

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

School of Energy Systems

Konetekniikan koulutusohjelma

Teemu Knuuti

**VALMISTUSMODUULIN VALINTA JA KUSTANNUSVAIKUTUKSET
PAINEELLISTEN PROSESSIPUTKIEN SUUNNITTELUSSA JA
VALMISTUKSESSA**

Tarkastajat Professori TkT Tommi Jokinen

DI Olli Kortelainen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
School of Energy Systems
Konetekniikan koulutusohjelma

Teemu Knuuti

Valmistusmoduulin valinta ja kustannusvaikutukset paineellisten prosessiputkistojen suunnittelussa ja valmistuksessa

Diplomityö

2017

94 sivua, 16 kuvaa, 14 taulukkoa ja 2 liitettä

Tarkastajat: Professori TkT Tommi Jokinen; DI Olli Kortelainen, Neste Jacobs Oy

Hakusanat: prosessiputkistot, painelaitedirektiivi, valmistusmoduuli, laatu järjestelmä

Diplomityön tarkoitus on selvittää painelaitedirektiivin mukaisen valmistusmoduulin valinnan kustannusvaikutus prosessiputkistojen valmistuksessa. Vaihtoehdot ovat moduulit A2 ja G tai täydelliseen laadunvarmistukseen perustava H-moduuli. H-moduulin käyttö vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa edellyttää yritykseltä sertifioitua laadunhallintajärjestelmää. Vaihtoehtoisten moduulien kustannusrakenne eroaa toisistaan. G-moduulilla valmistus vaatii ilmoitetun laitoksen käyttämistä tarkastuksissa. Ulkopuolisen toimijan käyttö aiheuttaa muuttuvia kustannuksia, joita verrataan H-moduulijärjestelmän ylläpitokustannuksiin Neste Jacobs Oy:ssä.

Teoriaosassa annetaan lukijalla käsitys painelaittevalmistuksen vaatimuksista ja yrityksen laadunhallinnan merkityksestä laadulle ja laatu kustannuksiin. Yrityksen panostus laatuun tuottaa asiakkaalle lisäarvoa ei ainoastaan rahallisessa muodossa, vaan toiminnan eheytenä.

Tutkimusosassa selvitetään kustannuksia yrityksen eri tietojärjestelmistä saaduilla tiedoilla ja muodostetaan malli kustannusten muodostumisesta eri vaihtoehtoissa. Vaihtoehtoisten valmistusmoduulien kustannuksia vertaillaan tämän hetkisin tiedoilla ja myöhemmin mallia voidaan soveltaa tietojen muuttuessa tai tarkentuessa yrityksen toiminnanohjaukseen ja markkinointiin.

Tutkimuksen perusteella Neste Jacobs Oy:n ylläpitämä H-moduulijärjestelmä tuottaa lisäarvoa asiakkaalle ja tukee vallitsevaa käsitystä kokonaisvaltaisen laadunhallinnan tarpeellisuudesta yrityksen toiminnassa. Tutkimus luo pohjaa tulevaisuudessa putkistovalmistuksen tarkastuskustannusten rakenteen tarkasteluun ja toiminnanohjaukseen laatu kustannusnäkökohdista.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
School of Energy Systems
Mechanical Engineering

Teemu Knuuti

Selecting the conformity assessment module and the cost effects in design and manufacturing of pressurized process piping

Master's thesis

2017

94 pages, 16 figures, 14 tables and 2 appendices

Examiners: Professor D.Sc. Tommi Jokinen; M.Sc. Olli Kortelainen, Neste Jacobs Ltd.

Keywords: process piping, pressure equipment directive, manufacturing module

The aim of this master's thesis is to clarify the related costs of the conformity assessment procedures (modules) according to the options defined by the pressure equipment directive (PED) for manufacturing of process pipings. The options are modules A2 and G or H-module, which is based to full quality assurance. The use of the H-module procedures for the assessment of conformity requires the manufacturer to have a certified quality management system. The module G requires use of the notified body. The cost formation of optional modules differentiates from each other. The use of a third party inspectorate produces variable costs, which are compared to the upkeep costs generated by the H-module system in the Neste Jacobs Ltd.

The theory part of the thesis is a literature review. The reader will be introduced to the requirements of piping manufacturing and to the significance of quality assurance in sense of quality control and quality costs. The investment to the quality will yield added value for the customer, not simply as profit, but as enhanced integrity of operation.

The research part of the thesis studies the data extracted from the various systems of the company. A model of the cost structure is formed for the two alternative conformity assessment procedure options and a comparison is made with the current available data. In the future the model can be applied with a new data for the purpose of management and marketing.

Based on the conducted research the H-module system produces added value for the customer and supports the current view of necessity of the comprehensive quality assurance in the operation. The research finds a future base to review the cost structure of inspection costs for the management in aspects of quality cost.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Neste Jacobs Oy:n laitossuunnitteluosastolle. Työn tavoite on selkiyttää ja rakentaa pohjaa putkistosuunnittelun ja -valmistuksen laatumuutosten tutkimukselle Neste Jacobs Oy:n toiminnassa.

Haluan kiittää Lappeenrannan teknillistä yliopistoa ja työnantajaani Neste Jacobs Oy:tä mahdollisuudesta viimeistellä opinpolkuni. Kiitokset diplomityön tarkastajille professori Tommi Jokiselle ja Olli Kortelaiselle, sekä asiantuntevasta ohjauksesta Kaj Rautomaalle ja Petri Oravalle.

Teemu Knuuti

Porvoossa

23.09.2017

SISÄLLYSLUETTELO

KUVALUETTELO	8
TAULUKKOLUETTELO	9
SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO	10
1 JOHDANTO	12
1.1 Tutkimuksen tausta	12
1.2 Tutkimuksen tavoite	12
1.3 Tutkimuskysymykset	13
1.4 Tutkimusmenetelmät	13
1.5 Tutkimuksen sisältö ja rajaukset	13
2 YRITYS ESITTELY	14
2.1 Neste Jacobs Oy.....	14
2.2 Neste Jacobs Oy:n historia.....	15
3 PAINELAITEDIREKTIIVI	16
3.1 Taustaa	16
3.1.1 Historia.....	16
3.1.1 Painelaitteen määritelmä.....	17
3.1.2 Lainsäädäntö	18
3.2 Painelaitedirektiivi ja painelaitelaki.....	19
3.3 Merkitys turvallisuudelle	19
3.4 Viranomaiset ja tarkastuslaitokset	20
3.4.1 Valvontaviranomainen	20
3.4.2 Ilmoitetut laitokset	21
3.4.3 Tarkastuslaitokset	21
3.5 Painelaitteen luokitus	22
3.6 Vaatimuksenmukaisuuden arviointimenettely.....	28
3.6.1 Vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyt teollisuusputkistolle	29
3.6.2 Arviointimenettelyn valinnan vaikutus kustannusten muodostumiseen.....	30
4 PROSESSIPUTKISTON VALMISTAMINEN	32
4.1 Suunnittelulajit.....	32
4.2 Prosessiputkiston valmistukseen liittyvät tarkastukset	32

4.2.1	Suunnittelu	32
4.2.2	Hankinta ja materiaalit.....	34
4.2.3	Valmistaminen	37
4.2.4	Loppuarviointi	38
5	LAATUKUSTANNUSLASKENTA.....	41
5.1	Laatu	41
5.2	Laatuajattelun historia.....	42
5.3	Laatukustannusmallit	43
5.3.1	PAF-Malli	44
5.3.2	Crosbyn-malli	45
5.3.3	ABC-malli.....	46
5.3.4	Prosessimalli	47
5.3.5	Piilokustannukset ja vaihtoehtoiskustannukset.....	48
5.3.6	Laatukustannusmallien yhdistäminen.....	49
5.4	Laatukustannuksia suunnittelutoimistossa.....	50
5.5	Laatukustannuslaskennan yhteenveto.....	53
6	LAADUNHALLINTA OSANA YRITYKSEN JOHTAMISJÄRJESTELMÄÄ.....	54
6.1	Johtamisjärjestelmä.....	54
6.2	Laatukäsikirja.....	55
6.3	NJ Management System	55
6.4	Viitekehykset	56
6.4.1	Auditointi ja sertifiointi	56
6.4.2	Laadunhallintajärjestelmä	57
6.4.3	Ympäristöjohtamisjärjestelmä	58
6.4.4	Työterveys- ja turvallisuusjohtamisjärjestelmä	58
6.5	H-moduulijärjestelmä	59
6.5.1	Laatujärjestelmä.....	59
6.5.2	Standardit	60
6.5.3	Spesifikaatiot	63
6.6	Laadunhallinta yhteenveto.....	64
7	MODUULIVAIHTOEHTOJEN VERTAILU	65
7.1	Moduulien vaihtoehtoisuus.....	65
7.2	H-moduulijärjestelmän kustannukset	65

7.2.1	Auditointi ja sertifiointi kustannukset.....	66
7.2.2	Vuoden 2016 auditoinnin työmäärä.....	66
7.2.3	Lainsäädännön seuranta.....	67
7.2.4	Dokumenttien ylläpito	67
7.2.5	Alihankkijoiden auditointi	68
7.2.6	H-moduulijärjestelmän vuotuinen ylläpitokustannus	68
7.3	Moduuli A2 kustannukset.....	69
7.4	Moduuli G kustannukset.....	69
7.4.1	EKI-järjestelmä.....	70
7.4.2	EKI-listaus ja hakukriteerit	71
7.4.3	PED-kategorioiden jakauma	71
7.4.4	Nopro-Järjestelmä.....	74
7.4.5	Isometri ja materiaalista.....	74
7.4.6	Vuosittain valmistuneiden putkien määrä.....	75
7.4.7	Tarkastuskustannukset PED-kategorian III putkilinjalle.....	76
7.5	Valmistusmoduulin valinta kustannusten perusteella.....	77
8	TULOSTEN ARVIOINTI JA JATKOKEHITYSEHDOTUKSET.....	80
8.1	Aikaisempi tutkimus	80
8.1.1	Neste Jacobs Oy.....	80
8.1.1	Painelaitedirektiivi	80
8.1.2	Laatukustannuslaskenta ja laadunhallinta.....	80
8.2	Tulosten luotettavuus	81
8.3	Tulosten pätevyysalue.....	82
8.4	Herkkyysanalyysi.....	82
8.4.1	Linjamäärä	83
8.4.2	Tarkastuslaitoskustannukset	83
8.4.3	Laatujärjestelmän kustannukset	84
8.5	Jatkokehitysaiheet	84
9	YHTEENVETO	86
	LÄHTEET	87
	LIITTEET	
	LIITE I: Isometrilehti	
	LIITE II: Putkiluettelo	

KUVALUETTELO

Kuva 1. Neste Jacobs Oy:n tunnus (Neste Jacobs Oy 2017b)	14
Kuva 2. Neste Jacobs Oy:n toimipisteet (Neste Jacobs Oy 2016a)	15
Kuva 3. B-13 painelaitteiden luokittelukaavio (TUKES 2016d).....	24
Kuva 4. Painelaitedirektiivin liitteen II taulukko 6, vaarallinen kaasus (2016/68/EU)	26
Kuva 5. Painelaitedirektiivin liitteen II taulukko 7, vaaraton kaasus (2016/68/EU)	26
Kuva 6. Painelaitedirektiivin liitteen II taulukko 8, vaarallinen neste (2016/68/EU)	27
Kuva 7. Painelaitedirektiivin liitteen II taulukko 9, vaaraton neste (2016/68/EU)	27
Kuva 8. Painelaitteen materiaalit (TUKES 2016d)	34
Kuva 9. Aineodistusten tyypit (SFS 2017c).....	36
Kuva 10. Perinteinen- ja moderni näkemys (Schiffauerova ja Thomson 2006a).....	45
Kuva 11. Toimintaprosessien kuvaaminen (Lundgren, Laininen ja Hannukkala 2016)	47
Kuva 12. Total Cost of Quality (Sailaja et al. 2015).	50
Kuva 13. Summary of welding system control measures (SFS-EN ISO 3834-6 2007).....	63
Kuva 14. Putkiston PED-jakauma EKI-listauksen mukaisesti (kaikki putkitunnukset).....	72
Kuva 15. PED-kategorian jakauma prosessiputkistoissa.....	73
Kuva 16. Vaihtoehtoisten moduulien kustannukset	78

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Painelaitteiden luokittelu (Mukailtu lähteestä TUKES 2003a)	25
Taulukko 2. Arviointimenettelyt (TUKES, 2016e)	29
Taulukko 3. Painelaittevalmistuksen päävaiheet ja tarkastusvastuut (2014/68/EU)	30
Taulukko 4. Säädösten edellyttämät vakuutukset (Neste Jacobs Oy 2016b)	34
Taulukko 5. Loppudokumentaatio (SFS-EN 13480-5).....	40
Taulukko 6. Asiat, jotka helpottavat tarkoituksenmukaisen standardin ISO 3834-2, ISO 3834-3 tai ISO 3834-4 valintaa (SFS-EN ISO 3834-1 Liite A 2006)	62
Taulukko 7. H-moduulijärjestelmän vuosittaiset ylläpitokustannukset.....	69
Taulukko 8. EKI-järjestelmän rivit, kaikki linjatunnukset	72
Taulukko 9. EKI-järjestelmän rivit, vain prosessilinjat	73
Taulukko 10. Isometrilehteä per linja, Nopro-tilaukset 2014-2016.....	75
Taulukko 11. Nopro-järjestelmän materiaalitulaukset erillisille linjatunnuksille	76
Taulukko 12. Valmistettujen prosessilinjojen määrä PED-kategorioittain	76
Taulukko 13. Prosessilinjan tarkastukseen kuluva keskimääräinen työaika	77
Taulukko 14. Vaihtoehtoisten moduulien kustannusvertailu	79

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

SYMBOLIT

DN	Nimelliskoko putkille ja putkiosille [mm]
PS	Paine [bar]
V	Tilavuus [L]

LYHENTEET

ABC-malli	Toimintoperustainen kustannuslaskenta, Activity-based costing
AC	Tarkastuskustannus, Appraisal Costs
ASME	American Society of Mechanical Engineers
BSI	British Standard Institute, BSI Group
CE	CE-Merkintä, Conformité Européenne
CEN	Eurooppalainen standardisointijärjestö
COC	Yhdenmukaisuuden kustannus, Cost of Conformance
CONC	Epäyhdenmukaisuuden kustannus, Cost of NonConformance
CP	Common Practices
CR	Customer Requirement
DNV GL	Det Norske Veritas Germanischer Lloyd Business Finland Oy Ab
EFC	Ulkoiset virhekustannukset, External Failure Costs
EN	Eurooppalainen standardi (esimerkki EN-13480)
EPCM	Engineering, Procurement and Construction Management
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä, Enterprise Resource Planning
ETA	Euroopan talous alue
EU	Euroopan Unioni
EY	Euroopan Yhteisö
FINAS	Suomen kansallinen akkreditointipalvelu
IFC	Sisäiset virhekustannukset, Internal Failure Costs
ISO	International Organisation for Standardization

Kpl	Kappaletta
KTM	Kauppa- ja teollisuusministeriö
KTMp	Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös
N.A.	Ei saatavilla, Not Available
NDT	Rikkomaton aineenkoetus
NJ	Neste Jacobs Oy
NJM	Neste Jacobs Management Manual
NJP	NJ Principle
NoBo	Ilmoitettu laitos, Notified Body
NOYJ	Neste Oyj
OC	Vaihtoehtoiskustannus, Opportunity Costs
PAF	Laatukustannusmalli, Prevention-Appraisal-Failure
PC	Ehkäisykustannus, Prevention Costs
PD	Process Description
PED	Painelaitedirektiivi, Pressure Equipment Directive
PMA	Materiaalien erityisarviointi, Particular Material Appraisal
QA	Laadunvarmistus, Quality Assurance
QC	Laaduntarkastus, Quality Control
QM	Laatujohtaminen, Quality Management
SEP	Hyväkonepajakäytäntö, Sound Engineering Practice
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
TL	Tuotantolinja
TTT	Työterveys- ja turvallisuus
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
WI	Work Instructions
Vna	Valtioneuvoston asetus

1 JOHDANTO

Euroopan Unionin (EU) alueella voimassa oleva painelaitedirektiivi luokittelee paineelliset putkistot vaarallisuuden mukaan luokkiin I - III. Direktiivi mahdollistaa useita vaihtoehtoisia tapoja (moduuleja) todentaa oleellisten turvallisuusvaatimusten täyttyminen. Moduulivalinnalla on oleellinen merkitys putkistorakentamisen suoriin tarkastuslaitoskustannuksiin ja mahdollisesti myös projektin mekaanisen valmiuden aikatauluun.

Paineellisten putkistojen valmistus on pääosin hitsattavien tuotteiden valmistusta, joten myös valmistukseen liittyvässä tarkastustoiminnassa painotus on pitkälti hitsauksen laadunvarmistuksessa.

1.1 Tutkimuksen tausta

Uusi painelaitedirektiivi (PED 2014/68/EU) on tullut voimaan kesällä 2016. Verrattuna aiemmin noudatettuun direktiiviin valmistusmoduuleissa on tullut sisällöllisiä muutoksia, joiden käytännönvaikusta rakentamiskustannuksiin ei vielä tarkalleen tunneta. Neste Jacobsilla on ilmoitetun laitoksen hyväksymä laatujärjestelmä (H-moduuli) putkistojen valmistukseen. H-moduulin mukainen laatujärjestelmä aiheuttaa vuosittaisia ylläpitokustannuksia, joiden suuruus tiedetään karkealla suuruusluokalla.

1.2 Tutkimuksen tavoite

Vaihtoehtoisesti putkistojen valmistaminen on mahdollista toteuttaa käyttäen valmistusmoduuleja A2 (kategoriat I ja II) ja G (kategoria III). Tässä vaihtoehdossa tarkastuslaitoksen osallistuminen putkiston suunnitelma- ja lopputarkastukseen sekä valmistuksen laadun valvontaan on merkittävä, joten vallitsevan käsityksen mukaan tämän vaihtoehdon kustannukset ovat merkittävästi korkeammat kuin edellisessä vaihtoehdossa. Kun kustannuserosta saadaan todellista näyttöä, on Neste Jacobsilla mahdollisuus osoittaa asiakkailleen heidän saamansa taloudellinen etu valitessaan Neste Jacobs Oy uusien prosessiputkistojen valmistajaksi.

1.3 Tutkimuskysymykset

Miten painelaitedirektiivin mukaisen moduulin valinta vaikuttaa kustannuksiin ja aikatauluun? Kuinka paljon Neste Jacobs Oy:n ylläpitämän laatujärjestelmä aiheuttaa kustannuksia? Milloin H-moduulin käytöstä ei ole etua kustannusten muodostumisen kannalta?

1.4 Tutkimusmenetelmät

Työssä selkiytetään kirjallisuuden avulla ne syyt, jotka vaikuttavat putkiston hyväksyttävyyteen ja käyttöturvallisuuteen.

Tutkimusosassa vertaillaan toimenpiteitä, joita valmistaja ja tarkastuslaitos (ilmoitettu laitos) tekevät putkiston vaatimustenmukaisuuden varmistamiseksi. Työssä painotus on yleisimmin käytetyissä valmistusmoduuleissa:

- Moduuli G (kategoria III)
- Moduuli A2 (kategoriat I -II)
- Moduuli H (täydellinen laadunvarmistus, kategoriat I - III)

1.5 Tutkimuksen sisältö ja rajaukset

Teoriaosassa selvitetään painelaittevalmistuksen vaatimuksia ja yrityksen laadunhallinnan merkitystä laadulle ja laatukustannuksiin. Tarkastelu rajataan moduulivaihtoehtojen suorien kustannuksien selvittämiseen. Laadunhallinta ja laatukustannusmallit toimivat laajempina kokonaisuutena, josta tutkitaan tarkemmin tarkastuskustannusten osa-aluetta. Tutkimusosassa kerätään eri tietojärjestelmistä saatavia tietoja ja muodostetaan laskelma kustannusten muodostumisesta eri vaihtoehtoissa. Vaihtoehtoisten valmistusmoduulien kustannuksia vertaillaan tämän hetkisillä tiedoilla.

2 YRITYS ESITTELY

2.1 Neste Jacobs Oy

Neste Jacobs Oy on suunnittelu- ja konsulttialan yritys. Pääomistaja on suomalainen öljy-yhtiö Neste Oyj 60 prosentin osuudella ja 40 prosentin osuuden omistaa yhdysvaltalainen Jacobs Engineering group. Kappaleen kaksi jälkeen Neste Jacobs Oy:stä käytetään lyhennettä NJ. Kuvassa 1 yrityksen käyttämä tunnus.



Kuva 1. Neste Jacobs Oy:n tunnus (Neste Jacobs Oy 2017b)

Vuonna 2016 Neste Jacobs Oy työllisti kotimaassa ja ulkomailla yhteensä noin 1350 henkilöä. Vuonna 2016 liikevaihto oli 163,3 miljoonaa euroa ja liikevoitto 11,6 miljoonaa euroa. Neste Jacobs Oy:n toimiala on investointihankkeiden valmistelu ja EPCM-palveluiden tuottaminen (projektijohto, suunnittelu, hankinta ja toteutus) sekä teknologian kehittäminen ja myyminen. Toiminta on painottunut, mutta ei ole rajoittunut öljyn- ja kemianteollisuuden, energiatuotannon sekä biotekniikan aloille. Päätoimisto sijaitsee Porvoossa. Muut toimipisteet Suomessa sijaitsevat Turussa, Naantalissa ja Kotkassa. Suomen ulkopuolella toimipisteitä on muun muassa Ruotsissa Göteborgissa, Alankomaissa Rotterdamissa, Arabiemiirikunnissa Abu Dhabissa, Bakussa Azerbaidžanissa sekä Singaporessa. (Neste Jacobs Oy 2017c, Neste Jacobs 2017d, Neste Oyj 2017b).



Kuva 2. Neste Jacobs Oy:n toimipisteet (Neste Jacobs Oy 2016a)

2.2 Neste Jacobs Oy:n historia

Neste Jacobs Oy:n juuret ovat Neste Oy:ssä. Toiminta alkoi Nesteen sisäisenä osastona vuonna 1956. Neste Oy fuusioitui vuonna 1998 Imatran Voima Oy:n kanssa ja Fortum konserni muodostettiin. Fortum konsernin yhtiö rakenne rakentui seuraavista tytäryhtiöistä Fortum Oil and Gas Oy, Fortum Power and Heat Oy, Fortum Engineering ja Fortum Service Oy. Edellä mainituista Oil and Gas vastasi öljynjalostuksesta ja Engineering suunnittelusta. Fortum yhtiöitti entisen Nesteen suunnitteluosaston vuonna 1999 Neste Engineeringiksi. Neste Engineering oli öljy- ja kaasutoiminnasta vastaava osa Fortum Engineering liiketoimintaa. Vuonna 2004 Fortum jaettiin osiin. Sähkön ja lämmön tuotanto jäi Fortumiksi ja öljynjalostus siirrettiin Neste Oil osakeyhtiölle. Samana vuonna Yhdysvaltalainen Jacobs Engineering group tuli vähemmistöosakkaaksi 40 prosentin osuudella ja muodostui nyky muotoinen Neste Jacobs Oy. Vuonna 2011 Rintekno Group tytäryhtiöineen siirtyi osaksi Neste Jacobs Oy:tä laajentaen edelleen yrityksen osaamista ja asiakaskuntaa. Vuonna 2015 Neste Oil muutti nimensä takaisin Nesteeksi. (Neste Jacobs Oy 2017c; Taloussanommat 1999).

3 PAINELAITEDIREKTIIVI

3.1 Taustaa

3.1.1 Historia

Länsimaissa 1800-luvun puolivälissä teollisen vallankumouksen jälkimainingeissa höyryvoima yleistyi tuotantokäytössä, kulkuvälineissä ja kiinteistöjen lämmityslaitteissa. Lainsäädäntö ja määräykset eivät pysyneet kehityksen mukana. Onnettomuusmäärän kasvaessa muodostui tarve sääntelylle. Englannissa vuonna 1882 säädettiin laki koskemaan höyrykoneita (Teir 2002). Yhdysvalloissa vuonna 1911 American Society of Mechanical Engineers (ASME) julkaisi standardin, joka määritteli kattila ja painesäiliöiden valmistamisesta ja tarkastamisesta. (Canonico 2011). Standardikokoelma on ajantasaistettuna yhä olemassa ja yleisesti sovellettu teollisuudessa.

Suomessa painelaitelainsäädäntö katsotaan alkavan vuonna 1888, jolloin annettiin asetus höyrypannuista ja ohjesääntö höyrypannujen rakentamisesta ja varustamisesta. Tätä aiemmin on ollut asetuksia koskien höyrylaivoja. Vuonna 1926 annettiin uusi asetus maahöyrykattiloista, höyryastioista ja matkustajahöyrylaivoista. Asetus sisälsi säädöksiä eri ryhmien paineastioiden rekisteröinnistä, hoidosta ja käytöstä. Vuoden 1953 paineastia-asetus tarkensi ja täydensi vuoden 1926 asetusta. Vuonna 1973 laki paineastioista uudistui. (Suominen 1988; Valvisto 2005). Paineastia termi muuttui painelaitteeksi Suomen liittyttyä vuonna 1995 Euroopan unioniin (EU) ja kansallisen lainsäädännön yhdenmukaistamisen myötä. Euroopan Unionin tarkoituksena on luoda yhteismarkkinat, joilla tavarat, työvoima, pääoma ja palvelut liikkuvat vapaasti. Aiemmin EU-jäsenmaissa on ollut voimassa kansalliset lait ja tarkastuslaitokset.

Laissa annetun asetuksen nojalla Kauppa- ja teollisuusministeriö on antanut päätökset (KTMp), joilla painelaitedirektiivi oli sovellettavissa Suomessa. Vuonna 2008 Kauppa- ja teollisuusministeriön (KTM) tehtävät yhdistettiin Työ- ja elinkeinoministeriöön (TEM), jonka vastuualueeseen kuuluu Suomessa painelaitteisiin liittyvien säädösten laatiminen. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätökset ovat korvattu uuden painelaitelain (1144/2016) myötä vuoden 2017 alusta Valtioneuvoston asetuksilla (Vna).

3.1.1 Painelaitteen määritelmä

Painelaitteella tarkoitetaan säiliötä, putkistoa tai muuta teknistä kokonaisuutta johon voi kehittyä ylipainetta sekä painelaitteen turvavarusteet. Painelaite voi olla myös toiminnallinen useasta laitteesta muodostuva laitekokonaisuus. (2016/1144). Tyypillisiä teollisuuspainelaitteita ovat uunit, painesäiliöt, paineelliset putkistot ja niiden varusteet. Kiinteistöissä painelaitteita ovat esimerkiksi lämmitysjärjestelmien kattilat, lämminvesivaraajat ja öljysäiliöt. Kuluttajapainelaitteita ovat mm. sukeltamiseen käytettävät hengitysilmalaitteiden pullot ja paineilmakompressorit. (TUKES, 2015c). Painelaitedirektiivi määrittelee painelaitteen ja liittyvän termistön seuraavasti (mukailtu lähteestä 2014/68/EU):

’Painelaitteella’ tarkoitetaan säiliöitä, putkistoja, varolaitteita ja paineenalaisia lisälaitteita, mukaan lukien tarvittaessa paineenalaisiin osiin kiinnitetyt osat, kuten laipat, yhteen, liittimet, kannattimet ja nostokorvakkeet

’Säiliöllä’ tarkoitetaan paineenalaista sisältöä sisältämään suunniteltua ja valmistettua päällystä, mukaan lukien kiinteät liitoskappaleet aina siihen liitoskohtaan asti, jolla se liitetään muihin laitteisiin; säiliössä voi olla yksi tai useampi kammio

’Putkistoilla’ tarkoitetaan sisältöjen siirtämiseen tarkoitettuja putkiston osia, jotka on liitetty toisiinsa painejärjestelmään yhdistämistä varten; putkistoihin kuuluu erityisesti putki tai putkiverkko, putkijohto, putkiston lisäosat, paljetasaimet, letkut ja muut asiaankuuluvat paineenkestävät osat; ilman jäähdyttämiseen tai lämmittämiseen tarkoitettuja putkista muodostuvat lämmönvaihtimet vastaavat putkistoja

’Varolaitteilla’ tarkoitetaan laitteita, joiden tarkoituksena on suojata painelaitteita sallittujen raja-arvojen ylittämislä; niihin kuuluvat painetta suoraan rajoittavat laitteet, kuten varoventtiilit, murtokalvot, nurjahdustangot, ohjatut paineenalennusvarolaitteet (Controlled Safety Pressure Relief Systems, CSPRS) ja rajoitinlaitteet, jotka joko aktivoivat korjaavan toimen tai aiheuttavat katkaisun tai katkaisun ja lukituksen, kuten paine-, lämpötila- tai nesteentapintakytkimet, sekä turvallisuuteen liittyvät mittaus-, valvonta- ja säätölaitteet (Safety Related Measurement Control and Regulation, SRMCR)

’Paineenalaisilla lisälaitteilla’ tarkoitetaan toiminnallisia laitteita, joiden päälly on paineenalainen

’Laitekokonaisuuksilla’ tarkoitetaan valmistajan yhtenäiseksi ja toiminnalliseksi kokonaisuudeksi kokoamia useita painelaitteita

3.1.2 Lainsäädäntö

EU on 28 eurooppalaisen valtion muodostama liitto. EU:n tarkoituksena on luoda yhteismarkkinat, joilla tavarat, työvoima, pääoma ja palvelut liikkuvat vapaasti. Suomi liittyi EU:n jäseneksi vuonna 1995. Liittyessä Suomi hyväksyi EU:n perustamissopimukset ja teki erillisen liittymissopimuksen. Näiden sopimusten pohjalta Euroopan yhteisöllä on oikeus antaa säädöksiä sopimusten rajoissa. Yhteistoiminnalla nähdään saavutettavan kilpailuetua muihin markkina-alueisiin nähden. Yhteismarkkinoilla toimiminen vaatii yhteiset pelisäännöt. (Eurooppatiedotus 2017).

Euroopan parlamentti ja neuvosto yhdessä sekä neuvosto ja komissio antavat perustamissopimusten määrittelemissä rajoissa säädöksiä. Säädökset ovat asetuksia, direktiivejä ja päätöksiä. Asetus on kaikilta osiltaan velvoittava ja sellaisenaan sovellettava kaikissa jäsenvaltioissa. Direktiivi määrittää tavoitteet, mutta jättää muodot ja keinot kansallisen viranomaisen päätettäväksi. Päätös velvoittaa kaikilta osiltaan niitä, joille se on osoitettu (esimerkiksi yritys tai valtio). Näillä säädöksillä EU:n jäsenvaltioita velvoitetaan muuttamaan lainsäädäntönsä säädösten mukaiseksi määritellyssä aikajaksossa. Ristiriitatilanteessa kansallinen lainsäädäntö väistää. (Kemppinen 2002).

Direktiivi on suomeksi lainsäädäntöohje. Direktiivi määrittelee lopputuloksen, mutta antaa jäsenvaltiolle valinnan mahdollisuuden miten direktiivin edellyttämät toimenpiteet toteutetaan. Direktiivi täytyy panna täytäntöön kansallisesti ennen kuin se on voimassa. Direktiivi ei ole sellaisenaan suoraan sovellettava, vaan se sisällytetään kansalliseen lainsäädäntöön kansallisella säädöksellä. Direktiivi voi olla vähimmäisdirektiivi (minimidirektiivi) tai täysharmonisoiva. Vähimmäisdirektiivillä tarkoitetaan minimiä EU tasolla noudatettavasta vähimmäistasosta (minimitasosta). Vähimmäistaso sallii vaativammat kansalliset säännökset. Täysharmonisoiva tai täysharmonisoivia säännöksiä sisältävässä direktiivissä säädetään EU:ssa yhdenmukaisesta sääntelystä. Täysharmonisoiva direktiivi (tai direktiivissä oleva yksittäinen täysharmonisoiva säännös) ei salli poikkeuksia kansallisessa lainsäädännössä. (Kotivuori et al. 2012).

Suomessa kansalliset lait säätää eduskunta ja muodollisesti vahvistaa tasavallan presidentti. Lait valmistelee hallitus (valtioneuvosto) ja sen alaiset ministeriöt. Valtuutussäännöksellä tarkoitetaan, että laissa olevien tarkkojen yksityiskohtien sääntely voidaan valtuuttaa

eteenpäin. Asetuksella voidaan valtuutussäännöksen nojalla antaa tarkempia määräyksiä lain kohdan soveltamisesta. Asetuksissa edelleen voidaan siirtää päätösvaltaa viranomaisille. Tälle tasolle annetaan määrättäväksi hyvin teknisiä tai muutoin erityisosaamista vaativia päätöksiä. (Heikniemi 2001).

3.2 Painelaitedirektiivi ja painelaitelaki

Painelaitelalla on voimaan saatettu painelaitedirektiivin määräykset. Painelaitelaki on kattavampi kokonaisuus kuin painelaitedirektiivi, joka määrittää vain uusien laitteiden valmistuksen ja markkinoille saattamisen. Painelaitelaki sisältää laajemmin painelaiteturvallisuuteen liittyvät säädökset. Valtioneuvoston asetuksilla (Vna) säädetään tarkemmat säännökset. Asetuksissa määritetään tekniset vaatimukset ja konkreettisesti miten tulee toimia.

Painelaitteita muun muassa koskevia voimassa olevia säädöksiä:

- Painelaitedirektiivi (2014/68/EU)
- Painelaitelaki (1144/2016)
- Laki eräitä tuoteryhmiä koskevista ilmoitetuista laitoksista (278/2016)
- Valtioneuvoston asetus painelaitteista (1548/2016)
- Valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta (1549/2016)
- Valtioneuvoston asetus yksinkertaisista painesäiliöistä (1550/2016)
- Asetus kattilalaitosten käytön valvojien pätevyyskirjoista (891/1999)

3.3 Merkitys turvallisuudelle

Painelaitteen vaurioituessa tai väärin toimiessa on riski, että sen sisältämä paineellinen sisältö pääsee äkillisesti purkautumaan. Purkautuva sisältö voi olla vaarallista sen paineen, koostumuksen (esimerkiksi myrkyllisyys ja tulenarkuus), lämpötilan tai massan vaikutuksesta. Vaurio voi aiheuttaa vaikutuksia ympäristöön ja aiheuttaa edelleen vaaratilanteita. Painelaittevauriosta aiheutuu vaaraa henkilöille ja ympäristölle. Vahinko aiheuttaa aina suoraan tai välillisesti taloudellisia menetyksiä. Suorat vaikutukset ovat vaurioitunut laite itsessään, ympäristölle aiheutuneet aineelliset vahingot ja sisällön menetys. Välillisiä kustannuksia on esimerkiksi tuotantolaitteiden toimimattomuuden aiheuttamat tuotannon menetykset. Vaurioitumisia voidaan ehkäistä suunnittelu- ja valmistusvaiheessa ja käyttöönoton jälkeen huolto- ja kunnossapito toiminnalla. Käyttäjän

ja käytön ohjeistus on tärkeää asianmukaisen operoinnin toteutumiseksi. Inhimillisillä virheillä ja väärinkäytöllä voidaan aiheuttaa rikkoontuminen tahallisesti tai tahattomasti.

Lainsäädännöllä pyritään ohjaamaan toimijat huomioimaan ja toteuttamaan vaaditut asiat turvallisuuden varmistamiseksi. Painelaitelaki (1144/2016) ja painelaitedirektiivi (2014/68EU) määrittelevät periaatteet olennaisille turvallisuusvaatimuksille. Painelaitteen on täytettävä ne, jotta se voidaan saattaa markkinoille ja ottaa käyttöön. Lähtökohtaisesti vaarat on pyrittävä poistamaan tai pienentämään niitä siinä määrin kuin kohtuudella mahdollista. Mikäli vaaraa ei voida poistaa pitää toteuttaa tarvittavat suojatoimenpiteet ja tiedottaa käyttäjiä asennuksen ja käytön edellyttämistä erityistoimenpiteistä. Virheellisestä käytöstä aiheutuvan vaaran ollessa tiedossa on painelaite suunniteltava, niin että virheellisestä käytöstä aiheutuva riski voidaan välttää. Mikäli se ei ole mahdollista on, riskiä aiheuttavalla tavalla käyttäminen kiellettävä. Painelaite on suunniteltava, valmistettava, tarkastettava, varustettava ja asennettava, niin että noudattamalla valmistajan ohjeita tavallisissa kohtuudella ennakoitavissa käyttöolosuhteissa turvallisuus voidaan taata. Vaatimustenmukaisuusolettaman mukaan painelaitteen katsotaan täyttävän olennaiset turvallisuusvaatimukset, jos se on sitä koskevan yhdenmukaistetun standardin mukainen. Valvontaviranomainen julkaisee luettelon niistä standardeista, joita noudattaen painelaite täyttää lain vaatimukset. Valmistajan velvollisuus on noudattaa annettuja vaatimuksia ja standardeja. Vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyllä osoitetaan tämä velvollisuus täytetyksi. (1144/2016).

3.4 Viranomaiset ja tarkastuslaitokset

3.4.1 Valvontaviranomainen

Lainsäädäntö tarvitsee toimeenpanon ja valvonnan. Valvontaviranomaisena Suomessa toimii työ- ja elinkeinoministeriön, sisäasiainministeriön sekä liikenne- ja viestintäministeriön hallinnon alalla Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). Valvonta- ja tarkastustoiminnalla pyritään edistämään turvallisuutta ja tekemään järjestelmällistä kehitystyötä. (TUKES 2008b). TUKES valvoo painelaitesäädösten noudattamista, ylläpitää painelaiterekisteriä, kouluttaa, tekee tutkimus- ja kehitystyötä ja tiedottaa (TUKES 2015c).

Tukesin organisaatio rakentuu viidestä yksiköstä:

- Kemikaaliyksikkö

- Teollisuusyksikkö
- Tuoteyksikkö
- FINAS-akkredientipalvelu
- Tieto- ja kehitysyksikkö

Teollisuusyksikön vastuulle kuuluu valvoa painelaitteita ja niihin liittyvää toimintaa. Ilmoitettujen laitosten ja tarkastuslaitosten tulee olla akkreditoituja eli niiden pätevyys on todettu. Akkredientia hoitaa turvallisuus- ja kemikaaliviraston yksikkö FINAS. Laitoksille asetettuja vaatimuksia ovat muun muassa puolueettomuus, riippumattomuus ja henkilökunnan ammatillinen pätevyys. (278/2016; Tukes 2016f).

3.4.2 Ilmoitetut laitokset

Ilmoitettu laitos, Notified Body (NoBo) on arviointilaitos, joka on nimetty hoitamaan EU:n säädöksiin perustuvia vaatimustenmukaisuuden arviointitehtäviä. Ilmoitetut laitokset toimivat Euroopan talousalueella (ETA). Ilmoitetun laitoksen nimeävästä viranomaisesta on säädetty laissa. (FINAS 2016). Laki eräitä tuoteryhmiä koskevista ilmoitetuista laitoksista (278/2016) määrittelee vaatimukset arviointilaitosten hyväksymisestä ilmoitetuiksi laitoksiksi. Laissa määritellään myös laitosten velvollisuudet. Suomessa on diplomityön kirjoittamishetkellä kaksi nimettyä toimijaa. Inspecta Oy ja DEKRA Industrial Oy. Myös muilla kuin Suomeen sijoittuneilla NoBo:illa on oikeus toimia Suomessa eli ETA-alueella.

3.4.3 Tarkastuslaitokset

Tarkastuslaitosten tehtävä on suorittaa tarkastukset ja erilaiset arvioinnit. Valvontaviranomainen hyväksyy tarkastuslaitokset suorittamaan laissa säädettyjä tehtäviä (1144/2016).

Painelaitedirektiivin mukaisia tehtäviä (ilmoitetun laitoksen ohella) suorittavia tarkastuslaitoksia ovat:

- Käyttäjien tarkastuslaitos. Tietyille painelaitteiden käyttäjien ryhmälle painelaitedirektiivin mukaisia tehtäviä suorittava tarkastuslaitos. Suorittaa ilmoitetun laitoksen tehtäviä organisaation omille painelaitteille.

- Pätevöintilaitos. Laitoksen tehtävä on suorittaa kolmantena osapuolena pätevöinti ja hyväksyntä pysyville liitosmenetelmille sekä niitä suorittaville ja tarkastaville henkilöille. Hitsaajat, NDT-tarkastajat, hitsauskokeet.

Muita kuin direktiivien mukaisia tehtäviä suorittavat tarkastuslaitokset:

- Hyväksytty laitos. Kansallisia tarkastuslaitoksia ovat Inspecta Oy ja DEKRA industrial Oy. Tehtäviä ovat esimerkiksi määräaikaistarkastukset.
- Omata tarkastuslaitos. Suorittaa hyväksytyin laitoksen tehtäviä organisaation omille painelaitteille tietyin rajoittein.

3.5 Painelaitteen luokitus

Valtioneuvoston asetus painelaitteista (1548/2016) määrittää menettelyt suunnittelun, valmistuksen ja vaatimustenmukaisuuden arvioinnin suhteen. Asetusta sovelletaan painelaitteisiin ja laitekokonaisuuksiin, joiden suurin sallittu käyttöpaine on yli 0,5 baaria. Asetusta ei sovelleta esimerkiksi yksinkertaisiin painesäiliöihin, siirtoputkistoihin, vesi- ja lämmitysjärjestelmiin tai muiden annettujen asetusten kattamiin laitteisiin. Yleistäen asetusta ei sovelleta laitteisiin, joissa paine ei ole määräävä turvallisuuden vaikuttava tekijä.

Painelaitedirektiivin (2014/68/EU) Liite II sisältää vaatimustenmukaisuuden arviointikuvataulukot, johon myös Valtioneuvoston asetus painelaitteista (1548/2016) viittaa. Vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely eli moduuli tai moduuliyhdistelmä määräytyy painelaitteen luokituksen mukaan. Painelaitteet luokitellaan kasvavan riskin mukaan neljään luokkaan I, II, III ja IV. Vaativin luokka painelaitteelle on IV. Luokkien I-IV tulee täyttää painelaitedirektiivin liitteen I mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset.

Ominaisuuksiensa puolesta luokittelun rajalle tai alapuolelle sijoittavat laitteet tai laitekokonaisuudet suunnitellaan ja valmistetaan hyvän konepajakäytännön mukaan. Tästä ryhmästä käytetään myös nimitystä nollaluokka (0-luokka) tai englanninkielisistä sanoista (Sound Engineering Practice) lyhennetyksi SEP. Hyvän konepajakäytännön mukaiset laitteet ovat merkitty kuvataulukoihin alueelle ”**4 artiklan kohta 3**”, joka viittaa painelaitedirektiiviin. (2014/68/EU).

Putkistolle on käytössä luokat SEP, I, II ja III. Putkiston arviointikuvataulukot ovat esitetty kuvissa 4-7. Isoissa laitoksissa tai laitosisyksiköissä putkistot ovat kokonaisuuksia, jotka muodostuvat useista komponenteista ja yksittäisistä laitteista kuten varo- ja lisälaitteista.

Lainsäädännön (1548/2016) ja luokittelun suhteen on huomioitava seuraavat asiat:

- Varolaitteet luokitellaan luokkaan IV. Varolaitteet (määritelty kohdassa 3.1.1), jotka ovat suunniteltu tiettyyn laitteeseen luokitellaan samaan luokkaan kuin suojattava laite.
- Paineenalaiset lisälaitteet (toiminnallinen laite, jonka kuori on paineenalainen. Esimerkiksi venttiilit) luokitellaan putkiston tai säiliön arviointitaulukon mukaisesti riippuen tapauksesta. Mikäli molemmat ovat sovellettavissa luokittelu tehdään korkeamman luokan edellyttämän taulukon mukaisesti.

Arviointikuvataulukoiden valinnan vaiheet ja vaihtoehdot (määrittelyt Vna 1548/2016):

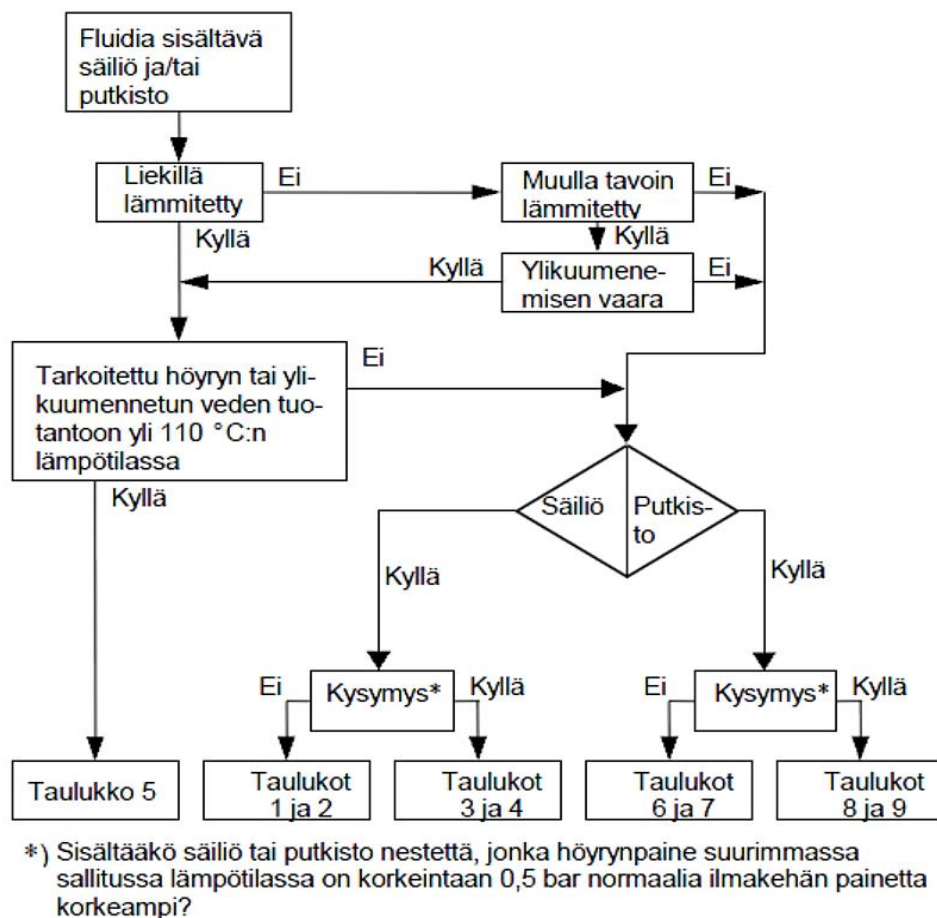
1. Painelaitteen tyyppi

- Säiliö
- Putkisto
- Ylikuumennetun veden tuotannon painelaitteet eli käytännössä höyry- ja kuumavesikattilat, joissa veden tuotanto yli 110 °C lämpötilassa.

2. Sisältö

- **Kaasu.** Ryhmään kuuluvat kaasut, nesteytetyt kaasut, paineenalaisena liuotetut kaasut, höyryt sekä nesteet, joiden höyrynpaine on yli 0,5 bar suurempi kuin normaali-ilmakehän paine (1013 mbar).
- **Neste.** Muut kuin edellä mainitut.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto on julkaissut kootusti painelaitedirektiivin soveltamisohjeita. Julkaisu sisältää sarjan ohjeita erilaisiin käytännön tapauksiin. Soveltamisohjeilla pyritään yhtenäistämään painelaitedirektiivin soveltaminen EU-jäsenmaiden välillä. Soveltamisohjeista löytyvää vuokaaviota (kuva 3.) voidaan käyttää apuna vaatimuksenmukaisuuden arviointitaulukon valintaan.



Kuva 3. B-13 painelaitteiden luokittelukaavio (TUKES 2016d)

3. Sisältöryhmä

- **Ryhmä 1:** Vaarallinen sisältö.

Vaarallinen sisältö on määritelty Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen 1272/2008 liitteessä I. vahvistettujen fyysikaalisten tai terveydelle aiheutuvien vaarojen luokkien mukaisesti. Vaaralliseksi luokiteltu sisältö on eriasteisesti räjähtävää, syttyvää, hapettavaa tai myrkyllistä.

- **Ryhmä 2:** Vaaraton sisältö.

Kaikki muut sisällöt, jotka eivät kuulu ryhmään 1.

Esimerkiksi vesi ja paineilma.

4. Valintataulukko

Kuvataulukon valinta, kun tiedetään painelaitteen tyyppi ja sisällön ryhmä. Taulukossa 1. kootusti sovellettavat taulukot. Putkistolle soveltuvat kuvataulukot **6, 7, 8 ja 9**.

Taulukko 1. Painelaitteiden luokittelu (Mukailtu lähteestä TUKES 2003a)

PAINELAITTEIDEN LUOKITTELU									
1. Painelaitteen tyyppi	Säiliöt				Höyryn tai ylikuumennetun veden tuotannon painelaitteet	Putkisto			
	Kaasu		Neste			Kaasu		Neste	
2. Sisältö	Kaasu		Neste		-	Kaasu		Neste	
3. Sisällön ryhmä	1	2	1	2	-	1	2	1	2
4. Kuvataulukko	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5. Luokitusperuste	PS, V				PS, V	PS, DN			

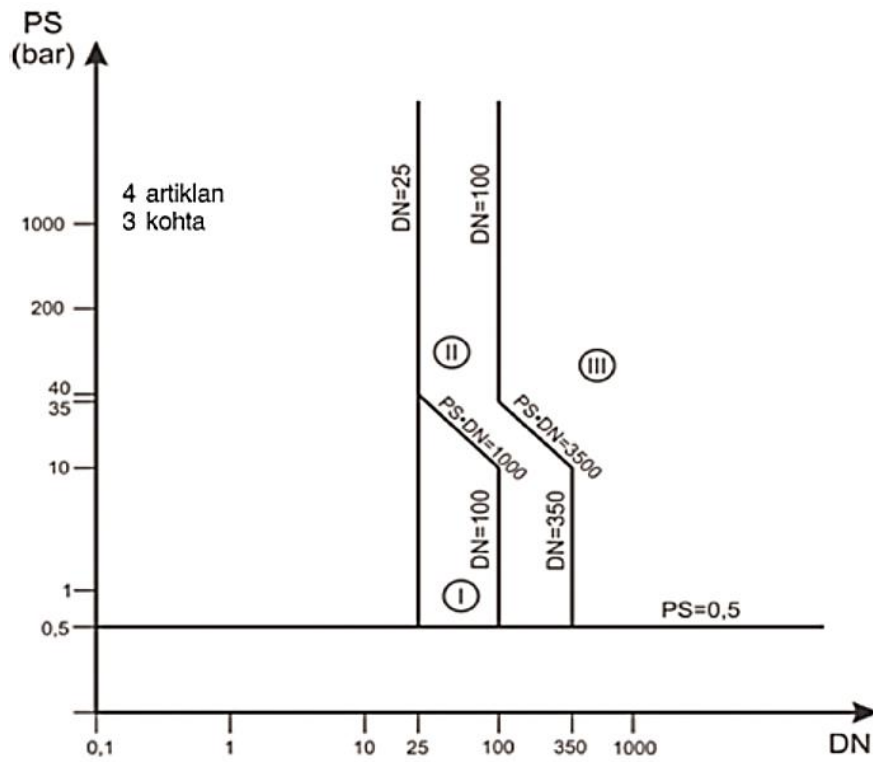
5. Luokitusperuste

Luokitusperusteella katsotaan kuvataulukosta mille alueella laite sijoittuu kuvataulukossa. Taulukosta on luettavissa luokitus laitteelle. Putkistolle käytetään luokitusperusteena PS ja DN tuloa. Kuvataulukot perustuvat PED:in raja-arvoihin.

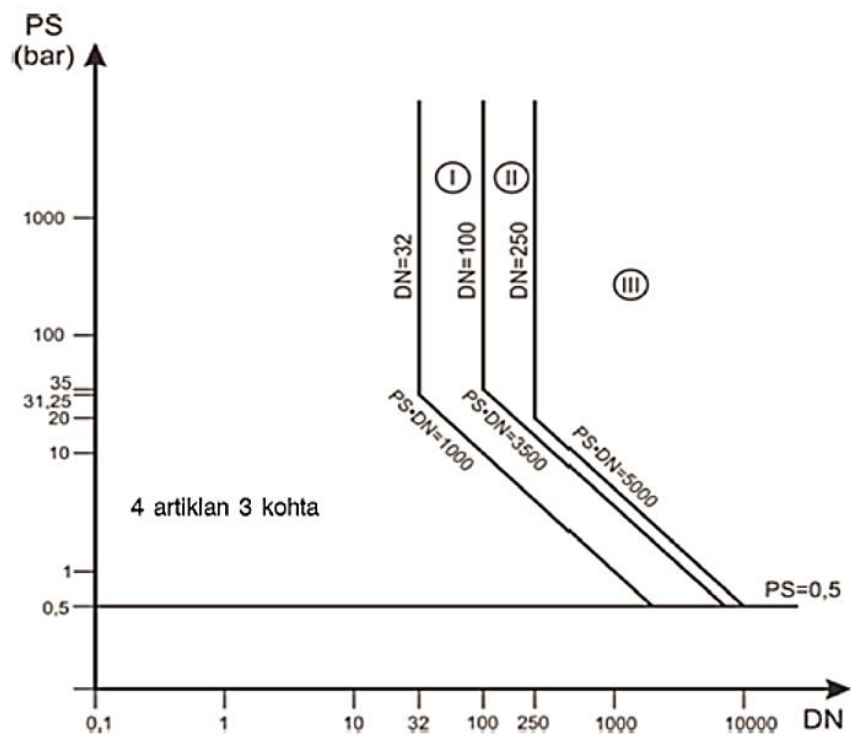
Taulukossa 1. käytetyt lyhenteet ja niiden kuvaukset:

- **PS** - Suurin sallittu käyttöpaine. Yksikkö baari [bar]. Valmistajan ilmoittama suurin sallittu paine, jolle laite on suunniteltu.
- **V** - Ominaisilavuus, jonka yksikkönä käytetään litraa [L]. Kammion sisäinen tilavuus ensimmäiseen liitokseen asti poislukien kiinteiden sisäosien tilavuus.
- **DN** - Nimellisuuruus putkille ja putkiosille. Millimetrinen halkaisija tai kierrekoko, joka on yhtenäistetty pyöristämällä viitearvoksi. Esimerkiksi DN50 tarkoittaa noin 50 mm ulkohalkaisijaltaan olevaa putkea tai kokoluokan putkikomponenttia.

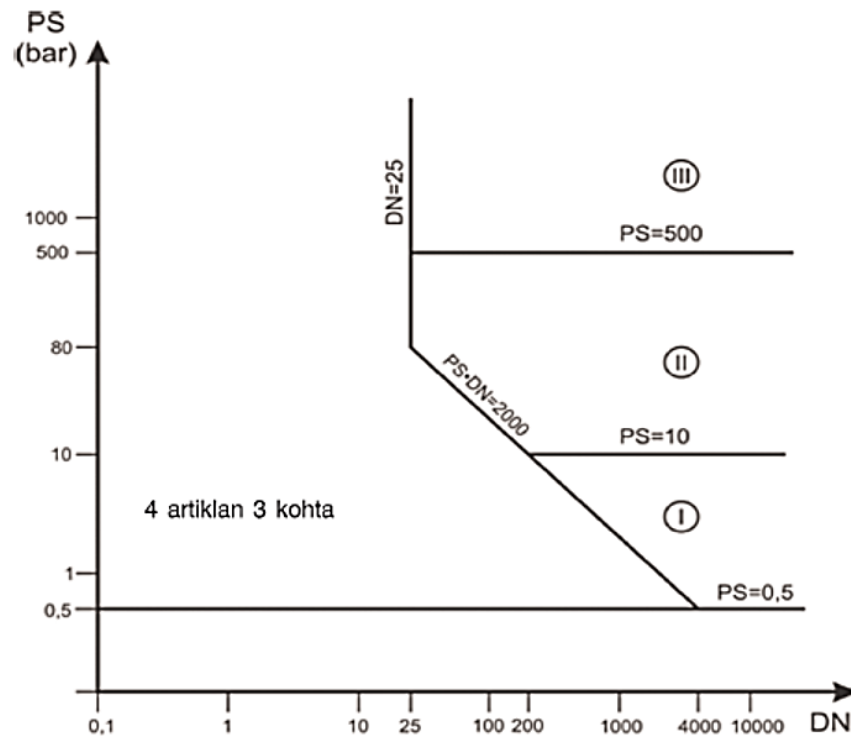
Putkistolle on käytössä luokat SEP, I, II ja III. Putkiston arviointikuvataulukot ovat esitetty kuvissa 4-7.



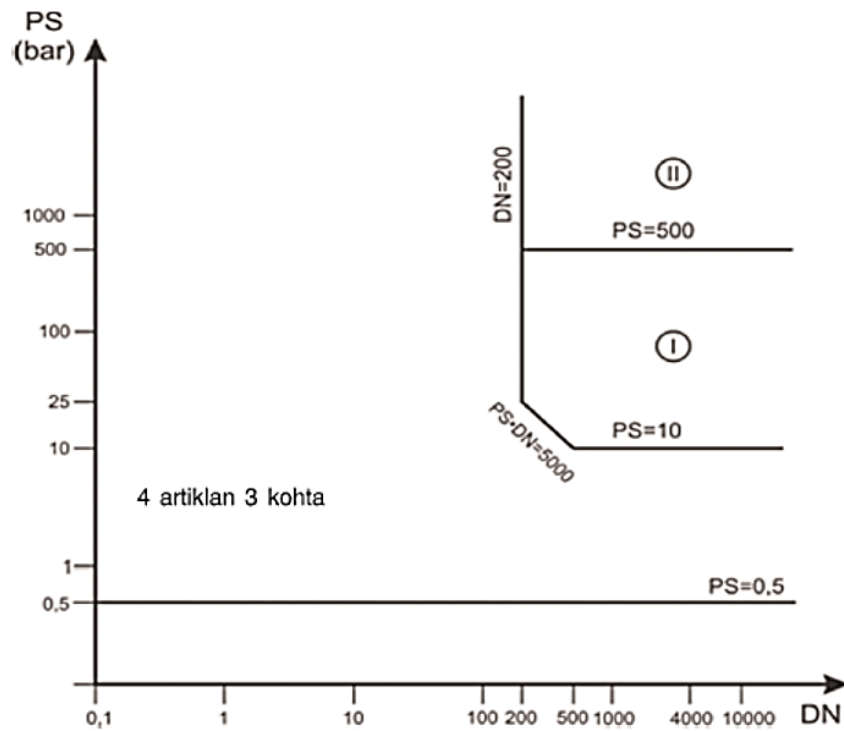
Kuva 4. Painelaitedirektiivin liitteen II taulukko 6, vaarallinen kaasu (2016/68/EU)



Kuva 5. Painelaitedirektiivin liitteen II taulukko 7, vaaraton kaasu (2016/68/EU)



Kuva 6. Painelaitedirektiivin liitteen II taulukko 8, vaarallinen neste (2016/68/EU)



Kuva 7. Painelaitedirektiivin liitteen II taulukko 9, vaaraton neste (2016/68/EU)

3.6 Vaatimuksenmukaisuuden arviointimenettely

Painelaitteelle on laissa asetettu olennaiset turvallisuusvaatimukset, joita valmistajan on noudatettava. Vaatimuksenmukaisuuden arviointimenettely on nimensä mukaisesti menettely, jolla osoitetaan valmistajalta vaadittujen velvoitteiden täyttymistä. Kasvavan vaaran mukaan luokitellulla painelaitteelta tai laitekokonaisuudelta on luokittain vaatimukset osoittamisen suhteen. Luokituksen avulla määritellään menettelyn vaatimukset. Menettelyjä kutsutaan moduuleiksi tai moduuliyhdistelmiksi. Painelaitedirektiivin (2014/68/EU) liitteisiin viitataan valtioneuvoston asetuksessa painelaitteista (1548/2016).

- Liite I, Olennaiset turvallisuusvaatimukset
- Liite II, Vaatimustenmukaisuuden arviointikuvataulukot
- Liite III, Vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyt

Kuvataulukoiden viitenumeroita vastaavat arviointimenettelyt (1548/2016):

(Luokka 0)	SEP, Hyvä konepajakäytäntö
Luokka I	A
Luokka II	A2, D1, E1
Luokka III	B (suunnittelutyyppejä) + D, B (suunnittelutyyppejä) + F, B (Tuotantotyyppi) + E, B (Tuotantotyyppi) + C2, H
Luokka IV	B (Tuotantotyyppi) + D, B (Tuotantotyyppi) + F, G, H1

Arviointimenettelyjen kuvaukset ovat esitetty taulukossa 2. Taulukko perustuu PED:in liitteeseen III. Valmistaja voi halutessaan soveltaa vaatimusta korkeamman luokan menettelyä.

Taulukko 2. Arviointimenettelyt (TUKES, 2016e)

ARVIINTIMENETTELY (MODUULI)		KUVAUS
A	Sisäinen tuotannonvalvonta	Valmistaja laatii tekniset asiakirjat ja tekee loppuarvioinnin.
A2	Sisäinen tuotannonvalvonta ja valvotut painelaitetarkastukset satunnaisin väliajoin	Valmistaja laatii tekniset asiakirjat ja tekee loppuarvioinnin, jota ilmoitettu laitos valvoo.
B	EU-tyyppitarkastus (tuotantotyyppi)	Ilmoitettu laitos tarkastaa tyyppin vaatimustenmukaisuuden.
	EU-tyyppitarkastus (suunnittelutyyppi)	Ilmoitettu laitos tarkastaa suunnitelman vaatimustenmukaisuuden.
C2	Sisäiseen tuotannonvalvontaan perustuva tyyppimukaisuus ja satunnaisin väliajoin suoritettavat valvotut painelaitetarkastukset	Valmistaja tekee loppuarvioinnin, jota ilmoitettu laitos valvoo.
D	Tuotantoprosessin laadunvarmistukseen perustuva tyyppimukaisuus	Valmistaja soveltaa valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos.
D1	Tuotantoprosessin laadunvarmistus	Valmistaja laatii tekniset asiakirjat sekä soveltaa valmistuksessa testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos.
E	Painelaitteiden laadunvarmistukseen perustuva tyyppimukaisuus	Valmistaja soveltaa testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos.
E1	Painelaitteiden lopputarkastuksen ja testauksen laadunvarmistus	Valmistaja laatii tekniset asiakirjat sekä soveltaa testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos.
F	Painelaitteen tarkastukseen perustuva tyyppimukaisuus	Ilmoitettu laitos tekee tuotekohtaisen loppuarvioinnin.
G	Yksikkökohtaiseen tarkastukseen perustuva vaatimustenmukaisuus	Ilmoitettu laitos tekee tuotteen suunnitelma- ja loppuarvioinnin.
H	Täydelliseen laadunvarmistukseen perustuva vaatimustenmukaisuus	Valmistaja soveltaa suunnittelussa, valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos.
H1	Täydelliseen laadunvarmistukseen ja suunnittelun tarkastukseen perustuva vaatimustenmukaisuus	Valmistaja soveltaa suunnittelussa, valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos. Lisäksi ilmoitettu tekee suunnitelmatarkastuksen ja valvoo loppuarviointia.

3.6.1 Vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyt teollisuusputkistolle

Käytäntö on osoittanut Neste Jacobs Oy:n valmistamille teollisuusputkistoille arviointimenettelyiden vaihtoehtoiksi H-moduuli (Kategoriat I, II ja III) tai G-moduuli (kategoria III) sekä A2 (kategoriat I ja II). Teollisuusputkistot ovat lähes poikkeuksetta osa laitoskokonaisuutta ja ollen yksilöllisiä. Sarjatuotantoon sovellettavat tyyppihyväksyntään

perustuvat moduulit eivät ole realistisia teollisuusputkistoille. Moduulirakentamisessa on mahdollisuus hyödyntää tyyppihyväksyntään perustuvaa arviointimenettelyä, mutta ei ole oleellista työn rajautuessa NJ:n toimintaan putkistojärjestelmien valmistajana. Taulukossa 3. on esitetty työssä tarkasteltavien putkistolle soveltuvien moduulien tarkastusvastuut.

Taulukko 3. Painelaitevalmistuksen päävaiheet ja tarkastusvastuut (2014/68/EU)

	Moduuli A2	Moduuli G	Moduuli H
Laatujärjestelmän hyväksyminen	N.A.	N.A.	NoBo
Materiaalien hyväksyttäminen (PMA)	NoBo, projektikohtaisesti	NoBo, projektikohtaisesti	NoBo, kertahyväksyntä / materiaali
Lujuusmitoitus	Valmistaja	NoBo, projektikohtaisesti	Valmistaja
Suunnitelmatarkastus, jännitysanalyysit ja isometrit	Valmistaja	NoBo	Valmistaja
Pysyvien liitosten pätevöinti	NoBo, soveltuvuus arvioidaan projektikohtaisesti	NoBo, soveltuvuus arvioidaan projektikohtaisesti	NoBo, Valmistaja arvioi soveltuvuuden
Valmistuksen valvonta	Valmistaja	NoBo	Valmistaja
Lopputarkastus	Valmistaja	NoBo	Valmistaja
Vaatimustenmukaisuustodistus	N.A.	NoBo	N.A.
EU-Vaatimustenmukaisuusvakuutus, CE-merkintä	Valmistaja	Valmistaja	Valmistaja

3.6.2 Arviointimenettelyn valinnan vaikutus kustannusten muodostumiseen

Arviointimenettelyn eli moduulin valinta ei saa vaikuttaa laatutasoon, koska määräysten ja standardien asettamat oleelliset turvallisuusvaatimukset ovat kaikissa vaihtoehdoissa sama. Vaatimustenmukaisuuden osoittaminen vaikuttaa tarkastamisjärjestelyihin. Eri moduulien ja moduuliyhdistelmien soveltaminen muodostaa kustannuksia taulukon 3. mukaisista palveluista. Käytettäessä ulkopuolista toimijaa tarkastuslaitosta tai ilmoitettua laitosta muodostuu kuluja palveluista. Vaihtoehtoisesti laatujärjestelmän käyttöönotto, ylläpito ja

kehittäminen muodostavat kustannuksia. Suunnitelmat tarkastetaan sisäisesti aina. Ulkopuolisen toimijan käyttäminen projekteissa tuo ylimääräisiä työvaiheita ja kustannuksia.

Kaikilla yrityksillä ei ole H-moduulin edellyttämää hyväksyttyä laatu järjestelmää. Eikä sen perustaminen ole kannattavaa taloudellisesti tai aikataulullisesti pieniin projekteihin satunnaisille asiakkaille. NJ:llä on Neste Oyj ja Borealis Polymers Oy:n putkistojärjestelmien suunnittelu-, valmistus-, testaus- ja loppuarviointiin käytössä laatu järjestelmä. H-moduulin mukainen sertifikaatti suunnittelutoimistolle on erittäin harvinainen vaatimusten ja kustannusten takia. Asiakkaan tilatessa NJ:n projektiin ainoastaan suunnittelu- ja projektitoimintaan on valmistajan vastuu asiakkaalla itsellään tai muulla toimijalle, kuten esimerkiksi urakoitsijalla. Tyypillistä on, että vaatimustenmukaisuus osoitetaan kategorioissa I ja II moduulilla A2 ja kategorialle III G-moduulilla. Ulkopuolisen tarkastuslaitoksen käyttäminen vaikuttaa projektin aikatauluun ja aiheuttaa H-moduulilla tehtävään projektiin verrattuna kustannuksia. Diplomityössä vertaillaan vaihtoehtoisten moduulien välisiä vaikutuksia kustannuksiin. NJ toimiessa valmistajana voidaan käyttää H-moduulia. H-moduulin sertifiointi edellyttää yritykseltä laadunhallintajärjestelmää.

4 PROSESSIPUTKISTON VALMISTAMINEN

Kappaleessa esitellään lyhyesti yksittäisen prosessiputkistokokonaisuuden valmistuksen vaiheet ja niihin liittyvät tarkastukset. Kappaleen tarkoitus on kuvata putkiston valmistuksen vaiheet yksinkertaistetusti suunnittelusta käyttöönottoon. Kappaleen tarkoitus ei ole käydä läpi laitossuunnittelun projektin kulkua tai hitsaavanvalmistuksen yksityiskohtia, vaan ainoastaan antaa lukijalle käsitys toiminnan vastuunjaosta eri disipliinien välillä ja painelaitedirektiivi -kappaleessa esitettyjen vaatimusten täyttämistä eri moduulivaihtoehdoille käytännön toimenä.

4.1 Suunnittelulajit

Suunnittelulajista käytetään joskus nimitystä disipliini ja se tarkoittaa perusmuodossaan tieteen- tai suunnittelun alaa. Suppeammin suunnitteluosastoa. NJ:lla jako on seuraava (Neste Jacobs Oy 2017f):

- Laitossuunnittelu, rakennussuunnittelu, laitteet ja materiaalit
- Automaatio-, instrumentointi- ja sähkösuunnittelu
- Prosessisuunnittelu ja teknologian kehityspalvelut
- Hankinta, projektit ja toteutusvalvonta

Laitossuunnittelu vastaa putkisto- ja sijoitussuunnittelusta projekteissa. Yrityksen varsinainen organisaatorakenne voi poiketa tästä.

4.2 Prosessiputkiston valmistukseen liittyvät tarkastukset

4.2.1 Suunnittelu

Putkiston suunnittelu lähtee prosessisuunnittelusta. Prosessisuunnittelu antaa lähtötiedot eri disiplineille. Putkistosuunnittelija tarvitsee vähintään linjaluettelon ja PI-kaavion lähtötietona. PI-kaaviossa on kuvattu prosessin toiminta. Putkistosuunnittelija näkee siitä toisiinsa liitettävät laitteet, linjoissa olevat venttiilit ja muut varusteet. Linjaluettelo (esimerkkinä Liite II) on asiakirja, johon listattu projektin putkilinjat ja määritelty seuraavat asiat:

- Linjan yksilöivät tiedot (putkitunnus, projekti, yksikkö, liitetään mistä-mihin)
- Media (virtaava-aine) ja faasimuoto (neste, kaasu, 2-faasi)

- Putken halkaisija ja putkiluokka (sisältää putkimateriaalin)
- Suunnittelu- ja käyttölämpötila
- Suunnittelu- ja käyttöpaine
- Eristyksen tyyppi ja paksuus
- Saattolämmityksen tiedot
- **PED-luokittelu (SEP, I, II tai III)**

Putkiston PED-luokittelu määrittää mahdolliset moduulivaihtoehdot. Prosessiputkistokokonaisuus tarkastetaan vaativimman luokituksen omaavan osan mukaisesti.

Putkistosuunnittelun toteutussuunnitteluvaiheessa tuottama dokumentaatio on määritelty työohjeeseen CP185 – Putkistosuunnittelu. Putkistosuunnittelu laatii dokumentaation käytettäväksi valmistukseen (lopulta putkistokansioon liitettäväksi) ja lähtötiedot muille suunnittelulajeille. Yksittäisen prosessiputkistokokonaisuuden valmistukseen vaadittu dokumentaatio (ei välttämättä riittävä koko projektille):

- Isometrit (Putkiston valmistuspiirustus, sisältää materiaalilistan).
- Valmistus-, kokoonpano ja sijoituspiirustukset
- Työmäärityt (työn laajuuden ja vaatimusten määrittely)
- Dokumentti- ja isometrillistat
- Materiaalilistat ja hankintamäärityt putkiston erikoisosille
- Säädösten edellyttämät vakuutukset (taulukko 4.)
- Lujuuslaskelmat ja jännitysanalyysit
- (muu tekninen dokumentaatio)

G-moduulilla valmistettaessa suunnitelmat tarkastetaan aina sisäisesti NJ käytäntöjen mukaisesti, mutta virallisesti (lisäksi) suunnitelmat tarkastavat ja hyväksyvät yksikkökohtaisesti ilmoitettu laitos, joka tekee suunnitelma- ja lopputarkastuksen. A2-moduulin käyttö uusille putkistoille edellyttää projektikohtaista sopimusta NoBo:n kanssa. Työohjeessa (Common Practice) CP198 on esitetty säädösten edellyttämät vakuutukset. Alkuperäinen ohje kattaa myös painesäiliöt. Taulukossa 4. on listattu säädösten edellyttämät vakuutukset putkistolle (CP198:n Muokattu taulukko 1).

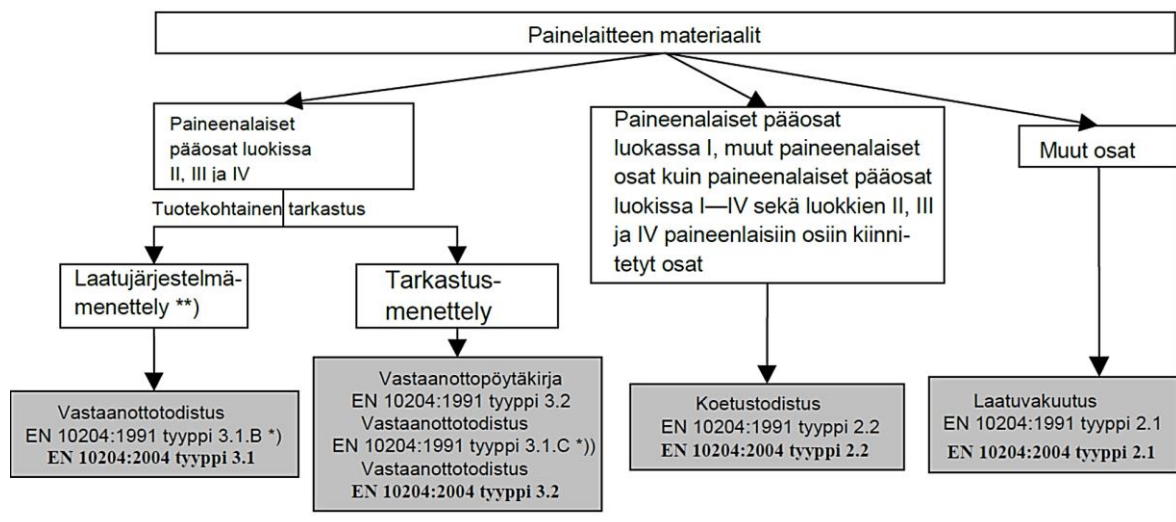
Lopputarkastuspöytäkirjan pohja laaditaan ja esitätetään putkistosuunnittelussa, mutta allekirjoitetaan lopputarkastuksen yhteydessä.

Taulukko 4. Säädösten edellyttämät vakuutukset (Neste Jacobs Oy 2016b)

	Säädösten edellyttämät vakuutukset
Uudet putkistot; moduuli H, NJ valmistaja	SUUNNITELMAVAKUUTUS
	LOPPUTARKASTUSPÖYTÄKIRJA
	EU-VAATIMUSTENMUKAISUUSVAKUUTUS
Uudet putkistot; moduuli A2, NJ valmistaja	SUUNNITELMAVAKUUTUS
	LOPPUTARKASTUSPÖYTÄKIRJA
	EU-VAATIMUSTENMUKAISUUSVAKUUTUS
Uudet putkistot; moduuli G, NJ valmistaja	EU-VAATIMUSTENMUKAISUUSVAKUUTUS

4.2.2 Hankinta ja materiaalit

Hankinta-osaston päätehtävä on kaupallinen toiminta ja yhteydenpito materiaalitoimittajiin. Hankinta saa projektilta toteutusvaiheessa toimeksiannon projektin materiaalien hankintaan. Materiaalit voivat olla niin sanottua bulk-materiaalia, joka on spesifikaatioiden mukaista perustavaraa tai erikseen hankintamäärittelyllä tilattavaa. Painelaitteiden valmistukseen käytettävien materiaalien tai komponenttien osalta kuvassa 8 esitetyt todistukset ovat vaadittuja. Kuvassa on nähtävissä myös vanhentuneen standardiversion (EN 10204: 1991) mukaiset (aiemmin käytössä olleet) todistukset



Kuva 8. Painelaitteen materiaalit (TUKES 2016d)

Komponenttien ja putkiaihioiden toimituksen yhteydessä vaaditaan ainestodistukset. Materiaalia, jonka koostumusta ei kyetä vaaditulla tasolla osoittamaan, ei voida käyttää painelaitteessa. Ainestodistuksilla osoitetaan materiaalin vaatimustenmukaisuus. Tyyppi 2 on valmistusmenetelmäkohtaiseen tarkastukseen perustuva ja tyyppi 3 on valmistuseräkohtaiseen tarkastukseen perustuvia. Tyyppi 2 ja 3 erot ovat kuka vakuuttaa tilauksenmukaisuuden ja kuka allekirjoittaa ainestodistuksen. Kuvassa 9 esitetty yhteenveto ainestodistusten tyypeistä. (SFS 2017c; Ruukki 2017).

Ainestodistuslajit (mukailtu Ruukki 2017):

- **Laatuvakuutus 2.1 - EN 10204:2004.** Terästehdas vakuuttaa toimitettujen tuotteiden olevan tilauksen mukaisia. Tuotteiden sulatusnumero on ilmoitettu, mutta vakuutukseen ei kuulu aineenkoestustuloksia tai kemiallista koostumusta.
- **Koestustodistus 2.2 - EN 10204:2004.** Terästehdas vakuuttaa toimitettujen tuotteiden olevan tilauksen mukaisia. Koestustodistuksella esitetään valmistusmenetelmäkohtaiseen laadunvalvontaa perustuvat aineenkoestustulokset materiaalistandardin yleisten vaatimusten mukaisesti. Aineenkoestustulokset eivät välttämättä ole asiakkaalle toimitettavasta erästä. Testauslaajuus on vähimmillään 1 testi / sulatus.
- **Vastaanottodistus 3.1 - EN 10204:2004.** Terästehdas vakuuttaa toimitettujen tuotteiden olevan tilauksen mukaisia. Ainestodistuksella esitetään aineenkoestustulokset sekä kemiallinen koostumus tarkoituksenmukaisessa laajuudessa. Koetuserä ja testausvaatimukset on määritelty materiaalispesifikaatiossa, virallisissa määräyksissä ja vastaavissa säännöksissä ja/tai tilauksessa. Painelaiteteräksille testausvaatimukset ovat yleensä vaativampia.
- **Vastaanottodistus 3.2 - EN 10204:2004** eroaa 3.1-todistuksesta niin, että lisäksi käytetään ostajan valtuuttamaa tai viranomaismääräyksissä määrättyä tarkastajaa vakuuttamaan tuotteiden olevan tilauksen mukaisia.

Ainestodistuksen tyyppi	Tarkastustapa	Ainestodistuksen sisältö*	Ainestodistuksen vahvistaa
2.1 Laatuvaraus	Valmistusmenetelmäkohtainen	Ei mainintaa koetuloksista	Valmistaja
2.2 Koetustodistus		Valmistusmenetelmäkohtaisen tarkastuksen ja testauksen tulokset	
3.1 Vastaanottodistus	Toimituseräkohtainen	Toimituseräkohtaisen tarkastuksen ja testauksen tulokset	Valmistajan valtuuttama tuotanto-osastosta riippumaton edustaja
3.2 Vastaanottodistus			Valmistajan valtuuttama tuotanto-osastosta riippumaton edustaja sekä ostajan valtuuttama edustaja tai viranomaismääräyksissä määrätty tarkastaja
* Lisäksi kaikki ainestodistukset sisältävät valmistajan vakuutuksen toimituksen tilauksen mukaisuudesta.			

Kuva 9. Ainestodistusten tyypit (SFS 2017c)

Seostus vaikuttaa teräksen luokitteluun ja ominaisuuksiin kuten lujuuteen, sitkeyteen, hitsattavuuteen ja kestävyys eri olosuhteissa. Materiaalistanardeilla rajataan käytettyjen seosaineiden määrät tarkoituksenmukaiselle alueelle. Koostumus voi vaihdella eräkohtaisesti. Terästä valmistetaan sulatuserissä, joka jaetaan pienempiin kappaleisiin. Näistä raakakappaleihioista valmistetaan esimerkiksi putkiston osia. Sulatusnumero yksilöi materiaalierän ja yhdistää sen liittyvään todistukseen. Sulatusnumero merkitään jokaiseen aihioista tehtyyn irto-osaan. Sulatusnumero siirretään uudelleen merkitsemällä tarpeen vaatiessa. Esimerkiksi, kun putkiaiho katkaistaan, sulatusnumero merkitään kaikkiin putkipaloihin jäljitettävyyden varmistamiseksi. Varasto tarkastaa todistukset vastaanotetuksi osana toimitusta. Varasto ja edelleen urakoitsija ovat vastuussa materiaalin uudelleen merkitsemisestä ja jäljitettävyyden varmistamisesta. Useassa osassa voi olla sama sulatusnumero ja liittyvä dokumentaatio. Materiaalitodistuksille luodaan järjestelmä, jolla ne voidaan yhdistää kappaleisiin merkittäviin tunnisteisiin. Valmistuksen

yhteydessä suunnitelmiin merkitään käytettyjen osien sulatusnumerot tai viittaava tunniste. Tätä kutsutaan materiaalikartaksi. Materiaalitodistukset ja materiaalikartat tulevat osaksi putkistokansiota. Putkistosuunnittelu laati materiaalilistan ja erikoisosille (ei spesifikaatioissa) hankintamäärittelyt. Hankintamäärittelyllä tilatun osan materiaalitodistukset tarkastaa suunnittelija. Bulk-materiaalin todistukset tarkastaa varasto. Moduulissa G tarkastaa virallisesti (lisäksi) ilmoitettu laitos viimeistään lopputarkastuksen yhteydessä.

4.2.3 Valmistaminen

Kaikki valmistus on NJ:lla alihankittua. Urakoitsija toimii NJ:n aliurakoitsijana. Urakoitsijalta edellytetään hitsauksen laatujärjestelmästandardin SFS-EN ISO 3834-2 mukaista toimintaa. NJ auditoi urakoitsijan toimintaa seuraavilta osin:

- Hitsaaja pätevyity direktiivin edellyttämän SFS-EN 287-1 tai SFS-EN ISO 9606-1 standardin mukaisesti
- Hitsausmenetelmät pätevyity 3. osapuolen toimesta direktiivin mukaisesti ISO 15614-1 ja Nesteen spesifikaatioiden lisävaatimukset huomioiden, esimerkiksi rikkivety (H₂S) käyttöön.

Valmistuksen aikaiselle valvonnalle ja parametrien hallinnalle hitsauksessa standardin 3834-2 vaatimukset ja NJ:in ohjeet:

- Lämmöntuonnille
- Esilämmitykselle
- Välipalkolämpötilalle
- Lämpökäsittelylle

NDT-tarkastukset, tarkastuslaajuus ja hyväksymisraja spesifikaation H103 mukaisesti.

Tarkastuslaajuus riippuu:

- Putkiston PED-kategoriasta (putkiluokka)
- Sisällön vaarallisuudesta (esimerkiksi H, H₂S, HF, O₂)
- Materiaalin hitsattavuudesta (esimerkiksi CrMo-teräksille aina 100 % volumetrinen tarkastus)

Urakoitsija tuottaa painelaitedirektiivin ja spesifikaatioiden mukaisen dokumentaation valmistuksen eri vaiheissa. Dokumentaation valvonnasta vastaa NJ:n QC valvoja ja/tai asennusvalvoja. Moduulia G käytettäessä ilmoitettu laitos suorittaa tarkastuksia.

4.2.4 Loppuarviointi

Painelaitedirektiivin (2014/68/EU) liitteessä 1. olennaiset turvallisuusvaatimukset vaaditaan painelaitteelle tehtävä loppuarviointi. Standardissa SFS-EN 13480-5 on määritelty tarkastus ja testaus metallisille teollisuusputkistoille. Standardi kattaa loppuarvioinnin vaatimukset. Standardi on sisällytetty spesifikaatioon H103 ja loppuarvioinnille on olemassa tarkempia työohjeita suorittamiseen NJ:n järjestelmässä (spesifikaatioista tarkemmin kappaleessa 6).

Ennen lopullista todistusta valmistaja suorittaa loppuarvioinnin. Tarkoituksena on osoittaa, että putkisto on kaikkien vaatimusten mukainen. Loppuarviointiin kuuluu lopputarkastus, loppudokumenttien kokoaminen ja vakuuttaminen. Kun vaatimusten mukaisuus on osoitettu, lopputarkastuksella tulee koota vaaditut dokumentit loppudokumentaatioksi ja valmistaja antaa vakuutuksen putkiston vaatimustenmukaisuudesta. (SFS-EN 13480-5 2013)

Lopputarkastukseen kuuluvat standardin SFS-EN 13480-5 (2013) mukaan painekokeen ohella seuraavat toimet:

- **Silmämääräinen tarkastus ennen painekoetta.** Suoritetaan ennen pinnoittamista (esimerkiksi maalaus tai eristäminen). Tarkastuksessa katsotaan, että mitat ja suuntaukset täyttävät suunnitteluvaatimukset. Osat, kokoonpano ja asennus vastaavat standardin SFS-EN 13480-5 vaatimuksia.
- **Silmämääräinen tarkastus painekokeen jälkeen.** Tarkastuksella osoitetaan ettei painekokeesta seurannut mitään heikennystä ja, että painekoetta varten tehdyt tilapäiset rakenteet ja osat ovat poistettu (esimerkiksi tuet ja sokeointi laipat), painekoetta varten poistettujen rakenneosien on oltava poistettu, painekoetta varten poistettujen osien on oltava uudelleen asennettu (esimerkiksi säätöventtiilit, instrumentit), varolaitteet ovat asennettu oikein sekä kapasiteetiltaan ja tyyppiltään määriteltyjä.

- **Valmistusdokumenttien tarkastus.** Valmistaja tarkastaa, että standardissa määritellyt tarkastukset ja testaukset ovat suoritettu ja raportoitu

Valmistusvaiheessa suoritettavat tarkastukset voidaan ottaa huomioon. Jos turvallisuussyistä on tarpeen, loppukoe on tehtävä laitteen kaikille osille sisä- ja ulkopuolisesti tarvittaessa valmistusvaiheen aikana (esimerkiksi jos tarkastusta ei voida suorittaa loppukoevaiheessa). (2014/68/EU). Lopputarkastuksen suorittaa H- ja A2-moduuleissa NJ:n päteväksi toteama ja tehtävään nimeämä henkilö. Moduulilla G ilmoitettu laitos suorittaa tarkastuksen.

Painekokeessa putkistojärjestelmä (koeponnistuskokonaisuus) suljetaan ja täytetään nesteellä (tai kaasupainekokeessa kaasulla). Pääsääntöisesti käytetään vettä. Kaasupainekoe on sallittu ainoastaan, mikäli nestepainekoe on putkistolle haitallinen tai muutoin käyttökelvoton. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi suuritulavuuksiset kaasuputket, jotka eivät kestä koeponnistuksessa käytettävän veden massaa tai koeponnistuksen jälkeiselle kuivaukselle tiukkoja vaatimuksia asettavat kryogeeniputkistot. Järjestelmässä olevaan väliaineeseen kohdistetaan painetta, jolloin saadaan putkistoa ja siihen kuuluvia osia kuormitettua sisäpuolisesti. Testipaine on määritelty ASME B31.3 tai EN putkistoille EN 13480-5 standardissa. Menettelyllä saadaan esille hitsivirheet, todennettua tiiviys ja liitosten ja materiaalin rakenteellinen lujuus. Painekoe suoritetaan tarvittaessa ilmoitetun laitoksen edustajan läsnä ollessa. Painekokeesta laaditaan koepöytäkirja. (SFS-EN 13480-5 2013; 2014/68/EU; Neste Oyj 2016a).

Suunnittelun ja valmistuksen dokumentit kootaan loppudokumentaatioksi. Loppudokumentaatio sisältää putkiston rakennetta ja käyttöä koskevat asiakirjat. Putkiston suunnittelua ja valmistusta arvioidaan käytetyn suunnittelukoodin vaatimuksiin ja hyväksytyihin suunnitelmiin. Käyttöohjeiden tulee sisältää kaikki välttämätön tieto putkistojärjestelmän käyttöön otosta, käytämisestä, kunnossapidosta ja käyttäjän suorittamista käynninaikaisista tarkastuksista. (SFS-EN 13480-5 2013). Taulukossa 5. nähtävissä standardin vaatima loppudokumentaatio. Valmistaja laatii EU-vaatimusten mukaisuus vakuutuksen loppuarvioinnin ja dokumentaation valmistumisen jälkeen. Putkistokokonaisuus CE-merkitään hyväksytyyn loppuarvioinnin jälkeen. Asetuksessa 2008/765/EY on säädetty CE-merkintää koskevista yleisistä periaatteista.

Taulukko 5. Loppudokumentaatio (SFS-EN 13480-5)

Nro	Dokumentit	Luokka				Putkisto ≤ 0,5 bar
		III	II	I	0	
1	Putki- ja instrumentointikaavio (P & I -kaavio)	x	x	x	x ^{a)}	x ^{a)}
2	Suunnittelu- ja käyttöarvojen yhteenveto	x	x	x	x ^{a)}	x ^{a)}
3	Putkiston sijoituspiirustukset ja kannakepiirustukset mitoituksineen (voi sisältää isometrisiä piirroksia, toteutuspiirustuksia, kohtakuvia, pohjapiirroksia)	x	x	x	x ^{a)}	x ^{a)}
4	Putkiston rakenneosien osaluettelot	x	x	x ^{a)}	x ^{a)}	–
5	Perusmateriaalien ja hitsauslisäaineiden aineodistukset tarvittaessa	x	x	x ^{a)}	Ks. EN 13480-2	–
6	Dokumentit erilaisille rakenneosille, kuten venttiileille, turvalaitteille	x	x	x ^{a)}	x ^{a)}	x ^{a)}
7	Hitsausdokumentit	x	x	x ^{a)}	x ^{a)}	–
8	NDT-dokumentit	x	x	x	–	–
9	Lämpökäsittelydokumentit	x	x	x	–	–
10	Painekokeiden tai korvaavien testien dokumentit	x	x	x	x ^{a)}	–
11	Tunnistemerkin tiedot (ks. EN 13480-4: 2012, kohta 11)	x	x	x	x	x ^{a)}
12	Standardinmukaisuusvakuutus suunnittelulle	x	x	x	–	–
13	Standardinmukaisuusvakuutus putkiston valmistukselle/asennukselle	x	x	x	–	–
14	Käyttöohjeet ^{b)}	x	x	x	–	–
15	Muut soveltuvat käyttöohjeet ^{b)}	–	–	–	x	–
"x" tarkoittaa, että asiakirja on oltava mukana loppudokumentaatioissa.						
HUOM. Katso PED liite VII, jossa esitetään vaatimustenmukaisuusvakuutus, jonka on oltava saatavilla, jos putkisto kuuluu luokkiin I, II ja III ja se on saatettu markkinoille maassa, jossa PEDiä sovelletaan.						
a) Riippuu valmistajan päätöksestä.						
b) Ellei sisälly laitoksen tai kokoonpanon käyttöohjeisiin.						

5 LAATUKUSTANNUSLASKENTA

5.1 Laatu

Laadulle ei ole yhtä selkeää määritelmää. Laatu on moniselitteinen. Laatu on jossain määrin subjektiivinen ja suhteellinen, mutta se voidaan tarkoituksenmukaisesti määritellä eri toimintaympäristöissä. Suhteellisuus tarkoittaa asian suhdetta johonkin. Laadusta puhuttaessa suhteita muodostuu esimerkiksi toteutuma-tavoite, rakenne-suorituskyky, tarve-tyydytys. Laatu on sidoksissa ilmiöön, jota kuvaillaan. Laatu voidaan ymmärtää monelta suunnalta. Tuotteen, asiakkaan tai ympäristön kautta määriteltynä. (Lillrank 1998). Laatufilosofinen määrittely voi tuntua abstraktilta. Artikkelissaan *Mitä laatu on?* Anttila ja Jussila (2016) määrittelevät laatukäsitettä seuraavasti:

”

- **Tuoteperusteiset määritelmät.** Laatu on tuotteen mitattavia ominaisuuksia. Laatu on nopeus, tehokkuus, kultapitoisuus, jne. Laatueroit seuraavat mitattavien ominaisuuksien eroista. Laatu on mahdollista ymmärtää objektiivisesti. Tällaiseen laatukäsitteeseen yhdistetään usein hinta ja kustannukset, siten että korkeampi laatu merkitsee korkeampia tuotantokustannuksia. Samasta syystä voidaan perustella, että korkealaatuisesta tuotteesta voidaan pyytää ja saada korkeampi hinta. Näin laatukäsitteen usein ymmärtävät markkinointihenkilöt.
- **Tuotantoperusteiset määritelmät.** Laatu on vaatimusten täyttämistä ja täyttymistä. Nämä määritelmät ovat käytössä perinteisessä laatutekniikassa, jonka juuret ovat materiaalisten tuotteiden valmistuksessa spesifikaatioiden ja sopimusten mukaisesti ja valmistusvirheiden estämisessä. Laatu tarkoittaa sitä astetta, millä tuote täyttää tai tuotteet täyttävät vaatimukset, ts. laatua on virheettömyysaste. Laatu on objektiivinen ja yksikäsitteisesti mitattavissa oleva suure. Toimintaohjeena tuotannossa on hyvä (hyväksyttävissä oleva) laatutaso tai virheettömyys (0-virhetaso). Korkeat tuotantokustannukset voidaan välttää vain tekemällä kaikki työt aina kerralla oikein. Juranin mukaan voidaan erottaa kaksi tapausta: (a) Small Quality – Tavoitteena virheettömyys ja riskien hallinta sekä spesifikaation mukaan valmistettu tuote ja (b) Big Quality – Tavoitteena asiakkaan tyytyväisyys ja epävarmuuden hallinta sekä sopimuksen mukainen toimitus.
- **Rahalliset arvoperusteiset määritelmät.** Laatu on kohteen käyttöarvo (utiliteetti). Kohde hankitaan tiettyyn tarkoitukseen, henkilökohtaisen tyydytyksen aikaansaamiseksi tai muista vastaavista syistä. Laatu muodostuu

tuotteen valmistuksen yhteydessä syntyvästä arvonalisästä (jalostusarvosta). Klassisessa vapaan markkinatalouden tasapainossa arvonalisän tulee vastata vaihdanta-arvoa (ostettaessa maksettavaa hintaa). Laatu on käyttöarvon ja hinnan suhde.

- **Reaalitaloudelliset arvoperusteiset määritelmät.** Laatu on kohteen hyötyarvo. Se on tarpeen tyydyttämisestä saatava hyöty, joka saavutetaan tuotteesta sen eliniän aikana riippumatta siitä, mitä tuotteesta on maksettu (ts. mikä on sen vaihdanta-arvo) ja kuinka suurta arvonalisää tuote edustaa. Tällöin laatu on tuotteen kykyä täyttää käyttäjän piilevätkin tarpeet ja odotukset. Laatu on tuotteen ostajan ja käyttäjän tarpeisiin sidottu ja niin ollen subjektiivinen ja ajallisesti muuttuva käsite. Laatua voidaan vain subjektiivisesti arvioida. Tuotantotoiminnan ohjeena on tuoteasiakkaiden piilevienkin ja aitojen tarpeiden mahdollisimman hyvä tunteminen ja tuotteen tekeminen niiden mukaisesti. Laatu ei kuitenkaan merkitse välttämättä korkeita tuotantokustannuksia. Laatu on osaamista ja asiakasohjautuvaa toimintaa.
- **Heuristiset ja myyttiset määritelmät.** Laatu on erinomaista hyvyyttä tai luksusta. Laatua ei voi mitata eikä edes määritellä suljetusti. Sinä tiedät, mitä se on. Laatu perustuu platonisiin ideoihin. Tällä tavoin laatukäsitettä tuodaan kuitenkin paljon esille esim. mainonnassa ja 'excellence'-yritysten toiminnassa. Laatu on erinomaisuutta ja ylivertaisuutta ”

Laatu käsitteenä ymmärretään siis ominaisuuksiksi, jotka hyödykkeen tai toiminnan on täytettävä, jotta se täyttää vaatimukset tai odotukset. Laatu on vaatimustenmukaisuutta, joka perustuu määriteltyihin objektiivisiin arvoihin tai se voi olla subjektiivinen ja asiakaslähtöinen kokemus.

5.2 Laatuajattelun historia

Käsityöläiskulttuurin kehittyessä teolliseksi tuotannoksi 1800-luvulla kehittyi sen rinnalla erillinen laatutoiminta. Tieteellisten menetelmien ja mittalaitteiden kehittyminen mahdollisti tuotteiden laadun mittaamisen ja yhdenmukaistamisen. Tätä toimintaa nimitetään laaduntarkastukseksi (Quality Control, QC). Laaduntarkastamisella tarkoitetaan toimintaa, jonka tarkoitus on todentaa laatuvaatimusten täytyminen. Vaatimusten spesifiointi, tarkastus- ja korjaustoiminta loi pohjat 1900-luvun alussa massatuotannolle. Laadun vaihtelu tiedostettiin ja sitä valvottiin. Laaduntarkastaminen ei tutki laatuongelmien juurisyytä, vaan pyrkii löytämään, poistamaan tai korjaamaan virheet tuotteissa. Laatuksustannuksia syntyy tarkastustoiminnasta, korjaamisesta ja hukasta.

Laatuvirheitä ei kuitenkaan saada poistettua. Ymmärrettiin, että laatupoikkeamia on kannattavaa ennaltaehkäistä. Huomio kiinnittyi valmistuksen vaiheisiin ja tuotantomenetelmiin oli siis puututtava itse prosessiin (prosessilaatu). Todennäköisyyslaskennan ja tilastotieteen kehittyminen ja niiden soveltaminen järjestelmälliseen tuotannon tarkasteluun synnytti laadunohjaamisen. Prosessin tuotteille määriteltiin tavoitearvo ja tilastomatemattisin menetelmin määriteltiin toleranssit. Laatukustannusmallit pyrkivät osoittamaan laatukustannusten muodostumista ja ovat laadunohjaamisen työkalu. Edelleen laajentaen tarkastelua koko yrityksen toimintaan ja sidosryhmiin voidaan laatukustannuksia tarkastella yrityksen toiminnan prosesseina. Nykyisin laatukustannusajattelu nähdään osaksi laadunhallintaa ja laatujohtamista. (Lecklin 2006).

5.3 Laatukustannusmallit

Yksinkertaisimmillaan laatukustannuksilla tarkoitetaan niitä kustannuksia, joita syntyy huonosta laadusta tai laadun tavoittelusta. Laatu saa merkityksensä asiakkaan kautta. Huono laatu tarkoittaa menetettyä kilpailukykyä ja menetettyjä mahdollisuuksia. On ymmärrettävä mitä ilmiöön kuulu tai ei kuulu. Määrittelemätöntä ei voi mitata eikä sitä myöskään voida johtaa. Johtaminen on tavoitteiden asettamista ja keinojen kehittämistä (Lillrank 1998). Laatukustannuksia ei pidä sekoittaa tuotantokustannuksiin. Laatukustannukset voidaan ajatella yleiskuluina, joita tuotteelle tai palvelulla muodostuu. Jotta laatua ja laadun kustannuksia voidaan mitata, tulee kustannusten rakenne ja muodostuminen ymmärtää. Laatukustannusmallit ovat laatujohtamisen väline, jolla asiaa voidaan jäsentää ja käsitellä.

Laatukustannusmalleissa yhteisenä piirteenä on esittää tuotteen tai palvelun todellinen tuotantokustannus ja kuinka paljon kustannuksia on poistettavissa, jos tuote tai palvelu olisi tehty täysin oikein ja virheettä (Campanella 1999). Laatukustannuslaskennan tarkoitus on menetelmänä arvioida toiminnan laadunhallinnan tehokkuutta. Yrityksen johto tarvitsee tietoa pystyäkseen tekemään päätöksiä. Laatukustannusmalleilla voidaan löytää ongelma-alueet, kehityskohteet säästön ja toiminnan prioriteetit. (Oakland 1993).

5.3.1 PAF-Malli

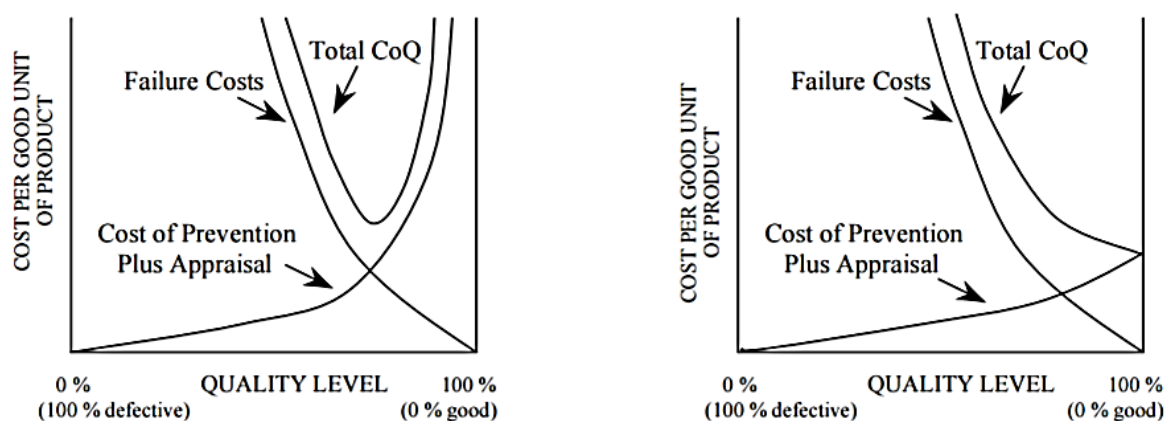
PAF-malli on klassinen malli laatukustannuslaskennassa. Vaikka PAF-malli ei ole helposti sovellettavissa insinööritoimiston toimintaan, niin se antaa pohjan laatukustannuslaskentaan perusteorian. PAF-malli johdattelee laatukustannusten välisiin suhteisiin ja vaikutuksiin. PAF-mallin esitteli Armand V. Feigenbaum Harvard Business Review -lehden artikkelissa *Total quality control* vuonna 1956. (Feigenbaum 1956). PAF-malli saa nimensä laatukustannusluokittelun pääkomponenteista (Prevention – Appraisal - Failure).

Laatukustannukset jaetaan perinteisessä PAF-mallissa kolmeen luokkaan:

- Ehkäisykustannukset (**P**revention costs)
- Tarkastuskustannukset (**A**ppraisal costs)
- Virhekustannukset (**F**ailure costs)

Ehkäisy- ja tarkastuskustannukset ovat kuluja, joita syntyy laadun aikaansaamisesta ja virhekustannukset laadun puutteesta (Järvinen et al. 2001). Virhekustannukset voidaan edelleen jakaa sisäisiin ja ulkoisiin virhekustannuksiin (Freeman 1960). Sisäiset virhekustannukset löydetään ennen asiakkaalle pääsyä. Ulkoiset virheet vastaavasti huomataan asiakkaan toimesta. Ulkoiset virhekustannukset ovat yleensä niitä mitä halutaan erityisesti välttää. Ne ovat kalliita korjata ja aiheuttavat maineen menetystä asiakkaan silmissä. Tämä jaottelu huomioi asian asiakkaan kannalta.

Laatukustannusluokkien välisissä riippuvuus- ja vaikutussuhteessa Juran ja Gryna (1974) mukaan nähtävissä kokonaislaatukustannuksille optimikohta, jossa ehkäisy- ja tarkastuskustannusten käyrä leikkaa virhekustannuskäyrän. Tämän pisteen jälkeen ehkäisy- ja tarkastuskustannukset tulevat kalliimmaksi kuin läpimenneet virheet. Mallin mukaan pisteen jälkeen laatukustannukset kasvavat merkittäväksi. Myöhemmin Juran ja Gryna päivittivät näkemystään niin, että kokonaislaatukustannukset ovat alimmillaan tuotteen ollessa vaatimustenmukainen. Malleja Juran ja Gryna sittemmin esittivät perinteiseksi ja moderniksi näkemykseksi laatukustannuksien ja laatutason suhteesta. (Loduca 2011). Kuvassa 10. on esitetty vasemmalla perinteinen näkemys ja oikealla moderni näkemys laatukustannusten riippuvuudesta.



Kuva 10. Perinteinen- ja moderni näkemys (Schiffauerova ja Thomson 2006a)

Edellä esitetyt kuviot ovat tuotteen tai yrityksen toiminnan mukaisesti yksilöllisiä. Kuvioissa on nähtävissä perusidea. Panostamalla ehkäisy- ja tarkastustoimintaan saadaan suurin vaikutus kokonaislaatukustannusten vähentämisessä. Ennakkoon asioihin puuttuminen on kannattavampaa kuin jälkihoito. Mikäli virheitä ei poisteta heti alkuun, maksetaan laadun tekemisestä ja laadun puutekustannukset. Kerralla oikein tehtäessä ei hukata resursseja korjaamiseen tai uudelleen tekemiseen. Ehkäisy- ja tarkastustoiminta on sijoittamista laatutyöhön. Ymmärtämällä laatukustannusten muodostuminen tuotteessa, palvelussa tai prosesseissa voidaan ohjata resursseja tarpeellisiin toimiin ja ajan kuluessa ohjata yrityksen toimintaa laadullisesti tehokkaammaksi. PAF-mallin etu on sen selkeys jatkuvassa tuotannossa, missä laatukustannuskulut muodostuvat tietyllä rakenteella. Käyrät voidaan muodostaa ja optimoida laatupanokset halutulle tasolle. (Schiffauerova 2006b). Yrityksessä, jossa tuotanto on vaihtelevaa tai muutoin vaikeasti luokiteltavaa Juranin-malli ei välttämättä ole taannehtivan luonteensa vuoksi käytännöllisin vaihtoehto, mutta mahdollistaa luokittelun ja auttaa ymmärtämään laatukustannusten vaikutuksia ja suhteita.

5.3.2 Crosby-malli

PAF-mallin yhteydessä usein mainitaan Crosby'n (1979) näkemys laatukustannusten luokittelusta. Crosby'n-malli yksinkertaistaa edelleen laatukustannusjaottelua. Malli korostaa nollavirhetason tavoitetta.

Crosby'n-malli jakaa laatukustannukset seuraavasti:

- Yhdenmukaisuuden kustannukseksi (Cost of Conformance, CoC) ja
- Epäyhdenmukaisuuden kustannukseksi (Cost of NonConformance, CoNC)

- Kokonaislaatukustannus (CoC + CoNC).

Jaottelu on periaatteessa yhteensopiva PAF-mallin kanssa. Malli sijoittaa ehkäisy- ja valvontakustannukset yhdenmukaisuuden kategoriaan ja virheet epäyhdenmukaisuuden kustannukseksi (Järvinen et al. 2001). Jaottelu on käytössä myös prosessimallissa. Laatu ei nähdä paremmuutena, vaan ominaisuudet määritellään tietyille toleranssille ja tuote (tai palvelu) on tai ei ole yhdenmukainen - virheetön. Kerralla oikein tehty eikä mitään ylimääräistä. Crosby onkin tunnettu lauseestaan ”laatu on ilmaista”.

5.3.3 ABC-malli

ABC-malli on lyhennys englannin kielen sanoista Activity-Based Costing eli toimintoperustainen kustannuslaskenta. ABC-malli ei ole varsinaisesti laatukustannusmalli, mutta käsittelee resurssien käyttöä yrityksen prosesseissa. ABC-malli on lähempänä kirjanpitoa. Aktiviteetti on kirjanpidolle merkintä tehdystä toiminnasta kuten esimerkiksi tuntikirjaus jostain tehdystä toimesta. Aktiviteettien kautta kustannukset kohdistetaan yksittäiseen tuotteeseen tai palveluun. Laatukustannuslaskentaa se tarkoittaa, koska resurssikäyttö saadaan kohdistettua tuotteisiin ja toimintaan. Laatukustannusten seuraaminen ja ohjaaminen on selkeämpää. ABC-malli muistuttaa prosessimallia, mutta sen toiminta perustuu kustannusten osoittamiseen. Tuotteen tai palvelun kustannusrakenne muodostuu kiinteistä-, muuttuvista- ja yleiskustannuksia.

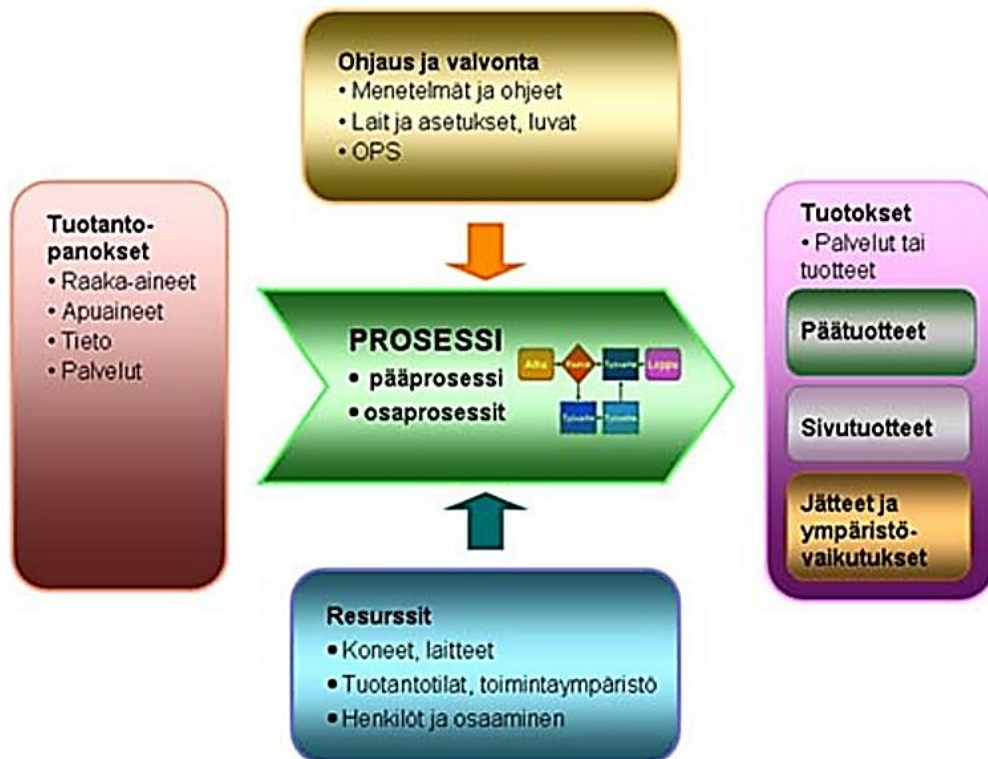
ABC-malli jakaa laatukustannukset:

- Arvoa tuottava
- Arvoa tuottamaton

ABC-malli voidaan yhdistää esimerkiksi prosessimalliin tuntikirjausten kohdentamisessa. Kirjauksilla voidaan mitata tuntikäyttöä esimerkiksi projekteittain tai osastoittain ja kohdistaa tuotteeseen tai toimintoon. Kerätyllä tiedolla voidaan tarkentaa aikataulutusta ja ohjata resursseja. Laajemmin Activity-Based Management –termillä kuvataan ABC-mallin soveltamista yrityksen toimintajärjestelmässä. (Tsai 1998).

5.3.4 Prosessimalli

Prosessilla tarkoitetaan yrityksen toisiinsa liittyviä tai vaikuttavia toimintoja, jotka muuttavat panokset halutuiksi tuloksiksi. Prosessin tarkoitus on tuottaa lisäarvoa. Yrityksen toimintaprosesseja voidaan tarkastella monella tasolla. Prosessi voi olla yksittäinen toiminto tai usean toiminnon muodostava ohjattu kokonaisuus. (SFS-EN ISO 9000 2015). Prosessimallissa yrityksen toimintaa kuvataan prosesseina ja ne käyttävät yrityksen resursseja. Resurssit voidaan jakaa esimerkiksi ihmiset, koneet, tilat tms. Prosessit voidaan jakaa pää- ja osaprosesseihin. Prosesseille määritellään vaatimukset ja mittarit, joita yritys pyrkii valvomaan ja kehittämään. Kuvassa 11. kuvattu esimerkin omaisesti yrityksen toimintaprosessia pääpiirteittäin. Laatukustannusten muodostumista prosessimalli tarkastelee toimintojen tai toimintokokonaisuuksien kautta. Poiketen muista malleista, prosessimalli tutkii prosessien näkökannasta eikä yksittäisen lopputuotoksen. (Oakland 1993). Laatustandardien SFS-EN ISO 9000-sarja käsittelee yrityksen toimintaa prosesseina.



Kuva 11. Toimintaprosessien kuvaaminen (Lundgren, Laininen ja Hannukkala 2016)

PAF-kustannusmalli pyrkii vähentämään ja lopulta poistamaan virhekustannuksia. Kolmeen kategoriaan laatukustannusten jakaminen ei välttämättä ole järkevää tai käytännöllistä. Oikein toimiessaan yrityksellä olisi vain ehkäisykustannuksia. PAF-malli jättää myös huomiotta laadun parantamisesta tulevat kilpailuedut. PAF-mallin kustannusoptimointi on ristiriidassa prosessimallin jatkuvan kehittämisen teemaan. (Oakland 1993). Prosessimalli tarkastelee laatukustannuksia toiminnan tehokkuuden näkökulmasta eikä lopputuotteesta taaksepäin tarkastellen.

Prosessimallissa laatukustannukset ovat jaettu:

- Yhdenmukaisuuden kustannus (Cost of Conformance, CoC) ja
- Epäyhdenmukaisuuden kustannus (Cost of NonConformance, CoNC)
- Kokonaislaatukustannus (CoC + CoNC).

Jako on sama kuin Crosby-mallissa, mutta prosessimalli käsittelee kustannuksia yrityksen toiminnan kautta. Yhdenmukaisuuden kustannus muodostuu tuotteen tai palvelun tuottamisesta prosessille määriteltyjen tavoitteiden ja vaatimusten mukaisesti. Epäyhdenmukaisuuden kustannukset ovat virhekustannukset, jotka aiheuttavat prosessin suorittamisesta väärin tai tehottomasti. (Sciffauerova ja Thomson 2006a). Poiketen Crosby-mallista, voidaan prosessimallissa vaikuttaa yrityksen yhdenmukaisuuden laatukustannuksiin prosesseja kehittämällä eikä vain ylimääräisenä nähtyihin virhekustannuksiin. Voidaan ajatella, että onnistunut tuote tai palvelu voidaan tehdä monella tapaa. Tyypillisesti prosessimallissa yrityksen toimintoja kuvataan vuokaavioilla. Vuokaavioissa esitetylle prosessille on osiin purettu toiminnot, jotka edelleen luokitellaan kustannusluokkiin. Mallin tarkoitus on osoittaa kehityskohteet mittaamalla ja määrittelemällä parametrit toiminnoille.

5.3.5 Piilokustannukset ja vaihtoehtoiskustannukset

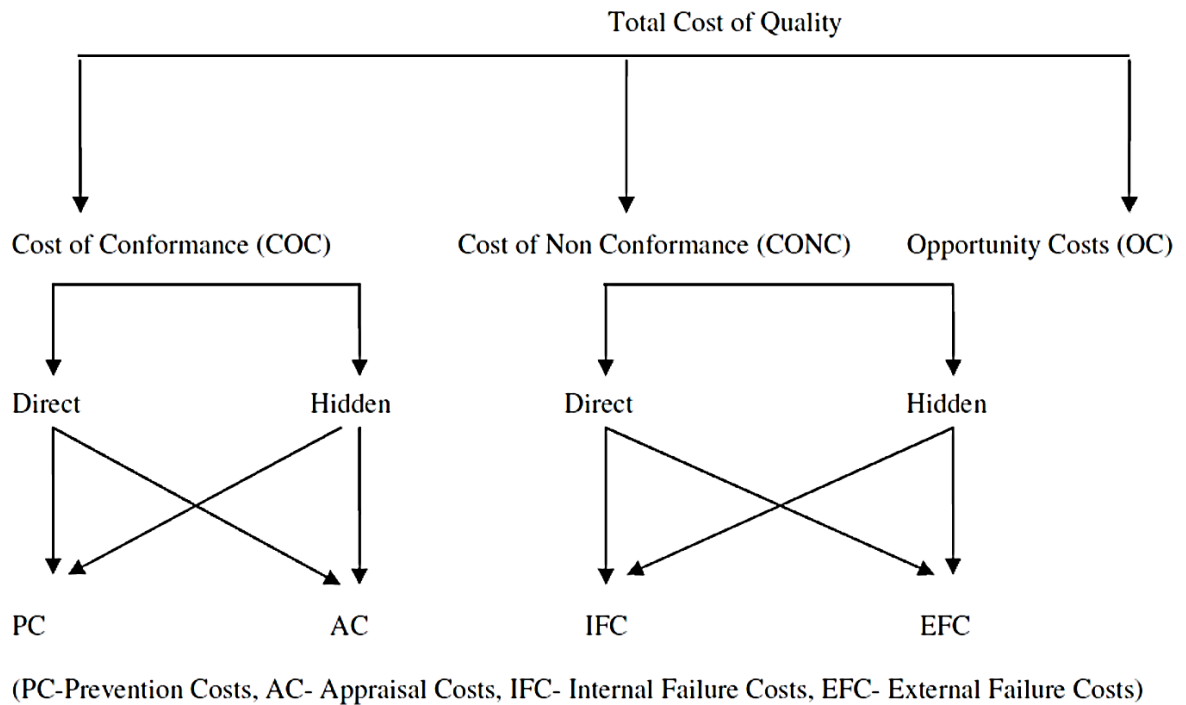
Laatukustannusmallien tarkkuus perustuu niissä käytetyn datan kattavuuteen ja paikkansapitävyyteen. Ongelmaksi muodostuu, ettei kaikkea tarvittavaa tietoa pystytä saamaan täydellisesti yrityksen toiminnasta. Laskentajärjestelmän ulkopuolella olevia kuluja nimitetään piilokustannuksiksi. Näitä kustannuksia ei ole tunnistettu tai määritelty. Tällaisia kustannuksia ovat erilaiset ennalta-arvaamattomat häiriöt ja ulkopuoliset ongelmat joihin ei ole osattu varautua. Esimerkkinä alihankkijan toimittama virheellinen

osa, jonka takuuasioiden hoitamiseen joudutaan käyttämään työtunteja. Piilokustannusten arvioiminen on myös vaikeaa, mutta jollain tasolla ennakoitavissa tai löydettävissä taannehtivasti yrityksen taloudellisista tiedoista. Varautuminen piilokustannuksiin on mahdollista jättämällä varauksia aikatauluun ja budjettiin. On tärkeää tutkia, tunnistaa ja puuttua piilokustannuksiin sillä ne voivat olla merkittäviä.

Perinteisiä laatukustannusmalleja on täydennetty *opportunity* –gategoriolla, suomeksi vaihtoehtokustannukset. Vaihtoehtokustannusten ajatuksena on esittää mitä sidottu panos tai resurssi voisi tuottaa vaihtoehtoisessa käytössä. Resurssia on turha sitoa tekemään asiaa, josta saatava hyöty on pienempi kuin vaihtoehdossa. Menetetty tuotto on vaihtoehtokustannus. Vaihtoehtokustannuksia ovat esimerkiksi, jos tuotanto tai prosessi ei kykene käyttämään koko potentiaaliaan. Organisaation tehottomuus on myös vaihtoehtokustannus. Esimerkkinä huippuosajia käytetään tekemään työtä, jonka voisi suorittaa vaatimattomammallakin osaamisella tai osaamisalueita tietyssä toiminnallisessa ryhmässä ei osata yhdistää oikein kokonaisuuden kannalta, jolloin lopputulos kärsii verraten mahdollisuuksiin (*opportunity*). Vaihtoehtokustannusten laskeminen on hyvin vaikeaa tarkasti, koska muut vaihtoehdot eivät toteudu. On mahdollista ainoastaan arvioida.

5.3.6 Laatukustannusmallien yhdistäminen

Eri kustannuslaskentamallit käsittelevät samaa asiaa ja ovat periaatteessa yhteensopivia, joskin lähestyvät ja painottavat asioita eri tavoin. Tutkimuksessaan vaihtoehtokustannusten mittaamisesta ja analysoinnista Sailaja, Basak ja Viswanadhan (2015) yhdistivät laatukustannusmallit kuvassa 12. esitettyyn kuvioon. Kuviossa on yhdistetty PAF-malli, Prosessimalli sekä vaihtoehtokustannukset ja piilokustannukset. Kuvioista on nähtävissä laatukustannusten jakaantuminen eri mallien mukaisiin luokkiin.



Kuva 12. Total Cost of Quality (Sailaja et al. 2015).

Kuvan 12. Suomennukset:

COC, Cost of Conformance

Yhdenmukaisuuden kustannukset

CONC, Cost of NonConformance

Epäyhdenmukaisuuden kustannukset

OC, Opportunity Costs

Vaihtoehtoiskustannukset

Direct

Suorakustannukset

Hidden

Piilokustannukset

PC, Prevention Costs

Ehkäisykustannukset

AC, Appraisal Costs

Tarkastuskustannukset

IFC, Internal Failure Costs

Sisäiset virhekustannukset

EFC, External Failure Costs

Ulkoiset virhekustannukset

5.4 Laatuksannuksia suunnittelutoimistossa

Laatukustannusten jaottelu erilaisten laatukustannusmallien mukaisiin luokkiin ei ole yksiselitteistä. Suunnitteluprosessissa on tyypillistä vaiheittaisuus ja iterointi kohti julkaistavaa revisiota. Suunnitelmia käsitellään asiakkaan kanssa yhteistyössä ja sisäisesti eri suunnittelualojen kanssa useita kertoja. Esimerkiksi suunnitelmakatselmus voidaan sijoittaa useampaan laatukustannusluokkaan riippuen miten se tulkitaan. Toisaalta

katselmuksessa edistetään suunnittelutyötä ja saadaan palautetta, toisaalta mahdollisia puutteita löytyy ja niitä joudutaan korjaamaan. Laatuviirhe voi aiheuttaa useaan luokkaan kuuluvia laatukustannuksia. Yksi poikkeama vaikuttaa eräänlaisena lumipallo-efektinä useaan toimijaan yrityksessä. Esimerkiksi suunnitteluviirhe aiheuttaa suunnitelmien revisioiden (sisäinen tai ulkoinen laatukustannus), materiaalien uudelleen tilaamisen. Viirheellinen materiaalimäärä taas aiheuttaa kustannuksia sitoutuneen rahan ja käsittelytyön kustannusten muodossa (vaihtoehtoiskustannuksia). Tärkeää on tiedostaa ja tunnistaa erilaisten laatukustannusten olemassaolo, niiden syyt ja vaikutukset. Ymmärrettäessä laatukustannusten muodostuminen ja keskinäiset vaikutussuhteet kokonaislaatukustannuksiin voidaan keskittää resursseja sinne missä ne vaikuttavat tehokkaimmin laatuun ja tuottavuuteen. Laatujohtaminen ja laadunhallintajärjestelmä ovat järjestelmällisiä menetelmiä kokonaisvaltaiseen laadunhallintaan.

Suunnittelutoimiston laatukustannuksia projektiympäristössä esimerkinomaisesti (Sailaja et al. 2015; Loduca 2011; Lecklin 2006):

Ehkäisykustannuksia:

- Ennakoiva toiminta (esisuunnittelu, luonnostelu, valmistautuminen)
- Koordinointikokoukset
- Aikatauluttaminen
- Sopimuskatselmuksset
- Palautteen käsittely ja hyödyntäminen
- Muutoshallinta
- Koulutus
- Laadunhallinta (laadunhallintajärjestelmän luonti ja ylläpito)
- Laadunparantaminen
- Alihankkijoiden auditointi

Tarkastuskustannuksia:

- Suunnitelmien tarkastaminen
- Suunnitelmakatselmuksset (sisäisesti tai asiakkaan kanssa)
- Auditoinnit

- Edistymäseuranta
- Kustannusarvioseuranta
- Alihankkijoiden arvioinnit
- Laatumerkinnät (tarkastuskäynnit kohteessa)

Sisäisiä virhekustannuksia:

- Lähtötietopuutteet disipliinien välillä (odotusaika ja mahdolliset muutokset)
- Uudelleen suunnittelu, tekeminen ja tarkastaminen oman (sisäisen) virheen takia
- Koordinoinnin puute (odotusaika, ristiriidat)
- Alihankkijan korjaavat toimet
- Työvälineisiin liittyvät ongelmat (esimerkiksi laitteet ja ohjelmistot)
- Aikataulujen ja kuluraportoinnin korjaukset
- Materiaalihukka (rakennusvaihe)

Ulkoisia virhekustannuksia:

- Lähtötietopuutteet (odotusaika ja mahdolliset muutokset)
- Uudelleen suunnittelu, tekeminen ja tarkastaminen ulkopuolisen virheen takia
- Toimituksen jälkeiset muutokset ja korjaukset
- Asiakaspalvelun kustannukset virheiden käsittelyssä
- Alihankkijoiden suunnittelu- tai asennusvirheiden käsittely
- Takuuasioiden hoitaminen

Vaihtoehtoiskustannuksia:

- Organisaation tehottomuus
- Menetty myynti. Maineen menetys tai ylimääräinen työkuorma. Esimerkiksi tyytymätön asiakas menetetään tai myytävissä oleva kapasiteetti on käytetty virheiden korjaamiseen.
- Materiaalipuutteesta johtuva odotusaika esimerkiksi rakennusvaiheessa todetusta suunnitteluvirheestä
- Kiireelliset toimitukset. Virhe aiheuttaa tarpeen ottaa kiinni aikataulua kalliimmalla nopeutetulla toimituksella eli ylimääräinen käytetty raha ja sen mahdollinen tuotto menetetään.

- Aikataulusta poikkeaminen aiheuttaa kalliita ylitöitä aikataulun kiinniottamiseksi.
- Poikkeaman käsittelyyn käytetyn asiantuntijan työaika (sisäinen laskutushinta on vähemmän kuin ulkoinen laskutushinta)
- Kaikki laatuvirheiden korjaamisen käytettävä työaika, jota ei voida laskuttaa. Maksetaan laadun tuottamisesta ensimmäisellä kerralla ja uudestaan virheen korjaamisesta sekä menetetään laskutettava uusi työ.

5.5 Laatu-kustannuslaskennan yhteenveto

Laatu voi olla tarkasti määriteltyjä tuotteen tai palvelun ominaisuuksia. Laadun mittareilla on määriteltävissä yrityksen toimintaprosessin tehokkuus. Laatu voi olla kokemus, joka vahvistaa asiakkaan mielikuvaa yrityksestä ja vaikuttaa asiakkaan valintoihin jatkossa. On selvää, että laadun tuottaminen on kilpailuetu.

Laatu-kustannusten ymmärtäminen ja hallinta on tärkeää yritykselle, jotta se kehittyy ja säilyttää kilpailukykyisyytensä. Laatu-kustannuslaskenta on lähtöjään valmistavasta teollisuudesta eivätkä kaikki laatu-kustannusmallit ole sovellettavissa suunnittelutoimiston toimintaympäristöön. Laatu-kustannusmalleja ja niiden variaatioita on edellä esiteltyjen lisäksi olemassa muitakin. Diplomityössä on esitelty yleisesti tunnetut perusmallit. Kaikissa laatu-kustannusmalleissa perusidea on löytää vaikutussuhteet ja keskittyä siihen millä on suurin vaikutus kustannusten kannalta. Laatu-kustannusten mittaaminen nähdään perustellusti tärkeäksi. Laatu-kustannuslaskennalla voidaan löytää yrityksen toiminnan kehityskohteet. Järjestelmällinen laadunhallinta ja kehitystyö ovat mahdollista laadunhallintajärjestelmän avulla. Laadunhallintajärjestelmää käsitellään seuraavassa kappaleessa tarkemmin.

Tässä diplomityössä laatu-kustannuksien tarkastelu painottuu tarkastus- ja ehkäisykustannuksiin. Yrityksen laatu-kustannusten kokonaisvaltainen määrittely ja laskenta eivät ole työn rajauksen puitteissa mahdollista. Laatu-kustannuksia syntyy valmistajan vastuusta tuottaa määräykset täyttävää laatua. Laatua ja laatu-kustannuksia käsitellään tässä työssä vaatimustenmukaisuutena ja sen osoittamisena.

6 LAADUNHALLINTA OSANA YRITYKSEN JOHTAMISJÄRJESTELMÄÄ

6.1 Johtamisjärjestelmä

Laatu voidaan ymmärtää laajemmin toiminnan ja prosessien kautta. Laatua ei rajata vain yksittäisiin tuotoksiin tai palvelutapahtumiin. Yrityksen toiminta muodostuu kokonaisuuksista ja prosesseista, joilla palvelu tai tuote aikaansaadaan. Yritykset toimivat sidosryhmien verkossa. Yrityksellä voi olla alihankkijoita ja asiakas toimii toimintaketjussaan osana. Tuote ja valmistusprosessi ovat vain osa yrityksen toimintaa. Laadun tavoittelu voidaan laajentaa edelleen koko yrityksen kattavaksi toiminnaksi. Yrityksen toiminta halutaan ohjata tukemaan laadun tuottamista. Laatu voidaan arvostaa toimintokokonaisuuksien, prosessien, kautta. Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto -standardi määrittelee laatukäsitteen seuraavasti (SFS-EN ISO 9000 2015):

”Laatua painottava organisaatio edistää kulttuuria, jonka luoma käytös, asenteet, toiminnot ja prosessit tuottavat arvoa täyttämällä asiakkaiden ja muiden olennaisten sidosryhmien tarpeet ja odotukset.

Organisaation tuotteiden ja palveluiden laatu määräytyy sen mukaan, mikä on niiden kyky täyttää asiakkaiden vaatimukset ja mikä on niiden tarkoitettu ja tahaton vaikutus olennaisiin sidosryhmiin.

Tuotteiden ja palvelujen laatuun sisältyy niiden käyttötarkoituksen ja toimivuuden lisäksi myös asiakkaan kokema arvo ja niistä saama hyöty”

Näkökulma laajentaa laatukäsitettä ja käsittelee yrityksen toimintaa kokonaisuutena. Huomioitavaa on erityisesti määrittelyssä on *tahaton* vaikutus. Tärkeää on ymmärtää miten yrityksen laatutoiminta vaikuttaa jatkuvassa toiminnassa syntyviin mahdollisuuksiin sen toimintaympäristössä ja toimintaympäristöön. Huomioimalla koko toimintaympäristö laajenee laadun käsite laadunvarmistamiseksi (Quality Assurance, QA), laadunhallinnaksi ja laatujohtamiseksi (Quality Management, QM). Kokemus laadusta ja saadusta arvosta vaikuttaa asiakkaan tai toimintokokonaisuuden reaktioihin. Laatua ei käsitellä ainoastaan yhtenä suorituksena, vaan pitkäaikaisena toimintana ja eräänlaisena jatkuvan parantamisen filosofiana (laadun parantaminen ja laadun suunnittelu).

Laatujohtaminen on johtamismalli, jossa laatua ohjataan strategisesti ja kokonaisvaltaisesti yrityksessä. Laatustrategian tarkoitus on valita suunnat ja määrittää välineet tavoitteelliseen kehitykseen. Toimintaa ohjataan johtamisjärjestelmän avulla. Laadunhallinta rakentuu sisään yrityksen johtamisjärjestelmään. Laadunhallinnan tavoite on hallita ja kehittää yrityksen toimintaprosesseja. Laadunhallinnan osana laadunvarmistus pyrkii osoittamaan laatuvaatimusten täyttymisen ja kehittämään yrityksen toimintoja laadun parantamiseksi. Laadunvarmistus keskittyy prosessiin toisin kuin laaduntarkastus, joka keskittyy prosessin lopputuotteeseen. Laadunvarmistus sisään rakentuu laadunhallintajärjestelmään ja se muodostuu hallinnollisista ja menetelmällisistä toimista, joilla systemaattisesti pyritään kehittämään toimintaa. Siihen kuuluu tavoitteiden ja standardien asettaminen ja niitä vasten menettelytapojen ja prosessien jatkuva seuranta, arviointi ja kehittäminen. Tarkoitus on ennaltaehkäistä ongelmien syntymistä tai ainakin ottaa opiksi. Yrityksen toiminta ja tavoitteet ovat dokumentoitu laatukäsikirjaan. (Oakland 1993; Lecklin 2006)

6.2 Laatukäsikirja

Laatukäsikirja on dokumentti, jossa on kuvattu miten organisaatio harjoittaa laatupolitiikka. Laatukäsikirjassa on esitetty miten yritys toimii. (Oakland 1993). Sillä tarkoitetaan organisaation käytössä olevaa vastuunjakoa, proseduureja, prosesseja ja resursseja. Organisaation keskeisien toimien suoritustavat standardoidaan ja kuvataan systemaattisesti. Toiminnalla selvennetään toimintaprosesseja. (Lillrank 1998). Johtamisjärjestelmä kokoaa ohjeet ja standardit kokoelmaksi, jonka avulla johdon asettamia tavoitteita toteutetaan. Huomioitavaa on että ISO 9001:2015 Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset mukaan niin sanottua laatukäsikirjaa ei enää tarvitse laatia, mutta yrityksellä tulee olla laadunhallintajärjestelmä ja prosessit.

6.3 NJ Management System

Management System on Neste Jacobs Oy:n johtamisjärjestelmä. NJ toimii kansainvälisesti ja niin sanottu laatukäsikirja Management Manual on englanninkielinen. Dokumentit löytyvät sähköisestä tietojärjestelmästä nimeltä NJMS. Rakenne muodostuu seuraavista dokumenttikategorioista, alla lyhyt kuvaus (mukaillen Neste Jacobs Oy 2017e):

- **NJM – NJ Management Manual**
Laatukäsikirja
- **NJP – NJ Principle**

Ylemmän johdon ja organisaationaaliset dokumentit, periaatteet, politiikat ja käytännöt

- **PD – Process Description**

Toimintaprosessit ja perusasiakirjat toiminnoille ja projektitoimintaan

- **Common Practices CP**

Peruskäytännöt

- **Work Instructions WI**

Tarkka ohjeistus käytännöille ja tehtäville

- **Customer Requirements CR**

Asiakasvaatimukset ja ohjeet

6.4 Viitekehykset

NJ:n johtamisjärjestelmä rakentuu osittain useiden järjestelmästandardien pohjalle. Standardeja käytetään viitekehyksenä yrityksen johtamisjärjestelmässä. Johtamisjärjestelmään implementoidut standardit toimivat ohjenuorana yrityksen toiminnalle, määrittelevät käsitteistöä ja jäsentävät liittyvää aihealuetta. Tässä kappaleessa on lyhyesti esitelty NJ:n johtamisjärjestelmään sisällytetyt standardit ja liittyvää sanastoa.

6.4.1 Auditointi ja sertifiointi

Sertifikaatti tarkoittaa todistusta tai merkkiä. Sertifikaatilla osoitetaan vaatimuksenmukaisuus. Sertifikaatin myöntää riippumaton sertifiointilaitos. Sertifiointi voi kohdistua esimerkiksi järjestelmiin, tuotteisiin, palveluihin tai henkilöihin. Sertifikaatin edellytyksenä on tuotteen tai palvelun hyväksytysti arvioitu, testattu ja tarkastettu vaatimustenmukaisuus. Yrityksen laadunhallintajärjestelmän vaatimustenmukaisuus osoitetaan auditoinnilla. (SFS 2017a)

Auditointi on järjestelmällinen, riippumaton ja dokumentoitu prosessi, jolla arvioidaan onko arvioitava kohde sille määriteltyjen kriteerien mukainen. Auditointimenettelyssä näyttöä hankitaan ja arvioidaan objektiivisesti, jotta nähdään onko arvioinnin kohde vaatimustenmukainen. (SFS-EN ISO 9000 2015).

Organisaation itse itselleen suorittamat auditoinnit ovat ensimmäisen osapuolen suorittamia. Riippumattomuus perustuu organisaatiossa vastuujakoon, niin ettei auditointia

toimittava taho tutki omalle vastuulleen kuuluvaa toimintoa. Toisen ja kolmannen osapuolen auditointi on ulkopuolisen suorittama. Toisen osapuolen auditointi voidaan suorittaa organisaation (yrityksen) toimesta ulkopuoliselle alihankkijalle tai asiakas yrityksen organisaatiolle. Toisen osapuolen auditoinnissa osapuolilla on kytkentä (tavoiteltava hyöty) toisiinsa. Kolmannen osapuolen auditointi on organisaation ulkopuolisen (riippumattoman tahon) suorittama auditointi. Esimerkiksi sertifiointin myöntämän auditointiorganisaation suorittama auditointi on sellainen. (SFS-EN ISO 9000 2015)

Auditointi voi olla myös yrityksen kehitystyökalu, jolla arvioidaan ja kehitetään toimintaa. Auditointia käytetään esimerkiksi johtamis- tai laadunhallintajärjestelmän vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa tai uusien käytäntöjen ja menetelmien käyttöönotossa (Lecklin ja Laine 2009). Auditoinnista annetaan kirjallinen palaute. Raportissa on esitetty poikkeamat (virheet tai puutteet), joihin organisaation tulee puuttua. Poikkeamien välittömään korjaamiseen liittyvät tehtävät ovat niin sanottuja korjaavia toimenpiteitä. Ne ovat monesti ilmentymiä vakavammasta rakenteellisesta puutteesta laadunhallintajärjestelmässä tai sen prosesseissa. Vakavat poikkeamat on syytä tutkia, jotta voidaan ymmärtää tapahtuman välittömät syyt ja tapahtuman syntyyn oleellisesti vaikuttaneet tekijät. Tämän juurisyysanalyysin tarkoituksena on määrittää ehkäisevät toimenpiteet, jotta vastaavan poikkeaman syntyminen voidaan estää. Auditointi voidaan suorittaa sertifiointin yhteydessä ja määräaikaisesti sertifikaatin ylläpitämiseksi voimassa. Järjestelmien auditoinnissa osoitetaan, että toimitaan itse määriteltyjen menetelmien ja ohjeiden mukaisesti. Ohjeiden ja menetelmien tarkoitus on ohjata suorite täyttämään vaatimustenmukaisuus tai muu asetettu tavoite.

6.4.2 Laadunhallintajärjestelmä

ISO 9000-standardisarja käsittelee laadunhallintajärjestelmää. Sarja sisältää muun muassa seuraavat standardit (SFS 2017a):

- ISO 9000:2015 Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto
- ISO 9001:2015 Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset
- ISO 9004:2009 Organisaation johtaminen jatkuvaan menestykseen.

Laadunhallintaan perustuva toimintamalli.

Standardi ISO 9000 määrittelee sanaston ja peruseriaatteet. Standardi ISO 9001 määrittelee tuotteiden laadunvarmistuksen ja asiakastyytyväisyyden lisäämiselle asetetut yleiset vaatimukset. ISO 9004 määrittelee laajemmin laadunhallinnan ja laadunparantamisen näkökohdat. Täyttämällä standardien vaatimukset yritys voi osoittaa toimittavansa tuotteita tai palveluita, jotka täyttävät asiakasvaatimukset, lait ja viranomaismääräykset. Laajemmin luodaan toimintamalli, jolla pyritään rakentamaan prosessit jatkuvan parantamiseen ja laadunvarmistamiseen. (Lecklin ja Laine 2009). ISO 9001 -sertifikaatteja myöntää akkreditoitunut sertifiointialan yritykset. NJ:lla ISO 9001 -standardin mukainen johtamisjärjestelmä sertifikaatti. Sen on auditoinut ja sertifioinut Det Norske Veritas Germanischer Lloyd Business Finland Oy AB (DNV GL).

6.4.3 Ympäristöjohtamisjärjestelmä

ISO 14000 -standardisarja määrittelee ympäristöjärjestelmän vaatimukset ja periaatteet. Tavoitteena on huomioida yrityksen johtamisessa ympäristönäkökohdat. Ympäristöjärjestelmä sisällytetään osaksi yrityksen johtamisjärjestelmää. Ympäristöjärjestelmän hyötyjä ovat toiminnan systematisoiminen ja jatkuva parantaminen. Tavoite on hyödyntää tehokkaasti resursseja ja suojella ympäristöä. Sertifiointilla voidaan osoittaa sidosryhmille ympäristön kannalta vastuullisesta toiminnasta yrityksessä ja luoda positiivista yrityskuvaa. Taloudellinen hyöty saadaan tehokkuuden kautta. Resursseja kohdennetaan oikein ja toimintaa tehostetaan. (Lecklin ja Laine 2009). Öljy- ja kaasualalla toimivan yrityksen toiminnassa ympäristönsuojelun merkitys korostuu. Suunniteltavat laitokset ja prosessit ovat tyypillisesti hyvin energiaintensiivisiä ja teknisesti vaativia. On tärkeää huomioida ympäristönäkökohdat jo suunnitteluvaiheessa.

6.4.4 Työterveys- ja turvallisuusjohtamisjärjestelmä

OHSAS 18000 -standardisarja toimii pohjana työterveys- ja työturvallisuusjohtamiselle yrityksessä. OHSAS 18000 -standardisarja on SFS-EN ISO 9000 ja 14000 -hallintajärjestelmästandardien kanssa yhteensopiva. Työterveys ja -turvallisuusjärjestelmän (TTT-järjestelmä) tavoitteita ovat esimerkiksi (SFS 2017b; BSI 2017):

- Huomioida yrityksen toiminnassa lait, määräykset ja vaatimukset
- Prosessien ja ohjeistuksen järjestelmällinen rakentaminen
- Vaatimustenmukaisuuden osoittaminen sidosryhmille

- Tunnistaa riskitekijät ja hallita niitä
- Vähentää työn riskejä ja rasittavuutta ja sen myötä onnettomuuksia ja sairauksia
- Sitouttaa ja motivoida henkilöstöä edistämään turvallista työkuilttuuria

Standardi ISO 45001 tulee korvaamaan standardin OHSAS 18001 lähitulevaisuudessa vuonna 2017 tai 2018. ISO 45001 on luontevasti yhdistettävissä ISO 9001 ja ISO 14001 johtamisjärjestelmien kanssa samankaltaisen rakenteensa johdosta. Työturvallisuus on korostuneen tärkeä toimiessa teollisuusympäristössä ja standardi onkin sisällytetty NJ:n johtamisjärjestelmään.

6.5 H-moduulijärjestelmä

6.5.1 Laatujärjestelmä

Laatujärjestelmä termi pitää erottaa laadunhallintajärjestelmästä vaatimustenmukaisuuden osoittamisen yhteydessä. Painelaitedirektiivissä käytetään termiä *laatujärjestelmä* vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyssä (esimerkiksi H-moduuli). Nykyään laatujärjestelmää ei nähdä erillisenä järjestelmänä, vaan sisäänrakennettuna osana yrityksen toimintaa. SFS-EN ISO 9000 -standardisarjassa käytetään termiä laadun*hallintajärjestelmä*. Ensimmäisissä standardin versioissa on käytetty termiä laatu*järjestelmä*. Termejä laatu*järjestelmä* ja laadunhallintajärjestelmä käytetään useissa lähteissä ristiin tai samaa tarkoittavana. Painelaitedirektiivin ja lainsäädännön tarkoittamassa merkityksessä laatu*järjestelmällä* tarkoitetaan laadunohjausta ja -varmistamista laadunhallintajärjestelmän omaavassa yrityksessä toimintaohjeilla ja spesifikaatioilla. Standardisarjassa SFS-EN ISO 3834 kuvataan hitsauksen laatu*järjestelmän* sisältö ja vaatimukset. Laatu*järjestelmä*-sanalla voidaan tarkoittaa tiettyyn tarkoitukseen rajattua laadunvarmistuksen kokonaisuutta.

Painelaitedirektiivin H-moduulin eli täydelliseen laadunvarmistukseen perustuva vaatimustenmukaisuuden osoittamisenmenettely edellyttää yritykseltä laatu*järjestelmää*. Painelaitedirektiivin 2014/68/EU liitteen III mukaisen H-moduulin edellyttämään vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen putkiston suunnittelua, valmistusta ja tarkastusta varten NJ:lla on H-moduulijärjestelmä. Järjestelmän tarkoitus on ohjata toiminta vastaamaan painelaitedirektiivin vaatimuksia ja sen edellyttämiä standardeja. H-moduulijärjestelmä on NJ:lla sertifioitu Neste Oyj:n ja Borealis Polymer Oy:n laitoksille.

NJ:n sertifiointi H-moduulijärjestelmälle edellyttää ISO 9000 –standardien mukaisen laadunhallintajärjestelmän sertifikaatin voimassaolon.

Noudattamalla H-moduulijärjestelmän menettelyohjeita ja määrittelyitä oleelliset painelaitedirektiivin turvallisuusvaatimukset täyttyvät. Painelaitteputkiston tekniset vaatimukset ja menettelyt ovat kuvattu H-spesifikaatioissa.

6.5.2 Standardit

Standardi on kirjallinen kaikkien saatavilla oleva julkaisu. Se on jonkin organisaation esittämä määritelmä tai menettelytapa miten toistuva toiminta tulisi toteuttaa. Standardi on standardisoinnista huolehtivan viranomaisen, järjestön tai muun tunnustetun elimen hyväksymä. Standardi on suosituksen luonteinen, mutta viranomainen voi vaatia sen käyttöä. Standardien perusajatus on yhdenmukaistaminen. Yhdenmukaistamisella vähennetään merkityksettömiä erilaisuuksia, varmistetaan toiminta määritellyssä ympäristössä, luodaan edellytykset järjestelmille ja tuotteille toimia yhdessä (rajapinnat). Toiminnalla edistetään toiminnallisia- ja taloudellisia näkökohtia, joita ovat esimerkiksi; tiedottaminen, tuotanto, varastointi, modulointi, vaatimustenmukaisuus, turvallisuus ja yhteensopivuus. (Mukaiiltu lähteestä Standardit ja standardisointi, SFS-käsikirja-1 2012) NJ:n H-moduulijärjestelmä rakentuu seuraavien päästandardien pohjalle:

ASME B31 on Yhdysvaltalainen standardisarja (ASME codes). Sarja kattaa eri käyttötarkoitukseen valmistettavien teollisuusputkien valmistuksen. Osa 3 (B31.3) sisältää prosessiputkistojen materiaalien, suunnittelun ja tarkastuksen vähimmäisvaatimukset. ASME-standardit ovat laajasti käytössä painelaittevalmistuksessa. Öljy- ja kaasuteollisuudella on pitkä historia Yhdysvalloissa. Suuri osa yleisesti käytetyistä alan standardeista on siellä kehittynyt. Neste Oyj tuotantolaitoksilla on käytössä ASME B31.3 vaatimukset putkiston suunnittelulle ja materiaaleille. Koska käytetty suunnittelukoodi ei ole harmonisointistandardi ovat Nesteen spesifikaatiot tarkastettu H-moduulin tarkastamisen yhteydessä NoBo:n toimesta siten, että olennaisten turvallisuusvaatimusten on todettu täyttyvän.

SFS-EN 13480 on Eurooppalainen standardisarja, joka kattaa metallisten teollisuusputkistojen valmistuksen. NJ on sisällyttänyt H-moduulijärjestelmään osat 4 ja 5, soveltuvien osien. Lisäksi valmistukselle ja tarkastukselle on asetettu lisävaatimuksia liittyen muun muassa vaarallisiin sisältöihin.

- 13480-1 Yleistä
- 13480-2 Materiaalit
- 13480-3 Suunnittelu
- **13480-4 Valmistus ja asennus**
- **13480-5 Tarkastus ja testaus**
- 13480-6 Lisävaatimukset maanalaisille putkistoille
- CEN/TR 13480-7 Ohje vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyjen käytölle
- 13480-8 Alumiinista ja alumiiniseoksesta valmistettujen putkistojen lisävaatimukset

SFS-EN ISO 3834 – Standardisarja käsittelee metallien sulahitsauksen laatuvaatimuksia. Sarja määrittelee hitsauksen laadunvarmistusta. Standardisarjaa kuuluvat seuraavat osat:

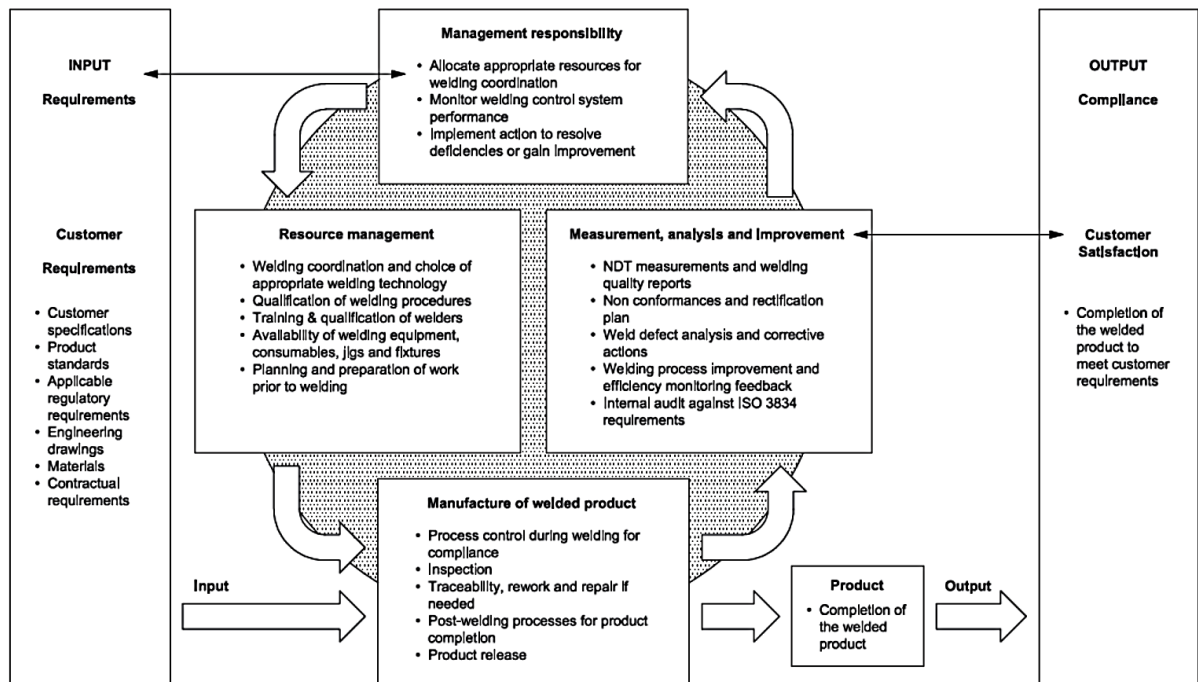
- 3834-1 Tarkoituksenmukaisen laatutasovaatimuksen valintaperusteet
- **3834-2 Kattavat laatuvaatimukset**
- 3834-3 Vakiolaatuvaatimukset
- 3834-4 Peruslaatuvaatimukset
- 3834-5 Laatuvaatimusten osoittamiseen tarvittavat asiakirjat
- 3834-6 Soveltamisohjeet

Standardin osa 1. sisältää standardin valintaan ohjeita. Standardin liite A löytyy opastava taulukko valintaan (taulukko 6). Taulukosta on nähtävissä valintaan vaikuttavia perusvaatimuksia eri laatutasovaatimuksilla. Tarkemmin sisältöä käsitellään varsinaisissa standardeissa. NJ edellyttää aliurakoitsijalla osan 2 mukaiset kattavat laatuvaatimukset.

Taulukko 6. Asiat, jotka helpottavat tarkoituksenmukaisen standardin ISO 3834-2, ISO 3834-3 tai ISO 3834-4 valintaa (SFS-EN ISO 3834-1 Liite A 2006)

Nro.	Kohde	ISO 3834-2	ISO 3834-3	ISO 3834-4
1	Vaatimusten katselmus	katselmus vaaditaan		
		pöytäkirja vaaditaan	pöytäkirja saatetaan vaatia	pöytäkirjaa ei vaadita
2	Tekninen katselmus	katselmus vaaditaan		
		pöytäkirja vaaditaan	pöytäkirja saatetaan vaatia	pöytäkirjaa ei vaadita
3	Alihankinta	käsitellään kuten valmistaja tietyille alihankitulle tuotteelle, palvelulle ja/tai toiminnalle. Lopullinen vastuu jää kuitenkin valmistajalle		
4	Hitsaajat ja hitsausoperaattorit	pätevöintiä vaaditaan		
5	Hitsauskoordinoija	vaaditaan		ei erityisiä vaatimuksia
6	Tarkastushenkilöstö	pätevöintiä vaaditaan		
7	Tuotanto- ja testauskalusto	sopivaa ja käytettävissä vaatimusten mukaisesti esivalmistukselle, prosessin toteuttamiselle, testaukselle, kuljetukselle ja nostotehtäville yhdessä turvalaitteiden ja suojavaatetusten kanssa		
8	Laitteiden huolto	vaaditaan tuotteen vaatimustenmukaisuuden saavuttamiseksi ja ylläpitoon		ei erityisiä vaatimuksia
		dokumentoidut suunnitelmat ja raporteja vaaditaan	raporteja suositellaan	
9	Laitteiden kuvaus	luettelo vaaditaan		ei erityisiä vaatimuksia
10	Tuotantosuunnitelma	vaaditaan		ei erityisiä vaatimuksia
		dokumentoidut suunnitelmat ja raporteja vaaditaan	dokumentoidut suunnitelmat ja raporteja suositellaan	
11	Hitsausohjeet	vaaditaan		ei erityisiä vaatimuksia
12	Hitsausohjeiden hyväksyntä	vaaditaan		ei erityisiä vaatimuksia
13	Hitsausainesten eräkohtainen testaus	jos vaaditaan	ei erityisiä vaatimuksia	
14	Hitsausainesten varastointi ja käsittely	vaaditaan lisäainetoimittajien suositusten mukaiset menettelyt		lisäainetoimittajan suositusten mukaisesti
15	Perusainesten varastointi	vaaditaan suojausta ympäristön vaikutukselta; tunnistettavuuden tulee säilyä varastoinnin aikana		ei erityisiä vaatimuksia

Kuvassa 13. on yhteenveto hitsauksen laadunvarmistusprosessin pääkohdista, joita 3834-sarjan standardit pyrkivät määrittelemään. Kuvan harmaa taustainen keskiosa edustaa alihankkijan toimintaa. Kuvassa laidoilla nähdään asiakas (Customer), jota vastaa NJ. Standardi ISO 3834 määrittelee hitsaustyön laatuvaatimukset.



Kuva 13. Summary of welding system control measures (SFS-EN ISO 3834-6 2007)

6.5.3 Spesifikaatiot

Spesifikaatio on dokumentoitu tekninen määritelmä, jonka tarkoitus on ohjata tuotos tai toiminta täyttämään sille asetetut vaatimukset, lainsäädäntö ja standardit. suunnittelutoimiston toimintaympäristössä spesifikaatioiden merkitys korostuu. NJ ei suorita putkiston hitsaus- ja valmistusprosessia itse, vaan työ tilataan aina alihankintana. Suunnittelualalle on tyypillistä toimia tilaajan ympäristössä ja asiakkaalla on usein erityisvaatimuksia. Suunnittelutyötä edelleen alihankitaan tai tehdään yhteistyötä muiden toimijoiden kanssa. Spesifikaatioiden avulla laatumäärittelyt saadaan siirrettyä sisäisesti tai eri osapuolten välillä. Painelaitteet ovat hitsattuja rakenteita ja oleellinen osa on hitsaustyön laadunvarmistus. Spesifikaatiot ovat laadunvarmistuksen ja -ohjauksen väline. Spesifikaatiot kattavat lainsäädännössä viitattujen standardien vaatimukset ja huomioivat asiakkaan erityisvaatimukset.

H-spesifikaatiosarja on Neste Oyj:n putkistospesifikaatio. Neste omistaa spesifikaatiot ja NJ ylläpitää ja hallinnoi niitä. H-spesifikaatiosarja määrittelee suunnittelun, valmistuksen ja tarkastuksen menettelyt putkistoille. Koska käytössä ovat ASME-materiaalstandardit, ovat lisävaatimukset eritelty spesifikaatiossa H120 ja materiaalien erityisarvioinnissa

(Particular Material Appraisal, PMA). Spesifikaatioiden mukaisesti menettelemällä täytetään direktiivin asettamat olennaiset turvallisuusvaatimukset. H-spesifikaatiosarja sisältää muun muassa seuraavat spesifikaatiot:

- H100 - Putkistovalmistuksen yleisspesifikaatio
- H101 - Putkiston suunnitteluspesifikaatio
- H102 - Putkistomateriaalit laippaliitoksilla (sisältää putkiluokat)
- H103 - Putkiston esivalmistus- ja asennusspesifikaatio
- H104 - Putkiston tyyppiinirustukset
- H106 - Putkiston painekoe
- H120 - Putkistomateriaalien spesifikaatio

Putkiluokat ovat osa H102 -putkistospesifikaatiota. Putkiluokka määrittelee ja listaa tiettyihin prosessiolosuhteisiin (paine, lämpötila, väliaine, ympäristö) ennakkoon valitut putkiston peruskomponentit. Esivalinnalla saadaan vakioitua käytettävät osat. Valmiiksi määritellyillä komponenteilla helpotetaan suunnittelutyötä. Putkiluokkien käyttö tukee myös hankinnan ja varaston toimia. Käytettävien perusosien nimikkeistö saadaan hallittua ja voidaan käyttää kausisopimuksia.

6.6 Laadunhallinta yhteenveto

Yrityksen toimintaa voidaan tarkastella kokonaisuutena ja tarkentaa aina pienempiin osa prosessikokonaisuuksiin. Johtamisjärjestelmän tarkoitus on ohjata yrityksen toimintaa kokonaisuutena. Johtamisjärjestelmä rakentuu osittain hallintajärjestelmästandardien pohjalle. Taustalla on tarve ohjata, mitata ja kehittää toimintaa järjestelmällisesti. Toiminta tarvitsee myös sisältöä, sillä yrityksen tarkoitus on tehdä palveluita tai tuotteita. Toiminnassa on huomioitava viranomaisen vaatimukset (lait, määräykset, standardit) ja asiakkaan, sen tärkeimmän toiveet. Toisaalta NJ toimii myös asiakkaana alihankkijoille. Laatumäärittelyt ja vaatimukset pitää siirtää eteenpäin ja kyetä varmistamaan, että koko ketjun toiminta vastaa asetettuja vaatimuksia. Spesifikaatioilla saadaan kattavasti koottua tekniset- ja laadulliset vaatimukset. Laatujohtamisen rakentaminen ja ylläpito vaatii resursseja. Osa työstä nähdään välttämättömänä yrityksen toiminnalle, osaa voidaan pitää lisäarvon tuottamisena asiakkaalle. Diplomityön tavoite on selvittää ja verrata laatujohtamisen kustannuksia ja tuotettua lisäarvoa toimintaan ilman H-moduulijärjestelmää.

7 MODUULIVAIHTOEHTOJEN VERTAILU

7.1 Moduulien vaihtoehtoisuus

Painelaitedirektiivi luokittelee paineelliset putkistot vaarallisuuden mukaan luokkiin I - III. Direktiivi mahdollistaa useita vaihtoehtoisia tapoja (moduuleja) todentaa oleellisten turvallisuusvaatimusten täyttyminen. Moduulivalinnalla on vaikutusta putkistorakentamisen suoriin tarkastuslaitoskustannuksiin ja mahdollisesti myös projektin mekaanisen valmiuden aikatauluun.

Neste Jacobs Oy:llä on ilmoitetun laitoksen hyväksymä laatujärjestelmä (H-moduuli) putkistojen valmistukseen. Vaihtoehtoisesti putkistojen valmistaminen on mahdollista toteuttaa käyttäen valmistusmoduuleja A2 (kategoriat I ja II) ja G (kategoria III). Tässä vaihtoehdossa tarkastuslaitoksen osallistuminen putkiston suunnitelma- ja lopputarkastukseen sekä valmistuksen laadun valvontaan on merkittävä, joten vallitsevan käsityksen mukaan tämän vaihtoehdon kustannukset ovat korkeammat kuin edellisessä vaihtoehdossa. Laatujärjestelmä aiheuttaa vuosittaisia ylläpitokustannuksia, joiden suuruus tiedetään karkeasti. Diplomityön tutkimusosion tarkoituksena on selvittää kustannusten muodostuminen vaihtoehtoisia moduuleita käyttäen ja tehdä vertailu vuositasona.

Työn tulosten tarkastelussa esiintyvät luvut ovat muunnettu kertoimella yleispäteväksi. Luvut eivät ole suoraan käyttökelpoisia. Tämä muunto mahdollistaa mallin skaalaamisen erilaisiin tarkasteluihin, kuten esimerkiksi sovittaminen toiseen toiminta-alueeseen, sopimuskumppaniin tai rahanarvon muutoksen korjaamiseen ajan myötä.

7.2 H-moduulijärjestelmän kustannukset

H-moduulin liittyvät kustannukset ovat todellisia, koska järjestelmä on käytössä. Tutkimuksen ongelmaksi muodostuvat seuraavat asiat. Saada aineisto kerättyä yrityksen järjestelmistä riittävän kattavasti. Valita seurantajakso, joka edustaa hyvin keskimääräistä tilannetta. Kustannukset vaihtelevat vuosittain. Tarkastelujaksolle osuu sopivasti vuosi 2016. Kyseisenä vuonna on uudistunut painelaitadirektiivi ja kansallinen painelaitelaki asetuksineen. Yrityksen tulee noudattaa ja olla tietoinen toimialansa lainsäädännöstä ja standardeista. On jossain määrin tulkintaa mitä luetaan H-moduulin välittömäksi

kustannukseksi. Tutkimuksen tavoitteena on osoittaa suuruusluokka missä kustannukset eri moduulien välillä ovat. Kustannukset kerättiin NJ:in Reprosta. Repro on NJ:n käyttämä tietojärjestelmä tai ERP eli toiminnanohjausjärjestelmä (lyhenne englanninkielisistä sanoista Enterprise Resource Planning). Järjestelmästä saadaan toimintaan kohdistetut tunnit, joille voidaan laskea keskimääräinen tuntihinta. Järjestelmästä nähdään suoritettut maksut ja sopimukset. Laskelmissa käytetyt hinnat ovat ilman arvonlisäveroa.

7.2.1 Auditointi ja sertifiointi kustannukset

Painelaitedirektiivi edellyttää H-moduulille ilmoitetun laitoksen hyväksymää laatujärjestelmää. NJ laatujärjestelmän on sertifiointi DNV GL. Laatujärjestelmän auditointi suoritetaan kolmen vuoden jaksoissa. Recertification audit on laajempi ja kattavampi ”täysi” auditointi. Periodic audit 1 ja 2 ovat vuosittaisia katselmuksia ja sertifikaatin ylläpitoa. DNV GL H-Moduulin arviointi on selkeästi H-moduulin aiheuttama kustannus. Tarkasteltaessa viimeistä kahta kolmivuotista auditointijaksoa on DNV GL laskuttanut NJ:ia keskimäärin 4800 euroa vuosi.

Auditointi tapahtuu käytännössä pistokokeen omaisesti. Ilmoitetun laitoksen edustaja valitsee satunnaisen projektin. Valitun projektin kautta tarkastetaan onko projektissa toimittu asetettujen käytäntöjen (laatujärjestelmän) mukaisesti. Auditointiin osallistuu ilmoitetun laitoksen ja NJ henkilöitä. NJ:n kokoonpano tapahtumassa on kyseisen projektin projektipäällikkö, putkistosuunnittelun vastaava suunnittelija ja asiantuntijoita QA/QC, HSEQ, hankinnasta, prosessisuunnittelusta ja materiaalitekniikasta.

7.2.2 Vuoden 2016 auditoinnin työmäärä

Otoksena tutkimuksessa käytetään vuoden 2016 Repro ERP-järjestelmästä saatua tuntikäyttöä. Laskelmissa esitetyt tuntimäärät muodostuvat alla listatuista toimista.

Auditointiin on ennakoon järjestettävä osallistuvien henkilöiden aikataulut ja valmistella dokumentaatio. Valmisteluihin käytettiin tunteja seuraavasti:

- Valmistelut, 2 henkilöä x 15 tuntia, yhteensä 30 tuntia
- Osallistuminen valmisteluihin, 20 henkilöä x 1 tunti, yhteensä 20 tuntia

Varsinaiseen kaksipäiväiseen auditointitapahtumaan osallistuminen:

- 5 Henkilöä x 15 tuntia ja lisäksi noin 20 henkilöä yhteensä 75 tuntia, yhteensä 150 tuntia

Auditoinnissa havaittujen poikkeamien käsittely:

- Edellisessä auditoinnissa havaittujen poikkeamien käsittely, yhteensä 25 tuntia
- Havaitut poikkeamat vuonna 2016, yhteensä 100 tuntia

7.2.3 Lainsäädännön seuranta

Yrityksen on tarpeellista seurata lainsäädännön muutoksia toimiakseen vaatimusten mukaisesti. Lainsäädäntöä seurataan muutakin kuin painelaitelainsäädäntöä. Käytännössä tehtävään nimetyt henkilöt ovat yhteydessä asiasta vastaavaan viranomaiseen ja seuraavat julkaisuja virallisilta julkaisukanavilta (esimerkiksi Tukes ja Finlex). Vuoden 2016 otoksena (painelaite)lainsäädännön seuranta muodosti seuraavat kustannukset:

- Direktiivimuutoksen käsittely (painelaitedirektiivi 2014/68/EU). Yhteensä 150 tuntia, viidessä eri kokouksessa
- Vuotuinen lainsäädännön seuranta yhteensä 30 tuntia. Yksi tunnin kokous, noin 30 henkilöä osallistui
- Vastuuhenkilöiden tekemä seuranta. 10 henkilöä 1 tunti vuodessa. Yhteensä 10 tuntia.

Seuranta ei sisällä mahdollisia muutosten aiheuttamia toimenpiteitä ohjeistukseen ja spesifikaatioihin. Koska NJ vastaa laatujärjestelmänsä puitteissa putkiston suunnitelma- ja lopputarkastuksesta itsenäisesti on sen lainsäädännön tuntemus oltava ”varmalla pohjalla”, esimerkiksi G-moduulissa tarkastuslaitosta voi käyttää tukena myös lainsäädäntöön. H-moduulin ylläpitokustannuksia on vaikea eritellä tästä. Lainsäädännön seurannan kustannuksia ei huomioida H-modulijärjestelmän kustannukseksi, vaikka liittyykin sen sisältöön.

7.2.4 Dokumenttien ylläpito

Dokumenttien ylläpidolla tarkoitetaan NJ:n suorittamaa Nesteen omistamien spesifikaatioiden päivittämistä. Tutkimuksessa käytetään vuosittaisten kustannusten tarkasteluun vuotta 2016. Vuosi 2016 on kustannusrakenteen tutkimukselle esimerkkinä

hyvä. Painelaitedirektiivin ja -lain uusiutumisen takia on tehty laaja-alainen läpikäynti spesifikaatioille ja ohjeille. Kohdistettu tuntikäyttö on saatu Repro ERP-järjestelmästä. Tehdyt muutokset ovat projektoitu asiakkaalle, joten niitä ei käsitellä lisäkuluna diplomityön tarkastelussa. Suurin osa työstä kohdistuu H103-spesifikaatioon (putkiston esivalmistus-, asennus- ja tarkastusspesifikaatio). Spesifikaatiossa eritellään toimialan edellyttämät lisävaatimukset standardien kattamaan verrattuna (käyttövarmuus ja laitosturvallisuus). Direktiivimuutos 2014/68/EU aiheutti päivitystarpeen 49 muuhun spesifikaation arviolta 2 tuntia per spesifikaatio. H-spesifikaatioihin tehtävät muutokset ovat osittain H-moduulin vaatimia, mutta tämän osuuden selvittäminen käytännössä mahdotonta. Spesifikaatiot ja putkiluokat ovat Nesteen toimialalla (öljynjalostus) välttämättömiä valmistusmoduulista riippumatta. Spesifikaatioiden ohella H-moduulijärjestelmä vaatii myös NJ:n omien ohjeiden ylläpitoa ja päivittämistä. Pidetyin kokouksen (Knuuti 2017b) perusteella päädyttiin arvioon 75 tuntia.

7.2.5 Alihankkijoiden auditointi

Auditointien päätarkoitus on varmistaa riittävä alihankkijakanta ja toimintakyvykkyys. Auditointi voidaan jakaa kahteen osaan. Yleinen- ja spesifinen osa. Yleisessä osassa arvioitavia asioita ovat muun muassa talous, kapasiteetti ja johtamisjärjestelmä (standardi ISO 9000). Neste Oyj pääauditoi yleisen osan, joka on toimialasta riippumaton. Spesifinen osa käsittelee hitsaavaa valmistusta suorittavan aliurakoitsijan toimintaedellytykset eli teknisen laatutason. Spesifisen osan pääauditoi NJ. Auditointi suoritetaan standardin 3834-2 ja spesifikaation H103 todentamiseksi. Koska toimialan vaatimukset ovat vaativimpia kuin standardeissa, ei pelkkä 3834-2 sertifikaatti riitä. Spesifikaatio H103 sisältää tiukempia vaatimuksia hitsaavan työn laatuun ja laadunvarmistukseen. H-moduulijärjestelmä on NJ:n ja spesifikaatio H103 on osa NJ laatujärjestelmää. Tästä syystä NJ:n täytyy suorittaa auditointi, sillä muutoin laatujärjestelmä ei ole voimassa ja urakoitsijaa ei voida käyttää. Toiminta tehdään asiakkaalle ja tästä ei nähdä muodostuvan kustannuksia.

7.2.6 H-moduulijärjestelmän vuotuinen ylläpitokustannus

Kaikkiaan H-moduulijärjestelmän ylläpidosta aiheutuvat vuosittaiset kustannukset, jotka ovat yksiselitteisesti seurausta järjestelmän ylläpidosta, ovat **20800 euroa / vuosi**. Perustuen kappaleen 7 alussa esitettyjen työmäärien mukaisesti. Laskelmat taulukossa 7.

Tuntihintana on käytetty 40 euroa tunti. Auditointiin ja kehitystyöhön osallistuva henkilö on tyypillisesti vanhempi asiantuntija. Laskelmissa käytetty 40 euron tuntihinta vastaa vanhemman asiantuntijan laskutushintaa. Sisäinen kustannus ei ole yksiselitteinen. Laskutushintaa käsitellään vaihtoehtoiskustannuksena (laskutettavaa työtä tehtäisiin sijasta). Tuntiveloitushinta voidaan laskelmaa käytettäessä muuttaa tarkoituksen mukaisemmaksi.

Taulukko 7. H-moduulijärjestelmän vuosittaiset ylläpitokustannukset

Suorite	Tuntimäärä [tuntia]	Laskutushinta [euroa / tunti]	Kustannus yhteensä [euroa]
DNV GL H-moduuli arviointi	kertasuorite	per vuosi	4 800,00 €
Valmistelutyö arviointiin	50	40	2 000,00 €
Arviointitapahtumaan osallistuminen	150	40	6 000,00 €
Poikkeamien käsittely	125	40	5 000,00 €
Lainsäädännön seuranta ja dokumenttien ylläpito	75	40	3 000,00 €
H-moduulijärjestelmän ylläpito keskimäärin vuodessa			20 800,00 €

7.3 Moduuli A2 kustannukset

Moduuli A2 eli sisäinen tuotannonvalvonta ja valvotut painelaitetarkastukset satunnaisin väliajoin. Ilmoitettu laitos tekee ennalta ilmoittamattomia tarkastuskäyntejä, joiden avulla varmistetaan valmistajan hoitavan sille asetetut vastuut. Moduulia A2 kutsutaan ”köyhän miehen laatujärjestelmäksi”, sillä täydellistä laadunvarmistusta ei edellytetä. Painelaitedirektiivi ei määrittele satunnaisten tarkastustusten aikaväliä, mutta ilmoitetun laitoksen on huomioitava painelaitteiden tekninen monimutkaisuus ja tuotannon määrä. Moduulin A2 vuosikustannukseksi arvioidaan ja käytetään laskelmissa kiinteä summaa 4000 euroa (Knuuti 2017b). Arvio perustuu käytössä olleen vastaavan tasoisen moduulin A1 (vanhan korjaus- ja muutostyöt) kustannuksiin.

7.4 Moduuli G kustannukset

Jotta putkiston tarkastuskustannukset voidaan laskea G-moduulille, tarvitaan vuosittain valmistuneiden putkistojen määrä. Koska putkistot eivät ole rekisteröityjä painelaitteita ei yksilöiviä tietoja ole löydettävissä mistään rekisteristä NJ:lla tai asiakkailta. G-moduulia käytetään pääsääntöisesti PED-kategorian III putkiston tarkastuksiin (suunnittelu,

valmistus, asennus). Alustavan keskustelun pohjalta (Knuuti 2017a) päätettiin käyttää useaa tietolähdettä ja yhdistää niiden sisältämä tieto.

EKI-ohjelmistosta saadaan suhde miten putkistojen PED-kategoriat jakaantuvat ja Nopro-järjestelmästä (Nesteen ostojärjestelmä) tilattujen putkiosien perusteella voidaan määrittää linjojen määrä. EKI:stä saadun jakauman perusteella voidaan arvioida riittäväällä tarkkuudella valmistuneiden PED-kategorian III linjojen määrä ja laskea jakauman suhteessa tarkastuskustannukset vuodessa. (Knuuti 2017d)

7.4.1 EKI-järjestelmä

Prosessisuunnittelu käyttää EKI-ohjelmistoa putkiluettelon laadintaan. Ohjelma on Access-pohjainen tietokantasovellus. Putkiluettelo sisältää suunniteltavien putkilinjojen tiedot (katso kappale 4.2.1 ja Liite II). Luettelo sisältää muun muassa linjatunnuksen, PED-kategorian, putkiluokan ja mistä-mihin tiedot. EKI-ohjelmisto luo tietokantaan rivejä linjalle riippuen teknisistä tiedoista. Samalla linjatunnuksella voi olla erilaisia putkiosuuksia. Oma rivi tuotetaan esimerkiksi putken halkaisijan muutoksesta supistuksessa, paineen muutoksesta venttiiliryhmässä tai haarautumisesta instrumentille. Jokainen tiedoiltaan eroava linjan osuus saa oman rivin listaan. Tiedoiltaan eroavaa riviä kutsutaan tietueeksi (tietokokonaisuus tai tässä tapauksessa tietokantataulun yksittäinen rivi). Rivit eivät ole projektikohtaisia tai päivitettyjä vastaamaan kentällä olevaa tilannetta. Purettuja linjoja ei poisteta säännönmukaisesti tietokannasta. Se ei edusta kentällä olevien putkien määrää, vaan ainoastaan NJ:lla suunniteltujen linjojen tietoja. Suunnittelua ei aina toteuteta. Tietokenttä voi olla tehty selvitykseen tai muuhun käyttötarkoitukseen. Ohjelmisto on ainoastaan työkalu putkiluettelon laadintaan. Sama linja voi liittyä useaan projektiin ja usein putkistoon tehdään muutoksia asiakkaan tarpeiden mukaan. EKI-ohjelmisto käyttää samoja tietueita (rivejä) uudelleen eri projekteissa. EKI-listaus ei siis ole kelvollinen sellaisenaan vuosittaisen määrän arvioimiseen, mutta siitä saadaan PED-kategorian suhteet. EKI-tietokanta on otettu käyttöön 1990-luvun loppupuolella, eikä se sisällä kaikkia asiakkaiden olemassa olevia putkilinjoja. Ainoastaan järjestelmän käyttöönoton jälkeen suunnittelussa käytettyjen tai liittyvien linjojen rivit ovat käytettävissä.

7.4.2 EKI-listaus ja hakukriteerit

EKI:stä saadaan tuotettua lista, joka sisältää rivit asetettujen rajausten mukaisesti. Listaa voidaan käsitellä taulukkolaskentaohjelmalla (käytetty Microsoft Excel -ohjelmaa). Tässä tarkastelussa haku rajattiin Neste Oyj:n Kilpilahden jalostamon tuotantolinjoihin (TL) 1-4 ja Naantalin jalostamoon (TL5). Haku rajattiin tarkoituksella tuotantolinjoihin, sillä ne edustavat valmistettavien putkistoiden PED-kategorioiden jakaantumista NJ projekteissa. Tuotantolinjojen ympäristöä kuten varastoalueita, lastausalueita ja muita tukitoimia ei huomioida tässä tarkastelussa, sillä ne eivät edusta tyypillistä tehdasprojektiä.

7.4.3 PED-kategorioiden jakauma

Ajetusta EKI-listauksessa rivejä on yhteensä 114299 kappaletta. Aineisto voidaan todeta määrällisesti olevan kattava ja edustaa hyvin projekteissa suunniteltuja linjoja. Aineistosta on mahdotonta poimia yksittäisiä rivejä, jotka eivät ole toteutuneet tai ovat virheellisiä. Otoksen ollessa näin laaja voidaan olettaa virheiden käyttäytyvän tasaisesti jakautuvaksi eri PED-kategorioiden suhteen. Esimerkkinä virhenäppäilyt ja kokeilut tai suunniteltujen ja ei toteutuneiden vaikutus jakaumaan. Tilannetta voidaan verrata jakauman tilastolliseen tarkasteluun normaalijakauma-approksimaatiossa. Aineisto lähestyy suuren otannan vuoksi hyvin todennäköistä tulosta, jolloin otos edustaa tarkasteltavaa ilmiötä. Muodostettavassa jakaumassa on neljä luokkaa PED-kategoriat SEP, I, II ja III. Taulukkolaskentaohjelmalla asetettiin pystysuuntaisiin sarakkeisiin filtrit ja näin aineistoa oli mahdollista käsitellä massana. Listauksesta suodatettiin selkeästi virheellisiä tai puutteellisia tietueita pois. Aineistolle suoritettiin seuraavat suodatukset:

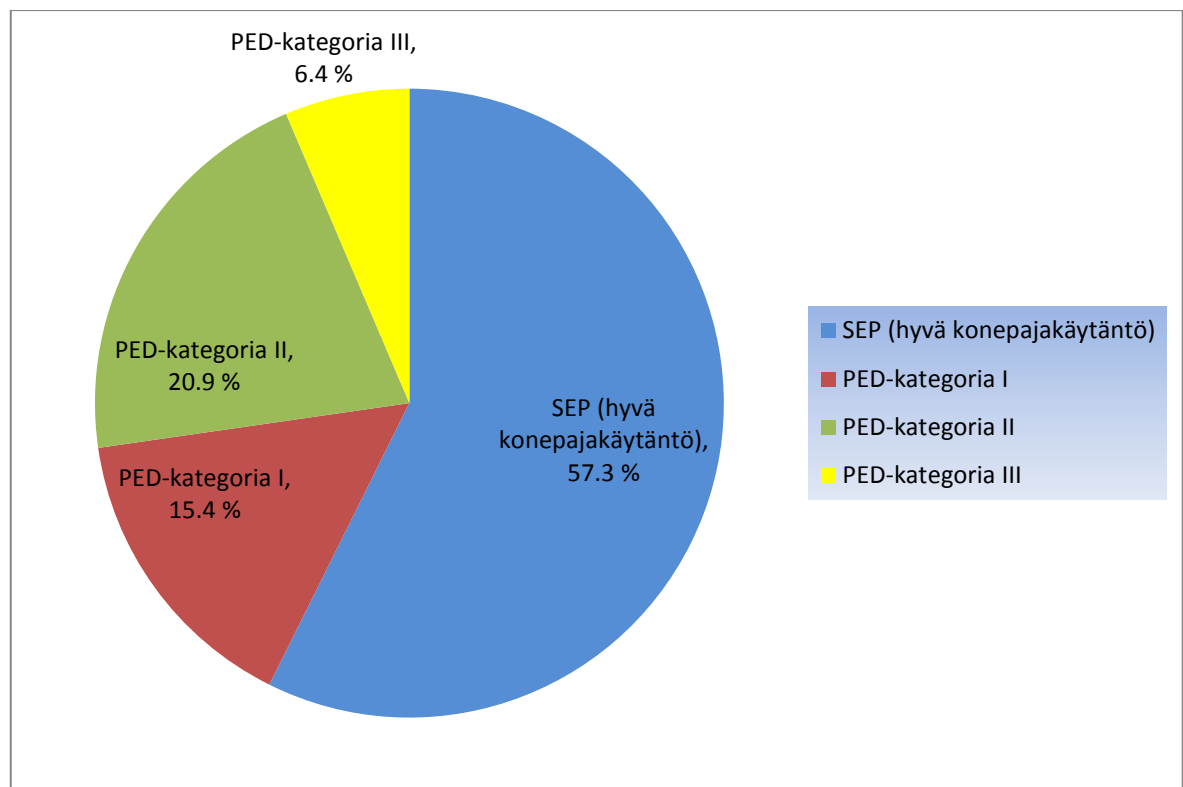
- Poistettu rivit, joilla ei ole PED-luokittelua
- Koulutus -projekti suodatettiin pois (selkeästi kokeilua)
- Poistettu seuraavat putkiluokat: AISI 316, BONDSTRAND 2416, PE100/PN16, Q1C0, X10. Nämä ovat lisätty listaan selkeästi projekteissa avuksi eivätkä ole teollisuusputkistoa tämän tarkastelun merkityksessä. instrumentoinnin paineilmalinjoja, viemäriä, maanalaisia putkistoja, uunin tuubistoja. Ei putkispesifikaation mukaisia putkistoja.

Alkuperäisestä aineistosta karsiutui huomattava määrä pois, mutta aineisto on edelleen massiivinen (12175 riviä). PED-kategorian puuttuminen poistaa eniten rivejä. Syyksi nähdään, että projektien putkilistoihin syötetään olemassa olevia vanhoja linjoja

(muutostyö olemassa olevaan linjaan tai vanhan linjaluettelon korvaaminen revisioidulla). Vanhojen linjojen tarkastusluokkaa ei nähdä tarpeelliseksi ilmoittaa, koska ne ovat valmistettu ennen EKI-järjestelmää. Muokatusta aineistosta tehty koonti on esitetty taulukossa 8. ja havainnollistettu kuvassa 14.

Taulukko 8. EKI-järjestelmän rivit, kaikki linjatunnukset

PED-Kategoria	EKI-riviä	Osuus
Rivit, kaikki tunnuks	12175	100,0 %
SEP (hyvä konepajakäytäntö)	6982	57,3 %
PED-kategoria I	1872	15,4 %
PED-kategoria II	2540	20,9 %
PED-kategoria III	781	6,4 %



Kuva 14. Putkiston PED-jakauma EKI-listauksen mukaisesti (kaikki putkitunnukset)

Tarkasteltaessa tuloksia on nähtävissä, että SEP-linjojen (EKI-rivien) määrä on yli puolet ja kategorian I ja II putkistoa on suhteellisesti korostuneen paljon. SEP ja kategorian I linjat ovat kokemuksen mukaan tyypillisesti halkaisijaltaan pieniä (alle 2 tuumaisia) käyttöhyödykkeitä (vesi, paineilma) tai muita vaarattomia aineita sisältäviä siirtolinjoja. Niitä on rivi määrällisesti paljon (esimerkiksi lyhyitä haaroja paineilma- tai vesiverkossa),

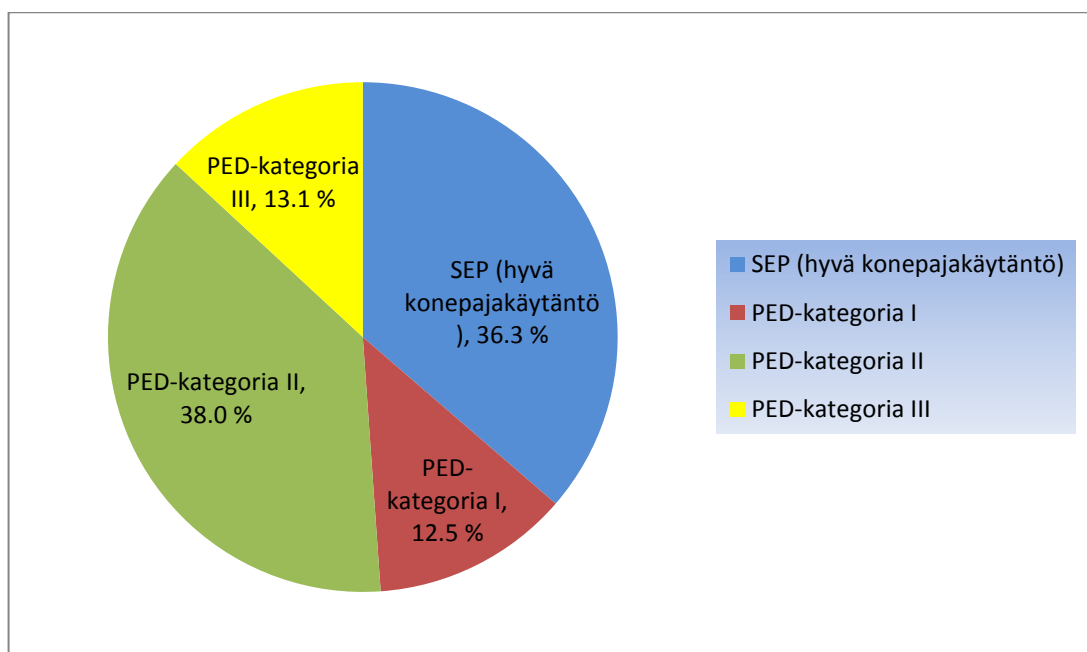
mutta ne eivät edusta laitossuunnitteluprojektin putkiston massaa. Tarkastuskustannuksia selvitettyä on tärkeämpää tarkastella tarkastuskustannukset aiheuttavia prosessiputkia.

Aineistoa käsiteltiin edelleen rajaamalla tarkastelu prosessiputkiin. Prosessiputkien tunnuksessa on P-kirjain tunnistamista varten. Nämä putkistot sisältävät ja kuljettavat varsinaisen prosessin ainevirtoja. Aineistosta suodatettiin pois muut kuin P-tunnukselliset linjat (rivit). Aineistosta poistui noin 60 prosenttia riveistä ja jäljelle jäi 4918 riviä. Toimimalla näin jakauma on tutkimuksen kannalta realistisempi. Taulukossa 9. on esitetty tuloksissa käytetty PED-kategorian jakautuminen rivimääräisesti.

Taulukko 9. EKI-järjestelmän rivit, vain prosessilinjat

PED-Kategoria	EKI-riviä	Osuus
Rivit, P-tunnus	4918	100,0 %
SEP (hyvä konepajakäytäntö)	1787	36,3 %
PED-kategoria I	617	12,5 %
PED-kategoria II	1869	38,0 %
PED-kategoria III	645	13,1 %

Kuvan 15. ympyrädiagrammissa on havainnollistettu PED-kategorian suhde prosessiputkistoille. Aineiston rajautuessa prosessilinjoihin muuttuvat suhteet. Linjat, joiden PED-kategoria on II tai III suhteellinen osuus kasvaa selkeästi edelliseen tarkasteluun nähden.



Kuva 15. PED-kategorian jakauma prosessiputkistoissa

7.4.4 Nopro-Järjestelmä

Nopro on ollut vuonna 2016 Neste Oyj:n ostojärjestelmä, jota käytettiin projekti ostamiseen. Nopro on LeanSystem ohjelmiston pohjalle rakennettu. Ohjelmiston kautta hoidetaan materiaalilaukset. Materiaalitilaustietoja käytetään vuosittain valmistuvien putkilinjojen määrän keräykseen. Ohjelmistosta saadaan ajettua taulukkolaskentaohjelmaan soveltuvia raportteja asetetuilla rajauksilla.

7.4.5 Isometri ja materiaalilista

Putkistot mallinnetaan suunnittelujärjestelmän avulla (NJ:lla käytetään Intergraph PDS tai Smart plant 3D -ohjelmistoja). Suunnittelujärjestelmä generoi mallista isometrin (Liite I) ja siihen liittyvän materiaalilistan. Materiaalilista vietään tilausjärjestelmään, joko käsin syöttämällä tai ajamalla sisään tuotettu tiedosto. Yksittäinen putkilinja voi olla yhdellä tai useammalla isometrilehdellä riippuen halutaanko se jakaa. Syitä jakaa useammalle sivulle on selkeys. Jakamisen voi tehdä suunnittelija tai järjestelmä automaattisesti riippuen ohjelmiston määrittelyistä. Pitkät siirtolinjat voivat tarvita kymmeniä isometrilehtiä ja toisaalta yksittäinen pieni haara on helppo sijoittaa kokonaisuudessaan yhdelle lehdelle. Tuotettu materiaalilista on isometrilehti kohtainen. Listan nimi muodostuu linjatunnuksesta ja juoksevasta järjestys numerosta (esimerkkinä P1234_1, P1234_2, P1234_3, ..., P1234_N). Neste Oyj:n projekteissa, joiden tietoja käsitellään tässä tutkimuksessa, on käytössä edellä kuvailtu nimeämismalli. Nimeäminen on mahdollista määrittellä projektikohtaisesti toisin. Jokainen tilattava osanimike kirjautuu Nopro-järjestelmään listan rivinä.

Kokemusperäisesti voidaan arvioida yhdelle putkilinjalle tarvittavan keskimäärin noin kolme isometrilehteä. Esimerkiksi arvioitaessa tuotettavien dokumenttien määrää tätä lukua voidaan käyttää apuna. Vuosien 2014–2016 Nopro-listoista poimimalla lehtinumeroiden määrät (lehdet 1-10) saadaan laskettua painotettu keskiarvo (taulukko10). Laskelmassa jätetään huomioimatta lehdet joiden järjestysnumero on 11 tai suurempi. Toimenpide helpottaa laskentaa. Kappalemäärät vähenevät selkeästi yli viisi lehtisillä isometreillä, eikä näin ollen muuta merkittävästi painotusta. Laskelma vahvistaa edellä esitetyn ”*hanskavakion*” riittävällä tarkkuudella. Todellisessa projektissa määrää voidaan

painottaa sen luonteen mukaan. Pitkät siirtolinjat esimerkiksi nostavat käytettyä kerrointa ja olemassa olevaan laitokseen tehtävät pienehköt muutokset laskevat.

Taulukko 10. Isometrilehteä per linja, Nopro-tilaukset 2014-2016

Lehti numero	Kappaletta vuonna:			Lehti nro. * (summat: 2014-2016)	
	2014	2015	2016		
Kaikki	2064	1236	1892	5192	
>11	226	96	369	691	(Ei huomioida laskennassa)
				4501	Jakaja (laskettu 5192-691)
1	824	550	614	1988	
2	388	295	292	1950	
3	235	143	181	1677	
4	140	61	108	1236	
5	83	40	103	1130	
6	61	22	60	858	
7	40	11	49	700	
8	24	8	42	592	
9	21	6	40	603	
10	22	4	34	600	
Summa 1-10	1838	1140	1523	11334	3,0
				Jaettava	Painotettu keskiarvo, Laskettu (11334/4501)

7.4.6 Vuosittain valmistuneiden putkien määrä

Nesteen ostojärjestelmä Noprosta ajettiin raportit materiaalituloista vuosilta 2014, 2015 ja 2016. Raportti listaa isometritunnuksittain tilatut putkiston osat. Raportti ajettiin materiaalituloista, joissa on mukana putkiaihioita (hakukriteeri listaukselle). Hyvin harvoin putkisto tehdään ainoastaan putkikomponenteista (kuten käyrä, laippa, sovite, supistus tai muu valmiskomponentti), vaan mukana on putkea. Näin menettelemällä saadaan katettua suurin osa tilauksista. Raporttia ei voida käyttää sellaisenaan. Nopro-listaa käsiteltiin taulukkolaskentaohjelman ”remove duplicates” –toiminnolla. Toiminnon tarkoitus on poistaa määritellyt tietueet joilla on sama ominaisuus. Ominaisuudeksi asetettiin linjatunnus. Jäljelle jääneiden rivien määrästä nähdään kyseisen vuoden aikana tilattujen putkien yksilölliset tunnuksiset eli isometrilehdet. Jakamalla isometrilehtien määrä kolmella saadaan vuosittainen linjamäärä arvioitua (taulukko 11). Linjamäärä tarvitaan tarkastuskustannusten määrittelyssä myöhemmin, koska tunnusluvut ovat linjamäärä kohtaisia. Taulukosta on nähtävissä vuosien 2014, 2015 ja 2016 arvioidut putkilinjamäärät. Taulukon alimmalla rivillä on laskettu 2014 - 2016 ajalle putkilinjojen keskimäärä.

Taulukko 11. Nopro-järjestelmän materiaalityylit erillisille linjatunnuksille

Vuosi	Riviä [kpl]	Isometrilehdet (poistettu duplikaatit) [kpl]	Putkilinjaa (lehdet / 3 lehteä linja) [kpl]
2014	3079	2064	688
2015	1755	1236	412
2016	3380	1892	631
Valmistettavia putkilinjoja vuodessa, keskimäärin			577

G-moduulin kustannusten arviointiin tarvitaan PED-kategorian III linjamäärä. EKI-järjestelmästä saatua jakaumaan käytetään suhdelukuna (osuus –sarake) ja voidaan arvioida keskimäärät kategorioittain (taulukko 12). PED-kategorian III linjamääräksi arvioidaan edellä mainittujen laskelmien pohjalta 76 linjaa per vuosi.

Taulukko 12. Valmistettujen prosessilinjojen määrä PED-kategorioittain

PED-Kategoria	Putkilinjaa vuodessa	Osuus (EKI)
Linjamäärä vuodessa (Keskimäärin)	577	100,0 %
SEP, hyvä konepajakäytäntö (A2-moduuli)	209	36,3 %
PED-kategoria I (A2-moduuli)	72	12,5 %
PED-kategoria II (A2-moduuli)	219	38,0 %
PED-kategoria III (G-moduuli)	76	13,1 %

7.4.7 Tarkastuskustannukset PED-kategorian III putkilinjalle

Tarkastuskustannusten määrittelemiseksi tarvitaan yhtä linjaa kohti käytetty tarkastajan vähimmäistyömäärä. Käytetty aika kuluu pääosin seuraaviin toimiin:

- Suunnitelmatarkastus. Tarkastaja läpi käy suunnitelmat ja leimaa ne.
- Fyysinen lopputarkastus ja painekokeen valvonta. Tarkastaja käy paikan päällä tarkastamassa putkilinjan suunnitelmiin nähden. Painekokeessa putkilinja koeponnistetaan ja tarkastaja osallistuu koeponnistuksen valvontaan.
- Loppudokumentaation tarkastus. Tarkastaja tarkastaa lopullisen dokumentaatio kokonaisuudessaan.

Projektien kustannusarvioissa käytetään arviota 7,5 tuntia per linja ja aikaa kuluu noin 2,5 tuntia jokaiseen päävaiheeseen (taulukko 13).

Taulukko 13. Prosessilinjan tarkastukseen kuluva keskimääräinen työaika

Tehtävä	Käytetty aika [h]
Suunnitelmatarkastus	2,5
Fyysinen lopputarkastus ja painekokeen valvonta	2,5
Asiakirjojen tarkastus	2,5
Käytetty työaika putkistokokonaisuuden tarkastukseen	7,5

Todellisuudessa käytetty aika vaihtelee ja voi olla huomattavasti enemmän. Tarkastaja voi suorittaa pistokokeita missä tahansa vaiheessa ja käyttää valvontaan tarvitsevansa ajan. Edellä esitetty arvio on pätevä laajemmassa projektitoiminnassa useammalle linjalle. Laskelmassa ei huomioida eri tarpeiden aiheuttamia suunnitelmien revisiointeja ja uudelleen tarkastamiseen käytettyä aikaa. Tarkastelussa oletetaan perustapaus tarkastuskustannusten muodostumisen osalta virheettömäksi suoritukseksi. Projektitoiminnassa asia tulee huomioida omalla kertoimellaan tarkastuskustannusten ja ajankäytön arvioinnissa. Tämä tutkimus ei tarkoituksellisesti ota kantaa käytettävään kertoimeen. Uudelleen tarkastaminen laatuksennuslaskennan puitteissa nähdään selkeästi virhekustannuksena. Virhe saadaan poimittua pois ennen asiakasta, mikä on tärkeintä. Kustannuksia ei kuitenkaan synny ainoastaan uudelleen tarkastamisesta, vaan myös asian käsittelystä ja tehtävistä korjaavista toimenpiteistä. Toiminta aiheuttaa vaihtoehtoisuuksia sidotuista resursseista ja piilokustannuksia, joita ei välttämättä edes tunnisteta.

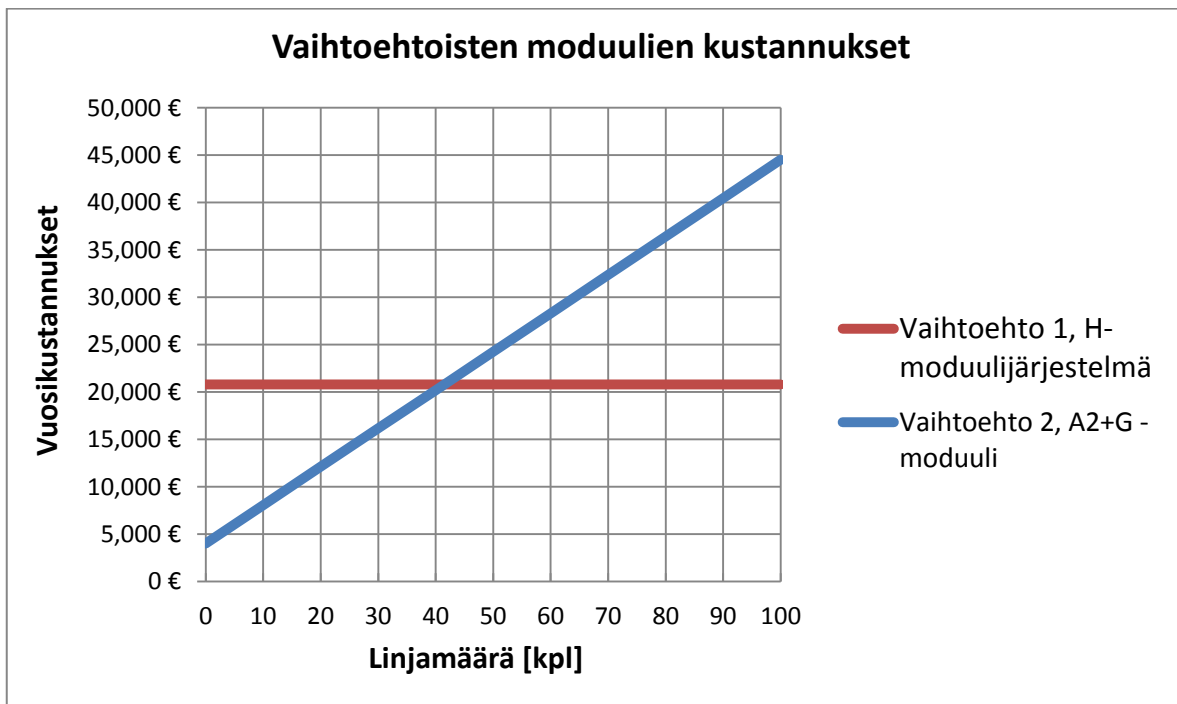
Laskelmissa käytetään tarkastajan laskutushintana 54 euroa / tunti. Tämä laskutushinta on arvioitu toteutuneista suorituksista NJ:n projekteissa (Knuuti 2017c). Kertomalla keskimääräisesti tarkastukseen käytetty aika ja laskutushinta saadaan 405 euroa per linja tarkastuskustannukseksi. Arvo on helppo pyöristää ja muistaa. Tarkastuskustannus G-moduulilla on noin 400 euroa per linja.

7.5 Valmistusmoduulin valinta kustannusten perusteella

Moduulin H käyttäminen valmistuksessa aiheuttaa lähes ainoastaan kiinteitä kustannuksia (laskettu taulukossa 7. H-moduulijärjestelmän vuosittainen ylläpitokustannus). Moduulien A2 (kategoriat SEP, I ja II) ja G (Kategoria III) muodostaa muuttuvia ja kiinteitä kustannuksia. Moduuli A2 arvioitu kustannus on noin 4000 euroa vuodessa. Moduuli A2 kattaa kategorian SEP, I ja II putket. SEP kategorian kemikaaliputkistot ovat varmistettava

vähintään PED-kategorian I vaatimuksilla, mutta ei CE-merkitä (koskee muun muassa prosessiputkistoja). Tarkastukset suoritetaan NJ tarkastajilla. Moduuli G edellyttää ilmoitetun laitoksen tarkastajan käyttämistä. Ulkopuolisen tarkastajan käyttäminen aiheuttaa muuttuvia kustannuksia linjamäärän suhteessa.

Tämän tarkastelun mukaan H-moduulin ylläpitäminen kannattaa noin 42 linjan määrällä PED-kategoria III:a. Kuvassa 16. vaihtoehto 1 edustaa H-moduulijärjestelmän kustannuksia ja vaihtoehto 2 moduulilla A2 ja G tehtäviä tarkastuksia. Vuotuiseen 76 kappaleen keskimääräiseen linjamäärään nähden H-moduulin käyttö säästää Nestein projektien tarkastuskustannuksissa keskimäärin 13 980 euroa vuosittain. Tutkimus osoittaa H-moduulijärjestelmän olevan selkeästi kannattava ylläpitää. Kuva 16 perustuu taulukossa 14 esitettyihin laskelmiin.



Kuva 16. Vaihtoehtoisten moduulien kustannukset

Tarkastelu ei sisällä:

- Borealis Polymers Oy:lle valmistettavia putkistoja
- Ilman Nopro-järjestelmää tilattuja putkia

Taulukossa 14. on lisäksi laskettu eri linjamäärille kustannuksia samalla kustannusrakenteella kuin vaihtoehdossa 2 vain linjamäärää muuttaen. Myöhemmin, mikäli linjamäärä muuttuu, voidaan taulukkoa käyttää vertailuun. Projektissa linjamäärällä on helppo tehdä arvio säästetyistä tarkastuskustannuksista. Yksinkertaistaen esimerkin avulla. Keskikokoisessa projektissa (pieni laitos tai yksikkö) voi olla esimerkiksi 200 linjaa. Jos 15 prosentin osuus on PED-kategorian III linjoja ja tarkastuskustannus 400 euroa per linja, saadaan 12000 euron säästö H-moduulia käyttäen.

Taulukko 14. Vaihtoehtoisten moduulien kustannusvertailu

	Valittu moduuli	Moduulin kiinteäkustannus	Linjamäärä vuodessa	Tarkastuskustannus per linja, (7.5 h x 54 €/h)	Muuttuva kustannus	Kustannukset yhteensä (MuKu + KiKu)
Vaihtoehto 1	H-Moduulijärjestelmä (SEP, I, II, III)	20 800,00 €	577	0,00 €	0,00 €	20 800,00 €
Vaihtoehto 2	A2-Moduuli (SEP, Kat. I ja II) G-Moduuli (Kat. III)	4 000,00 € 0,00 €	501 76	0,00 € 405,00 €	0,00 € 30 780,00 €	34 780,00 €
Eri linjamäärille laskien	A2-Moduuli (SEP, Kat. I ja II) G-Moduuli (Kat. III)	4 000,00 € 0,00 €	0	405,00 €	0,00 €	4 000,00 €
Kat. III Linjojen määrä muutetaan			10	405,00 €	4 050,00 €	8 050,00 €
			20	405,00 €	8 100,00 €	12 100,00 €
			30	405,00 €	12 150,00 €	16 150,00 €
			40	405,00 €	16 200,00 €	20 200,00 €
			50	405,00 €	20 250,00 €	24 250,00 €
			60	405,00 €	24 300,00 €	28 300,00 €
			70	405,00 €	28 350,00 €	32 350,00 €
			80	405,00 €	32 400,00 €	36 400,00 €
			90	405,00 €	36 450,00 €	40 450,00 €
			100	405,00 €	40 500,00 €	44 500,00 €
			110	405,00 €	44 550,00 €	48 550,00 €
			120	405,00 €	48 600,00 €	52 600,00 €
			130	405,00 €	52 650,00 €	56 650,00 €
			140	405,00 €	56 700,00 €	60 700,00 €
			150	405,00 €	60 750,00 €	64 750,00 €
			160	405,00 €	64 800,00 €	68 800,00 €
			170	405,00 €	68 850,00 €	72 850,00 €
			180	405,00 €	72 900,00 €	76 900,00 €
			190	405,00 €	76 950,00 €	80 950,00 €
			200	405,00 €	81 000,00 €	85 000,00 €

8 TULOSTEN ARVIOINTI JA JATKOKEHITYSEHDOTUKSET

8.1 Aikaisempi tutkimus

8.1.1 Neste Jacobs Oy

Neste Jacobs Oy:tä ja tarkastuskustannuksia ei ole aiemmin käsitelty julkaistuissa teoksissa. NJ johtamisjärjestelmää on tutkittu ympäristöhallintajärjestelmän näkökohdista Annukka Tarvaisen diplomityössä *ympäristöasioiden yhdistäminen laatujärjestelmään* (2012). Työstä oli apua diplomityön alussa NJ toimintakokonaisuuksien hahmottamisessa, mutta painottaessani työtä prosessiputkiston valmistukseen ja tarkastuskustannuksiin, ei suoranaista sisällöllistä yhteyttä ole.

8.1.1 Painelaitedirektiivi

Painelaitedirektiiviä ja painelaittevalmistukseen liittyvää aineistoa on löydettävissä runsaasti. Useissa lähteissä käsitellään painelaitteiden luokittelua ja vaatimuksia. Painelaitedirektiivi ja painelaitelaki ovat perustana teoriaosassa. Uusi painelaitedirektiivi ja sen myötä uudistetusta painelaitelaista määräyksineen on niukasti materiaalia, johtuen suhteellisen lyhyestä ajasta julkaisuhetkeen. Diplomityön kirjoittamisen aikainen tarkastelu vanhan ja uudet painelaitedirektiivin välillä osoitti etteivät tekniset vaatimukset ole olennaisilta osin merkittävästi muuttuneet. Kirjallisuusselvityksellä saatiin kootusti esitettyä painelaittevalmistuksen vaatimukset, joiden perusteella tutkittavia kustannuksia syntyy.

8.1.2 Laatukustannuslaskenta ja laadunhallinta

Laatukustannuksista ja laadunhallinnasta yritystoiminnassa löytyy paljon kirjallisuutta ja tutkimuksia. Teoriaosassa tutkimuksia on yhdistelty ja sovitettu suunnittelutoimiston toimintaan. Teoriaosan tarkoitus on antaa lukijalle käsitys aiheesta ja selventää työssä olevaa aihepiiriä, josta rajaus tutkimukseen on tehty.

Tutkimuksia suunnittelutoimiston toiminnasta ei löydetty yhtä väitöskirjaa lukuun ottamatta. Yhdysvaltalaisen David Patrick Loducan (2011) tekemä väitöskirja tutki Feigenbaumin laatukustannusmallin sovittamista käytäntöön suunnittelutoimiston

laatukustannuslaskennassa ja -strategiassa. Tutkimus käsitteli yrityksen toimintaan kokonaisvaltaisesti. Tutkimuksesta oli sovellettavissa osia laatukustannuskappaleeseen. Tämän työn rajauksen ollessa tarkastuskustannuksiin paineenalaisten prosessiputkistoiden suunnittelussa ja valmistuksessa, eivät Loducan tutkimuksen tulokset olleet tutkittavaan aiheeseen suoraan käyttökelpoisia. Aineistoa ei löytynyt suunnittelutoimiston laatukustannuksista ja rajaten tarkemmin tarkastuskustannuksiin.

8.2 Tulosten luotettavuus

Laskelmat osoittavat H-moduulijärjestelmän kannattavuuden, mutta tarkastelu vertailulaskelmana voidaan kyseenalaistaa. Suurin epävarmuustekijä tuloksissa on vuosittainen linjamäärä. Linjamäärät, joita tutkimuksessa käytettiin, ovat toteutuneita. Ongelma on, ettei tiedetä mitä puuttuu. Putkistoa hankitaan myös hankintamenettelyllä, jolloin se ei näy rivinä kuten tavanomaisesti ja Nopro-järjestelmän rinnalla on käytetty muita järjestelmiä (Repro tarkastelujakson alussa). Nopron pitäisi sisältää muiden järjestelmien tiedot. Tiedetään, että käytännössä kaikkien projektien tietoja ei ole järjestelmään viety. Asiaa on mahdollista tutkia toisesta suunnasta tarkastelemalla ristiin toteutuneita projekteja (esimerkiksi niiden putkiluetteloita) ja Nopro-listoja. Tarkastelu vaatii runsaasti käsityötä eikä ole mahdollista työn aikaraameissa. Tulokset ovat aineiston sisällä riittävän tarkkoja arvioksi, mutta aineiston ulkopuolelle ei voida tehdä päätelmiä todellisesta linjamäärästä. Käytännössä mahdollisesta lisäaineistosta lisääntyvä linjamäärä vain vahvistaa tutkimuksen tuloksia.

EKI- ja Nopro-järjestelmien käyttöoikeudet ovat rajatut. Järjestelmien käyttö vaatii osaamista. Diplomityötä varten tuotettu aineisto on saatu järjestelmiin perehtyneiltä ja käyttöoikeudet omaavilta henkilöiltä. Syytä kyseenalaistaa käyttäjien taitoja ei ole, mutta esimerkiksi hakuparametrien tarkastelu on vaikeaa jälkeenpäin (asetukset ja rajaukset). Oletetaan aineisto paikkansapitäväksi, siihen nähden mitä on pyydetty toimittamaan.

Muut laskelmissa käytetyt kustannukset ovat todennettavissa, joskin tässä työssä ne ovat osin laskennallisia tunnuslukuja. Parametreja voidaan muuttaa tarkastelussa ja nähdä vaikutukset. Isometrien määrän suhde linjoihin (3 isometria / 1 linja) ja PED-jakauma riippuu projektin luonteesta. PED-jakauma ei ole tarpeellinen laskennassa, mikäli eri kategoriaan kuuluvien linjojen määrä tiedetään. Tässä tutkimuksessa jakaumaa käytettiin

arvion tekemiseen. Tarkastukseen käytetty aika vaihtelee jonkin verran kohteen vaativuuden mukaan. Tuntihinta on sopimuksellinen asia. Tässä työssä arvioitiin vuosittaista määrää yritystasolla ja yleistyksiä on tehty sen perusteella. Kustannukset vaihtelevat vuosittain ja rakenne projekteittain. Dokumentoitu seuranta pidemmällä ajan jaksolla tarkentaisi arviota.

8.3 Tulosten pätevyysalue

Tulokset ovat käyttökelpoisia NJ ja Nesteen välisessä toiminnassa Suomessa. Painelaitedirektiivi on voimassa Euroopan talousalueella. Tarkastuskustannusten laskeminen työssä esitetyllä tavalla on mahdollista toiseen EU-maahan huomioimalla paikallinen hintataso ja työn tehokkuus. Laskelmat ovat käyttökelpoisia muiden asiakkaiden kanssa toimiessa, mutta vertailua ei voida suorittaa H-moduulijärjestelmään. H-moduulijärjestelmä perustuu osin Neste Oyj:n spesifikaatioihin. Uusi laatujärjestelmä tarvitsee perustamisen ja ylläpidon. Uuden laatujärjestelmän kustannusrakenteita on vaikea arvioida. Toisaalta laatujärjestelmän ylläpito ja kehittäminen synnyttää tilauksia vastavuoroisesti. H-moduulijärjestelmän taloudellisia perusteita tulee tarkastella kokonaisuutena. Tutkimuksen tulokset ja malli ovat soveltuvia tarkastuskustannusten arviointiin vuositasolla, mutta todellisissa projekteissa on suositeltavaa tehdä tarkat laskelmat tuotetusta suunnitteluaineistosta. Hintatason kehittyminen ja kilpailutilanne pitää huomioida laskelmia käytettäessä myöhemmin. Yritystoiminnassa on käytäntö kilpailuttaa toimijat ja yleensä suuri määrä luo myötä hyötyä, joka voi alentaa tarkastusten kokonaishintaa esimerkiksi projektissa tai sopimuskaudessa.

8.4 Herkkyysanalyysi

Herkkyysanalyysin tarkoitus on pohtia yksittäisen muuttujan (tai muuttujaryhmän) vaikutusta kokonaisuuteen tehdyssä laskelmassa tai mallissa. Kuinka paljon muuttujan muutos vaikuttaa kokonaisuuteen ja mahdollisesti tulosten käyttökelpoisuuteen päätöksen teossa.

Mallissa käytetään seuraavia parametreja:

- Kiinteä H-moduulin kustannus
- Kiinteä A2-moduulin kustannus
- PED-luokituksen jakauma

- Vuosittainen linjamäärä
- Isometriliehtien jakosuhte, isometriä per linja
- Tarkastukseen käytetty aika
- Tarkastajan laskutushinta

Malli yksinkertaistettuna vertailee laatujärjestelmän kiinteitä kustannuksia tarkastuslaitoksen muuttuviin kustannuksiin. Vertailtavat asiat eivät käytä samoja parametreja. Herkkyystarkastelussa voidaan nähdä toisaalta datan tarkkuus ja oikeellisuus (esimerkiksi muuttuvissa kuluissa linjamäärät tai taloudelliset tiedot kiinteissä kuluissa). Herkkyysanalyysi ei ota kantaa tietojen oikeellisuuteen. Tulosten luotettavuus -kappale käsittelee sen. Herkkyysanalyysi arvioi muutosten vaikutuksen lopputuloksissa. Ajatusmallina kappaleessa: Mahdollinen syy -> vaikutus parametriin -> vaikutusmalliin ja vertailu tuloksiin -> päätöksen tekoon. Seuraavien alaotsikoiden alla on esitetty pohdintaa mallin keskeisistä osista ja niihin vaikuttavista muutoksista.

8.4.1 Linjamäärä

Linjamäärä on tutkimuksen tuloksissa esitetyssä mallissa laskennallinen arvio. Se on osa muuttuvien kustannuksien arviointia ja voisi yhtä hyvin olla sijoitettu tarkastuslaitoskustannus -otsikon alle. Linjamäärät vaihtelevat vuosittain (toteutuneet projektit). Oikeiden tietojen kerääminen jälkikäteen tai arvioiminen on riippuvainen saadusta datasta. Linjamäärä voidaan saada, joko arvioimalla tai (mikäli mahdollista) selvittää todellinen toteutunut määrä taannehtivasti. PED-jakauma on arvio, joka sisältää oletuksia. Linjamäärän oletetaan olevan hieman suurempi. Määrän kasvattaminen laskelmassa vain vahvistaa saatuja tuloksia. Muuttuvien kustannusten osuus kasvaa suorassa suhteessa linjamäärään ja on helposti osoitettavissa sijoittamalla malliin korjattu lukumäärä.

8.4.2 Tarkastuslaitoskustannukset

Tarkastuslaitoskustannuksia käsitellään muuttuvina kustannuksina. Linjamäärä-kappaleessa pohdittiin datan oikeellisuuden vaikutusta määriin ja määrän vaikutusta mallin tuloksiin. Tämän kappaleen tarkoitus on pohtia muuttuvien kustannusten toista puolta eli yksikkökustannusta. Tarkastuksen ”kappalehinta” muodostuu käytetystä ajasta ja

tuntihinnasta. Laskelmissa on käytetty todellisia laskutettuja hintoja ja voidaan pitää luotettavana. On mahdollista, että niiden perustat muuttuvat. Tämän työn alkuasetelmassa on maininta painelaitedirektiivin ja painelaitelain uusiutumisesta. Näköpiirissä ei ole uusia muutoksia tai, että nyt tapahtunut julkaisu olisi muuttamassa kustannusrakennetta. Periaatteessa on mahdollista, että tulevaisuudessa näin kävisi. Muutokset voivat nostaa tarkastusmäärää ja vaatimuksia, näin ollen työnosuutta ja sitä kautta kustannuksia. Toimintaympäristö ja markkinat voivat muuttaa hinnoittelua. Kilpailutilanne, hintojen nousu ajan saatossa ja projektiympäristö voivat muuttaa veloitushintaa. Työssä on käytetty keskimääräistä toteutunutta hintaa, joka toimii vuositasolla arvioitaessa kustannuksien suuruusluokkaa. On mahdollista, etteivät tulevat projektit vastaa tarkastusten osalta tutkimukseen sisältyneitä projekteja. Projektien sisältöä ei ole arvioitu tässä tutkimuksessa.

8.4.3 Laatu järjestelmän kustannukset

Laatu järjestelmän kustannukset tulevat ulkopuolelta ja toisaalta muodostuvat sisäisesti. Ulkopuolisia kustannuksia ovat laatu järjestelmän hyväksyntä ilmoitetulta laitokselta (auditoinnit). Sisäisinä kustannuksina voidaan nähdä auditointi tapahtumaan liittyvää työtä ja koulutusta sekä ohjeiden ja spesifikaatioiden ylläpito. Laatu järjestelmän vuosikustannus voi muuttua suhteellisen paljon riippuen vuosittaisesta työkuormasta ja ulkopuolisen toimijan hinnoitteluun on hyvin vähän mahdollisuuksia vaikuttaa. Laatu järjestelmään liittyviä kustannuksia on syytä seurata vuosittain, mutta tarkastella kokonaisuutena pidemmällä ajanjaksolla, jolloin vaihtelu ei vaikuta päätöksen tekoon. Laatu järjestelmän osalta pitää huomioida tuotettu lisäarvo eikä ainoastaan kustannuspuolta, jota tämä diplomityö tutkii yksipuolisesti.

8.5 Jatkokehitysaiheet

Kirjallisuustutkimuksessa nousi esiin piilo- ja vaihtoehtoiskustannusten tiedostaminen ja määrittäminen. Tutkimuksissa nähtiin mahdollisuuksia säästöihin yrityksen toiminnassa.

Työn tutkimusosan aikana korostui, että eri henkilöiden käyttämiä tunnuslukuja olisi hyvä kerätä ja tarkastella tilastollisesti. Järjestelmällinen tiedonkeruu ja käsittely mahdollistavat kustannusarvioinnin tarkentamisen ja vähentää aikataulu- ja kustannusriskejä. Käytettyjen tunnuslukujen on toimittava riittävän tarkasti arviovaiheessa. Suunnittelualan yrityksen toiminnasta suuri osa työstä ja kaupallistatoimintaa on kustannusten arviointi. Liian suuri

kustannusarvio voi tarkoittaa menetettyä kauppaa ja toisaalta liian alas arvioitu hinta voi pahimmallaan aiheuttaa tappioita yritykselle tai ainakin yrityksen toiminta näyttää laaduttomalta. Toteutuneissa projekteissa tietoa saadaan taannehtivasti. Se pitää kerätä ja käsitellä käyttökelpoiseen muotoon.

Diplomityön aikana havaittuja huomioita ja mahdollisia jatkotutkimuksen aiheita:

- Asiakkaalle tuotetun lisäarvon määrittely ja NJ:n toiminnan kehittäminen tästä näkökohdasta.
- Raportoinnin ja tiedonkeruun kehitystyö putkistosuunnittelussa. Systemaattinen tapa luokitella ja kerätä informaatiota. Dataa on olemassa, mutta tietoa ei saada käytännöllisessä muodossa raportin muotoon (esimerkiksi todelliset valmistuneet linjamäärät vuosittain).
- Putkiston kunnonvalvonnan kehittäminen. Järjestelmän luominen. Putkiston iän järjestelmällinen seuranta on tarpeellista. Putkisto ei ole rekisteröitävä painelaite. Valmistetuista putkista ei ole kattavaa tietokantaa käytettävissä.
- Tarkastustoiminnan (ilmoitetun laitoksen kanssa toimiminen) aikatauluvaikutukset projekteissa. Mahdollisten aikatauluriskien vähentäminen ja vaikutukset kustannuksiin.
- Suunnitelmien revisioiden kustannusvaikutus projekteissa. Yritys kykenee tunnistamaan ja tarkentamaan kustannusrakennetta projekteissa.
- *Hiljaisen tiedon* eli dokumentoimattoman käytännön tiedon kokoaminen. Kustannusarvioissa käytettyjen tunnuslukujen kerääminen, varmentaminen ja dokumentoiminen yleiseen käyttöön.
- Käytettävien tunnuslukujen määrittäminen ja tilastollinen tarkastelu. Tarkentaa esimerkiksi kustannusarvioita. Mahdollistaa tarkemman aikataulutuksen ja taloudellisten riskien pienentäminen tarjousvaiheessa.
- Tunnuslukujen yleistäminen ja riippuvuussuhteiden selvittäminen. Käytännön sovellutusten rakentaminen käyttökelpoiseen muotoon. Edelleen kustannusarvioiden tarkentaminen ja riskien pienentäminen.
- Piilokustannusten tunnistaminen ja tutkiminen putkistosuunnittelussa ja projektitoiminnassa. Saavutettava säästö voi olla merkittävä. Useita julkaisuja aiheesta löytyi tutkimusta tehdessä ja tukevat tätä.

9 YHTEENVETO

Painelaitedirektiivi ja kansallinen painelaitelaki asettavat toiminnalle vaatimuksia. Vaatimuksien todentaminen luo edelleen tarpeen tarkastustoiminnalle. Toiminta voidaan ostaa palveluna kolmannelta osapuolelta, jolloin se aiheuttaa kustannuksia tarkastusmäärän suhteessa tai osoittaa yrityksen toiminta sellaiseksi, että vaatimukset toteutuvat sisäisen laadunhallinnan menetelmin. Yrityksellä on oltava sertifioitu laadunhallintajärjestelmä ja kattavat spesifikaatiot käytössään.

Laadunhallinnan ja laatukustannuslaskennan perusteoriat avaavat toiminnan taustat lukijalle. Laajasta aihepiiristä rajataan tutkittavaksi tarkastuskustannukset ja sitä vasten asetetaan olemassa olevan laatujärjestelmän kustannukset. Laatujärjestelmää ei nähdä ainoastaan kertamaksuna, jolla saadaan tarkastustyö ja -vastuu valmistajalle itselleen. Laadunhallinta on osa yrityksen johtamisjärjestelmää ja ydintoimintaa. Yrityksen on kehitettävä toimintaansa ja kyettävä säilyttämään kilpailuetunsa. Osa työstä nähdään välttämättömänä yrityksen toiminnalle ja osaa voidaan pitää lisäarvon tuottamisena asiakkaalle. Vastavuoroisesti laatujärjestelmän ylläpito ja sen kehittäminen synnyttää tilauksia. H-moduulijärjestelmän taloudellisia perusteita tulisi tarkastella kokonaisuutena.

Yrityksen laatukustannusten kokonaisvaltainen määrittely ja laskenta ei ole työn rajauksen puitteissa mahdollista. Laatukustannuksia syntyy valmistajan vastuusta tuottaa määräykset täyttävää laatua. Laatua ja laatukustannuksia käsitellään tässä työssä vaatimustenmukaisuutena ja sen osoittamisena. Tutkimuksen painotus on kustannuspuolella. Tutkimuksen perusteella H-moduulijärjestelmä on kannattava jo suhteellisen vähäisellä valmistusmäärällä. Tutkimuksen tulokset ja malli ovat soveltuvia tarkastuskustannusten arviointiin vuositasolla ja tarjoaa käyttökelpoisia tunnuslukuja projektien kustannusarvioissa käytettäväksi tarjousvaiheessa.

LÄHTEET

Anttila, J. & Jussila, K. 2016. Mitä laatu on? Artikkel. [Viitattu 11.12.2016]. Saatavissa: http://www.sfs.fi/ajankohtaista/uutiskirjeet/uutiskirjeet_2016/mita_laatu_on_artikkeli

British Standard Institution BSI group. 2017. BS OHSAS 18001 Features and benefits. [Verkkajulkaisu] [Viitattu 11.5.2017]. Saatavissa PDF-tiedostona: <https://www.bsigroup.com/LocalFiles/en-GB/bs-ohsas-18001/resources/BS-OHSAS-18001-Features-and-Benefits.pdf>

Campanella, J. 1999. Principles of quality costs: Principles, Implementation and Use. 3rd edition. Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality. 219 s.

Canonico, D. 2011. [Artikkeli The American Society of Mechanical Engineers (ASME) www-sivuilla] The History of ASME's Boiler and Pressure Vessel Code. [Viitattu 9.1.2017]. Saatavissa: <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/boilers/the-history-of-asmes-boiler-and-pressure>

Crosby, P. 1979. Quality is free, The Art of Making Quality Certain. New York: McGraw-Hill. 309 s.

Eurooppatiedotus. 2017. EU lyhyesti. [Verkkosivu] [Viitattu 05.01.2017]. Saatavissa: <http://eurooppatiedotus.fi>

Feigenbaum, A. 1956. Total Quality Control. Harvard Business Review. Vol. 34 No. 6. s. 93-101

Freeman, H. 1960. "How to Put Quality Costs to Use." Transactions of the Metropolitan Conference, ASQC.

Finnish Accreditation Service (FINAS). 2016. Ilmoitetut laitokset. [Verkkosivu] Viimeksi päivitetty 15.12.2016 [Viitattu 24.1.2017]. Saatavissa:

<https://www.finas.fi/akkreditointi/Akkreditointialueet/Sivut/Ilmoitettujen-laitosten-toiminta.aspx>

Heikniemi, J. 2001. Kuinka lainsäädäntö rakentuu? [Verkkosivu] Viimeksi päivitetty 27.1.2002 [Viitattu 08.01.2017]. saatavissa:

<http://www.heikniemi.fi/kirj/jur/yleinen/oikrak.html>

Juran, J., Seder, L. & Gryna, F. 1974. Quality control handbook. 3rd Edition. New York: McGraw-Hill. 1600 s.

Järvinen, P. Lemetti, P. Virtanen, T. Lillrank, P. & Malmi, T. 2001.

Laatukustannuslaskenta: käyttötarkoitus ja menetelmät. Espoo, Otamedia Oy. 134 s.

Kemppinen, R. 2002. Suomi Euroopan unionissa. 4. uudistettu painos. Helsinki: Edita. 52 s

Knuuti, T. 2017a. Muistiinpanot. Kokous 1, diplomityön tutkimusosa (Osallistujat: allekirjoittanut Ins.(AMK) Knuuti, T., Senior Design Engineer; DI Kortelainen, O. Manager Materials Engineering; DI Rautomaa, K. Account Manager). Tutkimuksen rajaaminen ja tutkittavat vaihtoehdot laskennalle. Kilpilahti: Neste Jacobs Oy, Teknologiakeskus 16.3.2017.

Knuuti, T. 2017b. Muistiinpanot. Kokous 2, diplomityön tutkimusosa (Osallistujat: allekirjoittanut Ins.(AMK) Knuuti, T. Senior Design Engineer; DI Kortelainen, O. Manager Materials Engineering; DI Orava, P. Quality Manager; DI Rautomaa, K. Account Manager). Tietojen kerääminen ja kustannusmallien laadinta. Kilpilahti: Neste Jacobs Oy, Teknologiakeskus 30.3.2017.

Knuuti, T. 2017c. Muistiinpanot. Kokous 3, diplomityön tutkimusosa (Osallistujat: allekirjoittanut Ins.(AMK) Knuuti, T. Senior Design Engineer; DI Kortelainen, O. Manager Materials Engineering; DI Orava, P. Quality Manager; DI Rautomaa, K. Account Manager). Tarkastuskustannusten muodostaminen G-moduulille. Kilpilahti: Neste Jacobs Oy, Teknologiakeskus 6.4.2017.

Knuuti, T. 2017d. Muistiinpanot. Kokous 4, diplomityön tutkimusosa (Osallistujat: allekirjoittanut Ins.(AMK) Knuuti, T. Senior Design Engineer; DI Kortelainen, O. Manager Materials Engineering; DI Orava, P. Quality Manager; DI Rautomaa, K. Account Manager; Tarvainen, H. Manager, Technical Services Purchasing). Vuosittain valmistettavien putkilinjojen määrän määrittäminen. Kilpilahti: Neste Jacobs Oy, Teknologiakeskus 10.5.2017.

Kotivuori, H., Uotila, S. *Et al.* 2012. Lainlaatijan EU-opas - Kansallisten säädösten valmistelua koskevat ohjeet. Oikeusministeriön julkaisu 11/2012. Selvityksiä ja ohjeita. Helsinki: Oikeusministeriö. 66 s.

Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. 5. uudistettu painos. Helsinki: Talentum. 408 s.

Lecklin, O. & Laine, R. 2009. Laadunkehittäjän työkalupakki. Innovatiivisen johtamisjärjestelmän rakentaminen. Helsinki: Talentum. 297 s.

Lillrank, P. 1998. Laatuajattelu. Laadun filosofia, tekniikka ja johtaminen tietoyhteiskunnassa. Helsinki: Otava. 203 s.

Loduca, D. 2011. Exploratory Study of Barriers to Use of Feigenbaum's Quality Cost Strategy Within Design Engineering Firms. Väitöskirja. Missouri University of Science and Technology. 295 s.

Lundgren, K., Laininen, E. & Hannukkala, T. 2016. Kestävän kehityksen malli / toimintaprosessien kuvaaminen.[Verkkosivu] [Viitattu 19.12.2016]. Saatavissa: http://www03.edu.fi/aineistot/keke_paiv/yleistietoa/toimintaprosessienkuvaaminen.htm

Neste Jacobs Oy. 2016a. Annual report 2015. [Verkkajulkaisu] [Viitattu 4.7.2017].

Saatavissa PDF-tiedostona: http://nestejacobs.com/wp-content/uploads/2016/03/NesteJacobs_Annual_report2015_210mm_280mm_LORES.pdf

Neste Jacobs Oy. 2016b. Common Practice CP198. 8.7.2016. 5. Revisio. Porvoo. 12 s.

Neste Jacobs Oy. 2017c. Neste Jacobs in brief [Neste Jacobs Oy:n kotisivut]. [Viitattu

30.3.2017]. Saatavissa: <http://www.nestejacobs.com/about/neste-jacobs-in-brief/>

Neste Jacobs Oy. 2017d. Annual report 2016. [Verkkajulkaisu] [Viitattu 30.3.2017].

Saatavissa PDF-tiedostona: http://www.nestejacobs.com/wp-content/uploads/2017/02/NJ_Vuosikertomus_2016_210x297mm_WEB.pdf

Neste Jacobs Oy. 2017e. Management manual NJM844. 1.4.2017. 6.Revisio (DRAFT).

Porvoo. 24 s.

Neste Jacobs Oy. 2017f. Competences [Neste Jacobs Oy:n kotisivut]. [Viitattu 19.4.2017].

Saatavissa: <http://www.nestejacobs.com/about/competences/>

Neste Oyj. 2016a Spesifikaatio H106 – Putkiston painekoe. 7.9.2016. 13.1 Revisio. Porvoo

21 s.

Neste Oyj. 2017b. Tietoa meistä, Tutkimus ja kehitys, Neste Jacobs. [Neste Oyj:n

kotisivut]. [Viitattu 30.3.2017]. Saatavissa: <https://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/tutkimus-ja-kehitys/neste-jacobs>

Oakland, J. 1993. Total Quality Management: The Route to Improving Performance, 2.

Painos. Oxford: Butterworth-Heinemann. 463 s.

Ruukki. 2017. Ainestodistukset. Kuumavalssatut teräslevyt ja –kelat. [Verkkajulkaisu]

[Viitattu 16.5.2017]. Saatavissa: <http://docplayer.fi/1510734-Www-ruukki-fi-ainestodistukset-kuumavalssatut-teraslevyt-ja-kelat.html>

Sailaja, A., Basak, P. & Viswanadhan, K. 2015. Hidden Costs of Quality: Measurement & Analysis. *International Journal of Managing Value and Supply Chains (IJMVSC)*. Vol. 6, No. 2. s. 13-25

Schiffauerova, A. & Thomson, V. 2006a. A Review of Research on Cost of Quality Models and Best Practices. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol 23, No. 4 s. 647-669.

Schiffauerova, A. & Thomson, V. 2006b. Managing Cost of Quality: Insight into Industry Practice. *The Total Quality Management Journal*, Vol 18, No. 5, s. 542-550.

SFS-EN 13480-5. 2013. Metalliset teollisuusputkistot. Osa 5: Tarkastus ja testaus. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. s 68.

SFS-EN ISO 3834-1. 2006. Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 1: Laatuvaatimustason valintaperusteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. s 17.

SFS-EN ISO 3834-6. 2007. Quality requirements for welding. Fusion welding of metallic materials. Part 6: Implementation of ISO 3834-1 to -5. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. s 21.

SFS-EN ISO 9000. 2015. Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-Käsikirja 1. 2012. Standardit ja standardisointi 2013. 8. uudistettu painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Saatavissa PDF-tiedostona:
https://www.sfs.fi/files/83/KK_1_2015_muokattu.pdf

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2017a. ISO 9000 Laadunhallinta. [Verkkosivu] [Viitattu 9.5.2017]. Saatavissa: <https://www.sfs.fi/iso9000>

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2017b. OHSAS 18001 Työterveys- ja työturvallisuusjohtaminen. [Verkkosivu] [Viitattu 9.5.2017]. Saatavissa: https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/tuotteet_valokeilassa/ohsas_18001_tyoterveys-_ja_tyoturvallisuusjohtaminen

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2017c. Terässtandardit [Verkkojulkaisu] [Viitattu 26.5.2017]. Saatavissa PDF-tiedostona: <https://www.sfs.fi/files/1483/Terasstandardit.pd.pdf>

Suominen, P. 1988. Vuosisata kattilantarkastusta, Paineastialainsäädännön kehitys 1888-1988. Helsinki: Teknillinen tarkastuskeskus. 60 s.

Taloussanommat. 1999. Fortum Oil and Gas yhtiöitti Neste engineering yksikkönsä. Taloussanommat 1.6.1999. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 11.11.2016]. Saatavissa: <http://www.is.fi/taloussanommat/art-2000001306952.html>

Teir, S. 2002. The History of Steam Generation. Espoo: Helsinki University of Technology. Saatavissa pdf-tiedostona: http://www.energy.kth.se/compedu/webcompedu/ManualCopy/Steam_Boiler_Technology/Basics_of_steam_generation/history_of_steam_generation.pdf

Tsai, W. 1998. Quality cost measurement under activity-based costing. International Journal of Quality & reliability Management, Vol 15, No. 7, s. 719-752.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). 2003a. Tukes Opas, painelaitteet. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 11.11.2016]. Saatavissa PDF-tiedostona: http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_opaat/painelaiteopas.pdf

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). 2008b. Tukes opas, Tarkastustoiminta. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 23.1.2017]. Saatavissa PDF-tiedostona: http://www.tukes.fi/tiedostot/tarkastuslaitokset/tarkastustoiminta_opas.pdf

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). 2015c. Painelaitteet. [Verkkosivu] Viimeksi päivitetty 19.10.2015 [Viitattu 8.1.2017]. Saatavissa:

<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Painelaitteet/>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). 2016d. Painelaitedirektiivin 2014/68/EU (PED) soveltamisohjeet. [Verkkajulkaisu] [Viitattu 18.1.2017]. Saatavissa PDF-tiedostona:

http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/direktiivit/PED2014_68_EU_soveltamisohjeet.pdf

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). 2016e. Uudistettu painelaitedirektiivi tuo uusia velvoitteita painelaitteiden valmistajille. Ammattilaistiedote 1.7.2016. Liite I.

[Verkkajulkaisu] [Viitattu 18.1.2017]. Saatavissa PDF-tiedostona:

http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_oppaat/Uusi-Ped_Liite_1.pdf

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). 2016f. FINAS. [Verkkosivu] Viimeksi päivitetty 17.2.2016 [Viitattu 15.3.2017]. Saatavissa:

<https://www.finas.fi/Tietoa/Sivut/Tietoa-FINASista.aspx>

Valvisto, T. 2005. Painelaitesäädösuudistuksen voimaantulon seuranta tutkimus, TUKES-Julkaisu 5/2005. Helsinki: Turvatekniikan keskus (TUKES). 159 s. Saatavissa PDF-tiedostona: http://www.tukes.fi/Tiedostot/julkaisut/5_2005.pdf

Vna 29.12.2016/1548. Valtioneuvoston asetus painelaitteista (1548/2016) [Viitattu 13.1.2017]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161548>

Vna 29.12.2016/1549. Valtioneuvoston asetus painelaitteiden turvallisuudesta (1549/2016) [Viitattu 13.1.2017]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161549>

Vna 29.12.2016/1550. Valtioneuvoston asetus yksinkertaisista painesäiliöistä (1550/2016) [Viitattu 13.1.2017]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161550>

2014/68/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 15.5.2014 Painelaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta. EUVL N:o L 189, 27.6.2014. s. 164-259.

Saatavissa PDF-tiedostona:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068&from=FI>

09.07.2008/765. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus tuotteiden kaupan pitämiseen liittyvää akkreditointi ja markkina- ja valvontaa koskevista vaatimuksista ja neuvoston (ETY) N:o 339/93 kumoamisesta. EUVL N:o L 218, 13.08.2008. s. 30-47. Saatavissa PDF-tiedostona:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R0765&from=FI>

16.12.2008/1272. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus aineiden ja seosten luokituksista merkinnöistä ja pakkaamisesta sekä direktiivien 67/548/ETY ja 1999/45/EY muuttamisesta ja kumoamisesta ja asetuksen (EY) N:o 1907/2006 muuttamisesta. EUVL N:o L 353, 31.12.2008. s. 1-1355. Saatavissa PDF-tiedostona: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1272&from=FI>

22.4.2016/278. Laki eräitä tuoteryhmiä koskevista ilmoitetuista laitoksista. [Viitattu 24.1.2017]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20160278>

16.12.2016/1144. Painelaitelaki. [Viitattu 8.1.2017]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161144>

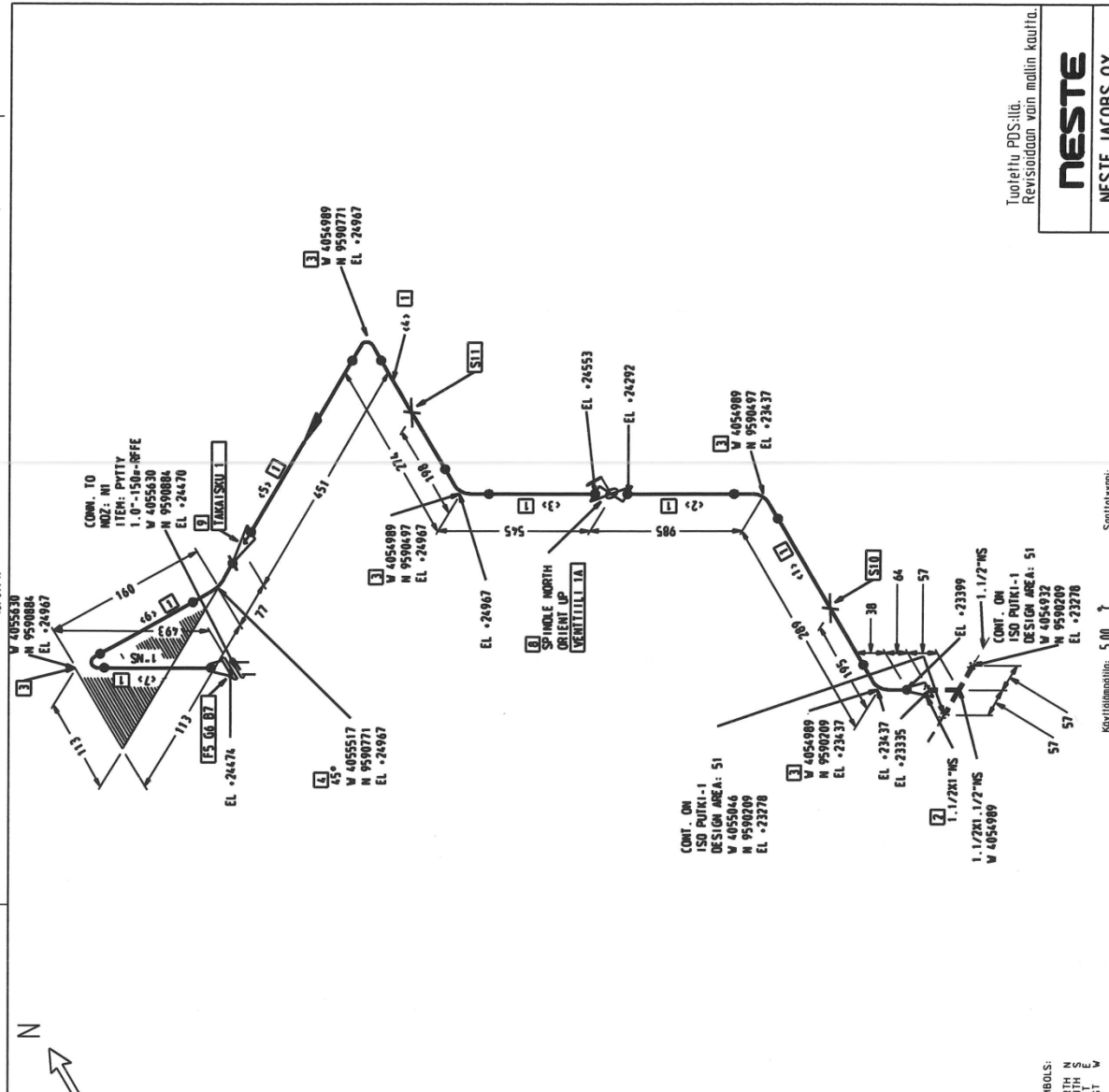
File TEST1
Ajo No. 1

Tässä suunnitelmassa paineen mittausyksiköt ovat aina absoluuttisia paineita.
 In this document pressure unit bar always means absolute pressure.
 All the gauges and unit pascal (MPa, kPa, Pa) always means absolute pressure.

Maalausohje : L-103
Maaliyhdistelmä :
Värisävy :

MC-paketti :
Materiaali :
Käyttökäyttö :
Käyttökäyttö :
Käyttökäyttö :

Qto Pr.No.	Sellitys Description	Koko N.S.	Määrä Quantity
1	L100 P PIPE SMLS SA312-TP316L SA40S	1	2.5 M
2	L100 ERC RED CONC BW SA403-HP316L SA40S	1.1/2X1	1
3	L100 E90 ELB 90LR BW SA403-HP316L SA40S	1	5
4	L100 E45 ELB 45LR BW SA403-HP316L SA40S	1	1
5	L100 F FLG WM SA182-F316L 150RF SA40S	1	1
6	L100 G GASKET 150 SPIR.GRA. 316L IN./OUT RING 316L ASME B16.20	1	1
7	L100 506814 STURBOLT L7 + 2 NUTS NOS-5102, 70.0MM BOLT L.	12	4
8	L100 BALL STARLINE 316/316L FULL BORE 800BW	1	1
9	L100 VC CHECK PISTON SA182-F316 800BW SCH40	1	1
10	PS-SUPPORT 60.L-300- NPA-11176	1	1
11	PS-SUPPORT 60.L-263- NPA-11176	1	1



Keskiteollisuus Suurteollisuus Design Temp. -29.0 Design Pressure 1000.0 Kp 0.0 Keskiteollisuus Suurteollisuus Design Temp. 55.00 Design Pressure 1000.0 Kp 0.0		Keskiteollisuus Suurteollisuus Design Temp. 55.00 Design Pressure 1000.0 Kp 0.0	
Puhallinlaitteiden Piping Schedule TEST1 Pi-kaavio Pi-Diagrams KAMMO-1		Puhallinlaitteiden Piping Schedule TEST1 Pi-kaavio Pi-Diagrams KAMMO-1	
Määritys Rev. 15.09.2017 Pääsuunnittelija Osoitus 15.09.2017		Määritys Rev. 15.09.2017 Pääsuunnittelija Osoitus 15.09.2017	
NESTE JACOBS OY Toinen tarkastus Tarkastus Tarkastus Tarkastus Tarkastus		NESTE JACOBS OY Toinen tarkastus Tarkastus Tarkastus Tarkastus Tarkastus	

Maalausohje : L-103
Maaliyhdistelmä :
Värisävy :

Tuotettu PDS:lla.
 Revisoidaan vain mallin kautta.

NESTE
 NESTE JACOBS OY
 Piirustusnumero Drawing Number
 ISO TEST - P1234
 Muutos Revision
 3
 Lehti Sheet
 1(1)

osbl_brd

Line		Nominal Size	Spec Note	Fluid	From	Operating Phase	T / P	Design Temp/Pres	Insulation	Tracing	Coating	PI Diagram	PED Category	Notes	Rev.	Issued	Sh.	Revision
Status	Spec				To	Density	°C	High	Type	Type	Test P		Inspection Class		Code	Date		Date
P-1234	New	2"		HC	puiki1	G	50	-29	C	ET	Painted	kaavio1	CAT.1		HX	15.09.2017		1
		A1N0			puiki2	3	601.3	150	50	10	2900							15.09.2017

PIPING SCHEDULE



Client: NESTE
Site: Test1
Unit:

Paper Revisions	Date	By	Description
General notes			Status: Old, New, Deleted, Removed, Modified, Relocated, Reloc & Mod, Future Phase: G=Gas, L=Liq, L=Heavy liq, S=Solid; Nominal size: "in=inch, otherwise mm; Pres. suffix 'a' or '(a)'=abs pres., 'g' or '(g)'=overpres. Pres. diff. has no suffix; FEED=To be defined in FEED phase