

Ville Terävä

LÄMPÖLAITOSTEN PAINEENALAISTEN PUTKISTOJEN  
SUUNNITTELUOHJE

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
2017

# LÄMPÖLAITOSTEN      PAINENALAISTEN      PUTKISTOJEN SUUNNITTELUOHJE

Terävä, Ville  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone – ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Huhtikuu 2017  
Ohjaaja: Siren, Pekka  
Sivumäärä: 32  
Liitteitä: 4

Asiasanat: kaukolämpölaite, putkisto, kaukolämpö

---

Tässä opinnäytetyössä oli alun perin tarkoitus keskittyä kaukolämpölaitosten paineenalaisten putkistojen suunnitteluun ja toteutukseen. Tarkoitus oli luoda Ariterm Oy:n suunnittelijoille helpotusta lämpölaitosten paineenalaisten putkistojen suunnitteluun sekä projektijohdolle kuvaa siitä, mitä kaikkea tulisi ottaa huomioon lämpölaitoksen putkistoprojektissa. Kuitenkin, koska alue on laaja, tässä työssä keskityttiin vain pieneen osaan suunnittelusta. Tarkoitus ei ollut antaa täydellistä suunnitteluohjetta vaan keskittyä seikkoihin, jotka tulevat usein putkiston valmistamisessa ja asentamisessa vastaan.

Tarkoitus olisi säästyä putkistomuutosten tekemiseltä asennuskohteessa. Myös putkiston esivalmistus olisi tarkoitus tehdä entistä tarkemmin. Opinnäytetyössä haettiin helpotusta myös paineenalaisten putkistojen tilaamiseen alihankinnasta sekä lämpölaiteprojektien tarjousvaiheen selventämisestä. Opinnäytetyössä tutkittiin myös putkiston kannakointia sekä eristystä.

# DESIGN OF THE PRESSURIZED PIPELINES OF A DISTRICT HEATING PLANT

Terävä, Ville

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in mechanical and production engineering

April 2017

Supervisor: Siren, Pekka

Number of pages: 32

Appendices: 4

Keywords: district heating plant, piping, district heating

---

The purpose of this thesis was to focus on the design and implementation of the pressurized pipelines of a district heating plant. The objective was to simplify the work of Arterm's engineers when designing pressurized pipelines and to create awareness among project managers about the key considerations of a piping project of a district heating plant.

Because the area is large, this thesis focused on only a small part of the design process. The objective was not to encounter a comprehensive design guideline, but to focus on issues frequently encountered when implementing and installing piping. The objective was to prevent piping changes at the installation site. Also, the objective was to improve the accuracy of any piping prefabrication. Finally, the thesis also sought to alleviate subcontracting and clarify the bidding phases of the pressurized pipelines of a heating plant. This thesis also examined pipeline supporting and insulation.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	ARITERMI .....	5
3	KAUKOLÄMPÖLAITOS .....	6
3.1	Kaukolämmön käyttö .....	6
3.2	Lämpölaite .....	8
4	PUTKISTOPROJEKTIN TOTEUTUS .....	9
4.1	Suunnittelujärjestelmät .....	11
4.2	Putkiston tarjouspyyntö alihankkijalta .....	12
5	HITSATUT PUTKISTOT .....	13
5.1	Nimellispaineet .....	14
5.2	Putken nimelliskoko .....	14
5.3	Putkikoon määrittäminen .....	15
5.4	Putkivirtaus .....	16
5.4.1	Tiheys .....	16
5.4.2	Suunnittelunäkökohtia .....	17
6	VIRANOMAISVELVOITTEET .....	17
6.1	Painelaitedirektiivi .....	17
6.2	Painelaitteiden luokittelu .....	18
6.3	Standardit ja putkiluokat .....	20
7	KANNAKOINTI .....	21
7.1	Primääri- ja sekundäärikannakkeet .....	21
7.1.1	Liukukannake ja kynsihjattu liukukannake .....	23
7.1.2	Kiinteä kannatus .....	25
7.2	Kannatusväli .....	25
8	ERISTYKSET .....	26
8.1	Eristys halutun pintalämpötilan mukaan .....	27
8.2	Päällystemateriaalit .....	29
9	YHTEENVETO .....	30
	LÄHTEET .....	32
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

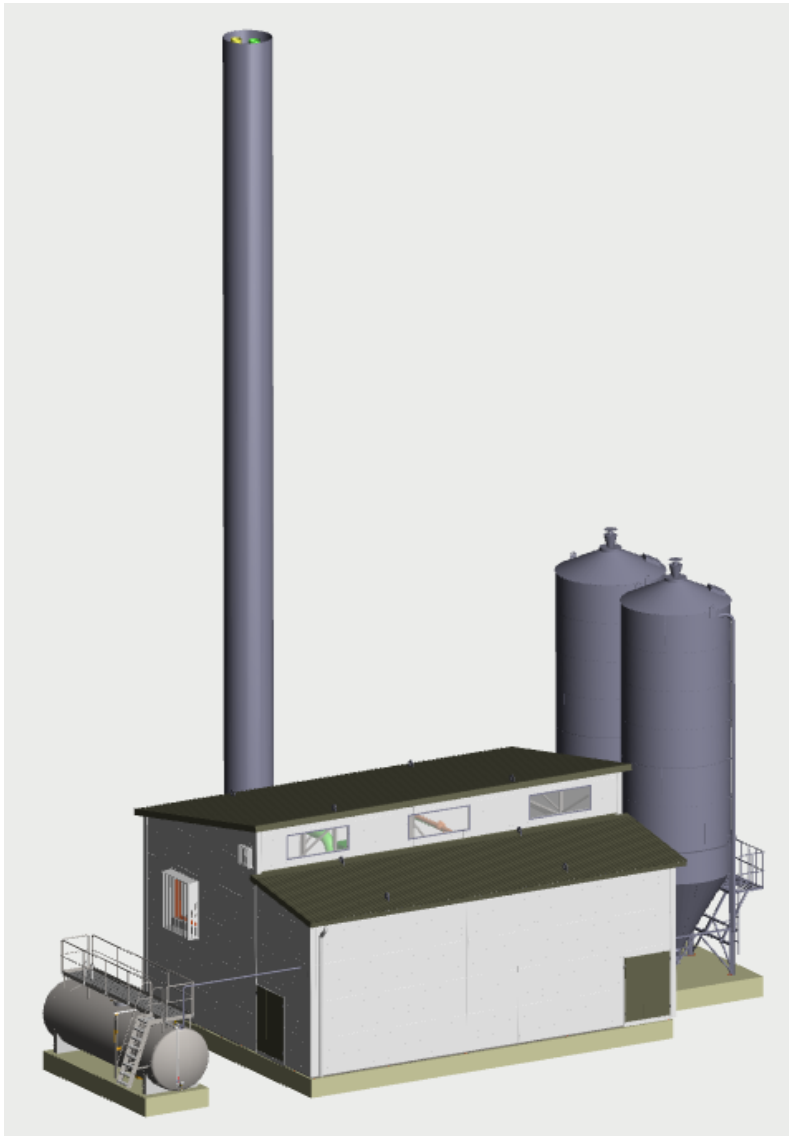
Ariterm Oy valmistaa lämmitysratkaisuja kattilasta kaukolämpölaitokseen. Kaukolämpölaitos (myöhemmin lämpölaitos) valmistetaan asiakkaan toiveiden mukaan tapauskohtaisesti. Ariterm on erikoistunut biolämpölaitosten toimittamiseen. Lämpölaitos voidaan rakentaa asiakkaan kohteessa tai se voidaan tehdä niin sanottuna konttitoimituksena, jolloin asennuspaikalle jää vain putkilinjojen yhdistäminen, polttoainetarastojen pystyttäminen ja savupiipun pystytys.

Ennen kuin kontti on toimitettu asiakkaan tontille, pitää tehdä paljon suunnittelua sekä valmistaa useita osakokonaisuuksia. Lämpölaitoksen osat kuuluvat paineenalaiseen ryhmään, joten painelaitedirektiivi koskee niitä.

## 2 ARITERM

Ariterm on pohjoismaiden johtava biolämmitysjärjestelmien valmistaja, jonka liikevaihto vuonna 2015 oli noin 11 miljoonaa euroa. Ariterm kehittää, valmistaa ja markkinoi lämmitystekniikkaa uusiutuville polttoaineille kuten pelletti ja hake. Valmistus tapahtuu Suomessa ja Ruotsissa. Aritermillä on satavuotiset perinteet, jotka luovat pohjan uusille ajatuksille ja haluille olla huipulla luontoystävällisten, tehokaiden ja toimintavarmojen lämmitysratkaisuiden luomisessa. Aritermin tuotantolaitos ja pääkonttori sijaitsee Saarijärvellä. Siellä valmistetaan kattiloita myös painelaitedirektiivin korkeimpiin paineluokkiin. (Ariterm Oy:n www-sivut 2016.)

Kuvassa 1 on 3D- malli Aritermin toimittamasta lämpölaitoksesta.



Kuva 1. Aritermin toimittama 3 + 2 MW:n lämpölaite.

### 3 KAUKOLÄMPÖLAITOS

#### 3.1 Kaukolämmön käyttö

Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto. Kaukolämpöä käytetään monissa kaupungeissa ja taajamissa. Kaukolämpö tuotetaan yleensä polttolaitoksissa joko yhdessä sähkön kanssa tai pelkästään lämpönä. Samassa kaukolämpöverkossa voi olla useampia tuotantolaitoksia, jotta lämpöä voidaan tuottaa

vuodenajan mukaan vaihtelevaan tarpeeseen. Varakapasiteetilla taataan lämmöntuotanto myös huolto- ja häiriötilanteissa. (Energiateollisuuden www-sivut 2016.)

Lämpö siirretään asiakkaille kuumana vetenä maan alle, useimmiten katuihin ja kevyen liikenteen väyliin sijoitetussa kaksiputkisessa kaukolämpöverkossa. Tuloputken kuuma vesi luovuttaa asiakkaan lämmönsiirtimen välityksellä lämpöä talon lämmitysveden ja lämpimän käyttöveden verkkoihin. Siirtimeltä kaukolämpöverkon vesi palaa jäähtyneenä paluuputkessa takaisin tuotantolaitokseen uudelleen lämmitettäväksi. (Energiateollisuuden www-sivut 2016.)

Kuvasta 2 selviää kaukolämmön toimintaperiaate pääpiirteittäin.



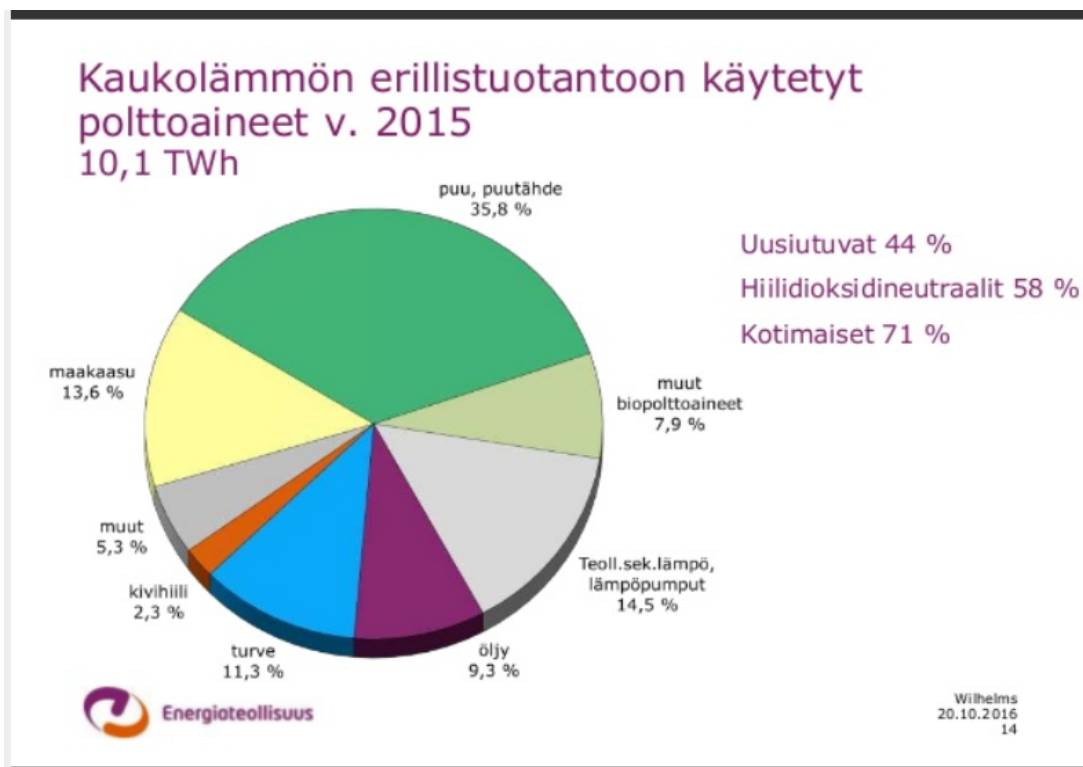
Kuva 2. Miten kaukolämpö toimii

Noin 46 prosenttia rakennusten Suomessa käyttämästä lämmitysenergiasta tuotetaan kaukolämmöllä. Kaukolämmön polttoaineena käytetään pääasiassa maakaasua, kivihiiltä ja turvetta.

Puusta on myös tullut kaukolämmön merkittävä polttoaine. Suurin osa puupolttoaineesta on metsähaketta. Kaukolämmön ympäristövaikutukset riippuvat siitä, millaisessa laitoksessa sitä tuotetaan ja mitä polttoainetta laitoksessa käytetään. Yhteistuotantolaitokset, joissa tuotetaan sähköä ja lämpöä, toimivat erittäin hyvällä kokonaisyhteyksellä. Jos kaukolämpölaitoksen polttoaineena käytetään uusiutuvaa energi-

aa (puu, hake, pelletti, biokaasu), ympäristövaikutukset vähenevät edelleen. (Motivan www-sivut 2016.)

Kuvassa 3 on kaukolämmön erillistuotantoon käytettyjen polttoaineiden prosenttija-kaumat vuonna 2015.



Kuva 3. Kaukolämmön polttoaineet vuonna 2015.

### 3.2 Lämpölaitos

Lämpölaitoksen tehtävänä on tuottaa kuumaa vettä kaukolämpöverkkoon kaukolämpöasiakkaiden tarpeisiin. Lämpölaitokset voivat toimia joko peruskuormalaitoksina, huippulämpölaitoksina tai varalaitoksina. Lisäksi on olemassa siirrettäviä lämpölaitoksia. Lämpölaitoksessa voi olla yksi tai useampia kuumavesikattiloita. Lämpölaitos voi toimia kaukolämpöverkostossa joko yhdessä muiden tuotantolaitosten kanssa tai yksin verkon ainoana tuotantolaitoksena. Lämpökeskuksessa tarvitaan kuumavesikattilan lisäksi joukko muita laitteita ja komponentteja.

Lämpökeskuksen pääosat ovat:

- Kuumavesikattila tai -kattilat



- Polttoaineen käsittelylaitteet
- Kaukolämpöveden pumppauslaitteet
- Paisunta- ja paineen ylläpitolaitteet
- Vedenkäsittelylaitteet
- Kattilan ja lämpökeskuksen automaatio- ja instrumentointilaitteet
- Energian mittausratkaisut jne.

(Mäkelä, Tuunanen 2015. 26.)

Kaukolämpölaitoksia on monenlaisia, mutta toimintaperiaate on kaikissa pääpiirteittäin sama. Lämpölaitoksessa on kattila, johon syötetään vettä. Kattilassa poltetaan esimerkiksi pellettiä, jolloin polttoaineen kemiallinen energia muuttuu kattilassa olevan veden lämpöenergiaksi. Lämmitetty vesi kulkeutuu kaukolämpöpumppujen kautta kaukolämmönsiirtimelle, josta lämmitetty vesi siirretään maanalaisten putkien kautta kuluttajille.

Kuluttajille menevän veden lämpötila on tyypillisesti talvella noin 120 °C ja kesällä 70 °C. Kuluttajilla on oma alajakokeskus joka sisältää lämmönsiirtimet, säätölaitteet, kiertovesipumput sekä paisunta- ja varolaitteet. Kaukolämpövesi lämmittää alajakokeskuksen lämmönsiirtimen avulla lämmitykseen tarvittavan veden sekä käyttöveden. Kaukolämpövesi ei sekoitu kuluttajan verkostossa olevaan veteen, vaan lämmitys tapahtuu lämmönsiirtimillä. Kun lämmitetty vesi on tehnyt tehtävänsä, se palaa takaisin lämpölaitokselle noin 40-60 °C lämpötilassa.

## 4 PUTKISTOPROJEKTIN TOTEUTUS

Putkistoprojekti pitäisi aloittaa esisuunnittelulla, jonka tehtävänä on yleensä selvittää investointi- ja käyttökustannukset. Se pitää sisällään tutkimustyötä, virtauskaavioiden laadintaa ja testausta. Perussuunnittelu on järkevää aloittaa, jos hankearvion ja esisuunnittelun perusteella projekti näyttää kannattavalta. Perussuunnitteluun voidaan saada seuraavia tietoja esisuunnittelusta: Tilavaraukset sijoituspiirustuksiin, alustava virtauskaavio, putkikokoarviot, linjamääräarviot, varustemääräarviot, alustavat put-

kistomateriaalivalinnat, alustavat työmääräarviot sekä putkiston kustannusarvio. Perussuunnitteluun saatavien tietojen määrä riippuu siitä, kuinka paljon esisuunnittelua on ehditty tekemään ja kuinka paljon lähtötiedot muuttuvat esisuunnittelun jälkeen. (Kesti 1992, 19.)

Perussuunnittelu jatkuu putkiluokkien määrittelyllä ja putkimateriaalien alustavalla valinnalla. Perussuunnitteluvaiheessa PI-kaavion olisi hyvä olla lähes valmis, koska muutokset kostaantuvat myöhemmin. PI-kaavio on pohjana suurelle osalle suunnittelua, putkistosuunnittelijat hyödyntävät PI-kaaviota putkilinjojen reittejä suunniteltaessa. Projektin sisäiseen käyttöön voidaan laatia myös putkistosuunnitteluohje, jossa puolestaan määritellään noudatettavat standardit, piirtämissuhde, eristysohjeet sekä maalausohjeet. (Leino 2014, 6.)

Detaljisuunnitteluvaiheessa kaikki alustavat tiedot pyritään varmistamaan, koska tämän vaiheen jälkeen on pystyttävä tilaamaan ja asentamaan putkisto sekä laitteet paikalleen. Tässä vaiheessa on tehtävä lopulliset päätökset käytettävistä laitteista, kuten pumpuista, venttiileistä ja putken kokoluokista sekä reitityksestä. (Leino 2014, 6.)

Detaljisuunnittelun lähtöarvoja joita tarvitaan putkistosuunnittelussa, ovat virtauskaavio, PI-kaavion runko, putkiston suunnitteluohje sekä virtaavien aineiden tiheys, tilavuusvirta (minimi, maksimi, normaali, mitoitus), lämpötila, viskositeetti, höyrystymispaine pumppauslämpötiloissa. (Kesti 1992, 22.)

Viimeistään detaljisuunnitteluvaiheessa PI-kaavion on täsmennyttävä yksityiskohtaiselle tasolle. PI-kaaviosta voidaan nähdä tietoja prosessin teknisistä ratkaisuksista ja laitevalinnoista sekä siinä esitetään prosessin eteneminen. Sen tavoitteena on myös tarkentaa laite- ja instrumenttivalintoja sekä olla pohjana mahdolliselle laitteiden jatkosuunnittelulle. PI-kaaviota voidaan käyttää myös suunnittelijoiden perehdyttämiseen, jos prosessi ei ole heille ennestään tuttu. PI-kaavio voi toimia myös käyttöohjeena asennus-, kunnossapito ja käyttöhenkilöstölle. (Leino 2014, 7.)

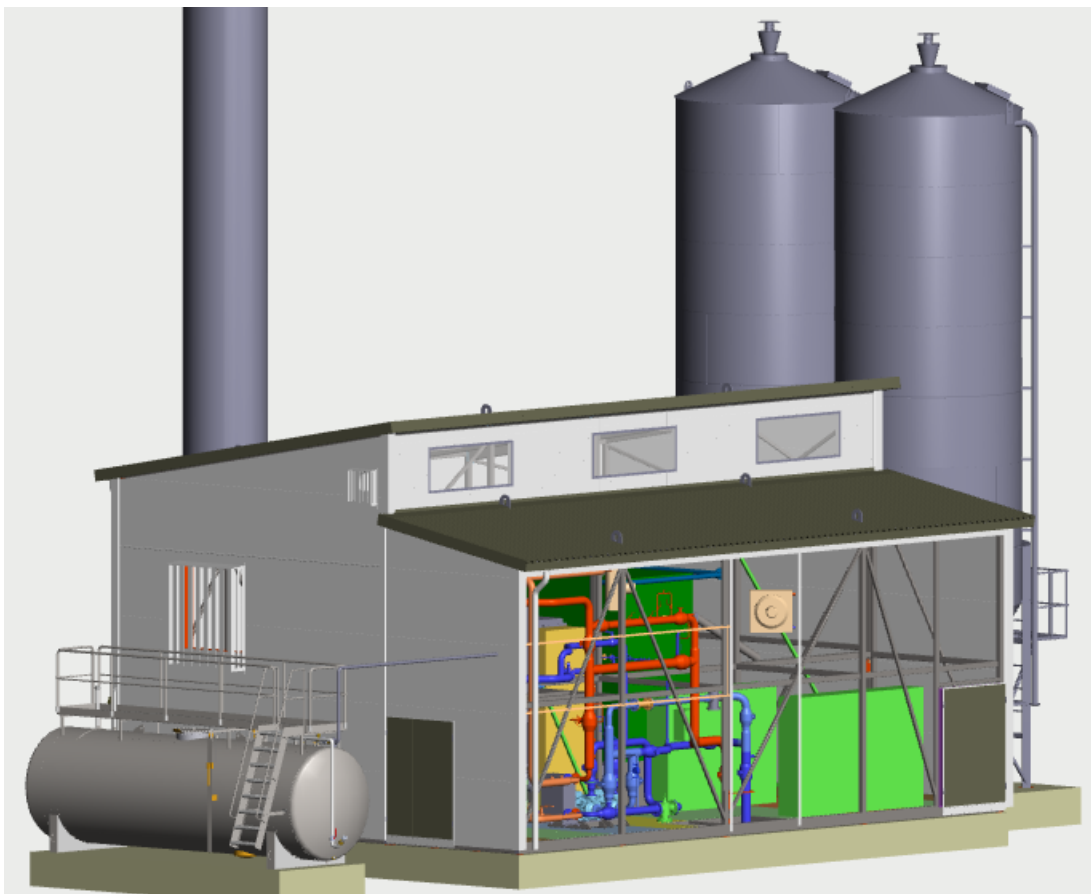
Taso- ja leikkauspiirustukset sisältävät myös putkistosuunnittelun kannalta oleellista tietoa putkireiteistä ja läpivienneistä. Piirustuksissa jokainen taso on piirrettynä erik-

seen ja leikkauspiirustuksia laaditaan tarpeen mukaan. Putkilinjaluetelo ja putkivarusteluettelo sisältävät tietoa linjoista ja niiden varusteista luetteloidussa muodossa, jotta niitä olisi helppo hyödyntää hankinta- ja asennusvaiheessa. Hankinta- ja asennusvaiheessa tarvitaan lisäksi putki-isometrejä, joiden avulla putkia voidaan esivalmistaa sekä asentaa kohteeseen. Kannakesuunnittelua tehdään usein samanaikaisesti putki-isometriä laadinnan kanssa. (Kesti 1992, 24.)

#### 4.1 Suunnittelujärjestelmät

Suunnittelujärjestelmiä on monenlaisia. Tietokoneaika on tuonut markkinoille lukemattoman määrän suunnitteluohjelmia. Laitoksien 3D-mallintaminen alkoi Suomessa 80-luvulla, mutta oli tavoitettavissa vain suurille yrityksille, joilla oli varaa ja resursseja hankkia tarvittavat tietokoneet ja ohjelmat. 90-luvulla 3D-suunnittelu yleistyi Suomessa ja 2000-luvulla se on arkipäivää. 3D-mallinnuksessa rakennus, putkisto laitteet ja kaikki lämpölaitokseen liittyvät rakenteet mallinnetaan tietokoneella, todellisilla mitoilla. Laitos nähdään tietokoneen näytöllä kolmiulotteisena, ja sitä voidaan tarkastella mistä suunnasta tahansa. Laitosta voidaan tarkastella kokonaisuutena, tai siitä voidaan poimia näytölle vain haluttuja osia tai kokonaisuuksia.

Kuvassa 4 on 3D- mallissa olevasta lämpölaitoksesta poistettu seinäelementtejä. Näin mallista voidaan tarkkailla esimerkiksi laitoksen sisällä olevia putkistoja.



Kuva 4. 3D- malli lämpölaitoksesta.

#### 4.2 Putkiston tarjouspyyntö alihankkijalta

Jos putkisto suunnitellaan itse, mutta tarkoituksena on valmistuttaa putkisto alihankinnassa, pitää tehdä tarjouspyyntö potentiaaliselle alihankkijalle, jolla on edellytykset valmistaa putkistokokonaisuus. Tarjouspyynnöstä tulisi selvittää mitä ollaan valmistamassa, minne ollaan valmistamassa ja milloin valmistetaan. Lisäksi tarjouspyyntöön kannattaa liittää työselitys, jossa selvitetään putkiston valmistuksen vaatimukset sekä materiaalit. Myös piirustukset olisi hyvä olla sellaisella tasolla, että niistä on mahdollista saada hyvä kokonaiskuva valmistettavista putkistoista. Materiaaliluettelo on myös hyvä liittää mukaan. Materiaaliluettelosta selviää putkiston osat ja putkimäärät. Liitteessä 1 on esimerkki millainen työselitys ja tarjouspyyntö voisivat olla.

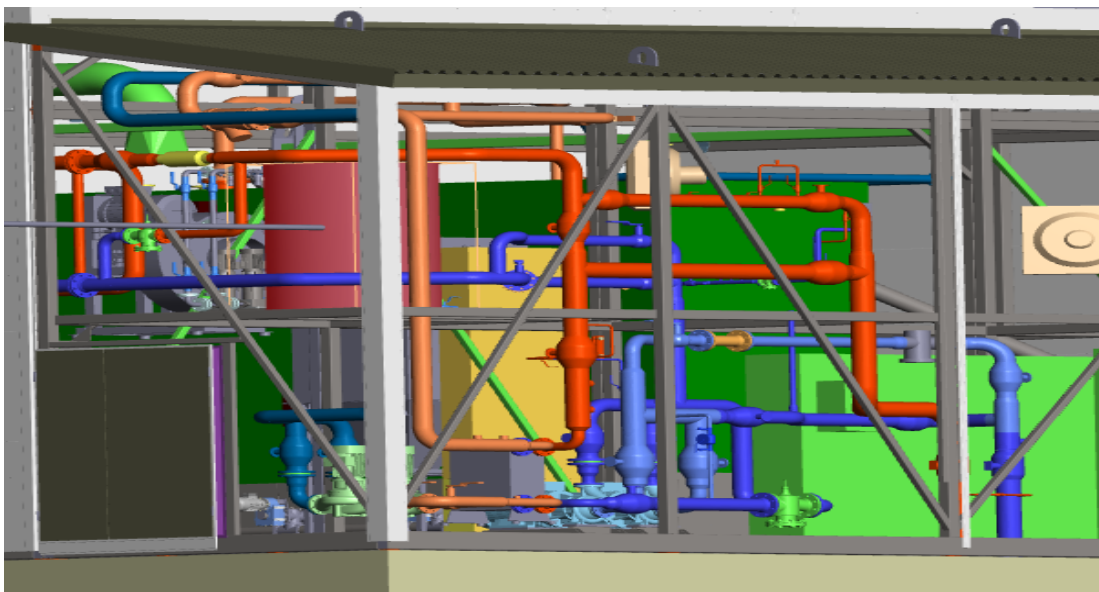
## 5 HITSATUT PUTKISTOT

Suunnittelussa tulisi suosia hitsattavia putkiston osia ja liitoksia, jos se on vain mahdollista, sillä laippaliitos on huoltokohde. Laipalliset osat ovat yleisesti myös kalliimpia.

Hitsattavat liitokset ovat pysyviä, kun ne on asennettu kerran oikein, ne ovat oikein myös tulevaisuudessa. Laippaliitos sen sijaan on mahdollista asentaa väärin jokaisen irrotuksen yhteydessä. Mahdollisuuksia ovat esim. väärä virtaussuunta, väärä aksiaalinen asennuskulma tai väärän mallinen tiiviste yms.

Hitsausliitoksia suunniteltaessa on otettava huomioon, että hitsaajan on myös pystyttävä hitsaamaan ko. liitos asennuspaikalla. Liian ahtaassa tilassa voi olla mahdotonta hitsata laatuvaatimuksien edellyttämällä tavalla. Esimerkiksi ympärihitsauksia tehtäessä olisi hyvä, jos hitsaajan yläruumis maskeineen mahtuisi hyvään hitsausasentoon putkien väliin. Vapaata tilaa olisi hyvä olla 300 mm (mitataan eristyksen pinnasta). Tämä on joskus hankala toteuttaa, mutta hyvä putkistosuunnittelija ottaa asian huomioon sijoittelua tehdessään. Myös lähellä lattiaa kulkevien putkistojen tulisi kulkea vähintään 300 mm:n korkeudessa lattiapinnasta (mitataan eristyksen pinnasta). Tällöin myös korjaushitsaukset on helpompi suorittaa, jos putkistoon tulee esimerkiksi vuoto.

Osa putkista voidaan myös esivalmistaa, jolloin osa hitsauksista tehdään irrallaan konepajalla ja asennushitsaukset tehdään asennuspaikalla. Putkistoa suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon hitsisaumaan jätettävä ilmarako. Suunnitteluohjelmat mitoittavat suoralle putkelle jäävät mitat, kun käytetään ohjelman kirjastossa olevia standardiosia. Näitä olisi syytä tarkastella, että hitsaukselle jää ilmarako. Tällöin ei putkistoa esivalmistettaessa tarvitse laskea jokaista putkilinjaa ja mitoittaa osia. Tämä säästää aikaa putkiston valmistuksessa sekä asennuksessa. Kuvassa 5 näkyy lämpölaitoksen putkistoa ja siihen liittyviä komponentteja.



Kuva 5. Lämpölaitoksen putkistoa.

### 5.1 Nimellispaineet

Suunnittelun ja käytön helpottamiseksi on putkistojen ja paineastioiden osia ja varusteita standardoitu paineenkeston suhteen. Paineenkeston standardoinnissa on erilaisia kansallisia järjestelmiä, kuten SFS-, SFS-EN, PSK-, DIN- sekä ISO-standardit. Nimellispaine (PN) on sisäinen ylipaine ( $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$ ), jolle standardoitu putken osa on tarkoitettu, kun lämpötila on  $20 \text{ °C}$ . Saman paineluokan osia voidaan käyttää vaivatta toistensa kanssa liittämiseen, sillä paineenkeston lisäksi niillä on samat liittämät samantyyppisen standardijärjestelmän sisällä. Osien ja varusteiden paineenkesto on tarkastettava suunnitteluolosuhteissa. (Kesti 1992, 26.)

### 5.2 Putken nimelliskoko

Nimelliskoko (DN) on putkiston osien keskinäistä suuruutta kuvaava tunnus, jonka tarkoituksena on helpottaa toisiinsa sopivien putkiston osien valintaa. Nimelliskokojen lukuarvot on standardoitu. Ne ovat luonnollisia kokonaislukuja, joita ei saa käyttää suoraan mittalukuina mitoituksessa. Hiiliteräksisten- ja ruostumattomien putkien nimelliskoko kuvaa suuruusluokkaa, nimelliskoon lukuarvo vastaa likimain putkiston osien sisähalkaisijaa (millimetri). (Kesti 1992, 27.)

Taulukossa 2 on selvennetty putken halkaisija millimetreinä verrattuna DN- kokoon.

Taulukko 1. Putken nimelliskoko muutettuna millimetreiksi (ulkohalkaisija).

DN-koko	Ulkohalkaisija
6	10,3 mm
8	13,5 mm
10	17,2 mm
15	21,3 mm
20	26,9 mm
25	33,7 mm
32	42,4 mm
40	48,3 mm
50	60,3 mm
65	76,1 mm
80	88,9 mm
100	114,3 mm
125	139,7 mm
150	168,3 mm
200	219,1 mm
250	273,0 mm
300	323,9 mm
350	355,6 mm
400	406,4 mm

### 5.3 Putkikoon määrittäminen

Putkikoon mitoituksessa voidaan käyttää kahta menetelmää.

- Mitoitus virtausnopeuden mukaan
- Mitoitus painehäviön mukaan

Alustava mitoitus kannattaa tehdä virtausnopeussuosituksen mukaan. Kun tiedetään haluttu tilavuusvirta, saadaan putken sisähalkaisija helposti kaavalla 1.

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi w}} \quad (1.)$$

jossa,

D on putken sisähalkaisija, [D] = m

V on tilavuusvirta, [V] = m<sup>3</sup>/s

w on keskimääräinen virtausnopeus, [w] = m/s

Nesteiden virtausnopeuden optimiarvo riippuu viskositeetistä siten, että matalamman viskositeetin omaavilla on edullista käyttää suurempia nopeuksia. Kaasujen ja höyry-

jen optiminopeus on sitä suurempi, mitä suurempi on paine. Karkeasti ottaen nesteiden nopeudet ovat kymmenesosa kaasujen ja höyryjen nopeuksista. (Kesti 1992, 29.)

#### 5.4 Putkivirtaus

Virtausteknisessä mitoituksessa nimitetään usein virtausainetta fluidiksi. Fluidi on aine, jossa molekyylien väliset sidosvoimat eivät pysyvästi vastusta muodonmuutosta. Lepotilassa olevassa fluidissa ei esiinny leikkausjännityksiä. Fluidi voi olla joko kaasumaista tai nestemäistä. Kaasuja ei pystytä puristamalla nesteyttämään. Höyryllä tarkoitetaan kaasumaista fluidia, joka voidaan nesteyttää puristamalla. (Kesti 1992, 61.)

##### 5.4.1 Tiheys

Fluidin tiheys  $\rho$  riippuu paineesta ja lämpötilasta. Tiheys on massan  $m$  ja tilavuuden  $V$  osamaara.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

jossa,

$\rho$  on tiheys,  $[\rho] = \text{kg}/\text{m}^3$

$m$  on massa,  $[m] = \text{kg}$

$V$  on tilavuus,  $[V] = \text{m}^3$

Mikäli tiheys muuttuu vain vähän kohtuullisella paineen ja lämpötilan muutoksella, sanotaan fluidia kokoonpuristumattomaksi. Nesteiden tiheys vaihtelee lämpötilan mukaan. Lämpötilan pysyessä vakiona voidaan nesteitä yleensä pitää kokoonpuristumattomina. Nesteet voivat kuitenkin siirtää paineaaltoja, jolloin tulisi ottaa huomioon myös kokoonpuristuvuus. (Kesti 1992, 61.)

Jos todetaan, että putkistossa on mahdollisuus kokoonpuristuvuuteen, kannattaa kiinnittää huomiota putkiston kannakointiin varsinkin pitkissä mutkittalevissa putkissa, koska paineiskut voivat lisätä putkien poikittaisvärähtelyjä.



## 5.4.2 Suunnittelunäkökohtia

Putkiston suunnittelussa tulisi ottaa huomioon seuraavat kolme peruseriaatetta:

- 1) Painehäviö on pidettävä mahdollisimman pienenä energiakulutuksen minimoimiseksi (lähinnä pumpun sähkönkulutus).
- 2) Virtausnopeus ei saisi eroosion ja melutason takia ylittää määrättyjä arvoja.
- 3) Putkien ja rakenneosien hankintakustannusten takia ei nimelliskoko saisi olla liian suuri. (Kesti 1992, 83).

## 6 VIRANOMAISVELVOITTEET

Putkistosuunnittelua ohjaavat suurelta osin erilaiset standardit ja viranomaisvelvoitteet. Lämpölaitoksen putkistojen suunnittelua ja valmistusta ohjaa usein myös painelaitedirektiivi. Euroopan unionin kautta Suomessa on ollut voimassa painelaitesäädös 29.11.1999 alkaen. Euroopan talousalueella yhdenmukainen painelaitedirektiivi (Pressure Equipment Directive) eli PED. Painelaitedirektiivi on velvoittavaa lainsäädäntöä.

### 6.1 Painelaitedirektiivi

Euroopan parlamentti ja neuvosto antoivat 15. päivänä toukokuuta 2014 direktiivin 2014/68/EU painelaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta. Direktiivin mukaan kansalliset säännökset on saatettava voimaan viimeistään 19. päivänä heinäkuuta 2016. Lisäksi Euroopan parlamentti ja neuvosto antoivat 26. päivänä helmikuuta 2014 direktiivin 2014/29/EU yksinkertaisten painesäiliöiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta. Yksinkertaiset painesäiliöt- direktiivin mukaan kansalliset säännökset on saatettava voimaan 20. päivänä huhtikuuta 2016. Molemmat direktiivit ovat osa Euroopan unionissa toteutettavaa laajaa tuotesäätelyuudistusta. Direktiivit ovat osana niin kutsuttua direktiivipakettia,

jossa yhdeksän direktiiviä on sopeutettu Euroopan parlamentin ja neuvoston päätökseen N:o 768/2008/EY tuotteiden kaupan pitämiseen liittyvistä yhteisistä puitteista ja päätöksen 93/465/ETY kumoamisesta. (HE 117/2016 vp, 4)

Painelaitedirektiivissä 2014/68/EU asetetaan talouden toimijoille uusia velvollisuuksia ja parannetaan tuotteiden jäljitettävyyttä. Myös vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyihin ja vaatimustenmukaisuusvakuutukseen on tullut joitakin muutoksia. Uudistuksessa ei ole muutettu painelaitedirektiivin soveltamisalaa, painelaitteiden teknisiä vaatimuksia, luokittelukuvia ja olennaisia turvallisuusvaatimuksia. Painelaitedirektiiviä uudistettiin myös painelaitteiden tarkastuslaitoksia koskevien vaatimusten osalta. Ilmoitetun laitoksen, pätevöintilaitoksen ja käyttäjien tarkastuslaitosten tehtäviä saavat suorittaa vain ne laitokset, joiden tiedot ovat nähtävissä EU:n komission Nando tietojärjestelmässä. (Tukes www- sivut 2017.)

Liitteessä 2 on ote valtioneuvoston asetus painelaitelaista 1144/2016, joka koskee esimerkiksi paineenalaisten putkistojen valmistusta.

## 6.2 Painelaitteiden luokittelu

Painelaitteet ja laitekokonaisuudet jaetaan suunnittelua, valmistusta ja vaatimustenmukaisuuden arviointia varten kahteen ryhmään:

- suunnittelussa ja valmistuksessa on noudatettava olennaisia turvallisuusvaatimuksia.
- suunnittelussa ja valmistuksessa on noudatettava hyvää konepajakäytäntöä.

Hyvän konepajakäytännön painelaitteissa tai laitekokonaisuuksissa ei saa olla CE-merkintää eikä niistä laadita EY-vaatimustenmukaisuusvakuutusta. Hyvän konepajakäytännön painelaitteissa on oltava merkinnät, joista voi tunnistaa valmistajan tai valmistajan edustajan. Lisäksi niiden mukana on oltava riittävät käyttöohjeet. Käyttäjien tarkastuslaitoksen arvioimissa painelaitteissa ei saa olla CE-merkintää, mutta niistä laaditaan EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus. (Tukes opas 2003, 8.)

Liitteessä 3 on esimerkki mitä EU- vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta pitää selvittää.

Ainakin seuraavat tiedot pitäisi löytyä EU- vaatimuksenmukaisuusvakuutuksesta.

- Painelaitteen tai laitekokonaisuuden tuote-, tyyppi-, erä- tai sarjanumero.
- Valmistajan tai valmistajan edustajan nimi ja osoite.
- Todistus siitä, että vaatimustenmukaisuusvakuutus on annettu valmistajan vastuulla.
- Vakuutuksen kohde, joka voi olla painelaite tai laitekokonaisuus (voi liittää kuvan mukaan), vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely, jota on valmistuksessa sovellettu, laitekokonaisuuksien osalta eritellään painelaitteet, joista kokonaisuus koostuu.
- Vakuus, että kohde on unionin asiaankuuluvan yhdenmukaistamislainsäädännön vaatimusten mukainen.
- Standardit tai tekniset eritelmät esitetään, joiden perusteella vaatimustenmukaisuus on annettu tai tarvittaessa vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyn suorittaneen ilmoitetun laitoksen nimi, osoite ja numero sekä annetun todistuksen numero ja viittaus EU- tyyppitarkastustodistukseen, EU- suunnitelmatarkastustodistukseen tai vaatimustenmukaisuustodistukseen.
- Lopuksi pitää käydä selville, kuka on vaatimustenmukaisuusvakuutuksen allekirjoittanut sekä ilmoittaa päivämäärät ja antamispaikka.

Painelaitteet ja laitekokonaisuudet, joissa on noudatettava olennaisia turvallisuusvaatimuksia, luokitellaan kasvavan riskin mukaan neljään luokkaan 1-4. Säiliöille, putkistoille ja höyryn tai ylikuumennetun veden tuotannon painelaitteille hyvän konepajakäytännön ja luokkien 1-4 rajat on esitetty Painelaitedirektiivissä 2014/68/EU. Luokitusta varten on tiedettävä

1. Painelaitteen tyyppi: säiliö, putkisto, höyryn tai ylikuumennetun veden tuotannon painelaite, varolaite tai paineenalainen lisälaite.
2. Suurin sallittu käyttöpaine (PS) ja tilavuus (V) tai nimellissuuruus (DN) tapauksesta riippuen.
3. Luokitellaanko sisältö kaasuksi vai nesteeksi.
4. Sisällön vaarallisuus: ryhmän 1 vai ryhmän 2 sisältö. (Tukes www- sivut 2017.)

Painelaitteiden vaatimusmukaisuuden arvioinnin moduulien tunnuksiin ja teknisiin asiakirjoihin on tullut muutoksia. Neljän moduulin osalta tunnuksset ovat muuttuneet, eli moduuli A2 korvaa moduulin A1, moduuli B sisältää moduulit B1 ja B, sekä moduuli C2 korvaa moduulin C1. Valmistajan tulee suorittaa painelaitteelle riskin arviointi, jonka tulosten tulee sisältyä teknisiin asiakirjoihin. Lisäksi vaatimustenmukaisuusvakuutuksen sisältöä on uudistettu. (Tukes www- sivut 2017.)

Taulukossa 2 on selvitetty mitkä moduulit kuuluvat luokkiin 1 – 4. Liitteessä 4 on tarkempi kuvaus moduuleista sekä niitä kokevista arviointimenettelyistä.

Taulukko 2. Moduulit ja luokat

Moduulien eri luokkien viitenumerot taulukoissa ovat seuraavat:

I	=	moduuli A
II	=	moduuli A2, D1, E1
III	=	moduuli B (suunnittelutyyppi) + D, B (suunnittelutyyppi) + F, B (tuotantotyyppi) + E, B (tuotantotyyppi) + C2, H
IV	=	moduuli B (tuotantotyyppi) + D, B (tuotantotyyppi) + F, G, H1

### 6.3 Standardit ja putkiluokat

Paineenalaisten putkistojen suunnittelu perustuu yleensä standardiosista valmistettuihin putkistoihin. Yleisimmin käytössä olevat standardit ovat SFS-, SFS-EN-, PSK-, DIN-, ja ISO-standardit. Putkikokonaisuudet rakennetaan lähes aina osista, jotka ovat standardisoituja. Tällaisia osia on esimerkiksi putkikäyrät, T-haarat, laipat, päädyt, kierteelliset putkenosat, tiivisteet, ruuvit, mutteri sekä aluslaatat. Näiden osien mitat ovat jokaisessa putkikoossa (DN) standardissa määritetty. Osien valmistajalla on tiedossa mitat ja toleranssit, joiden sisällä esimerkiksi (DN100) putkikäyrän pitää olla.

Putkiston valmistaja vastaa painelaitesäädösten vaatimusten täyttymisestä. Valmistaja voi täyttää painelaitesäädösten vaatimukset noudattamalla eurooppalaista standar-

dia SFS-EN 13480. Tämä standardi koskee metallisia teollisuusputkistoja. Se on yhdenmukaistettu standardi, jota soveltamalla putkiston valmistajan katsotaan täyttävän painelaitteista annetun kauppaja- ja teollisuusministeriön päätöksen (KTMP 938/99) olennaiset turvallisuusvaatimukset. Standardisarja SFS-EN 13480 antaa ohjeet prosessiputkistojen suunnitteluun, materiaaleihin, valmistukseen ja asennukseen, tarkastukseen sekä testaukseen. Lisäksi standardissa on lisävaatimukset maanalaisille putkistoille ja ohjeet vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyyn. (Tukes opas 2003, 7.)

## 7 KANNAKOINTI

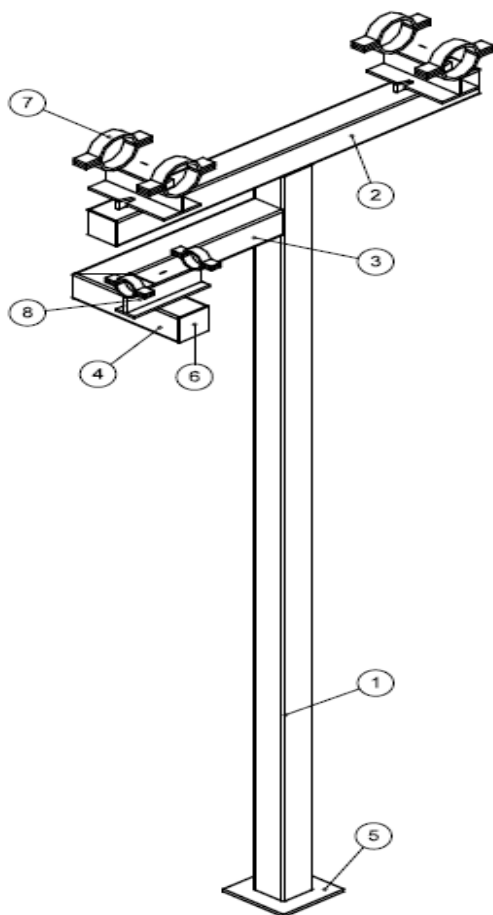
Putkiston kannakointi kuuluu putkistosuunnittelun osa-alueisiin. Kuitenkin harvalla suunnittelijalla on kokemusta kannakoinnin suunnittelusta. Harva suunnittelija on uransa aikana ehtinyt perehtymään kannakointiin täysipainoisesti. Kannakointi mielletään usein pakolliseksi pahaksi ja usein myös suunnitelmat ovat sen kaltaisia. Kannakoinnin tarkoitus on putkiston painokuorman vastaanottaminen.

### 7.1 Primääri- ja sekundäärikannakkeet

Kannakointi koostuu putkiin kiinnitettävistä primäärikannakkeista sekä sekundäärikannakkeista. Sekundäärikannakkeet kiinnitetään putkilinjaa ympäröiviin rakenteisiin. Sekundäärikannakkeisiin kohdistuva suurin rasitus tulee putkistosta ja sen sisälön aiheuttamasta painosta. Myös vesi- ja paineiskut, lämpölaajeneminen sekä asennuksen aikaiset esijännitykset rasittavat sekundäärikannakkeita. Lämpölaitoksen runko, lattia, pilarit sekä tasot ovat oivallisia paikkoja sekundäärikannakkeiden kiinnitykselle.

Vuonna 2014 voimaan tullut CE-merkintä teräsrakenteissa pitää ottaa huomioon myös kannakoinnin suunnittelussa. Kannakointi ei kaikilta osin kuulu standardin SFS-EN 1090-1 ja SFS-EN 1090-2 piiriin. Sopiva hetki tähän on lämpölaitoksen runkoa suunniteltaessa. Rungon suunnitteluvaiheessa pystytään laskemaan esimer-

kiksi lujuudet, jotka kannakkeet vaativat, kun tiedetään putkistojen paino käyttöolosuhteissa. Aina ei ole kuitenkaan mahdollista sijoittaa putkistojen kannakkeita olemassa oleviin rakenteisiin. Tällaisessa tilanteessa pitää suunnitella esimerkiksi lattiaan kiinnitettävät sekundääriraudat. Kuvassa 6 on esimerkki lattiaan kiinnitettävästä sekundääriraudasta, primäärikannakkeista sekä osaluettelo.



8	PSK7320.50.1	Liukukannatin PSK7320 DN50		PSK7320	S235JR SFS-EN...
7	PSK7320.100.2.1	Kynsihous PSK7320 DN100 2xPSK7360A		PSK7320	S235JR SFS-EN...
7	PSK7360A	Kevyt kynsihous A		PSK7360	S235JR SFS-EN...
6	PL3x96x96	Levy 3x96x96	S235JRG2		
5	PL10x200x200	Levy 10x200x200	S235JRG2		
4	VXEN10219-2-Rn...	Neliö RHS-Palkki, kylmävalssattu		EN 10219-2	S 355 J2H
3	VXEN10219-2-Rn...	Neliö RHS-Palkki, kylmävalssattu		EN 10219-2	S 355 J2H
2	VXEN10219-2-Rn...	Neliö RHS-Palkki, kylmävalssattu		EN 10219-2	S 355 J2H
1	VXEN10219-2-Rn...	Neliö RHS-Palkki, kylmävalssattu		EN 10219-2	S 355 J2H
<b>Osa</b>	<b>Nimike</b>	<b>Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus</b>	<b>Kuvaus 2</b>	<b>Standardi</b>	<b>Materiaali</b>

Kuva 6. Lattiaan kiinnitettävä sekundäärirauta, primäärikannakkeet sekä osaluettelo.

Putkistoon välittömästi kiinnittyviä kannakkeita kutsutaan primäärikannakkeiksi. Ne ottavat putkiston rasitukset vastaan ja siirtävät rasitukset sekundäärikannakkeille.

Seuraavassa on ohjeita primäärien kannakkeiden sijoitukseen (Kesti 1992, 109):

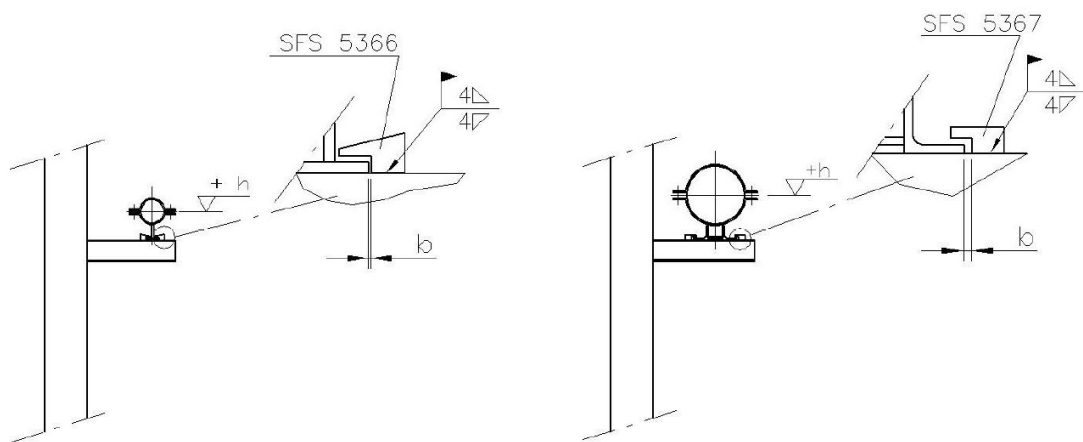
1. Sijoita kannake putkeen mielummin kuin putkiston varusteisiin, kuten venttiileihin tai putkiyhteisiin. Paikalliset kannakointikuormitukset voivat aiheuttaa venttiilien ja laippojen tiivisteiden vuotamisen ja venttiilien rungon viottumisen. Mikäli komponentit ovat erityisen painavia, saattaa olla kuitenkin järkevää kannattaa ne erikseen.
2. Kannakoi putki mielummin suoralta osuudelta, kun terävistä mutkista tai hitsatuista käyristä, sillä nämä ovat jo muutenkin suuremman kuormituksen alaisia. Ota kiinnityskohtaa valitettaessasi huomioon mahdollinen putken joustavuuden heikentyminen.
3. Jos voit valita, kannakoi putkenosasta, jota ei tarvitse säännöllisesti siirrellä huoltoa tai puhdistusta varten.
4. Sijoita kannake niin lähelle kuin mahdollista suuria kuormituskeskittymiä kuten vertikaalit putket, putkien yhtymäkohdat moottoriohjatut tai muuten painavat venttiilit ja pienet kannakoimattomat säiliöt (esimerkiksi erottimet ja siivilät).

#### 7.1.1 Liukukannake ja kynsiohjattu liukukannake

Liukukannake ja tarvittaessa kynsiohjattu liukukannake ovat suositeltavin kannatusmuoto prosessiputkistolle. Ne sallivat putken liikkeet aksiaalisuunnassa. Kynsiohjauksella estetään putkiston liikkeet poikittaissuunnassa. Putkistojen kulmakohdissa ei kynsiohjausta voida käyttää, vaan putken on pytyttävä liikkumaan vapaasti. Silloin on sekundääriskannake suunnitella sellaiseksi, ettei putki voi pudota kannattimeltaan. (SFS käsikirja 107 2007, 17, 21.)

Putken haaroituskohdassa ei kynsiohjainta saa myöskään käyttää. Putken on pystytävä kompensoimaan mahdollinen lämpölaajenemisen aiheuttama siirtymä. Joustavuustarkistelulla määritetään ensimmäisen mahdollisen kiinteän kannattimen paikka. Koska kynsiohjain estää putkiston liikkeen poikittaissuunnassa, voi linjan ensimmäinen kannake olla myös pelkkä liuku ilman kynsiohjaimia. (Henell 2011, 22.)

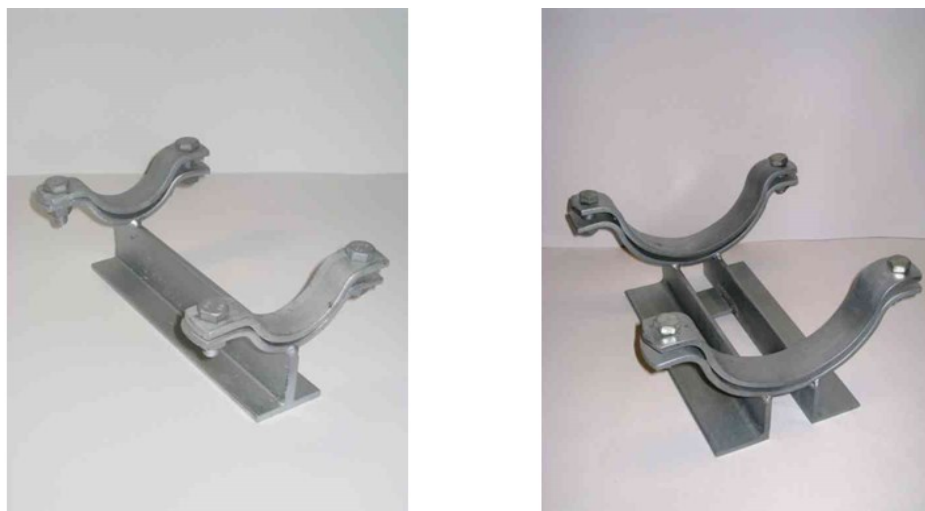
Kuvassa 7 on esitetty kevyt ja raskas kynsiohjan ja niille annetut standardinumerot.



Kuva 7. Kevyt ja raskas kynsiohjain

Primäärikannakkeet ovat usein kuvassa 8 esitettyjen kaltaisia liukukannakkeita.

Liukukannakkeen kanssa on suunniteltu käytettävän kynsiohjainta.



Kuva 8. Pienelle ja isolle putkikoolle tarkoitetut matalat liukukannattimet

Suunnittelijan on hyvä ottaa huomioon eristepaksuus suunnitellessaan kannakointia.

Jos eristepaksuus kasvaa yli 50 mm:n, pitää valita korkea liukukannatin.



### 7.1.2 Kiinteä kannatus

Putkiston luonnollisia kiinteitä kannatuspisteitä ovat laitteisiin laipoilla tai hitsaamalla liittyvät kohdat. Kiintopiste estää putken kaiken liikkeen sekundäärirakenteeseen nähden. (SFS käsikirja 107 2007, 16, 17.)

Kiinteässä kannatuksessa liukukannake hitsataan kiinni sekundäärirautoihin ja putken liike liukukannattimessa sidotaan kiinni estopaloilla. Kiintopiste voi olla 1- tai 2-puolinen ja kiintopisteiksi lasketaan myös standardin SFS 5396 mukaiset tasokannattimet.

Koska putkistossa tapahtuu aina lämpöliikettä, on kahden kiinteän pisteen väliin aina sijoitettava jousto. Pitkillä suorilla osuuksilla, joissa on useita kannakkeita, on jokin kannake määritettävä kiinteäksi. Kiinteä kannake ei aina ole linjan keskimäinen, vaan se sijoitetaan putkiston liikkeen suhteen tarkoituksenmukaisimpaan kohtaan. Usein se on keskellä suoraa linjaa, jolloin lämpölaajeneminen voi purkautua molempiin suuntiin. (Henell 2011, 24.)

### 7.2 Kannatusväli

Putken kannatusvälin määrää maksimitaipuma. Standardissa SFS 5363 putken sallittu taipuma on 3 mm, kun nimelliskoko  $\leq$  DN50 ja 6 mm kun nimelliskoko  $>$  DN50. (Kesti 1992, 119.)

Taulukosta 3 löytyy ohjearvoja normaaliseinämäisen hiiliteräspankin kannatusvälille putkikoon, putkessa virtaavan aineen ja lämpötilan mukaan.

Taulukko 3. Normaaliseinämäisen hiiliteräspankin kannatusvälit standardin SFS 5363 mukaan

DN	Ohjearvo kannatusvälille m			
	Eristämätön t=20		Eristetty t=120	
	Kaasu	Neste	Kaasu	Neste
15	2,3	2,2	1,7	1,6
20	2,6	2,5	2	1,9
25	3	2,7	2,2	2,1
32	3,3	3	2,6	2,5
40	3,6	3,2	2,8	2,7
50	4,8	4,2	3,9	3,6
65	5,4	4,6	4,3	4
80	5,8	5	4,8	4,4
100	6,6	5,5	5,6	5
125	7,3	6	6,4	5,6
150	8	6,6	6,9	6,1
200	9,2	7,3	8,1	6,9
250	10,3	8,1	9,2	7,7
300	11,2	8,7	10	8,3
350	11,7	9	10,6	8,6
400	12,5	9,6	11,4	9,2
500	14	10,3	12,8	10

Jos putki on tuettu tasaisin välimatkoin ja kuormitukset ovat samat kannatuksen molemmilla puolilla, käyttäytyy putki kiinteän tuennan mallin mukaisesti, sillä osavälien taivutusmomentit kumoavat toisensa. (Kesti 1992, 117.)

Tuentavälit ja kuormitukset eivät kuitenkaan aina ole tasaiset, jolloin lähestytään niveltuetun palkin mallia, joka tarkoittaa esimerkiksi sellaista tilannetta, missä putki taipuu keskeltä alas ja kiintopisteenä käytetty kannake pysyy paikallaan ja liukukanatin nousee sekundääriraudasta ilmaan. Tällaisessa tapauksessa putkella on pahimmassa tilanteessa mahdollisuus repeytyä.

Putkikannattimet jäykistävät putkea ja estävät jossain määrin putken vapaata taivutusta. Voidaankin olettaa, että vaakasuora putki käyttäytyy todellisuudessa lähelle mallia, joka on kiinteän ja vapaasti tuetun tapauksen välimuoto. (Kesti 1992, 117.)

## 8 ERISTYKSET

Teknisellä eristämällä pyritään vähentämään energiakustannuksia rajoittamalla lämpö- ja kylmähäviöitä. Samalla eristämällä pyritään säätämään lämpötiloja käyt-

töteknisen vaatimuksien asettamalle tasolle. Tähän kuuluu muun muassa pintalämpötilojen säätäminen työturvallisuuden ja syttymisvaaran puitteissa. Prosesseissa pyritään eristämään siirtoputkien, säiliöiden ja laitteiden lämpötilat tuotannon kannalta oikeisiin lämpötiloihin.

Eristämisessä käytetään voimassa olevia standardeja. PSK Standardisointi ry laatii teollisuuseristysstandardit, jotka Suomen Standardoimisliitto SFS hyväksyy. Prosessiteknisessä lämpöeristämisessä tarkoituksena on pitää eristämiskohde sopivan lämpöisenä prosessin kannalta. Eristämisellä pyritään aikaansaamaan oikeanlainen toimintaedellytys sekä pitämään esimerkiksi putkistojen pintalämpötilat halutulla alueella. (Verkama 2012, 11.)

### 8.1 Eristys halutun pintalämpötilan mukaan

Pintalämpötiloille on säädetty turvallisuusvaatimuksia monelta eri taholta. Pintalämpötilojen vaatimuksia on säädetty EN SFS- standardeissa ja EU- direktiiveissä. Turvallisuusvaatimus valitaan käyttökohteen ja toimintaympäristön vaatimukset täyttäväksi. Koneen ja laitteen suunnittelussa tulee huomioida mahdollinen kuumien pintojen koskettamisen riski. Kuumille pinnoille on säädetty standardi SFS EN ISO 13732- 1, josta saadaan korkeimmat sallitut pintalämpötilat eri materiaalivaihtoehdoille.

Polttava pintalämpötila riippuu siitä, kuinka kauan kuumaan pintaan ollaan kosketuksessa. Metalleilla suurin sallittu polttamaton pintalämpötila on 65 °C. Pintalämpötilat ovat erilaiset eri materiaaleille, esimerkiksi puun polttavan kosketuksen pintalämpötila on 125 °C. (Verkama 2012, 13.)

Lämmönjohtavuus on luku, jolla ilmoitetaan, kuinka hyvin jokin aine johtaa lämpöä. Lämmönjohtavuutta kuvataan symbolilla  $\lambda$ . Lämmönjohtavuuden suurena on W/Km, millä ilmoitetaan kuinka monta wattia virtaa metrin paksuisen ainekerroksen läpi. Tällöin virtaus tapahtuu vastakkaispintojen läpi ja pintojen välillä on asteen lämpötilaero. Mitä suurempi lämmönjohtavuus, sitä huonompi materiaali on eristeenä. Lämmönjohtavuus ei ole millään eristeellä vakioarvo, vaan se vaihtelee lämpötilan mukaan. (Verkama 2012, 20.)

Lämpölaitosputkiston teoreettinen pintalämpötila voidaan laskea oletetuilla arvoilla. Samalla analyttisellä laskentakaavalla, mikä löytyy SFS- standardista, voidaan valita eristemateriaalin paksuus,

$$T_e = T_0 + \frac{T_i - T_0}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{s}{\lambda_e} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

missä,

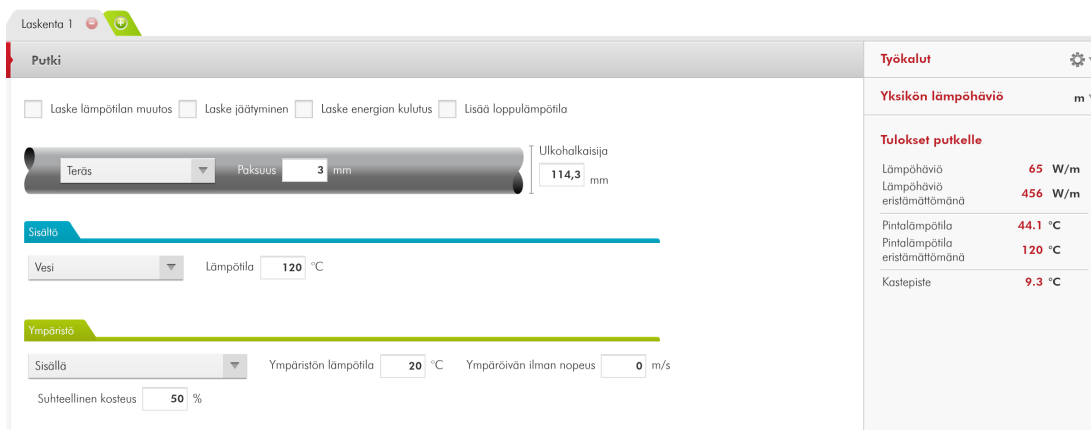
$T_e$	Eristyksen ulkopinnan lämpötila käyttöoloissa [°C]
$T_i$	Eristettävän kohteen sisällön lämpötila [°C]
$T_0$	Eristyksen ympäristön lämpötila [°C]
$\alpha_i$	Sisäpinnan lämmönsiirtymiskerroin [ $W/m^2K$ ]
$\alpha_e$	Ulkopinnan lämmönsiirtymiskerroin [ $W/m^2K$ ]
$s$	Eristeen paksuus [m]
$\lambda_e$	Eristeen lämmönjohtavuus keskilämpötilassa [W/mK]

(Verkama 2012, 20.)

Eristeitä myyvien yritysten www- sivuilta löytyy myös laskentaohjelmia, jotka ovat helppoja käyttää. Esimerkiksi Paroc- tuotemerkiltä löytyy seuraavanlainen sivusto eristyksien määrittämisen avuksi.

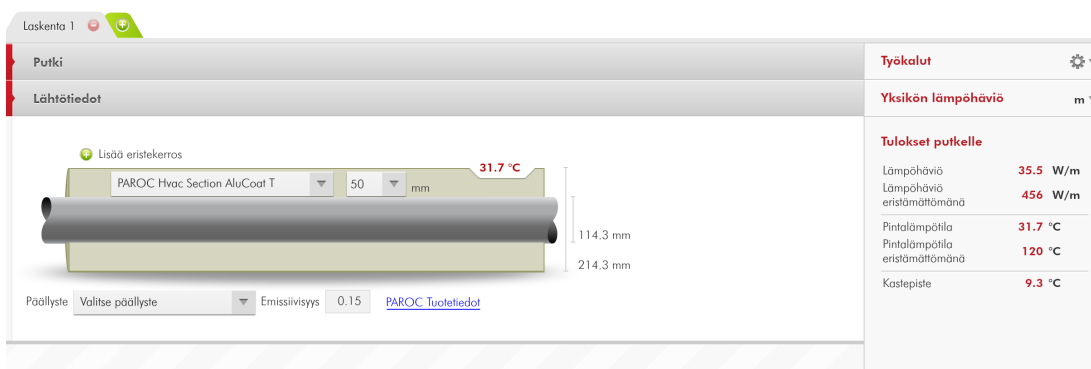
[http://calculus.paroc.com/paroc-calculus/index\\_fi.html](http://calculus.paroc.com/paroc-calculus/index_fi.html)

Kuvassa 9 syötetään putken materiaali ja materiaalin paksuus sekä haluttu pintalämpötila laskentaohjelmaan.



Kuva 9. Eristyksen lähtötietojen syöttöä laskentaohjelmaan.

Kuvassa 10 näkyy syötetty eristepaksuus sekä pintalämpötila, joka syntyy valitulla eristepaksuudella.



Kuva 10. Ohjelma laskee pintalämpötilat eristepaksuuden mukaan.

## 8.2 Päällystemateriaalit

Päällystemateriaalin päätarkoituksena on suojata eristemateriaalia. Suojauksella pyritään estämään mekaanisia vaurioita ja suojaamaan eristemateriaalia säältä ja korroosiolta. Päällysteellä voidaan estää myös mahdolliset eristeen aiheuttamat pölyhaitat. Pintamateriaalilla voidaan vaikuttaa eristettävän kohteen ulkonäköön.

Päällysteiden valinnassa tulee huomioida materiaalin lämmönkestävyys- ja lämpösäteilyominaisuudet. Metallilevypäällysteet ovat yleisimmin käytettyjä eristeen päällysmateriaaleja teollisuudessa. Pääasiallisesti päällysmateriaalina käytetään sinkittyä teräs- ja alumiinilevyä. Sinkki tekee materiaalista paremmin korroosiota kestä-

vän. Teräs- ja alumiinilevyjä toimitetaan 0,5, 0,6, 0,7, 1,0 mm:n levyepaksuudella. Teräslevyn sulamislämpötila on 1550 °C ja alumiinilevyn 660 °C. Alumiinilevyn heikkoutena ovat teräslevyyn verrattuna korkeampi hinta ja alumiinin työstäminen vaatii enemmän huolellisuutta kuin teräslevyn työstäminen. Alumiinin etuina ovat merivedenkestävyys, keveys ja ulkonäkö. Markkinoilla on saatavilla myös muovipäällysteisiä teräslevyjä. (Verkama 2012, 19.)

Koska lämpölaitoksessa ei yleensä ole syövyttäviä aineita, ei siis tarvita haponkestävyyttä. Myös lämpötilat pysyvät reilusti alle alumiinilevynlevyn sulamispisteen. Alumiinilevy on siis kustannustehokas vaihtoehto lämpölaitosten putkistojen eristämiseen.

## 9 YHTEENVETO

Ehdotus opinnäytetyön aiheesta tuli keväällä 2016 Aritermin projekti liiketoimintapäälliköltä Petri Liimataiselta. Opinnäytetyön tavoitteena oli aluksi perehtyä putkiston suunnitteluun ja helpottamaan putkiston esivalmistusta sekä asennusta. Aloituspalaverissa kuitenkin alue hieman laajentui, kun mukaan haluttiin ottaa myös kannakointi sekä eristykset. Tällä laajuudella helpotettaisiin suunnittelijan työtä enemmän, koska kaikki tieto olisi yhdessä työssä, eikä suunnittelijan tarvitsisi hakea tietoa monesta eri työstä.

Alue oli laaja ja teknistä osaamista sekä standardien ja direktiivien osaamista vaadittiin melkoisesti. Painelaitedirektiivi muuttui kesken opinnäytetyön ja se vaikeutti osaltaan työn tekemistä. Vanha direktiivi oli aika hyvin hallussa, mutta uutta direktiiviä piti silti lukea paljon, että kykeni sisäistämään muuttuneet asiat. Tämän johdosta halusin liittää myös työhön otteen uudesta painelaitedirektiivistä.

Lämpölaitosprojektissa on paljon työtä, koska sitä ohjaa suurilta osilta standardit sekä lainsäädäntö. Standardit muuttuvat myös melko usein ja vaikea on löytää uusinta tietoa helposti.

Itselläni ei ollut aikaisemmin paljon tietoa itse suunnittelusta, mutta enemmänkin käytännön kokemusta.

Opinnäytetyö kehitti, syvensi sekä tarkensi ammattiosaamistani putkistosuunnitteluun ja sen vaikeuksiin entisestään. Tulevaisuudessa kykenen helpommin hahmottamaan kokonaisuuksia putkistoprojekteissa.

Haluan vielä kiittää Aritermiä mahdollisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö sekä hyvästä yhteistyöstä opinnäytetyön aikana.

## LÄHTEET

Ariterm Oy:n www-sivut. Viitattu 23.11.2016 <https://www.ariterm.fi>

Energiateollisuuden www- sivut. Viitattu 25.11.2016. <https://www.energia.fi>

Henell, A. 2011. Kannakoinnin merkitys prosessiputkistojen suunnittelussa. AMK-opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 24.11.2016. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201103223434>

HE 11/2016 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle painelaitelaiksi.

Kesti, M. 1992. Teollisuusputkistot. Helsinki VAPK-kustannus

Leino, T. 2014. Kattilalaitoksen putkistojen layout-esisuunnittelu. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 13.11.2016. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-201401021003>

Motivan www- sivut. Viitattu 25.11.2016. <https://www.motiva.fi>

Mäkelä, V-M., Tuunanen, J. 2015 Suomalainen kaukolämmitys. Oppimateriaaleja. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Viitattu 25.11.2016. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-588-506-7>

SFS käsikirja 107. Putkiston kannatus. 2007. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS

Turvatekniikan keskus. 2003. Painelaitteet. Tukes opas. Viitattu 22.11.2016

Tukes www- sivut. Viitattu 30.03.2017. <https://www.tukes.fi>

Valtioneuvoston asetus painelaitteista. 2016. 1548/2016.

Verkama, V. 2012 Wärtsilä NOR -katalysaattorin reaktorin eristäminen. AMK-opinnäytetyö. Vaasan ammattikorkeakoulu. Viitattu 26.11.2016. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201203153458>



## LIITE 1

Työselitys 66-77

#### JOHDANTO

Tämä työselitys määrittelee toimituksen laajuuden ja piirustuksen lisäksi ne vaatimukset, jotka Ariterm Oy (jatkossa tilaaja) edellyttää alihankkijalta (jatkossa valmistaja) tilaamaltaan toimitukselta.

#### SALASSAPITOVELVOLLISUUS JA TEKIJÄNOIKEUDET

Tilaajalla on säädösten mukainen tekijänoikeus kaikkiin tässä työselityksessä olevaan ja tähän liittyviin piirustuksiin ja suunnitelmiin.

Kyselyn saajalla ei ole oikeutta käyttää näitä suunnitelmia ja piirustuksia muuhun käyttötarkoitukseen eikä luovuttaa näitä ilman tilaajan suostumusta kolmannelle osapuolelle.

#### SOVELTAMISALUE

Tämä työselitys koskee 6 MW:n lämpölaitoksen paineenalaisten putkistojen valmistusta ja asennusta. Putkistojen valmistajalta edellytetään myös putkistoon liittyvien pumppujen, toimilaitteiden ja instrumenttien asennusta.

Tilaaja toimittaa kaikki osaluettelossa mainitut laitteet ja osat. Valmistaja hankkii kaikki muut täydellisen toimituksen vaatimat materiaalit, rakenteet ja suorittaa koko asennustyön tarvittavine tarkastuksineen ja dokumentointeineen.

Toimittaja vastaa siitä, että toimitus täyttää seuraavien direktiivien vaatimukset:

2014/68/EU Painelaitteet

Valmistaja tekee putkistolle sen vaatimat tarkastukset ja antaa toimitukselle vaatimustenmukaisuusvakuuden.

Ristiriitatilanteissa asiapapereiden tärkeysjärjestys on seuraava:

1. Tilaus
2. Tämä työselitys
3. Piirustukset
4. Liiteaineisto
5. Tarjouskysely

#### VALMISTAJALLE ASETETTAVAT VAATIMUKSET

- Valmistajalla tulee olla asianmukaiset työtilat, laitteet ja työvälineet sekä riittävät resurssit toimitusta varten.

- Valmistajalla tulee olla käytössään painelaitedirektiivin 2014/68/EU 1-luokan putkistojen valmistajalta edellyttämät valmistus, laadunvalvonta ja tarkastusmenetelmät. Tarvittaessa sovelletaan moduulia A.
- Kun putkisto on luokassa I-IV ( $< DN32$  ja  $PS*DN = < 1000$ ) sovitaan erikseen, kuka antaa vaatimustenmukaisuusvakuutuksen.
- Paineenalaisen putkiston hitsauksia saa suorittaa vain painelaitedirektiivin 2014/68/EU mukaisen ko. putkelle voimassa olevan pätevyyden omaava luokkahitsaaja.
- Valmistajan tulee olla hyvämaineinen, luotettava ja täyttää tilaajan asettamat vaatimukset toimittajalle.

#### PAINEENALAISET PUTKISTOT, LAITEASENNUKSET JA TARKASTUKSET

- Asennukset suoritetaan pääkokoonpanopiirustusten mukaan esittämällä tavalla.
- Putkiston kannakointi tehdään käyttäen sinkittyjä tai maalattuja liukukannakkeita sekä putkisankoja.
- Painelaiteluokituksen mukaan hyvän konepajakäytännön alueelle kuuluvat putkistot tulee suunnitella, valmistaa ja tarkastaa TUKES:n mukaan 1-luokan putkistojen vaatimusten mukaisesti.
- Paineenalaiset putkistot sekä varoventtiilien ulospuhallusputket valmistetaan normaaliseinäisestä saumattomasta paineastiaputkesta standardin EN 10216- 1-5 mukaisesta materiaalista. Putken osat oltava vastaavaa materiaalia. Vesilinjat, raakavesilinjat, sekä paineenpitosäiliön putket valmistetaan haponkestävästä teräsputkesta EN1.1404  $s = 2,0$  mm.
- Teräslaipat, standardin SFS- EN1092-1 mukaan. Paineluokan PN16 hitsattavia kauluslaippoja. Laippojen tulee olla mitoiltaan niihin liittyviä putkia vastaavia. Haponkestävien putkistojen laipoissa voidaan käyttää hitsattavaa vedettyä kaulusta sekä sinkittyä irtolaippaa. Yli 10 bar haponkestävissä putkistoissa käytetään sorvattuja laippoja.
- Kierteellisiä putkenosia käytetään vain kierteellisten laitteiden liittämiseen putkistoon. Kierteellisten putkenosien pitää olla valmistettu standardin EN 10216- 1-5 mukaisesta paineastiaputkesta. Ulkokierreltiitos, joka on varustettu tasotiivisteellä vastaa rakenteeltaan laippaliitosta.

- Kierrelitiitokset tiivistetään pakkaamalla tilaajan antamien erillisten ohjeiden mukaan.
- Laippaliitoksissa käytetään SFS-EN1514-1, IBC standardin mukaisia tiivistä.
- Kaikissa hitsauksissa valmistajalla tulee olla hyväksytyihin menetelmäkokeisiin perustuvat hitsausohjeet (WPS). Hitsaajat tulee olla pätevöityt käytettävälle materiaalille ja putkikoolle. Hitsauslisäaineena saa käyttää vain hitsausohjeissa määriteltyjä hyväksytyjä lisäaineita. HST- putkien hitsauksessa käytetään juuritahnaa ellei toisin mainita. HST- putkien saumat puhdistetaan huolellisesti harjaamalla tai peittaamalla.
- Paineenalaiselle putkistolle tehdään painekoe vedellä. Koepaine on varoventtiileille saakka 1,43 x suurin sallittu käyttöpaine tai jos lämpötila vaatii suuremman koepaineen, toimitaan standardin SFS-EN 13480-5 mukaan. Tilaajan edustajalla on oikeus osallistua halutessaan tarkastustilaisuuteen.
- Koeponnistuksista valmistaja antaa vastuuhenkilön allekirjoittaman laatuvaakuuden.
- Suunnittelija määrittää moduulin minkä mukaan vaatimustenmukaisuuden arviointi tapahtuu ja valmistaja antaa vaatimustenmukaisuusvakuuden kyseisen moduulin mukaisesti.

#### PINTAKÄSITTELY JA ERISTYS

- Putket maalataan RR23 sävyyn noin 150 mm kauluslaipan otsapinnasta eli kohdasta johon ei tule eristystä. Varoventtiilien ulospuhallusputket maalataan mustaksi koko matkalla.
- Eristystyö suoritetaan SFS 3978 mukaan.
- Putkisto eristetään käyttäen vuorivillakourua K5.1 s = 50 mm, SFS 3976.
- Päällyste s = 0,5 mm Alumiinilevy SFS 2585
- Päätteet pellitetään niin, että kaikki pulttiliitokset voidaan avata eristyksiä rikkomatta.
- Laitteet varustetaan avattavilla eristekoteloilla

#### DOKUMENTOINTI

- Toimituksesta valmistaja luovuttaa tilaajan haluaman määrän dokumenttikan-sioita.

- Kansion tulee sisältää numeroiduilla välilehdillä ryhmitettyinä seuraavan sisällysluettelon mukaiset dokumentit.

Sisällysluettelo:

1. Viranomaisen pöytäkirjat (jos käytetty)
2. RS-päätös, korjaussuunnitelma ja hitsausohjeet
3. Laativakuutus tai vaatimustenmukaisuusvakuutus
4. Hitsaajan todistukset ja lisäaineselvitykset
5. NDT- pöytäkirjat
6. Lämpökäsittelytodistukset (jos käytetty)
7. Mittauspöytäkirjat
8. Rakenneaineluettelo
9. Ainestodistukset
10. Piirustukset

#### VIIMEISTELY

Ennen luovutustarkastusta asennuskohteesta poistetaan kaikki asennusjätteet.

#### TILAAJAN TARKASTUKSET

- Asennustarkastus tehdään, kun kaikki laitteet ja putkistot ovat valmiina ja putkistossa koepaine.
- Luovutustarkastus, kun toimitus ja dokumentointi täysin valmis.
- Valmistajan tulee kustannuksellaan korjata kaikki tarkastuksessa havaitut puutteet.

Tarjouspyyntö projekti 6677

Ariterm Oy toimittaa asiakkaalleen paikkakunnalle x lämpökeskuksen.

Pyydämme teiltä tarjousta oheisen työselvityksen 66-77, piirustusten ja muun liiteaineiston mukaisesta 6 MW:n lämpökeskuksen putkituksesta.

Putkisto esivalmistetaan valmistajan tiloissa ja kuljetetaan asennuspaikalle. Asennuspaikalla putkisto kasataan hitsaamalla piirustusten mukaisesti ja siihen asennetaan tarvittavat pumput, instrumentit sekä toimilaitteet.

Tarjouspyyntö sisältää:

- putkiston esivalmistus materiaaleineen
- putkiston asennus
- tilaajan toimittamien laitteiden asennus, jotka liittyvät putkistoon
- kannakkeet materiaaleineen
- putkiston koeponnistus

Tilaajan toimitukseen kuuluu:

- pumpput
- venttiilit
- toimilaitteet
- instrumentit

Valmistaja hankkii kaikki muut täydellisen toimituksen vaatimat materiaalit, rakenteet ja suorittaa koko asennustyön tarvittavine tarkastuksineen ja dokumentointineen.

Valmistaja vastaa siitä, että toimitus on tämän tarjouspyynnön mukainen ja täyttää kaikilta osin viranomaisten asettamat vaatimukset.

Ristiriitatilanteissa asiapapereiden tärkeysjärjestys on seuraava:

1. Tilaus
2. Työselitys
3. Piirustukset
4. Liiteaineisto
5. Tarjouskysely

Tarjouksessa hinnat tulee eritellä seuraavasti:

POS.1 Putkiston esivalmistus

POS2. Putkiston ja kannakkeiden asennus, sisältäen koeponnistuksen

POS3. Kannakkeiden valmistus

Toimitukseen sovelletaan metallin yleisiä toimitusehtoja NLM10

Aikataulu:

Toimitus x paikkaan viikolla x/xxxx.

Lopputarkastus paikassa x viikolla xx/xxxx.

Tarjous tulee jättää viimeistään 30.11.2016

Lisätietoja antaa:

Herra Äx

puh. 0004556688

Tarjous lähetetään sähköpostilla osoitteeseen:

[herra.ax@lampokeskus.com](mailto:herra.ax@lampokeskus.com)

## LIITE 2

## Valtioneuvoston asetus painelaitteista

Valtioneuvoston päätöksen mukaisesti säädetään painelaitelain (1144/2016) nojalla:

## 1 luku

## Yleiset säännökset

## 1 §

## Soveltamisala

Tätä asetusta sovelletaan painelaitteisiin ja laitekokonaisuuksiin, joiden suurin sallittu käyttöpaine on yli 0,5 baaria.

## 2 §

## Soveltamisalan rajaukset

Tämän asetuksen soveltamisalaan eivät kuulu:

- 1) siirtoputkisto, johon kuuluu putkisto tai putkistokokonaisuus, joka on tarkoitettu minkä tahansa aineen siirtämiseen laitokseen tai laitoksesta maalla tai merellä, viimeisestä laitoksen alueella sijaitsevasta sulkuventtiilistä alkaen eivätkä mitkään erityisesti siirtoputkistoon suunnitellut lisälaitteet; soveltamisalaan kuuluvat kuitenkin paineenalennus- ja kompressioasemalla olevat laitteet ja muut standardipainelaitteet;
- 2) verkostot veden hankintaa, jakelua ja poistoa varten ja niihin liittyvät laitteet sekä painevesijohdot, painetunnelit, vesivoimalaitosten tasaussäiliöt erityisine lisävarusteineen ja muut painevesitiet;
- 3) yksinkertaisista painesäiliöistä annetun valtioneuvoston asetuksen (1550/2016) soveltamisalaan kuuluvat painelaitteet;
- 4) aerosoliasetuksen (1433/1993) soveltamisalaan kuuluvat laitteet;
- 5) ne ajoneuvojen toimintaan tarkoitettut laitteet, jotka kuuluvat seuraavien säädösten soveltamisalaan:
  - a) asetus ajoneuvojen rakenteista ja varusteista (1256/1992);
  - b) valtioneuvoston asetus traktoreiden, niiden perävaunujen ja traktoreilla vedettävien vaihdettavissa olevien koneiden EY-tyyppihyväksynnästä (356/2005);

- c) ajoneuvolaki (1090/2002);
- 6) ne seuraavien säännösten soveltamisalaan kuuluvat laitteet, jotka 8 §:n mukaan kuuluvat korkeintaan luokkaan I:
  - a) valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (400/2008);
  - b) sähköturvallisuuslaki (1135/2016);
  - c) hissiturvallisuuslaki (1134/2016); 1548/2016 2
  - d) laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista (629/2010);
  - e) kaasulaiteasetus (1434/1993);
  - f) kauppa- ja teollisuusministeriön päätös räjähdysvaarallisiin ilma-seoksiin tarkoitetuista laitteista ja suojausjärjestelmistä (918/1996);
- 7) sotilaspainelaitteet;
- 8) ne erityisesti ydinlaitoksiin suunnitellut painelaitteet, joiden toimintahäiriö voi aiheuttaa radioaktiivisen päästön;
- 9) ne öljyn, kaasun tai geotermisen energian etsintä- ja hyödyntämisteollisuudessa sekä maanalaisessa varastoinnissa käytettävät porauskaivojen hallintalaitteet, joiden tarkoituksena on hillitä tai valvoa porauskaivojen painetta, eivätkä näihin sisältyvät porauskaivojen yläosan venttiililaitteisto, automaattiset sulkuventtiilit, putkilinjojen kokoojayksiköt eivätkä niistä porauskaivoihin päin sijaitsevat laitteet;
- 10) laitteet, joissa on kammioita tai mekanismeja, joiden mitoitus, materiaalien valinta ja valmistusohjeet perustuvat ensisijaisesti lujuuteen, jäykkyyteen ja stabiliteettiin suhteessa staattisiin ja dynaamisiin rasituksiin käytössä tai suhteessa muihin niiden toimintaan liittyviin ominaisuuksiin ja joiden suunnittelussa paine ei ole merkittävä tekijä; näihin laitteisiin kuuluvat:
  - a) moottorit, mukaan lukien turbiinit ja polttomoottorit;
  - b) höyrykoneet, kaasu- tai höyryturbiinit, turbogeneraattorit, kompressorit, pumput ja toimilaitteet;
- 11) masuunit ja niiden jäähdytysjärjestelmät, kuumailmapuhalluksen talteenottolaitteet, pölynerottimet ja masuunien kaasunpuhdistimet sekä pelkistysuunit jäähdytysjärjestelmineen, kaasukonverterit eivätkä sulatukseen, uudelleensulatukseen, kaasunpoistoon sekä teräksen ja ei-rautametallin valuun tarkoitetut astiat;



- 12) kytkentä- ja ohjauslaitteistojen, muuntajien ja pyörivien koneiden sekä muiden suurjännitesähkölaitteiden kotelot;
- 13) sähkö- ja puhelinkaapeleita ja muita lähetysverkkojen osia ympäröivät paineenalaiset suojaputket;
- 14) alukset, raketit ja ilma-alukset tai liikkuvat offshore-yksiköt sekä laitteet, jotka on nimenomaisesti tarkoitettu asennettavaksi näihin koneisiin tai niiden käyttämiseksi;
- 15) ilmarenkaat, ilmatyynyt, pelipallot, kumiveneet ja muut vastaavat joustavasta päällyksestä muodostuvat painelaitteet;
- 16) poisto- ja imuäänenvaimentimet;
- 17) ne hiilihappopitoisten juomien pullot tai tölkit, jotka on tarkoitettu kuluttajille;
- 18) juomien kuljetukseen ja jakeluun tarkoitettut säiliöt, joissa suurimman sallitun käyttöpaineen ja sisäpuolisen tilavuuden tulo (PS • V) ei ole yli 500 baaria kertaa litra (bar • L) ja suurin sallittu käyttöpaine on enintään 7 baaria;
- 19) vaarallisten tavaroiden kansainvälisistä tiekuljetuksista tehdyn eurooppalaisen sopimuksen (ADR-sopimus, SopS 23/1979), kansainvälisiä rautatiekuljetuksia koskevan yleissopimuksen (COTIF, SopS 5/1985) liitteen B (CIM) liitteenä olevien vaarallisten tavaroiden kansainvälisiä rautatiekuljetuksia koskevien määräysten (RID-määräys), kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) vaarallisten aineiden kansainvälisen merenkulkualan kuljetussäännösten (IMDG-säännöstö) ja kansainvälisen siviili-ilmailun yleissopimuksen (SopS 11/1949) nojalla standardeina julkaistujen teknisten määräysten (ICAOmääräys) soveltamisalaan kuuluvat laitteet;
- 20) vaarallisten aineiden kuljetuksesta annetun lain (719/1994) soveltamisalaan kuuluvat laitteet;
- 21) lämmintä vettä sisältävän lämmitysjärjestelmän lämpöpatterit ja putket;
- 22) ne nesteille tarkoitettut säiliöt, joissa kaasunpaine nesteen yläpuolella on enintään 0,5 baaria.

1548/2016

3

3 §

Määritelmät

Tässä asetuksessa tarkoitetaan:

- 1) säiliöllä paineenalaista sisältöä varten suunniteltua ja valmistettua kuorta, joka sisältää yhden tai useamman kammion, mukaan lukien kiinteät liitoskappaleet aina siihen liitoskohtaan asti, jolla se liitetään muihin laitteisiin;
- 2) putkistolla sisällön siirtämiseen tarkoitettuja osia, jotka on liitetty toisiinsa paineelliseen järjestelmään yhdistämistä varten; putkistoon kuuluu ainakin putki tai putkiverkko, putkijohto, putkiston lisäosat, ta-saimet, letkut ja muut paineenalaiset osat; ilman jäähdyttämiseen tai lämmittämiseen tarkoitettu putkista muodostuva lämmönvaihdin vastaa putkistoa;
- 3) paineenalaisella lisälaitteella toiminnallista laitetta, jonka kuori on paineenalainen;
- 4) alimmalla ja korkeimmalla sallitulla lämpötilalla (TS) valmistajan ilmoittamia alimpia ja korkeimpia lämpötiloja, joihin laite on suunniteltu;
- 5) tilavuudella (V) kunkin kammion sisäistä tilavuutta mukaan lukien yhteiden tilavuus aina ensimmäiseen hitsaus- tai muuhun liitokseen asti ja lukuun ottamatta kiinteiden sisäisten osien tilavuutta;
- 6) nimellisuuruudella (DN) putkistojärjestelmän kaikille osille yhteistä koon numeerista esitystapaa, lukuun ottamatta osia, joista annetaan ulkohalkaisija tai kierrekoko; millimetreinä annettava luku pyöristetään viitearvoksi, joka ei ole tiukasti sidoksissa valmistusmittoihin; nimellisuuruus ilmoitetaan merkitsemällä lyhenne DN ja luku, joka osoittaa nimellisuuruuden;
- 7) käyttönotolla painelaitteen tai laitekokonaisuuden ensimmäistä käyttöä omistajan tai haltijan toimesta.”

(Valtioneuvoston asetus painelaitteista 1548/2016 1§. 2§. 3§)

## LIITE 3

EU-VAATIMUSTENMUKAISUUSVAKUUTUS (nro XXXX) <sup>(1)</sup>

1. Painelaite tai laitekokonaisuus (tuote-, tyyppi-, erä- tai sarjanumero):
2. Valmistajan tai tapauksen mukaan valmistajan valtuutetun edustajan nimi ja osoite:
3. Tämä vaatimustenmukaisuusvakuutus on annettu valmistajan yksinomaisella vastuulla.
4. Vakuutuksen kohde (jäljitettävyyden mahdollistava painelaitteen tai laitekokonaisuuden tunniste; tähän voi kuulua kuva, kun se on tarpeen painelaitteen tai laitekokonaisuuden tunnistusta varten)
  - painelaitteen tai laitekokonaisuuden kuvaus,
  - vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely, jota on sovellettu,
  - laitekokonaisuuksien osalta niiden painelaitteiden kuvaus, joista ne koostuvat, sekä vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyt, joita on sovellettu.
5. Edellä kuvattu vakuutuksen kohde on unionin asiaankuuluvan yhdenmukaistamislainsäädännön vaatimusten mukainen:
6. Viittaus niihin asiaankuuluviin yhdenmukaistettuihin standardeihin, joita on käytetty, tai viittaus muihin teknisiin eritelmiin, joiden perusteella vaatimustenmukaisuusvakuutus on annettu:
7. Tarvittaessa vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyn suorittaneen ilmoitetun laitoksen nimi, osoite ja numero sekä annetun todistuksen numero ja viittaus EU-tyyppitarkastustodistukseen – tuotantotyyppi, EU tyyppitarkastustodistukseen – suunnittelutyyppi, EU-suunnitelmataarkastustodistukseen tai vaatimustenmukaisuustodistukseen:
8. Lisätietoja:

puolesta allekirjoittanut

(antamisaika ja -päivämäärä):

(nimi, tehtävä) (allekirjoitus):

(Tarvittaessa sen henkilön yksilöinti, jolla on valmistajan tai valmistajan valtuutetun edustajan allekirjoitusvaltuus.)

<sup>(1)</sup> Valmistaja voi päättää, antaako se vaatimustenmukaisuusvakuutukselle numeron.

## LIITE 4

ARVIOINTIMENETTELY (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 tyypin vaatimustenmukaisuuden.
	EU-tyyppitarkastus (suunnittelutyyppi)	Ilmoitettu laitos tarkastaa suunnitelman vaatimustenmukaisuuden.
C2	Sisäiseen tuotannonvalvontaan perustuva tyypinmukaisuus ja satunnaisin väliajoin suoritettavat valvotut painelaitetarkastukset	Valmistaja tekee loppuarvioinnin, jota ilmoitettu laitos valvoo.
D	Tuotantoprosessin laadunvarmistukseen perustuva tyypinmukaisuus	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 tyypinmukaisuus	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 tyypinmukaisuus	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.