

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Lentokonetekniikka

Tutkintotyö

Tapani Korhonen

## **TEOLLISUUSPUTKISTOJEN SIJOITUSSUUNNITTELU**

Työn ohjaaja Yliopettaja, Heikki Aalto

Työn teettäjä Sweco PIC Oy, valvojana osaamiskeskuspäällikkö Pekka Koivumäki

Tampere 2006

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Lentokonetekniikka

Korhonen, Tapani

Teollisuusputkistojen sijoitussuunnittelu

Tutkintotyö

45 sivua

Työn ohjaaja

Heikki Aalto

Työn teettäjä

Sweco PIC Oy, valvojana Pekka Koivumäki

Kesäkuu 2006

Hakusanat

putkisto, teollisuus, sijoitus, prosessi, tehdas

## TIIVISTELMÄ

Erilaisten teollisuusrakennusten, kuten tuotanto- ja prosessitehtaiden sekä voimalaitosten yhtenä osana ovat erilaiset putkistot, kanavat sekä sähkökaapelihyllyt. Putkistojen ja kanavien tehtävänä on kuljettaa kaasua tai nestettä paikasta toiseen, ja sähkökaapelien vastaavasti sähköenergiaa esimerkiksi erilaisten koneiden ja prosessilaitteiden välillä.

Putkien sekä kaapelihyllyjen sovittaminen muuhun ympäristöön on erittäin haastavaa, kuten mikä tahansa suunnitteleminen. Huomioon otettavia seikkoja on lukuisia ja niitä joudutaan joskus hieman soveltamaan tapauskohtaisesti, mutta aina kuitenkin turvallisuudesta tinkimättä. Monesti myös tilaa on niukalti, tai tila on väärässä paikassa putkiston kannalta. Alaa ei myöskään juuri kouluissa opeteta Suomessa, ja suurin osa alan ammattilaisista onkin oppinut taitonsa työelämässä.

Tämän työn tarkoituksena on paneutua putkistojen ja kaapelihyllyjen komponenttikokonaisuuksien sijoittelussa huomioon otettaviin asioihin. Työssä kerättiin yhteen nämä tiedot, ja osaa tutkintotyöstä tullaan käyttämään Sweco PIC:n sijoitussuunnitteluohjeena. Toivon mukaan tästä työstä on hyötyä perustietolähteenä tuleville sukupolville, ja miksei vanhemmille myös tiedon verestämisenä.

Aluksi käydään läpi putkistosuunnittelun taustaa, jonka jälkeen paneudutaan itse putkiston keskeisiin osiin sekä varusteisiin ja niiden sijoittamista putkistoon. Lisäksi tarkastellaan muita huomioitavia asioita koko putkiston sijoittamista laitokseen ja muihin rakenteisiin nähden.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and production engineering

Aircraft engineering

Korhonen, Tapani                      Factory Piping

Engineering thesis                      45 pages

Thesis Supervisor                      Heikki Aalto

Commissioning Company              Sweco PIC Oy, supervisor Koivumäki Pekka

June 2006

Keywords                                      pipe, piping, industry, factory, process, location

## **ABSTRACT**

Important part of industry is pipes and cable trays. These two things are necessary to run the process in many kind of factories, power plants, chemistry industry etc. Pipes are transporting gas, fluid, chemicals and other different kind of process materials. Cable trays are made to hold electric cables in on them place.

Pipe designing and locating is really challenging work. Finding pipe routes and paths trough whole factory among all other machines and devices is taking lot of work. And keeping all other important requirements, formulas and standards in mind at same time while planning and pipes, is the key to make good success. Also almost all process factories are different so you have new challenge every time when you start new project. You can't forget the safety factories too.

School education of factory piping and also books "how to do it" are quite insignificant in Finland. Most of the professionals here in this area are learned it trough work and different projects.

Meaning of this thesis is to collect some basic knowledge of pipe designing in to same covers. Partly this work will be also used as "pipe designing guide" for Sweco PIC. And hopefully it will give some good information for senior designers and new generations too.

## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
SISÄLLYSLUETTELO .....	4
1 JOHDANTO .....	6
2 Aineisto .....	7
3 Alan kehittyminen .....	7
4 Suunnittelun kulku .....	8
5 Putkistosuunnittelu.....	11
5.1 Putkistosuunnittelun perusta .....	11
5.2 Standardit ja laki .....	12
Painelaitelaki .....	12
6 Putkiston sijoitussuunnittelu .....	14
6.1 Pääperiaatteet .....	14
6.2 Oleellista huomioitavaa .....	15
6.3 Putken osien sijoittaminen.....	17
6.4 Höyryputket .....	19
6.5 Lauhdeputkistojen suunnittelu.....	19
7 Putkivarusteiden sijoittaminen .....	20
7.1 Venttiilit.....	21
7.2 Instrumentit.....	22
7.2.1 Analyysimittauslaitteet.....	22
7.2.2 Sakeusmittalaitteet.....	23
7.2.3 Näytteenottimet .....	23
7.2.4 Tiheys-, virtaus- ja konsentraatiomittarit .....	24
7.3 Lämpötilamittaus .....	27
7.4 Painemittaus.....	28
7.5 Varolaitteet .....	29
7.5.1 Liekinestin .....	29
7.5.2 Murtokalvot.....	29
7.5.3 Varoventtiilit.....	30
7.6 Ilmaventtiili.....	30
7.7 Tyhjennykset ja ilmanpoistot .....	31
7.8 Kannakkeet.....	31
8 Laitteiden huollettavuus .....	34
8.1 Instrumentit (yleisesti) .....	35
8.2 Venttiilit.....	35

Tapani Korhonen

8.3 Säiliöt.....	36
8.4 Suodattimet .....	36
8.5 Pumput .....	37
8.6 Ilmanvaihtokoneet .....	38
9 Nostot ja haalaukset .....	38
10 Kaapelihyllyt ja ilmanvaihtokanavien huomiointi .....	40
11 Viettojen käyttö .....	40
12 Vapaat tilat ja etäisyydet.....	42
13 Tulos .....	42
14 Itse arviointi.....	43
LÄHDELUETTELO .....	44

## 1 JOHDANTO

Teollisuusputkistojen suunnittelu on kokonaisuudessaan erittäin laaja aihe, joten tässä työssä käsitellään vain yhtä pientä osaa suuresta kokonaisuudesta. Aluksi käydään läpi kevyehkösti alan kehitystä sekä teollisuusputkistosuunnittelun koko prosessia. Tämän jälkeen paneudutaan syvemmin putkiston ja siihen liittyvien laitteiden sijoittelusuunnitteluun sekä siinä huomioon otettaviin seikkoihin.

Koska valmistajia, suunnittelijoita, toimittajia, sekä menetelmiä on lukematon määrä ja laitteistot muuttuvat koko ajan, niin absoluuttisia suunnitteluohjeita ei ole mahdollista kirjoittaa. Näin ollen tässä työssä perehdytään vain oleellisiin perusasioihin ja seikkoihin, joita tulisi huomioida putkiston sijoittelua ja suunnittelua tehtäessä. Työssä ei oteta kuitenkaan kantaa putkiston korroosioon.

Osa tästä työstä tullaan julkaisemaan Sweco PIC -yhtiön sisäisessä ohjetietokannassa, joka on luettavissa yhtiön intranetissä. Sweco PIC:n suunnitteluohjetietokannan sisällysluettelo on aiemmin laadittu päättötyö, ja se toimii osin pohjana myös tämän tutkintotyön sisällysluettelolle. Työn tarkoituksena on siis tuottaa helppolukuista perustietoa intranetiin, nopeasti suunnittelijoiden tai alalle kouluttautuvien saataville.

Oleellisena osana myös tässä työssä on kirjoittajan ammattitaidon kohentaminen. Uusia asioita ja erilaisia näkökulmia tuli työn edetessä runsaasti, ja nämä ovat varmasti korvaamaton apu myös tulevaisuutta ajatellen.

## 2 Aineisto

Aineisto tähän työhön kerättiin suurimmaksi osaksi Sweco PIC:n omasta tietokokoelmasta sekä omista muistiinpanoista eri luennoilla. Tietokokoelma koostuu muun muassa standardeista, putkiosaluetteloista, metallialan oppikirjallisuudesta, sekä kaavakirjoista ja muista vastaavista lähteistä. Kokoelmassa on vanhahkoa, mutta paikkaansa pitävää muistiinpanoaineistoa, seminaareista ym. opinnoista vuosien varrelta. Lisäksi tietoa on kerätty mm. haastattelemalla, jo alalla useita vuosia viihtyneitä rautaisia alan ammattilaisia, kuten esimerkiksi Terho Vehkakoski ja Juha Saarilampi, Sweco PIC joilla on usean vuoden kokemus putkistosuunnittelusta ja prosessilaitoksen suunnitteluprojekteista.

Myös omat kokemukset ja oivallukset, muutaman viime kuukausien ajalta, ovat niin ikään olennaisena osana tätä työtä. Työskentely prosessiteollisuuden suunnittelu harjoittelijana vuoden 2006 tammikuun alkupuolelta alkaen on opettanut monia uusia asioita. Enimmäkseen työskentely on tapahtunut Sweco PIC:n Tampereen konttorissa, PDMS (Plant Design Management System) -mallinusohjelmalla. Kerran vierailtiin myös Terho Vehkakosken johdolla EKOKEM jätteenpolttolaitoksella Riihimäellä, kuvaamassa ja alustavasti suunnittelemassa uusien putkien sijoitusta ja liittämistä vanhaan laitokseen.

## 3 Alan kehittyminen

Putkistosuunnittelua on tietysti ollut olemassa yhtä kauan kuin putkiakin. Mutta suunnittelun rooli on kasvanut, kun tehtaiden ja prosessilaitoksien koko on suurentunut. Vanhoista ajoista suurin osa muutoksista on tapahtunut ehkä suunnittelumenetelmien osalta. Toki materiaalipuolellakin on tapahtunut huimaa kehitystä vuosien varrella.

Tehdassuunnittelun alkutaipaleella putkistojen suunnittelu tapahtui usein vasta sen jälkeen, kun kaikki muut osa alueet oli jo saatu valmiiksi ainakin osittain. Rakennukset oli rakennettu, koneet sijoitettu ym., minkä jälkeen alettiin vasta suunnitella putkistoja. Eli mistä ja mitä reittejä saataisiin putket kulkemaan kaikille tarvittaville koneille sekä laitteille, ja sitä kautta prosessi toimimaan.

Myöhemmin putkistosuunnitelmia ja visioita alettiin suunnitella kaksiulotteisia eli 2D kuvia paperille. Näin saatiin hieman ennakoitua tulevia tapahtumia ja mahdollisia ongelmakohtia. Seuraavaksi ryhdyttiin piirtämään isometrisiä kuvia paperille, jolloin kuvat olivat hieman luettavampia perspektiivin näkymän vuoksi. Tietokoneella piirtäminen oli taas uusi edistys askel, ja aluksi piirrettiin 2D-kuvia, sekä 3D-projektioita.

Tapani Korhonen

Suurin hankaluus 2D kuvissa on niiden luettavuus. Mitä vähemmän kuvan lukijalla oli suunnittelu- ja piirustustenlukukokemusta, sitä vaikeampaa oli sen ymmärtäminen. Ja vaikka kuvaa osasi lukea hyvin, niin kokonaiskuvan hahmottaminen oli sitä hankalampaa mitä monimutkaisempi konstruktio oli kyseessä.

Myöhemmin, tietokoneiden tehojen noustua huikeasti, ohjelmien kehittyessä ja koneiden hintojen laskiessa, on voitu siirtyä piirtämisestä niin sanottuun kolmiulotteiseen eli 3D - mallintamiseen. Rakennus, putkisto, laitteet, koneikot ja kaikki laitokseen liittyvät rakenteet mallinnetaan tietokoneella, laitteiden todellisilla mitoilla. Kuva nähdään näytöllä kolmiulotteisena, ja sitä voidaan katsoa mistä suunnasta tahansa. Koko laitosta voi tarkastella kokonaisuutena tai sitten voidaan poimia näytölle vain haluttuja osia. Näin kokonaisuus on huomattavasti helpompi hahmottaa mielessään, ja sitä ymmärtää myös maallikko. Ohjelmaan on usein lisätty yleensä runsaastikin tietokantoja ja muita suunnittelijaa auttavia työkaluja, jotka auttavat ja nopeuttavat suunnitelmien laatimista.

Laitoksien 3D-suunnittelu alkoi suuremmissa määrin vasta 90-luvulla, vaikka ensimmäiset mallintamiset tapahtuivat Suomessa jo 80-luvun alkupuolella. Tekijöinä olivat silloin suuret yritykset, joilla oli varaa ja muita resursseja hankkia tarvittavat tietokoneet ja laitteet. /7/

Sweco PIC:llä putkistosuunnittelu tehdään pääasiassa PDMS –ohjelmalla. Internetin välityksellä eri suunnittelutoimistot ovat yhteydessä keskenään yhtenäiseen virtuaalimalliin. Tämä tarkoittaa sitä, että kun yksi suunnittelija Suomessa suunnittelee putkistoa PDMS malliin, niin vaikkapa rakennesuunnittelija Saksassa näkee sen saman putken omalla näytöllään. Tämä tapahtuu yleensä hieman viiveellä, mutta tapauksesta ja yhteydestä riippuen voidaan malli nähdä lähes reaaliajassa.

## 4 Suunnittelun kulku

Koko prosessilaitoksen suunnittelu lähtee liikkeelle teknisestä ideasta. Alkuun laaditaan periaatekaavio. Periaatekaavio sisältää päälaitteet ja niiden yhteydet. Seuraavaksi laaditaan periaatekaavion pohjalta lohkoakaavio, josta käyvät ilmi prosessitapahtumat, ainemäärät ja muut ominaistiedot. Prosessit kuvataan yksinkertaisesti ja tapahtumajärjestyksessä.

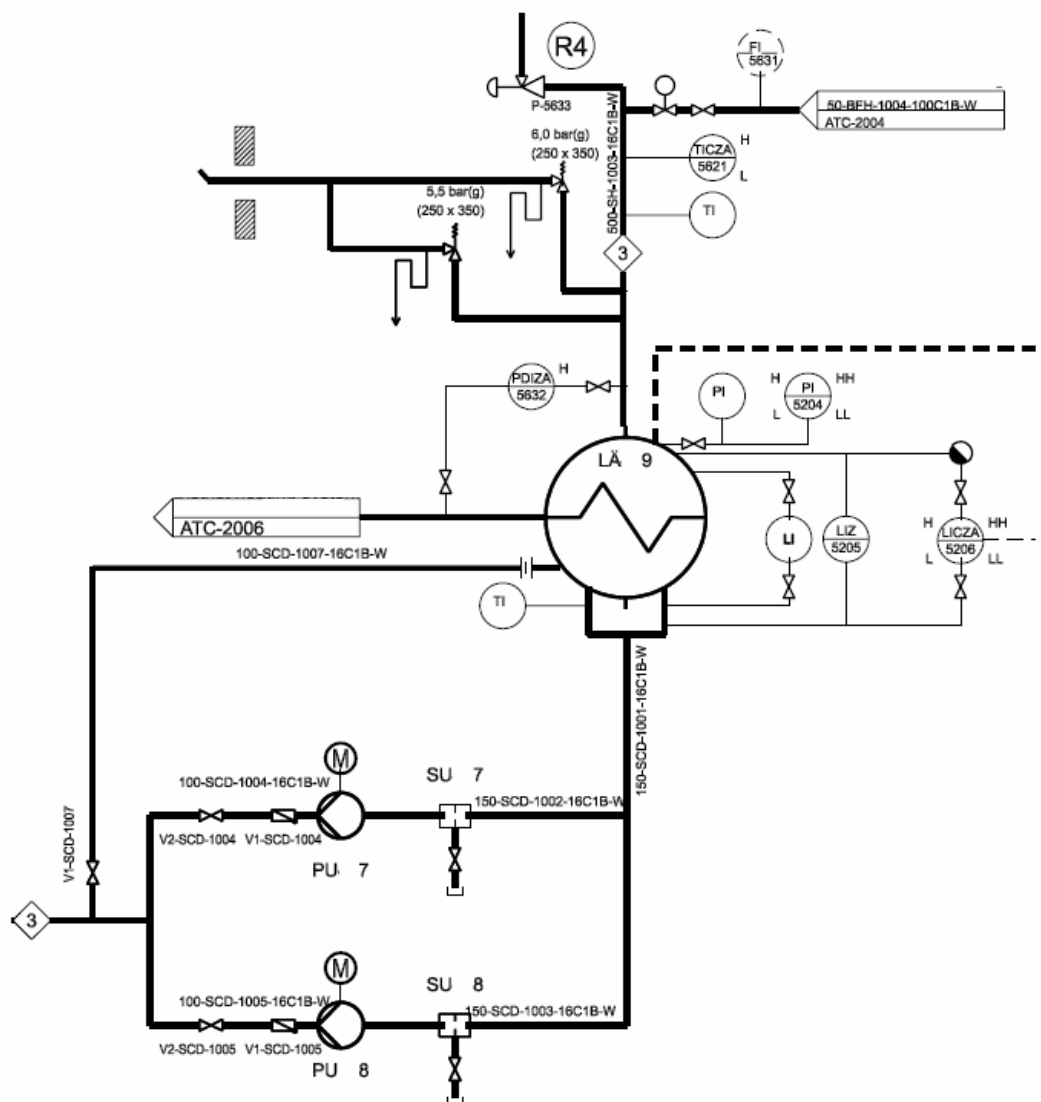
Lohkoakaaviota ei vielä kuitenkaan voida ottaa suunnittelun perustaksi, vaan on laadittava alustava virtauskaavio. Virtauskaaviosta selviävät prosessiaineelle tapahtuvat mekaaniset, kemialliset ja fysikaaliset käsittelyt. Eri systeemeistä ja prosesseista



Tapani Korhonen

laaditaan jokaisesta oma virtauskaavionsa. Kaikki prosessitoiminnot kuvataan vakiotilassa, suunnitteluolosuhteissa.

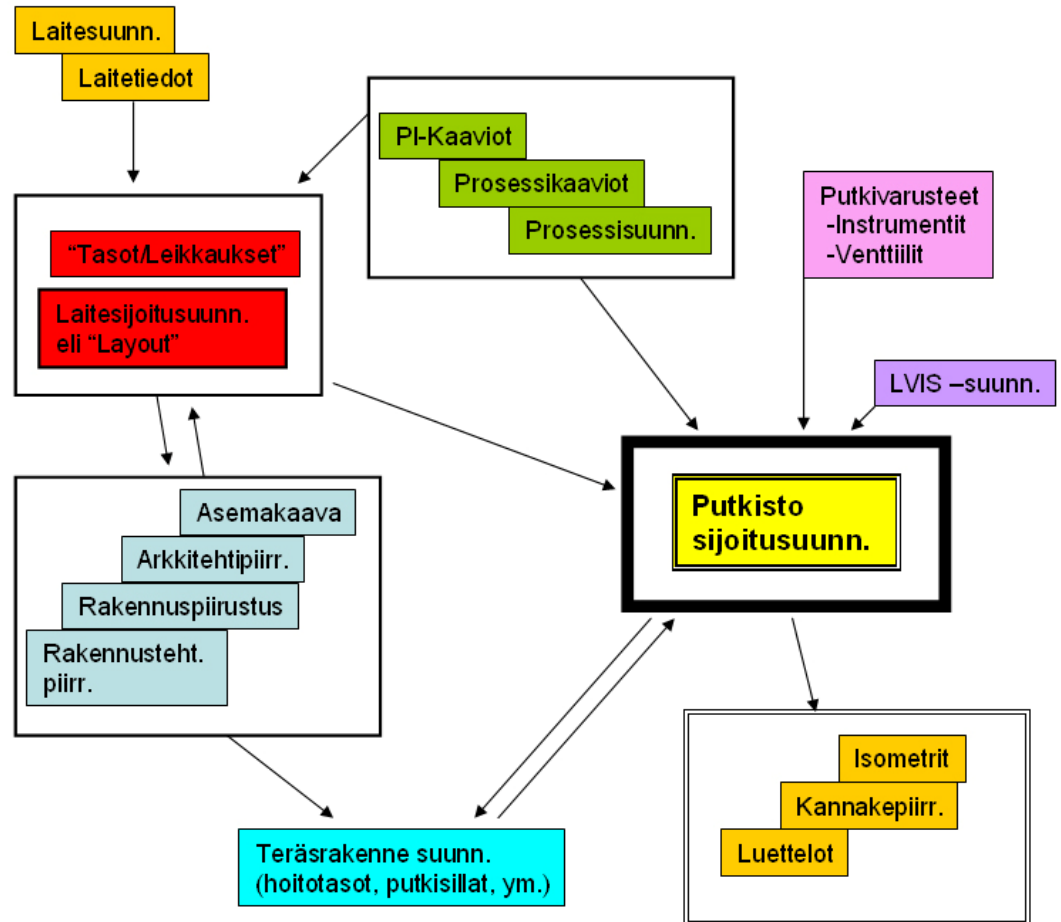
Virtauskaaviosta täydennettyä kaaviota kutsutaan putki- instrumenttikaavioksi ja (kutsutaan myöhemmin PI -kaavioksi), josta esimerkki kuvassa 1. PI-kaaviosta selviää laite- ja linjapositiot sekä linjamerkinnot, sekä tarvittavat laitetiedot. Myös automaatiotoiminnot ovat esitettyinä tässä kaaviossa. Putkistot ja putkireitit suunnitellaan yleensä PI-kaavion pohjalta. Sillä PI -kaaviosta käy hyvin ilmi minkä laitteiden välillä on oltava putkireitti. Usein PI kaaviot korjataan vielä asennuksen yhteydessä, jotta saadaan paikkansa pitävät piirustukset ja merkittyä pienimmätkin yksityiskohdat. Näin seuraavat laajennukset ja muutokset ovat helpompia suunnitella, kun kaikki aiempi suunnittelumateriaali on luotettavaa.



Kuva 1. Esimerkki PI-kaaviosta

Tapani Korhonen

Kun alustava virtauskaavio, rakennuspiirustukset ja päälaitesijoittelu on laadittu, niin voidaan aloittaa sijoitussuunnittelun tekeminen. Kaaviosta 1 nähdään putkiston sijoitussuunnittelussa käytettävät lähtötiedot ja niiden yhteydet.



**Kaavio 1.** Lähtötietokaavio /6/

Kaaviokuvassa 1 on nuolilla esitetty, kuinka eri suunnittelun osa-alueet ovat sidoksissa toisiinsa putkiston sijoitussuunnittelun kannalta. Värit taas kertovat, mitkä alueet ovat sidoksissa keskenään. LVIS-lyhenne tarkoittaa lämpö-, vesi-, ilma-, sähkösuunnittelua.

Kaavioista käykin hyvin ilmi, kuinka moneen muuhun tekijään sijoitussuunnittelu on kytköksissä, joten muutos yhdessä osiossa voi aiheuttaa mittavia suunnitelmien muutoksia myös muihin osa-alueisiin. Usein laitehankinta- ja sijoitussuunnitelmat myös elävät koko pitkän projektin ajan, joten suunnittelijoilta kysytään joustavuutta.

## 5 Putkistosuunnittelu

### 5.1 Putkistosuunnittelun perusta

Putkistosijoitussuunnittelua ei koske kovinkaan suuri kirjo erilaisia valtion määäämiä lakeja. Lait, jotka usein lähinnä tulevat kysymykseen, ovat painelaitelaki, sekä lait, jotka koskevat myrkyllisiä, palavia, räjähtäviä ja vaarallisia aineita. Suunnittelu perustuu siis sovituihin standardeihin ja lakeihin sekä paljon myös ns. terveeseen järkeen ja aiempiin kokemuksiin.

Putkisto rakennetaan pääasiassa standardiosista /1/. Näin pyritään varmistamaan osien tasainen laatu sekä tuotannon ja suunnittelun helppous. Putkistokokonaisuuden suunnitteleminen on helpompi, sillä jokaista osaa ei tarvitse suunnitella, mitoittaa ja laskea uudelleen käyttöön sopivaksi. Siltikin putkisto-osien materiaalikirjo on valtava, ja niistä on vain hyvin pieni murto-osa kuvassa 1.



**Kuva 2.** Putkiston osia /12/

Mallinnusohjelmat, kuten vaikkapa PDMS, ja niihin tallennetut tietokannat helpottavat suunnittelemista todella paljon. Tietokantoihin on tallennettu standardoitujen osien kaikki tarvittavat tiedot. Esimerkiksi haluttaessa lisätä putkeen yksi käyrä, niin muutamalla napin painalluksella putki saadaan juuri oikean kokoisena ja muotoisena asennettua tietokonemalliin. Tietokone valitsee edellisen osan kanssa sopivan käyräprofiilin, halkaisijan, materiaalin, seinämävahvuudet ym. Ja halutessaan tietokannasta voi etsiä

Tapani Korhonen

kaikki osaan liittyvät koot, materiaalit, painot, ym. spesifikaatiot ja tiedot standardinumeron perusteella.

## 5.2 Standardit ja laki

Eri projekteissa käytettävät määräykset ja standardit sovitaan projektisopimuksessa. Helpoin tapa selvittää kulloinkin käytössä olevat määräykset ja sopimukset on katsoa tiedot projektiohjeesta.

Putkiston käyttötarkoituksen mukaan putkiston on täytettävä painelaitedirektiivin eli PED:n (Pressure Equipment Directive) (97/23/EY) määrittämät suunnittelu- ja valmistusvaatimukset. Mutta siinä ei oteta kantaa laitteiston käyttöön liittyviin kysymyksiin. Yleisesti nykyisin käytetään hyvin yleisesti SFS-EN -standardia, etenkin Euroopan sisällä tapahtuvissa projekteissa. Useimmissa tapauksissa laitteiden ohella myös putkiston osat on merkittävä CE-merkinnällä määräyksien mukaisesti. /4/ Standardeja on myös, olemassa muitakin kuin SFS-EN, näistä ehkä yleisimpänä voidaan mainita ANSI -standardi. ANSI -standardia käytetään maailmanlaajuisesti ja erityisesti Yhdysvalloissa.

### **Painelaitelaki /13/**

Annettu Helsingissä 18 päivänä lokakuuta 1999

#### **Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös Painelaiteturvallisuudesta**

Kauppa- ja teollisuusministeriö on päättänyt 27 päivänä elokuuta 1999 annetun painelaitelain (869/1999) ja 10 päivänä syyskuuta 1999 painelaitelaissa tarkoitetuista tarkastuslaitoksista annetun asetuksen (890/1999) 3 §:n nojalla

### **3 Luku**

#### **Painelaitteen sijoitus**

### **6 §**

#### **Sijoituksen turvallisuus**

Painelaite on sijoitettava sekä sitä ympäröivät tilat ja rakenteet suunniteltava ja toteutettava niin, että vaurio- tai käyttöhäiriötilanteessa tapahtuva sisällön purkautuminen aiheuttaa mahdollisimman vähän vaaraa. Sijoituksen tulee lisäksi olla

Tapani Korhonen

sellaisen, että painelaitetta voidaan asianmukaisesti käyttää, tarkastaa ja pitää kunnossa.

## 7 §

### Sijoitussuunnitelman tarkastus

Painelaitteen omistajan tai haltijan on laadittava sijoitussuunnitelma seuraaville painelaitteille:

- 1) rekisteröitävä höyry- tai kuumavesikattila;
- 2) autoklaavi, jonka suurimman sallitun käyttöpaineen ja tilavuuden tulo on yli 1 000 bar · L;
- 3) höyryn tai veden siirtoputkisto, jonka suurin sallittu käyttölämpötila on yli 120 °C ja jonka nimellissuuruus on yli DN 100 sekä suurimman sallitun käyttöpaineen ja nimellissuuruuden neliön tulo on yli 10<sup>5</sup> bar · mm<sup>2</sup>;
- 4) muu painelaitte, joka sijoitetaan käyttökohteeseensa sisätiloihin, yleisötiloihin tai yleisen kulkuväylän välittömään läheisyyteen, lukuun ottamatta:
  - a) painesäiliötä, jonka suurimman sallitun käyttöpaineen ja tilavuuden tulo on enintään 10 000 bar · L;
  - b) painelaitetta, jonka sijoituksen painelaitelain (869/1999) mukaisuuden turvatekniikan keskus on suunnitelman perusteella tarkastanut kemikaalilain (744/1989) tai räjähdysvaarallisista aineista annetun lain (263/1953) nojalla annettavan luvan käsittelyn yhteydessä;
  - c) kuljetettavaa painelaitetta, jonka tai joiden yhteenkytetyin yhdistelmän tilavuus on enintään 450 L;
  - d) putkistoa, jonka sisältö kuuluu ryhmään 2 tai jonka nimellissuuruus on enintään DN 50.

Painelaitetta ei saa asentaa paikalleen ennen kuin tarkastuslaitos on tarkastanut sijoitussuunnitelman.

Sijoitussuunnitelman tarkastuksessa on todettava, onko sijoitus tehty 6 §:ssä säädetyllä tavalla. Siirrettävän painelaitteen sijoitussuunnitelmassa tulee olla yleiset periaatteet, joita noudatetaan painelaitetta eri kohteisiin sijoitettaessa.

## 8 §

### Upotustarkastus

Maalla osittain tai kokonaan peitettävää rekisteröitävää painesäiliötä ei saa peittää ennen kuin tarkastuslaitos on tehnyt painesäiliölle ja siihen liitetulle putkistolle upotustarkastuksen. Tämän päätöksen mukaista upotustarkastusta ei tarvitse tehdä, jos painesäiliöön sovelletaan kauppa- ja teollisuusministeriön nestekaasuasetuksen soveltamisesta antamaa päätöstä (344/1997).

Upotustarkastuksessa on todettava, onko painesäiliö ja siihen liitetty putkisto riittävästi suojattu, vaarantaako maaperän epätasaisuus tai liikkeet painelaitteen turvallisuutta ja onko käytettävä maa-aines peittämiseen sopivaa.

## 6 Putkiston sijoitussuunnittelu

### 6.1 Pääperiaatteet

Laitteisto tulisi sijoittaa siten, että putkistojen kokonaismäärä (pituus) jäisi mahdollisimman pieneksi kokonaiskäyttö- ja -investointikustannusten kannalta. Tähän on paneuduttava, etenkin jos putkisto muodostaa suuren osan laitoksen kokonaiskustannuksista. Putkistoille tulisi myös suunnitella ennakkoon erillisiä putkireittejä, joille putkistot pyritään keskittämään.

Hieman tapauksesta riippuen putkireiteille tulisi jättää myös laajennusvaraa. Yleisesti laajennusvaraa olisi hyvä jättää noin viidennes putkien määrästä. Mutta hankalammin laajennettavissa kohteissa, kuten vaikkapa putkisilloissa ja maanalaisissa tunneleissa, olisi hyvä jättää jopa kolmannes laajennusvaraa. On myös järkevää sijoittaa erisuuntaiset putkireitit eri korkeuksille, niin vältetään turhilta mutkilta linjojen kohdatessa. Näin myös myöhempien putkien lisäys on helpompaa. Yhdensuuntaisia putkia ei kuitenkaan kannata sijoittaa suurta määrää lähemmäs toisiaan, sillä se vaikeuttaa huomattavasti korjaus-, huolto- ja laajennustöitä.

Putkisto ja sen osat tulee sijoittaa siten, että ne eivät aiheuta haittaa muulle prosessin toiminnalle tai ihmisten liikkumiselle. Se on oltava myös turvallinen sekä ihmisille että ympäristölle jokapäiväisessä käytössä, ja myös erilaisten vaaratilanteiden sattuessa jopa vuosikymmenien ajan. Prosessi- ym. laitokset voivat sisältää useita eri kemikaaleja jotka ovat yksinään harmittomia, mutta niiden joutuessa tekemisiin väärän aineen kanssa voi syntyä vaarallisia kemiallisia reaktioita, joten tämä on muistettava suunnittelussa. Sähkö voi olla myös yksi vaaratilanteen aiheuttaja joten sähkö- ja putkistosuunnittelijan olisi hyvä käydä suunnitelmat ja sijoittelut läpi yhdessä. Vaara- tai vikatilanteiden varalta on vaikutusalueen oltava rajattavissa. Tämä voidaan toteuttaa esim. erilaisilla sulkuventtiileillä ja/tai osastoimalla alueita. Huomiota on kiinnitettävä myös suojaukseen korroosiota ja yllämpötiloja vastaan.

Tapani Korhonen

**Putkistolle ja sen osille on laadittava sijoitussuunnitelma seuraavaksi mainituissa tapauksissa. /8/**

1. Mikäli siirtoputkisto sisältää höyryä tai vettä, joka on yli 120 °C lämpötilassa ja putken nimellissuuruus ylittää DN 100, sekä lisäksi suurimman sallitun käyttöpaineen ja nimellissuuruuden neliön tulo ylittää  $10^5 \text{ bar} \cdot \text{mm}^2$ .
2. Jos jokin muu painelaite sijoitetaan sisä-/yleisötiloihin tai muuten yleisen kulkuväylän läheisyyteen. Tämä ei kuitenkaan koske painesäiliötä, jonka käyttöpaineen ja tilavuuden tulo on enintään  $10 \text{ bar} \cdot \text{L}$ .
3. Mikäli painelaite on kuljetettava ja sen laitteiden tai niiden yhteen kytketyn yhdistelmän tilavuus on korkeintaan 450 litraa.
4. Jos putkiston koko on alle DN50 tai se kuuluu turvallisuusriskiluokkaan 2 tai sitä suurempaan.
5. Jos painelaite on tarkastettu suunnitelman perusteella Turvatekniikan keskuksen (TUKES) toimesta, ja että laite on sijoitettu painelaitelain mukaan, täyttäen mahdollisesti tarvittavat kemikaaleista ja räjähdysvaarallisista aineista annetut lait.

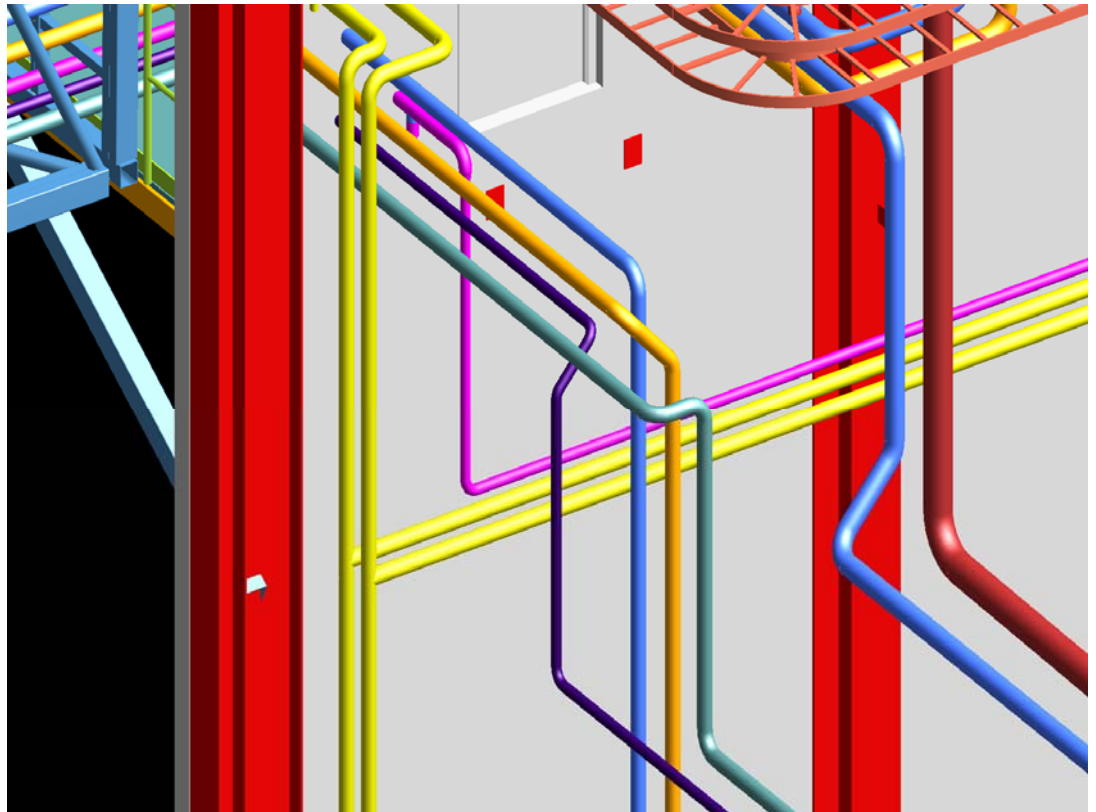
Sijoitussuunnitelman laatii laitteiston omistaja tai haltija. Painelaitetta ei saa asentaa paikalleen, ennen kuin tarkastuslaitos on hyväksynyt sijoitussuunnitelman.

## **6.2 Oleellista huomioitavaa**

Putkikäyrien ja -haarojen sijoitteluun kannattaa kiinnittää erityistä huomiota putkiston kustannusten takia. Toisaalta putkiston käyrät ovat oleellisen tärkeitä putkiston joustavuuden kannalta, huom. erityisesti kuumat putket. Putkikäyrät ja -haarat ovat hankintahinnaltaan huomattavasti paljon kalliimpia kuin itse suoraputki ja lisäksi useiden mutkien sijoittaminen tuo lisää virtausvastusta putkistoon. Näin osa pumppujen tehosta hukkuu mutkaosuuksien vastusten voittamiseen ja ylimääräistä energiaa vuosikymmenien ajan. Muutaman watin kulutus voi olla mittava summa rahaa, kun laitos on käynnissä lähes taukoamatta useita vuosia. Ja jos putkistossa on paljon ylimääräistä vastusta, voidaan joutua investoimaan suurempiin pumppuihin.

Tapani Korhonen

Putkikäyrät ovat yleisesti valmiina 90° kulmassa ja näistä käyristä putkistot pyritään pääasiassa suunnittelemaan. On kuitenkin tilanteita jolloin 90° mutka ei ole mahdollinen tai järkevä sijoitus. Tällöin on järkevää pyrkiä suunnittelemaan putkien käyrät esim. 30°, 45°, 60° jaolla, jolloin putkien leikkaaminen asennusvaiheessa on helppoa ja ylimääräinen osa voidaan mahdollisesti käyttää toisaalla putkistossa. Kuvassa 3 on esimerkki tällaisista käyristä.



**Kuva 3.** Putkien käyriä

Suunnittelua tehtäessä tulisi epämääräisiä avaruuskulmia välttää. Tällaisella tarkoitetaan kulmaa, jolloin putki ei taivu vain yhteen suuntaan kuten vaikkapa vaakasuoraputkeen liitetään käyrä joka on 42° alaspäin ja kierretään 33° sivuun josta seuraava putki taas jatkuu. Etenkään tämän tyyppisiä käyriä ei saa olla useita. Tällaiset käyrät on helppo tehdä tietokoneella mallintaen, mutta se on hyvin hankala asentaa itse laitoksella mittausteknisistä syistä johtuen. Myös rasitukset ovat hankalampia laskea tällaisista konstruktioista.



### 6.3 Putken osien sijoittaminen

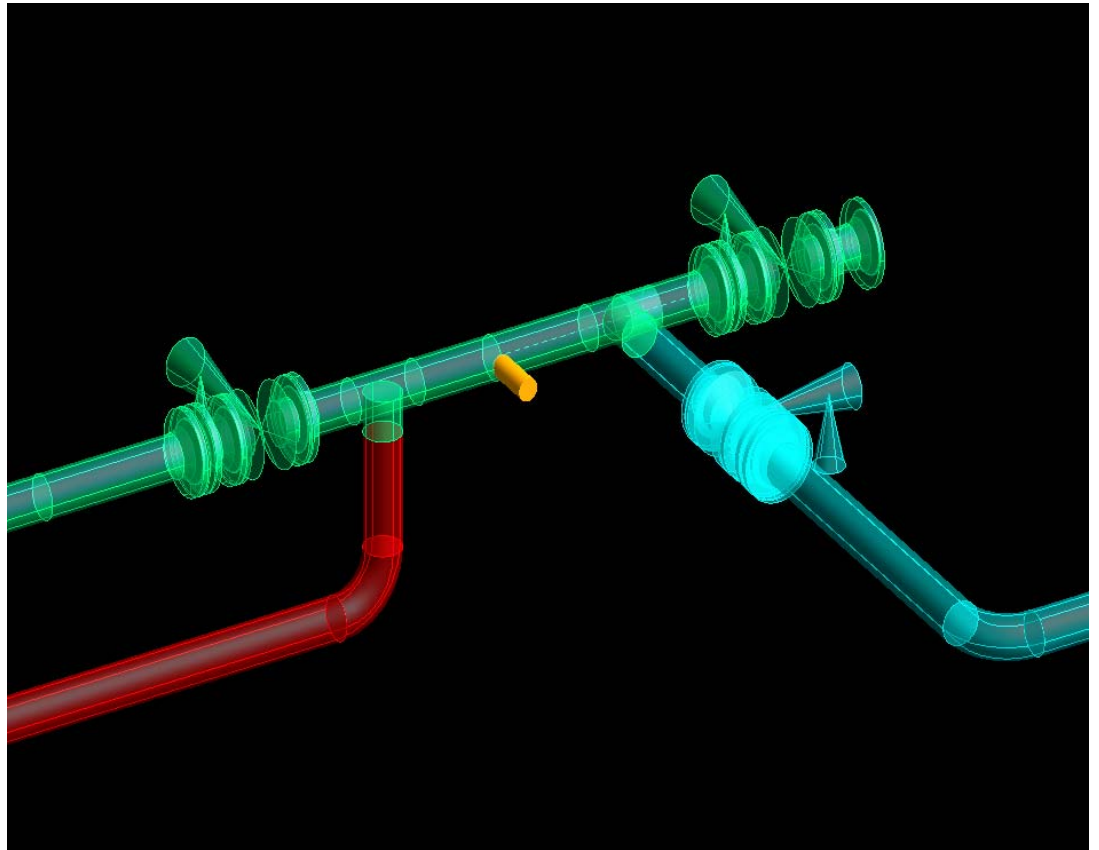
Putken osilla tässä tarkoitetaan erilaisia mutkia, laippoja, tiivisteitä, kartioita yms. jotka muodostavat itse putken "staattisen osion" jossa ei tapahdu prosesseja, vain aineiden siirtymistä, eri prosessilaitteiden välillä.

Samaan putkeen liittyvien osien on yleisesti kuuluttava samaan paineluokkaan. On huomioitava etenkin laipallisissa yhteissä, että käytössä on samanmallinen laippa tiivisteiden molemmilla puolilla jotta varmistetaan putkiston turvallisuus ja osien sopivuus. Myös tiivisteet on oltava laippoihin ja paineluokkaan sopivia. Tämä on erityisen tärkeää jo mallinnusvaiheessa, mikäli materiaalilaukset tehdään mallin mukaisesti.

Osien sijoittamisessa on tärkeää, että putkeen ei sijoiteta useita standardimittaisia osia peräkkäin, sillä työvaraa ei jää, ja asennus voi olla hankalaa. Joskus osat/laitteet voivat poiketa standardin tai valmistajan antamista mitoista /10/. Ja jos jokin osista muuttuu projektin kuluessa niin loput osat eivät enää olekaan suunnitellulla paikalla. Siksi osioissa joissa on useita laitteita tai osia peräkkäin, tulee jättää hieman suoraa putkiosuutta, jotta saadaan riittävä työskentelyvara. Mutta on kuitenkin vältettävä suunnittelemasta runsaasti todella lyhyitä putkiosuuksia (noin alle 50 mm), sillä tällaiset ovat hieman hankalia katkaista asennusvaiheessa.

Jos putken päähän laitetaan laippa jota seuraa heti mutka- tai haaraosa, joiden päällä eristys, on ne syytä sijoittaa tarpeeksi etäälle toisistaan. Silloin laippaliitos voidaan tarvittaessa avata käyrän eristettä rikkomatta. Voidaan pitää hyvänä nyrkkisääntönä, että jos eristepaksuus on esim. 100 mm, niin laipan jälkeinen mutka tulee sijoittaa vähintään 100 millimetrin päähän laipasta. /2/

Asiaa selvittää kuva 4 joka esittää höyryputkea johon tulee lämpöeristys.



**Kuva 4.** Putken osien liitoksia

Suunnittelussa tulisi suosia hitsattavia putkiston osia ja liitoksia, jos se on vain mahdollista ja suotavaa, sillä laippaliitos on huoltokohde /10/. 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. Tämä on joskus hankala toteuttaa, mutta hyvä putkistosuunnittelija ottaa asian huomioon sijoittelua tehdessään. Osa putkista voidaan myös esivalmistaa, jolloin osa hitsauksista tehdään irrallaan ja loput vasta asennuspaikalla.

## 6.4 Höyryputket

### Yleistä

Höyryputkella tarkoitetaan putkea joka sisältää yli 110 °C lämpötilassa olevaa vettä tai vesihöyryä. Näiden putkien höyryputkiston suunnittelulämpötila voi olla useita satoja asteita, joten lämpöliikkeet ovat suuria ja paksut putkistot voivat aiheuttaa suuria rasituksia pidentyessään. Siksi höyryputkien suunnittelussa on otettava huomioon erityisesti lämpöliikkeet ja niiden hallittavuus. Sillä hallitsemattomat lämpöliikkeet voivat vahingoittaa rakenteita tai itse putkistoa. Asiasta kerrotaan lisää luvussa 7.8 Kannakkeet

### Höyryputkiston varoventtiilit

Höyryputkistojen varoventtiilit ovat hyvin tärkeitä turvalisälaitteita joten niiden suunnitteluun on tehtävä huolella. Höyryvaroventtiilin auetessa siihen voi kohdistua hyvinkin suuri reaktivoima, joten venttiili on tuettava huolellisesti. Venttiilistä on höyry johdettava edelleen turvallisesti ulos, tämä tapahtuu yleensä erillisellä putkella, joka viedään seinän tai katon läpi ulos. Ulosvirtausputki ja varoventtiilin tuloputki tulisi suunnitella siten että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän virtausvastusta, jotta venttiili ei hakkautuisi. On myös huomioitava, että ulosvirtaus putkessa tapahtuu myös lämpö pitenemistä purkauksen aikana. Ulospuhallusputki on myös tuettava huolellisesti sillä reaktivoimat kohdistuvat myös sinne. Reaktivoimia voidaan pienentää jakamalla höyrysuihkut vastakkaisiin suuntiin, jolloin voimat kumoavat toisensa. Suihku tulee myös suunnata siten, että se ei sotke tai vaurioita lähellä olevia rakenteita. Purkauksen tapahtuessa höyry lauhtuu nopeasti nesteeksi, joten se sataa alas pian purkausputkesta ulkoilmaan päästessään, mikä on otettava huomioon. /6/

Ulospuhallusputket tulee myös varustaa lauhteen poistolla, jottei vesi jää putkeen ja aiheuta mm. korroosiota tai jäädy talvella.

## 6.5 Lauhdeputkistojen suunnittelu

### Yleistä

Lauhteenpoistimia sijoitetaan kaasua sisältäviin putkiston osiin, joten niitä on sijoitettuna mm. höyry- sekä paineilmaputkiin. Lauhdeputkistoihin kertyy usein nestettä kaasun tiivistyessä, ja tämän nesteen on oltava poistettavissa järjestelmästä. On tärkeää, ettei mihinkään lauhdeputkiston osaan jää nestekertymiä, sillä kaasuvirtaus voi

Tapani Korhonen

kuljettaa sen seuraavaan toimilaitteeseen tai putkimutkaan suurella nopeudella, jolloin laite/kannake voi rikkoontua kovasta paineiskusta.

### **Lauhteenpoisto**

Lauhteenpoistinten on oltava helposti lähestyttävissä ja näkyvässä paikassa sillä niiden toimintaa joudutaan tarkastamaan prosessin käynnistyksen yhteydessä ja tietysti myöhemmin käytössä. Poistimen tai pikemminkin purkausputken on oltava hyvin näkyvillä, jotta käyttäjä voi selvästi nähdä, milloin neste on poistunut kokonaan putkistosta.

Poistin tulee sijoittaa putken sivuhaaraan, jottei poistimeen joudu roskia jotka tukkivat poistimen. Isompiin putkiin sekä jakotukkeihin onkin viisasta sijoittaa erillinen lianerotin. Tällöin poistimet eivät tukkeudu helposti, ja ylimääräiset partikkelit voidaan poistaa järjestelmästä. Jos samaan jakotukkiin tulee useita eripaineisia yhteitä, tulee kiinnittää huomiota yhteiden keskinäiseen tulojärjestykseen. Näin lauhde saadaan poistumaan oikein järjestelmästä.

Matalapaineisissa höyryputkissa poistimen toiminnan ja sijoituksen suunnittelu on merkittävämpi, koska putkiston paine ei välttämättä jaksaa työntää kaikkea lauhdetta poistimeen /6/.

## **7 Putkivarusteiden sijoittaminen**

Painelaitedirektiivin mukaan painelaitteisiin kuuluvat myös paineastian varolaitteet ja paineenalaiset lisälaitteet. Paineenalaisilla lisälaitteilla” tarkoitetaan toiminnallisia laitteita, joiden päällys on paineenalainen. Määrittely on hieman epäselvä, mutta käytännössä tämä tarkoittaa esim. putkiston venttiileitä ja paljetasaimia. /4/

Putkivarusteet tulisi sijoittaa, niin että ne eivät aiheuta kohtuutonta työntö-, paino-, värinä- tms. rasitusta muihin primäärirakenteisiin kuten esimerkiksi pumppujen ja säiliöiden yhteisiin. Laittevalmistajan on hankala ottaa tapauskohtaisesti erilaisia ulkoisia rasituksia huomioon. Tällaisia ovat esimerkiksi putkistossa tapahtuvat värinät ja paineiskut tai laitteen läheisyyteen sijoitettavat painavat venttiilikokonaisuudet yms. Pääsääntöisesti putkiston ja sen osien kiinnitys laitteisiin tulisi hoitaa siten, että putkisto ei juuri aiheuta minkäänlaisia rasituksia itse laitteeseen.

Venttiilejä ja muita osia joudutaan joskus vaihtamaan ja huoltamaan, joten putkistojen ja laitteiden kannatukset on mitoitettava siten, että ne kestävät myös venttiilin irrottamisen.

Tapani Korhonen

Tämä on myös otettava huomioon suunnittelussa, ja siksi putkiston kannakkeita ei kannata viedä liian kauas itse venttiilistä.

### 7.1 Venttiilit



**Kuva 5.** Erilaisia säätöventtiileitä /14/

Kuvassa 5 on esiteltyä muutamia erilaisia säätöventtiileitä. Putkistojen venttiilien määrä vaihtelee prosessilaitoksen koosta ja tyypistä riippuen, mutta yleensä muutamista kymmenistä useisiin satoihin, jopa tuhansiin. Pääsääntöisesti venttiilit ovat huoltokohteita, joten niiden tulisi olla helposti sijoitettuna. Tämä tarkoittaa, että venttiilille tulisi normaalimittaisen henkilön päästä käsiksi ilman apuvälineitä kuten tikkaita, henkilönostimia tms.. Käytännössä tämä tarkoittaa maksimissaan noin 1800 mm lattian tasosta, mutta noin 1000... 1300 mm on huomattavasti miellyttävämpi korkeus. Tämä etenkin manuaaliventtiileissä, sillä venttiilin käyttäminen "kurkottelemalla" on erittäin hankalaa ja tapaturma-altista.

Tärkeää huomioitavaa on myös, että venttiiliä ei sijoitettaisi aivan kulkuväylän ja etenkin ajoneuvokäytävän välittömään läheisyyteen. Nimittäin venttiilin kara sekä siihen kiinnittyvä kahva/kääntöpyörä tai moottori on ulkoneva osa muusta putkistosta. Tällainen ulkoneva osa voi tarttua esim. ohi ajavan ajoneuvon rakenteisiin. Tällainen törmäys voi aiheuttaa mittavat vahingot, sekä ajoneuvolle että putkistolle.

Suurempien vahinkojen ja tapaturmien ennakoinniseksi venttiili tulee pyrkiä sijoittamaan näkyvälle paikalle. Esimerkiksi venttiilin hieman vikaantuessa ja mahdollisesti alkaessa vuotaa se on helpompi havaita, ennen kuin vikaantuminen aiheuttaa mittavampia vahinkoja. Kun virhe on havaittavissa ajoissa, voidaan henkilö-, ympäristö- tai muut prosessin virhetoiminnan mahdollisesti aiheuttamat vahingot ehkäistä jo ennakoita.

Tapani Korhonen

Venttiilit voidaan asentaa niin vaaka- kuin pystyputkiinkin, mutta mikäli putki sisältää sakkautuvaa tai kerrostuvaa ainetta, venttiili tulee sijoittaa pystyputkeen, sen oikean toiminnan varmistamiseksi. Toimilaite tulisi sijoittaa ensisijaisesti yläpuolelle pystyasentoon. Jotkin toimilaitteet voidaan myös sijoittaa vaakaan, mutta niitä ei tulisi sijoittaa koskaan alapuolelle. Myös venttiilin asennonilmaisimen tulisi olla helposti luettavissa. Venttiilikaran ympärillä tulisi olla riittävästi tilaa, jotta venttiili on mahdollista myös purkaa ja huoltaa ilman, että se irrotetaan kokonaan putkesta.

Venttiili aiheuttaa kovasti pyörteilyä virtaukseen ollessaan muussa kuin auki- tai kiinni-asennossa. Siksi sen läheisyyteen ei tule sijoittaa mittalaitteita, joiden tarkkuutta ja toimintaa pyörteily voisi haitata. Sijoitettaessa säätöventtiiliä höyry- tai kaasuputkistoon tulisi myös sen aiheuttama melu huomioida, ettei sitä suotta asenneta haitalliseen paikkaan. /9/

## 7.2 Instrumentit

Seuraavaksi käydään läpi yleisimpiä instrumentteja ja niiden sijoittamiseen liittyviä seikkoja. Tarvittaessa tarkempaa tietoa instrumenttien sijoittamisesta löytyy standardista SFS 5059 Instrumentointi – Instrumenttien sijoittaminen prosessiin /5/ sekä valmistajien ohjeista.

### 7.2.1 Analyysimittauslaitteet

Analyysimittauslaitteita ovat esim. pH, redox- tai johtokyky mittauslaitteet. Yleensä laitevalmistaja toimittaa yhteen, joka on usein jonkin standardin mukainen (yleensä DIN, ASA, ANSI tms.). Hieman valmistajasta ja valmistusmaasta riippuen, mukana seuraa usein myös asennusventtiili, jotta laite olisi helpompi huoltaa.

Anturi pyritään sijoittamaan paikkaan, jossa se ei altistu erilaisille mekaanisille rasituksille kuten tärinä tai jatkuva jännitys. Anturi täytyy myös suojata paineiskuilta, esim. suojataskulla. Anturin sijoituksessa on myös huomioitava, että anturi saa hyvän näytteen mitattavasta aineesta. Sitä ei ole hyvä sijoittaa esim. putken alareunaan ja vielä metallipinnan alapuolelle, sillä putken pohjalla voi liikkua epäpuhtauksia ja anturin läheisyydessä oleva epätasaisuus voi kerätä saostumat kerrostumaksi anturin päälle, haitaten mittausta. Esimerkiksi laitteen asennusohjeista/-piirroksista voidaan tarkastaa, kuinka anturi tulisi sijoittaa edustavan näytteen saamiseksi.

Tapani Korhonen

Mikäli laitetoimittaja ei toimita asennusventtiiliä laitteen mukana, eikä prosessia voida pysäyttää huollon ajaksi, on putkeen asennettava ohikierto. Tällöin venttiili voidaan irrottaa tai purkaa huollon ajaksi, ilman että putken sisältämä aine vuotaa hallitsemattomasti ulos anturin asennusreiästä. Nämä anturit tarvitsevat hyvin usein vettä, höyryä tai paineilmaa toimiakseen, joten näille on myös varattava sijoitustilaa laitteen lähetyville.

### 7.2.2 Sakeusmittalaitteet

Sakeusmittalaitteet ovat toiminnaltaan joko optisia, mekaanisia tai mikroaaltotekniikkaan perustuvia. Tyypillisesti asennus tapahtuu hitsaamalla.

**Pyörivätyyppinen** mekaaninen mittalaite on sijoitettava kohtaan, jossa aine virtaa mahdollisimman pyörteettömästi ja laminaarisesti. Siksi anturin tulopuolella tulisi olla 3 – 5 kertaa putken halkaisijan verran suoraa putkea ja vastaavasti jättöpuolella ainakin 1 – 3 kertaa putken halkaisija, jotta virtaus ehtii suoristua. Putken on oltava täynnä nestettä ja sen yhteyteen on mahdollistettava näytteenottopiste siten että se ei häiritse mittausta. Putkikoko ja virtausnopeus on sovittava anturin toiminta-alueelle sopivaksi, jotta saadaan luotettava tulos.

**Veitsityypistä** mekaanista mittalaitetta sijoitettaessa on otettava huomioon samoja seikkoja kuin pyörivätyyppisessäkin. Kuitenkin tuloputken pituuden tulisi olla 10 - 12 kertaa halkaisija ja jättöpuolella noin 6 kertaa putken halkaisija. Anturi sijoitetaan vaakaputkessa joko putken sivulle tai päälle. Jos mittaus sijoitetaan pystyputkeen, se on sijoitettava nousevaan virtaukseen. Anturin yhteyteen on sijoitettava suojaevät sekä tulo- että jättöpuolelle, sillä mahdollisesti virtauksen mukana kulkevat massapaakut voivat vahingoittaa anturia.

### 7.2.3 Näytteenottimet

Massaputket varustetaan usein näytteenottimilla (yksi malli esitetty kuvassa 6). Näytteen ottimet ovat joko manuaalisia tai toimilaitteellisia, ja ne asennetaan toimittajakohtaiseen hitsattavaan putkiyhteeseen. Näytteen laadun kannalta sen sijoittamiseen tulee kiinnittää huomiota ja näyte on saatettava turvalliseen paikkaan. Jos näyte kerätään käsin paikan päällä, ottopisteen tulee olla työskentelykorkeudella, ja paikalla tulisi olla myös viemäri sekä huuhteluvettä.



**Kuva 6.** Näytteen otin (14)

#### 7.2.4 Tiheys-, virtaus- ja konsentraatiomittarit

##### Refraktiometri

Refraktometriä sijoitettaessa on putkiston värinä minimoitava ja anturi on sijoitettava siten että virtaus on riittävä pitämään prisman puhtaana. Refraktiometri tarvitsee usein höyry- tai vesipuhdistuksen.

**Tiheys- ja massavirtausmittarit** (katso kuva 7) tulee sijoittaa kauaksi muuntajista ja moottoreista. Putkistoihin asennetaan kaksinkertaiset tuennat jotta värähtelyt saadaan minimoitua. Suuremmat anturit voidaan asentaa suoraan putkistoon, mutta pienemmät asennetaan erilliselle värinättömälle alustalle. Nestettä mitattaessa huolehditaan siitä, ettei anturin lähettyville pääse muodostumaan ilmataskuja, ja anturin tulee olla täynnä nestettä. Mitattaessa kaasuja vastaavasti huolehditaan, ettei kondenssineste pääse häiritsemään mittausta. On suositeltavaa asentaa nämä anturit ylösvirtaavaan pystyputkeen.



**Kuva 7.** Massavirtamittari (14)

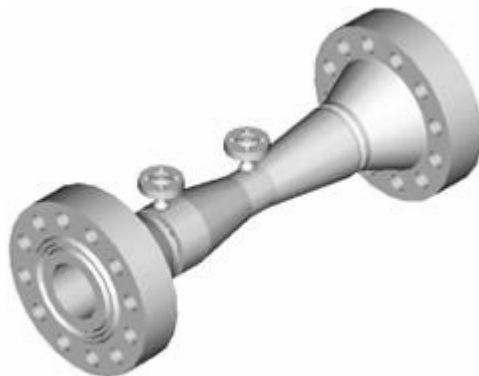


**Kuristuselin**

Kuristuselimien käyttö virtausmittaukseen on vähenemässä, mutta mikäli niitä päädytään käyttämään, niin on otettava huomioon seuraavia seikkoja:

- Elin on laipallinen tai se asennetaan laippojen väliin.
- Nestevirtausta mitattaessa nesteessä ei saa olla vaahtoa tai muuten kaasua.
- Höyryputkistoon asennettaessa on oltava myös lauhteenpoisto vesi-iskujen varalta.
- Asennetaan joko vaakaan tai ylös virtaavaan putkeen.
- Häiriötöntä putkiosuutta tulisi olla tulopuolella vähintään kymmenen (10) kertaa putken halkaisija, ja vastaavasti jättöpuolella viisi (5) kertaa putken halkaisija.
- Kuristus elimen ja paine-erolähettimen välinen impulssiputkitus suunnitellaan niin lyhyeksi kuin mahdollista.
- Putkisto on suunniteltava kestämään myös kuristuselimen irrotus. Huomaa myös, että lauhdeastia tai impulssiputkitus voi vaatia tilaa.

Yksi kuristuselinmalli on venturiputki, joka on esitetty kuvassa 8.



**Kuva 8.** Venturiputki (14)

Tapani Korhonen

**Magneettinen virtausmittaus**

Magneettinen virtausmittaus on yleisimmin käytetty mittausperiaate virtausmittauksista. Kuitenkin sillä rajoituksella, että mittaus on mahdollista vain sähköä johtavilla nesteillä. Anturi (kuva 9.) on sijoitettava siten että se on aina täynnä nestettä, myös satunnaisten seisokkien sattuessa. Anturiin ei saa päästä myöskään vaahtoa tai ilmakuplia. Häiriöttömien putkiosuukien mitat ovat viisi (5) kertaa putken halkaisija tulopuolella ja vastaavasti kolme (3) kertaa halkaisija jättöpuolella. Vuorattuja antureita ei saa sijoittaa paikkaan missä on tai saattaa olla alipainetta. Anturi on myös tarvittaessa varustettava ohituksella. Jos putki on ei-johtavaa materiaalia asennetaan putkistoon maadoitusrenkaat. Mekaaniselle rasitukselle alttiiksi joutuviin antureihin asennetaan suojakaulus.



**Kuva 9.** Magneettinen mittari (14)

**Pyörrevanamittari (vortex)**

Virtausmittaus pyörrevanamittarilla on ns. vortex –mittaus. Sitä käytetään nesteille, höyryille ja kaasuille. Mittari sijoitetaan ennen osittain sulkeutuvia venttiileitä. Kuten edellä, mittarin on oltava täynnä nestettä ilman kaasumuodostumia. Sijoitus pysty- tai vaakaputkeen ja sellaiseen paikkaan, jossa ei esiinny virtausrykettä tai putkistovärähtelyä. Mikäli anturi asennetaan höyryputkistoon, niin tulee putkeen sijoittaa myös lauhteen poisto, vesi-iskujen välttämiseksi. Häiriötön putkiosuus tulopuolella 15 kertaa putken halkaisija ja jättöpuolella viisi (5) kertaa putken halkaisija.

Tapani Korhonen

**Rotametri (muuttuvan aukon mittarit)**

Rotametrillä (kuva 10) tapahtuva virtausmittaus perustuu painovoimaan, ja näin ollen sen ainut sijoitus on pystyputkeen, virtaussuunnan ollen ylöspäin. Mittausta käytetään neste- ja kaasuvirtausten mittaamiseen. Sijoituksessa on otettava huomioon seuraavia seikkoja.

- Putken ja mittarin on oltava tarkasti pystyasennossa.
- Ennen mittaria tulee olla vähintään 300 millimetriä suoraa putkiosuutta.
- Putkistossa ei saa esiintyä virtauskykettä, paineiskuja tai putkistovärinöitä.



**Kuva 10.** Rotametri (9).

**7.3 Lämpötilamittaus**

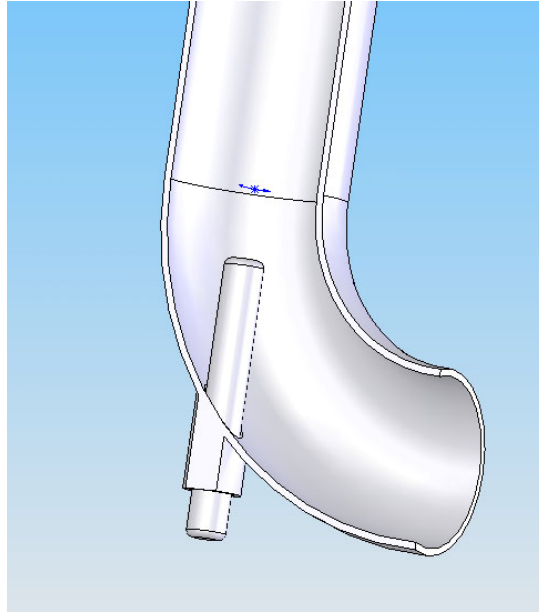
Yleensä lämpömittarit asennetaan erilliseen kierrelitännäiseen tai sitten hitsattavaan suojaputkeen. Lämpötilamittaukseen käytetään usein vastusantureita ja erilaisia termoelementtejä. Paikalliset anturit ovat yleensä bi-metallimittareita. /9/

Kun anturia sijoitetaan, on huomioitava seuraavaa. Anturi vaatii asennustilaa noin 1,2 kertaa anturin pituuden verran. Anturia ei tule sijoittaa lähelle erilaisia jäähdytys- ja lämmityselementtejä, luotettavan tuloksen saamiseksi. Anturi tulee sijoittaa suurimman virtausnopeuden alueelle ja sen mittaussyde tulee eristää. Riippuen aineen virtausnopeudesta ja sen aiheuttamasta mekaanisesta rasituksesta anturi asennetaan joko myötä- tai vastavirtaan 45° kulmassa. Jos virtaavan aineen tiheys on suuri tai virtausnopeus on kova, anturi tulee sijoittaa myötävirtaan. Näin anturiin kohdistuvaa rasitusta saadaan vähennettyä. Mutta normaalisti anturi sijoitetaan kuitenkin vastavirtaan. Paikallinen lämpötila-anturi on sijoitettava siten, että se on helposti luettavissa.

Tapani Korhonen

Anturin sijoittamista kohtisuoraan virtausta vastaan tulisi välttää, sillä anturin taakse syntyvä pyörteily voi aiheuttaa anturissa värähtelyä, joka myöhemmin rikkoo anturin.

Jos putkiston nimelliskoko on DN50 tai sitä pienempi, on anturi sijoitettava putkikäyrään tai laajennukseen. Kuvassa 11 on esitetty kuinka anturi tulee sijoittaa putkikäyrään, virtauksen ollessa ylhäältä alas.



**Kuva 11.** Lämpöanturin sijoittaminen putkikäyrään

#### 7.4 Painemittaus

Painelähetin sijoitetaan yleensä hitsattavaan yhteeseen, joka on kokoa R1/2 tuumaa tai R1 tuuma. Jos putki sisältää kiteytyvää tai hyvin syövyttävää ainetta tai aine on hyvin sakkautuvaa, käytetään erillistä paineenvälittimellä varustettua yhdettä. Myös jos anturi on käytössä hyvää hygieniavaativissa olosuhteissa, kuten lääke- ja ruoka-ainetehtaissa, on välittimellä varustettu malli yleisesti käytetty. Painevälitin ja lähetin asennetaan usein tällöin laippayhteeseen.

Painelähetin tulee sijoittaa hitaimman virtausnopeuden alueelle, ja yhde tulee sijoittaa joko sivulle tai yläpuolelle putkea. Yhde on myös varustettava sulkuventtiilillä, joka on helposti luokse päästävissä. Paikallinen painemittari sijoitetaan paikkaan, missä se on helposti luettavissa. Putkisto on tuettava siten, että sen värinä on minimoitu. Häiriötöntä putkiosuutta tulee jättää tulopuolelle ennen anturia 5 – 10 kertaa putken halkaisija, ja jättöpuolelle jätetään 2 – 5 kertaa putken halkaisija.

Tapani Korhonen

### **Pintamittaus (hydrostaattinen)**

Pintamittausta käytetään mm. erilaisissa säiliöissä. Mittaus perustuu nestepatsaan aiheuttamaan hydrostaattiseen paineeseen, joten paineanturi sijoitetaan säiliön pohjaan tai säiliön alaosaan. Anturi tulee sijoittaa paikkaan, jossa ei ole dynaamisia häiriöitä. Tyypillisiä häiriönaiheuttajia voivat olla esim. imu- tai tuloysteet sekä sekoittimet. Eikä anturiin saa kohdistua muitakaan mekaanisia rasituksia. Mikäli aine on sakkautuvaa tai kiintoainepitoista, tulee yhde sijoittaa seinämälle. Anturin läheisyyteen on jätettävä tilaa huoltotoimia varten.

## **7.5 Varolaitteet**

Varolaitteilla tarkoitetaan putkistoon ja muihin painelaitteisiin, kuten säiliöihin liitettäviä laitteita, jotka on suunniteltu suojaamaan laitteistoa liian suurilta yli- ja alipaineilta. Samalla laitteet tietyksi suojaavat myös ympäristöä ja ihmisiä, sillä paineen hallitsematon purkautuminen tai laitteen sirpaloituminen voi aiheuttaa hengenvaaran. Huuhtelu- ja paineenpoistoputket on sijoitettava niin, että purkautuva kaasu voidaan johtaa turvallisesti ulkoilmaan.

### **7.5.1 Liekinestin**

Liekinestimiä tarvitaan paikoissa, missä helposti syttyviä kaasuja - kuten esim. hajukaasu ja hönkäkaasu - kuljetetaan putkistoissa. Jos sekä kaasu, ilma että kipinä esiintyvät samanaikaisesti, räjähdys on todennäköinen, ja räjähdysrintaman eteneminen putkistossa on erittäin voimakasta. Tehokkain tapa estää mahdolliset vahingot saavutetaan asentamalla putkistoon liekinestin. Liekinestimen elementti (kennosto) tukahduttaa räjähdysrintaman alentamalla lämpötilan ja siten estää rintaman etenemisen putkistossa. Liekinestin voi estää joko liekkiä, jolloin se sijoitetaan mahdollisen syttymispisteen lähelle, tai räjähdystä, jolloin käytetään jämäkämpää estintä jolloin se voidaan sijoittaa laitteistoon ilman rajoituksia.

### **7.5.2 Murtokalvot**

Murtokalvot toimivat painelaitteessa kuten sulake sähkölaitteissa. Eli sijoitetaan painelaitteeseen edullinen kertakäyttöinen murtokalvo, joka murtuu vikatilanteen sattua liian suuresta paine-erosta. Tämän jälkeen toimintahäiriön aiheuttanut vika korjataan ja murtuneen kalvon tilalle vaihdetaan uusi kalvo. Sijoittelua suunniteltaessa

Tapani Korhonen

on myös varmistuttava siitä, että purkautuva aine pääsee purkautumaan turvallisesti laitteistosta aiheuttamatta vaaraa. Mikäli kalvossa ei ole lähetinindikaattoria se tulee sijoittaa paikkaa josta sen tarkastaminen on vaivatonta. Murtokalvot ovat kertakäyttöisiä, joten se tulisi sijoittaa myös vaihtamisen kannalta helppoon paikkaan.

### 7.5.3 Varoventtiilit

Varoventtiilin tehtävänä on suojata järjestelmää liian suurilta ylipaineilta ja sitä kautta laitteiston rikkoontumiselta. Jos järjestelmään syntyy syystä tai toisesta liian suuri paine, varoventtiili päästää ylimääräisen paineen turvallisesti pois järjestelmästä. Esimerkiksi jousikuormitteinen pakoventtiili toimii seuraavalla tavalla. Kun venttiiliin kohdistuva painevoima kasvaa suuremmaksi kuin venttiilin jousivoima ja ylipaine purkautuu ulospuhallusputkea pitkin ulos järjestelmästä. Venttiili pysyy auki niin kauan, kunnes paine on taas alentunut normaaliin käyttöpaineeseen. Varoventtiilit ovat huollettavia/tarkastettavia toimilaitteita ja suurissa putkikokoluokissa myös painavia, joten ne tulisi sijoittaa helposti lähestyttävään paikkaan sopivalle korkeudelle. Yleisesti tulee varmistua siitä että ulospuhallusputkesta tuleva aine pääsee purkautumaan vapaasti ja turvallisesti esim. kanaaliin, ulkoilmaan, säiliöön tms. Jos sijoitettavassa putkistossa vallitsee korkeita paineita, on suunnittelussa otettava huomioon ulospuhallusputkeen kohdistuvat reaktiovoimat purkauksen tapahtuessa.

### 7.6 Ilmaventtiili

Ohutseinämäisissä putkissa tulee huomioida putkistoon mahdollisesti syntyvä alipaine, jolloin putkeen tulee tehdä tyhjösuojaus ilmaventtiilin avulla. Tyhjön syntyminen tapahtuu usein jos tyhjennetään ohutseinämäinen putki, jonka eri osien välillä on suuria korkeuseroja. Putken tyhjennys tapahtuu yleensä alimmasta kohtaa siten että neste tulee putkesta ulos omalla painollaan. Tällöin putken yläosiin syntyy alipaine, jolloin ympäröivä ilmapaine puristaa putkea lommolle. Tätä varten putkeen tulee sijoittaa ylimääräinen ilmaventtiili lommahduksen estämiseksi. Nyrkkisääntönä voidaan kuitenkin pitää, että mikäli seinämä on yli 1 % halkaisijasta, lommahdusvaara on lähes olematon /6/.

Tapani Korhonen

## 7.7 Tyhjennykset ja ilmanpoistot

On hyvä pitää suunnittelun periaatteena, että kaikkien putkien ja muitten putkiston osien tulee olla tyhjennettävissä, eikä niissä saa esiintyä ilma- tai nestetaskuja. Sillä ei toivottu neste- tai ilmatasku voi vahingoittaa laitteita aiheuttaessaan esim. kavitointia tai nesteiskuja prosessin aikana.

Tyhjennyskohdat sijoitetaan putken alapuolelle, putkiston alimpaan tai alimpiin kohtiin, jotta kaikki neste pääsee pois putkistosta eikä nestetaskuja jää mihinkään putkiston osaan.

Ilmanpoisto tehdään nesteputkille ja mahdollisesti myös höyryputkille prosessin käynnistyksen yhteydessä. Ilmanpoiston yleisin virhe on sijoittaa poistoventtiili putken yläpuolelle, jolloin käyttäjä ei voi nähdä virtaako poistimesta nestettä vai ilmaa. /6/

Tyhjennykset, ilmanpoistot ja ilmaukset suunnitellaan usein yhdessä viettojen kanssa.

## 7.8 Kannakkeet

Putkiston sijoitussuunnitelmaa tehtäessä on otettava huomioon myös siihen tärkeänä osana liittyvä kannakointi.

Kannakoinnin ensisijaisena tehtävänä on vastaanottaa putkiston ja sen osien aiheuttama painokuormitus. Lisäksi kannakoinnin muita tehtäviä ovat putkiston liikkeiden ohjaus (esim. lämpöliike), rasituksen siirtäminen turvallisesti ympäröiviin rakenteisiin, heilahteluiden estäminen ja värähtelyn vaimentaminen.

Kun putkistolle luodaan ja suunnitellaan putkireittejä, tulisi kiinnittää huomiota myös siihen, että ne kulkisivat mahdollisimman paljon jo olemassa olevien rakenteiden lähellä. Näitä rakenteita ovat esimerkiksi tehdasrakennuksen pilarit, palkit, tuet ja tasot. Näin putkistolle ja sen kannakoinnille ei tarvitse luoda erikseen kiinnepisteitä. Sillä suureen, jo olemassa olevaan pilariin on helpompi lisätä kannatustaso kuin tehdä kokonaan uusi kannatusrakennelma. Näin säästyy myös tilaa ja suunnittelu- että materiaalikustannuksia.

Yleensä kannakoinnin tarkempi suunnittelu suoritetaan hieman jälkikäteen, kun on putkiston reitti saatu suunniteltua, mutta putkiston sijoitussuunnittelijan on otettava aina myös kannakoinnin edellytykset huomioon. Tilaa putkien ja sen osien ympärille on

Tapani Korhonen

parempi jättää liikaa kuin liian vähän. Sijoitettaessa putkireittejä esimerkiksi jonkin laitteen/koneen läheisyyteen, tai jos reittejä on useita samansuuntaisia, on suunnittelijan otettava huomioon useita seikkoja. Tarvittavan primäärikannakkeen koko ja sen mahdollisesti vaatima sekundäärikannake määräävät putken ja kannakkeen vaatiman minimitilan. On huomioitava, kuinka suuri on putken halkaisija ja mitä se sisältää. Sisällön paino lisää kannakoinnille aiheutuvia kuormia. Sisällön paino riippuu tietysti aineesta, mutta pääsääntöisesti neste painaa enemmän kuin esim. kaasu tai höyry. Putken kokonaispainon kasvaessa ja kiinnitysvälin pidentyessä kasvavat myös sekundäärikannakkeiden koko- ja rakennevaatimukset.

Rakennusten tarjoamien kannatuspisteiden lisäksi myös laitteisiin ja säiliöihin voidaan lisätä kannakkeita ja korvakkeita, kun tämä otetaan huomioon jo laitteen suunnittelu- ja rakennusvaiheessa.

On tärkeää ottaa huomioon, että kaikkien putkien myös kaasuputkien ja niiden kannakkeiden on kestettävä myös painekokeen aikainen kuormitus. Painekoe suoritetaan usein vedellä ja se tehdään putkiston valmistuttua, ennen kuin putkisto otetaan prosessin varsinaiseen käyttöön.

### **Kannakkeiden etäisyydet**

Kannakkeiden etäisyydet määräytyvät putken materiaalin, halkaisijan, seinämävahvuuden, kuljetettavan aineen, erityksen, värinän ym. tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Mutta normaalisti putken taipuma on määräävin tekijä /6/. Yleisesti mitä suurempi on putken halkaisija ja seinämävahvuus, sitä suurempia kannatusvälejä voidaan käyttää.

Sen lisäksi määräykset ja standardit antavat erilaiset vaadittavat putkien keskeiset minimi etäisyydet, eri kokoisille putkille. Etäisyydet on taulukoitu standardikirjassa. Tilaa tarvitaan mm. putkiston asennusta ja lämpöliikkeitä varten. Jos putket tulevat olemaan eristettyjä, ne vaativat korkeamman kannakkeen, sekä tietysti eristeen ja mahdollisesti eristeasennuksen vaatiman tilan.

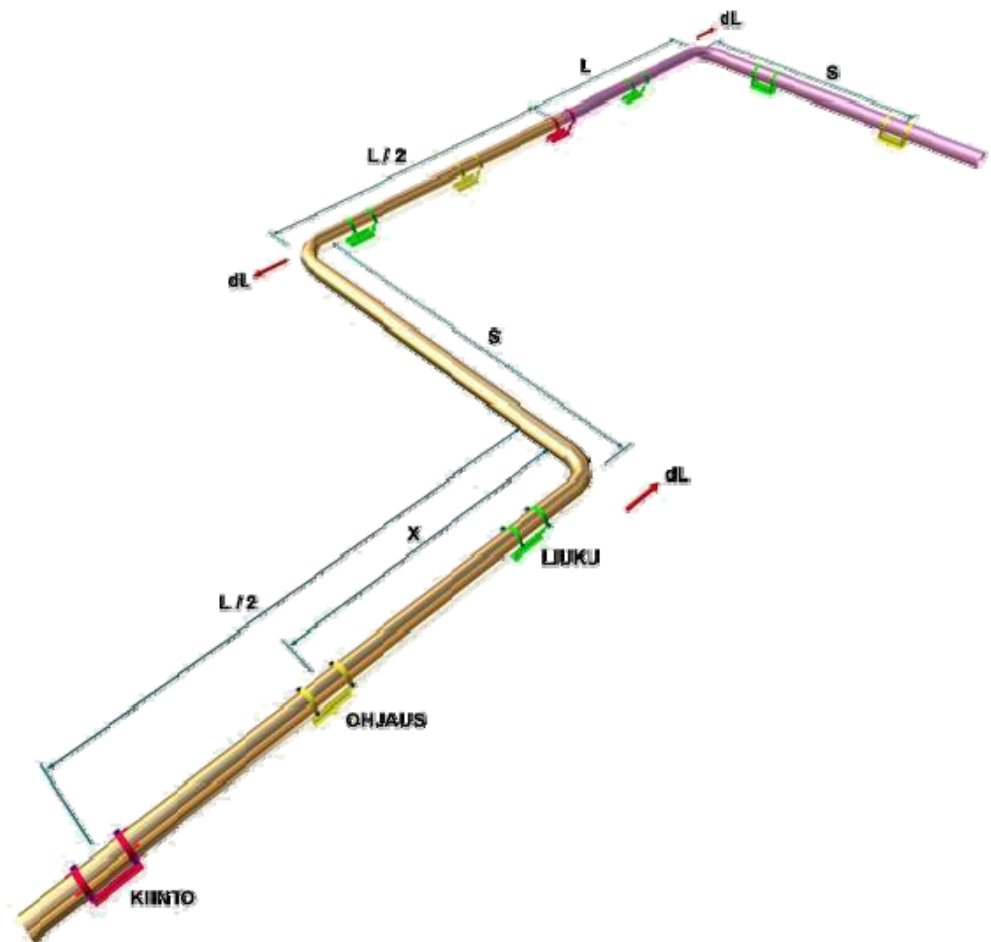
Putkiston lämpöliikkeet johtuvat lämpötilan muutoksesta. Tällaisia lämpötilamuutoksia aiheuttavat prosessilaitoksen asennustila – käyttötila tai muista tekijöistä kuten, vuodenaajoista (kesä/talvi). Jos putkistossa on odotettavissa suuria lämpöliikkeitä, niin kiinteiden kannakkeiden sijoittamista käyrien välittömään läheisyyteen tulee välttää. Oikein suunnattuja liukukannakkeita on kuitenkin mahdollista käyttää käyrien läheisyydessä. Näin putkella on varaa liikkua vapaammin pidentyessään.



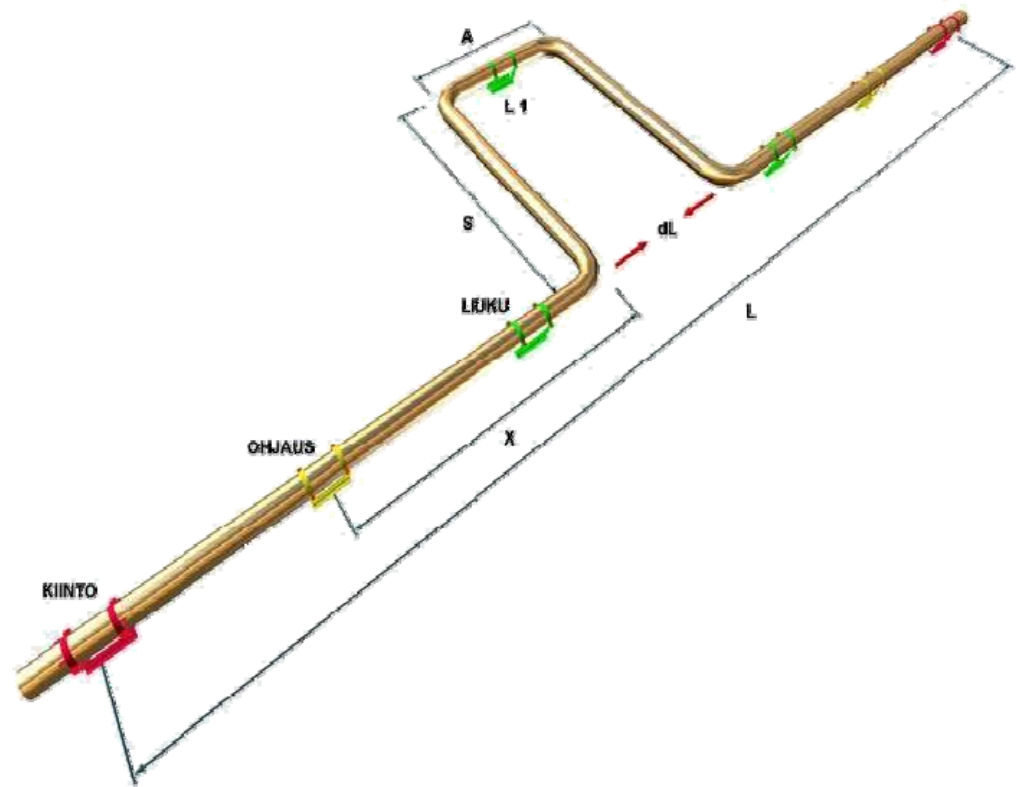
Tapani Korhonen

Kriittisille höyryputkille on usein tehtävä erillinen jännitysanalyysi. Jos putkessa ei ole riittävästi joustavia kohtia, kuten useita mutkia tai palkeita, on siihen tehtävä erikseen "lämpölenkkejä", liikkeiden kompensoimiseksi.

Tällaisia lämpölenkkejä ovat esim. "U- ja L- tai Z- lenkit", joista U- ja Z- lenkit ovat esitettyinä kuvissa 12 ja 13. Lämpölenkillä tarkoitetaan siis ylimääräistä mutkaosaa, joka taipuu turvallisesti putken lämpötilojen muuttuessa ja putki ei näin pääse vaurioittamaan muita rakenteita. Tämä on myös otettava huomioon usein esim. pitkiä putkisiltoja tehtäessä. Pitkän putken päähän voidaan joutua lisäämään "lämpölenkki", ja se voi viedä näin tilaa muilta putkilta tai laitteilta.



Kuva 12. Z-Lämpölenkki /3/



**Kuva 13.** U-lämpölenkki /3/

On tärkeää myös huomioida putken materiaali sillä eri materiaaleilla on omat lämpölaajenemiskertoimensa. Esimerkiksi ruostumatonta terästä oleva putki laajenee noin 1,5 ja muovinen putki laajenee noin 6...15 kertaa enemmän kuin hiiliteräspanputki.

## 8 Laitteiden huollettavuus

Tässä osiossa käymme läpi asioita, joita tulee ottaa huomioon putkiston laitteiden huollettavuuden kannalta, kun putkistoa ja muita siihen liittyviä laitteita sijoitellaan. Huoltoa tarvitsevia laitteita ovat mm. säiliöt, pumput, venttiilit, suodattimet, instrumentit ym. Yleisesti laitteisto tulisi suunnitella siten, että kaikki prosessin laitteet olisivat huollettavissa samaan aikaan tai saman jaksolla. Tällä tarkoitetaan sitä, että ei suunnitella muuta laitteistoa huollettavaksi 1000 tunnin välein, ja laitteistossa on lisäksi yksi tai kaksi suodatinta, jotka täytyy vaihtaa prosessin seisoessa jokaisen 300 tunnin välein. Sillä jokainen prosessin "seisokki" on yleensä erittäin kallis, ja jos tällainen joudutaan tekemään halvan suodattimen vuoksi, ei se ole kovinkaan taloudellista.

Tämän välttämiseksi laitteet tulisi valita siten, että niiden huoltovälit ovat jotenkin jaollisia keskenään. Esimerkiksi jotkin laitteet on huollettava 2000 tunnin välein ja toiset tarkastettava joka 4000 tunnin välein. Jos laitteisto sisältää laitteita, jotka eivät ole

Tapani Korhonen

muuten laitteiston huoltoväleihin sovellettavia, olisi järkevää miettiä laitteelle erillinen huolto-ohjelma. Jos laite vaatii tarkastuksen vaikkapa aina 700 tunnin jälkeen, niin huoltojaksoa voidaan venyttää vaikka 1000 tuntiin tekemällä perusteellisempi huolto tarkastuksen sijasta jokaisessa seisokissa. Jos laitteiston kaikkia osia ei voida huoltaa edellä mainitulla tavalla, tulisi laitteen ohittamiseksi suunnitella kierto tai samanlainen (samantyyppinen) laite, joka hoitaa huollettavan laitteen tehtävän. Näin huollettava laite voidaan huoltaa prosessin ollessa käynnissä.

Putkistojen asennuksen, huollon, ja tarkastuksien kannalta ihanteellinen sijoitus laitteille ja putkiston osille, olisi selvästi merkitty laite tai osa, joka on rakenteeltaan kevyt ja yksinkertainen. Valmiiksi puhdas, sijoitettuna sisälle lämpimään, kuivaan ja valoisaan paikkaan. Huoltotyön voisi suorittaa normaalikorkeudelta seisten tai penkillä istuen, ilman haju, näkö tms. haittoja. Työn suorittamiseen ei tarvitsisi hankalia apuvälineitä ja osat eivät sisältäisi vaarallisia tai haitallisia aineita.

Todellisuudessa tämä kaikki on erittäin harvoin mahdollista. Joskus on hyvä jos yksikin ihannesijoituksen asioista täyttyy. Usein huoltomiesten hankaluutena onkin laitteiden huono huollettavuus. /9/

### **8.1 Instrumentit (yleisesti)**

Kuten jo aiemmin todettiin, instrumentit vaativat määräaikaista huoltoa. Määräaikaisilla huoltotöillä voidaan taata laitteiden luotettavuus taas seuraavalle prosessin käyttäjäksi. Instrumentin huollossa tarvitaan usein paineilmaa tai huuhteluvettä, joten on suotavaa sijoittaa ne laitteen tai laitteiston lähiympäristöön. Näin säästyy huoltohenkilökunnalla aikaa sekä vaivaa ja sama työresurssi voidaan käyttää muihin tehtäviin.

### **8.2 Venttiilit**

Venttiilien tulisi olla irrotettavissa tai purettavissa mahdollisimman helposti. Mikäli kyseessä on laipallinen venttiili, tulee huomioida, että laipan pultit ja mutterit ovat avattavissa tarvittavin työkaluin. Venttiilin tulisi myös olla hoitotason tai lattian yläpuolella, jolloin sen huoltaminen käy helpommin ja turvallisemmin. Tällä tarkoitetaan sitä, ettei laitetta sijoitettaisi ”tyhjän päälle”, siten että sen alla olisi useiden metrien pudotus seuraavalle tasolle.

Tapani Korhonen

### 8.3 Säiliöt

Erilaisissa säiliöissä on sijoitettuna huolto- tai tarkastusluukku, jotta säiliön kuntoa voidaan seurata ja tarvittaessa huoltaa. Säiliötä sijoitettaessa on otettava huomioon että sen huoltoaukoille on esteetön pääsy. Jos kyseessä on vain tarkastusluukku/-reikä, jolloin laitetta vain seurataan paljain silmin valon avulla tai esim. boroskoopilla. Tällaisen luukun korkeus tulisi sijoittaa, siten että säiliöön on helppo katsoa tai tarkastuslaitetta on vaivaton käyttää.

Huoltoluukut ovat laitteen koosta riippuen usein vain juuri ja juuri normaalin miehen mentäviä (600 mm), joten jo itse huoltoluukun reiästä säiliöön ahtautuminen on riittävän haastavaa. Luukku tulisikin sijoittaa avaraan paikkaan ja kohtalaisen matalalle, eli noin 0,5 metristä noin 1,4 metriin korkealle. Ahtaat paikat kuten pienehköt säiliöt ja lämmönvaihtimet ym. voivat olla jo valmiiksi epämiellyttäviä työskennellä usein työasentojensa puolesta. Luukun sijoitukseen ja sen ympäristöön on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta pääsy säiliöön olisi mahdollisimman helppoa. Huolto-/tarkastusluukun sijoittaminen lähelle seinää, särmikkäitä esineitä, korkealle ym. voi olla erittäin vaarallista myös työturvallisuuden kannalta.

### 8.4 Suodattimet

Riippumatta järjestelmästä suodattimen tarkoituksena on poistaa järjestelmästä ei-toivotut epäpuhtaudet. Tapauksesta riippuen puhdistamiseen on erilaisia menetelmiä. Suljetuissa järjestelmissä suodattimen tehtävä on mm. puhdistaa neste/kaasu ja näin suojata muuta laitteistoa kuluttavilta likapartikkeleilta (esim. hydrauliset järjestelmät). Vastaavasti erilaiset pakokaasut ja prosessivedet jotka päätyvät luontoon on puhdistettava. Nesteistä ja kaasuista on puhdistettava ja suodatettava ihmiselle tai ympäristölle haitalliset partikkelit tai muut myrkylliset yhdisteet pois.

Suljetuissa järjestelmissä, joissa ei pitäisi normaalikäytössä, likaa tms. kertyä suuria määriä, käytetään vaihdettavaa tai pestävää suodatinta. Tällaiset suodattimet ovat edullisia, ja huollon yhteydessä niistä on helppo seurata kerääntyneiden partikkeleiden määrää laitteistossa.

Tavalliset suodattimet yleensä vaihdetaan suoraan uuteen, tai pestään likaantunut suodatin ja asennetaan se uudelleen muun laitehuollon yhteydessä. Tällaiset suodattimet voidaan varustaa myös ilmaisimella ja ohikierrolla. Ohikierto toimii siten, että suodattimen tukkeutuessa, paineventtiili päästää virtauksen ohi suodattimen ja laukaisee samalla ilmaisin indikaattorin.

Tapani Korhonen

Ilmaisoin voi olla sähköinen tai mekaaninen, ja se toimii usein paine-erolla (ennen ja jälkeen suodattimen). Paine-eron kasvaessa liian suureksi indikaattori kertoo, että suodatin on vaihdettava. Mekaaninen indikaattori on kiinni usein suodattimen läheisyydessä, joten sen on oltava näkyvillä ja tämä on huomioitava sijoitettaessa laitetta.

Tyypistä riippumatta suodatin on irrotettava puhdistusta/vaihtoa varten, joten sen tulisi olla hyvällä työskentely korkeudella (alle 1500 mm). Huomioi myös, vaikka putkisto lasketaan tyhjäksi nesteestä, suodattimeen jää siltikin nestettä ja epäpuhtauksia. Suodatinta irrotettaessa voi siitä valua nestettä ym. huoltomiehen päälle. Myös esim. ilmanvaihtosuodattimet on järkevää sijoittaa matalalle, sillä avattaessa suodatinta ilmaa raskaammat epäpuhtaudet ”pölähtävät” ikävästi kasvoille.

Sen sijaan jos epäpuhtauksia on odotettavissa runsaasti, on syytä varustaa järjestelmä automaattisella (itsepuhdistuvalla) suodatin tyypillä. Näin huoltoväli saadaan pitkäksi, ja tukkeutunut suodatin ei kurista tai tuki virtausta taajaan. Nämä suodattimet ovat huomattavasti kalliimpia, mutta vain itse puhdistusmekanismi vaatii huoltoa. Joten puhdistusmekanismin olisi oltava hyvin sijoitettuna, jotta sen toimilaitte voidaan huoltaa koko suodatinyksikköä poistamatta.

Ns. automaattisuodattimissa käytetään usein hyvin pölyisissä kaasuputkistoissa, ja niille on erikseen järjestetty automaattinen suodattimen puhdistus. Puhdistus tapahtuu aika-ajoin mm. puhaltamalla paineilmaa, tärisyttämällä, pyyhkimällä tms., ja tämä puhdistaa suodattimen automaattisesti erilliseen säiliöön. Näin kerääntyneet epäpuhtaudet saadaan pois järjestelmästä vain vaihtamalla säiliö johon ne ovat kertyneet, jolloin itse prosessia ei tarvitse keskeyttää epäpuhtauksien poistamiseksi.

On myös olemassa muun tyyppisiä suodattimia, kuten sähköisiä, kemiallisia ym. ja näihin ja kaikkiin edellä mainittujen suodattimien sijoittamiseen löytyy mallikohtaista tietoa valmistajalta.

## 8.5 Pumput

Pumpun koosta riippuen ne huolletaan joko purkamalla ne paikallaan tai irrottamalla koko laite. Suurikokoiset pumput on yleensä helpoin purkaa ”paikallaan”. Tällöin itse pumpun runko pysyy asennuspaikassaan, mutta sen muut osat irrotetaan huoltoa varten. Pumppujen ja etenkin suurien pumppujen sijoitussuunnittelussa on syytä varata etenkin ympärille tilaa. Näin siihen pääsee käsiksi joka suunnalta ja siten huoltaminen on helpompaa. Pienemmät pumput sijoitetaan siten, että ne saadaan vaivattomasti

Tapani Korhonen

irrotettua kokonaan (runkoineen) paikaltaan, minkä jälkeen ne viedään muualle huollettavaksi.

Pumppujen määrä ja teho usein ”ylimitoitetaan” tärkeissä kohteissa. Etuna ylimitoituksessa on, että vaikka yksi pumppu on huollossa, niin koko prosessia ei tarvitse pysäyttää. Esim. sijoitetaan järjestelmään kolme pumppua joista kukin on teholtaan 50 % kokonaistehosta. Näin kaksi pumppua tuottaa tarvitun 100 % kokonaistehon ja yhtä voidaan huoltaa. Tai vaihtoehtoisesti asennetaan kaksi 100 % pumppua, jotka normaalisti toimivat 50 % teholla ja huollon aikana käyntikuntoinen toinen toimii täysteholla.

### **8.6 Ilmanvaihtokoneet**

Suuria ilmanvaihtokoneita sijoitettaessa olisi huolehdittava siitä, että huoltoluukuille on esteetön pääsy, ja huomioitava myös huoltoluukkujen avautumisen suunta. Mikäli ilmanvaihtoputkistoa on tarkoitus myöhemmin puhdistaa eli nuohota, tulee putken päädyt sijoittaa siten, että puhdistus on mahdollinen.

## **9 Nostot ja haalaukset**

Sijoiteltaessa koneita ja laitteita laitokseen on otettava huomioon kuinka laitteet saadaan nostettua tai haalattua. Jokainen laite jollakin tapaa tuotava asennuspaikalleen ja sille täytyy myöhemmin voida suorittaa huoltotöitä. Kaikista suurimmat laitteet voidaan tuoda paikalleen jo heti rakennuksen alkuvaiheessa (esim. pohjavalun päälle) ja muu laitos rakennetaan sen ympärille. Jos laitosrakennuksessa tai sen osassa laitteita tullaan siirtelemään usein, on rakennukseen viisasta asentaa siltanosturi, jolla voidaan suorittaa useimpien laitteiden nostot.

Suuret ja painavat laitteet lähelle lattiaa, pienet ja kevyet ylemmäs, on hyvä nyrkkisääntö laitteita sijoiteltaessa. Painavien koneiden ja laitteiden siirtely tapahtuu usein trukilla tai nosturilla mikäli sellainen on käytettävissä. Kun painavat laitteet sijoitetaan lähelle lattian rajaa, tapaturman vaara vähenee ja huollettavuus helpottuu. Raskas laite voi olla hengenvaarallinen vahingon sattuessa, kun suoritetaan nostoja ja haalauksia. Raskas laite koostuu usein myös raskaista osista, joten osien nostot onnistuvat helpommin myös huollettaessa, kun laite sijaitsee matalalla. Lisäksi säästytään suurilta rakennelaskelmilta esim. tukiteräsrakenteissa.

Tapani Korhonen

Kevyet, käsin nostettavat laitteet (noin alle 10 kg) on hyvä sijoittaa normaalille työskentelykorkeudelle, näin siirrot ja huolto tapahtuvat helpommin. Keskiraskaille (noin 20 – 200kg) laitteiden yläpuolelle on hyvä sijoittaa paikka taljalle tai asentaa läheisyyteen erillinen pieni kiskonosturi, etenkin jos laite on usein huollon kohteena.

Tahattomien mutta yleisten työtaturmien välttämiseksi on syytä huomioida seuraava asia: Jos laite on painavahko, mutta kuitenkin nostettavissa käsin (noin 10 – 40 kg) laitetta ei ole viisasta sijoittaa noin metriä ylemmäksi, eikä myöskään aivan lattian rajaan. Tällaiset laitteet ovat usein houkuttelevia nostaa käsin, vaikka nostolaitteet olisivatkin käytössä. Sillä nostolaitteen asetteleminen ja käyttö voi kiireessä tuntua hitaalta ja vaivalloiselta, joten laitetta päätetään siirtää ruumiillisesti. Siksi juuri työtaturmia, kuten revähdyksiä ja loukkaantumisia, sattuu usein tämän kokoluokan laitteiden siirroissa. 40 kilogrammaa painava laite on erittäin vaarallinen pudotessaan yli metrin korkeudelta asentajan/huoltomiehen päälle, ja nosto lattianrajasta voi huonolla nostotekniikalla johtaa kivuliaaseen revähdykseen ym.

Mikäli laitteita joudutaan sijoittamaan korkealle, on niille rakennettava myös hoitotasot jotka mahdollistavat pääsyn laitteille. Jos samalla alueella on useita toimilaitteita hieman eri paikoissa ja korkeuksissa, on ne viisasta kohtuuden rajoissa keskittää ne samalle tasolle ja alueelle, jolloin voidaan tehdä massiivisempia hoitotasoja, useiden pienien sijaan. Näin säästetään tilaa ja suunnittelu- sekä materiaalikustannuksia. Mitä suurempi laite, sitä enemmän sen ympärille on hyvä jättää tilaa. Tarvittaessa voidaan myös rakentaa suojakaiteita tms. jos vieressä on herkkiä, kalliita, vaarallisia tms. laitteita. Sillä painavien laitteiden asennus millimetrin tarkasti voi olla joskus hyvin vaivalloista etenkin jos käytetään yhdestä pisteestä kiinnittyvää nostolaitetta. Siirtelyn ja hitausmomenttien aiheuttama heilahteluliike voi olla joskus hyvin tuhoisaa ja huolto/asennushenkilöille vaarallista.

Jos raskaat laitteet vaativat tarkkaa sijoitusta, liikerataa, asennuspinnan suoruutta tms., on syytä harkita ohjauskiskojen sijoittamista laitteelle. Kun ohjauskiskot suunnitellaan ja asennetaan huolellisesti paikalleen, on laitteen haalaus helpompaa ja tarkempaa, asennuksen ja huoltojen yhteydessä.

## 10 Kaapelihyllyt ja ilmanvaihtokanavien huomiointi

Laitosten sähkökaapelit ja instrumenttiputket sekä -johtimet sijoitetaan niille suunnitelluille kaapelihyllyille. Kaapelihyllyt valmistetaan ja suunnitellaan hyvin samaan tapaan kuin putketkin. Eli standardiosista, kuten suoraosuuksista, haaroista ja risteys-, sekä kulmakappaleista, joita on saatavilla monen kokoisia ja muotoisia.

Kaapelihyllyjä sijoitettaessa rinnakkain on viisasta jättää joka toisen hyllyn väliin asennustilaa. Tarvittava tila on mitoitettava siten, että kaapeleiden asennus onnistuu helposti koko hyllyjen leveydelle. Vastaavasti hyllyjä sijoiteltaessa päällekkäin tulee hyllyihin jättää väliä ainakin 300 mm korkeussuunnassa toisiinsa sekä myös kattorakenteisiin ym.

Sijoiteltaessa voimakaapeleita tulee tarkastaa kaapelivalmistajan suosittelema minimi-taivutussäde, koska liian jyrkkä kaapelihyllyn kulmapala voi vaurioittaa kaapelia. Tällöin on valittava suurempisäteinen risteys- tai kulmapala, jolloin johdin saadaan kaapeli asennettua vaurioitta, oikein omalle paikalleen.

Jos, hyllyille tullaan sijoittamaan myös signaali ym. heikkovirtaisia tai muuten sähkömagneettiherkkiä johtimia, on ne sijoitettava riittävän kauaksi voimakaapeleista. Sillä voimakaapeli synnyttää ympärilleen voimakkaan sähkömagneettisen kentän joka voi häiritä pienitehoisia signaalijohtimia, mikäli niitä ei ole häiriösuojattu. Joskus signaalijohtimet on sijoitettava jopa kokonaan omalle kaapelireitilleen. On huomioitava myös että kaikki suuritehoiset muuntajat ja moottorit on myös otettava samalla tavalla huomioon kaapelihyllyjä sijoitettaessa niiden lähetyville.

## 11 Viettojen käyttö

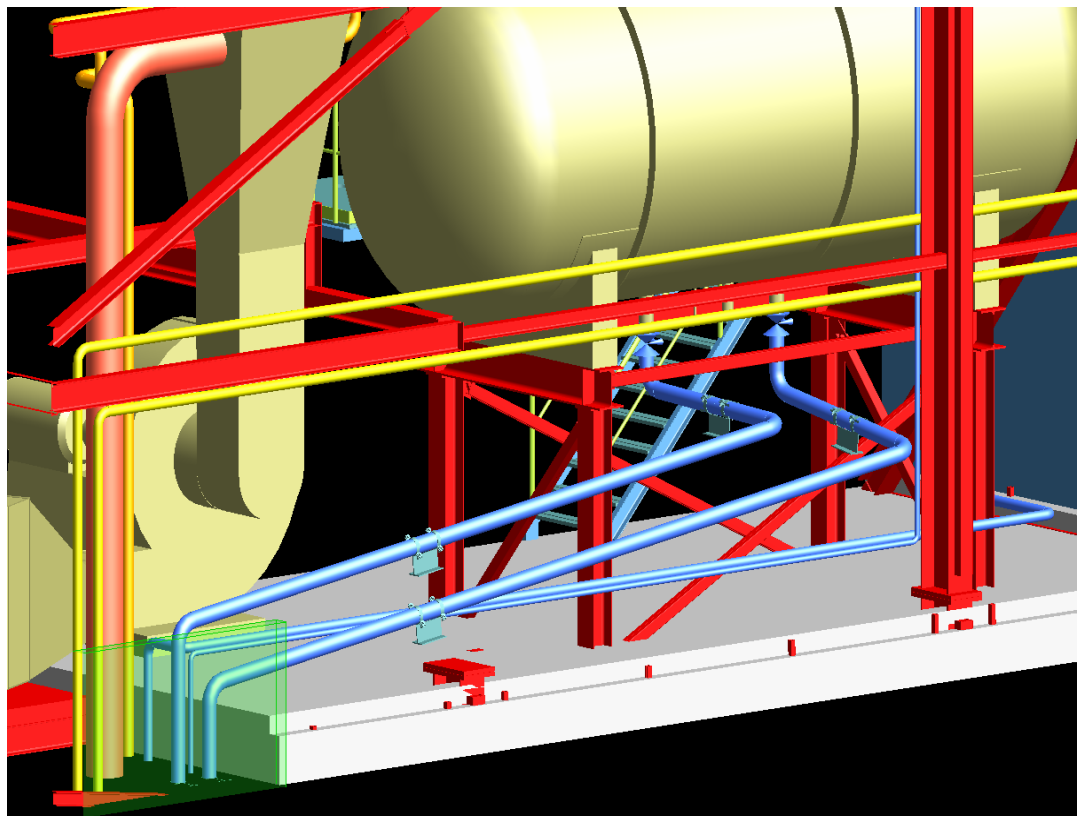
Putkilinjat suunnitellaan viettäviksi siten, että kaasu- ja höyryputket ovat normaalisti laskevia, sekä vastaavasti nesteputket nousevia virtaussuuntaansa nähden. Tästä kuitenkin poikkeuksena ovat kaasuputkien varoventtiilien tuloputket, joiden tulee olla nousevia runkoputkesta, jolloin vesitys tapahtuu takaisin runkoputkeen. Kaltevuuksia suunniteltaessa, suunnitellaan myös vesitykset, tyhjennykset sekä ilmanpoistot. Joskus näiden sijoituspaikka on jo ennalta määrätty, joten viेतot on suunniteltava niitä silmällä pitäen. Tavallisesti käytetään kaltevuuskulmaa välillä 1:200...1:500. Viettomerkintä 1:200 tarkoittaa pituuden ja korkeuden suhdelukua, eli 1:200 putki nousee/laskee viisi (5) millimetriä yhden (1) metrin matkalla.



Tapani Korhonen

Suunniteltaessa putkisiltoja, jotka sijaitsevat osittain ulkona, tulisi ottaa huomioon että putkiston alin kohta ja tyhjennykset olisivat mieluummin sisä- kuin ulkotiloissa. Etenkin putkissa, jotka sisältävät vettä tai jäätyvää nestettä. Sillä prosessin ollessa pysähdyksissä talvipakkasilla neste voi päästä jäätymään, mikäli putkistoa ei ole lämmitetty. Siten jäänyt neste saattaa aiheuttaa joko täydellisen tai osittaisen tukoksen ja estää siten prosessin uudelleen käynnistämisen. Mikäli putkeen pääsee kertymään jäätä, se voi myös rikkoa toimilaitteita. Jään lähtiessä liikkeelle ja iskeytyessään toimilaitteeseen tai joutuessaan muuten väärään paikkaan voi aiheuttaa ylimääräisiä huoltotöitä. Tyhjennyksien suorittaminen sisätiloissa on mielekkäämpää myös käyttömiehille.

Ne putkilinjat, joissa nesteensiirto tapahtuu painovoiman avulla, tulee suunnitella huomattavasti kaltevammaksi kuin muut putket. Näin saadaan nesteelle riittävä virtaus putkistossa. Tämän tyyppiset putket tulisi ottaa suunnitelmissa riittävän ajoissa huomioon. Jyrkkäviettoiset putket ne vievät runsaasti tilaa pystysuunnassa normaaliviettoisiin putkiin verrattuna, suuremman kaltevuutensa vuoksi. Kaksi tällaista putkea näkyy kuvassa 14.



**Kuva 14.** Normaalivialettomimmat putket

Normaalivialettomiset lyhyehköt putket voidaan kuvittaa malliin vaakasuoriksi putkiksi ja lisätä kaltevuuskulma sitten yleisasennusohjeeksi piirustuksiin. Tämä siksi, että kaltevien putkien käsittely 3D-mallinnus ohjelmalla on hidasta säädeltäessä hyvin pieniä

Tapani Korhonen

astelukuja. Mikäli kyseessä on huomattavan pitkä putki tai tilaa on vähän, tulee putki mallintaa oikeassa kulmassa. Sillä erittäin pitkä putki voi aiheuttaa huomattavan korkeuseron pitkällä matkalla, jolloin muu mitoitus - kuten läpiviennit ym. oleelliset mitoitukset - tulee helposti tehtyä väärään kohtaan.

## 12 Vapaat tilat ja etäisyydet

Sijoitettaessa putkistoa ja sen osia kulkureittien ja poistumisteiden läheisyyteen, on tärkeää huomioida niiden päällekkäisyydet. Putkisto ei saa ulottua varsinaisille kulkureiteille tai poistumisteille edes osittain. Kulkureitin minimi korkeudeksi määritellään 2100 mm ja leveyden tulee olla ”riittävä”. Minimileveyttä ei ole tarkasti määritelty, mutta hyvänä miniminä voidaan pitää vanhan standardin määritystä 900 mm (11). Esimerkiksi käytävän poikki kulkevaa putkea tai sen osaa ei saa sijoittaa alemmaksi kuin 2100 mm lattian tasosta. Kaikilla kulkureiteillä on oltava esteetön kulkeminen esimerkiksi hätätilanteen sattuessa. Erilaiset vaarat ja poikkeustilanteet, kuten tapaturma, sähkökatko tai tulipalo yms. voi aiheuttaa välillisesti vakavan loukkaantumisen tai jopa kuoleman. Jos putkisto tai sen osa on väärin sijoitettu, savun, pimeyden, paniikin ja muiden erilaisten näkö- ym. esteiden vuoksi voi henkilö törmätä putkeen. Myöskään vakuutukset eivät korvaa tällaisen suunnitteluvirheen vuoksi sattunutta tapaturmaa.

Jos putki sijoitetaan ajoneuvoliikenteen alueelle, niin se tulisi sijoittaa 5 - 7 metrin korkeuteen tai tarpeen mukaan alemmaksi. Korkeus riippuu oletetuista ajoneuvoista ja niiden vaatimasta tilan tarpeesta. Projektiohjeissa on usein kerrottu mikä on minimikorkeus ja -leveys milläkin kulkuväylällä. Tilan tarvetta suunniteltaessa on myös syytä kiinnittää ovien leveyksiin. Vapaata tilaa tulisi olla leveys- ja korkeussuunnassa ainakin saman verran kuin tilaan johtavalla ovella.

## 13 Tulos

Tässä työssä käsiteltiin teollisuusputkistojen sijoitussuunnitteluun liittyviä asioita ja niiden saattamisesta helppolukaiseen muotoon, ohjeeksi putkistosuunnittelijoille. Valittu aihe on niin valtavan laaja ja se on vain pieni osa vielä laajemmasta kokonaisuudesta, että sitä on hyvin vaikea käsitellä työhön varatussa laajuudessa. Mutta samalla suunnitteluohje saatiin pysymään hyvin luettavana ja helposti ymmärrettävänä, myös alaan vähemmän perehtyneen silmin. Kustakin putkiston sijoitteluun liittyvästä asiasta saatiin tähän työhön kerättyä hyvää ja tärkeää tietoa yleisellä tasolla.

Tapani Korhonen

Tällainen perustieto on hyvänä pohjana putkiston sijoittelua tehtäessä, ja näiden tietojen pohjalta on helppo lähteä etsimään laite- ja valmistajakohtaisia tietoja, kun tietää mitä etsiä ja mihin asioihin on kiinnitettävä huomiota. Ohje olisi ollut helppo tehdä ”check-list” (muistilista) muotoon, eli kuvaamalla hyvin lyhyesti ranskalaisilla viivoilla, mutta oppiminen tapahtuu tehokkaimmin usein lukemalla sujuvaa tekstiä asiaan ensi kertaa perehdyttäessä ja sitten luomalla tekstin pohjalta itse oma muistilista. Näin on helpompi ymmärtää itse kirjoitettuja lyhyitä viittauksia, kun perustieto on opiskeltu ensin.

## 14 Itsearviointi

Työn kirjoittamisen aloittaminen oli hieman hapuilevaa, sillä suunnittelukokemusta ei putkisto- ja laitososalta varsinaisesti aiemmin ollut. Ja siksi olikin hyvä perehtyä asioihin, jotka kuuluvat sijoitussuunnittelijan perustietoon. Samalla teksti saatiin helposti hahmotettavaksi, eikä liian teoreettiseksi ja vaikeasti ymmärrettäväksi.

Ohjeen tekijälle on jäänyt mieleen hyvin paljon uusia asioita ja näkökantoja sekä tietysti aivan perustietoa laitteiden toiminnasta ja sijoitusperusteista. Eteen tuli useita asioita, joita ei tule välttämättä heti ajatelleeksi laitetta sijoittaessaan. Tällaisia olivat mm. antureiden sijoittaminen sakkautuvia aineita kuljettaviin putkiin ja mitä on huomioitava eristettyjä putkia suunniteltaessa.

Aikaisempina vuosina teollisuuslaitoksia nähdessäni ja niissä kierrellessäni, olin monesti ihmetellyt, miksi putkisto on niin monimutkaiseksi ja hankalan näköiseksi muodostunut. Mutta tämän työn ja satojen suunnittelutuntien jälkeen on helppo ymmärtää, kuinka monimutkaisesta laitoksesta oikeastaan onkaan kyse ja kuinka monia asioita eri suunnittelijoiden ja valmistajien on otettava huomioon suurilla laitoksilla tehtäessä.

Työhön olisi ollut hyvä saada lisää huomiokohteita käyttö- ja asennusmiesten kannalta. Myös, koepaineistuksia, käyttöönottoja yms. olisi ollut mahtava päästä näkemään, sillä suunnittelu on vain lyhyt ajanjakso koko laitoksen elinkaareissa, mutta käyttömiesten käsissä laitos on vuosikausia suunnittelun jälkeen. Niinpä suunnittelijan minuutissa tekemä huolimattomuus- tai ajattelemattomuusvirhe voi olla vaivana käytettävyydessä tai toimivuudessa hyvin pitkään. Joskus tällaiset virheet voivat olla hyvin kalliita muuttaa paremmaksi tai valmistaa/suunnitella uudestaan.

## LÄHDELUETTELO

### Painetut lähteet

- 1 Hämäläinen, Jukka, Putkistonsuunnittelu pähkinänkuoressa. INSKO –seminaarin luentokansio. Tampere 2/2006
- 2 Partanen Aarno, Eristäminen ja lämpösaatot, INSKO –seminaarin luentokansio. Tampere 2/2006
- 3 Porvali Sami, Tutkintotyö, Tampereen Ammattikorkeakoulu, Toukokuu 2004
- 4 Purje, Juha, Inspecta. Putkistojen suunnittelu, valmistus ja tarkastus uuden painelaitesäädösten mukaan. INSKO –seminaarin luentokansio. Tampere 2/2006
- 5 Suomen standardoimisliitto, Standardi SFS-5059 Instrumentointi. Instrumenttien sijoittaminen prosessiin.
- 6 Sweco PIC muistiinpanokansio II
- 7 Teivas, Tapio, Laitos- ja putkistosuunnittelu kolmiulotteisen tietokannan avulla. INSKO –seminaarin luentokansio. Tampere 2/2006

### Painamattomat lähteet

- 8 Blomberg, Teuvo, Luento, Tampere 2/2006, Turvatekniikan keskus.
- 9 Kangas, Heikki, Luento, Tampere 2/2006, Stora Enso OYJ.
- 10 Vanhatalo, Erkki, Luento, Tampere 2/2006, Etepa Teollisuuspalvelu Oy.
- 11 Vehkakoski, Terho, Haastattelu 4/2006

### Sähköiset lähteet

- 12 Aquatech trade. [www-sivu]. [viitattu 26.3.2006] Saatavissa:  
[http://www.aquatechtrade.com/marketplace/mypage/information.asp?  
mypageid=151](http://www.aquatechtrade.com/marketplace/mypage/information.asp?mypageid=151)
- 13 Finlex – valtion säädöstietopankki. [www-sivu]. [viitattu 19.4.2006]  
Saatavissa <https://www.finlex.fi>
- 14 Sääto Oy. [www-sivu]. [viitattu 14.4.2006] Saatavissa:  
<http://www.saato.fi>