuvien ja mutterien
Materiaali	A2-70

(Metso Automation Oy. 2012f, 11-12.)

5.2.2 Kohdeventtiilin analysointi

Ongelman ydin ja reunaehdot

Venttiilin suurin ongelma on toiminta-aika, venttiilin vioittuminen aiheuttaa laitoksen alasajon, jolloin syntyy tuotantomenetystä. Venttiili jumiutuu noin 1500 – 2500 tunnin jälkeen. Sulkuelin on vioittunut niin, ettei se täytä tiiviysmääritelmää 3 x ISO 5208 class IV. Vioittunut venttiili saattaa olla myös turvallisuusriski.

Toiveet ja odotukset ratkaisulle

Pyritään löytämään kumpaakin osapuolta miellyttävä tulos. Asiakkaalle pyritään tarjoamaan kustannustehokas ratkaisu. Ei-toivottu ratkaisu kohteelle on se, ettei parannusta voida tai kannata toteuttaa.

Kehitystyöhön asetetut rajoitukset

Kehitystyön rajoituksena on venttiilien rajallinen käyttö. Opinnäytetyössä käytettäviä venttiilityyppejä ovat ainoastaan Metso Oyj:n omat tuotemerkit.

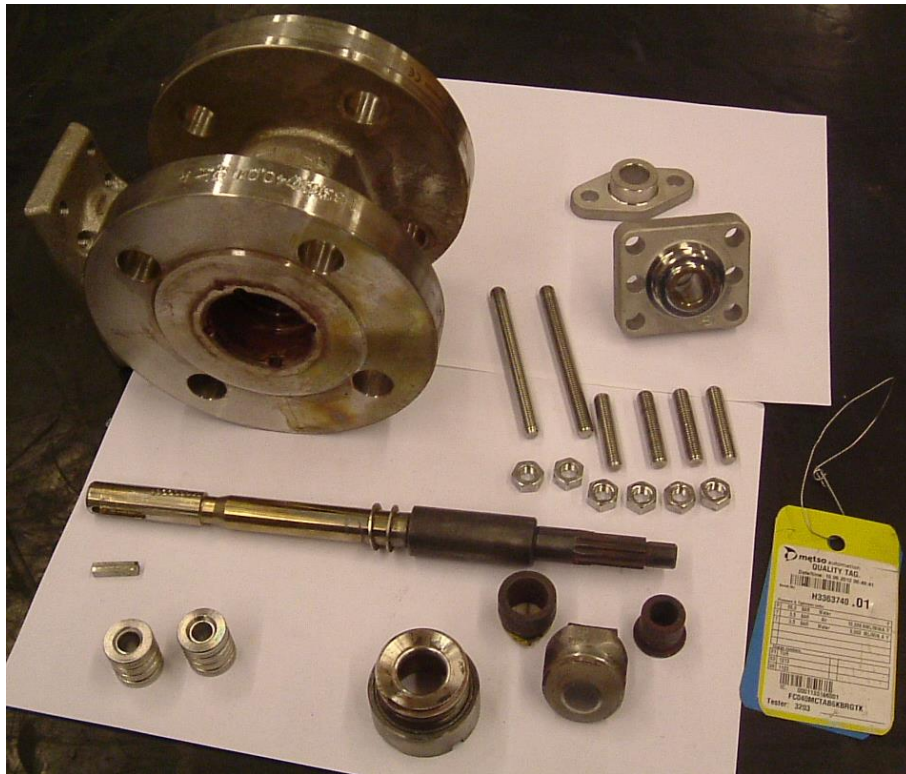
Väylät joita kehitystyössä voidaan käyttää.

Kehitystyö on suoritettava käyttämällä kirjallisuudesta löytyviä tietoja, sekä pystyttävä hyödyntämään Metso Oyj:n asiantuntijoilta, Oy Tehdas Ab:n henkilökunnalta ja Satakunnan ammattikorkeakoulun asiantuntijoilta ja opettajilta saatua tietoa, sekä pystyttävä löytämään kaikelle saadulle tiedolle luotettavia kirjallisuuslähteitä.

5.3 Tutkimustyön aloittaminen

Tutkimustyön aloittaminen

Tutkimustyö aloitetaan perehtymällä venttiilien perusasioihin. Tutkittavien venttiilien määrä on avoin vielä työtä aloitettaessa. Myyntihistoriasta pystytään arvioimaan, että työn suorittamisen aikana vaihdettavien venttiilien määrä on kolmen ja neljän venttiilin välillä. Asiakkaan varastossa on kyseisestä positiosta palautunut rikkoonnut venttiili. Venttiili puretaan osiin ja jokainen osa tutkitaan tarkoin. Tutkimustyön aloittaminen ja vian aiheuttajan paikallistaminen on haastavaa, koska tuntemattomia tekijöitä on huomattavan paljon.



Kuva 36, Asiakkaan varastossa ollut venttiili joka on purettu osiin.



Kuva 37, Alempi akselilaakeri, pahoin vioittunut.



Kuva 38, Ylempi akselilaakeri, pahoin vioittunut.



Kuva 39, Akseli, Akselin nitraus näkyy kellertävänä pinnoitteena, ja vioittunut kohta on tumma alue loppupäässä.

Kuvista (Kuva 36-37) näkee sen, että akseli, istukka (sulkuelin) ja akselilaakerit ovat vioittuneet pahoin. Akselien ja laakereiden pinta on vaurioitunut täysin, ja niiden väri on muuttunut kirkkaasta hieman kellertävästä haponkestävästä nitrauskäsitellystä teräksestä punertavan ruskeaksi. Vika voidaan paikallistaa väliaineen aiheuttamaksi, mutta todellisia tekijöitä ei voi varmuudella esittää.

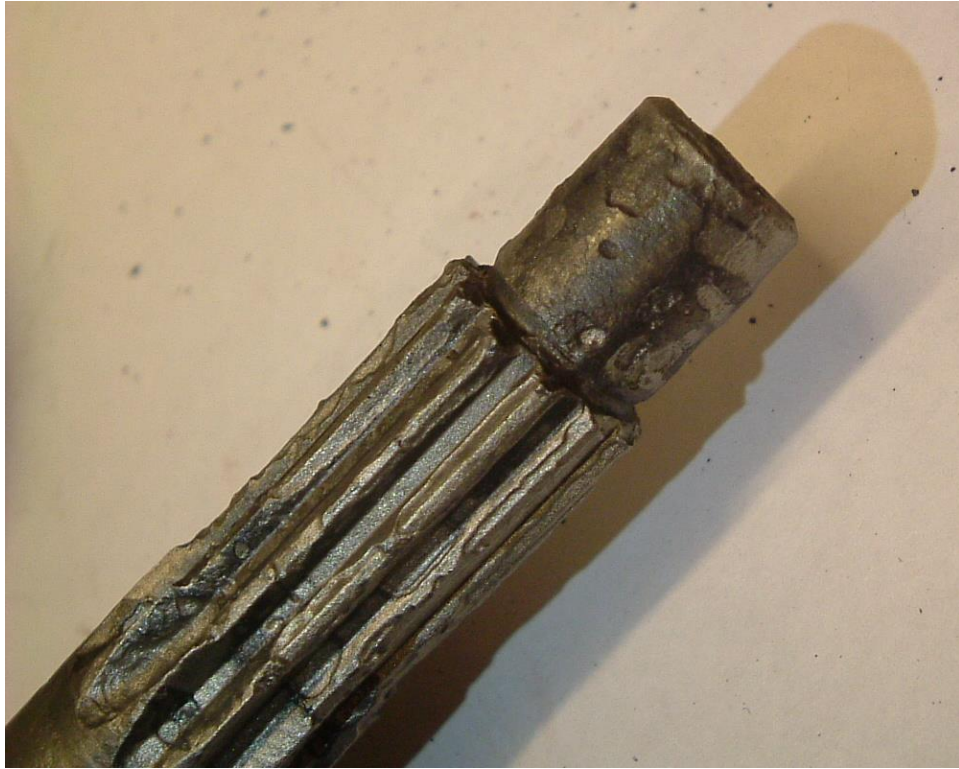


Kuva 40, Venttiilin istukka, vioittuneet kohdat näkyvät sulkuelimen tiivistepinnassa syöpymänä.

Toinen tutkittava kohdeventtiili on tehtaalta palautunut rikkoontunut Finetrol® -kiertoistukkaventtiili. Venttiili puretaan ja osat tutkitaan Metso Oy:n Vantaan toimipisteessä. Metso Endress+Hauser Oy:n tiloissa Vantaalla tehtyjen tutkimusten avulla on päätelty venttiilin sisäpuoliset osat ovat syöpyneet, syöpymän aiheuttajana on ollut mahdollisesti korroosio. Joissakin osissa korroosion laaduksi havaittiin ruostumattomalle teräkselle tyypillistä pistesyöpymistä eli kuoppakorroosiota. Esille jäi vielä kavitaation ja eroosion mahdollisuus, sillä prosessitietojen varjolla linjastossa kulkee vettä eri olomuodoissa. Kylläistä vesihöyryä ei muodostu 140 celsiusasteen lämpötilassa ja 8 Barin paineessa. Venttiilin kohdalla paine putoaa ja mahdollisuutena on höyrystyminen, Koska 140 asteen lämpötilassa ja noin kolmen Barin paineessa vesi höyrystyy. Vesi laajenee höyrystyessään ja saattaa vaurioittaa istukkaa jos mukana on kuluttavia partikkeleita.

(Spirax Oy 2013)

Kolmas tutkittava Finetrol® -venttiili vahvisti korroosion syntymisen. Venttiilin jumittuminen saattaa olla myös osittain korroosion aiheuttamaa, sillä syntynyt ruoste ei pääse tiukoista väleistä poistumaan. Väliaineessa olevat partikkelit ja muu aines on kiinnittynyt venttiilin istukkaan (kuva 9), mukana saattaa olla myös Venttiilin materiaalien ruostumisen johdosta irronnutta ainetta.



Kuva 41: akselin hammastus, puhdistettu ruosteesta ja muusta aineesta, korroosio näkyy epätasaisuutena.



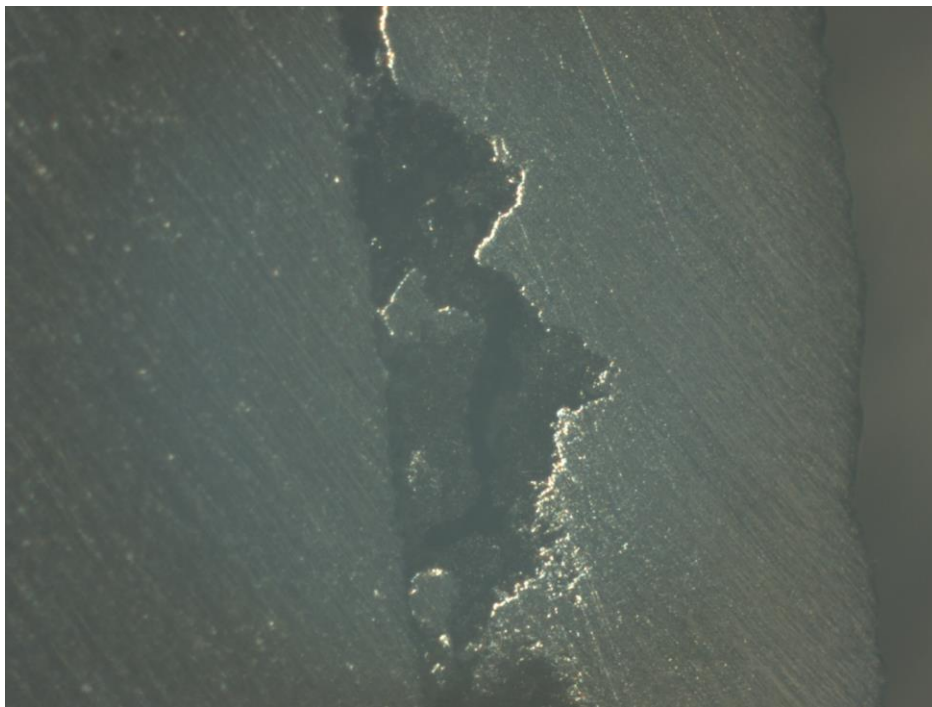
Kuva 42: Akselilaakeri, syöpymä näkyy selkeästi epätasaisuutena.



Kuva 43: väliaineen jäämiä istukassa.

Venttiilin Tiivisteestä löytyi myös virtausaukon seinämistä kulumaa.

Kobolttikovaseospinnoitteen kulumisen ja rakoutumisen aiheuttaja on edelleen avoinna. Finetrol® -venttiilin istukan vaurioita tutkittiin ja kuvattiin mikroskoopilla Satakunnan ammattikorkeakoulun konetekniikan tiloissa. Koululla tehdyistä tutkimuksista pystytään päättelemään, että kobolttikovaseospinnoite eli stelliitti syöpyy. Syöpyminen kulkee istukan perusaineen CF8M ja stelliitin liitosrajaa pitkin. Se miten syöpyminen alkaa herättää jatkokysymyksiä, kuten aiheuttaako väliaineen joukossa kulkevat partikkelit kulumaa istukan pinnoitteeseen, syntyykö venttiilin istukan ja tiivisteiden väliin niin suuri virtausnopeuden kasvu, että partikkelit, vesi ja muut ainesosat väliaineessa kalvavat pinnan rikki, vai esiintyykö istukan ja tiivistepinnan välissä kavitaatiota?



Kuva 44: Vasen puoli kuvasta on perusainetta CF8M, ja oikea puoli on pinnoite.

5.3.1 TT-menetelmän soveltaminen

TT-menetelmän tosiasioiden kerääminen

Jokaisesta osasta on kerätty kaikki huomioitavat asiat.

Runko

Materiaali CF8M / 1.4581

- Venttiilin rungossa ei ole suuria ulkopuolisia vaurioita, virtauksen jättöpuolella laipassa on syöpymän jälkiä.
- Tiivisteholkin ja venttiilin rungon välissä, seinämissä ja pohjassa on selvästi havaittavaa syöpymää. Myös kiertet ovat syöpyneet paikoittain.
- Venttiilin rungon sisäpuolelta laakeripesät ylhäältä ja alhaalta ovat syöpyneet ja kuluneet. Kuluma on saattanut tapahtua myös sen jälkeen kun laakerit ovat jumiutuneet kiinni akseliin, jolloin laakerit ovat pyörineet akselia käännettäessä.
- Venttiilin pinnanlaatua ei ole parannettu työstämällä sisäpuolelta, pinnanlaatu on valun jäljiltä.
- Virtauksen jättöpuolella ei ole merkkejä kavitaatiosta tai kuluttavasta virtauksesta.
- Ei jäämiä väliaineesta

Laippaholkki

Materiaali 1.4436/Haponkestävä teräs

- Holkki on värjäätynyt erikoisesti. Värjäntymisen aiheuttajana saattaa olla happo tai korkea lämpötila.
- Etupinnassa on syöpymä, joka ilmenee koloina metallissa.
- Virtausaukkoon on muodostunut pystyviivoja ja koloja, joka on mahdollisesti virtauksen kuluttamaa tai sitten väliaineessa oleva vesi muodostaa vahvoja ja kuumia happoja putkistoon.
- Laippaholkin pohja on kulunut ja syöpynyt pahoin.
- Kierteiden alla on kellertävää ainetta, joka viittaa rikkiin.

Tiiviste

Materiaali XM-19

- Virtausaukossa on havaittavissa kulumista.
- Kierteissä kellertävää ainetta, mikä viittaa rikkiin.
- Tiivistepinta on hieman kulunut ja naarmuuntunut.
- Tiivisteiden pinnoilta löytyi punertavaa ainetta, mikä voi olla ruostetta tai prosessissa syntyneitä aineita.

Istukka / Sulkuelin

Materiaali CF8M / kobolttikovaseospinnoite (stelliitti)

- Perusaineesta (CF8M) löytyy vähäistä kulumaa tiivistepinnoitteen tuntumassa.
- Stelliitti on syöpynyt käyttökelvottomaksi ja ei täytä tiiviysluokkaa vaatimuksia.
- Syöpymä on kulunut pinnoitteen hitsauksen sularajaa pitkin karkearakeista vyöhykettä pitkin.
- Väliaineen happopitoisuus on kuluttanut tiivistepinnan stelliitin aaltomaiseksi.
- Väliaineen jäämiä istukan pohjassa.

Akseli

Materiaali 17-4PH + nitraus

- Nitraus on kulunut kokonaan pois.
- Akseli on syöpynyt pahoin.
- Laakerit ovat jumittuneet akseliin.

- Hammastus on syöpynyt, kuoppakorroosiota.
- Akseli ei ole vääntynyt.

Akselilaakerit

Materiaali 17-4PH + nitraus

- Kerrostumaa muodostunut laakereiden pintaan.
- Syöpyneet hyvin pahoin, viittaa happoihin.
- Alalaakeri on jumiutunut runkoon ja akseliin.
- Laakerien sisäpinnoilla kerrostumaa, joka on joko ruostetta tai väliaineen jäämiä.
- Syviä onkaloita on muodostunut alalaakerin yläpinnoille.
- Molemmat laakerit ovat hyvin välykselliset.

Ulkopuoliset osat

- Lautasjouset ovat ruostuneet.
- Muissa osissa ei huomioitavia asioita.

Venttiilin ominaisuudet

- Hyvä venttiili kestää prosessiolosuhteet.
- Venttiili on tyypiltään linjastoon sopiva.
- Venttiilin on tiivis.
- Venttiili ei syövy.
- Venttiili voidaan huoltaa.

Materiaalit

- Venttiilin materiaalien pitää olla haponkestäviä.
- Kuluttava virtaus estää Xtreme® -materiaalin käytön tiivisteessä.

5.3.2 TT-menetelmän ja Pareto-diagrammin yhteys

TT-menetelmän tosiasioiden keräämisen yhteydessä kerätään tietoja Paretodiagrammia varten.

Tiedonkeruulomake						
	venttiili 1	venttiili 2	venttiili 3	yhteensä	Prosentuaalinen osuus	Kumulatiivinen osuus %
Pinnan syöpymää	8	8	6	22	38,6	33,3
välaiinejämiä	4	4	3	11	19,3	52,6
kuoppakorrosio	2	3	1	6	10,5	63,1
kulumaa	3	1	1	5	8,8	71,9
naarmuja	2	2	1	5	8,8	80,7
materiaalin häviäminen	2	1	1	4	7,0	87,7
Muut	3	1	0	4	7,0	94,7

57

Kuva 45, Kohdeventtiilin pohjalta tehty tiedonkeruulomake.

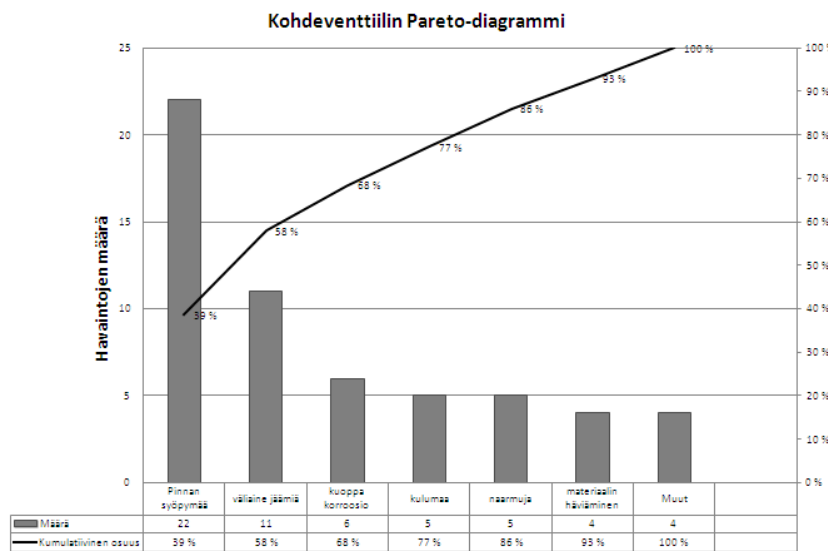
Pinnansyöpymä ja kuoppakorrosio ovat teoriassa hyvin lähellä toisiaan, mutta ne oli hyvä erotella, sillä niiden aiheuttajana voi olla eri tekijät.

5.3.3 Tosiasioiden ryhmittely

Tosiasiat pitäisi ryhmitellä osien ja vaatimusten mukaisesti, mutta tässä tilanteessa on niin paljon muuttujia ja todellista ongelmaa ei täysin tunneta, joten ryhmittely jätetään tekemättä kokonaan. Ryhmittely sopii sellaisiin tilanteisiin missä venttiili-tyyppiä ja muita erilaisia asioita voidaan muuttaa, silloin haetaan parasta ratkaisua ryhmätyöskentelyn avulla. Esimerkiksi tilanne jossa linjaston venttiili on kavitoitunut pahasti, voidaan etsiä tosiasioita ryhmissä ja ryhmitellä ne sen jälkeen oikeisiin ryhmiin. Tällaisiin tapauksiin on opinnäytetyössä kirjoitettu Metso Oyj:n venttiilitarjonnasta teoriaosuus ja tehty vertailutaulukko.

5.3.4 Pareto-diagrammin esittäminen

Pareto-diagrammin esittäminen.



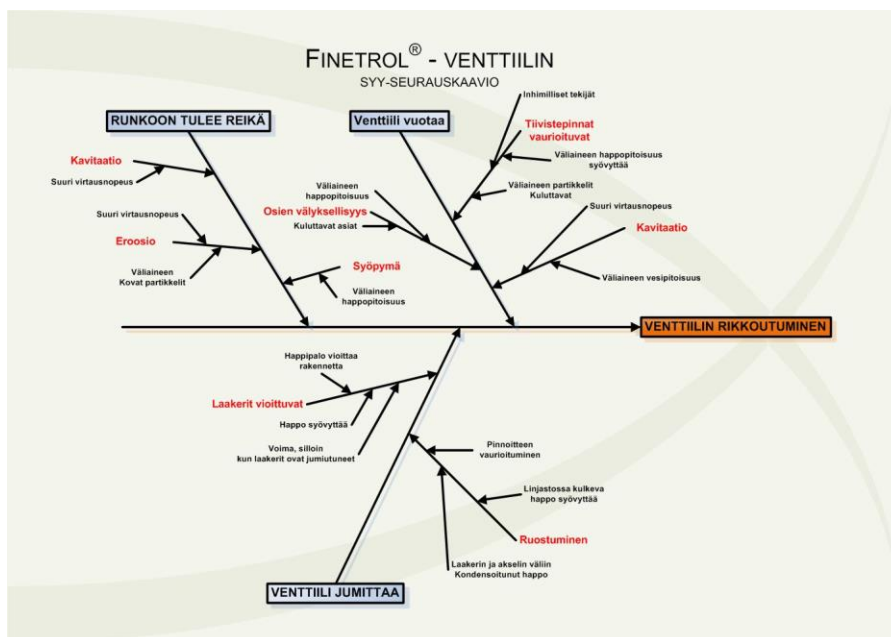
Kuva 46, Tiedonkeruulomakkeen pohjalta tehty Pareto-diagrammi

Kohdeventtiilistä tehty Pareto-diagrammi löytyy opinnäytetyön liitteenä (Liite 3)

Pareto-diagrammia tutkittaessa havaitaan suurimpien vianaiheuttajien olevan syöpymä ja väliainejäämät. Voisi päätellä, että näillä ensimmäiset kaksi saraketta ovat toisiinsa vahvasti yhteydessä prosessissa.

5.3.5 Syy-seurauskaavion luonti

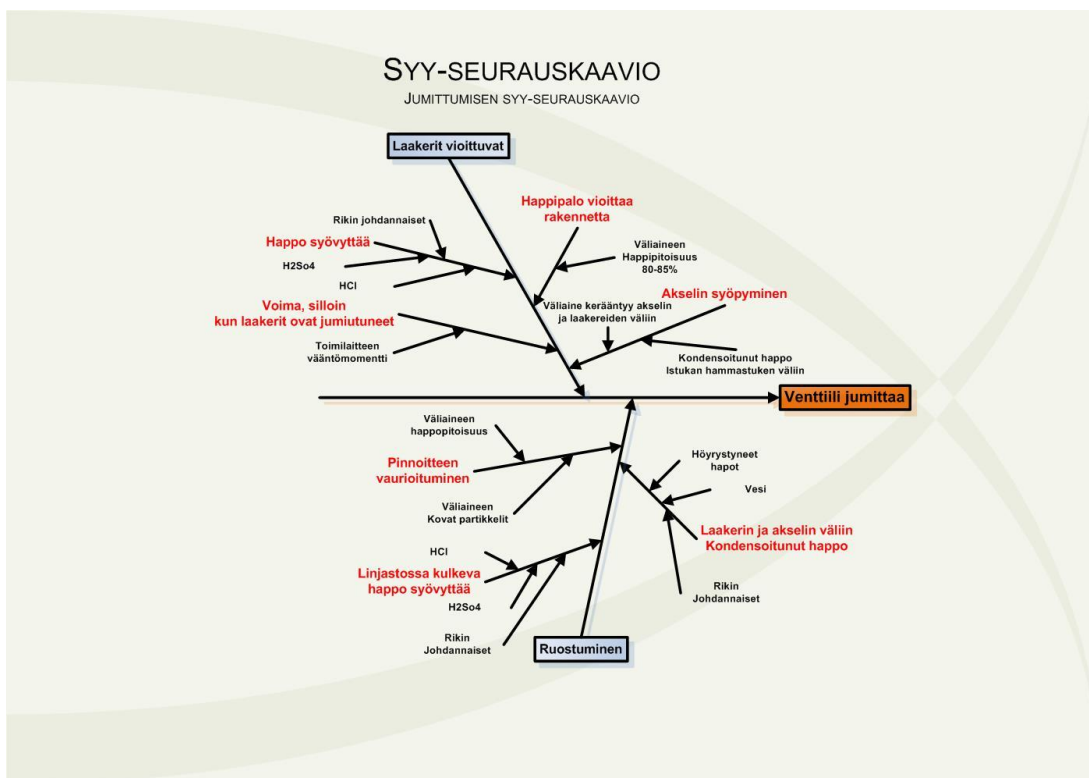
Venttiilin vaihtamisen on usein aiheuttanut sen jumittuminen, tämä on selvinnyt huoltokeskuksessa tehtyjen tutkimusten perusteella ja asiakkaan kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta. Palautuneita venttiileitä tutkittaessa on myös havaittu niiden vuotavan sallittuja arvoja enemmän, mikä on 1 % virtauskapasiteetista. Ryhdytään tekemään syy-seurauskaaviota, jossa lopputuloksena on venttiilin rikkoutuminen.



Kuva 47, Syy-seurauskaavio kohdeventtiilin vioittumisesta.

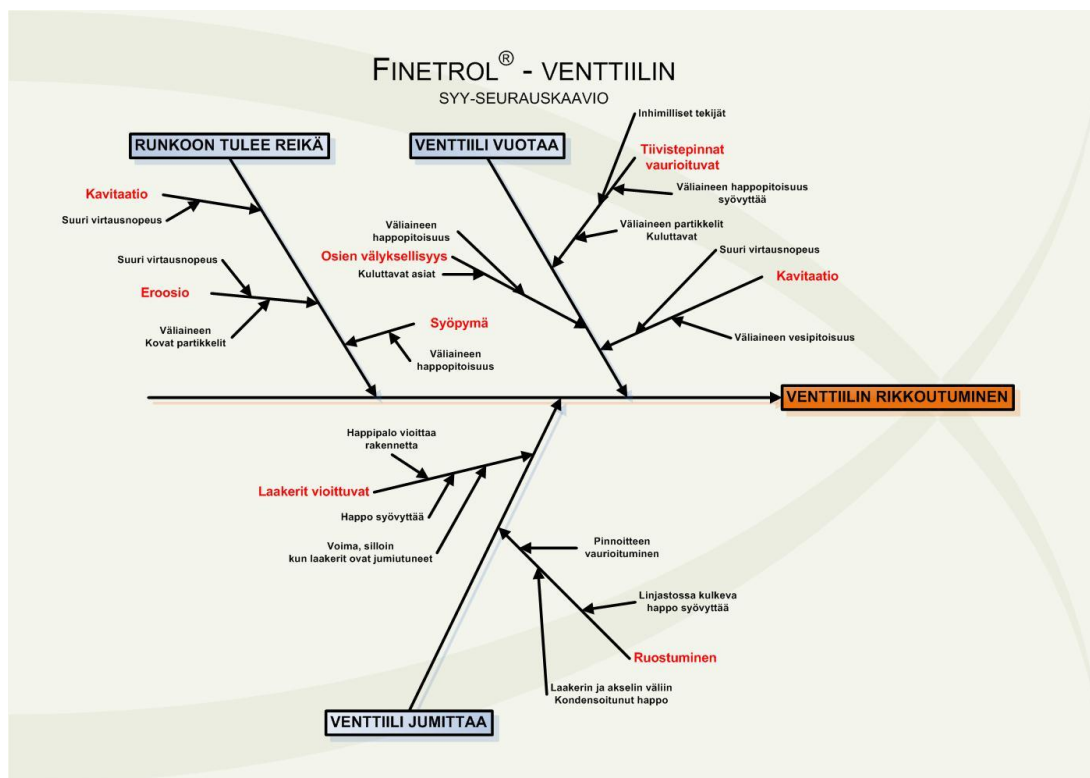
Syy-seurauskaavion ja Pareto -diagrammin tietoja tutkimalla voidaan päätellä rikkoutumisen aiheuttajan olevan väliaineessa kulkevat kaasut, jotka kondensoituvat hapoiksi venttiilin kohdalla paineen pudotessa 850 kPa:sta noin 300 kPa:n paineeseen. Päätelmän voi tehdä siksi, koska useassa kohdassa syy-seurauskaaviossa mainitaan happojen olemassa olo. Myös Pareto-diagrammissa suurimmat havaintojen määrät ovat syöpymä ja väliainejäämät.

Seuraavaksi tutkitaan venttiilin jumiutumisen aiheuttajaa syy-seurauskaavion perusteella. Syy-seurauskaaviota on helppo laajentaa ottamalla yksi haara omaksi syy-seurauskaavioksi ja tutkimalla vianaiheuttajia tarkemmin. Kuvassa on otettu esille Oy Tehdas Ab:lta saatuja ainepitoisuuksia position linjastosta. Liittämällä tiedot syy-seurauskaavioon saadaan selkeä kuva vianaiheuttajista. Jos ainepitoisuuksia ei olisi selvillä, olisi vianaiheuttajia huomattavasti enemmän. Esimerkiksi ruostumisen kohdalla listauksessa olisi enemmän happoja, koska venttiilin materiaalit ovat kaikki haponkestäviä CrNiMo -teräksiä.



Kuva 62 jumittamisen syy-seurauskaavio

Jumiutumisen syyksi voidaan päätellä happojen aiheuttama korroosio, ja syöpymä. Kun useissa eri syissä mainitaan aiheuttajana hapot, on niiden vaikutus luultavasti suurempi kuin esimerkiksi kuluttavien partikkeleiden vaikutus venttiilin materiaaleihin. Laakereiden vioittumisessa mainittu happipalo on usein vaaraksi venttiilin materiaaleille, sillä happipalo on hyvin kuuma ja voi muuttaa materiaalin kiderakennetta. Happipalo on estettävissä venttiilin rasvanpoistokäsittelyllä, mikä on yleinen käytäntö jos linjastossa kulkee suuria määriä happea. Happi reagoi useiden alkuaineiden kanssa, sekä erilaisten rasvojen kanssa.



5.3.6 Vianaiheuttaja ja koesuunnittelu

Vikaantumisen on päätelty aiheutuvan hapon ja kosteuden vaikutuksesta Finetrol® -kiertoistukkaventtiilin materiaaleihin TT-menetelmän tutkimusten, Pareto-diagrammin ja syy-seurauskaavion perusteella. Linjastossa käytössä oleva venttiili on ns. perusmalli, jolloin kaikki materiaalit ovat hyvin selvillä ja nähtävissä teknisestä esitteestä. Hyvä ratkaisu saadaan muuttamalla venttiilin materiaaleja kestämiin prosessissa syntyviä syövyttäviä happoja. Vaikuttavia tekijöitä voidaan listata seitsemän; Venttiilin viisi tärkeintä osaa, jotka ovat kärsineet vaurioita, virtausaukon muoto ja rasvanpoistokäsittely. Venttiilityypin muuttaminen ei tule kysymykseen position vaativuuden ansiosta.

Toinen positioon soveltuva venttiili tyyppi on segmenttiventtiili. Ongelmaksi kuitenkin ilmeni segmenttiventtiilin tiivisteratkaisu, koska vain S-tiivisteinen tiiviste pystyy samaan tiiviysluokkaan Finetrol® -kiertoistukkaventtiilin kanssa. S-tiiviste on kuitenkin kiertoistukkaventtiilistä poiketen hankaava tiivisteratkaisu, jolloin tiiviste on koko ajan yhteydessä sulkuelimeen. Hankaus saattaa aiheuttaa rikkoutumisen väliai-

neessa kulkevien partikkelien kanssa. Finetrol[®]-kiertoistukkaventtiili on kaksoisepä-keskeinen, auetessaan venttiilin sulkuelin irtoaa heti tiivisteestä. Segmenttiventtiilin E-tiiviste on tarkoitettu eroosio kohteisiin ja näin ollen voi soveltua kohteeseen rakenteeltaan, mutta tiivisterakenne on ei-tiivis ratkaisu, ja tämän vuoksi se ei sovellu kohteeseen. Pehmeää tiivistemateriaalia kuten Xtreme[®] ei voida käyttää tiivisteenä, sillä kuluttavat partikkelit voisivat vahingoittaa tiivistettä.

Koska ei voida tietää parannusvaihtoehtojen vaikutusta toisiinsa, ja vaihtoehtojen määrä on 128 kappaletta. On taloudellisesti kannattamatonta suunnitella yli sata kappaletta kokeita tällaisessa tilanteessa, missä asiakkaan tuotanto on riippuvainen venttiilin toimivuudesta. Joten paras vaihtoehto on suorittaa Taguchi-menetelmän parametrisuunnittelu ja toteuttaa suunnittelu Ortogonaalimatriisin $L_8(2^7)$ -mallilla. Parametrisuunnittelulla päästään kahdeksan suoritettavan kokeen määrään, jolloin tilanne pysyisi normaalina, verrattuna nykytilanteeseen. Kokeiden suorittamisen jälkeen voidaan laskea paras kombinaatio kyseiseen kohteeseen ja näin ollen asiakas saa juuri kyseiseen positioon optimoidun venttiilin oikeilla materiaaleilla ja tekijöillä.

5.3.7 Parametrien suunnittelu

Parametrien suunnittelu aloitetaan määrittelemällä oikeat vaikuttavat tekijät, joille määritellään myöhemmin tasot. Tärkeimmät tekijät sijoitetaan kohtiin A, B, D, ja G käyttäen avuksi teoriaosuuden $L_8(2^7)$ -ortogonaalimatriisin lineaarikuvaajaa. Tulos ilmoitetaan venttiilin toiminta-aikana eli tunteina malli löytyy liitteestä 4 (Liite 4.).

Kohdeventtiiliin liittyvät tekijät ja ovat:

- Rungon materiaalit
- Istukan materiaalit
- Tiivisteiden materiaalit
- Akselin materiaalit
- Laakereiden materiaalit
- Virtausaukon muoto
- Rasvanpoistokäsittely

Tekijöistä on luotu taulukko, josta nähdään tekijöiden paikka $L_8(2^7)$ -ortogonaalimatriisissa ja niiden määritetyt tasot. Tärkeysjärjestyksessä on käytetty määrääviä tekijöitä jumittumisen tai vuodon kannalta.

5.3.8 Kohdeventtiilin parametrisuunnittelu

Parametrien suunnittelu aloitetaan tutkimalla venttiilin materiaalien ominaisuuksia, etsitään syöpyneille materiaaleille vaihtoehtoja, ja valitaan kaksi parasta. Tutkitaan vaihtoehtoja parametrien tekijöiksi, parametreiksi pitää löytää sellaiset tekijät joilla on merkitystä venttiilin vioittumisen kannalta. Opinnäytetyössä parametreiksi on valittu venttiilin osat, virtausaukon muoto ja rasvapesu siksi, että venttiilin osat ovat syöpyneet. Virtausaukon muotoa muuttamalla saadaan selvyys virtausnopeuden kasvamisen vaikutus venttiilin istukkaan ja tiivisteeseen, sekä rasvan poistokäsittelyllä voidaan poistaa happipalon todennäköisyys. Kun parametrit on suunniteltu ja Ortogonaalimatriisi on valmis esiteltäväksi, käydään asiakkaan kanssa palaveri. Palaverissa käydään läpi kokeiden suorittaminen, erilaiset vaihtoehdot, eli parametrisuunnittelun tekijät ja tasot.

Kokeiden edetessä pidetään myös Pareto-diagrammia erilaisten vikojen esiintymisestä ja verrataan sitä aikaisemmin työn alkuvaiheilla tehtyyn Pareto-diagrammiin. Vertaamalla diagrammeja saadaan selvyys erilaisten vikojen kehittymisestä. Taguchi-menetelmää tutkimalla saadaan jokaisesta kokeesta laskettua jokaisen määritellyn tekijän ja tason tärkeys. Kun kokeet on saatu valmiiksi, voidaan asiakkaalle tarjota venttiili joka perustuu kahdeksan kokeen tuloksien lasketuista arvoista määritettyyn kombinaatioon Tasot ja parametrit ovat liitteessä 5 (Liite 5.).

5.3.9 Kustannuslaskelma

Venttiilin kustannus = X,

Venttiilin rikkoontumisesta johtuva tuotantomenetys = Y,

Venttiilin keskimääräinen vaihtomäärä = 8

Oletetaan esimerkin muodossa kustannuksien olevan seuraavat.

Venttiilin kustannus $X = 0.05 * Y$ (10 % yhden tuotantomenetyksen määrästä.)

Tuotantomenetys $Y = 20\,000\text{€}$ / kerta.

- Tuotantomenetys ei sisällä miestyötunteja eikä siinä ole otettu huomioon muita kuluja.

Yhden venttiilin rikkoutumisesta aiheutuneet kulut (Z)

- $Z = X + Y = 0.05 * Y + Y = 0.05 * 20\,000\text{€} + 20\,000\text{€} = 21\,000\text{€}$
- koko vuoden kustannus (Z_1) = $Z * 8 = 21\,000 * 8 = 168\,000\text{€}$

Työkalun luomalla tavalla tulleet kulut (Z_2)

- Kokeiden määrä on 8
- Erikoisventtiilin hinta on 30% korkeampi kuin perus venttiilin, johtuen venttiiliin valituista erikoismateriaaleista.
- Erikoisventtiilien keskimääräinen hinta = $X * 1.3 = 1\,300\text{€}$
- 8 kokeen hinta on siis $8 * 21\,300\text{€} = 170\,400\text{€}$

Kun kokeet on tehty ja saatu optimoitua venttiilin materiaalit kohteeseen voidaan kustannuslaskelma laskea uudelleen seuraavasti.

- Optimoidulla venttiilillä on pyritty esimerkiksi puolittamaan venttiilivaihtojen määrä.
- Venttiilin kustannukset ovat perusventtiiliä 50% kalliimpi, jolloin venttiilin hinnaksi tulee 1500 €
- vaihtoväliä on onnistuttu vähentämään puolella, eli vaihtojen määrä on 4.
- Vuotuiseksi kokonaiskustannukseksi (Z_2) tulee näin ollen $1\,500 + 20\,000 = 21\,500\text{€}$, jolloin voidaan laskea kokovuoden kustannus kertomalla kokonaiskustannus venttiilin ja tuotantomenetyksen yhteisarvolla.
- vuotuinen kokonaismenetys = $Z_2 * 4 = 86\,000\text{€}$

Laskutoimituksilla pystytään havaitsemaan, että Tacughi-menetelmän mukainen parametrisuunnittelu toimii. Venttiilin optimointi on erittäin kannattavaa, sillä esimerkin mukaisilla määritelmillä voidaan saavuttaa kehitystyön jälkeen suuret kustannussäästöt jo ensimmäisenä vuonna kehitystyön jälkeen.

5.4 Työkalun etenemismalli ja toteutusohje

Kustannustehokkuus on tärkeässä roolissa nykypäivän yrityksissä. Venttiilin kehitystyö saattaa olla hyvinkin kallista, sillä prosessiolosuhteiden vaikutusta esimerkiksi venttiilin materiaaleihin ei välttämättä voida ennustaa tai tietää. Tuotekehitystyö kannattaa suorittaa käyttämällä systemaattisia tutkimusmenetelmiä. Tässä opinnäytetyössä kustannustehokkuutta on pyritty lisäämään luomalla systemaattinen etenemismalli venttiilin tyyppin tai ominaisuuksien valinnan tueksi.

Lähtökohtana kehitystyölle on venttiilien seuranta, pitkäjänteisyys ja suunnitelmallinen eteneminen. Venttiilitoimittajan toimittaessa venttiili asiakkaalle, myynnille jää omiin järjestelmiin myyntihistoria. Myyntihistoriaa ei yleensä käytetä aktiivisesti hyväksi tehtaan venttiilikannan seuraamiseksi, tämä aiheuttaa ongelmakohteiden syntymisen ja jättää kehitystyölle vain vähän aikaa parannustyön tekoon. Venttiilien toimittamisen yhteydessä älykkäisiin venttiilin ohjauslaitteisiin eli asennoittimiin voidaan lisätä monenlaista tietoa, kuten positio, huoltohenkilö ja päivämäärä. Asennoittimista saadaan myös ladattua laitteen toiminta-aika, avautumiskulma, avautumisvastus sekä häiriötilanteet. Asennoittimesta saatuja tietoja voitaisiin myös hyödyntää kriittisten venttiilien havaitsemiseen.

Menetelmän soveltaminen tehdasympäristöön:

1. Luodaan tehtaalle tietokanta. Tietokannasta nähdään venttiilin tyyppi, toimituspäivä, sekä muu tarpeellinen tieto.
 - a. Kun tehtaalta palautuu venttiili huoltoon tarkastettavaksi, voidaan venttiilin asennoittimesta ladattu tieto lisätä tietokantaan kyseisen position kohdalle.
 - b. Venttiilin vikaantumisista kerätään tietoa tutkimalla sen rakenteita. Tiedonkeruulomakkeeseen lisätään kaikki löydetty vauriot ja muut huomiot, kuten väliainejäämät ja vuodot. Myös toimilaitteen ja asennoittimen vauriot voidaan huomioida tiedonkeruulomakkeeseen. Tiedonkeruulomakkeen tiedot syötetään järjestelmään kyseisen position kohdalle, jolloin saadaan muodostettua Pareto-diagrammi jokaisesta tehtaan venttiilipositioista.

2. Tietokannasta voidaan havaita kriittisen kohteet, niiden vaihtoväliä tai vikaantumista seurattaessa.
 - a. Tietokanta antaa vastuuhenkilölle ilmoituksen mahdollisesta kriittisestä kohteesta.
 - b. Tarkastetaan tilanne ja määritellään tilanteen vakavuus.
3. Tilanteen vaatiessa aloitetaan tutkimustyö.
 - a. Analysoidaan tilanne
 - b. Kerätään tarvittava perustieto tehtaan prosessista
 - c. Rajataan käytettävissä olevat resurssit.
4. TT-menetelmä
 - a. Tutkitaan tilannetta ryhmänä, ideoidaan parannusehdotuksia
 - b. Kerätään tosiasiat, esimerkiksi vioittumisen havainnot, mitoitustieto, parannusehdotus, toteamukset
 - c. Ryhmitellään tosiasiat oikeisiin ryhmiin.
 - d. Verrataan Pareto-diagrammin tietoja saatuihin tosiasioihin.
 - e. Pyritään löytämään yhteinen vianaiheuttaja
5. Tehdään riittävä määrä syy-seurauskaavioita todellisen vianaiheuttajan selvittämiseksi.
 - a. Aloitetaan syy-seurausdiagrammin luominen perusasioista
 - b. Tutkitaan syy-seurauskaaviosta jokainen tekijä, jolloin saadaan tarkempia vastauksia. Verrataan prosessitietoja luotuihin syy-seurauskaavioihin, jolloin voidaan nähdä onko vianaiheuttaja paikallistettu niin, että prosessitiedot vahvistavat jollakin tasolla päätelmät vikaantumisesta ja vianaiheuttajasta.
6. Aloitetaan Taguchi-menetelmän parametrisuunnittelu
 - a. Tutkitaan vianaiheuttajaa ja määritellään erilaisia parannusvaihtoehtoja
 - b. Luodaan esimerkkiventiileitä kohteeseen.
 - c. Valitaan sopiva ortogonaali-matriisi ja määritetään tärkeimmät tekijät parametreiksi. Ortogonaali-matriisi kertoo myös suoritettavien kokeiden määrän

- d. Määritellään tekijöille tasot. Tasot voivat olla monenlaisia asioita joihin voidaan vaikuttaa. Esimerkiksi opinnäytetyössä on tekijöiksi otettu kohdeventtiilin materiaalit, virtausaukon muoto, ja rasvanpoistokäsittely. Tekijöille on määritelty tasot, esimerkiksi materiaaleille tasoksi on määritelty kaksi erilaista materiaalia.
7. Suunnitellaan kokeiden suorittaminen
 - a. Määritellään tasot 1 ja 2, mahdollisesti myös taso 3.
 - b. Ortogonaali-matriisi kertoo mitkä tasot ovat ensimmäisessä ja seuraavissa kokeissa käytössä.
 - c. Suunnitellaan osien saatavuus ja varmistetaan tarvittavien osien saatavuus.
 8. Suoritetaan kokeet
 - a. Kokeessa 1, jolloin kaikki tasot ovat tasolla 1, saatetaan päästä jo toimivaan ratkaisuun. Tällöin venttiilin hajotessa voidaan uusia koetta vielä varmuuden hakemiseksi, mutta menetelmää noudattaen olisi suotavaa toteuttaa kokeet loppuun asti. Kokeiden loppuun saattaminen paljastaa usein myös sellaisia tekijöitä, joilla ei ole suurta merkitystä tuloksen syntyyn. Jos jollakin ominaisuudella/tekijällä ei ole paljoa painoarvoa, voidaan valita ominaisuuteen halvin mahdollinen ratkaisu jolloin syntyy huomattavia säästöjä. Taguchi-menetelmän paras ominaisuus onkin sen keskittyminen kustannus tehokkuuteen ja systemaattinen koejärjestelmä.
 9. Kokeiden suorittamisen jälkeen voidaan laskea tulokset ja määritellä positiivisin paras mahdollinen venttiili, jolloin kaikki testatut ominaisuudet ja niiden arvot on optimoitu.

Tällainen etenemismalli luo venttiilin kehitystyölle pitkäjänteisyyttä ja auttaa kehitysprosessia etenemään systemaattisesti. Liitteenä on kaavio tutkimustyön etenemisestä luodun työkalun avulla kohdeventtiilin kaltaiselle tilanteelle (Liite 1) ja uuden venttiilin valinta kriteereille (Liite 2).

LÄHTEET

Smith, P., Zappe, R.W., 2004. Valve selection Handbook. 5th edition. Burlington: Elsevier.

Metso Automation Oy. 2002. Palloventtiili MBV, Sarja M1, Asennus-, käyttö- ja huolto ohjeet. 1 M1 70 fi. Metso Automation, toukokuu, 2002. Viitattu 22.10.2012. [<http://valveproducts.metso.com/neles/IMOs/fi/1m170fi.pdf>]

Metso Automation Oy. 2012. Palloventtiili TOP ENTRY kiertosäätöventtiili, sarja top5, Tekninen esite. 1 T5 20 fi. Metso Automation, 2012. viitattu 23.10.2012. [<http://valveproducts.metso.com/neles/TechnicalBulletins/fi/1T520FI.pdf>]

Metso Automation Oy. 2012. Palloventtiili TOP ENTRY kiertosäätöventtiili, sarja top5, Asennus-, käyttö- ja huolto ohjeet. 1 T5 71 fi. Metso Automation, 2012. viitattu 22.10.2012. [valveproducts.metso.com/neles/IMOs/fi/1t571fi.pdf]

Metso Automation Oy. 2011. Advanced Sealing Technology, P459 12-11. Metso Automation. joulukuu, 2011. Viitattu 1.10.2012. [http://valveproducts.metso.com/DocDB/catalogs/catalog.taf?pg_parent=237]

Metso Automation Oy. 2010. Metso Flow school, e-learning session. 2010. Viitattu 12.11.2012. [intra.metsoautomation.com] viitattu 12.11.2012

Metso Automation Oy. 2012. Tekninen esite, NELES[®] NELDISC[®] Kolmoisepäkeskeinen läppäventtiili, sarjat L1 ja L2, 2 L2 21 fi. Metso Automation, 2012. Viitattu 18.12.2012. [<http://valveproducts.metso.com/neles/TechnicalBulletins/fi/2L121FI.pdf>]

Metso Automation Oy. 2012. Tekninen esite. NELES[®] NELDISC[®] Kolmoisepäkeskeinen läppäventtiili, LW ja LG –sarja, 2LW 20 fi. Metso Automation, 2012. Viitattu 18.12.2012. [<http://valveproducts.metso.com/neles/TechnicalBulletins/fi/2LW20FI.pdf>]

Metso Automation Oy. 2012. NELES[®] NELDISC[®] Kolmoisepäkeskeinen läppäventtiili, LW ja LG –sarja. Asennus-, käyttö- ja huolto ohjeet, 2 LW 70 fi. Metso Automation, 2012. Viitattu 18.12.2012. [<http://valveproducts.metso.com/nees/IMOs/fi/2LW70fi.pdf>]

Metso Automation Oy. 2013. Series 815 ANSI Class 150 and Series 830 ANSI Class 300 WAFER-SPHERE[®], W101-6. Metso Automation, 2012. Viitattu 10.10.2012. [<http://valveproducts.metso.com/nees/TechnicalBulletins/fi/2LW20FI.pdf>]

Metso Automation Oy. 2012. NELES[®] V-aukkoinen Segmenttiventtiili, sarja RA. Asennus-, käyttö- ja huolto ohjeet, 2 LW 70 fi. Metso Automation, 2012. Viitattu 7.10.2012. [<http://valveproducts.metso.com/nees/TechnicalBulletins/fi/3R21FI.pdf>]

Metso Automation Oy. 2012. Neles Finetrol[®] epäkeskeinen kiertoistukkaventtiili FC ja FG- sarja, 5 FT 20 fi. Metso Automation, 2012. Viitattu 14.4.2013. [<http://valveproducts.metso.com/nees/TechnicalBulletins/fi/5FT20FI.pdf>]

Metso Automation Oy. 2012. Neles Finetrol[®] epäkeskeinen kiertoistukkaventtiili FC ja FG- sarja. Asennus-, käyttö- ja huolto ohjeet, 5 FT 70 fi. Metso Automation, 2012. Viitattu 11.12.2012. [<http://valveproducts.metso.com/nees/IMOs/fi/5FT70fi.pdf>]

Metso Automation Oy. 2012. Neles RotaryGlobe[®] säätöventtiili, sarja ZX, 1 RG 20 fi. Metso Automation, 2012. Viitattu 19.4.2013. [<http://valveproducts.metso.com/nees/TechnicalBulletins/fi/1RG20FI.pdf>]

Koivisto, k. Laitinen, E. Niinimäki, M. Tiainen, T. Tiilikka, P. & Tuomikoski, J. 2008. Konetekniikan materiaalioppi 12. uud. p. Helsinki: Edita Prisma Oy.)

Kaesche, H. 2003, Corrosion of metals: Physicochemical Principles and Current Problems. Berlin:Springer-Verlag.

ASM international[®] 1998. Metals Handbook: desk edition 2. ed, USA: ASM international[®].

Metso Automation Oy 2011. Flow control manual, 6 ed. Finland: Metso Automation Oy.

Südwestfalen GmbH 2000. Werkstoffdatenblätter: 1.4436, X3CrNiMo 17-13-3. Viitattu 1.3.2013 [http://www.dew-stahl.com/fileadmin/files/dew-stahl.com/documents/Publikationen/Werkstoffdatenblaetter/RSH/w_4436engl.pdf]

AK Steel Corporation 2007. Data sheet: 17-4PH Stainless steel, 17-4 PH-S-8-01-07. Viitattu 20.4.2013. [http://www.aksteel.com/pdf/markets_products/stainless/precipitation/17-4_PH_Data_Sheet.pdf]

High Performance Alloys, Inc. 1997. Broshures: Nitronic 50 alloy. Viitattu 12.4.2013. [<http://www.hpalloy.com/alloys/brochures/Nitronic50-bullet.pdf>]

Haynes International, Inc 2003. Fabrication of Hastelloy[®] corrosion-Resistant alloy, H2010F. Viitattu 15.2.2013. [<http://www.haynesintl.com/pdf/h2010.pdf>]

High Performance Alloys, Inc. 1997. Description: Monel K-500. Viitattu 15.2.2013. [http://www.hpalloy.com/alloys/descriptions/MONELK_500.html]

Jokinen, T. 1987. Tuotekehitys. 3.p. Helsinki: Otatieto.

Kume, H. 1989. Laadun parantamisen tilastolliset menetelmät. 2. p. Vammala: Metalliteollisuuden keskusliitto, MET.

Järnefelt, G. 1990. Tuoteprosessin Tilastollinen valvonta -SPC. Tampere: Tammer-Paino Oy.

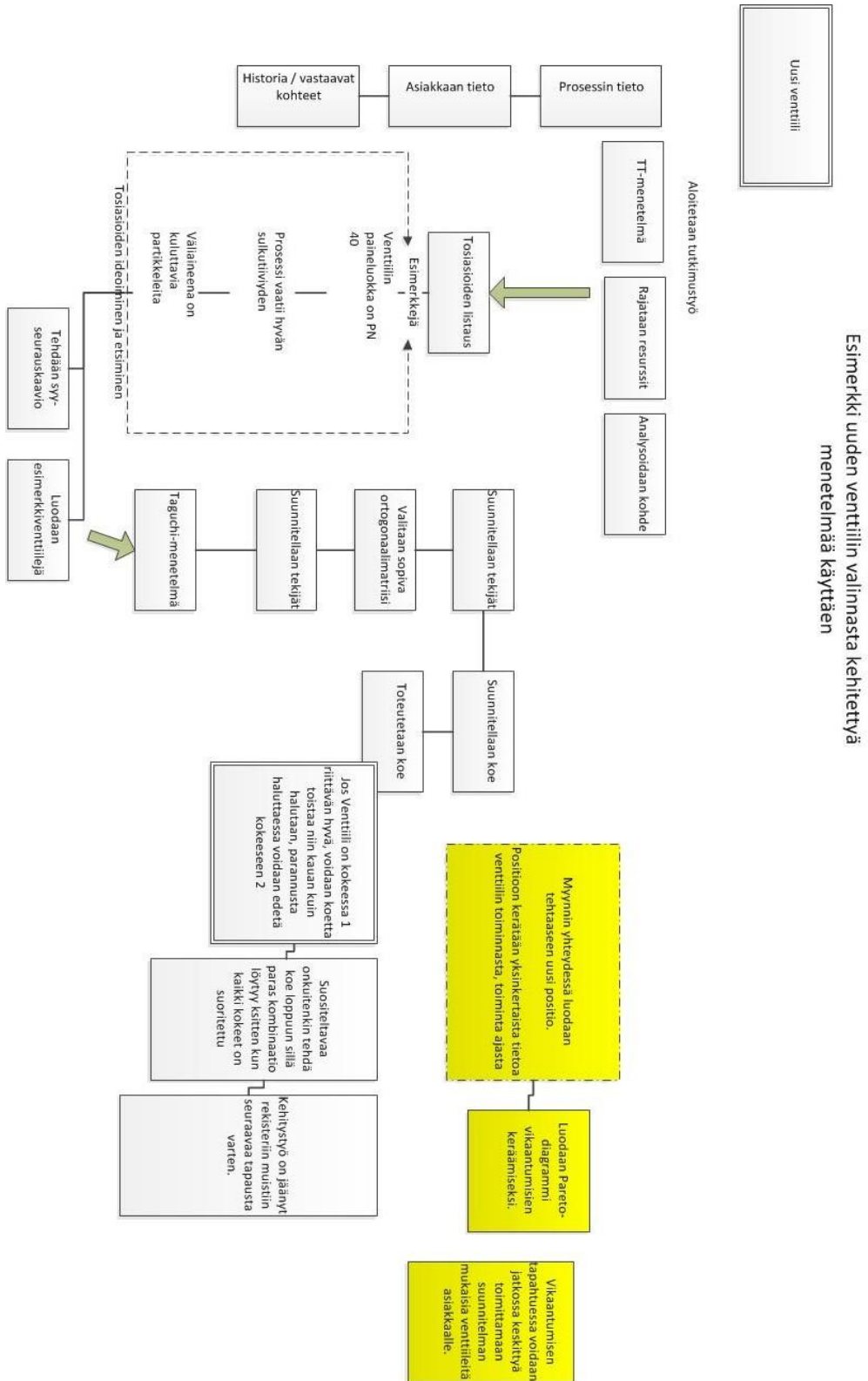
Karjalainen, E. 1990. Tuotteen ja prosessin optimointi koesuunnittelulla, Taguchi-menetelmä. 2. p. Tampere: Tammer-paino Oy.

Spirax Oy 2013. Saturated water line: Steam table. Viitattu 21.4.2013
[<http://www.spiraxsarco.com/fi/fin/resources/steam-tables/saturated-water.asp>]

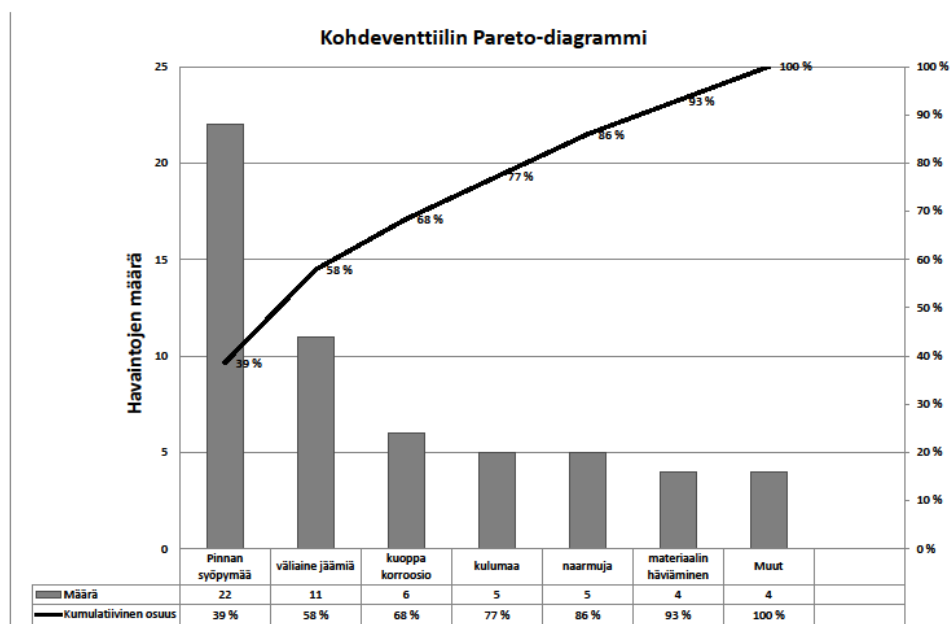
Opinnäytetyön sähköinen osoite:

<http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201305087103>

Luodun menetelmän etenemismalli uudelle venttiilin valinnalle.



Pareto-diagrammi kohdeventtiilin vaurioista.



Kohdeventtiilin $L_8(2^7)$ -ortogonaalimatriisi

Kohdeventtiilin $L_8(2^7)$ -ortogonaalimatriisi								
KOE- NUMERO	TEKIJÄT							TULOS
	A: ISTUKKA	B: LAAKERIT	C: TIIVISTE	D: RUNKO	E: AKSELI	F: VIRATSUAUKKO	G: RASVANPOISTO	
1	1	1	1	1	1	1	1	Y1
2	1	1	1	2	2	2	2	Y2
3	1	2	2	1	1	2	2	Y3
4	1	2	2	2	2	1	1	Y4
5	2	1	2	1	2	1	2	Y5
6	2	1	2	2	1	2	1	Y6
7	2	2	1	1	2	2	1	Y7
8	2	2	1	2	1	1	2	Y8

Ortogonaalimatriisin tasot ja parametrit.

TASOT	PARAMETRI	TULOS
A1	CF8M+ULTIMET	Y11
A2	SOLID ULTIMET	Y12
B1	STELLIITTI	Y21
B2	MP159	Y22
C1	XM-19	Y31
C2	ULTIMET	Y32
D1	CF-8M	Y41
D2	CW-6M	Y42
E1	CoMo-PINNOITETTU	Y51
E2	ULTIMET	Y52
F1	R (CV 50%)	Y61
F2	S (CV 100%)	Y62
G1	KYLLÄ	Y71
G2	EI	Y72