

Sauli Schrieber

LAADUN VARMISTAMINEN JA TARKASTAMINEN ALFA LAVAL
OY:N PROJEKTEISSA

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2016

LAADUN VARMISTAMINEN JA TARKASTAMINEN ALFA LAVAL OY:N PROJEKTEISSA

Schrieber, Sauli
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2016
Ohjaaja: Juuso, Jarmo
Sivumäärä: 46
Liitteitä: -

Asiasanat: Laatu, painelaitteet, laadunvarmistus, laaduntarkastus, tarkastus- ja testaus suunnitelma, laaduntarkastuskuva

Opinnäytetyön tavoitteena oli vähentää Alfa Laval Aalborg Oy:n valmistamien laitteiden laatupoikkeamia, sekä yhdenmukaistaa mekaanisen laadun tarkastuskäytäntöjä kehittämällä tarkastusmenetelmiä laitevalmistajien käyttöön. Laitteet käsittävät erityyppisiä pakokaasu- ja poltinkattiloita, sekä muita lämmöntalteenottojärjestelmiin kuuluvia laitteita, mutta opinnäytetyö on rajattu käsittelemään lähinnä yrityksen yleisimmän pakokaasukattilatyyppin tarkastusmenetelmiä.

Työ aloitettiin keväällä 2014 ja ensimmäiset vaiheet käsittivät laitteiden laadullisten ongelmakohtien tunnistamista ja tutkimista. Apuna käytettiin vanhoja reklamaatiotilastoja sekä yrityksen sisältä löytyvää kokemuseräistä tietoa. Tiedon keräämisen jälkeen varsinaisena ratkaistavana ongelmana oli laatia tarkastusmenetelmiä, joiden avulla vastaavat laatu poikkeamat voitaisiin välttää tulevaisuudessa. Menetelmien laadinnan problematiikkaan kuului vahvasti myös tarkastusten ja raportoinnin rajaaminen oleelliseen, koska haluttiin välttää valmistajan resurssien sitominen tarpeettoman monimutkaisilla ja kattavilla tarkastuksilla. Työn konkreettisena tuloksena laadittiin erilaisille laitteille omat tarkastuskuvansa, sekä yksityiskohtaiset ohjeet tarkastusten tekoon.

Alussa prioriteetiksi asetettiin menetelmien saaminen käyttöön mahdollisimman nopeasti, joten itse opinnäytetyön laatiminen tapahtui vasta varsinaisen työvaiheen ollessa jo pitkällä. Loppuvuonna 2016 menetelmät ovat jo käytössä jokaisella Alfa Lavalin laitevalmistajalla. Laatu poikkeamat sekä niihin liittyvät kustannukset ovat olleet laskusuuntaisia, mutta johtopäätöksiä uudistetun laatu järjestelmän vaikutuksesta on vielä liian aikaista tehdä.

QUALITY ASSURANCE AND –INSPECTIONS IN ALFA LAVAL: OY’S PROJECTS

Schrieber, Sauli

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in industrial engineering

November 2016

Supervisor: Juuso, Jarmo

Number of pages: 46

Appendices: -

Keywords: quality, pressure equipment, quality assurance, quality inspection, inspection and test plan, quality control drawing

The object of this thesis was to lower the amount of quality-related defects and to standardize quality controlling methods by developing tools to help the Alfa Laval Aalborg’s equipment manufacturers and subcontractors. The equipment consist of exhaust gas- and fired boilers as well as other devices related to heat recovery systems. However, this thesis is limited to address the quality control methods for only the most common exhaust gas boiler type.

The work was started in spring 2014 by analyzing past quality claim data and using empirical information as the basis for the work. After the information was collected the actual problem was to develop quality controlling methods which would aid in preventing such defects in the future. The problem in developing these methods was limiting the scope of these inspections to only address relevant areas since tying the manufacturer’s resources for unnecessarily complicated and inclusive inspections was to be avoided. Issues on how the inspections can be translated to real-life manufacturing scenarios had to be considered and also questions about would there be any benefit in collecting measuring data, or would only a visual inspection suffice had to be solved. As a result, quality control drawings and detailed inspection-instructions were made to each individual equipment.

In the early phases it was prioritized to have the methods implemented to manufacturing units as early as possible, so by the time of writing this thesis the related practical work was already far. By the end of 2016 the methods are already used by every manufacturer used by Alfa Laval. The number of quality defects and related costs have been decreasing but it is too early to make any conclusions if the renewed quality system has had any effect on this trend.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Alfa Laval Aalborg Oy	7
2	ALFA LAVAL AALBORG OY:N LAITEVALIKOIMA	9
2.1	Kattilalaitos	9
2.2	Syöttövesisäiliö.....	10
2.3	Pakokaasukattila AV-6N ja höyrylieriö.....	11
2.4	Ulospuhallussäiliö.....	13
2.5	Höyryn kokoojatukki	14
2.6	Lauhdesäiliö.....	15
3	LAATUJÄRJESTELMÄ	17
3.1	Projektihallinnon laadunvarmistusprosessi.....	18
3.2	Valmistuksenaikaiset tarkastukset	19
3.3	Lopputarkastus (FAT).....	19
3.4	Toimitus ja loppudokumentaatio	20
3.5	Laatupoikkeamien ja –virheiden yleisimmät syyt	21
3.6	Nykyisen tarkastusmenettelyn ongelmakohdat.....	21
4	TARKASTUSMENETELMIEN KEHITYS	23
4.1	Tarkastus- ja testaussuunnitelma, ITP	24
4.2	Laadunvarmistuskuvat	25
5	MITTAUSVÄLINEET	28
6	AV-6N KATTILATYYPIN TARKASTUKSET.....	29
6.1	Mittatarkastukset.....	29
6.2	Laippojen ja prosessimittausyhteiden tarkastus.....	30
6.3	Pakokaasulaippojen tarkastus	32
6.4	Hitsaustarkastus	33
7	AV-6N KATTILAN MUUT TARKASTUKSET.....	34
7.1	Nostokorvat.....	35
7.2	Kattilan jalkojen tarkastaminen	35
7.3	Huoltoluukkujen ja tiivisteiden tarkastaminen	36
7.4	Jakolevyjen tarkastaminen	37
7.5	Savukaasujen ohjauslevyjen tarkastaminen.....	37
7.6	Putkirekisterien ja kuorirakenteen välisen etäisyyden tarkastaminen	38
7.7	Eristysraudat	39
7.8	Eristyksen laadunvarmistus	39

7.9	Painelaitekilpi	40
7.10	Pakkaus ja säilytys	41
8	NUOHINTARKASTUKSET	42
8.1	Nuohimien läpiviennit	42
8.2	Suuttimien tarkastus.....	43
8.3	Liikeratatesti	43
8.4	Lukitus kuljetusta varten.....	44
9	YHTEENVETO	45
	LÄHTEET.....	46

1 JOHDANTO

Valmistuksessa syntyneiden virheiden korjaaminen laitetoimituksen jälkeen on usein huomattavan kallista, varsinkin kun laitteet ovat fyysisesti suuria ja ne sijaitsevat maantieteellisesti kaukana valmistuspaikasta. Esimerkiksi pakokaasukattilan tapauksessa yksittäisen virheellisen hitsaussauman paikantaminen ja korjaaminen sen jälkeen kun kattila on eristetty ja asennettu toimintapaikalleen voi pahimmillaan maksaa suuren osan koko kattilan valmistushinnasta. Korjauskustannukset koostuvat työvoiman hinnasta, materiaaleista, logistisista kustannuksista sekä mahdollisista sanktioista joita saattaa syntyä, kun laite on toimintakyvytön. Lisäksi valmistavan yrityksen maine kärsii jokaisesta laatuvirheestä, joka päättyy asiakkaalle saakka. Yritys jolla on valmistusta ja alihankkijoita useassa eri maassa törmää helposti erilaisiin toimintakulttuureihin ja laatuksityksiin. Tämän työn perimmäisenä tarkoituksena olikin luoda eri valmistuspajojen välille yhtenäinen tarkastus- ja raportointikäytäntö. Lisäksi itse tarkastustoiminnan laatua pyrittiin yhtenäistämään kattavalla ohjeistuksella. Menetelmien on tarkoitus palvella myös yrityksen omaa henkilöstöä, joka suorittaa auditointeja valmistuspajoilla.

Työ suoritettiin kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa kerättiin tietoja yleisistä laatuvirheistä, jossa käytettiin saatavilla olevaa reklamaatiodataa sekä yrityksen henkilöstöllä olevaa empiiristä kokemusta. Laaduntarkastuskäytäntöjä tutkittiin myös sarjatuotannon puolelta tekemällä yritysvierailu Valmet Automotiven tehtaalle. Toisessa vaiheessa pyrittiin laatimaan tarkastusmenetelmät ja raportit, jotka toteuttavat asetetut vaatimukset olematta kuitenkaan liiallisen monimutkaisia tai resurssveja sitovia. Kolmannessa vaiheessa päätettiin halutut tarkastuskohteet, laadittiin kohteiden tarkastuksille menetelmät sekä laadittiin tarvittava dokumentaatio.

Tarkastusmenetelmät ja niihin liittyvä dokumentaatio laadittiin ensin yhdelle pakokaasukattilatyypille. Ennen lopullista muotoaan dokumentaatio kävi läpi monta kehitysvaihetta ja sitä testattiin käytännössä Alfa Lavalin omalla tehtaalla Kiinassa.

1.1 Alfa Laval Aalborg Oy

Alfa Laval Aalborg Rauman toimiston historia alkaa laivakattiloiden valmistuksella Uudenkaupungin telakalta 1964. Tällöin kattilanvalmistus oli telakan omissa käsissä, mutta jo alle 10 vuoden päästä telakka päätti luopua omasta kattilanvalmistuksesta ja toiminto myytiin Rauma Repola Oy:lle. Toiminta jatkui Repolan alaisuudessa aina vuoteen 1988 asti, jolloin myös Rauma-Repola päätti luopua kattilanvalmistuksesta. Repolan palveluksessa olleet työntekijät päättivät kuitenkin vielä jatkaa toimintaa itse ja tarkoitusta varten perustettiin Aquamaster-Rauma, joka siirtyi noin viiden vuoden toiminnan jälkeen osaksi Pipemasters Oy:tä. Näihin aikoihin toiminta keskittyi pääasiassa laivakattiloihin, mutta näiden ohella aloitettiin suunnittelemaan kattilatyyppejä, joka soveltuisi maalla toimivien moottorivoimalaitosten tarpeisiin. Näissä laitoksissa moottoreiden pakokaasujen sisältämää jäännöslämpöä hyödynnetään ohjaamalla se kattilan läpi, jolloin kaasujen lämpöä voidaan käyttää veden lämmittämiseen ja edelleen höyryttämiseen. Laitostyypistä riippuen höyryä käytetään laitoksen sisäisiin prosesseihin, yleisimmin raskaan polttoöljyn lämmitykseen, mutta myös sähköntuotantoon ohjaamalla höyry turbiinille.

1990-luvulla yleisesti meriteollisuudessa vallitsevan laskusuhdanteen aiheuttaman markkinatilanteen vuoksi, toiminta alkoi kallistumaan enemmän moottorivoimalaitoskattiloiden suuntaan laivakattilatoiminnan jatkuessa aiempaa pienempänä. Vuonna 1997 Tanskalainen kattilanvalmistaja Aalborg Industries A/S päätti vahvistaa toimintojaan ostamalla Pipemasters Oy:n kattilatoiminnot.

Vuonna 2011 lukuisten yritysostojen perinne sai jatkoa, kun Ruotsalainen Alfa Laval Ab osti Aalborgin toiminnot. Alfa Laval Oy on ruotsalainen yritys, joka aloitti toimintansa 1800-luvun loppupuolella valmistamalla keskipakovoimaan perustuvia separaattoreita maatalouden tarpeisiin. Nykyään Alfa Laval keskittyy lämmöntalteenotto-, erottelu-, sekä virtausjärjestelmien toimittamiseen maa- ja meriteollisuuden tarpeisiin. Näillä sektoreilla Alfa Laval on nykyisellään yksi maailman suurimmista laitetoimittajista. Yrityksen pääkonttori sijaitsee edelleen alkuperäisellä paikallaan Ruotsin Lundissa. Insinööritoimistoja, myyntikonttoreita

sekä valmistavia yksiköitä yrityksellä on ympäri maailman. Valmistus keskittyy pääosin Kiinaan, Tanskaan, sekä Brasiliaan, mutta yrityksen laajasta tuoteskaalasta johtuen valmistuspajoja on myös muualla. (Alfa Laval Oy:n sisäinen tietokanta 2014)

Alfa Lavalin ja Aalborgin yhdistymisen seurauksena syntyi nykyinen Alfa Laval Aalborg, jonka Rauman toimistossa työskentelee noin 64 työntekijää. Rauman konttorin toimintoihin kuuluu nykyisellään osto-, myynti-, suunnittelu-, tuotekehitys- sekä projekti-osasto. Laitteet keskittyvät edelleen maa- ja meripuolen kattiloihin ja kattilajärjestelmien oheislaitteisiin. Varsinainen laitevalmistus tapahtuu muualla joko Alfa Lavalin omassa valmistusyksikössä Kiinassa, tai kattavassa alihankkijaverkostossa ympäri eurooppaa.



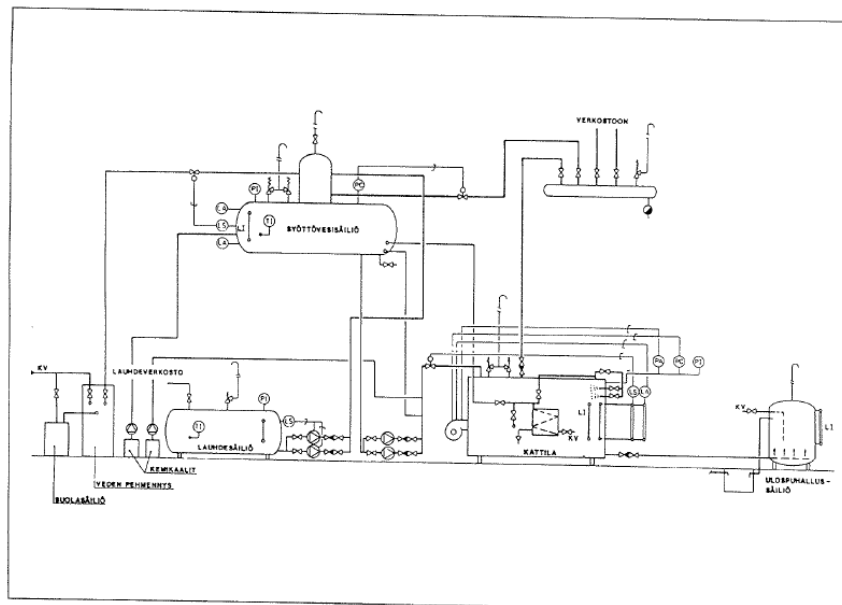
Kuva 1. Alfa Laval Aalborg, Rauman kattiloita maailmalla. (Alfa Laval esittelymateriaali 2014)

2 ALFA LAVAL AALBORG OY:N LAITEVALIKOIMA

Alfa Laval Aalborgin laitetoimitukset jakaantuvat maa- ja meripuolen laitteisiin. Projektien toimituslaajuus on vaihteleva ja usein asiakkaasta riippuvainen. Yleisesti kuitenkin laitetoimitusten ydin käsittää yhden tai useamman pakokaasu- ja/tai poltinkattilan. Kattiloiden lisäksi toimitukseen kuuluu usein myös normaalit kattilalaitokseen kuuluvat oheislaitteet, kuten syöttövesi- ja lauhdetankit, pumput ja höyrytukit. Valikoima koostuu pitkälti vakiolaitteista, mutta laitteiden räätälöintiä tapahtuu usein pienessä mittakaavassa sekä asiakkaiden vaihtelevien vaatimusten, että oman tuotekehityksen vuoksi. Laitteiden toimintaperiaatteet ovat sekä maa-, että meripuolella samanlaisia, mutta laitetypit, niiden koko ja usein myös toimituslaajuus eroavat toisistaan. Tämä osio rajataan selkeyden vuoksi koskemaan vain maapuolen yleisimpiä laitetyppejä ja vain yhtä vesiputkikattilatyyppeä.

2.1 Kattilalaitos

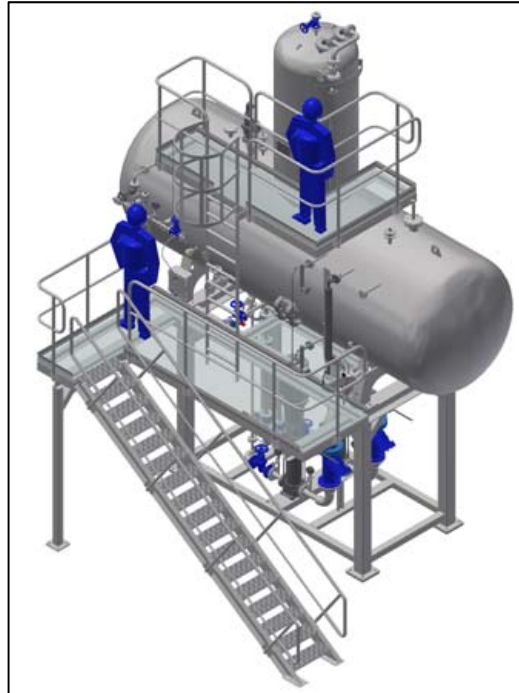
Tyypillisen kattilalaitoksen laitteet voidaan jakaa höyry- ja lauhdepuolen laitteisiin, joista tärkeimpiä ovat kattilat, syöttövesisäiliö, lauhdesäiliö ja ulospuhallussäiliö. Lisäksi laitokseen kuuluu usein myös höyryn kokoojatukki, vedenkäsittelylaitteisto sekä savukaasulaitteisto instrumentteineen.



Kuva 2. Höyrykattilalaitoksen tärkeimmät laitteet (Ölly –ja kaasulämmitysyhdistys 1989, 7)

2.2 Syöttövesisäiliö

Syöttövesisäiliön tehtävänä höyryjärjestelmässä on toimia kattilan syöttöveden varastona sekä poistaa vedessä olevia kaasuja. Säiliön koko määritetään kattiloiden lukumäärän ja maksimihöyryntuoton mukaan, mitoituksen lähtökohtana voi pitää tilavuutta, joka riittää kattiloiden vedentarpeelle tunnin ajaksi maksimihöyryntuoton mukaan. (Öljy- ja kaasulämmitysyhdistys 1989, 9)



Kuva 3. Mallinnus syöttövesitankista (Alfa Laval Aalborgin sisäinen tietokanta 2015)

Syöttövesisäiliö koostuu rakenteellisesti säiliöosasta ja kaasunpoistimesta eli deaeraattorista, joka on kupumainen konstruktio säiliön päällä (paineelliset säiliöt). Syöttövesisäiliössä vedestä pyritään poistamaan sen sisältämä happi sekä termisellä menetelmällä, että kemikaalikäsittelyllä. Termisen hapenpoisto saadaan aikaan lämmittämällä syöttövettä yli 100°C lämpötilaan, jolloin hapen liukoisuus veteen pienenee huomattavasti ja säiliössä vallitseva ilmakehä suurempi paine varmistaa, että kaasut poistuvat säiliöstä. Lämmittäminen tapahtuu yleensä käyttämällä tarkoitukseen osaa kattilan tuottamasta höyrystä. Termisen hapenpoiston jälkeen jäljelle jäävä jäännöshappi pyritään sitomaan kemikaalien avulla. Kemikaaleilla pyritään myös säätämään veden pH-arvo ja kovuus kattilavedelle sopiviksi. Kemikaaliannostelu toteutetaan yleensä pumppaamalla erillisistä kemikaalitankeista

syöttövesisäiliöön. Yleisesti myös kemikaaliannostelu tapahtuu ainakin osittain suoraan syöttövesitankkiin annostelemalla. Säiliöt asennetaan alustansa jaloista, jotka ovat muuten eristetyssä säiliössä ainoat eristeen ulkopuolelle jäävät osat. Tällöin myös jalkojen pintakäsittelylle asetetaan tiettyjä vaatimuksia, jotka ovat riippuvaisia myös asennuspaikasta.

2.3 Pakokaasukattila AV-6N ja höyrylieriö

Kattilan esimerkkinä käytetään tässä yhteydessä Alfa Laval Aalborgin AV-6N-tyyppistä vesiputkikattilaa. Vesiputkikattilassa vesi kulkee nimensä mukaisesti kattilaputkien sisällä ja lämmönlähteenä toimivat savukaasut putkien ulkopuolella. Savukaasut ovat yleensä joko moottoreiden pakokaasuja tai vaihtoehtoisesti erilaisten teollisuusprosessien tuotteina syntyviä kaasuja.

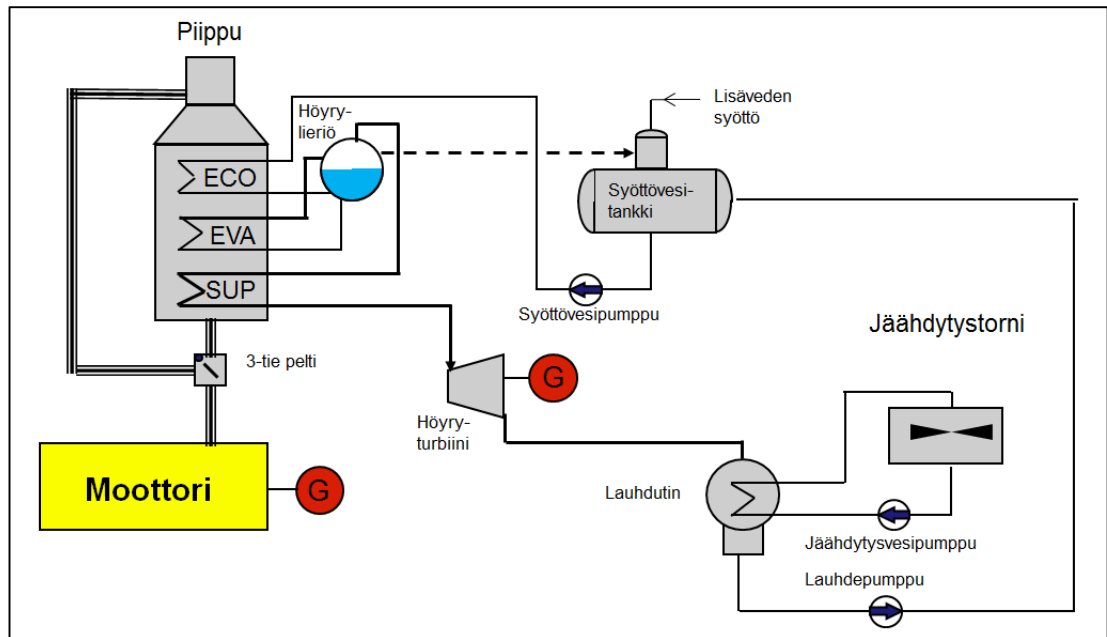
Tyypillisiä höyrynkuluttajia Alfa Laval Aalborgin tapauksessa ovat voimalaitosten höyryturbiinit ja/tai laitosten niin sanotut omat kuluttajat, jolloin höyryä käytetään esimerkiksi raskaan polttoöljyn tai muun prosessin lämmitystarpeisiin. Käyttöpainealue kattiloissa on noin 10-40bar(g) välillä, savukaasujen lämpötilan ollessa yleensä noin 300-500°C.



Kuva 4. Mallinnus AV-6N kattilakonstruktiosta, jossa höyrylieriö kattilan päällä. (Alfa Laval Aalborgin sisäinen tietokanta 2015)

Tyypillisesti vesiputkikattilan tärkeimmät komponentit ovat esilämmityspiiri, höyrystinpiiri sekä tulistinpiiri. Höyrytilana toimii erillinen höyrylieriö. Kattilan tehonsäätö tapahtuu säännöstelemällä kattilan läpi virtaavan savukaasun määrää. Säännöstely AV-6N-kattilatyypissä tapahtuu tyypillisesti erillisellä, pakokaasukanavaan asennettavalla 3-tiepellillä, jolla ohjataan savukaasuvirtaa joko kattilaan tai ohituksen kautta savupiippuun. Toiminta on moduloivaa ja säätösignaali 3-tiepellille otetaan yleensä joko yksittäisen höyrylieriön painearvosta tai vaihtoehtoisesti usean eri kattilan höyryn kokoojatukin painearvosta, jolloin samalla painearvolla voidaan ohjata yhteisesti useita kattiloita. Luonnonkiertoperiaatteella toimivassa kattilassa höyrystinpiirin vesikierto saadaan aikaan ilman ulkopuolista mekaanista energiaa. Syöttövesi pumpataan ensin syöttövesitankista esilämmittimeen eli ekonomaiseriin (ECO). Esilämmittimellä vesi lämmitetään lähelle kylläistä lämpötilaa. Esilämmittimeltä vesi johdetaan höyrylieriöön, jonka alaosa edelleen laskuputkea pitkin höyrystinpiiriin eli evaporaattoriin (EVA). Höyrystinpiirissä osa vedestä höyrystyy ja osa säilyy nestemäisessä olomuodossa. Muodostunut 2-faasiseos kulkeutuu tiheyseron ansiosta nousuputkea pitkin höyrylieriön yläosaan. Kylläinen höyry jää lieriön yläosaan ja alaosassa vesi on nestemäisessä faasissa. Turbiinisovelluksissa kylläinen höyry johdetaan edelleen tulistinpiiriin (SUP), jossa höyry tulistetaan.

Rakenteeltaan kattilan vesipiirit koostuvat useista rinnakkaisista putkista, jotka alkavat syöttökammioista ja päättyvät yleensä kokoojakammioon. Tätä rinnakkaisten putkien muodostamaa kokonaisuutta nimitetään putkirekisteriksi. Putkirekisterien ympärillä on kaasutiivis kuorirakenne, jonka sisällä kuumat savukaasut virtaavat putkipakettien läpi luovuttaen osan lämpöenergiastaan veteen. Putket ja kokoojakammiot ovat osa painelaitetta, ja ne kuuluvat näinollen myös painelainsäädännön piiriin. Kuorirakenne ei kuulu painelaitteeseen, mutta materiaalivalintoja rajoittavana tekijänä on kuitenkin savukaasujen lämpötila ja lujuusarvot. Rakenne sisältää myös tarvittavat huoltoluukut puhdistusta ja tarkastusta varten. Lämpöhäviöiden minimoimiseksi kattila on eristetty lukuunottamatta kattilan jalkarakenteita ja nostokorvia. Eristeen ulkopuoliset osat ovat pintakäsitelty korroosion ehkäisemiseksi.



Kuva 5. Periaatekaavio vesiputkikattilan toiminnasta turbiinisovelluksissa (Alfa Laval Aalborgin sisäinen tietokanta 2015)

Höyrylieriö toimii AV-6N kattilan yhteydessä höyrytilana. Lieriön tarkoitus on erottaa kylläinen höyry kylläisestä vedestä aineiden tiheyseroon ja painovoimaan perustuen. Tehokkaan erotuksen takaamiseksi höyrylieriöt ovat varustettu pisaraerottimilla. Erotus on tärkeää, koska höyryn mukana nestemäisessä faasissa kulkeutuvat vesipisarot sisältävät tulistinpinnoille kerääntyviä haitallisia suoloja. Tämän lisäksi turbiinisovelluksissa vielä haitallisempaa vaikutuksena vesipisaroilla on tuhoisa vaikutus turbiinin siipipyörän siivekkeisiin. Eristetty höyrylieriö koostuu ympärähitsatuista päätykuvuista sekä terässylinteristä tarvittavine yhteineen ja lisälaitteineen.

2.4 Ulospuhallussäiliö

Kattilavesi sisältää aina joitain määriä suoloja ja epäpuhtauksia, vaikka vesi käsitelläänkin kemikaaleilla ja se on yleisesti jo syöttövesitankkiin saapuessaan käsitelty käänteisosmoosin tai muiden demineralisointimenetelmien avulla. Jotta kattilavesi ei rikastu liikaa, suoritetaan veden ulospuhallusta kattilatyyppistä riippuen joko kattilasta itsestään tai höyrykuvusta. Ulos puhallettava vesi on samassa paineessa ja lämpötilassa, kuin itse kattilavesikin, käytetään erillistä ulospuhallussäiliötä, jossa

lauhteen lämpötilaa alennetaan kylmän veden avulla riittävästi, jotta se voidaan johtaa viemäriin. Ulospuhallus voi olla jatkuvaa tai jaksottaista perustuen kattilavedestä otettaviin näytteisiin. Koska veden suolapitoisuus on verrannollinen veden sähkönjohtavuuteen, voidaan ulospuhallus toteuttaa myös mittaamalla veden johtokykyä reaaliaikaisesti. Ulospuhallukseen käytetty vesi korvataan syöttämällä lisävettä syöttövesitankkiin.

Ulospuhallussäiliö koostuu terässylinteristä ja ympärihitsatuista päädyistä. Lisäksi säiliön rakenteeseen kuuluu normaalien yhteiden lisäksi suurempi tarkastusyhte. Säiliö kiinnitetään alustaansa jalkarakenteistaan ja se on eristetty turvallisuussyistä.

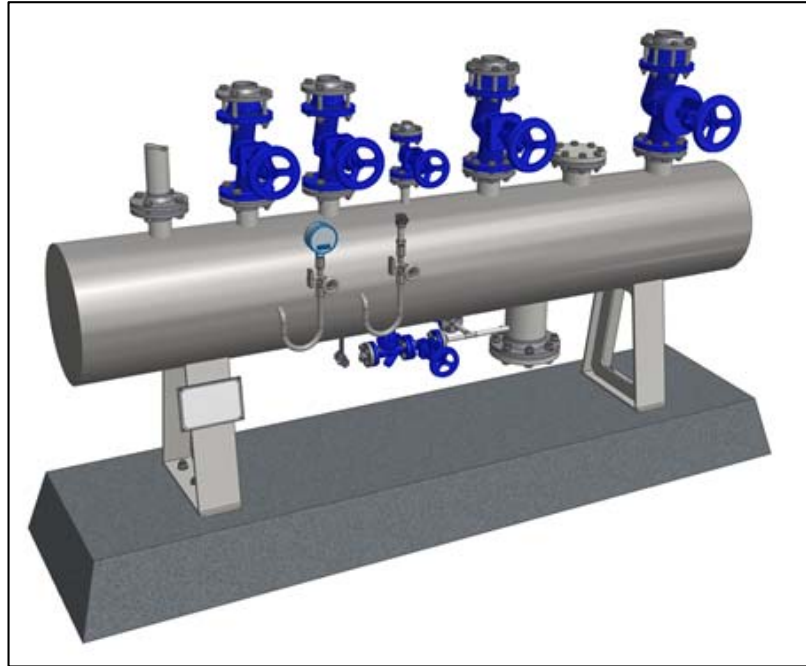


Kuva 6. Mallinnus tyypillisestä ulospuhallustankista (Alfa Laval Aalborgin sisäinen tietokanta 2015)

2.5 Höyryn kokoojatukki

Kun käytetään useampia kattiloita, on usein järkevää käyttää kokoojatukkia, jonne jokaisen yksittäisen kattilan tuottama höyry johdetaan. Kokoojatukilta voidaan tällöin lähteä yhdellä tai useammalla päähöyrylinjalla jakamaan höyryä kuluttajille. Kokoojatukilla voidaan tehdä vielä yhteisesti lämpötila- sekä painemittauksia verkostoon lähtevälle höyrylle.

Kokoojatukki valmistetaan yleensä päätylaipoilla suljetusta putkesta, johon hitsataan tarvittavat yhteen. Kokoojatukki on eristetty ja se kiinnitetään alustaansa eristeen ulkopuolelle jäävistä jaloistaan.



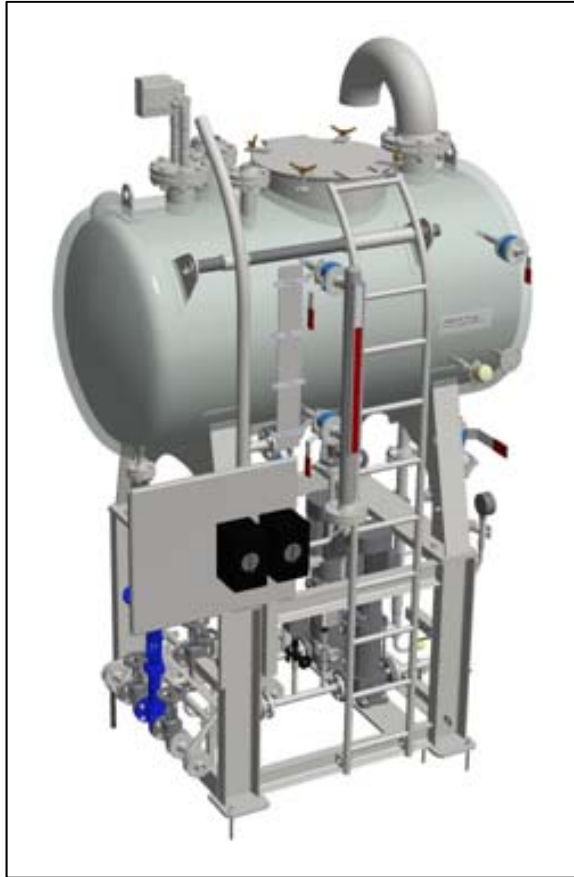
Kuva 7. Mallinnus höyryn kokoojatukista (Alfa Laval Aalborgin sisäinen tietokanta 2015)

2.6 Lauhdesäiliö

Lauhdetta kerätään sekä kulutuskohteiden jälkeen, että putkistosta pitkin höyryverkostoa. Lauhde kerätään yleensä kootusti erilliseen lauhdesäiliöön, jonka jälkeen se voidaan palauttaa uudelleen järjestelmään syöttämällä lauhde jälleen syöttövesitankkiin. Tehokkaalla palautuksella voidaan vähentää järjestelmän lisäveden tarvetta ja lisäksi syöttöveden lämmitystarve pienenee verrattuna tilanteeseen, jossa käytettäisiin vain tuoretta vettä, koska lauhde on yleensä myös lämpimämpää kuin lisävesi.

Rakenteeltaan lauhdetankki muistuttaa syöttövesitankkia ilman kaasunpoistinta. Syöttövesitankin tapaan lauhdesäiliö on jalkarakenteita ja nostokorvia

lukuunottamatta eristetty. Lauhetankin konstruktion saattaa kuulua myös integroitu pumppausyksikkö.



Kuva 8. Mallinnus lauhdetankista (Alfa Laval Aalborgin sisäinen tietokanta 2015)

3 LAATUJÄRJESTELMÄ

Alfa Laval Aalborgilla on hallussaan ISO 9001-laatusertifikaatti, joka edellyttää toimivan laatujärjestelmän ja laatukäsikirjan olemassaoloa. Sertifikaatin myöntää riippumaton valtuutettu luokituslaitos, joka valvoo vuosittain että sertifikaatin myöntämisen edellytykset täyttyvät. Sertifikaatin myöntäminen edellyttää että yrityksellä on toimiva ja voimassaoleva laadunhallintajärjestelmä, jonka avulla voidaan valvoa ja mitata, että tuotteelle asetetut laatuvaatimukset täytetään.

Yrityksen tulee määrittää:

- a) tuotteen laatutavoitteet ja –vaatimukset
- b) tuotekohtaiset tarpeet luoda prosessit, laatia asiakirjat ja hankkia resurssit
- c) tuotekohtaisesti tarvittavat todentamis-, kelpuutus-, seuranta-, mittaus-, tarkastus- ja testaustoimenpiteet sekä tuotteen hyväksymiskriteerit
- d) tallenteet, joita tarvitaan, jotta voidaan osoittaa, että tuotantoprosessit ja niissä syntyvät tuotteet täyttävät asetetut vaatimukset.

(SFS-EN ISO 9001 s.24)

Yrityksen laatufunktion pääpaino on laadunvarmistuksessa, joka pyrkii ennaltaehkäisevään toimintaan. Työkaluina käytetään riskianalyysijä, koulutusta, toimittajien arviointeja sekä auditointeja. Alfa Lavalin laadunvarmistus koostuu:

1. Laadunhallinnasta
 - ISO9001-sertifikaatin vaatiman tason ylläpito
 - Laatukäsikirjan päivitys ja ylläpito
 - Ulkoiset auditoinnit, luokituslaitos
 - Sisäiset auditoinnit
 - Johdon säännölliset arvioinnit
 - Asiakastyytyväisyyskyselyt
2. Laadun kontrolloinnista

- Toimittajien laadun ja toiminnan arviointi ja kontrollointi
- Tuotetarkastukset
- Toimittajien hyväksyntäprosessi

3. Reklamaatioprosessista

- Sekä sisäisten, että ulkoisten reklamaatioiden käsittely ja - raportointi, kommunikaatio asiakkaiden ja toimittajien suuntaan
- Juurisyyanalyysit
- Korjaavat / ennaltaehkäisevät toimenpiteet

(Alfa Lavalin sisäinen tietokanta, 2016)

3.1 Projektihallinnon laadunvarmistusprosessi

Projektin toteutuessa pidetään aloituspalaveri, jossa käydään läpi projektin toimituslaajuus, toimitusehdot, aikataulu, sekä tekniset asiat. Aloituspalaveriin osallistuu vähintään myyntipäällikkö ja projektipäällikkö, mutta käytännössä paikalla on yleensä myös projekti-insinöörit, mekaanisen- ja sähköpuolen suunnittelija sekä ostaja. Palaverista laaditaan pöytäkirja. Aloituspalaverin jälkeen projektille laaditaan suunnitelma yhteistyössä osto- ja suunnitteluosaston kanssa. Suunnitelmassa huomioidaan aikataulut, materiaalit, mekaaninen- ja sähkösuunnittelu, ostoprosessi, valmistus, sekä tarvittavat testit ja tarkastukset. Projektin aikataulutuksen aikana projektipäällikkö nimeää tarvittavat resurssit projektille. Lisäksi projektin laitteille valitaan uudet sarjanumerot sisäisestä tietokannasta. Tämän jälkeen projekti etenee suunnitteluvaiheeseen. (Alfa Laval Aalborgin laatukäsikirja 2016, 58)

Suunnitteluvaiheen jälkeen projektipäällikkö varmistaa, että tarvittavat kuvat menevät sekä asiakkaalle, että valmistukseen. Projektipäällikön vastuulla on lisäksi kommunikoida asiakkaan kanssa mahdollisista muutoksista sekä seurata projektiaikataulun toteutumista. Mahdollisista laatuongelmista raportoidaan aina myös laatuosastolle. (Alfa Laval Aalborgin laatukäsikirja 2016, 58)

3.2 Valmistuksenaikaiset tarkastukset

Lähtökohtaisesti valmistaja vastaa valmistamiensa tuotteidensa laadusta, mutta Eurooppalaisen painelainsäädännön mukaan:

”Valmistajalla tarkoitetaan luonnollista henkilöä tai oikeushenkilöä, joka valmistaa taikka suunnitteluttaa tai valmistuttaa painelaitteen tai laitekokonaisuuden ja markkinoi kyseistä painelaitetta tai laitekokonaisuutta omalla nimellään tai tavaramerkillään tai käyttää sitä omiin tarkoituksiinsa.”

(Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi painelaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta, 27.6.2014, 2014/68/EU, EUVL L189, 27.6.2014, 174.)

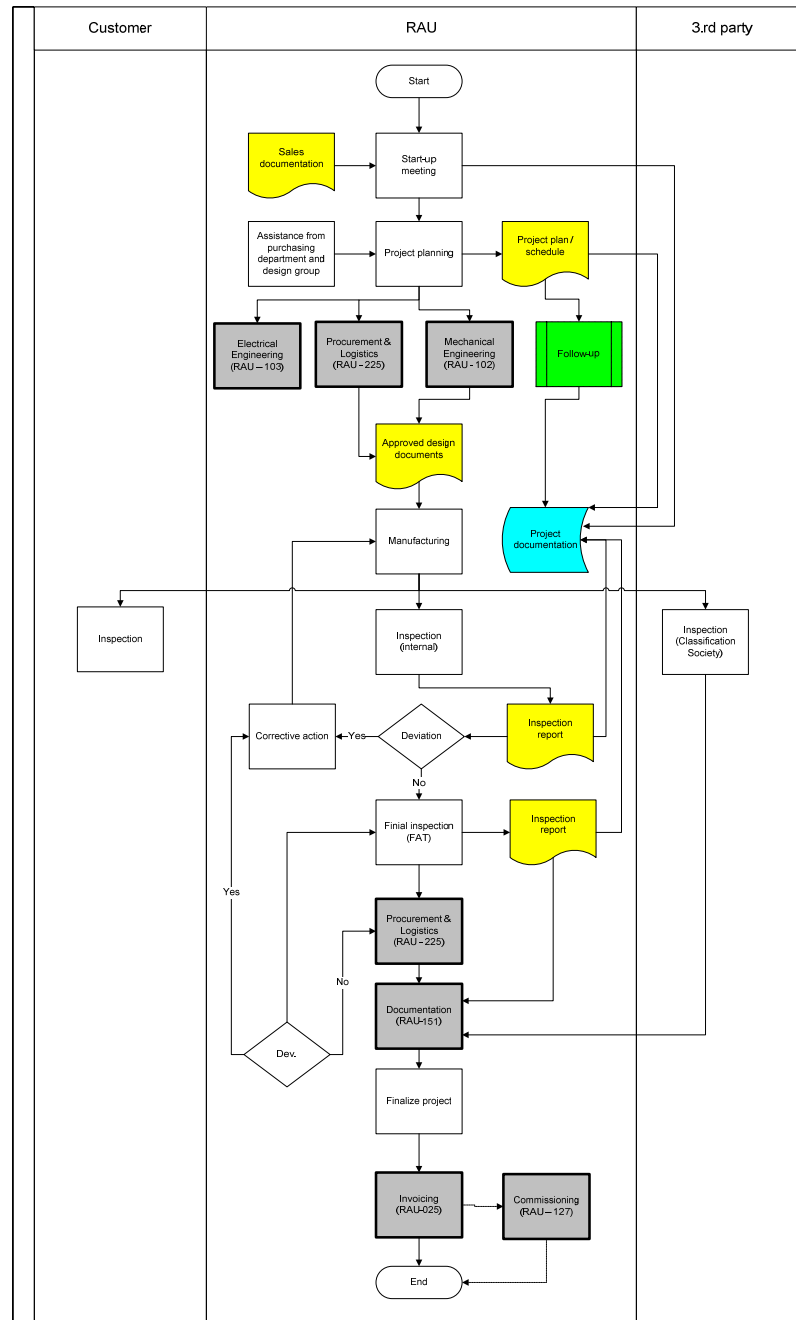
Määritelmä tarkoittaa sitä että lopullinen tuotevastuu ja vaatimuksenmukaisuuden toteaminen ei välttämättä kuulu konepajalle joka valmistaa tuotteet fyysisesti. Tämän vuoksi projektipäällikön vastuulla on myös tuotannon kontrollointi ja jokaisen laitteen tuotannaikaiset tarkastukset. Tarkastusten aikana valvotaan myös painelaitedirektiivin ulkopuolista tuotelaatua. Tarkastukset tehdään projektisuunnitelman mukaisesti ja niistä laaditaan raportit myöhempää säilytystä varten. Mahdollisten poikkeamien korjaavista toimenpiteistä sovitaan valmistajan kanssa. Riippuen painelaitteen direktiivin mukaisesta luokittelusta, myös luokituslaitoksen tarkastaja tekee omat tarkastuksensa sekä myöntää sertifikaatin laitteelle. Lisäksi myös asiakkaalla on mahdollisuus tehdä tarkastuksia valmistuksen aikana.

3.3 Lopputarkastus (FAT)

Lopputarkastuksessa varmistetaan että laite on suunnitellun mukainen. Lisäksi tarkastetaan pintakäsittelyn laatu, merkinnät ja pakkauslaatu. Tarkastuksesta laaditaan raportti, joka toimitetaan loppudokumentaation mukana asiakkaalle. Myös apulaitteiden lukumäärät tarkastetaan ja laiteesta otetaan tarvittavat valokuvat arkistointia varten. (Alfa Laval Aalborgin laatukäsikirja 2016, 59)

3.4 Toimitus ja loppudokumentaatio

Projektipäällikkö vastaa projektin kokonaistoimituksesta sekä loppudokumentaation toimituksesta. Dokumentaatio käsittää käyttö- ja huolto-ohjeet kaikille projektin laitteille ja sähköisille komponenteille. Lisäksi loppudokumentaatioon kuuluu kaikki laitteiden tarvittavat sertifikaatit. (Alfa Laval Aalborgin laatukäsikirja 2016, 59)



Kuva 9. Projektinhallinnon laadunvarmistuksen vuokaavio (Alfa Laval Aalborgin laatukäsikirja 2016, 61)

3.5 Laatupoikkeamien ja –virheiden yleisimmät syyt

Laatuvirheiden syytä on runsaasti, mutta käytännössä usein valmistajan puolelta johtuvat poikkeamat johtuvat usein joko inhimillisistä erehdyksistä, puutteista työtavoissa, -välineissä, -olosuhteista, ohjeistuksessa tai henkilöstön pätevyyydessä. Myös heikolla laaduntarkkailulla on osansa virheiden läpi pääsemisessä. Poikkeamat voivat kuitenkin johtua myös Alfa Laval Aalborgin omasta toiminnasta.

Alfa Laval Aalborgin toimiessa laite- ja instrumenttitoimittajana, laitteiden asennuksen sekä putkistosuunnittelun suorittaa kolmas osapuoli, esimerkiksi asiakas itse tai asiakkaan ostama alihankkija. Asiakkaalle lähetetään projektin alkuvaiheessa hyväksyttäväksi laitteiden päämittakuvat ja asiakas saa mahdollisuuden kommentoida kuvia ennen lopullista hyväksyntää. Hyväksytyjen päämittakuvien perusteella asiakas tekee laitoksen lay-out suunnitelman, sekä putkisto- ja perustussuunnittelun. Tässä vaiheessa laitteiden valmistamista ei ole vielä aloitettu. Menettelystä johtuen on oleellista, että hyväksytyjen päämittakuvien tiedot vastaavat kattilan valmistuttua myös todellista tuotetta annettujen toleranssien rajoissa. Hyväksytyjen päämittakuvien pohjalta tehdään myös laitteiden valmistus- ja asennuskuvat.

Käytännön kokemus kuitenkin osoittaa, että muutoksia joudutaan tekemään vielä päämittakuvien hyväksynnän jälkeenkin. Tällöin laitteet saattavat olla jo valmistettavana. Tilanne on altis virheille, koska tyypillisesti tällöin useita kuvia pitää revisioida ja muutokset kommunikoida eteenpäin valmistukseen. Monen manuaalisen työvaiheen summa on altis virheille ja unohduksille. Lisäksi virheitä voi syntyä epäselvien spesifikaatioiden sekä työohjeiden seurauksena.

3.6 Nykyisen tarkastusmenettelyn ongelmakohdat

Alfa Laval Aalborgin käyttäessä valmistukseen eri alihankkijoita, todettiin että valmistajien sisällä on merkittävää vaihtelevuutta laatukulttuurin, toimintatapojen ja raportointikäytäntöjen osalta. Ongelma ei niinkään koskenut painelaitedirektiivin sääntelemää valmistusta, vaan enemmänkin direktiivin ulkopuolelle jääviä osa-alueita, kuten eristyksen laatua, painelaitteosion ulkopuolelle jääviä teräsrakenteita ja niiden

hitsauslaatua, pintakäsittelyn laatua sekä mittojen tarkastusta. Lisäksi laitteilla on useimmiten tiettyjä toiminnan kannalta oleellisia piirteitä ja oheislaitteita, jotka saattoivat jäädä tarkastuksissa huomioimatta. Tarkastusmenetelmät olivat myös kirjavia yrityksen sisällä ja tarkastuksen laatu ja huomiot riippuivat tarkastajan kokemuksesta ja taustoista.

Valmistuksen määrittelevät spesifikaatiot ovat jo olemassa, mutta laadullisia hyväksymiskriteereitä tai erityisiä tarkastuskohteita ei oltu määritelty tarkasti. Seurauksena alihankkijoiden omat tarkastusraportit olivat usein pinnallisia.

On erityisen tärkeää saada virheet kiinni ennen kuin laitteet ovat toimitettu asiakkaalle jo pelkästään sen takia, että painelaitteosioon muutosten tekeminen jälkeenpäin vaatii uutta koeponnistusta ja luokituslaitoksen hyväksyntää. Tämä on paitsi kallista ja aikaavievää, mutta lisäksi asiakkaan näkökulmasta erityisen haitallista, koska yleisesti kattilajärjestelmän asennus on vain osa suurempaa projektia ja aikataulujen pettäminen saattaa johtaa käyttöönottopäivämäärien venymiseen ja sitä kautta myös mahdollisiin sopimussakkoihin tai muihin rahallisiin sanktioihin.

4 TARKASTUSMENETELMIEN KEHITYS

Ongelmakohtien ratkaisemiseksi alettiin kehittämään uutta raportointi- ja tarkastuskäytäntöä. Tarkastuskäytäntöjen uudistamiselle asetettiin seuraavat tavoitteet:

- Menetelmien tulee olla samanlaisia ja helposti toistettavia, sekä riippumattomia valmistavasta tahosta tai asiakkaasta.
- Laitteiden tarkastuskohteet tulee näyttää selkeästi ja tarkastuksesta pitää syntyä kirjallinen raportti.
- Tarkastusmenetelmille ja kohteille tulee olla selkeä ohjeistus
- Tarvittaessa mittaustavat ja -välineet yhdenmukaistettava tarvittavaan tarkkuuteen asti
- Tarkastusmenettelyt eivät saa olla tarpeettoman raskaita toteuttaa ja ne eivät saa sisältää epäolennaisia kohtia.

Työ aloitettiin tutkimalla vanhaa reklamaatiodataa sekä haastatteleamalla yrityksen kokeneempia työntekijöitä. Tavoitteena oli muodostaa käsitys olennaisista tarkastuskohteista. Haastatteluissa käytiin läpi myös mahdollisia tarkastusmenetelmiä ja vaadittua tarkkuutta. Kokemuksia haettiin myös sarjatuotannosta yrityksen ulkopuolelta.

Tiedon keräämisen jälkeen sisäisissä palavereissa päädyttiin tekemään laitekohtaiset tarkastus- ja testaussuunnitelmat sekä suunnitelmaan liittyvä tarkastuskuva, joka havainnollistaa laitteen sekä tarkastuskohteet. Kuvan tulisi toimia myös raportointipohjana. Menetelmän huonona puolena tulisi olemaan sen kuormittava vaikutus valmistuksen lisäksi myös suunnittelussa ja projektihallinnossa lisääntyneen paperityön muodossa.

4.1 Tarkastus- ja testaussuunnitelma, ITP

Laatujärjestelmän uudistaminen aloitettiin laatimalla uudistettu tarkastus- ja testaussuunnitelma (Inspection & Test Plan). Metodia käytetään yleisesti täyttämään ISO 9001:2008-standardin vaatimukset valvonnan ja mittauksen osalta. (Quality systems www-sivut 2016)

ITP-suunnitelma on laite- tai laitetyyppikohtainen ja se ohjaa laitteen valmistusta vaihe vaiheelta aina projektin aloituspalaverista lopulliseen toimitukseen asti. Jokaiselle vaiheelle on määritetty viittaukset dokumentteihin, jonka mukaan vaihe toteutetaan ja hyväksytään. Lisäksi mainitaan vaiheen vastuullinen osapuoli

Jokaiselle vaiheelle on annettu dokumentissa vastuullinen toteutuksesta vastaava osapuoli sekä dokumentit, joiden mukaan vaihe suoritetaan sekä laatu varmistetaan. ITP-suunnitelmassa määritetään myös valmistus- ja suunnitteluprosessin kannalta kriittiset kontrollipisteet, joilla tarkoitetaan joko aikataulutettua tarkastusta tai muuta verifiointitoimenpidettä, jossa varmistetaan että valmistusprosessi sujuu suunnitelman ja spesifikaatioiden mukaisesti, ja että eteneminen seuraavaan vaiheeseen voidaan sallia. Tiedetyt valmistuksen kontrollipisteet, kuten painekoe ja lopputestaus ovat myös tapahtumia, joista yritys on velvollinen ilmoittamaan loppuasiakkaalle tai luokituslaitokselle. Jokaiselle työvaiheelle annettu kolme kohtaa, joita nimetyn vastuullisen osapuolen tulee seurata:

1. Spesifikaatioreferenssi

- Viittaa sisäiseen ohjeistukseen tai standardiin, jossa määritetään työvaiheessa noudatettavat tekniset tai toiminnalliset spesifikaatiot.

2. Hyväksymiskriteerit

- Viittaa dokumenttiin tai standardiin, jossa määritetään työvaiheen hyväksymiskriteerit.

3. Varmistava dokumentaatio

- Tarkoittaa vaiheen vastuulliselta osapuolelta vaadittavaa raporttia tai dokumenttia, jolla varmennetaan, että vaihe on suoritettu hyväksymiskriteerien mukaisesti.

ITP-dokumentin laatii laitekohtaisesti projektia hoitava organisaatio. Suurin osa dokumentin sisällöstä pysyy projektista toiseen samana, mutta eroavaisuuksia syntyy esimerkiksi tapauksissa, joissa loppuasiakkailla on erityisvaatimuksia tai painelaitedirektiivin kategoria vaihtuu.

N°	ACTIVITY	SPECIFICATION REFERENCE	ACCEPTANCE CRITERIA	VERIFYING DOCUMENT
6	Welding consumable	EN12952-5	N.A	EN 10204 3.1
7	Material identification marks transfer	EN12952-5	Material Traceability, 12952-5/6	BOM, Manufacturer Quality system
8	Bending and forming	Drawing, EN 12952-5 , Manufacturer Quality system	EN12952-5	Report

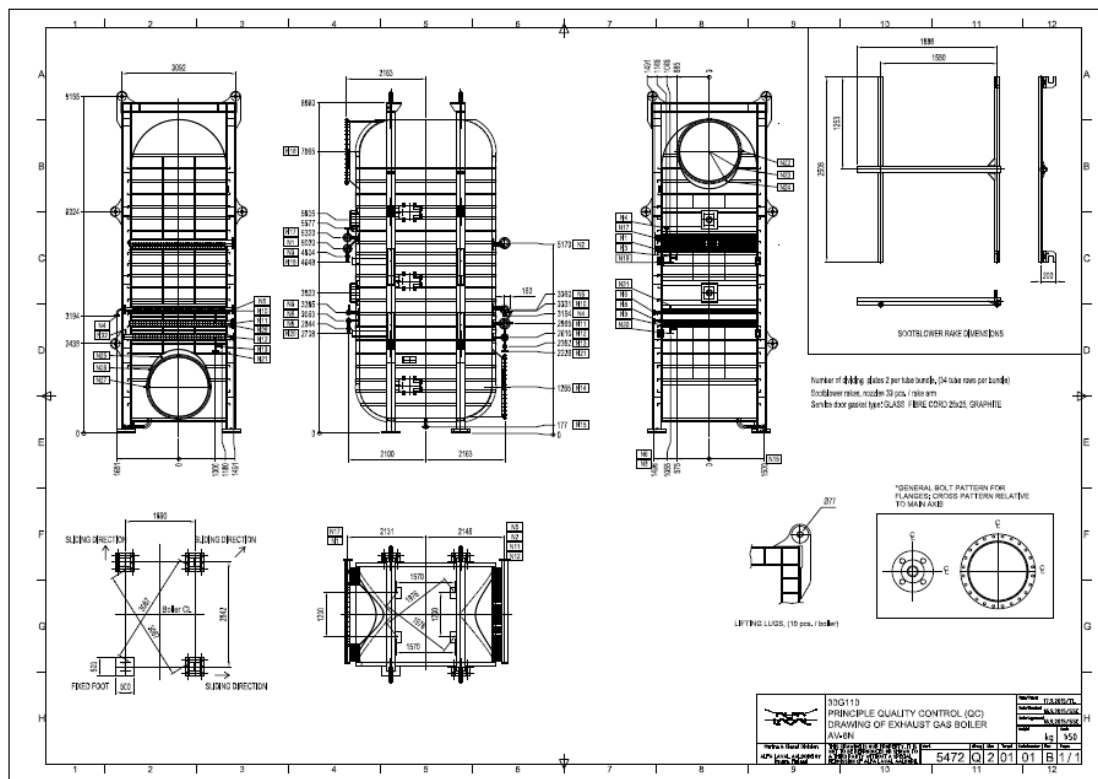
Kuva 10. Ote Alfa Laval Aalborgin vesiputkikattilan ITP-suunnitelmasta

4.2 Laadunvarmistuskuvat

Useimpien laatupoikkeamien korjaaminen on suhteellisen edullista, jos ne voidaan tehdä vielä laitteen ollessa valmistuksessa. Jos ne havaitaan vasta asennuspaikalla, on korjaaminen moninkertaisesti kalliimpaa. Tämän vuoksi päätettiin ottaa käyttöön laitekohtainen laaduntarkastuskuva (QC-drawing), josta ilmenee laitteen oleelliset tarkastuskohteet sekä raporttipohja. Kuva tarkoitus on lisäksi koota eri valmistuskuvista löytyvät, tarkastusmielessä oleelliset tiedot yhden dokumentin alle. Laaduntarkastuskuva jää yksinään liian tulkinnanvaraiseksi, joten kuvaan laadittiin vielä tarkastusohjeet, joista ilmenee miten jokainen kohde tulee tarkastaa.

Laaduntarkastuskuvat ohjeineen lähetetään laitevalmistajalle, joka tekee osoitetut tarkastukset valmistuksen edetessä. Autenttisuuden vuoksi dokumentti vaaditaan täytettäväksi käsin. Dokumentin tehtävänä ei ole korvata valmistajalla jo käytössä olevia tarkastusmenetelmiä, vaan toimia näiden rinnalla dokumenttina, josta ilmenee

tarkastuskohteita, joita valmistajan dokumentit eivät välttämättä huomioi. Samaa laitetta voi valmistaa sekä Alfa Lavalin oma tehdas tai laitteesta riippuen eri alihankkijat. Kansainvälisen valmistuksen vuoksi sekä tarkastuskuvien, että -ohjeiden kielenä toimii englanti sekä hyväksymiskriteerit pyrittiin mahdollisuuksien mukaan valitsemaan jo olemassa olevien standardien mukaisesti. Tarkastusten piiriin valittiin laitteen toiminnan ja asennusten kannalta kriittisimmiksi koetut kohteet. Lisäksi myös kokemusperäiset ongelmakohdat haluttiin ottaa mukaan tarkastuksiin.



Kuva 11: AV-6N-kattilatyypin laaduntarkastuskuva

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																																																																																																							
A	1. Inspection of Main dimensions • see doc. 30G023 part 4.1 <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>CHECKED</th> <th>DATE</th> <th>REMARKS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				CHECKED	DATE	REMARKS							4. Inspection of Welding (non-pressurized parts) • Inspection instructions see doc. 30G022 / 4.4 <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>CHECKED</th> <th>DATE</th> <th>REMARKS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				CHECKED	DATE	REMARKS							<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 150px;"> COMMENTS: </div> <p style="font-size: small; margin-top: 10px;">*For reporting serious defects, please refer to Detailed quality report 30G025</p>																																																																																																																																																																																																								
CHECKED	DATE	REMARKS																																																																																																																																																																																																																																	
CHECKED	DATE	REMARKS																																																																																																																																																																																																																																	
B	2. Inspection of Flange and Process measurement connections (pressure/temperature) • Inspection instructions see doc. 30G023 / 4.2 <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>POS</th> <th>CONNECTION FOR</th> <th>SIZE</th> <th>STANDARD</th> <th>CHECKED</th> <th>REMARKS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N1</td><td>STEAM TO SUPERHEATER</td><td>DN100 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N2</td><td>WATER FROM EVAPORATOR (RISER)</td><td>DN150 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N3</td><td>DRAIN</td><td>DN25 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N4</td><td>PRE-HEATING</td><td>DN25 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N5</td><td>WATER TO EVAPORATOR (DOWNCOMER)</td><td>DN100 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N6</td><td>WATER FROM ECONOMISER</td><td>DN40 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N8</td><td>WATER TO ECONOMISER</td><td>DN25 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N9</td><td>DRAIN</td><td>DN25 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N10</td><td>SAFETY VALVE BLOW OUT</td><td>DN25 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N11</td><td>STEAM FROM LP-EVAPORATOR</td><td>DN150 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N12</td><td>WATER TO LP-EVAPORATOR</td><td>DN40 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N13</td><td>DRAIN</td><td>DN25 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N14</td><td>EXHAUST GAS OUTLET</td><td>DN100 PN1.5</td><td>EN 85344</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N15</td><td>DRAIN</td><td>DN25</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N17</td><td>STEAM FROM SUPERHEATER</td><td>DN100 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N18</td><td>EXHAUST GAS INLET</td><td>DN100 PN1.5</td><td>EN 85344</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N19</td><td>DRAIN PIT</td><td>DN40 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N20</td><td>DRAIN PIT</td><td>DN40 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N21</td><td>DRAIN PIT</td><td>DN40 PN40</td><td>EN 1092-1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N22</td><td>THERMOMETER</td><td>GN female</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N23</td><td>THERMOMETER</td><td>GN female</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N24</td><td>THERMOMETER</td><td>GN female</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N25</td><td>THERMOMETER</td><td>GN female</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N26</td><td>THERMOMETER</td><td>GN female</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N27</td><td>THERMOMETER</td><td>GN female</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N28</td><td>THERMOMETER</td><td>GN female</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N29</td><td>THERMOMETER</td><td>GN female</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N30</td><td>THERMOMETER</td><td>GN female</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N31</td><td>THERMOMETER</td><td>GN female</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N32</td><td>PRESSURE GAUGE</td><td>GN male LIT</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				POS	CONNECTION FOR	SIZE	STANDARD	CHECKED	REMARKS	N1	STEAM TO SUPERHEATER	DN100 PN40	EN 1092-1			N2	WATER FROM EVAPORATOR (RISER)	DN150 PN40	EN 1092-1			N3	DRAIN	DN25 PN40	EN 1092-1			N4	PRE-HEATING	DN25 PN40	EN 1092-1			N5	WATER TO EVAPORATOR (DOWNCOMER)	DN100 PN40	EN 1092-1			N6	WATER FROM ECONOMISER	DN40 PN40	EN 1092-1			N8	WATER TO ECONOMISER	DN25 PN40	EN 1092-1			N9	DRAIN	DN25 PN40	EN 1092-1			N10	SAFETY VALVE BLOW OUT	DN25 PN40	EN 1092-1			N11	STEAM FROM LP-EVAPORATOR	DN150 PN40	EN 1092-1			N12	WATER TO LP-EVAPORATOR	DN40 PN40	EN 1092-1			N13	DRAIN	DN25 PN40	EN 1092-1			N14	EXHAUST GAS OUTLET	DN100 PN1.5	EN 85344			N15	DRAIN	DN25	EN 1092-1			N17	STEAM FROM SUPERHEATER	DN100 PN40	EN 1092-1			N18	EXHAUST GAS INLET	DN100 PN1.5	EN 85344			N19	DRAIN PIT	DN40 PN40	EN 1092-1			N20	DRAIN PIT	DN40 PN40	EN 1092-1			N21	DRAIN PIT	DN40 PN40	EN 1092-1			N22	THERMOMETER	GN female				N23	THERMOMETER	GN female				N24	THERMOMETER	GN female				N25	THERMOMETER	GN female				N26	THERMOMETER	GN female				N27	THERMOMETER	GN female				N28	THERMOMETER	GN female				N29	THERMOMETER	GN female				N30	THERMOMETER	GN female				N31	THERMOMETER	GN female				N32	PRESSURE GAUGE	GN male LIT				5. Other Inspections • Inspection instructions see doc. 30G023 / 5 <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>INSPECTION</th> <th>CHECKED</th> <th>REMARKS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5.1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>5.2</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>5.3</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>5.4</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>5.5</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>5.6</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>5.7</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>5.8</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>5.9</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>5.10</td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				INSPECTION	CHECKED	REMARKS	5.1			5.2			5.3			5.4			5.5			5.6			5.7			5.8			5.9			5.10		
POS	CONNECTION FOR	SIZE	STANDARD	CHECKED	REMARKS																																																																																																																																																																																																																														
N1	STEAM TO SUPERHEATER	DN100 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N2	WATER FROM EVAPORATOR (RISER)	DN150 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N3	DRAIN	DN25 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N4	PRE-HEATING	DN25 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N5	WATER TO EVAPORATOR (DOWNCOMER)	DN100 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N6	WATER FROM ECONOMISER	DN40 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N8	WATER TO ECONOMISER	DN25 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N9	DRAIN	DN25 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N10	SAFETY VALVE BLOW OUT	DN25 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N11	STEAM FROM LP-EVAPORATOR	DN150 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N12	WATER TO LP-EVAPORATOR	DN40 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N13	DRAIN	DN25 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N14	EXHAUST GAS OUTLET	DN100 PN1.5	EN 85344																																																																																																																																																																																																																																
N15	DRAIN	DN25	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N17	STEAM FROM SUPERHEATER	DN100 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N18	EXHAUST GAS INLET	DN100 PN1.5	EN 85344																																																																																																																																																																																																																																
N19	DRAIN PIT	DN40 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N20	DRAIN PIT	DN40 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N21	DRAIN PIT	DN40 PN40	EN 1092-1																																																																																																																																																																																																																																
N22	THERMOMETER	GN female																																																																																																																																																																																																																																	
N23	THERMOMETER	GN female																																																																																																																																																																																																																																	
N24	THERMOMETER	GN female																																																																																																																																																																																																																																	
N25	THERMOMETER	GN female																																																																																																																																																																																																																																	
N26	THERMOMETER	GN female																																																																																																																																																																																																																																	
N27	THERMOMETER	GN female																																																																																																																																																																																																																																	
N28	THERMOMETER	GN female																																																																																																																																																																																																																																	
N29	THERMOMETER	GN female																																																																																																																																																																																																																																	
N30	THERMOMETER	GN female																																																																																																																																																																																																																																	
N31	THERMOMETER	GN female																																																																																																																																																																																																																																	
N32	PRESSURE GAUGE	GN male LIT																																																																																																																																																																																																																																	
INSPECTION	CHECKED	REMARKS																																																																																																																																																																																																																																	
5.1																																																																																																																																																																																																																																			
5.2																																																																																																																																																																																																																																			
5.3																																																																																																																																																																																																																																			
5.4																																																																																																																																																																																																																																			
5.5																																																																																																																																																																																																																																			
5.6																																																																																																																																																																																																																																			
5.7																																																																																																																																																																																																																																			
5.8																																																																																																																																																																																																																																			
5.9																																																																																																																																																																																																																																			
5.10																																																																																																																																																																																																																																			
C																																																																																																																																																																																																																																			
D					6. Scootblower Inspections • Inspection instructions see doc. 30G022 <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>INSPECTION</th> <th>CHECKED</th> <th>REMARKS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>6.1</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>6.2</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>6.3</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>6.4</td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				INSPECTION	CHECKED	REMARKS	6.1			6.2			6.3			6.4																																																																																																																																																																																																														
INSPECTION	CHECKED	REMARKS																																																																																																																																																																																																																																	
6.1																																																																																																																																																																																																																																			
6.2																																																																																																																																																																																																																																			
6.3																																																																																																																																																																																																																																			
6.4																																																																																																																																																																																																																																			
E																																																																																																																																																																																																																																			
F																																																																																																																																																																																																																																			
G	3. Inspection of Exhaust gas Temperature • Inspection instructions see doc. 30G023 / 4.3 <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Mess. no.</th> <th colspan="4">INLET</th> <th rowspan="2">REMARKS</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>2</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Mess. no.</th> <th colspan="4">OUTLET</th> <th rowspan="2">REMARKS</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>2</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				Mess. no.	INLET				REMARKS	A	B	C	D	1						2						Mess. no.	OUTLET				REMARKS	A	B	C	D	1						2																																																																																																																																																																																								
Mess. no.	INLET					REMARKS																																																																																																																																																																																																																													
	A	B	C	D																																																																																																																																																																																																																															
1																																																																																																																																																																																																																																			
2																																																																																																																																																																																																																																			
Mess. no.	OUTLET				REMARKS																																																																																																																																																																																																																														
	A	B	C	D																																																																																																																																																																																																																															
1																																																																																																																																																																																																																																			
2																																																																																																																																																																																																																																			
H					Refer to document 30G023 for inspection instructions.																																																																																																																																																																																																																														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																																																																																																								

Kuva 12: AV-6N-kattilatyypin laaduntarkastusraportti

5 MITTAUSVÄLINEET

Laitteille tehtävät mittaukset liittyvät usein verrattain suurten dimensioiden mittaamiseen. Yleisen mittatoleranssin on $\pm 20\text{mm}$. Näin ollen mittaamiseen katsottiin riittävän rullamitta ja laser-etäisyysmittari. Mittausvälineiden yhdenmukaistamiseksi mittauslaitteille asetettiin vaatimuskriteerit. Näin varmistetaan, että tulokset ovat riittävän vertailukelpoisia keskenään riippumatta alihankkijasta. Välineille ei kuitenkaan haluttu asettaa tarpeettoman suuria vaatimuksia, koska se olisi ollut laadullisesti merkityksetöntä sekä se olisi kasvattanut välineiden hankintahintaa sekä mahdollisesti hankaloittanut laitteiden saatavuutta. Mittausta suorittavan ihmisen aiheuttaman epätarkkuuden ei myöskään katsottu olevan riittävän merkittävää perustelevaan huomattavasti monimutkaisempien mittaus- ja merkintätapojen käyttöä.

Rullamittan tarkkuuden määrittelyssä viitataan euroopan yhteisön laatimaan direktiiviin (2004/22/EY). Tarkkuusluokaksi otettiin EC-luokka II tai vastaava, jossa pituusmittan suurin sallittu positiivinen tai negatiivinen virhe nimellispitäydelle tai mille tahansa muulle kahden asteikkomerkin väliselle etäisyydelle on ilmaistava kyseessä olevan pituuden funktiona kaavalla $(a + bL)$ mm, jossa

— L on kyseessä oleva pituus metreinä pyöristettynä ylöspäin lähimpään kokonaislukuun

— a ja b ovat kertoimia, jotka ovat määntyneet kullekin tarkkuusluokalle seuraavan taulukon mukaisesti:

tarkkuusluokka	a	b
I	0,1	0,1
II	0,3	0,2
III	0,6	0,4

Kuva 13. Suurimmat sallitut virheet (Mittauslaitedirektiivi, 31.3.2004, 2004/22/EY, EUVL L 135, 31.3.2004, 72.)

Lasermittarin suurimmaksi sallituksi virheeksi valittiin yleisesti saatavilla olevien mittarien tarkkuuden perusteella ei enempää kuin $\pm 1,0\text{mm}$ 10m etäisyyksille saakka.

6 AV-6N KATTILATYYPIN TARKASTUKSET

Kattilalle tehdään seuraavat tarkastukset, joista kerrotaan osiossa erikseen tarkemmin:

- Mittatarkastukset
- Laippojen ja prosessimittausyhteiden tarkastus
- Prosessimittausyhteiden tarkastus
- Pakokaasulaippojen tasomaisuus
- Hitsaustarkastus (ei-paineelliset osat)
- Laitekohtaiset tarkastukset
- Nuohointarkastukset

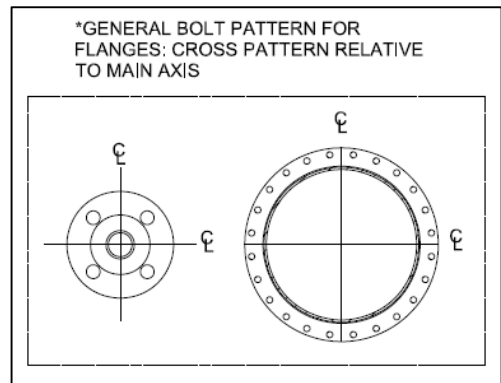
6.1 Mittatarkastukset

Mitattavat kohteet näkyvät tarkastuskuvassa niin, että kuvaan on mitoitettu vain ne mitat, jotka halutaan tarkastettavaksi. Epäoleellisiksi katsotut, tai vaikeasti jälkikäteen todennettavissa olevat mitat karsittiin pois. Kuvassa annetaan spesifioitu mitta, jonka tarkastaja varmentaa. Kuvan mitan viereen tarkastaja merkkää todellisen mitatun arvon. Yleiseksi mittatoleranssiksi katsottiin riittävän jo aiemmin käytössä olleen $\pm 20\text{mm}$. Tarkemman toleranssin käyttämistä harkittiin, mutta sen arveltiin aiheuttavan vaikeuksia valmistajilla. Lisäksi todettiin että asennuksen kannalta tarkemman toleranssin käyttäminen on tarpeetonta.

Laitteesta riippumatta mitattavat kohteet koostuvat laitteen äärimitoista sekä tärkeimpien yhteiden sijainneista. Yhteiden paikat valittiin mitattaviksi kohteiksi, koska ne ovat pisteitä joihin asiakas liittyy putkistollaan. Mitattavaksi kohteeksi valittiin myös jalkojen mitat. Toleranssin ylittyessä mitta merkataan raporttiin ja valmistaja ohjeistetaan ottamaan yhteyttä Alfa Lavalin projektihenkilöstöön, joka tekee lopullisen päätöksen jatkotoimenpiteistä. Mittausten jälkeen tarkastaja kuittaa kohteen tarkastetuksi.

2. Inspection of Flanges and Process measurement connections (pressure/temperature) - Inspection instructions: see doc. 30G023 / 4.2					
POS	CONNECTION FOR	SIZE	STANDARD	CHECKED	REMARKS
N1	STEAM TO SUPERHEATER	DN100 PN40	EN 1092-1		
N2	WATER FROM EVAPORATOR (RISER)	DN150 PN40	EN 1092-1		
N3	DRAIN	DN25 PN40	EN 1092-1		
N4	PRE-HEATING	DN25 PN40	EN 1092-1		
N5	WATER TO EVAPORATOR (DOWNCOMER)	DN100 PN40	EN 1092-1		
N6	WATER FROM ECONOMISER	DN40 PN40	EN 1092-1		
N8	WATER TO ECONOMISER	DN32 PN40	EN 1092-1		
N9	DRAIN	DN25 PN40	EN 1092-1		
N10	SAFETY VALVE BLOW OUT	DN32 PN40	EN 1092-1		
N11	STEAM FROM LP-EVAPORATOR	DN150 PN40	EN 1092-1		
N12	WATER TO LP-EVAPORATOR	DN80 PN40	EN 1092-1		
N13	DRAIN	DN25 PN40	EN 1092-1		
N14	EXHAUST GAS OUTLET	DN1600 PN2,5	DIN 86044		
N15	DRAIN	R3" male			
N17	STEAM FROM SUPERHEATER	DN100 PN40	EN 1092-1		
N18	EXHAUST GAS INLET	DN1600 PN2,5	DIN 86044		
N19	DRAIN PIT	DN40 PN40	EN 1092-1		
N20	DRAIN PIT	DN40 PN40	EN 1092-1		
N21	DRAIN PIT	DN40 PN40	EN 1092-1		
N22	THERMOMETER	G½" female			
N23	THERMOMETER	G½" female			
N24	THERMOMETER	G½" female			
N25	THERMOMETER	G½" female			
N26	THERMOMETER	G½" female			
N27	THERMOMETER	G½" female			
N28	THERMOMETER	G½" female			
N29	THERMOMETER	G½" female			
N30	THERMOMETER	G½" female			
N31	THERMOMETER	G½" female			
N32	PRESSURE GAUGE	G½" male LH			

Kuva 16: Raporttipohja ja tiedot laippojen ja prosessimittausyhteiden tarkastusta varten.

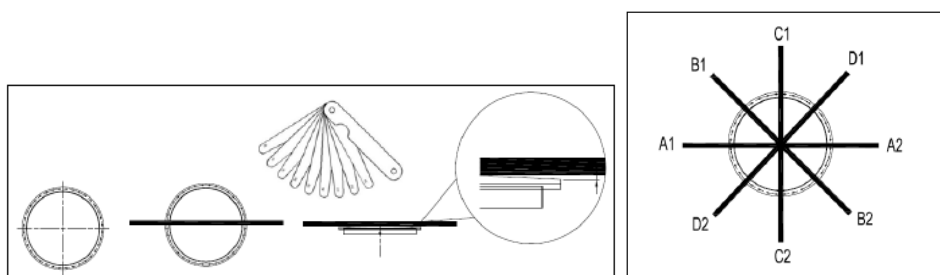


Kuva 17: Ohjeistus pulttijaon tarkastamista varten

6.3 Pakokaasulaippojen tarkastus

Pakokaasulaipat haluttiin ottaa erilliseksi tarkastuskohteeksi muista laipoista poikkeavan standardin sekä suuren kokonsa vuoksi. Pakokaasulaipoissa on suuri tiivistyspinta, joten niille haluttiin tehdä myös erillinen tasomaisuustarkastus. Tasomaisuuden lisäksi tarkastaja verificoi muiden laippojen tapaan standardinmukaisuuden, koon, paineluokan ja pulttijaon.

Tasomaisuuden mittaamiseen käytetään linjainta sekä rakotulkkia. Mittaus tehdään tarkastamalla rakotulkin avulla linjaimen ja laippapinnan väliin jäävä rako molemmista päistä. Mittaus suoritetaan neljästä eri positiosta siirtäen linjainta 45° kerrallaan. Ohjeistus tehtiin selkeyden vuoksi myös visuaaliseen muotoon. Mittaustulokset raportoidaan erilliseen taulukkoon.



Kuva 18. Ohjeet pakokaasulaipan tasomaisuuden tarkastamiseen

3. Inspection of Exhaust gas flange flatness - Inspection instructions: see doc. 30G023 / 4.3					
INLET					REMARKS
Meas. no.	A	B	C	D	
1					
2					
OUTLET					
Meas. no.					
1					
2					

Kuva 19. Raportointipohja tasomaisuuden mittaamiselle

6.4 Hitsaustarkastus

Tässä yhteydessä tehtävä tarkastus on visuaalinen ja se suoritetaan vain saumoille, jotka eivät ole painelaitteessa, koska painelaitesaumoille tehdään erilliset tarkastukset ja NDT-testit. Kuori- ja teräsrakenteen saumojen tulee olla kaasutiiviitä ja täyttää ISO EN 5817 C-luokan vaatimukset.

Hitsausvirheiden tunnistamisen vaatiessa erityistä ammattitaitoa, päätettiin tätä varten laatia erillinen ohjeistus yrityksen hitsausasiantuntijan toimesta. Ohjeistus on suunnattu myös Alfa Laval Aalborgin omalle henkilöstölle, jotka saattavat tehdä laitteille pistotarkastuksia valmistajan tarkastusten lisäksi. Ohjeistuksesta pyrittiin tekemään selkeä ja helppolukuinen kuvallisine esimerkkeineen. Ohjeessa määritellään kriteerit tarkastusympäristölle valaistuksen ja etäisyyksien osalta. Yleisimmät hitsausvirheet näytetään valokuvien avulla esimerkinomaisesti.

Laitteen tarkastettavat saumat päätettiin osoittaa vielä valokuvan avulla, jotta tarkastuksen tekijälle ei jää epäselväksi mitkä saumat kuuluvat tarkastuksen piiriin.



Kuva 20. Esimerkki AV-6N kattilan hitsaussaumojen tarkastusohjeesta

7 AV-6N KATTILAN MUUT TARKASTUKSET

Muilla tarkastuksilla tarkoitetaan tässä yhteydessä AV-6N kattilatyypille kuuluvia ominaisia rakenteita, joiden katsottiin olevan niin oleellisia toiminnan kannalta, että ne haluttiin ottaa tarkastusten piiriin. Näiden kohteiden tarkastuksesta ei katsottu olevan tarpeellista tuottaa mittausdataa, vaan riittää että tarkastaja tarkastaa, visuaalisesti että kohteet ovat kuvien mukaisia.

Muut tarkastettavat kohteet ovat:

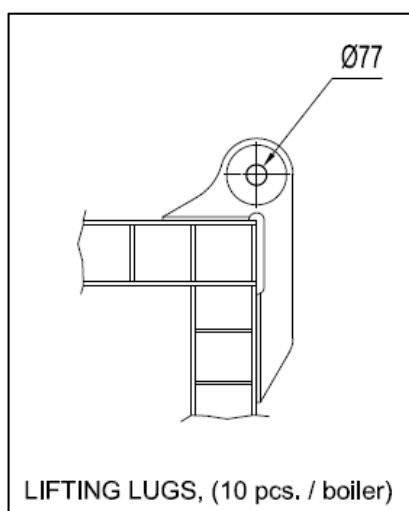
- Nostokorvat
- Kattilan jalat
- Huoltoluukut ja näiden tiivisteet
- Putkirekisterien jakolevyt
- Savukaasujen ohjauslevyt
- Putkirekisterien etäisyys kuorirakenteeseen
- Eristysraudat
- Eristystyön laatu
- Laitekilven tiedot
- Pakkaus kuljetusta ja säilytystä varten

5. Other Inspections - Inspection instructions: see doc. 30G023 / 5			
	INSPECTION	CHECKED	REMARKS
5.1	Lifting lugs		
5.2	Boiler feet		
5.3	Service hatches / gaskets		
5.4	Dividing plates		
5.5	Baffle plates		
5.6	Distance of casing and tube bundles		
5.7	Insulation pins & distance arcs		
5.8	Insulation work quality		
5.9	Pressure vessel shield		
5.10	Preservation for storing and packing		

Kuva 21. Esimerkki AV-6N kattilan muiden tarkastusten raportointipohjasta

7.1 Nostokorvat

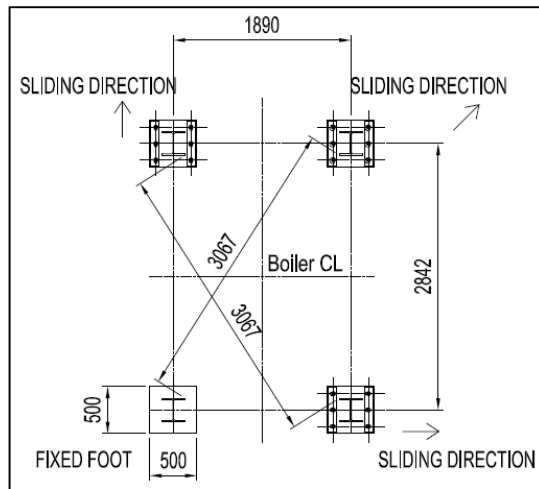
Kattilan teräsrakenteeseen on hitsattu nostokorvat siirtelyn mahdollistamiseksi. Nostokorvien tarkastus haluttiin ottaa yhdeksi tarkastuskohteeksi nostoturvallisuuden varmistamiseksi. Tarkastuksessa varmistetaan visuaalisesti, että nostokorvien määrä ja sijainti on tarkastuskuvien mukainen. Lisäksi mitataan, että nostokorvien reikä on spesifioidun kokoinen. Varmistuksen jälkeen tarkastaja merkkää kohteen tarkastetuksi raporttiin.



Kuva 22. Nostokorvien reikäkoko sekä lukumäärä näytettynä tarkastuskuvassa

7.2 Kattilan jalkojen tarkastaminen

Kattila asennetaan neljän jalan varaan, joista yksi on kiinnitetty pysyvästi alustaan hitsaamalla. Loput jalat on suunniteltu niin, että ne ottavat vastaan lämpöliikkeet ja niiden sallitaan liukua ovaalinmuotoisten pulttireikien varassa. Putkistoihin kohdistuvan jännityksen minimoimiseksi kiinnitetty jalka sijoitetaan yleensä sille kattilan sivulle, jossa on eniten putkiston yhtymäkohtia. Tarkastuksessa varmistetaan, että liukuvien ja kiinnitettyjen jalkojen sijainti täsmää kuvassa annettujen sijaintien kanssa.



Kuva 23. Kiinnitetyn ja liukuvien jalkojen asema näytettynä tarkastuskuvassa

7.3 Huoltoluukkujen ja tiivisteiden tarkastaminen

Huoltoluukut sijaitsevat kattilan kuorirakenteessa ja luukuista voidaan tarkastaa savukaasupuolelta kattilan putkipakettien puhtaus, mahdolliset vuodot, nuohoimien kunto sekä suorittaa huolto- ja puhdistustoimenpiteitä näihin kohteisiin. Koska kuumat savukaasut liikkuvat suoraan luukkujen takana, on tärkeää tarkastaa tiivisteiden oikea tyyppi sekä näiden asennus. Tarkastaja testaa lisäksi vielä jokaisen miesluukun liikkuvuuden sekä kiinnityksen toimivuuden ja kuittaa kohteet tarkastetuiksi raporttipohjaan.



Kuva 24. AV-6N kattilan huoltoluukku

7.4 Jakolevyjen tarkastaminen

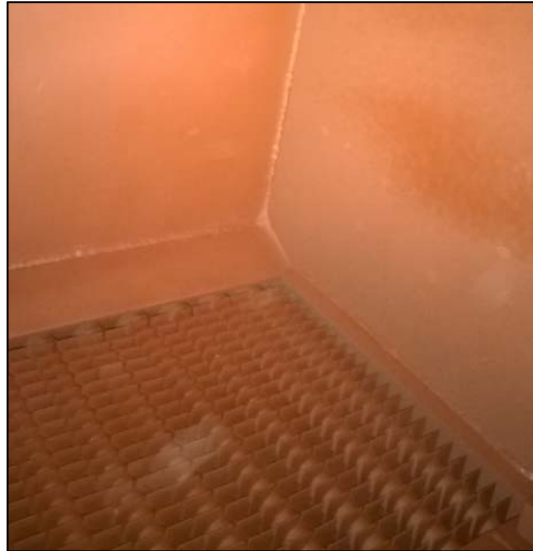
Kattiloiden koon kasvaessa suureksi, kattila saattaa alkaa resonoimaan tiettyjen olosuhteiden vallitessa. Resonoinnin aiheuttama värähtely rasittaa tarpeettomasti kattilan rakenteita, putkiliitoksia ja instrumentteja. Aiempien simulaatioiden avulla on todettu, että värähtelyä voidaan välttää asentamalla putkirekisterin väliin jakava levyrakente. Tarkastuskuvaan on kirjoitettu jakolevyjen määrä, jonka oikeellisuuden tarkastaja verifioi.



Kuva 25. Jakolevyt putkirekisterin välissä

7.5 Savukaasujen ohjauslevyjen tarkastaminen

Kattilan tehon parantamiseksi sisäseinille asennetaan ohjauslevyjä, jotka ehkäisevät savukaasujen ohivirtausta putkirekisterien, eli tehokkaan lämpöpinnan ohitse. Tarkastuksessa varmistetaan, että ohivirtauslevyt ovat asennettuna.



Kuva 26. Ohjauslevyt putkipakettien reunoilla

7.6 Putkirekisterien ja kuorirakenteen välisen etäisyyden tarkastaminen

Putkirekisterin ja kattilan seinämän välinen etäisyys vaikuttaa kattilan tehoon. Mitä suurempi välys seinämällä ja rekisterillä on, sitä suurempi massavirta savukaasuja pääsee ohittamaan tehokkaan lämpöpinnan. Liian pieni välys taas saattaa aiheuttaa seinämän ja putkirekisterin törmäyksen, joka saattaa aiheuttaa rakenteellisia jännityksiä ja mahdollisesti vaurioita. Optimivällykseksi rekisterille ja seinämälle on määritetty 12,5mm, mutta vähintään 5mm.



Kuva 27. Kattilan kuorirakenteen seinämä liian lähellä putkipakettia

7.7 Eristysraudat

Kattilan eristystä varten on tehty erillinen kuva, joka määrittelee eristysrautojen sijainnin ja määrän neliötä kohti. Tarkastuksessa käydään läpi, että eristysraudat ja valmistelu on tehty ohjeiden mukaisesti.



Kuva 28. Esimerkki AV-6N kattilan eristysraudoituksesta

7.8 Eristyksen laadunvarmistus



Kattilan viimeinen kerros, joka näkyy asiakkaalle on alumiininen eristyslevykerros. Työn laatua on kontrolloidaan lähinnä visuaalisen laadun vuoksi, mutta luonnollisesti laatua on tarkkailtava myös lämpöhäviöiden minimoimiseksi. Eristyksen laadulle ja visuaaliselle ilmeelle on kuitenkin hankala määrittää kriteereitä, joten parhaaksi menetelmäksi on katsottu, että visuaalista ilmettä verrataan referenssivalokuviiin, jossa näytetään hyväksyttävä lopputulos. Erillinen eristyskuva näyttää tarvittavan eristepaksuuden ja -laadun.



Kuva 29. Referenssivalokuvia kattilan eristyslevyjen asennuksista

7.9 Painelaitekilpi

Painelaitedirektiivi edellyttää, että laitteeseen on kiinnitettyä painelaitekilpi, josta ilmenee laitteen tyypilliset tekniset tiedot sekä mahdollinen CE-merkintä. Painelaitekilvessä olevien tietojen oikeellisuus tarkastetaan ja kuitataan raporttiin.

 The Aalborg product range	UNIT TYPE	AV-6N
	MANUFACTURING NUMBER	9461
ALFA LAVAL AALBORG OY P.O. Box 9 FI-26101 Rauma FINLAND	MANUFACTURING YEAR	2015
	WATER VOLUME max.	3900 L
<input checked="" type="checkbox"/> STEAM PRODUCTION <input type="checkbox"/> WATER PRODUCTION <input type="checkbox"/> FIRED BOILER <input checked="" type="checkbox"/> EXHAUST GAS BOILER <input type="checkbox"/> STEAM DRUM <input type="checkbox"/> OTHER PRESSURE VESSEL	CAPACITY	4594 kW
	MAXIMUM / WORKING PRESSURE	15,1 / 12,7 bar (g)
	MAX. / WORKING TEMPERATURE	350 / 295 °C
	MIN. ALLOWABLE WORKING TEMP.	20 °C
	SAFETY DEVICE SET PRESSURE	14,5 bar (g)
	TEST PRESSURE SUP. / EVA+ECO	37 / 31,5 bar (g)
	DATE OF TEST	
	DESIGN CODE	EN 12952
	NOTIFIED BODY	0575

Kuva 30. Tyypillinen AV-6N kattilan painelaitekilpi

7.10 Pakkaus ja säilytys

Tarkastus tehdään vaiheessa, jolloin kattilaa valmistellaan jo kuljetukseen. Kuljetus tapahtuu yleisesti ottaen sekä meri-, että maateitse. Kohdemaasta riippuen kuljetus ja säilytykset saattavat kestää useita viikkoja ja lisäksi on mahdollista että kattilaa varastoidaan pikiäkin aikoja ennen lopullista asennusta.

Kattilarakenteet ovat pintakäsiteltyjä korroosion ehkäisemiseksi, mutta tästä huolimatta etenkin kattilan sisälle jäävä kosteus ruostuttaa nopeasti rakenteita vaikka kattilan sisäosat käsitelläänkin korroosionsuoja-aineilla ja rakenteet pyritään sulkemaan mahdollista varastointiaikaa silmälläpitäen. Tarkastusmenettelyllä voidaan kuitenkin pyrkiä minimoimaan korroosiovaikutukset varmistamalla, että kaikki kattilan aukot ovat kunnolla suljettu, sisäpuoliset osat käsitelty korroosionestoaineella sekä ulkopuoli on kunnolla suojattu pressuilla. Ennen kattilan vaputtamista kuljetukseen, tarkastajan tulee huomioida että edellä olevat toimenpiteet ovat tehtynä.

8 NUOHOINTARKASTUKSET

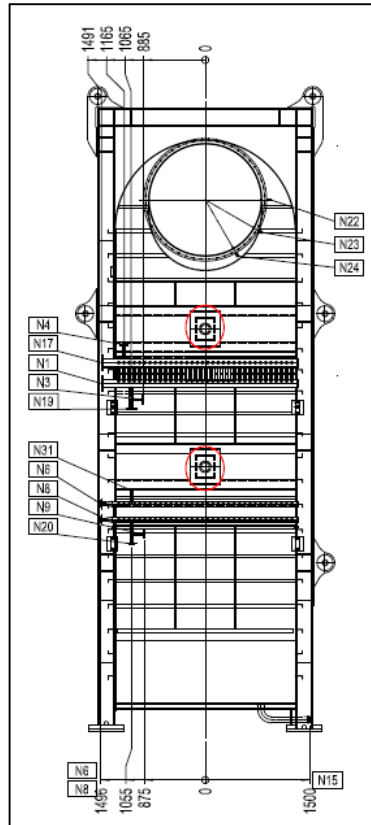
Lähes kaikki kattiloiden lämmönlähteinä käytettävät savukaasut sisältävät enemmän tai vähemmän kattilan lämpöpinnoille kertyviä epäpuhtauksia, joista merkittävimpinä voidaan pitää polttoöljyjä polttoaineenaan käyttävien moottoreiden pakokaasuissa esiintyvää hiilivetyjen epätäydellisestä palamisesta syntyvää nokea. Kuitenkin myös puhtaampina palavia polttoaineita käyttävien moottoreiden pakokaasuissa on joitain määriä lämpöpinnoille tarttuvia epäpuhtauksia, kuten voiteluainejäämiä. Lämpöpinnoille kertyessään nämä epäpuhtaudet toimivat eristeenä huonontaan kattilan tehoa. Lisäksi likainen kattila aiheuttaa nokipaloriskin. Kattilassa pyritään jäähtymisen vuoksi pitämään vesikierto vaikka höyryntuotanto olisikin pysähtynyt. Varotoimenpiteistä huolimatta vesikierron häiriintymisen seurauksena kattilan sisäosat saattavat saavuttaa lämpötilan, jossa nokikerros syttyy palamaan. Riskin pienentämiseksi kattilan lämpöpintojen puhtaanapitoon käytetään nuohoimia, jotka käyttävät puhdistamiseen yleensä kattilan itse tuottamaa höyryä.

Höyryä päästetään nuohoimiin, jotka on varustettu useilla suuttimilla, jotka suuntaavat höyryn kohti lämpöpintoja. Alfa Laval Aalborg toimittaa yleisesti nuohoinputken, mutta putkea liikuttava moottori ja muu nuohointekniikka on kolmannen osapuolen toimittama. Nuohoimien lopullinen asennus tehdään kattilan ollessa jo lopullisella asennuspaikallaan. Nuohointarkastuksen kohteita ovat:

- Nuohoinläpiviennit
- Suuttimet
- Liikeratatesti
- Lukitus kuljetusta varten

8.1 Nuohoimien läpiviennit

Tässä tarkastuksessa varmistetaan yksinkertaisesti, että kattilassa olevat nuohoinläpiviennit täsmäävät sekä lukumäärällisesti että sijainniltaan tarkastuskuvan kanssa.



Kuva 31. AV-6N kattilan nuohoinläpiviennit

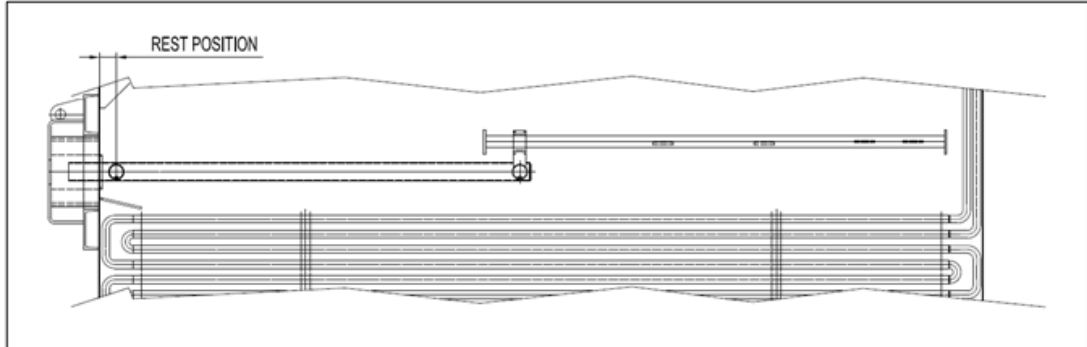
8.2 Suuttimien tarkastus

Nuohointen höyrysuuttimien lukumäärä on annettu tarkastuskuvassa ja tarkastuksessa varmistetaan, että suuttimia oikea määrä, ja että ne ovat asennettu kunnolla. Määritetty lukumäärä ilmaistaan laaduntarkastuskuvassa.

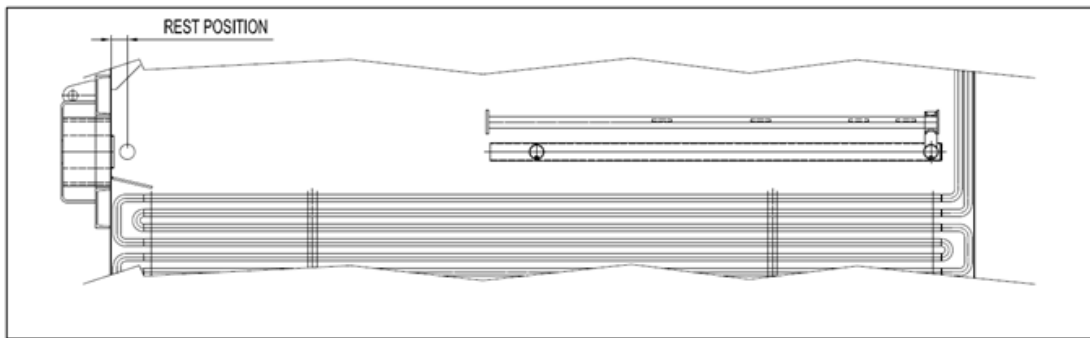
8.3 Liikeratatesti

Haravanuohoimen tapauksessa nuohoinharava jätetään valmistuksessa kattilan sisään, jolloin se voidaan yhdistää helposti kattilan ulkopuolella sijaitsevaan nuohoimen moottoriin sekä putkistoon lopullisella asennuspaikallaan. Jotta puhdistava höyrysuihku kattaa mahdollisimman suuren osan lämpöpinnasta, tekee harava edestakaisen liikkeen kattilan sisällä nuohouksen aikana. Nuohoinharava on tuettu sivuiltaan liikkumaan ohjainputkia pitkin, joiden pätyihin on hitsattu pysäytyslevyt.

Liikeratatestissä haravaa siirretään manuaalisesti koko liikeratansa mitalla, jotta voidaan varmistua, että liike on sujuvaa ja myös, että ohjainputkiin hitsatut levyt pysäyttävät liikkeen ennen haravan osumista putkirekisterien väliputkiin.



Kuva 32. Nuohoimen haravaosa täysin vetäytyneenä kotiasennossa.



Kuva 33. Nuohoimen haravaosa täysin ojennettuna päätyasennossa.

8.4 Lukitus kuljetusta varten

Nuohoinharavat tulee lukita kuljetuksen ajaksi tiukasti paikoilleen, koska ne jätetään kattilan sisälle irtonaisena. Jos lukitus jää tekemättä, heiluva nuohoinharava voi kuljetuksen aikana vaurioittaa putkirekistereitä. Tarkastuksessa varmistetaan, että lukitseminen paikoilleen tehty.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön kirjoittamisen aikaan uusista tarkastusmenettelyistä on saatu jo kokemuksia. Kuvat ja ohjeistukset on laadittu 16:ta eri laitteelle ja ne ovat käytössä kaikilla Alfa Laval Aalborgin valmistajilla. Vaikka asiakkaiden tekemien reklamaatioiden määrä on ollut laskusuuntainen, on vielä mahdotonta sanoa onko tarkastusmenetelmien muutoksilla ollut vaikutusta asiaan. Toisaalta menetelmän yhtenä tavoitteena olikin välttää laatuvirheiden päätyminen asiakasreklamaatioiksi asti. Tästä syystä reklamaatioiden määrä ei ole hyvä mittari toimivuuden toteamiseen ja luetettavia mittareita menetelmän toimivuudesta ei juurikaan ole. Vaikutus saattaa olla muutenkin näkymätöntä, koska valmistaja saattaa kiinnittää jo lähtökohtaisesti parempaa huomiota kohteisiin. Lisäksi asiakkaan kohdalla tarkemmat laaduntarkastusmenetelmät antavat luultavasti positiivisemmän kuvan yrityksen tuotteista ja toiminnasta.

Menetelmän huonoimpana puolena on selkeästi kuormittavuus sekä valmistajan, että Alfa Laval Aalborgin henkilöstön osalta. Kustannusvaikutuksia lisääntyneelle työlle on vaikeaa arvioida, mutta toisaalta pitkälle päästessään yhdenkin laatuvirheen korjaus saattaa olla huomattavan kallista. Menetelmän vaativan manuaalisen työn vuoksi myös inhimillisten erehdysten riski kasvaa, mutta toistaiseksi menettelystä johtuvia virheitä ei ole tullut tietoon.

LÄHTEET

Höyryopas 1989. Öljy –ja kaasulämmitysyhdistys.

SFS-EN ISO 9001. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. (9001:2015). 2015. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS

Quality systems www-sivut. 2016. Viitattu 2.11.2016.

<http://www.qualitysystems.com/support/pages/inspection-and-test-plans>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi painelaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta, 27.6.2014, 2014/68/EU, EUVL L 189, 27.6.2014, 174.

Mittauslaitedirektiivi, 31.3.2004, 2004/22/EY, EUVL L 135, 31.3.2004, 72.

Alfa Laval Aalborgin laatukäsikirja 2016

Alfa Laval Aalborgin sisäinen tietokanta 2015