

Peppi Saarikari

# Impulssiputkien tukkeumien valvonta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

30.1.2017

Tekijä Otsikko	Peppi Saarikari Impulssiputkien tukkeumien valvonta
Sivumäärä Aika	33 sivua + 5 liitettä 30.1.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaajat	Kenttälaiteasiantuntija Jani Tervonen Lehtori Markku Inkinen
<p>Opinnäytetyö tehtiin Neste Oyj:lle Porvoon jalostamolla syksyllä 2016. Aiheena oli tutkia impulssiputkien tukkeumia paine-eromittausten avulla. Työtä varten oli ostettu kahden eri valmistajan paine-erolähtetimet, Yokogawan EJX-lähetin ja Rosemountin 3051S-lähetin. Lähtetimet oli varustettu impulssiputkien tukkeumia havainnoivilla tekniikoilla, Yokogawan ILBD-tekniikalla ja Rosemountin SPM-tekniikalla. Näiden avulla tukkeumat tulisi pystyä havaitsemaan ennen prosessimittausten menettämistä. Lähtetimiä testikäyttämällä tuli selvittää, kannattaako Neste Oyj:n sijoittaa tulevaisuudessa paine-erolähtetimiä tukkeumia havainnoiviin ominaisuuksiin.</p> <p>Yleinen ongelma impulssiputkien tukkeutumisissa on ollut lähtetimelle jumiin jäävä paine. Käyttäjät luulevat virtauksen ja paineen olevan normaaleja, vaikka todellisuudessa impulssiputki on tukossa ja mittaus ei reagoi todelliseen prosessivirtaukseen laisinkaan. Huojuntaa mittaavien paine-erolähtetimiä tulisi kertoa käyttäjälle, jos impulssiputken yhteys prosessiin on hiipumassa tai on katkennut kokonaan.</p> <p>Lähtetimille löydettiin monipuoliset mittauskohteet kentältä ja niiden konfigurointi onnistui hyvin. Rosemountin tekniikka toimii hyvin erilaisissa ja haastavissa kohteissa, jopa semmoisissa kohteissa missä mittauksen ei luvattu toimivan ollenkaan. Yokogawan tekniikasta löytyi kuitenkin virheitä, joita ei ehditty työn aikana korjaamaan, esimerkiksi hälytyksiä ei saatu päälle simuloinnin tai herkkyyssarvojen muutosten avulla.</p> <p>Lähtetimiä suurin ongelma oli liian vähäinen äly ymmärtää prosessimuutoksia. Virtauksen muuttuessa huomattavasti esimerkiksi alasajon seurauksena mittaukset menevät vikatiilaan, jotka aiheuttavat turhia hälytyksiä. Nämä tilanteet voisi kiertää mahdollisesti ohjelmallisesti maskaamalla hälytykset. Tulevaisuudessa tulisi miettiä myös, miten hälytykset haluttaisiin tuoda kunnossapito-osaston käyttöön. HART-hälytykset saadaan kunnonvalvontaan vasta kun xml.-tiedostot päivitetään diagnostiikoille sopiviksi. Sen jälkeen pitäisi miettiä, tuotaisiinko hälytyksiä ajokuvuihin vai seurattaisiinko niitä muuta kautta. Ennen tätä tulisi miettiä, aiheuttavatko liialliset hälytykset ajokuvissa sekaannusta, muun muassa operaattoreiden päivittäisessä prosessinseurassa.</p>	
Avainsanat	paine-ero, huojunta, impulssiputki, virtausmittaus, tukos

Author Title	Peppi Saarikari Detection of Plugged Impulse Lines
Number of Pages Date	33 pages + 5 appendices 30 January 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	
Instructors	Jani Tervonen, Maintenance Engineer, Instrumentation Markku Inkinen, Senior Lecturer
<p>This final year project was done for Neste PLC. The objective of this thesis was to detect plugged impulse lines with two different manufacturers' differential pressure transmitters. Transmitters had diagnostic techniques which detect fluctuations in pressure. The purpose was to clarify which transmitter will be more useful at Neste.</p> <p>The main problem with flow measurement had been that the pressure at the time of the plug is trapped, and the transmitter provides the same signal as before the plug. Users may think that measurement is fine, but actually impulse line is plugged and connection to real process is cut off. After the actual process changes and the pressure transmitters output remains the same, someone could recognize that blockage has occurred. Impulse line detection with fluctuation in pressure signals is telling to users that a blockage is forming in an impulse line before the process is disrupted.</p> <p>Other transmitters worked better than thought, even in positions where these should not have worked according to the manual. Other techniques did not work, so opinion about the transmitter could not be established.</p> <p>It was found that the main problem is that if the flow significantly increases or decreases after a reference value is obtained, a new reference value needs to be obtained under more stable flow conditions. Detection of plugged impulse lines works in places where flow control is not versatile.</p>	
Keywords	Differential pressure, Fluctuation, Impulse line, Flow Measurement, Blockage

## Sisällys

### Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Neste Oyj	2
3	Räjähdysvaarallisten tilojen laitevalinta	3
4	Paine-eromittaukset	5
4.1	Paine	5
4.2	Bernoullin laki	6
4.3	Virtauksen mittaaminen	7
4.4	Paine-eroon perustuvat virtausmittaukset	8
4.4.1	Kuristuslaippa	9
4.4.2	Lähettimen sijoittaminen	9
5	Tukkeumien havainnointi	11
5.1	Silicone resonant -anturi	11
5.2	Dual-capacitance Saturn™ -anturi	12
5.3	Rosemountin SPM-diagnostiikka	13
5.4	Yokogawan ILBD-tekniikka	16
5.5	Rajoitteet	19
5.5.1	Rosemountin lähettimellä huomioitavaa	20
5.5.2	Yokogawan lähettimellä huomioitavaa	20
6	Käytännön toteutus	22
6.1	Lähettimien paikat	22
6.2	AMS ja FieldCare	24
6.3	Rosemountin konfigurointi	25
6.4	Yokogawan konfigurointi	28
7	Tulokset	31
8	Yhteenvedo	33
	Lähteet	34
	Liitteet	

- Liite 1. ILBD:n parametrilista
- Liite 2. SPM:n hälytyslista
- Liite 3. ILBD-tekniikan askeleet
- Liite 4. SPM-tekniikan askeleet
- Liite 5. Räjähdyssuojaustasot ja -rakenteet

## Lyhenteet ja käsitteet

AMS	Asset Management Solutions, kenttälaitteiden hallintaohjelmisto.
DTM	Device Type Manager, ohjelmiston osa, joka sisältää laitekuvaukset eli laitespesifikaatiot, funktiot ja logiikkaratkaisut.
EDDL	Electronic Device Description Language, automaatiojärjestelmän komponentteja kuvaava kieli.
FDT	Field Device Tool, tarvitaan kenttälaitteen ja järjestelmän väliseen kommunikointiin.
HART	Highway Addressable Remote Transducer, kaksisuuntainen digitaalinen tiedonsiirtoprotokolla kenttälaitteen ja isäntälaitteen välillä.
ILBD	Impulse Line Blockage Detection, paineen huojuntaan perustuva mittaus tukkeumien havaitsemiseksi. Yokogawan mittaustekniikka.
Pursulinja	Pitää vaativat prosessilinjat puhtaina ja lämpiminä, sekä pitää prosessialueen juoksevana, joko öljy- tai vetypursutuksen avulla.
PÖY	Pohjaöljy-yksikkö.
SPM	Statistical Process Monitoring. Rosemountin Emerson Process Managementin kehittämä mittaustekniikka. Perustuu prosessihuojuntaan.

## 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehdään Neste Oyj:lle, Porvoon jalostamolla. Työn taustalla on hitaasti etenevä ongelma, joka jää helposti kokonaan huomaamatta. Tämä ongelma on prosessimittausten menetys. Mittausten menetys johtuu usein impulssiputkien hitaasta tukkeutumisesta tai jäätymisestä. Suurin haaste on ollut, että käyttäjä ei ole ollut tietoinen impulssiputkien tukkeutumisesta ollenkaan. Paine saattaa tukkeuman aikanakin lähettää samaa signaalia kuin ennen tukkeumaa ja näin ollen huijaa käyttäjää luulemaan tilanteen olevan normaali. Tukkeuma on saatettu löytää vasta jonkin muun huoltotarpeen yhteydessä, kuten saattolämmitysten vikaantuessa tai rikkinäistä lähetintä vaihdettaessa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on parantaa prosessiluotettavuutta ennakoimalla impulssiputkien tukkeutuminen paine-eromittausten avulla. Työtä varten on valmiiksi tilattu Yokogawan sekä Rosemountin paine-erolähettimet, jotka on molemmat varustettu omanlaisellaan tekniikalla aistia mittaputkien tilamuutokset. Työn tavoitteena on todeta kummankin lähettimen hyödyt ja heikkoudet Neste Oyj:n kannalta ja saada vastaus kysymyksiin: kumpi tekniikka sopii paremmin Neste Oyj:lle ja kannattaako tekniikkaa hyödyntää myös jatkossa? Opinnäytetyössä keskitytään kyseisten lähettimien mittaus-tekniikkaan sekä niiden käyttöönottoon ja tulosten analysointiin.

Toteutusvaiheessa suunnitellaan sopivat paikat mittauksille prosessista, huomioiden paine-erolähettimille annetut toiminta-alueet. Kun lähettimet on saatu kentälle, tulee ne konfiguroida. Rosemountin lähettimen konfigurointi tehdään AMS:n avulla ja Yokogawan lähettimen konfigurointi FieldCaren avulla. Kun mittaukset on opetettu, simuloidaan tukkeumatilanteet ja kerätään mittausdataa tuloksia varten.

Opinnäytetyö tehdään läheisessä yhteistyössä tuotantolinjojen 1, 2 ja 4 automaatiokunnossapidon kanssa. Myös kenttälaiteasiantuntija Jani Tervonen on tiiviisti työssä mukana. Näin saadaan aikaiseksi mahdollisimman monimuotoinen testiympäristö mittauksille, saadaan osaava henkilöstö apuun kentälle, sekä varmistetaan työn hyödyntäminen myös tulevaisuudessa.

## 2 Neste Oyj

Neste Oy perustettiin vuonna 1948 suojaamaan Suomen öljyhuolto. Jalostamoita on tällä hetkellä neljässä eri kaupungissa. Ensimmäinen jalostamo käynnistyi Naantalissa 1957 ja seuraava Porvoossa 1965. Singaporen NEXBTL-laitos käynnistettiin vuonna 2010, ja Rotterdamissa käynnistyi uusiutuvan dieselin tuotantolaitos 2011.

Tulevaisuudessa Suomessa on vain yksi jalostamokokonaisuus, jossa on viisi tuotantolinjaa. Tuotantolinjat yhdestä neljään tulevat sijaitsemaan Porvoossa ja tuotantolinja viisi Naantalissa. Uudistuksen pitäisi olla valmis vuonna 2017.

Neste valmistaa kaikkia tärkeimpiä öljytuotteita ja on maailman johtava uusiutuvan dieselin toimittaja. Kotimarkkinat ovat Itämeren alueella. Nesteellä on kolme liiketoimintaluettua:

- Öljytuotteet, vuotuinen öljynjalostuskapasiteetti on 15 miljoonaa tonnia.
- Uusiutuvat tuotteet, vuotuinen tuotanto on yli 2 miljoonaa tonnia.
- Öljyn vähittäismyynti, kuluttaja-asiakkaiden lisäksi yhtiö palvelee jälleenmyyjiä, lämmitysöljyasiakkaita, ammattiliikennettä, teollisuutta ja maataloutta.

Neste on tullut tutuksi uusista polttoaineratkaisuista muun muassa rikittömistä bensiineistä ja jätteistä ja tähteistä jalostettuun uusiutuvaan dieseliin. Tutkimus ja kehitys painottuvatkin tällä hetkellä raaka-ainejoustavuuteen sekä NEXBTL-tuoteperheen laajennukseen. Teknologiajohtaja Lars Peter Lindfors uskoo, että tulevaisuudessa levät, sekä metsä- ja maatalouden biomassa nousevat merkittäviksi raaka-aineiksi uusiutuvien tuotteiden joukossa. [1; 2; 3.]

Vuonna 2015 Nesteen liikevaihto oli 11 miljardia euroa ja liikevoitto oli 699 miljoonaa euroa. Nesteellä on yhteensä maailmalla noin 5 000 työntekijää. [4; 5.]



### 3 Räjähdyksvaarallisten tilojen laitevalinta

Paine-erolähtetimen valinnassa tulee ottaa huomioon monia eri vaatimuksia. Yleisimpiä ovat tarkkuus, toistuvuus, käytettävyys ja turvallisuus. Näiden lisäksi huomioon tulee ottaa erilaiset prosessiolosuhteet, kuten lämpötila, painehäviö, mitattavan aineen olo-  
muoto, viskositeetti ja pienin mitattava virtausmäärä. Asennustekniset ehdot on myös  
huomioitava, ne löytyvät PSK-käsikirjan 2-standardeista. [6; 7.]

Koska Neste on Suomen suurin räjähdysvaarallinen alue, pitää uusien laitteiden hankinnassa kiinnittää tarkasti huomiota myös ATEX-direktiiveihin. Nesteellä räjähdysvaaralliset alueet aiheutuvat suurimmaksi osaksi kaasuseoksista ja sähkölaitteet kuuluvat laiteryhmään II, eli räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettuihin sähkölaitteisiin. Ryhmään I kuuluu kaivoskaasuille tarkoitettut sähkölaitteet. [8.]

Tärkeintä laitevalinnassa räjähdysvaaralliseen tilaan on tietää tilaluokat. Luokka 0 tarkoittaa tilaa, jossa räjähtävä kaasuseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein toistuvasti. Luokkaan 0 kuuluu esimerkiksi kaikkien säiliöiden sisätilat. Luokka 1 tarkoittaa tilaa, jossa räjähtävä kaasuseos esiintyy satunnaisesti normaalikäytön aikana. Luokkaan 1 kuuluu esimerkiksi enintään 1,5 m:n etäisyys nestekaasusäiliöstä. Luokka 2 tarkoittaa tilaa, jossa ei odoteta räjähtävän kaasuseoksen esiintymistä normaalikäytön aikana ja mikäli semmoinen esiintyy, se esiintyy harvoin ja lyhytaikaisesti. Luokkaan 2 kuuluu vähintään 1,5 m:n ja enintään 3 m:n etäisyys nestekaasusäiliöstä. [8.]

Jotta oikeisiin tiloihin valitaan oikeat laitteet, on määritelty myös laiteluokat. Laiteluokkaa 1G olevat laitteet on tarkoitettu tilaluokkaan 0. Laitteiden turvallisuus tulee säilyä kahdenkin vian esiintyessä yhtä aikaa ja niillä tulee olla kaksi toisistaan riippumatonta suojauskeinoa. Laiteluokkaa 2G olevat laitteet on tarkoitettu tilaluokkaan 1 ja sen luokan laitteilla yksi vika ei saa aiheuttaa vaaraa. Laiteluokkaa 3G olevat laitteet on tarkoitettu tilaluokkaan 2 ja ne on tarkoitettu takaamaan normaali turvallisuustaso. [8.]

Liitteeseen 5 on listattu kaikkiin tilaluokkiin kuuluvat laiteluokat, niille hyväksytyt suojausrakenteet ja niiden tunnuksukset, sekä niille tarkoitettut standardit. Esimerkiksi laiteluokassa 2G suojausrakenteet perustuvat räjähdyspaineen kestävään, varmennettuun, luonnostaan vaarattomaan, massavalutäytteiseen, öljytäytteiseen, suojatuuletettuun tai hiekkatäytteiseen rakenteeseen. [8.]

Kaasuille on myös määritelty omat räjähdysryhmät. Nesteellä yleisin on IIC, johon kuuluu muun muassa asetyleeni ja vety. Muita ryhmiä on muun muassa IIA, johon kuuluu propaani, IIB, johon kuuluu etyleeni ja I, johon kuuluu metaani. Syttymisryhmä- tai lämpötilaluokat kaasuille määrittelee niiden alimmat itsesyttymislämpötilat. Taulukkoon 1 on listattu lämpötilaluokat, sekä niiden suurimmat sallitut pintalämpötilat.

Taulukko 1. Lämpötilaluokat. [8.]

Lämpötilaluokka	Pintalämpötila
T1	450 °C
T2	300 °C
T3	200 °C
T4	135 °C
T5	100 °C
T6	85 °C

Kaikkien edellä mainittujen luokkien ja ryhmien tulee näkyä laitteen Ex-merkinnässä. Alla olevasta kuvasta 1 nähdään esimerkki, miten Ex-merkinnät näkyvät laitteissa ja kuinka niitä luetaan. [8.]



Kuva 1. Ex-merkinnät [8].

## 4 Paine-eromittaukset

Jotta paine-eroon perustuvia mittauksia olisi helpompi ymmärtää, on tässä luvussa käsitelty siihen liittyvää teoriaa.

### 4.1 Paine

Pelkästään voima ei riitä määrittämään painetta, vaan siihen tarvitaan myös pinta-ala, johon voima kohdistuu. Paineen kaava on

$$p = F/A \quad (1)$$

jossa  $p$  on paine ja  $F$  on pintaa vasten kohtisuoraan vaikuttava voima, joka kohdistuu pinta-alaan  $A$ . Toisin sanottuna, mitä pienemmälle alueelle voima kohdistuu, sitä suurempi paine on.

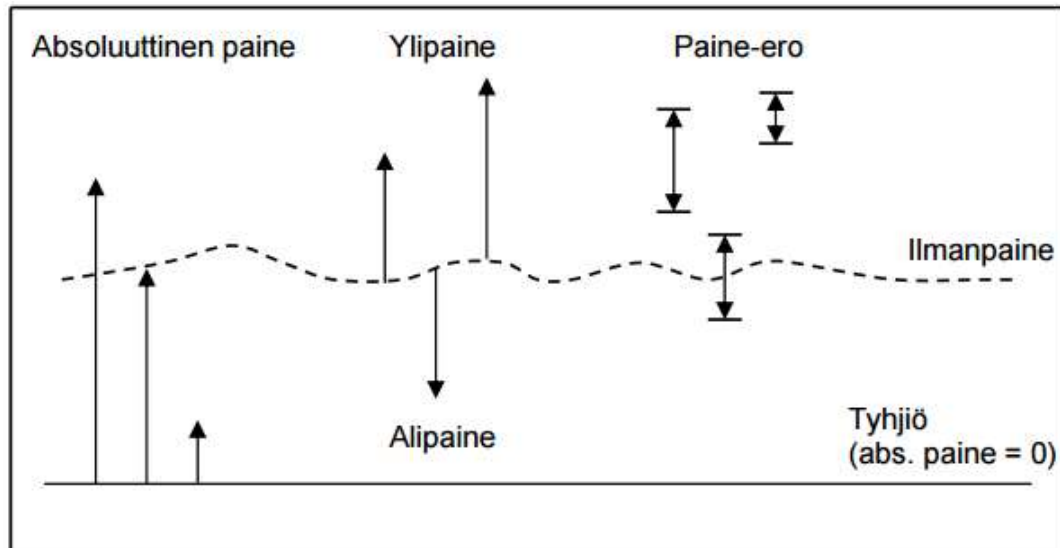
Absoluuttinen paine on aina suurempi kuin nolla, koska sen vertailuarvona on ideaalinen tyhjiö. Ilmanpaineella tarkoitetaan ilmakehän aiheuttamaa absoluuttista painetta. Ilmanpaineen mittaukseen vaikuttaa säätilan vaihtelu, sekä mittauspaikan korkeus verrattuna merenpintaan.

Hydrostaattisella paineella tarkoitetaan nesteen tai kaasun oman painovoiman aiheuttamaa painetta. Paineen suuruuteen ei vaikuta väliaineen tilavuus tai massa, vaan ainoastaan tiheys ja korkeus. Neste painaa siis alempana olevia nestekerroksia aiheuttaen painetta. Hydrostaattisen paineen kaava on

$$p = \rho g \Delta h \quad (2)$$

jossa  $\rho$  on tiheys,  $g$  on putoamiskiintyvyyys ja  $\Delta h$  on korkeusero.

Paine-erosta puhutaan yleisesti silloin kun vertailuarvona on jokin muu kuin tyhjiö tai vallitseva ilmanpaine. Vertailuarvoa kutsutaan usein linjapaineeksi. Kuvasta 2 nähdään yhteenveto paineiden nimityksistä riippuen vertailuarvosta.



Kuva 2. Paineen nimitykset vertailuarvosta riippuen [9].

SI-järjestelmän mukainen yksikkö paineelle on pascal. Pascal on paine, jonka yhden Newtonin suuruinen voima tasaisesti jakautuneena vaikuttaa yhden neliömetrin pinta-alaan ( $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$ ). Koska pascal on hyvin pieni yksikkö, käytetään yleensä sen kerrannaisia, esimerkiksi kPa ja MPa. Vaikka SI-järjestelmän mukaisia yksiköitä tulisi suosia, on käytössä muitakin yksiköitä. Bar on yksi yleisimmin käytetyistä. 1 bar on 0,1 MPa eli 100 kPa. [9; 10.]

#### 4.2 Bernoullin laki

Bernoullin yhtälö sitoo toisiinsa paineen, virtausnopeuden ja korkeuseron. Voidaan käyttää yhtälöä paine-eron ymmärtämiseen. Lain mukaan virtauksen kasvaessa paine alenee. Kokoon puristumattomalle, kitkattomalle virtaukselle yhtälö on

$$p + \frac{\rho * v^2}{2} + \rho * g * h = vakio \quad (3)$$

jossa ensimmäistä termiä kutsutaan painekorkeudeksi, toista nopeuskorkeudeksi ja kolmatta asema-korkeudeksi. Tästä saadaan johdettua vaakasuoran putken tapauksessa paine-eron High- ja Low-puolen yhtälöiksi

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

jossa  $p$  on paine,  $\rho$  on tiheys ja  $v$  on nopeus. Ja koska kuristuksen molemminpuolinen tilavuusvirta on sama, voidaan todeta, että

$$q = A_1 v_1 = A_2 v_2$$

jossa  $q$  on tilavuusvirta. Nyt virtausnopeuden yhtälöksi saadaan

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^4}} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

jossa  $\beta$  on  $d/D$  halkaisijasuhde. Teoreettinen tilavuusvirta saadaan nyt johdettua

$$q_{vteor} = A_2 v_2$$

ja nyt voidaan todeta, että todellinen tilavuusvirta on

$$q_v = C q_{vteor}$$

jossa  $C$  on anturityypistä riippuvainen korjauskerroin. [11; 12; 13.]

#### 4.3 Virtauksen mittaaminen

Virtausmittausta tehdessä halutaan määrittää putkessa virtaavan materiaalin virtausnopeus tai määrä. Tämä voi olla tarpeen esimerkiksi prosessin energia- ja materiaalivirtojen suhteuttamisessa toisiinsa tai määrää mitattaessa, kun halutaan tietää toimitetun öljyn määrä. Optimaalisessa tilanteessa virtausnopeus putkessa on vakio putken koko poikkileikkauksessa, tätä kutsutaan tulppavirtaukseksi. Käytännössä tämä on

kuitenkin harvinaista. Tavallisesti virtaus on suurempi putken keskiosassa kuin laidoilla, tämä johtuu kitkan vaikutuksesta, joka hidastaa virtausta putken reunoilla.

Virtausprofiilin muutokset aiheuttavat virtausnopeuden mittaukseen perustuvissa antureissa mittausvirheitä. Epäsymmetrinen profiili tekee tapauksesta erityisen vaikean. Tällainen tilanne syntyy esimerkiksi linjojen mutkissa nopeimmin liikkuvien hiukkasten siirtyessä keskihakukiihtyvyyden vaikutuksesta ulkokaarten puolelle. Myös pyörteet aiheuttavat mittauksille häiriöitä, niitä voi syntyä muun muassa mutkien ja venttiileiden vaikutuksesta. Pyörteiden vaikutusta pyritäänkin välttämään tarpeeksi pitkillä suorilla putkiosuuksilla ennen anturia ja sen jälkeen. Näin pyörteet ja virtausprofiilit ehtivät ta-soittumaan. [11.]

#### 4.4 Paine-eroon perustuvat virtausmittaukset

Tässä työssä käytetyt Yokogawan ja Rosemountin lähettimet mittaavat virtausta, ja siitä syystä tässä työssä perehdytään paine-eroon perustuviin virtausmittauksiin. Paine-eron avulla voitaisiin mitata myös muun muassa painetta ja pintaa.

Paine-eromittaus toteutetaan kuristuselimellä. Kuristuselimen aiheuttaman painehäviön avulla saadaan virtaavan aineen virtausnopeus. Kun väliainetta kuristetaan, kasvatetaan paine-eroa. Ennen kuristuselintä paine kasvaa patoutumisen johdosta ja laskee huomattavasti sen jälkeen. Mittaamalla tätä paine-eroa ja suhteuttamalla se väliaineen tiheyteen ja käytettävään putkikokoon saadaan paine-eron avulla laskettua virtausmäärä. Harvoissa prosesseissa paine ja lämpötila ovat stabiileja. Tästä syystä pitää väliaineentiheys  $p$  kompensoida lämpötilan ja paineen perusteella. Kompensointi voidaan tehdä joko suoraan paine-erolähettimellä tai DCS:llä.

Nesteellä yleisimmin käytetty paine-eroon perustuva virtausmittaus toimii kuristuslaipalla, mutta joskus painehäviön, virtaavan aineen epäpuhtauksien tai muun syyn vuoksi joudutaan valitsemaan jokin muu vaihtoehtoinen menetelmä. Näitä on muun muassa venturiputki, pitotputki, virtaussuutin, V-Cone ja Wedge. [6.]

#### 4.4.1 Kuristuslaippa

Nesteellä ja monesti muuallakin kuristuslaippa on yleisin paine-eromittaussovellus. Nesteellä on käytössä teräväreunaisia, segmenttisiä sekä pyöreäreunaisia kuristuslaippoja. Valinta riippuu täysin aineen viskositeetistä ja kiintoaineiden määrästä.

Kuristuslaippa on pyöreä kuristuselin, joka asennetaan laippojen väliin. Virtausmittaus perustuu paine-eron mittaukseen ennen ja jälkeen kuristuslaipan. Tämä paine-ero on suoraan verrannollinen virtausnopeuteen. Toisin sanoen, mitä suurempi virtausnopeus on, sitä suurempi on paine-ero. Kuvasta 3 nähdään kuristuslaipan toimintaperiaatteen. Voidaan myös todeta, että  $p_1$  on suurempi kuin  $p_2$  ja  $v_1$  on pienempi kuin  $v_2$ . Jos ajatellaan prosessiaineen olevan kokoon puristumatonta, voidaan havaita, että tilavuusvirta on molemmilla puolin kuristuslaippaa sama. Kuristus aiheuttaa kuitenkin aina pienen painehäviön, mikä on otettava mittauksissa huomioon. [13.]

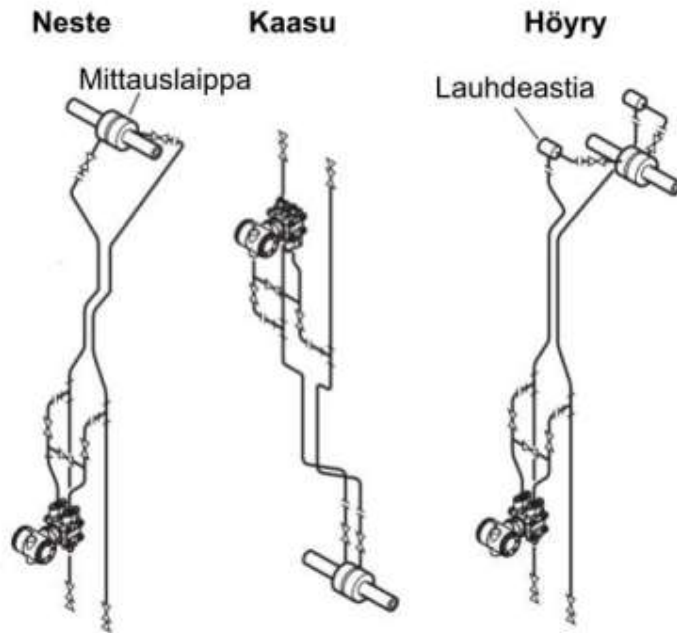


Kuva 3. Kuristuslaipalla suoritettava paine-eromittaus [14].

#### 4.4.2 Lähettimen sijoittaminen

Nesteen ja höyryn paineenmittauksissa lähetin on järkevintä asentaa kuristuslaipan alapuolelle. Näin impulssiputkiin ei pääse muodostumaan mittausta häiritseviä kaasukuplia. Höyryä mitattaessa tulee asennus olla kuristuslaipan alapuolella senkin takia, että höyry pääsee tiivistymään nesteeksi ja mittaus tehdään sitä kautta. Tämä suojaa lähettintä lisäksi kuumalta höyryltä. Lauhdeastiaa käytetään joissain tapauksissa lauhdumisen nopeuttamiseksi ja linjan täyttymisen varmistamiseksi. Toisaalta jos prosessi-

aineena on kaasua, lähettimen sijainti prosessiputken yläpuolella poistaisi kondensoituneen nesteen aiheuttamat häiriöt. Kuvasta 4 nähdään ideaaliset asennustavat.



Kuva 4. Lähettimien sijoittaminen eri aineen olomuodoilla [15].

Pitkät impulssiputkilinjat aiheuttavat kaksi ongelmaa kohinan mittauksessa. Ensimmäinen ongelma on niiden aiheuttama resonanssi, joka saattaa ruveta kilpailemaan mitattavan prosessikohinan kanssa. Tukkeuman esiintyessä lähetin havaitsee valheellisen värähtelyn, jonka takia se ei tunnista merkittävää muutosta mitattavassa prosessikohinassa ja näin ollen tukkeuma jää kokonaan havaitsematta. Toinen ongelma voi olla, että pitkä impulssiputkilinja aiheuttaa mekaanisen alipäästösuodattimen, joka vaimentaa prosessikohinaa, jonka lähetin vastaanottaa.

Suurimmassa osaa tapauksista lähettimen sijainnin ratkaisee kuitenkin luokseen päästävyys. Lähetintä pitää päästä huoltamaan ja näin ollen sitä ei voida aina asentaa mittauksen kannalta parhaaseen paikkaan. Mittauksen tasaamiseen löytyy kuitenkin keinoja. Esimerkiksi nesteen ja höyryn paineenmittauksissa lähetin voidaan joutua sijoittamaan prosessiputken yläpuolelle, jolloin putkilinja voidaan varustaa ilmalukolla. [15; 16.]

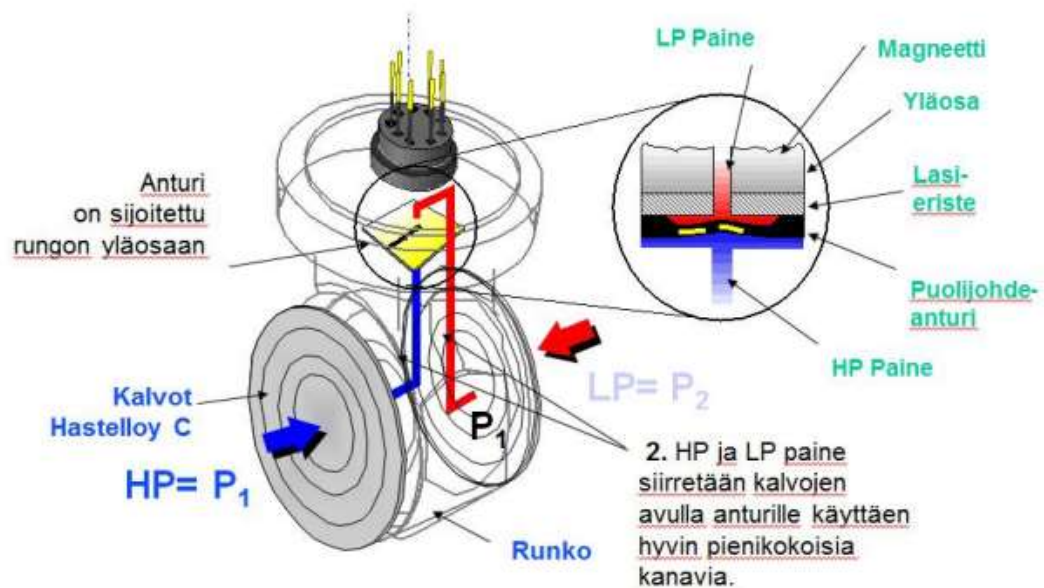


## 5 Tukkeumien havainnointi

Tukkeumien havaitseminen perustuu sekä Yokogawan että Rosemountin lähettimessä prosessikohinan tulkintaan. Kohina on satunnaismuuttuja, joka voidaan määritellä ai-noastaan tilastollisesti. Kohinan käyttäytymistä ei voida ennustaa eikä sitä voi poistaa, mutta sen haittavaikutuksia voidaan kuitenkin yrittää minimoida ja tässä tapauksessa sen avulla voidaan tulkita impulssiputkien tukkeumien tilaa. Lähettimillä on kuitenkin omat ainutlaatuiset tekniikkansa mitata ja tulkita kohinaa. Tässä luvussa käydään lähettimien käytössä olevat tekniikat ja parametrit tarkemmin läpi.

### 5.1 Silicone resonant -anturi

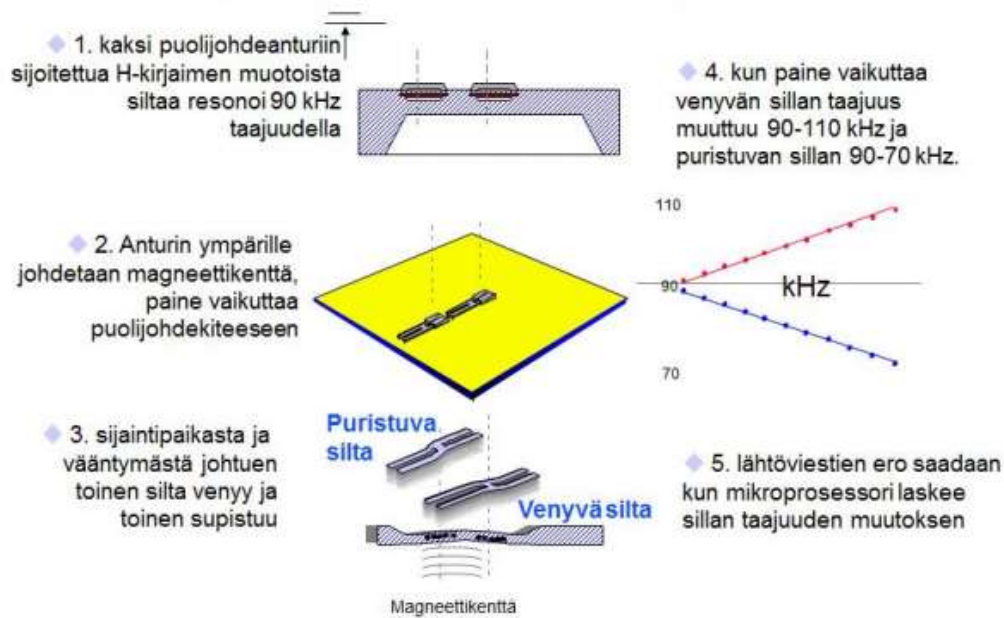
Yokogawan lähettimessä on resonaatioon perustuva paineanturi, joka toimii venymä-liuskojen avulla. Kuvasta 5 nähdään, miten mittauskalvoihin P1 ja P2 johdetaan impulssiputkilla High- ja Low-puolen paineet. Mittauskalvot siirtävät paineen hydraulisesti pieniä kanavia pitkin anturille. [15.]



Kuva 5. Yokogawan paine-erolähettimen rakennekuva [15].

Kuvassa 6 on esitetty silicone resonant -anturin toimintaperiaate. Kaksi H-muotoista siltää resonoivat 90 kHz:n taajuudella. Nämä sillat on asennettu silikoniselle alustalle.

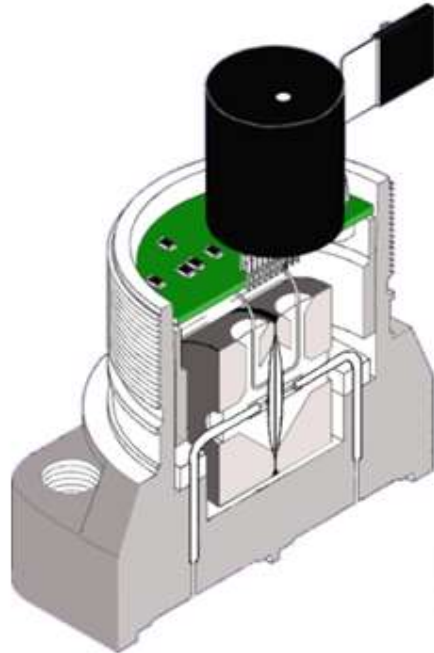
Kun mittauspaine siirtyy lähettimen kalvoilta silikonialustaan, toinen venymäliuskoista jännittyy ja toinen menee puristuksiin paineen vaikutuksesta. Taajuus vaihtelee jännittyneessä venymäliuskassa 90–110 kHz:n välillä ja puristuksissa olevan venymäliuskan taajuus vaihtelee 90–70 kHz:n välillä. Mikroprosessori laskee näiden venymäliuskojen välisten taajuuksien eroa, jonka avulla se pystyy vertailemaan anturin eripuolille vaikuttavia voimia. [15; 17.]



Kuva 6. Resonaatioon perustuvan paineanturin toimintaperiaate [15].

## 5.2 Dual-capacitance Saturn™ -anturi

Kuten Yokogawan lähettimessä, myös Rosemountin lähettimellä paine johdetaan mittakalvojen kautta hydraulisesti silikoniöljyn avulla anturille. Rosemountin lähettimellä mittakalvot sijaitsevat lähettimen alapuolella. Kuvasta 7 nähdään lähettimen periaatekuva.



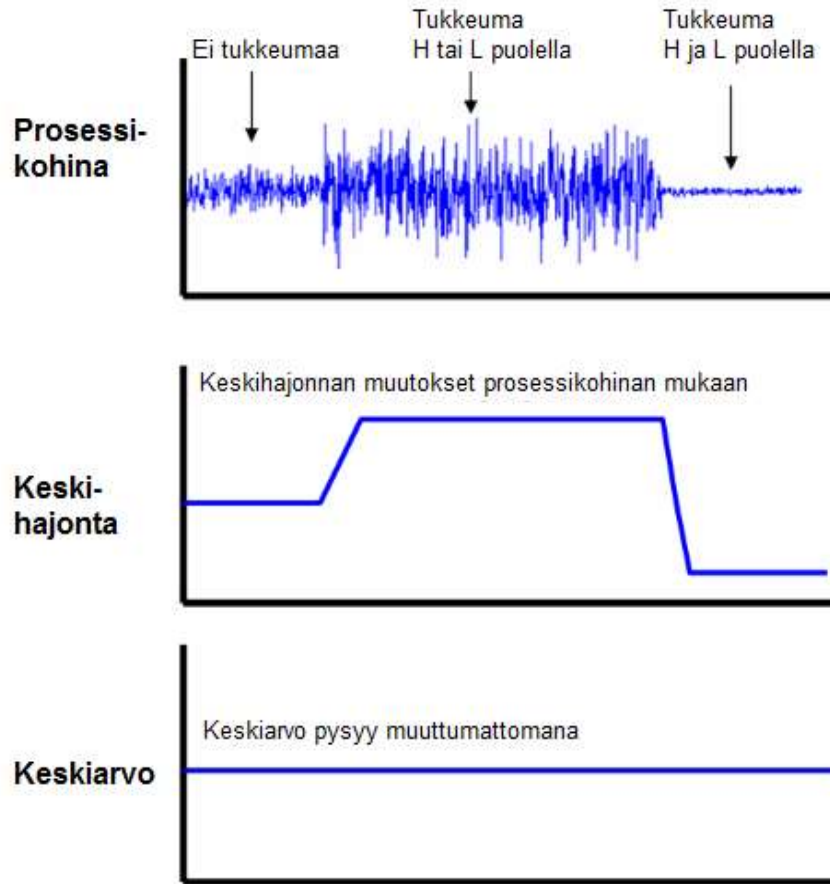
Kuva 7. Rosemountin 3051S-lähettimen periaatekuva [18].

Rosemountin lähetimissä on Dual-capacitance Saturn™ -anturit. Tämä tarkoittaa sitä, että mittakalvon lisäksi mittaelementissä on sekundäärikalvo. Sekundäärikalvo on varsinaisen mittakalvon ulkokehällä, mistä anturin nimi Saturn on tullut. Sekundäärikalvoa käytetään kompensointiin, eli varsinaisen mittakennon hystereesin pienentämiseen. Tämä avulla saadaan parempi pysyvyys ja ylipaineenkesto. Varsinkin sellaisissa koh-teissa päästään parempaan tarkkuuteen, missä staattinen paine on hyvin suuri ja paine-ero on pieni. [18.]

### 5.3 Rosemountin SPM-diagnostiikka

SPM eli Statistical Process Monitoring on Rosemountin mittaustekniikka, joka perustuu tilastolliseen prosessin seurantaan. Ajatuksena on, että prosessilla on aina ainutlaatui-nen signaali, joka vaihtelee prosessin muuttuessa tai prosessilaitteiston vikaantuessa.

Huojunnan laskentaan se käyttää sisääntulopaineen staattista keskiarvoa, keskihajon-taa sekä variaatiokerrointa. Kuvasta 8 nähdään teoreettiset arvojen muutokset proses-sikohinan vaihteluiden mukaan.

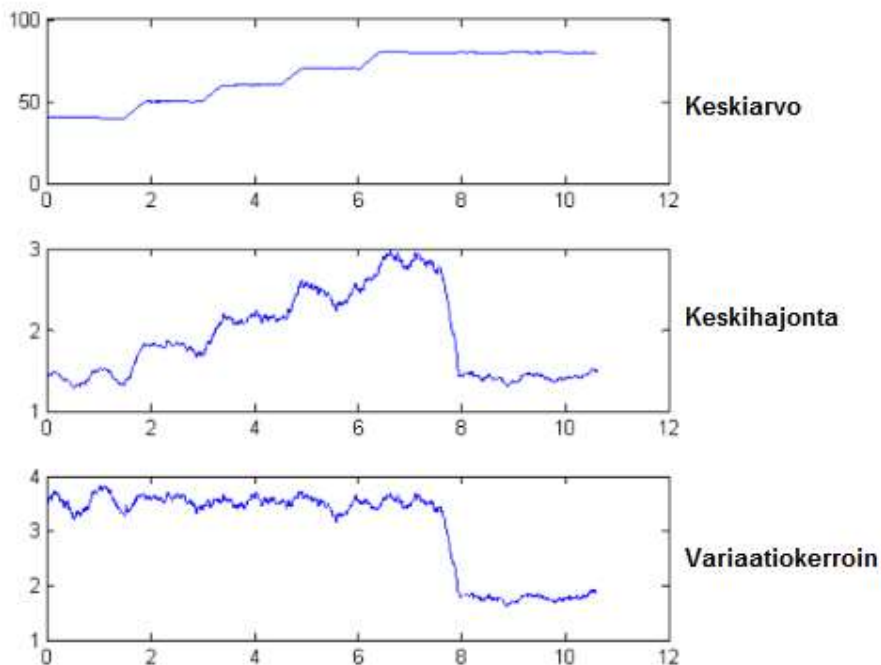


Kuva 8. Prosessisignaalin aiheuttamat muutokset keskihajontaan ja keskiarvoon [19].

Keskiarvo (Mean) lasketaan suodattamattomasta painesignaalista ja keskihajonta (Standard deviation) suodatetusta painesignaalista. Variaatiokerroin (Coefficient of variation) on keskiarvon ja keskihajonnan laskettu suhdeluku.

$$CV = \frac{StDev}{Mean} * 100\%$$

Keskiarvon ja keskihajonnan suhde variaatiokertoimeen nähdään kuvasta 9.

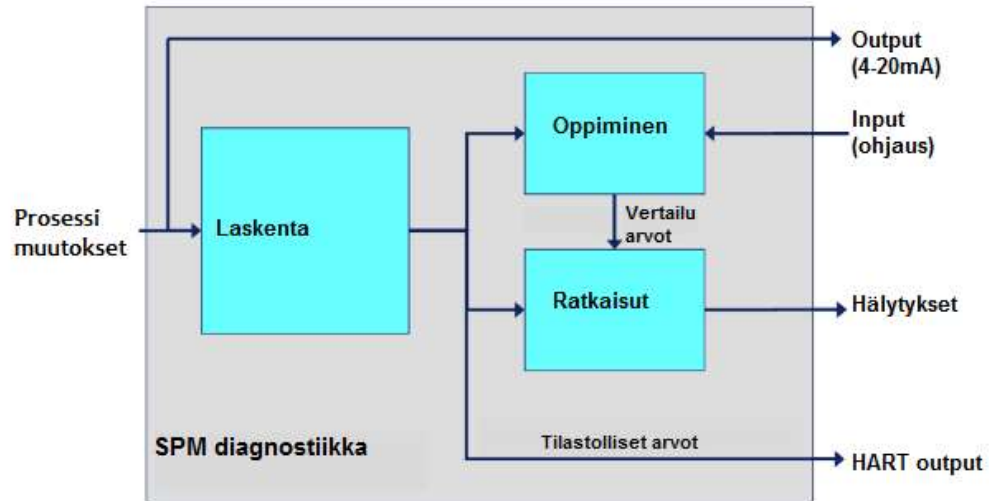


Kuva 9. Variaatiokerroin on keskiarvon ja keskihajonnan suhdeluku [20].

SPM-diagnostiikka käyttää "Standard deviation and Mean" -asetusta pinnanmittaussovelluksissa ja "Coefficient of variation" -asetusta virtausmittaussovelluksissa. Ero näissä on, että pinnanmittaussovelluksessa on automaattinen uudelleenopetus, joka alkaa, jos prosessin paine-ero nousee tai laskee raja-arvojen yli. Virtausmittaussovelluksessa tämä ei ole mahdollista, koska virtausmittauksissa huojunta on luonnostaan suurempaa ja voi aiheuttaa turhia uudelleenopetuksia ja tästä johtuvia raja-arvojen muutoksia. [20; 21.]

Edellä mainitut tilastolliset arvot ovat käyttäjien saatavilla esimerkiksi kannettavan kenttälaitteen avulla. SPM-diagnostiikan lohkoavaio nähdään kuvasta 10. Prosessimuutokset ovat laskentalohkon sisääntuloja. Oppimislohkoon käyttäjä määrittelee vertailuarvot. Oppimislohko ottaa huomioon myös laskentalohkosta tulevat arvot ja päättelee näiden avulla vertailuarvojen toimivuuden. Ratkaisulohko vertailee senhetkisiä arvoja vertailuarvoihin ja lähettää tarvittavat hälytykset. Käyttäjä voi vaikuttaa haluttuihin hälytyksiin, sekä mittauksen herkkyyteen. Käyttäjä voi määrittellä muun muassa hälytysrajat sekä ajan, jonka mittaus saa hyväksytysti olla hälytysrajalla ilman, että lähetin laukaisee hälytyksen. Tämä toiminto voi olla kätevä paikoissa, joissa tiedetään virtauksen hyppivän ajoittain, mutta kuitenkin asettuvan hetken päästä takaisin alkuperäiseen ar-

voonsa. Liitteestä 2 voidaan katsoa tarkemmat SPM-diagnostiikkaan perustuvat hälytykset ja niiden mahdolliset syyt. [19; 22.]





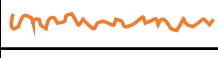
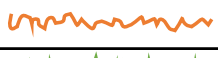




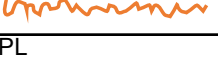



Kuva 10. SPM-diagnostiikan lohkoakaavio [19].

Tukkeumat havaitaan muun muassa diagnostiikan kuvaajista. Molemmiin puolin lähetintä oleva tukkeuma aiheuttaa kuvaajan laskun. Johtuen siitä, että huojuntaa mitataan lähettimen molemmiin puolin, High- ja Low-puolen tukokset voivat aiheuttaa muutoksen kuvaajaan, joko laskuna tai nousuna. Tyypillisesti huojunta vähenee toisen impulssiputken mennessä tukkoon, tämä näkyy kuvaajan laskuna. Kuitenkin, harvinaisissa tapauksissa huojunnan mittaukset voivat olla synkronisia keskenään. Tällöin huojunnat aiheuttavat vaimennusta toisiinsa ja kuvaaja nousee ylöspäin, kun toinen puoli menee tukkoon. [18.]

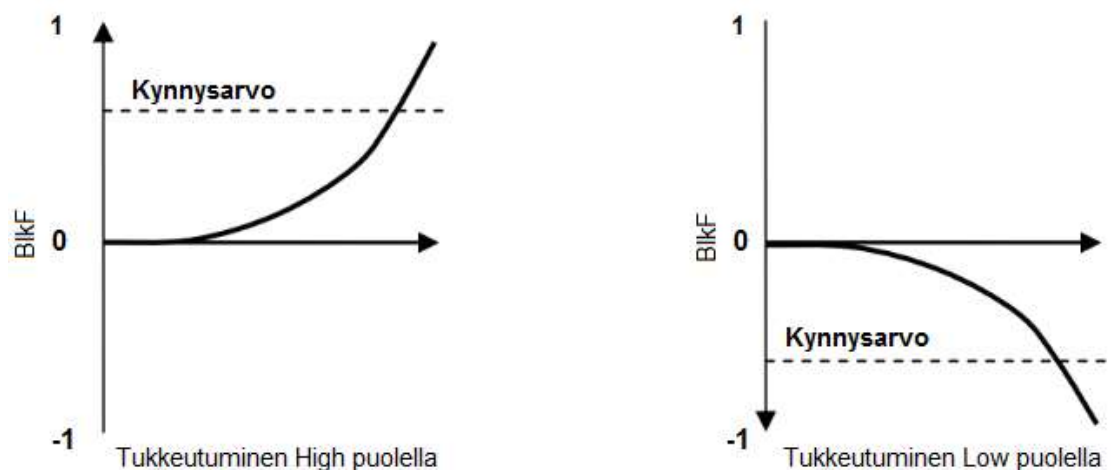
#### 5.4 Yokogawan ILBD-tekniikka

Yokogawa käyttää impulssiputkien tukosten löytymiseen paine-eron, sekä Low ja High puolen staattisen paineen kohinaa. Kuvasta 11 nähdään, miten eri tukkeumatyypeillä kohina muuttuu. [23.]

	Tukkeuma H/L puolella	Tukkeuma High puolella	Tukkeuma Low puolella	Ei tukkeumaa
DP (paine-ero)				
PH (staattinen paine High puolella)				
PL (staattinen paine Low puolella)				
Tulos	DP, PH, PL madaltunut huojunta	PH madaltunut huojunta	PL madaltunut huojunta	Vapaa huojunta

Kuva 11. Paineen huojunta eri tukkeumatyypeillä [17].

Paine-eron/paineen vaihteluiden neliöiden summan keskiarvo perustuu usean sadan paineen vaihtelun arvoihin. Tästä tulee parametri fDP. Käytännössä fDP:n arvo laskee kun paineiden vaihtelu laskee tukkeutumisen myötä. Ref\_fDP-parametri muodostuu paine-eron/paineen vaihteluiden neliöiden summasta. Tähän arvoon voidaan myöhemmin verrata prosessin mukana luonnollisesti vaihtelevaa kohinaa. BlkF-parametri kuvaa tukkeuman astetta ja sen arvo on välillä -1...1. Arvo saadaan, kun verrataan paine-eron huojuntaa sekä Low-puolen että High-puolen hydrostaattiseen paineeseen. Jos BlkF saa arvon -1, kertoo se tukoksesta Low-puolella. Vastaavasti jos arvo on 1, on tukos High-puolella. Kynnysarvot eli hälytysrajat voi asettaa aina tapauskohtaisesti. Kuvasta 12 nähdään BlkF-parametrin toiminta. Riippuen siitä, kuinka aikaisin tahdotaan huojunnan muutoksiin reagoida, asetetaan kynnysarvot hälytyksille. [24.]



Kuva 12. Korrelaatio BlkF:n ja tukkeutuneen impulssiputken välillä [24].

Jos pelkkä Ref\_fDP on määriteltynä, saadaan tietoon, onko impulssiputkilinja tukkeutunut molemmin puolin, vai ainoastaan yhdeltä puolelta. Ref\_BlkJ-alkuarvo tarvitaan tarkentamaan, onko mittaus tukkeutunut Low- vai High-puolelta. Nämä molemmat arvot määritellään mittauksen käyttöönottoaiheessa, kun mittaus on niin sanotusti ihanteellisessa tilassa, eli kun impulssiputket ovat auki ja virtaus on stabiili. Paine-eroon perustuvien parametrien lisäksi Yokogawan lähetin pystyy mittaamaan myös staattisen paineen lähettimen molemmin puolin. Parametri fSPI on Low-puolen staattisen paineen huojunnan neliöiden summa. Samalla tavalla fSPH on High-puolen staattisen paineen huojunnan neliöiden summa. [24; 25.]

Jotta mittauksen toimivuutta olisi helppoa seurata, on hyvä ymmärtää, mitä raja-arvo parametreja ILBD-tekniikka käyttää tukkeumien havainnointiin. Alla on lueteltuna nämä parametrit sekä selvitetty, mitä ne tarkoittavat käytännössä. Liitteestä 1 voidaan katsoa kaikki ILBD-tekniikan käyttämät parametrit.

- *Lim fDPmax* on raja-arvo "A Blocking" –hälytykselle, ja siihen se käyttää Ratio fDP:tä eli fDP:n ja Ref fDP:n suhdetta. "A Blocking" kertoo käyttäjälle tukkeuman olevan vain toisella puolella lähetintä.
- *Lim fDPmin* on raja-arvo "B Blocking" –hälytykselle, ja siihen se käyttää Ratio fDP:tä. "B Blocking" kertoo käyttäjälle tukkeuman olevan molemmin puolin lähetintä.
- *Lim BlkJmax* on raja-arvo High-puolen tukkeumalle. Se käyttää havainnointiin BlkJ-parametria.
- *Lim BlkJmin* on raja-arvo Low-puolen tukkeumalle. Se käyttää havainnointiin BlkJ-parametria.
- *Lim fSPImax* on raja-arvo, jolla havainnoidaan suurta huojuntaa Low-puolella. Laskentaan se käyttää Ratio fSPI:ää eli fSPI:n ja Ref fSPI:n suhdetta. Lisääntynyt huojunta tarkoittaa usein virtauksen kasvua.
- *Lim fSPImin* on raja-arvo havainnoimaan Low-puolen tukkeumaa. Tähän se käyttää Ratio fSPI-parametria.



- *Lim fSPHmax* on raja-arvo, jolla havainnoidaan suurta huojuntaa High-puolella. Laskentaan se käyttää Ratio fSPH:ta eli fSPH:n ja Ref fSPH:n suhdetta.
- *Lim fSPHmin* on raja-arvo havainnoimaan High-puolen tukkeumaa. Tähän se käyttää Ratio fSPH parametria.
- *Lim DPAvgmax & Lim DPAvgmin* on ylä- ja alaraja-arvot hälytykselle ”ILBD yli alueen”. Tähän se käyttää DPAvg-parametria, joka indikoi suhdetta paine-eron ja EJX-lähttimen alueen maksimiarvoa välillä, luvuilla 0-1. Parametrit seuraavat myös kelpaamattomia referenssiarvoja käyttäen Ref DPAvg:ta. [24; 25.]

## 5.5 Rajoitteet

Kun mittaus perustuu luonnostaan prosessin mukana muuttuvan kohinan mittaamiseen, saattaa arvata, että valittaessa mittaukselle paikkaa pitää ottaa huomioon monia asioita, jotka vaikuttavat mittauksen varmuuteen. Koska molemmat lähttimet tutkivat tukkeumia prosessihuojuksen avulla, on mittauksilla monia yhteisiä rajoitteita.

Oikeanlaisella lähttimen asennuksella on suuri vaikutus häiriötekijöihin, joten siihen kannattaa kiinnittää huomiota. Lähttimien perusasennussäännöt käytiin aiemmin luvussa 4.4.2 läpi. Ilmakuplat vaimentavat kohinaa ja aiheuttavat virheitä mittaukseen, joten niitä ei saa esiintyä liikaa. Myös tärkeä vaatimus prosessihuojuksella mitattaessa on, että virtaus pysyy mahdollisimman vakaana. Jos virtaus on epävakaata, ei vertailuarvoja pystytä määrittämään. Liian pitkät impulssiputket aiheuttavat myös ongelmia mittauksille. Ne voivat aiheuttaa ylimääräistä värähtelyä, joka kilpailee todellisen prosessikohinan kanssa. Näin ollen, vaikka prosessivirtauksen kohina laskee, ei mittaus sitä välttämättä havaitse.

Huomiota tulee myös kiinnittää linjan perusominaisuuksiin. Jos linjan paine on liian suuri, ei virtauksesta aiheutuva kohina välttämättä riitä löytämään tukkeumia. Molemmat lähttimet kuitenkin varoittavat käyttäjää tästä ilmoittamalla alueen olevan riittämätön. Kannattaa myös varmistaa, etteivät ohjaussäädöt aiheuta turhaa virtauksen hypymistä, mikä aiheuttaisi mittauksille turhia hälytyksiä. Prosessiaineiden viskositeetit vaikuttavat tukkeumien löytymiseen, koska suuremman viskositeetin aineilla huojuntaa esiintyy vähemmän kuin pienemmän viskositeetin omaavilla aineilla.

Ennen referenssiarvojen määrittämistä tulee varmistaa, että High ja Low puolen mitausputket ovat puhtaat. Tällä varmistetaan, että saadaan hyvä vertailukelpoinen lähtökohta tulevaa mittausta varten. Mittauksen asennusten ja asetusten toimivuus tulee tarkastaa simuloimalla putkiston tukkeutuminen esimerkiksi 5-tieventtiilien avulla. Mittauksen toimivuutta on muuten mahdotonta todeta. [19; 24; 26.]

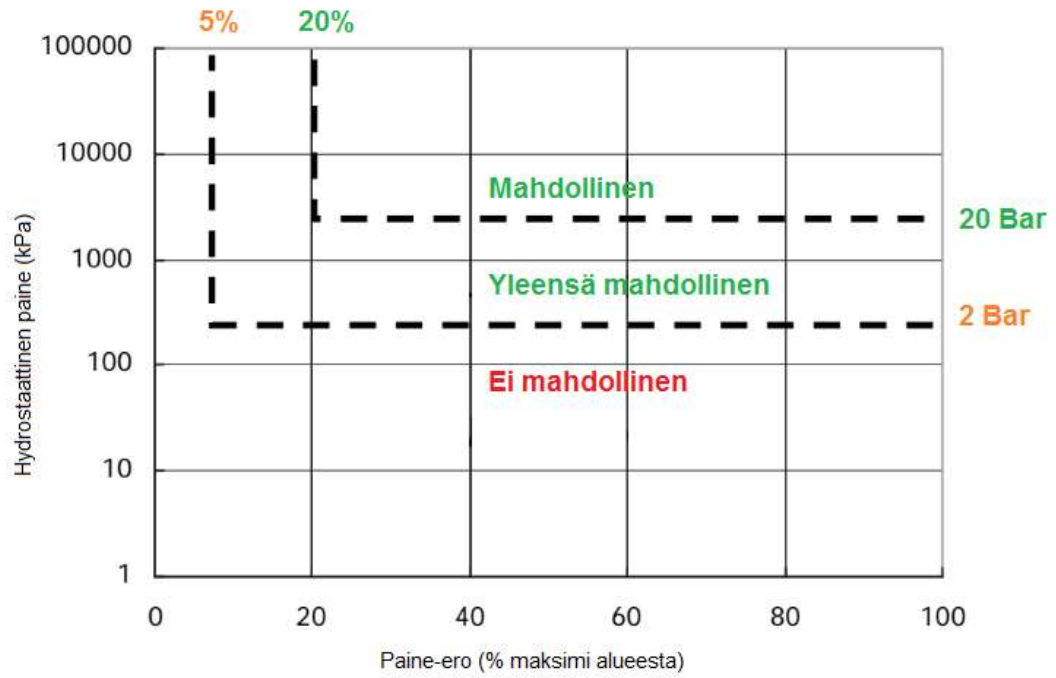
#### 5.5.1 Rosemountin lähettimellä huomioitavaa

Virtausmittaussovelluksissa neste aiheuttaa enemmän kohinaa kuin kaasut ja höyryt. Kaasu- ja höyrysovelluksissakin voi kuitenkin käyttää lähetintä, mutta alkuarvojen asettaminen tulee vaatimaan enemmän aikaa ja tarkempia herkkyysarvojen asetuksia. Sama ongelma on pinnanmittausmenetelmällä. Kohina on luonnostaan niin pientä, että tämä tulee huomioida opetuksen ajassa ja herkkyysarvojen asetuksissa.

Rosemountin lähettimen etuna on myös, että lähetin pystyy havaitsemaan viat virtapiirissä. Lähetin pystyisi tunnistamaan esimerkiksi vaurioituneet kaapelit, ruostuneet rivi-liittimet, sekä epävakaa virran syötön. Tätä ei kuitenkaan tässä työssä lähdetty erikseen testaamaan, vaan keskityttiin impulssiputkien tukosten löytämiseen. [19; 26.]

#### 5.5.2 Yokogawan lähettimellä huomioitavaa

Yokogawan lähettimellä ei voida hyödyntää ILBD-tekniikkaa ollenkaan kaasu- tai höyrymittauksissa. Paineen tulee olla riittävän suuri, jotta tukkeumat pystytään huomaamaan. Jos kyseessä on pinnan- tai painemittaus, tai väliaine on kaasua tai höyryä, on paineen huojunnan amplitudi todennäköisesti liian pientä tukkeumien löytämiseen. Lisäksi Yokogawa on määrittänyt lähettimelle kuvan 13 mukaiset mahdolliset käyttöalueet kun prosessiaineena on öljy.



Kuva 13. Mahdolliset käyttöalueet [17].

Uudet referenssiarvot täytyy käydä manuaalisesti määrittämässä, jos virtaus muuttuu 25 % siitä, mitä se on ollut alkuperäisessä tilanteessa. [24.]

## 6 Käytännön toteutus

Tätä työtä varten oli etukäteen kesällä 2016 tilattu Rosemountin ja Yokogawan impulssiputkien tukkeumia havainnoivat paine-erolähettimet. Ensimmäiseksi haasteeksi tuli etsiä kentältä lähettimille sopivat mittauspaiikat. Uusia testilinjoja ei alettu keksimään, vaan tarkoitus oli etsiä valmiit kohteet, joissa lähettimen pystyi vaihtamaan vanhasta uuteen. Paikan tulisi olla mieluiten pelkkä mittaus, jotta lukituksiin ja häilytyksiin ei tarvitsisi puuttua ja olisi vapaammat kädet mittauksen simulointiin. Lähettimien toimintarajat, kuten paine ja lämpötila tuli huomioida. Koska tuketilalla oli mahdollisuus tutkia mittauksia Valmetin järjestelmästä, tuli paikka pyrkiä valitsemaan tämänkin mukaan. Jos mittaus olisi tuotu esimerkiksi Alconttiin tai Delta V:hen, olisi mittauksia päästy tutkimaan ainoastaan automaatiokytkentähuoneiden kautta, jotka sijaitsevat eri puolilla kenttää.

Monessa paikassa ylimääräistä värähtelyä aiheuttavat myös pursutuslinjat. Pursulinjan tarkoituksena on pitää impulssiputkilinjat toimintakunnossa myös erittäin haastavissa prosessiolosuhteissa. Ne pitävät linjat puhtaina ja lämpiminä, sekä pitävät prosessiaineen juoksevana. Mittauskohteesta riippuen käytetään esimerkiksi öljy- tai vetypursutusta. Pursuöljyä voidaan käyttää paikoissa, joissa varsinaisen prosessoitavan syötö-öljyn tiedetään kuumentuvan liikaa ja koksautuvan, mikä johtaa impulssiputkien tukkeentumiseen ja mittauksen menetykseen. Mikäli olosuhteet ovat niin hankalat, ettei edes pursutusöljyn käytöllä voida saavuttaa riittävää mittauksen toimintavarmuutta, käytetään vetypursutusta. Esimerkiksi Nesteellä tiedetään pohjaöljy-yksikön syötössä olevan asfalteenia, joka koksautuu. On myös paikkoja, joissa käytetään vetypursutusta, ettei pölyä pääsisi impulssiputkeen. Käytännössä pursuöljyä tai -vetyä syötetään impulssiputkeen lähettimen läheltä, niin saadaan pieni virtaus impulssiputkeen, joka purkautuu prosessilinjaan, ja koksautuva prosessiaine ei pääse impulssiputkeen aiheuttamaan tukosta. Tämä ylimääräinen virtaus aiheuttaa ylimääräistä kohinaa, jonka takia lähettimien ohjeissa suositellaan, ettei impulssiputkien tukkeuman tutkimisessa olisi käytetty pursutuslinjoja laisinkaan. [27.]

### 6.1 Lähettimien paikat

Yokogawan lähettimelle löydettiin paikka TL1:n mittauksesta FI31062. Paikka oli läheltä ihanteellinen impulssiputken tukkeuman havainnointiin. Linjan virtaus oli stabiili,

paine oli sopiva ja käytössä oli Metson järjestelmä. Kun paikka löydettiin, TL1:n asentajat kävivät vaihtamassa vanhan lähettimen uuteen lähettimeen. He autoivat myös kentän puolella lähettimen simuloinnissa samalla, kun lähettimen antamaa mittausdataa kerättiin ja tulkittiin.

Rosemountin lähetin asennettiin TL2:lle, mittaukseen FIZ33381. Tämä oli monin tavoin haastava kohde impulssiputkien tukkeumien havainnointiin. Virtaus oli vaihtelevaa, linjapaine oli pieni, mitattava aine oli kaasua ja lisäksi siinä oli myös pursulinja. Kaiken tämän lisäksi mittaus oli vielä lukitusmittaus. Mittaus oli kuitenkin aiheuttanut ongelmia niin paljon epävarmuudellaan, että se oli valmiiksi ohitettuna turva-automaation kautta. Positiivinen asia kuitenkin löytyi tästä ongelmatapauksesta; mittaus tukkeutui vain muutaman päivän sisällä siitä, kun asentajat olivat käynyt poraamassa sen auki. Mittausta oli näin mahdollista tutkia myös oikeiden tukkeutumisien johdosta, eikä ainoastaan simuloimalla. TL2:n asentajille, kuten myös muillekin, kiitokset, koska asensivat lähettimen paikalleen ja jaksoivat käydä aukomassa tukkeutunutta linjaa lähes viikoittain takaisin mittauskuntoon.

Toinen Rosemountin lähetin löydettiin TL4:n kentältä mittauksesta FI71258. Se oli asennettu sinne jo vuonna 2011, mutta siinä ei kuitenkaan ollut otettu SPM-diagnostiikkaa käyttöön. Tässäkin mittauksessa oli omat haasteensa. Paine oli kohdillaan, mutta virtaus heitteli huomattavasti. Mittaus meni kuitenkin säädön mukaan ihan niin kuin pitikin. Linja oli varustettu myös pursuilla, joita ei saanut säätää ollenkaan, koska ei haluttu riskeerata linjan kuntoa heti seisokin jälkeen. TL4:n asentajat autoivat mittauksen simuloinnissa. Taulukkoon 2 on listattu asennuskohteiden tiedot.

Taulukko 2. Mittapaikkojen tiedot. [28.]

	Rosemount TL2	Rosemount TL4	Yokogawa TL1
<b>Positionro</b>	FIZ33381	FI71258	FI31062
<b>Prosessiaine</b>	Ilma	Hiilivety	Kevyt kaasuöljy
<b>Olomuoto</b>	Kaasu	Neste	Neste
<b>Paine</b>	98 kPa	1172 kPa	800 kPa
<b>Viritys</b>	0-5 kPa	0-21 kPa	0-25 kPa
<b>Massavirtaus</b>	451 kg/h	83 400 kg/h	3 000 kg/h
<b>Lämpötila</b>	130 °C	285 °C	135 °C
<b>Tiheys</b>	-	750 kg/m <sup>3</sup>	768 kg/m <sup>3</sup>
<b>Tukkiva aine</b>	Rikki	Suola, ruoste, koksi	-
<b>Laitelaji</b>	Kuristuslaippa	Wedge	Kuristuslaippa
<b>Tyyppi</b>	Paine-erolähetin	Paine-erolähetin	Paine-erolähetin
<b>Pursulinja</b>	Kyllä	Kyllä	Ei

## 6.2 AMS ja FieldCare

Lähettimien hallintaan ja seurantaan käytettiin työssä joko Emersonin AMS-ohjelmistoa Rosemountin lähettimien konfigurointiin, tai Metso FieldCarea Yokogawan lähettimien konfigurointiin.

AMS eli Asset Management Solutions koostuu valikoimasta ohjelmistoja ja järjestelmiä prosessiteollisuuden tärkeimpien mittalaitteiden valvontaan, analyysiin, diagnostiikkaan ja hälytysten seurantaan. Rosemountin lähettimet konfiguroitiin AMS:n avulla. Siihen päästiin kuitenkin käsiksi ainoastaan automaatiokytkentätilasta kenttätietokoneen avulla. AMS käyttää EDDL-laiteintegroitteknologiaa. EDDL on lyhennetty sanoista Electronic Device Description Language. EDDL-laitekuvauksia tarvitaan laitteen tunnistamiseen, ja se kertoo laitteen antaman informaation tekstitiedostona.

FDT eli Field Device Tool on avoimeen standardiin perustuva teknologia, jolla voidaan muodostaa yhteys kenttälaitteisiin. Se tukee myös HART:ia, sekä useita kenttäväyliä. FDT tarvitsee laitetietoja eli DTM:iä toimiakseen. DTM:n (Device Type Manager) saa aina laitetoimittajalta. FieldCare toimii tämän teknologian kehyssovelluksena ja se toimii osana prosessinhallintajärjestelmää. [29, 30.]

Sekä AMS että FieldCare tukee HART:ia. HART on lyhenne sanoista Highway Addressable Remote Transducer. HART-tiedonsiirtoprotokolla on avoin ja ilmainen kaikille käyttää ilman lisenssimaksuja. Sen ideana on, että digitaalinen bittitieto kulkeutuu analogisen tiedon päällä.

### 6.3 Rosemountin konfigurointi

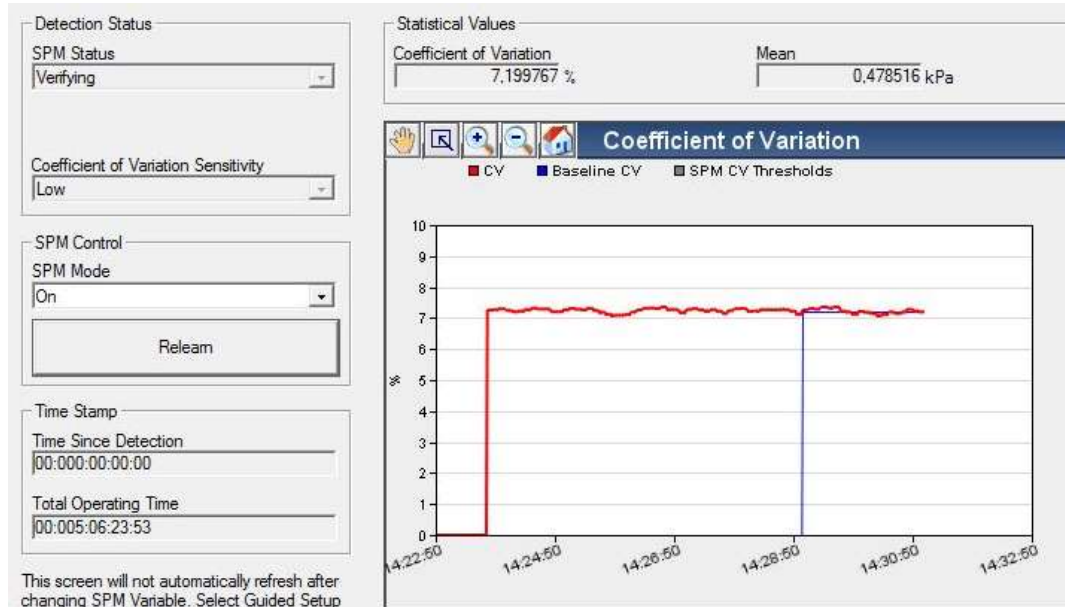
Rosemountin lähettimien konfigurointi kävi helposti selkeitä ohjeita seuraamalla. Liitteessä 4 on yksinkertaistettu vuokaavio SPM-diagnostiikan askelien etenemisestä. Ensimmäisenä mentiin ohjatun asennuksen sivulle, missä otettiin SMP-diagnostiikka käyttöön. Ensin valittiin sovellus virranmittaukselle sopivaksi, eli valittiin Coefficient of Variation. Liitteen vuokaavioon on piirrettyä punaisin viivoin myös pinnanmittaukselle tarkoitetun Stdev & Mean-variaation eroavat kohdat virtausmittaussovellukseen verrattuna. Seuraavaksi valittiin mittauspisteiden aikaväli. FIZ33381:lle ja FI71258:lle valittiin 5 minuuttia virtauksen heittelyn takia. Kolmanneksi määriteltiin mittauksen herkkyys. Valmiina vaihtoehtoina oli High, Medium, Low tai Custom. Valmiiksi annetut arvot generoivat hälytyksen jos mittaus muuttuu raja-arvosta 40 %, 60 % tai 80 %. FIZ33381:n herkkyudeksi asetettiin Medium ja FI71258:n herkkyudeksi asetettiin Low, siihen asetettun vaihtelevan säädön takia. Tässä vaiheessa määriteltiin myös hälytysten tyyppi. Hälytystyyppejä olivat:

- HART-hälytys mikä korjaantuu automaattisesti mittauksen muuttuessa normaalisti.
- HART-hälytys mikä pitää manuaalisesti käydä kuittaamassa.
- HART-hälytys, jonka lisäksi generoituu myös mA-hälytys.
- Hälytyksiä ei generoidu ollenkaan.

Molempiin mittauksiin valittiin automaattisesti kuittaantuvat HART-hälytykset.

Alkuasetusten jälkeen mittaus siirtyi suoraan opetustilaan, josta se siirtyi vahvistustilaan, josta se siirtyi automaattisesti vielä lopulliseen laskentatilaan. Kuvasta 14 nähdään, kuinka mittaus on siirtynyt opetustilaan punaisen viivan hypätessä ylös ja vahvis-

tustilaan, kun sininen viiva on hypännyt ylös. Punainen viiva näyttää senhetkisen mittausarvon, ja sininen viiva näyttää mittauksen opetuksessa määrittelemän vertailuarvon.

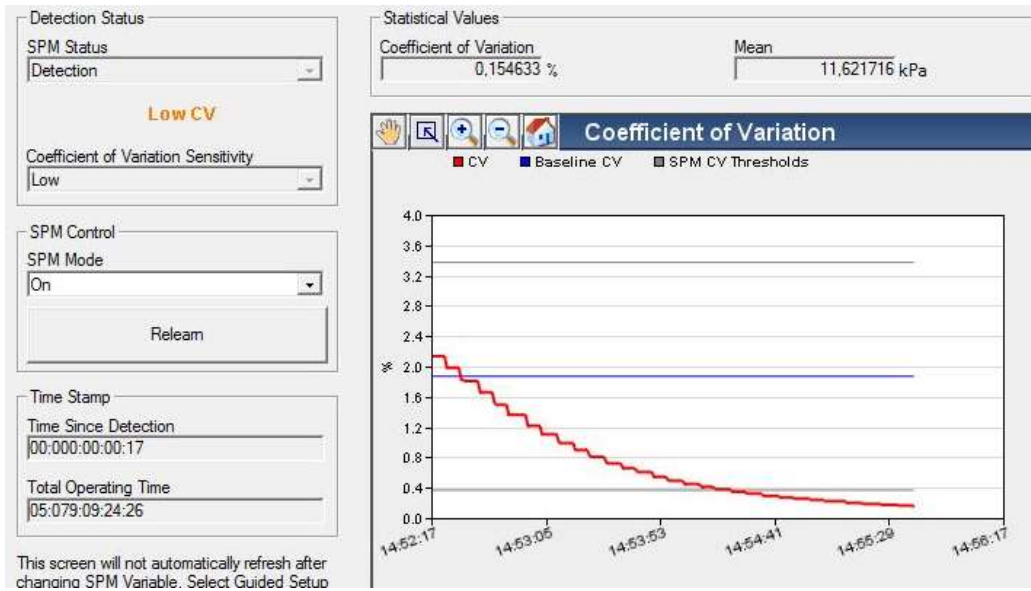


Kuva 14 Referenssiarvojen opetus ja vahvistaminen.

Mittauksen tila nähdään SPM:n tilasivulta, kuten kuvasta 14 näkyy. Sivulta saataisiin myös Relearnin avulla pakotettua uudelleenopetus päälle, jolloin mittaus menee takaisin opetukselle, vahvistukselle ja sen jälkeen mittaukselle. Sivulta nähdään myös huojunnan variaatiokerroin, sekä paineen tietyltä aikaväliltä laskettu keskiarvo.

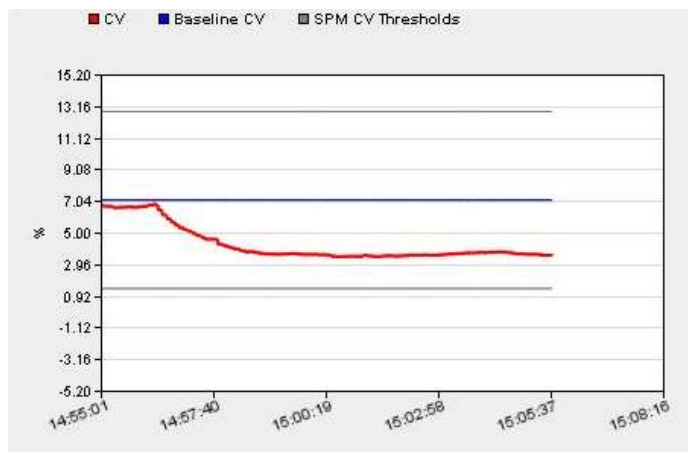
Jotta mittauksen toimivuudesta voisi olla täysin varma, tulee sen toimivuus todeta simuloinnin avulla. Tämä onnistui lähettimellä olevien 5-tieventtiilien avulla. Kun toinen impulssiputkilinja suljetaan, tulee kohinan arvon muuttua. Kuvasta 15 nähdään, kuinka High-puolen venttiiliä on pikkuhiljaa käännetty kiinni. Kohinan variaatiokertoimen kuvaaja on lähtenyt alaspäin, kunnes se on saavuttanut ala-arvon, jonka jälkeen se antaa "Low CV"-hälytyksen. Hälytykset voisi halutessaan myös itse nimetä haluamallaan kommentilla. Rosemountin lähettimille ei ruvettu simulointia tekemään molemmiin puoliin lähetintä, koska se ei erota tukkeumia toisistaan ja kuvaaja olisi lähtenyt kulkemaan samalla lailla alaspäin, kuten kuvassa 15.





Kuva 15 High-puolen venttiilillä tehdyn simuloinnin vaikutus mittaukseen.

FIZ33381-mittaukselle saatiin myös lupa laittaa pursulinjat kokonaan pois päältä. Tämä vaikutti huomattavasti kohinanmittaukseen, mikä on nähtävissä kuvasta 16. Huojunta pienenee, mutta voidaan samalla todeta, että huojunta pysyy pursuista huolimatta hyvin vakaana eikä pursulinja vaikuta kohinan mittaukseen tässä kohteessa ollenkaan.



Kuva 16 Pursulinjan vaikutus mittaukseen.

## 6.4 Yokogawan konfigurointi

Yokogawan lähettimen konfigurointiin ei ollut niin tarkkoja ohjeita kuin Rosemountille, mutta koska kaikki tarvittava oli yhdellä operointisivulla, kävi konfigurointi nopeasti. Kuvasta 17 nähdään ILBD:n konfigurointisivu, jossa konfigurointi tehtiin. Liitteessä 3 on myös vuokaavio ILBD tekniikan käyttöönoton ja laskennan etenemisestä.

**Impulse Line Blockage Detection**

Diag Mode: Calculation

Diag Period: 180

Diag DPComp: Compensation

Diag Description:

Ref BlkF: 0,12 **Valid Ref BlkF**

Ref fDP: 1,505E-005 **Valid Ref fDP**

Ref fSPh: 5,414E-008 **Valid Ref fSPh**

Ref fSPI: 5,929E-008 **Valid Ref fSPI**

Ref DP Avg: 8,595E+000 kPa

**Alarm Notification**

Diag Option:

- A Blocking
- B Blocking
- High Side Blocking
- Low Side Blocking
- Large Fluctuation of High Side
- Large Fluctuation of Low Side
- Outside Diagnosis Range
- Invalid Ref fDP
- Invalid Ref fSPh
- Invalid Ref fSPI
- Invalid Ref BlkF

**Threshold**

Diag Suppress Count: 3

**Sensitivity**

Custom

Lim fDPmax: 3,00

Lim fDPmin: 0,30

Lim BlkFmax: 0,50

Lim BlkFmin: -0,60

Lim fSPhmin: 0,50

Lim fSPhmax: 1,00

Lim fSPImin: 0,50

Lim fSPImax: 1,00

Lim DPavgmax: 1,00

1,000E+002 kPa

Lim DPavgmin: 0,05

5,000E+000 kPa

Kuva 17 ILBD:n operointisivu.

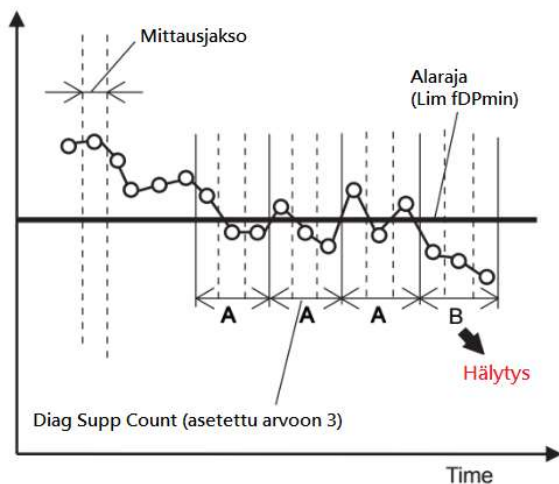
Diag Periodissa oli valmiiksi asetettu mittausaika kolmeen minuuttiin. Koska virtaus oli FI31062-mittauksessa hyvin vakaa, ei mittausaikaa lähdetty muuttamaan, ja kompen-

sointikin otettiin pois käytöstä. Kompensointi on tarkoitettu heiluviin mittauksiin, jossa se käyttää tasapainotukseen paine-eron keskiarvon ja sen vertailuarvon suhteen itseisarvoa. Kun nämä oli valittu halutun laisiksi, vaihdettiin Diag Mode stopista referointitilaan, jolloin vertailuarvojen määrittäminen alkoi. Kuvasta 17 oikeassa yläkulmassa nähdään hyväksytyt referenssiarvot vihreällä pohjalla. Kun mittaus on hyväksynyt referenssiarvot, siirtyy se suoraan Diag Modessa referointitilasta laskentatilaan. Jos mittaus kuitenkin heiluu liikaa tai mittaus on alueensa ulkopuolella, referenssiarvot eivät mene läpi. Näin kävi kuvan 18 kohdalla, kun referenssiarvot määriteltiin Low- ja Highpuolen venttiilien ollessa kiinni.

Ref BkF:	-0,14		Invalid Ref BkF
Ref fDP:	6,276E-005		Invalid Ref fDP
Ref fSPH:	5,326E-008		Invalid Ref fSPH
Ref fSPI:	4,859E-008		Invalid Ref fSPI
Ref DP Avg:	-1,022E+002		kPa

Kuva 18 Kelpaamattomat referenssiarvot.

Konfigurointisivun vasemmalta puolelta pystyi valitsemaan haluamansa hälytysilmoitukset. Oikealta puolelta valitaan Diag Suppress Count-arvot. Tämä tarkoittaa hylättyjen mittapisteiden määrää mittauksen hälytysalueella. Kuvasta 19 nähdään, miten Suppress Count ja hälytykset ovat suhteessa toisiinsa. Kun arvoksi on asetettu kolme, hyväksyy mittaus kaksi hälytysalueen huonolla puolella olevaa mittapistettä, mutta jos huonolla puolella on kolme tai useampi mittapiste, generoituu hälytys.



Kuva 19 Diag Suppress Countin suhde hälytyksiin [25].

Valikosta saadaan määritettyä myös valmiit herkkyyssarvot tai ne voi itse kustomoida itse parhaaksi näkemällään tavalla.

Muuttujien sivulta voi tarkastella senhetkisiä mitta-arvoja ja referenssiarvoja rinnakkain. Kuvasta 20 nähdään muuttujien sivu ja sieltä referenssiarvot ja vallitsevat mitta-arvot. Simulointi on suoritettu sulkemalla venttiili Low-puolelta. Simulointi pystytään toteamaan muun muassa BlkF-arvosta, mutta hälytyksiä ei saatu generoitua.

	Curr	Ref	
Diag Description:			
BlkF:	-0,80	0,20	
IDP:	3,188E-011	1,317E-005	
fSPH:	2,800E-011	4,344E-008	
fSPT:	2,816E-011	4,953E-008	
DP Avg:	1,785E+002	8,598E+000	kPa
CRatio fDP:	0,00		
NRatio fDP:	0,00		
Ratio fDP:	0,00		
Ratio fSPH:	0,03		
Ratio fSPT:	0,02		
Cap Temp:	10.2		degC
Amp Temp:	14.5		degC
Flg Temp:	10.2		degC

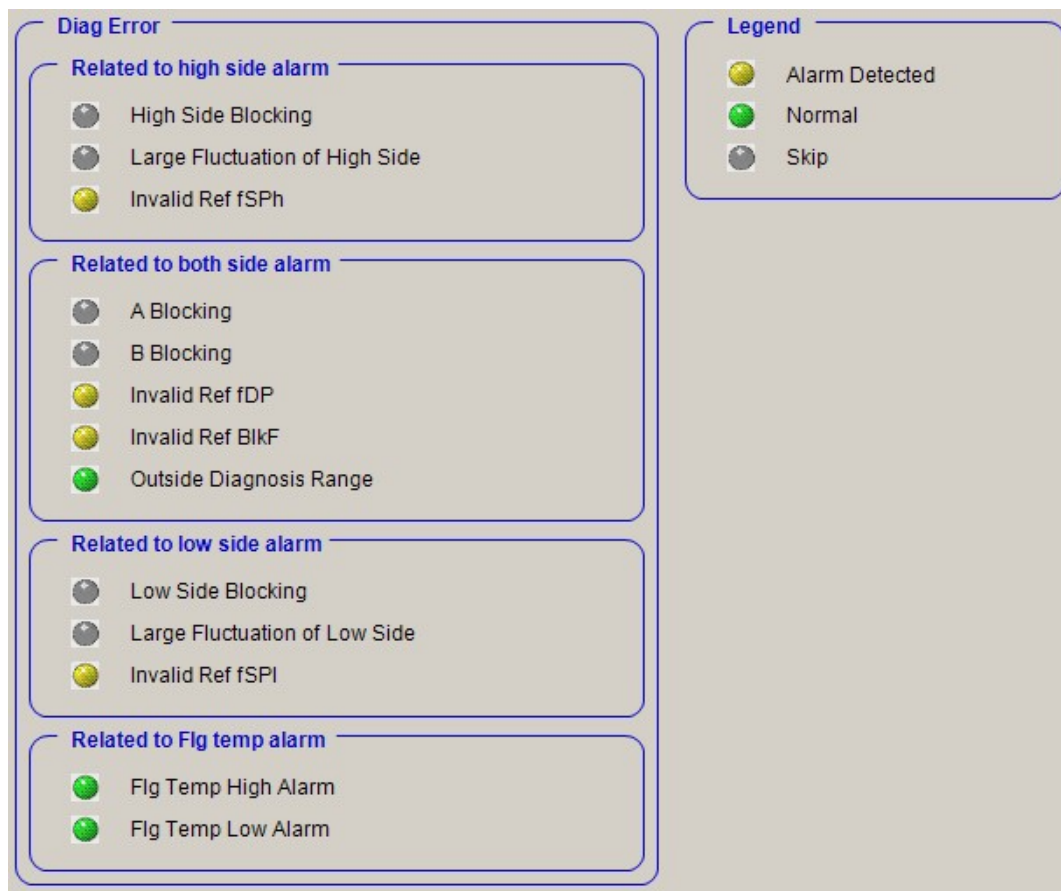
Kuva 20. ILBD:n arvot kun tukkeuma on simuloitu Low-puolelle.

## 7 Tulokset

Tämän työn tuloksina voidaan ajatella mittausten toimivuutta ja käytännöllisyyttä Nes-teen näkökulmasta. Haasteita loivat uudet diagnostiikat lähettimillä, joista ei ole vielä paljoakaan muuta informaatiota kuin joita manuaaleista voidaan löytää ja laitetoimittajilta voidaan saada. Rosemountin lähettimelle oli annettu ainoastaan suuntaa antavat toiminta-alueet, joten välillä työssä jouduttiin etenemään yrityksen ja erehdyksen kautta tuloksiin. Lisäksi Yokogawan lähettimellä oli selkeitä uuden laitteen vikoja, joihin täytyi pyytää selvityksiä laitetoimittajan kautta ja joihin ei keretty saamaan vastauksia työn aikana ollenkaan.

Rosemountin lähetin on huomattavasti yksinkertaisempi kuin Yokogawan. Tämä olikin ennakoitavissa, kun lähetin ei pysty kertomaan tukkeuman tarkempaa sijaintia. Kaikes- sa yksinkertaisuudessaan SPM-diagnostiikka kuitenkin toimi paremmin kuin voisi aja- tella. Mittaus toimii niin nesteellä kuin kaasullakin ja lisäksi se toimi myös hyvin pienellä paine-erolla ja suurella linjanpaineella. Oli myös positiivinen asia huomata, että lähetin- tä pystyy käyttämään myös pursulinjoilla.

Yokogawan lähettimellä olisi ollut hieno ominaisuus kertoa, onko tukkeuma Low- puolella, High-puolella, vai molemmin puolin lähetintä. Tämä ei kuitenkaan tällä kertaa toiminut. Lähetin oli helppo konfiguroida, mutta simulointitilanteessa mysteeriksi jäi, kun hälytyksiä ei saatu simuloinnin avulla generoitua. Mittauksen laskennallisia arvoja tar- kasteltaessa tarkemmin voi nähdä, että hälytykset olisi pitänyt generoitua. Esimerkiksi kuvan 20 avulla voitaisiin todeta, että impulssiputki on Low puolelta tukossa, koska BlkF arvo on -0,80. Kuitenkin muutkin arvot ovat muuttuneet. FDP on mennyt minimiar- von alapuolelle ja sen tulisi aiheuttaa "B blocking"-hälytys. Lim fSPImin on alarajalla ja sen tulisi hälyttää Low-puolen tukoksesta, kuten myös Lim fSPHmin on alarajalla ja sen tulisi hälyttää High-puolen tukoksesta. Yokogawan ILBD-tekniikka ei siis vielä täysin toiminut niin kuin oli luvattu. Kuvasta 21 nähdään kuinka hälytykset ovat "Skip"-tilassa, vaikka ne on konfigurointisivuilla (kuva 17) valittu käyttöön. Hälytykset eivät reagoineet herkkyyсарвоjen muutoksiin ollenkaan. Ainoat toimivat hälytykset olivat lämpötilaan liittyvät hälytykset, referenssiarvoihin liittyvät hälytykset, sekä riittämättömän mitta- alueen hälytys.



Kuva 21. Yokogawan hälytyslista.

Huono puoli molemmilla mittauksilla Nesteen kannalta on se, että ne pitää manuaalisesti uudelleen opettaa, jos virtaus muuttuu alkuperäiseen arvoon verrattuna huomattavasti. Käytännössä tämä tarkoittaisi kaikkia alasajoja, käynnistyksiä ja muita mahdollisia tilanteita, jolloin prosessia ajetaan ja muutetaan. Koska lähettimien mittaustekniikoissa ei ole tarpeeksi automaattista ymmärrystä prosessimuutoksista, ei isolla laitoksella välttämättä ole järkevää käyttöä niille. Lähettimien paikat pitäisi muistaa, prosessin muuttuessa ne tulisi manuaalisesti uudelleen opettaa, sekä hälytykset pitäisi saada tuotua kunnonvalvontaan, josta niitä pystyisi päivittäin seuraamaan.

## 8 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli testata Yokogawan EJX-paine-erolähettimen ILBD-tekniikkaa ja Rosemountin 3051S-paine-erolähettimen SPM-tekniikkaa. Testausten pohjalta piti saada selvyys kysymykseen: kannattaako Neste Oyj:n tulevaisuudessa panostaa kyseisiin lisäominaisuuksiin lähettimille? Käytännöntyö eli lähettimien vertailu kentällä onnistui hyvin ja kysymykseen saatiin vastattua ja vertailupohja saatiin luotua. Yokogawan kyseiseen ominaisuuteen ei kannata sijoittaa, ennen kuin tekniikan havaitut ongelmakohdat ja viat on saatu täysin korjattua. Aikataulusta johtuen Yokogawalta ei keretty saamaan vastauksia ILBD-tekniikan ongelmiin ja siitä syystä en pysty ottamaan kantaa siihen, näkisinkö sitä kannattavana sijoituksena tulevaisuudessa impulssiputkien kunnonvalvontaan. Vuoden 2017 alkuun Yokogawa on kuitenkin luvannut ison DTM-päivityksen. Josko sen avulla todetut viat korjaantuisivat?

Näkisin, että Rosemountin SPM-diagnostiikkaa voisi hyödyntää Nesteellä joissain määrin. Se voisi sopia linjoihin, joissa virtauksen tiedetään pysyvän suhteellisen stabiilina seisokkeihin asti, jotta lähetintä ei tarvitse muistaa mennä uudelleen opettamaan aina, kun virtausta operoidaan huomattavasti. Tekniikan aikarajaa hälytysten generoitumisessa voisi käyttää karsimaan ylimääräisiä hälytyksiä heiluvissa mittauksissa, mutta tämä veisi mittauksen luotettavuutta tukkeumien havainnoinnista.

Jos haluttaisiin saada kaikki hyöty irti impulssiputkien tukkeumien havainnoinnista, tulisi lähettimiltä saatavat HART-hälytykset tuoda myös kunnossapidon nähtäville jokapäiväiseen käyttöön. Nesteellä käytetään kunnonvalvontajärjestelmänä pitkälti Metson Field Device Condition Monitoring -ohjelmaa. Tällä hetkellä SPM- ja ILBD-tekniikat voivat antaa jonkin yleisen HART-hälytyksen järjestelmään, kuten esimerkiksi "More status available". Jos varoituksista ja hälytyksistä tahdottaisiin tarkemmat tiedot, tulisi xml.-tiedostot päivittää SPM- ja ILBD-diagnostiikoille sopiviksi. Päivityksen myötä olisi myös mahdollista asettaa ajokuvaan suoraan mittauksen alle tukkeuman havainnointiin liittyviä hälytyksiä omilla kommentteilla. Tässä kuitenkin tulee harkita muitakin ajokuvan lukijoita, kuten operaattoreita. Liialliset hälytykset ja varoitukset ajokuvissa hämmentävät turhaan ja saattavat aiheuttaa turhaa sekaannusta, jos kyseessä ei olekaan akuutti hälytys. [31.]

## Lähteet

- 1 NEXBTL. 2015. Verkkodokumentti. Biotalous. <[www.biotalous.fi/neste-oil-valmistaa-uusiutuva-polttoainetta-innovatiivisella-teknologialla/](http://www.biotalous.fi/neste-oil-valmistaa-uusiutuva-polttoainetta-innovatiivisella-teknologialla/)>. Julkaistu 28.1.2015. Luettu 4.10.2016.
- 2 - NEXBLT-teknologia. Verkkodokumentti. Neste Oyj. <[www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/tutkimus-ja-kehitys/nexbtl-teknologia/](http://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/tutkimus-ja-kehitys/nexbtl-teknologia/)>. Luettu 6.10.2016.
- 3 T&K tuottaa lisäarvoa asiakkaille. Verkkodokumentti. Neste Oyj. <[www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/tutkimus-ja-kehitys/](http://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/tutkimus-ja-kehitys/)>. Luettu 6.10.2016.
- 4 Juuremme. Verkkodokumentti. Neste Oyj. <[www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/juuremme/](http://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/juuremme/)>. Luettu 4.10.2016.
- 5 Avainlukuja. Verkkodokumentti. Neste Oyj. <[www.neste.com/fi/fi/konserni/sijoittajat/neste-sijoituksena/fact-sheet/](http://www.neste.com/fi/fi/konserni/sijoittajat/neste-sijoituksena/fact-sheet/)>. Luettu 4.10.2016.
- 6 Neste Oyj. Spesifikaatio K-101. Rev 5. Päivitetty 13.2.2013.
- 7 SFS 5059. Instrumenttien sijoittaminen prosessiin. Standardi.
- 8 Räjähdyksivaarallisten tilojen pätevyyskurssi. Inspecta. 21.6–22.6.2016.
- 9 Saxholm, Sari & Rantanen, Markku. 2011. Paineen mittaus. Verkkodokumentti. MIKES. <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/MIKES/2011-J1.pdf>>. Luettu 10.11.2016.
- 10 Painemittaukset. MIKES. Sari Semenoja. 2008. Mittaustekniikan lisensiaattikurssi. Verkkodokumentti. MIKES. <<http://metrology.tkk.fi/courses/S-108.4010/2008/semenoja.pdf>>. Luettu 10.11.2016.
- 11 Pirinen, Jukka-Pekka. 2014. Automaatio ja instrumentointi. Luentokalvo. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 12 Peruslait. Verkkodokumentti. <<https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/3.+Peruslait>> Päivitetty 26.8.2009. Luettu 3.11.2016.
- 13 Vierinen, Kari. 2015. Virtausmittaukset. Luentokalvo. Metropolia Ammattikorkeakoulu.



- 14 Vierinen, Kari. 2014. Mittaustekniikan perusteet. Luentokalvo. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 15 Viertorinne, Jukka. 2014. Vetykäsittelyreaktorin paine-eromittausjärjestelmän ongelmanratkaisu ja kehittäminen. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 16 SATRON VDt paine-erolähetin. Rev 4. Asennus- ja käyttöönotto-ohje. Päivitetty 15.2.2013.
- 17 Impulse Line Blockage Detection (ILBD). PowerPoint presentation. Yokogawa.
- 18 Ahokas, Ville. 2016. Field Sales Engineer, Emerson Process Management Oy. Sähköpostikeskustelu. 8.12-20.12.2016.
- 19 Detection of Plugged Impulse Lines Using Statistical Process Monitoring Technology. 2006. White paper. Emerson Process Management.
- 20 Advanced HART Diagnostic Suite. Reference Manual. 2010. Rosemount.
- 21 Rosemount 3051S Advanced HART Diagnostics with a Field Communicator. Technical Note. 2011. Emerson Process Management.
- 22 Rosemount 3051S Advanced HART Diagnostics. Setup Guide.
- 23 Impulse Line Blocking Diagnosis in DP Transmitters. 2007. Application Note. Yokogawa.
- 24 EJX Series Overview of Impulse Line Blockage Detection Function. 2008. Yokogawa. Technical information. TI 01C25A31-01E. Update Jan 2009.
- 25 DPharp HART 5/HART 7 Communication Type. User's Manual. Yokogawa. 4th Edition.
- 26 Advanced Diagnostics for HART protocol. PowerPoint presentation. 2010. Rosemount.
- 27 Juustovaara, Voitto. 2016. Automaatioasentaja. Neste Oyj. Sähköpostikeskustelu. 28.11.2016.
- 28 Neste Oyj. ALMA.
- 29 Wallin, Risto. Prosessisanomat, 1/2011. s.8.

- 30 Lahti, Marko. 2008. Kenttälaitteiden hallintaohjelmistot. Insinööriyö. Tampereen Ammattikorkeakoulu.
- 31 Tervonen, Jani. 2016. Kenttälaitteasiantuntija, Neste Oyj, Porvoo. Keskustelu 8.12.2016.

## ILBD:n parametrilista

Yokogawan ILBD-tekniikan käytössä olevien parametrien yhteenveto [25].

#	Parameter name	Default value	Explanation
1	Diag Error	0x0000	The results detected by ILBD or Heat trace monitoring are stored into this parameter. Also the condition abnormality in the diagnostic process is stored as an error.
2	Diag Option	0x08FC	The masking in this parameter enable to display each error message and the status to the output signal or LCD. The error assigned to each bit is corresponding to that of <b>Diag Error</b> . Writable only when Diag Mode is "Stop".
3	Diag Out Option	Off	Output mode of 4-20mA when an advanced diagnostic alarm is generated. There are following three output modes; Off, Burnout, or Fall back.
4	Diag Fixed Out Val	21.6 mA	Parameter for "Fall back" function in the Diag Out option. The output value of 4-20 mA analog signal is specified when an alarm is generated. The value can be entered within 3.6 to 21.6 mA.
5	DO Select	Off	The variables for status output are specified to this parameter. When the advanced diagnostic function (option code /DG6) is installed, the parameters monitoring in diagnostic process can be also assigned to the status output.
6	Diag Mode	Stop	The operation mode of ILBD is set. Stop: The blockage detection is stopped. Calculate: The blockage detection is carried out. The alarms are generated along with the detected result. Reference: The reference values are obtained and the update values are overwritten. After setting, this mode moves automatically to "Calculation".
7	Diag Period	180 (s)	The data acquisition period for ILBD is set within 20 to 65535 (s). If the process fluctuation values are unsteady, this value is changed to the longer to enhance the accuracy of the blockage detection. Writable only when Diag Mode is "Stop".
8	Diag Supp Count	3	Detection count to generate an alarm. When the statistical value as <b>Ratio fDP</b> and <b>BlkF</b> exceeds consecutively the threshold by number of times preset to this parameter, it is estimated that the impulse line is plugged.
9	Diag Description		Memo field. 32 alphanumeric
10	fDP		Average value of the sum of squares of differential pressure fluctuation.
11	fDP Status		Status of <b>fDP</b>
12	fSPI		Average value of the sum of squares of low-pressure-side static pressure fluctuation. For gauge/absolute pressure transmitter, 0 is set.
13	fSPI Status		Status of <b>fSPI</b>
14	fSPh		Average value of the sum of squares of high-pressure-side static pressure fluctuation. For gauge/absolute pressure transmitter, 0 is set.
15	fSPh Status		Status of <b>fSPh</b>
16	BlkF		Blockage degree characterized in comparison of high- and low-pressure side pressure fluctuation value.
17	BlkF Status		Status of <b>BlkF</b>
18	DPAvg		Ratio of the average of differential pressure/pressure to the maximum span of an EJX transmitter.
19	DPAvg Status		Status of <b>DPAvg</b>
20	Ratio fDP		<b>CRatio fDP</b> or <b>NRatio fDP</b> is used by <b>Diag Comp</b> setting. <b>fDP</b> decreases and this parameter is used to determine whether one or both sides are plugged.
21	Ratio fDP Status		Status of <b>Ratio fDP</b>
22	Ratio fSPI		SQRT ( <b>fSPI/Ref fSPI</b> ). <b>fSPI</b> decreases and this parameter is used to determine whether low-pressure-side is plugged.
23	Ratio fSPI Status		Status of <b>Ratio fSPI</b>
24	Ratio fSPh		SQRT ( <b>fSPh/Ref fSPh</b> ). <b>fSPh</b> decreases and this parameter is used to determine whether high-pressure-side is plugged.
25	Ratio fSPh Status		Status of <b>Ratio fSPh</b>
26	Ref fDP		Value of <b>fDP</b> obtained under normal condition.
27	Ref fDP Status		Status of <b>fDP</b> obtained under normal condition.

## ILBD:n parametrilista

#	Parameter name	Default value	Explanation
28	Ref fSPI		Value of <b>fSPI</b> obtained under normal condition.
29	Ref fSPI Status		Status of <b>fSPI</b> obtained under normal condition.
30	Ref fSPH		Value of <b>fSPH</b> obtained under normal condition.
31	Ref fSPH Status		Status of <b>fSPH</b> obtained under normal condition.
32	Ref BlkF		Value of <b>BlkF</b> obtained under normal condition.
33	Ref BlkF Status		Status of <b>BlkF</b> obtained under normal condition.
34	Ref DPAvg		Value of <b>DPAvg</b> obtained under normal condition.
35	Ref DPAvg Status		Status of <b>DPAvg</b> obtained under normal condition.
36	Lim fDPmax	Refer to Table 4.3	Upper limit for <b>Ratio fDP</b> to detect the blockage. Writable only when <b>Diag Mode</b> is "Stop".
37	Lim fDPmin		Lower limit for <b>Ratio fDP</b> to detect the blockage. Writable only when <b>Diag Mode</b> is "Stop".
38	Lim fSPImax		Upper limit for <b>Ratio fSPI</b> to detect the blockage. Writable only when <b>Diag Mode</b> is "Stop".
39	Lim fSPImin		Lower limit for <b>Ratio fSPI</b> to detect the blockage. Writable only when <b>Diag Mode</b> is "Stop".
40	Lim fSPHmax		Upper limit for <b>Ratio fSPH</b> to detect the blockage. Writable only when <b>Diag Mode</b> is "Stop".
41	Lim fSPHmin		Lower limit for <b>Ratio fSPH</b> to detect the blockage. Writable only when <b>Diag Mode</b> is "Stop".
42	Lim BlkFmax		Upper limit for <b>BlkF</b> to detect the blockage. Writable only when <b>Diag Mode</b> is "Stop".
43	Lim BlkFmin		Lower limit for <b>BlkF</b> to detect the blockage. Writable only when <b>Diag Mode</b> is "Stop".
44	Lim DPAvgmax		Upper limit for <b>DPAvg</b> . Writable only when <b>Diag Mode</b> is "Stop".
45	Lim DPAvgmin		Lower limit for <b>DPAvg</b> . Writable only when <b>Diag Mode</b> is "Stop".
46	Ref Lim fDPmin	7.0E-10	Lower limit to judge whether <b>Ref fDP</b> is available for ILBD operation. Writable only when <b>Diag Mode</b> is "Stop".
47	Ref Lim fSPmin	1.0E-10	Lower limit to judge whether <b>Ref fSPI</b> and <b>Ref fSPH</b> are available for ILBD operation. Writable only when <b>Diag Mode</b> is "Stop".
48	Ref Lim BlkFmax	0.5	Upper limit to judge whether <b>Ref BlkF</b> is available for ILBD operation. Writable only when <b>Diag Mode</b> is "Stop".
49	Status group 8		Refer to Table 4.5.
50	Status group 9		Refer to Table 4.5.
51	CRatio fDP		<b>Ratio fDP</b> is compensated by following formula and used as treatable monitoring value when the flow change is too large or small. $\text{Sqrt}(\text{fDP} / \text{Ref fDP}) \times  \text{Ref DPAvg} / \text{DPAvg} $ When compensation is selected in <b>Diag DP Comp</b> , <b>CRatio fDP</b> is used as monitoring value.
52	CRatio fDP Status		Status of <b>CRatio fDP</b>
53	NRatio fDP		When Non-compensation is selected in <b>Diag DP Comp</b> , <b>NRatio fDP</b> is used as monitoring value. $\text{NRatio fDP} = \text{Sqrt}(\text{fDP} / \text{Ref fDP})$
54	NRatio fDP Status		Status of <b>NRatio fDP</b>
55	Diag DPComp	0: Compensation	Whether <b>fDP</b> is referred by <b>CRatio fDP</b> or <b>NRatio fDP</b> is selected.
56	Diag Applicable		After the reference value is obtained, the applicable blockage detection is displayed on this parameter.

## SPM:n hälytyslista

Rosemountin SPM-tekniikan hälytystyytit ja niiden mahdolliset syyt [26].

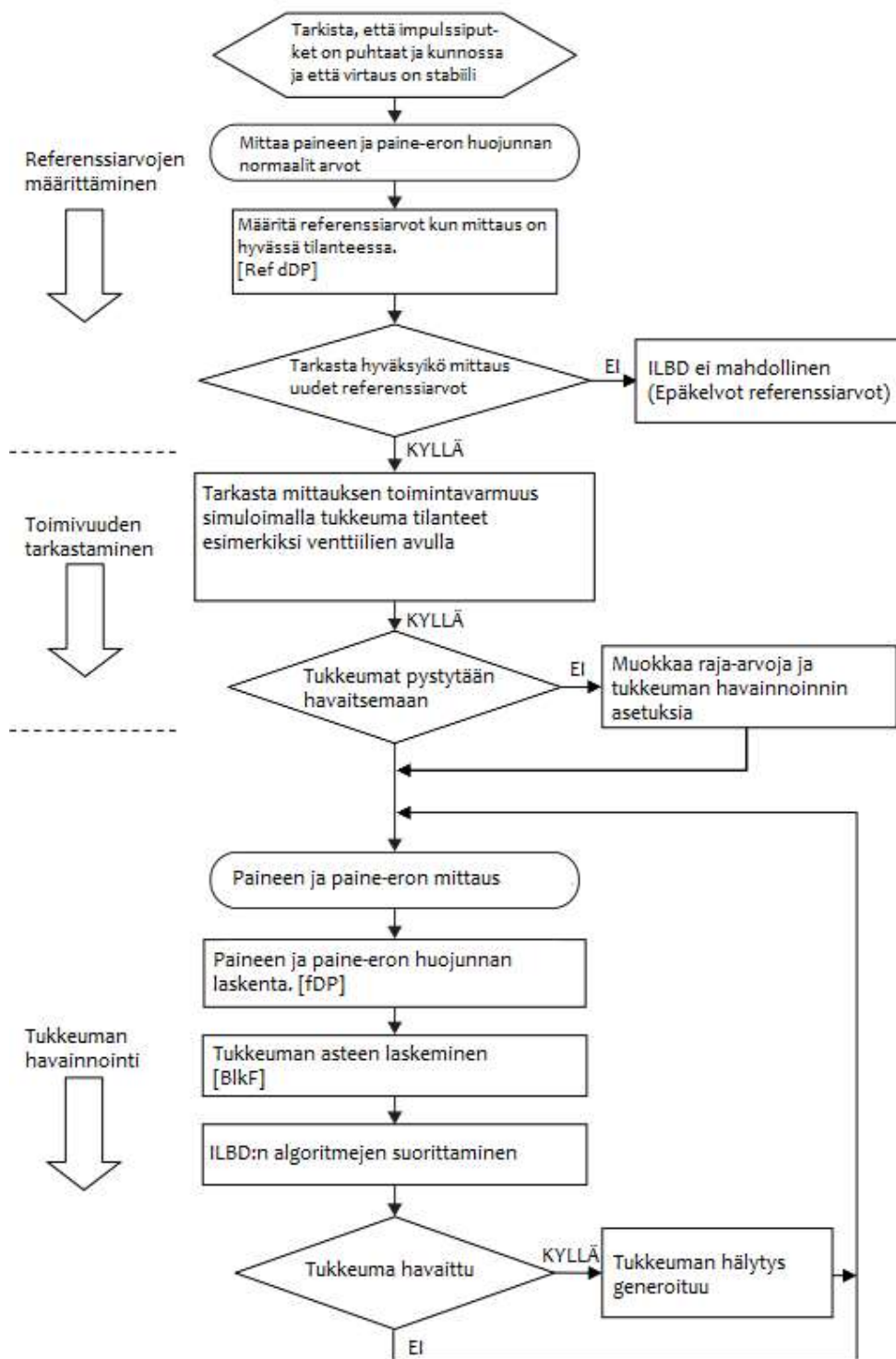
Detection Type	LCD Display	Potential Cause	Corrective Action
High Variation Detected / High CV Detected	HIGH VARIA / HIGH CV	Plugged impulse line (DP only).  Aeration or aeration increase (liquid flow).  Liquid present or amount of liquid increased (gas or steam flow).  Solids present or solids level increased. Control loop problem (valve stiction, controller issue, etc.). Process or equipment change or problem has resulted in an increase in the pressure noise level.	Follow facility procedure to check for and clear plugged impulse lines. Both lines must be checked as the SPM diagnostic cannot determine if the plug is on the high or low side. Conditions that lead to plugging on one side may lead to an eventual plug on the other side.  a) If aeration is undesired, take necessary steps to eliminate aeration. b) If the measurement is DP flow and aeration is not desired, move primary element to another location in the process piping to ensure it remains full (no air) under all conditions.  If liquid is undesired, take necessary steps to eliminate liquid in gas or steam flow. If some liquid is normal, and error correction in the gas flow measurement is being done (such as an over-reading in wet natural gas measurements), you may need to determine the volume fraction of the liquid (e.g. using a test separator) and a new error correction factor for the gas flow measurement.  If solids are undesired, take necessary steps to eliminate.  Review control valve or loop for control problems.  Check process equipment.
High Variation Detected	HIGH VARIA	Rapid change of process variable mean value.	Rapid changes in the process variable can result in indication of high variation. If undesired, increase Alert Delay value (default is 60 seconds). Increase the Learn/Monitor period (default is 3 minutes).

SPM:n hälytyslista

Detection Type	LCD Display	Potential Cause	Corrective Action
Low Variation Detected / Low CV Detected	LOW VARIA / LOW CV	<p>Plugged impulse line (DP/API/GP).</p> <p>Aeration decrease.</p> <p>Decrease of liquid content in gas or steam flow.</p> <p>Decrease in solids content.</p> <p>Reduction in variability in process.</p>	<p>Follow facility procedure to check for and clear plugged impulse lines. Both lines must be checked as the SPM diagnostic cannot determine if the plug is on the high or low side (DP devices only). Conditions that lead to plugging on one side may lead to an eventual plug on the other side.</p> <p>If decrease is normal, reset and relearn. If not, check process and equipment for change in operating conditions.</p> <p>If decrease is normal, reset and relearn. If not, check process and equipment for change in operating conditions.</p> <p>If decrease is normal, reset and relearn. If not, check process and equipment for change in operating conditions.</p> <p>If decrease is normal, reset and relearn. If not, check process and equipment for change in operating conditions.</p> <p>If decrease is normal, reset and relearn. If not, check process and equipment for change in operating conditions. For example, a stuck control valve can reduce variability.</p>
Mean Change Detected	MEAN CHANGE		<p>If change is normal, reset and relearn. Consider changing mean change detection to automatically relearn. If change is not expected, check process and equipment for change in operating conditions.</p>

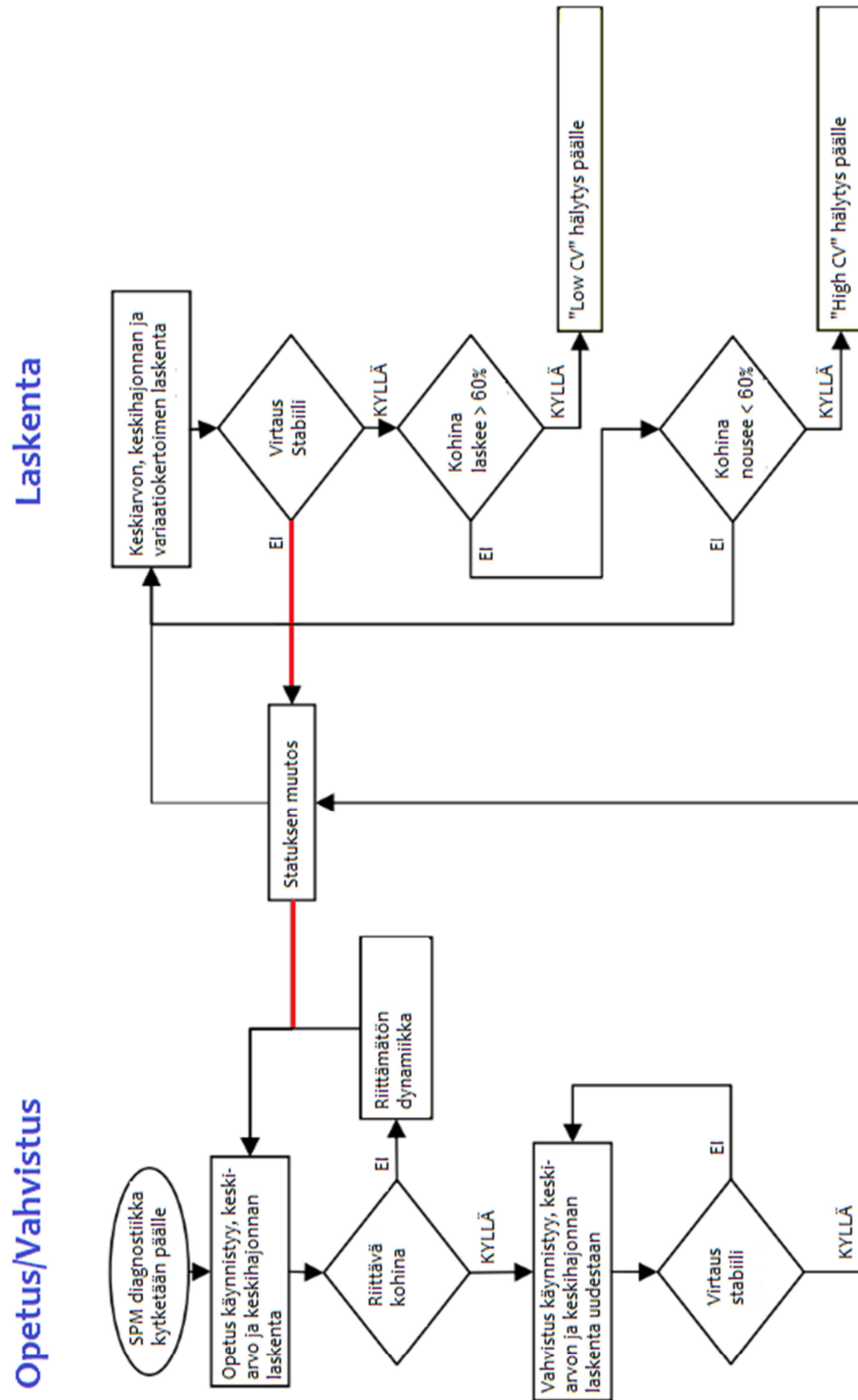
## ILBD-tekniikan askeleet

Vuokaavio Yokogawan ILBD-tekniikan etenemisestä [4].



## SPM-tekniikan askeleet

Vuokaavio Rosemountin SPM-tekniikan etenemisestä. Punaiset viivat pätevät ainoastaan pinnanmittaussovelluksella [12].





## Räjähdyssuojaustasot ja -rakenteet

Räjähdyssuojaustasot ja -rakenteet kun palavana aineena on kaasu [30].

Laite-ryhmä	Tila-luokka	Laite-luokka	EPL	Räjähdyssuojausrakenne	Tunnus	Standardi
II	0	1G	"Ga"	Luonnostaan vaaraton	"ia"	IEC 60079-11
				Massaan valettu	"ma"	IEC 60079-18
				Kaksi toisistaan riippumatonta suojausrakennetta, jotka täyttävät kumpikin EPL "Gb" vaatimukset:		IEC 60079-26
				Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojärjestelmien suojausrakenne		IEC 60079-28
II	1	2G	"Gb"	Räjähdyspaineen kestävä kotelointi	"d"	IEC 60079-1
				Varmennettu rakenne	"e"	IEC 60079-7
				Luonnostaan vaaraton	"ib"	IEC 60079-11
				Massaan valettu	"m" "mb"	IEC 60079-18
				Öljytäyteinen	"o"	IEC 60079-6
				Paineistettu kotelointi	"p", "px" tai "py"	IEC 60079-2
				Hiekkatäyteinen	"q"	IEC 60079-5
				Luonnostaan vaaraton kenttäväylä		IEC 60079-27
				Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojärjestelmien suojausrakenne		IEC 60079-28
II	2	3G	"Gc"	Luonnostaan vaaraton	"ic"	IEC 60079-11
				Massaan valettu	"mc"	IEC 60079-18
				Kipinöimätön	"n" tai "nA"	IEC 60079-15
				Rajoitetusti hengittävä	"nR"	IEC 60079-15
				Energia rajoitus	"nL"	IEC 60079-15
				Kipinöivä laite	"nC"	IEC 60079-15
				Paineistettu kotelointi	"pz"	IEC 60079-2
				Kipinöimätön kenttäväylä		IEC 60079-27
				Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojärjestelmien suojausrakenne		IEC 60079-28