

LAPPEENRANNAN TEKNILINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

LUT-Metalli

BK10A0400 Kandidaatintyö

KANDIDAATINTYÖ

Laskentatoimen tarkastuksen koordinointi ja kehitys, Osa 1 – putkistot

Lappeenrannassa 1.9.2009

Antti Lahtinen

TIIVISTELMÄ

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on esittää ratkaisu CTS Engtec Oy:n (myöhemmin CTS) laitos osaston alla toimivan laskentatoimen sisäisen tarkastuksen suorittamiseen koskien pääasiassa standardisarjojen SFS-EN 13480 sekä SFS-EN 12952 mukaisesti suunniteltujen putkistojen lujuuslaskelmien sekä niihin liittyvien dokumenttien tarkastusta. Työssä perehdyttiin käytännön projektityöhön sekä niitä koskeviin standardeihin ja lainsäädäntöön, jonka kautta saatiin kuva erilaisten suunnitteluasiakirjojen laadinnasta, niissä mahdollisesti ilmenevistä virheistä sekä ennen kaikkea virheiden aiheuttajista. Kandidaatintyönä esitettiin ratkaisu tyypillisimpien asiakirjatyypien tarkastuksen suorittamiseen ja perehdyttiin tarkastuksen ongelmakohtiin projektityöskentelyssä. Tämän lisäksi esitettiin kokonaisvaltainen ratkaisu tarkastuksen laskentatoimen tarkastuksen toteuttamiseksi. Käytännön tarkastustyötä helpottamaan luotiin tietokoneohjelma, joka johdonmukaisesti ohjaa tarkastusta sekä automaattisesti luo tarkastetusta asiakirjakokonaisuudesta raportin. Tätä raporttia voidaan käyttää yrityksessä laadunvalvonnan mittarina. Ohjaajana työssä CTS:llä toimi Ari Rantala.

SISÄLLYSLUETTELO:

TIIVISTELMÄ	1
JOHDANTO	3
1 YRITYKSEN ORGANISAATIO	4
2 TARKASTUS KÄYTÄNNÖSSÄ.....	5
3 KÄYTETTÄVÄT STANDARDIT JA LAINSÄÄDÄNTÖ	8
3.1 Eurooppalainen lainsäädäntö ja standardit.....	9
3.2 Muut standardit ja lainsäädäntö	14
3.3 Tarkastajan perehtyneisyys ja pätevyys	16
4 TARKASTUKSEN ERI OSA – ALUEET	17
4.1 Lähetettävät asiakirjat	18
4.1.1 Lähtötiedot	19
4.1.2 Laskelmat.....	22
4.1.3 Detaljipiirustukset.....	25
4.1.4 Jännitysanalyysit	27
4.1.5 Hitsaussuunnitelmat.....	31
4.1.6 Isometriset putkistopiirustukset	32
4.1.7 Materiaali- ja muut luettelot	36
4.1.8 Muut asiakirjat	37
4.2 Muu tarkastustoiminta.....	38
4.2.1 Standardilistan tarkastus ja päivitys.....	38
4.2.2 Käytettävien ohjelmien sekä työkalujen tarkastus.....	39
4.3 Laskentatoimen tarkastuksen ulkopuolelle jäävät asiat	40
5 TARKASTUSOHJELMA	41
5.1 Tarkastuksen suorittaminen	42
5.2 Standardilistan tarkastus ja muut toiminnot.....	43
6 YHTEENVETO	43
7 LÄHTEET	44
LIITTEET	

JOHDANTO

Tämä asiakirja sisältää ehdotuksen tarkastuskäytännöksi CTS:n projektityöskentelyssä suunniteltavien erilaisissa tehtävissä toimivien putkistojen lujuuslaskelmien sekä niihin liittyvien dokumenttien tarkastukseen ennen niiden jakelua eteenpäin esim. asiakkaalle. Tätä asiakirjaa voidaan käyttää yrityksen projektikäsikirjan tarkoitettuna toimintakohtaisena menettelyohjeena. Tällä hetkellä yrityksessä suunnitellaan ja mitoitetetaan putkistoja pääasiassa eurooppalaisten painelaitedirektiivin kanssa harmonisoitujen standardisarjojen SFS-EN 13480 sekä SFS-EN 12952 mukaisesti. Standardisarjassa SFS-EN 13480 käsitellään metallisten teollisuusputkistojen suunnittelua ja mitoittamista, kun standardisarjassa SFS-EN 12952 puolestaan annetaan ohjeet vesiputkikattiloiden ja niihin liittyvien laitteistoiden suunnittelua ja mitoittamista varten. Tämän tarkastusmenettelyn laadinnassa on erityisesti perehdytty näihin kahteen standardisarjaan. Tätä tarkastusohjetta voidaan lisäksi soveltuvin osin käyttää muiden esim. ASME B31.1, ASME B31.3, ASME Boiler and Pressure Vessel Code, SFS-EN 12953 tai SFS-EN 13445 standardien tai standardisarjojen mukaisesti suunniteltujen putkistojen, putkiston osien tai niihin liittyvien painelaitteiden suunnittelussa ja mitoituksessa tuotettujen dokumenttien tarkastukseen. Uusien tai projekti-kohtaisten suunnittelussa sovellettavien ja näin myös tarkastuksessa tarvittavien standardien tai standardisarjojen sekä lakien tai asetusten käyttöönotosta sekä soveltamisesta on kerrottu tarkemmin kohdassa 3.2.

Yrityksellä on ISO 9001 standardin mukainen laadunhallintajärjestelmä, joka on myös sertifioitu. Tämän menettelyohjeen laadinnassa on otettu huomioon yrityksen ISO 9001 standardin soveltamiseen perustuvan projektikäsikirjan sisältö. Suunnittelussa ja mitoituksessa sovellettavat standardit tai lainsäädäntö eivät itsessään aseta vaatimuksia yrityksen sisäisen tarkastuksen suorittamiselle. Lähetettävien asiakirjojen tarkastus suoritetaan mm. siksi, että yrityksen ISO 9001 –sertifioinnin asettamat vaatimukset pystytään täyttämään. Tämän lisäksi voidaan esimerkiksi projekti- tai asiakaskohtaisesti erikseen sopia, että asiakirjat tulee toimittaa asiakkaalle tarkastettuina. Sisäisen tarkastuksen tarkoituksena on myös pitkällä tähtäimellä kehittää yrityksen toimintaa, jotta esim. yrityksen asiakkaalle tai putkiston valmistuksesta vastaavalle urakoitsijalle pystytään toimittamaan virheettömät, yhtenäiset sekä yksikäsitteiset asiakirjat, jotka esittävät parhaan

mahdollisen ratkaisun putkiston toteuttamiseksi sekä ovat kyseisessä tapauksessa sovellettavien standardien tai lainsäädännön mukaisia. Sisäisen tarkastuksen tarkoituksena on esim. kohdassa 3.1 mainitun ilmoitetun laitoksen suorittamasta tarkastuksesta poiketen tietojen oikeellisuuden lisäksi kiinnittää huomiota mm. tehtyihin suunnitteluratkaisuihin sekä pohtia vaihtoehtoisia ratkaisuja putkiston toteuttamiselle. Tarkastuksesta saadun palautteen perusteella pystytään yrityksessä toimintaa parantamaan sekä kehittämään edelleen.

Projekteissa suunnittelun eri osa-alueet ovat hyvin kiinteästi yhteydessä toisiinsa, eikä laskentatoimen toimintaa voida käsitellä täydellisesti muusta toiminnasta eriytettynä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että yhdellä suunnittelun taholla tapahtuvat muutokset vaikuttavat muiden tahojen toimintaan ja suunnitteluun. Muutosten vaikutukset moninkertaistuvat, jos muutokset tapahtuvat sellaisilla suunnittelun osa-alueilla, jotka tuottavat lähtötietoja muulle suunnittelulle. Yrityksen sisäisen tarkastuksen työnjako tulee laatia siten, että kaikki suunnittelualueet tulevat riittävällä tavalla tarkastetuiksi, mutta päällekkäisiltä toiminnoilta kuitenkin vältytään. Kaikkien lähetettävien asiakirjojen täydellinen tarkastaminen kaikilta kohdiltaan vaatisi kohtuuttomasti resursseja. Tarkastuksen tarkoitus ei siis ole kokonaisuudessaan toistaa suunnittelutyötä, vaan harkitusti ja kohdennetusti puuttua tiettyihin suunnittelun osa – alueisiin sekä tunnettuihin ongelma-kohtiin.

1 YRITYKSEN ORGANISAATIO

Yrityksen organisaatio koostuu eri osastoista, jotka kukin hoitavat tiettyä suunnittelun osa- aluetta projekteissa. Osastojen sisällä on lisäksi muodostettu omia jaoksiaan, jotka ovat keskittyneet tiettyyn erityistehtävään, kuten esim. erilaisista lujuslaskentatehtävistä huolehtiva laskentatoimi. Projekteissa toimivat henkilöt nimetään erikseen yrityksen johdon toimesta kultakin osastolta. Jokaiselle projektiin nimetään lisäksi erikseen myös projektipäällikkö. Liitteessä 1 olevassa kaaviossa on esitetty yrityksen eri osastojen projektissa tyypillisesti tuottamat putkistosuunnitteluasiakirjat sekä niiden keskinäiset riippuvuussuhteet. Liitteestä selviää asiakirjojen sisältämän tiedon kulku eri osastojen välillä aina lähtötiedoista toimitettaviin asiakirjoihin asti. Liitteen kaaviossa on pyritty

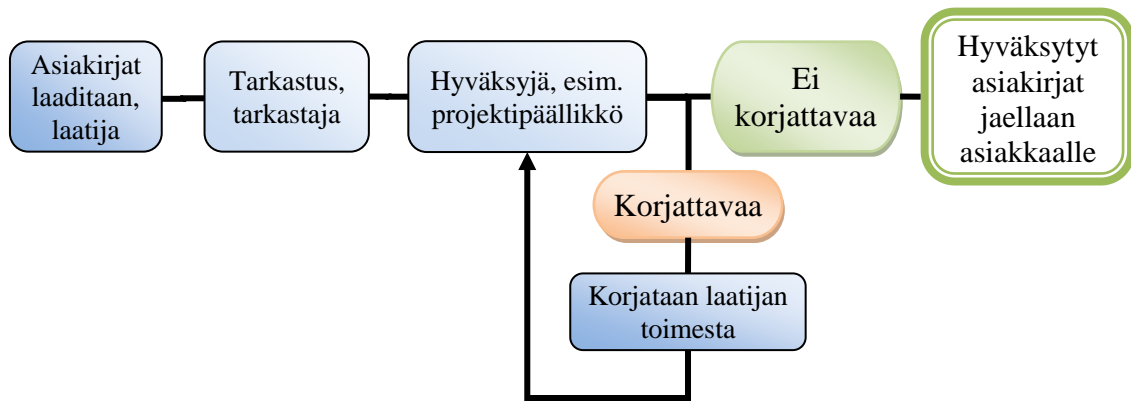
esittämään yrityksen sisäisen organisaation lisäksi yleisimmät projektissa vaikuttavat ulkoiset toimijat. Kaaviossa on keskitytty erityisesti esittämään organisaation toimintaa siten, että siinä toimivien jäsenten vaikutukset kyseiseen dokumenttityyppiin tulevat selvästi esille. Etenkin yrityksen sisällä ovat suunnittelun osa-alueet kuitenkin hyvin kiinteästi yhteydessä toisiinsa, joten kaikkia mahdollisia kytköksiä ei kaaviossa ole pyritty esittämään. (Rantala 2008)

Tämän tarkastusohjeen käsittelemässä putkistosuunnittelussa tarkastukseen kuuluvat tyypillisimmät asiakirjat voidaan jakaa liitteen 1 mukaisesti seitsemään eri ryhmään: lähtötiedot, laskelmat, jännitysanalyysit, detaljipiirustukset, isometriset putkistopiirustukset, hitsaussuunnitelmat (WPS) sekä erilaiset luettelot. Nämä asiakirjat voivat sisältää sellaista tietoa, että tarkastus tulee suorittaa kokonaan tai sellaista tietoa, tarkastus voidaan suorittaa vain osittain laskentatoimessa. Lueteltujen asiakirjojen lisäksi voidaan projekteissa laatia myös muita asiakirjoja, jotka vaativat tarkastusta laskentatoimessa. Liitteessä 1 esitetyn kaavion sekä palaverissa käytyjen keskustelujen pohjalta on kaaviossa myös pyritty esittämään laskentatoimen yrityksessä suorittaman tarkastustoiminnan järkevä rajaus. Laskentatoimea koskeva tarkastus on jaoteltu liitteessä 1 kahteen osa-alueeseen, täydelliseen sekä osittaiseen tarkastukseen. Jaottelun tarkoituksena on, että täydelliseen tarkastukseen kuuluvat dokumentit on mahdollista tarkastaa vain laskentatoimessa, kun taas osittain tarkastettavat dokumentit voidaan ja tulee tarkastaa yhteistyössä muiden organisaation jäsenten kanssa. Tähän rajaukseen pohjautuen on laadittu tarkastusohjeet jokaiselle asiakirjalle kohdassa 4 esitetyllä tavalla. (Rantala 2008)

2 TARKASTUS KÄYTÄNNÖSSÄ

Tarkastuksen ehdotetaan toimivan projekteissa peruseriaatteeltaan kuvassa 1 esitetyllä tavalla. Kuvassa 1 esitetyt tarkastaja sekä hyväksyjä nimetään projektikohtaisesti jokaiseen projektiin ja kirjataan projektin laatusuunnitelmaan eli PLS:n. Asiakirjojen laatija ja tarkastaja sekä tarkastaja ja hyväksyjä eivät voi olla sama henkilö. Pienimmissä projekteissa, joissa ei laadita projektin laatusuunnitelmaa, tulee projektiin selvästi nimetä tarkastuksen ja hyväksymisen suorittavat henkilöt. Tarkastajalle, hyväksyjälle sekä mahdollisesti myös korjaajalle on myös hyvä projektissa nimetä varahenkilöt. Tällä

varmistetaan siitä, että henkilön ollessa estynyt suorittamaan hänelle määrättyä tehtävää, pystytään tehtävä kuitenkin suorittamaan varahenkilön toimesta laaditun aikataulun mukaisesti.



Kuva 1 Tarkastus laskentatoimessa

Asiakirjat tarkastetaan lähetystä varten yhden kerran. Tarkastuksesta luodaan raportti, jossa näkyvät tarkastukseen kuuluvat asiakirjat sekä tarkastajan niissä kommentoimat seikat. Tarkastuksessa tarkastaja käy läpi tarkastukseen luovutetut dokumentit ja kirjaa kommentit esimerkiksi liitteen 2 tyyppiseen tai vastaavaan tarkastusraporttiin. Raportti toimitetaan tarkastuksen jälkeen kyseisessä projektissa erikseen määrätylle hyväksyjälle, joka tarkastusraportin perusteella tekee päätöksen asiakirjojen lähettämisestä tai muuttamisesta ja merkitsee sen tarkastusraporttiin. Tarkastusraportti toimitetaan tämän jälkeen asiakirjat laatineelle henkilölle tai henkilöille, jotka suorittavat mahdolliset korjaukset ja saavat samalla palautteen tehdystä työstä. On suositeltavaa, että mahdolliset muutokset tai korjaukset suorittaa asiakirjat laatinut henkilö, jotta laatija on itse tietoinen tehdyistä muutoksista ja vastaavilta virheiltä tai muutoksilta välttyään tulevaisuudessa. Korjaaja kommentoi tehdyt korjaukset raporttiin. Asiakirjojen korjauksen jälkeen hyväksyjä tekee päätöksen asiakirjojen jakelusta.

Liitteen 1 mukainen suositeltava tarkastuksen rajausta ei käytännön projekteissa ole aina mahdollinen. Tarkastajan tulee ennen tarkastusta rajata tarkastus ja olettaa tarkastuksen ulkopuoliset tiedot oikeiksi lähtötietoina. Jokaisen tarkastettavan asiakirjan sisältö tarkastetaan erikseen kyseiselle asiakirjalle kohdassa 4.1 annettujen ohjeiden mukaisesti. Tarkastettava dokumentti on usein liitteessä 1 esitetyllä tavalla yhteydessä toisiin

dokumentteihin, joten toisiinsa kytköksissä olevien dokumenttien sisältämän tiedon yhtenäisyys tulee myös tarkastuksen yhteydessä todeta. Projektinhallinnallisten seikkojen, kuten asiakirjojen nimeämiskäytäntöjen tai muiden vastaavien seikkojen tarkastamiseen ei tässä tarkastusohjeessa kiinnitetä erityistä huomiota. Projektinhallinnalliset seikat on kuitenkin tarkastuksen yhteydessä suositeltavaa huomioida. Ennen tarkastusta tarkastajan tulee kohdan 3.3 mukaisesti perehtyä tarvittaviin standardeihin ja lainsäädäntöön. Tarkastuksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota uusiin suunnittelun osa – alueisiin, joiden toteuttamisesta ei yrityksessä ole aikaisempaa kokemusta. On lisäksi suositeltavaa, että tarkastusta kohdennetaan erityisesti suurimman vaaran eli esim. myöhemmin kohdassa 3.1 esitellyn suurimman painelaitedirektiivin mukaisen PED – luokan mukaan. Tarkastajan tulee olla mahdollisimman erillään asiakirjakokonaisuuden suunnittelusta sekä projektista, jotta hän pystyy ulkopuolisena henkilönä suorittamaan tarkastuksen ilman vaikutteita. Tällöin tarkastaja pystyy myös näkemään kokonaisuuden samalla tavalla, kuin asiakas tai muu projektin ulkopuolinen henkilö esim. putkiurakoitsija. Tarkastettava kokonaisuuden tulee lähtökohtaisesti sisältää sellaiset tiedot, että suunnittelu voidaan jäljittää aina lähtötiedoista lopputuloksiin asti. Asiakirjat tulee tarkastaa siinä muodossa, kun ne lähetetään, jotta varmistutaan juuri lähetettävien asiakirjojen oikeellisuudesta. Lisäksi projektinhallinnollisesti tulee riittävillä toimenpiteillä varmistua siitä, että etenkin sähköisiin asiakirjoihin ei tehdä muutoksia tai korjauksia niiden tarkastukseen luovutuksen jälkeen. Ainoastaan asiakirjojen korjaaja saa projektipäällikön luvalla tehdä tarkastusraportin mukaiset muutokset jaeltaviin asiakirjoihin tarkastukseen luovutuksen jälkeen. Projektinhallinnollisesti tulee myös varmistaa, että jaeltuihin asiakirjaversioihin on myöhemmin mahdollista palata, vaikka asiakirjat muuttuisivat tai päivittyisivät myöhemmin. Tarkastus- ja hyväksymismerkinnot tehdään lähetettäviin asiakirjoihin yrityksen projektikäsikirjan mukaisesti.

Tarkastuksen tavoitteena on pitkällä tähtäimellä kehittää laskentatoimen toimintaa eteenpäin ja kyseenalaistaa valittuja ratkaisuja. Laskentatoimen sisäiselle tarkastukselle voidaan asettaa yleisesti kolme päätavoitetta:

1. Turvallisuus (Tuottaa turvallinen ja asetetut vaatimukset täyttävä ratkaisu)
2. Toimivuus ja kustannustehokkuus (Tuottaa kustannustehokas sekä ennen kaikkea toimiva ratkaisu)

3. Laatu (Varmistaa tuotetun tiedon sekä dokumentoinnin korkea laatu)

ISO 9001 standardi antaa yleisesti vaatimuksen ja puitteet yrityksen toiminnan jatkuvalla kehittämiselle. Standardin mukaisesti jokaisessa yrityksen prosessissa voidaan soveltaa ”Suunnittele, Toteuta, Tarkista, Kehitä” (”Plan-Do-Check-Act” eli PDCA) – menettelyä. Laskentatoimessa tulee siis tarkastuksen kautta havaittujen seikkojen avulla kehittää toimintaa edelleen. (SFS-EN ISO 9001 2001, s.10-13)

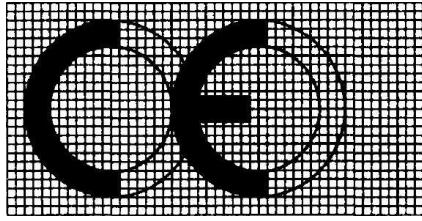
3 KÄYTETTÄVÄT STANDARDIT JA LAINSÄÄDÄNTÖ

Koska yrityksen asiakkaalle myymä tuote on tietyn standardin tai lainsäädännön mukaisesti suunniteltu putkisto, on suunnittelijan sekä tarkastajan erittäin tärkeää tietää, mitkä standardit, ohjeet tai säädökset on otettava huomioon suunnittelutyössä. Nämä standardit tai lainsäädäntö voivat muuttua tai päivittyä, joten näiden muutosten huomioiminen on myös tärkeää, jotta tuotteen määritelmä pystytään täyttämään. Suunnittelussa käytettävät standardit eivät aina anna yksiselitteisiä tai riittäviä suunnitteluohjeita tai voivat sisältää erilaisia virheitä tai puutteita. Tällaisia asioita korjataan julkaisemalla korjauksia ja päivityksiä standardeihin. Tällaisten virheiden ja puutteiden huomioiminen ja dokumentoiminen on erityisen tärkeää, kun kehitetään kohdan 4.2.2 mukaisia laskentatyökaluja. Käytännön suunnittelu- ja mitoitusyössä tarvitaan yleisesti kyseiseen tapaukseen sovellettavia yleisiä vaatimuksia, materiaaleja, suunnittelua ja laskentaa sekä tarkastusta ja testausta käsitteleviä standardeja sekä standardeja, joista voidaan lukea valittujen materiaalien lujuusarvot laskentaa varten. Lisäksi usein tarvitaan myös erilaisia putkenosia käsitteleviä standardeja. Lueteltujen standardien lisäksi tarvitaan vielä erilaisia ohjeita tai standardeja, jotka sisältävät tietoa putkiston valmistus- ja asennusprosessin käytännön toteuttamiseen sekä tekniseen dokumentointiin liittyvistä seikoista esim. putkentaivutus koneiden taivutussäteistä, hitsatun yhteen toteuttamisesta tai sorvauksen työstötoleransseista. Tarkastusta suorittavalle henkilölle tulee mahdollistaa pääsy kaikkiin tarkastettaviin asiakirjoihin liittyviin standardeihin. Tällöin tarkastajan on mahdollista kyseenalaistaa ja tarvittaessa myös jäljittää suunnittelu aina lähtötiedoista lopputuloksiin asti.

Tarkastusta varten on yrityksen projektikäytössä sovellettavista standardeista, muista standardinomaisista ohjeista sekä sovellettavasta lainsäädännöstä ja direktiiveistä luotu listaus. Nämä standardit ovat pääasiallisesti Suomen standardoimisliitto SFS:n julkaisemia SFS-EN ja -ISO standardeja. Listan mukaiset standardit on käytännön kokemuksen kautta havaittu tarpeellisiksi laskentatoimessa työskentelevälle suunnittelijalle ja näin ollen myös tarkastajalle. Listan käytettävyyden takia lista tarkastetaan määräjain. Listan tarkastuksen tarkoituksena on varmistaa viimeisimpien standardien käyttö suunnittelussa sekä lisäksi varmistaa, että suunnittelussa käytetään viimeisimpiä julkaistuja korjauksia ja päivityksiä. Tarkastuksen yhteydessä listaan voidaan myös lisätä uusia tarpeelliseksi todettuja standardeja. Listaukseen voidaan merkitä sekä kirjallisessa, että sähköisessä muodossa olevia asiakirjoja. Listauksen tarkastuksesta on kerrottu tarkemmin kohdassa 4.2.1. Kohdassa 5 on esitelty tarkemmin tietokoneohjelma, joka on laadittu käytännön tarkastustyökaluksi. Ohjelmalla voidaan ylläpitää standardilistausta sekä suorittaa myös listauksen tarkastus. Ohjelmalla voidaan myös helposti hakea haluttu standardi helposti tarkastuksen yhteydessä.

3.1 Eurooppalainen lainsäädäntö ja standardit

Euroopan unionin kautta Suomessa on ollut voimassa 29.11.1999 alkaen Euroopan talousalueella yhdenmukainen painelaitedirektiivi (engl. pressure equipment directive) eli PED 97/23/EY (TUKES 2001, s.181/13). Koska painelaitedirektiivin noudattaminen on pakollista, direktiivin astuessa voimaan vanhojen kansallisten säädösten voimassaolo päättyi painelaitedirektiivin siirtymäkauden lopussa toukokuussa 2002 (SFS 2009). Tätä direktiiviä tulee soveltaa kaikkiin painelaitteisiin ja laitekokonaisuuksiin, joiden suurin sallittu käyttöpaine on yli 0,5 baaria sekä kyseisten painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien valmistukseen ja vaatimustenmukaisuuden arviointiin. Kaikki painelaitteet voidaan luokitella vaaran arvioinnin perusteella PED I – IV luokkiin tai painelaitedirektiivin ulkopuolisiin ns. hyvän konepajakäytännön mukaan valmistettaviin painelaitteisiin. Kuvan 2 mukainen CE - merkintä on kiinnitettävä näkyvästä, helposti luettavasti ja pysyvästi direktiivissä määrättyihin painelaitteisiin tai laitekokonaisuuksiin. (TUKES 2001, 181/4-181/12) CE - merkintä tarkoittaa, että painelaite on painelaitedirektiivin ja muiden CE - merkinnän kiinnittämistä koskevien direktiivien mukainen (TUKES 2001, 181/3).



Kuva 2 Kaavio CE-merkinnän muodostumisesta (TUKES 2001, s.181/54)

Painelaitedirektiivi esittää CE – merkinnän kiinnittämistä varten vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyn eri PED - luokissa oleville painelaitteille tietyin ehdoin. Painelaitteet jaotellaan mm. säiliöihin, putkistoihin tai laitekokonaisuuksiin, joille määritellään PED – luokka direktiivin liitteen II taulukoiden perusteella. PED – luokka määräytyy siis direktiivin liitteen II mukaisen kyseiseen tapaukseen sovellettavan taulukon perusteella, perustuen tapauksesta riippuen esim. sisältöön, paineeseen, putken nimelliskokoon, lämpötilaan tai tilavuuteen. Jos painelaite ei direktiivin liitteen II mukaisesti saa PED - luokkaa, tulee painelaite valmistaa ja suunnitella ”hyvää konepajakäytäntöä” noudattaen ja siihen ei saa tällöin kiinnittää CE – merkintää. Jokaisen tiettyyn PED – luokkaan kuuluvan painelaitteen vaatimustenmukaisuuden arviointi suoritetaan PED – luokan kautta valitun moduulin mukaisesti. Moduulien sisältö on esitetty direktiivin liitteessä III. (TUKES 2001, s.181/6-181/10, Liite II) Painelaitteiden tarkastuslaitokset, kuten ilmoitettu laitos, pätevöintilaitos, käyttäjien tarkastuslaitos, hyväksytty laitos sekä omatarkastuslaitos hoitavat mm. erilaiset painelaitteiden tarkastukset. Ilmoitetun laitoksen tehtävänä on arvioida markkinoille saatettavien painelaitteiden tai laitekokonaisuuksien vaatimustenmukaisuutta, antaa materiaalien eurooppalaiset hyväksynnit sekä tehdä mahdollisia erityistehtäviä. Vaatimustenmukaisuuden arviointiin kuuluu painelaitetyyppien, suunnitelmien, valmistettujen painelaitteiden ja laatujärjestelmien hyväksyminen sekä laatujärjestelmien ja valmistajan tekemien loppuarviointien valvontaa. Ilmoitettu laitos suorittaa siis tämä asiakirjan mukaisten suunnitelmien varmentamisen, jos se valitun moduulin kautta vaaditaan. (TUKES 2009, s.4-7) Painelaitedirektiivin tulkittamisen helpottamiseksi julkaistaan direktiivin soveltamisohjeita, jotka auttavat esim. painelaitteen PED – luokittelussa esiintyvien ongelmien ratkaisussa. Esimerkiksi ohjeen 3/4 perusteella pystytään kattilalaitoksessa määrittämään raja kattilalaitoksessa kattilan ja putkiston välille ja näin soveltamaan oikeaa vaaran arviointia sekä standardia. (Blomberg 2009, s.2, 110) Myöhemmin esiteltävän standardisarjan SFS-EN 12952 standardin SFS-EN

12952-1 kohdassa 1.2 on puolestaan määritelty kyseisen standardin mukaisen kattilakokoonpanon laajuus. (SFS-EN 12952-1 s.6). Kauppa- ja teollisuusministeriö on julkaissut kansallisen asiakirjan Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaitteista, KTMP 938/99 (Finlex 2009). Asiakirja sisältää painelaitedirektiivin kanssa vastaavat ohjeet painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnittelulle, valmistukselle ja vaatimustenmukaisuuden arvioinnille (TUKES 2009, s.5).

Tässä asiakirjassa perehdytään erityisesti metallisten teollisuusputkistojen SFS-EN 13480 ja vesiputkikattiloiden SFS-EN 12952 putkistojen suunnitteluasiakirjojen tarkastamiseen. Standardisarja SFS-EN 13480 antaa ohjeet prosessiputkistojen suunnitteluun (SFS-EN 13480-1 2002, s.2-4). Standardisarja SFS-EN 12952 puolestaan käsittelee vesiputkikattiloiden ja niihin liittyvien laitteistoiden suunnittelua (SFS-EN 12952-1 2002, s.4-6). Alla olevissa taulukossa 1 sekä 2 on esitelty molempien standardisarjojen osat.

Taulukko 1 SFS-EN 13480 osat ja harmonisointi (SFS-EN 13480-1 s.12)

SFS-EN 13480-1	Yleistä
SFS-EN 13480-2	Materiaalit
SFS-EN 13480-3	Suunnittelu
SFS-EN 13480-4	Valmistus ja asennus
SFS-EN 13480-5	Tarkastus ja testaus
SFS-EN 13480-6	Lisävaatimukset maanalaisille putkistoille
CEN/TR 13480-7	Ohje vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyn käytölle

Taulukko 2 SFS-EN 12952 osat ja harmonisointi (SFS-EN 12952-1 s.4, Anon. 2009)

SFS-EN 12952-1	Yleistä
SFS-EN 12952-2	Kattiloiden ja niiden varusteiden paineenalaisiin osiin tarkoitetut materiaalit
SFS-EN 12952-3	Paineenalaisten osien suunnittelu ja laskenta
SFS-EN 12952-4	Käytössä olevan kattilan odotettavissa olevan käyttöajan laskenta
SFS-EN 12952-5	Kattilan paineenalaisten osien rakenne ja valmistus
SFS-EN 12952-6	Kattilan paineenalaisten osien valmistuksen aikainen tarkastus, dokumentointi ja merkintä
SFS-EN 12952-7	Vaatimukset kattilan varusteille
SFS-EN 12952-8	Vaatimukset nestemäisten ja kaasumaisten polttoaineiden polttolaitteistoille
SFS-EN 12952-9	Vaatimukset pölymäisten polttoaineiden polttolaitteistoille
SFS-EN 12952-10	Vaatimukset sallitun paineen ylitykseltä suojaaville järjestelmille
SFS-EN 12952-11	Vaatimukset rajoitinlaitteille ja turvajärjestelmille
SFS-EN 12952-12	Laatuvaatimukset syöttövedelle ja kattilavedelle
SFS-EN 12952-13	Vaatimukset savukaasun puhdistuslaitteistoille
SFS-EN 12952-14	Vaatimukset savukaasun typenpoistolaitteistoille (DENOX)
SFS-EN 12952-15	Vastaanottokokeet
SFS-EN 12952-16	Vaatimukset kiinteän polttoaineen polttolaitteistoille arina- ja leijupoltossa

Taulukossa 1 olevat kaikki standardit sekä taulukossa 2 tummennetulla merkityt standardin osat ovat painelaitedirektiivin kanssa harmonisoituja standardeja. (Anon. 2009) Taulukon 1 laatimisen jälkeen on standardisarjaan SFS-EN 13480 lisäksi julkaistu osa 8, joka käsittelee alumiini ja alumiiniseosteisten putkistojen lisävaatimuksia. (SFS-EN 13480-1/A2, s.4). Tämäkin standardin SFS-EN 13480 osa on harmonisoitu. (Anon. 2009). Harmonisoidulla standardilla tarkoitetaan standardia, joka täyttää painelaitedirektiivin vaatimukset kyseisen standardin liitteessä ZA esitetyllä tavalla. Harmonisoidut standardit julkaistaan Komission toimesta Euroopan unionin virallisessa lehdessä, EUVL. Harmonisoidut standardit esittävät siis ohjeet painelaitedirektiivin turvallisuusvaatimuksen täyttävää suunnittelua varten. Vaikka harmonisoitujen standardien noudattaminen on vapaaehtoista, on painelaitedirektiivin noudattaminen kuitenkin pakollista. Painelaitteen direktiivin mukainen valmistaja on aina vastuussa painelaitteen turvallisuudesta. (SFS 2009) Painelaitedirektiivin mukaisella valmistajalla tarkoitetaan yksilöä tai organisaatiota, joka vastaa vaatimusten mukaisesti painelaitteen suunnittelusta, valmistuksesta, tarkastuksesta sekä asennuksesta. Painelaitteen direktiivin mukaisena valmistajana on mahdollista siis toimia myös esim. suunnittelutoimisto. (SFS-EN 12952-1 2002, s.8) On myös tärkeää huomata, että valmistettavaa tuotetta eli SFS-EN 13480 tai SFS-EN 12952 standardien mukaista putkistoa voivat koskea painelaitedirektiivin lisäksi muut

vaatimukset tai muut EY:n direktiivit, jotka tulee täyttää asianmukaisesti. (SFS-EN 13480-1 2002, Liite ZA & SFS-EN 12952-1 2002, Liite ZA) Lisäksi nämä standardit voivat sisältää myös velvoittavia viittauksia toisiin standardeihin, jotka tulee myös ottaa huomioon suunnittelussa. (SFS-EN 13480-1 2002, s.4 & SFS-EN 12952-1 2002, s.6).

Painelaitteen valmistajan tulee todistaa, että painelaitedirektiivin rakenneaineita koskevat vaatimukset täyttyvät valmistettavassa painelaitteessa. Tämä voidaan todistaa siten, että rakenneaineet ovat yhdenmukaistettujen standardien mukaisia, niillä on rakenneaineiden eurooppalainen hyväksyntä tai niille on suoritettu rakenneaineiden erityisarviointi. PED – luokissa III sekä IV olevien painelaitteiden materiaalin erityisarvioinnista vastaa sellainen ilmoitettu laitos, joka vastaa painelaitteiden vaatimustenmukaisuuden arvioinnista. Komissio julkaisee hyväksytyt rakenneaineiden eurooppalaisen hyväksynnän saaneet materiaalit Euroopan yhteisöjen virallisessa lehdessä. (TUKES 2001, s.181/10, 181/21) Taulukossa 1 ja 2 esitettyjen standardisarjojen osissa kolme määrittellään laskentalujuuden valitulle materiaalille. Laskentalujuuden määrittämistä varten on haettava valittujen materiaalien tai materiaalin arvot painelaitemateriaalstandardista. Arvot voivat olla riippuvaisia esim. lämpötilasta tai kattialan suunnitellusta käyttöiästä. Taulukossa 3 on esitetty esim. prosessiputkistoissa käytettävät materiaalistandardit erilaisille materiaalityypeille ja tuotemuodoille. (SFS-EN 13480-3 2006, s.40-47 & SFS-EN 12952-3 s.30-31)

Taulukko 3 SFS-EN 13480-3 mukaiset teollisuusputkistoissa käytettäviä teräksiä koskevat eurooppalaiset standardit (SFS-EN 13480-2 2002, Liite A)

Tuotemuoto	Yleiset vaatimukset	Huoneen lämpötilateräslajit ^a	Kuumalujat teräslajit	Hienoraeteräkset		Nuorrutetut	Matalien käyttölämpötilojen teräslajit	Ruostumattomat teräkset
				Normalisoidut	Termomekaanisesti valssatut			
Levy ja nauha	EN 10028-1	–	EN 10028-2	EN 10028-3	EN 10028-5	EN 10028-6	EN 10028-4	EN 10028-7
Valssatut tangot	–	–	EN 10273	–	–	–	–	EN 10272
Saumaton putki	–	EN 10216-1	EN 10216-2	EN 10216-3	–	EN 10216-3	EN 10216-4	prEN 10216-5
Kaarihitsattu putki	–	EN 10217-1	EN 10217-2	EN 10217-3	–	–	EN 10217-4	–
Jauhekaari-hitsattu putki	–	EN 10217-1	prEN 10217-5	EN 10217-3	–	–	EN 10217-6	–
Sulahitsattu putki	–	–	–	–	–	–	–	EN 10217-7
Putkenosa	–	prEN 10253-2	prEN 10253-2	prEN 10253-2	prEN 10253-2	prEN 10253-2	prEN 10253-2	prEN 10253-4
Tae, mukaan lukien taotut tangot	EN 10222-1	–	EN 10222-2	EN 10222-4	–	–	EN 10222-3	prEN 10222-5
Valu	EN 10213-1	–	EN 10213-2	–	–	–	EN 10213-3	EN 10213-4
Kiinnitinteräs	–	–	EN 10269	–	–	–	EN 10269	EN 10269

^a Huoneenlämpötilan arvot esitetään kaikissa tämän taulukon standardeissa.

Kaikki taulukossa 3 esitetyt standardit ovat harmonisoituja eli painelaitedirektiivin kanssa yhdenmukaistettuja standardeja. Taulukon 3 julkaisun jälkeen prEN - statuksella olleet standardit ovat muuttuneet EN – standardeiksi. Lisäksi yksittäinen EN 10213 standardi on korvannut eri osat. (Anon. 2009) Näiden harmonisoitujen standardien määrittelemät materiaalit täyttävät kyseisen standardin liitteen ZA mukaisesti painelaitedirektiivin asettamat vaatimukset ja soveltuvat näin painelaitemateriaaliksi. (SFS 2009) Materiaaleista annetaan ainestodistus, joka takaa tuotteen olevan täyttävän sille tilauksen yhteydessä asetetun määritelmän eli takaa tuotteen olevan viitatus materiaalistandardin mukainen. Painelaitemateriaaleille vaaditaan tyyppin 3.1, 3.2, 2.2 tai 2.1 tyyppinen ainestodistus. Tyyppin 3.1 tai 3.2 mukaiset ainestodistukset vaaditaan paineenalaisten pääosien ollessa PED – luokassa II – IV. Tyyppin 2.2 vaaditaan paineenalaisten pääosien ollessa PED – luokassa I, muissa kuin paineenalaisissa pääosissa olevilta tuotteilta tai PED – luokan II – IV osaan kiinnittyneiltä osilta. Tyyppin 2.1 mukainen todistus sallitaan muulloin. (SFS-EN 10204 2004, Liite ZA)

Muita suunnittelutyössä usein tarvittavia apuvälineitä voivat olla esimerkiksi hitsausta, hitsien tarkastusta tai lämpökäsittelyä, lastuavaa työstöä, erilaisia putkenosia tai varusteita, putkiluokkia, putkenosien tai putkien mittasarjoja tai yleisiä suunnittelua käsittelevät standardit tai ohjeet. Näistä kaikki standardit eivät ole painelaitedirektiivin kanssa harmonisoituja standardeja. Tämän lisäksi kaikki käytettävät standardit eivät myöskään ole eurooppalaisia EN – standardeja. Muita kuin EN - standardeja ovat julkaisseet esimerkiksi suomalainen PSK Standardisointiyhdistys ry (myöhemmin PSK), saksalainen standardointiorganisaatio DIN tai Suomen Standardisoiimisliitto SFS ry (myöhemmin SFS). Näistä standardeista on kerrottu tarkemmin kohdassa 3.2. Lisäksi esimerkiksi konepajat sekä laitetoimittajat ovat julkaisseet omia erillisiä ohjeita suunnittelua varten, joiden avulla putkiston valmistukselliset seikat voidaan ottaa suunnittelussa paremmin huomioon. (Rantala 2009)

3.2 Muut standardit ja lainsäädäntö

Painelaitedirektiivin soveltamisalueen ulkopuolelle suunnitellun putkiston täytyy täyttää kohdemaan lainsäädännön sekä paikallisten olosuhteiden ja niitä koskevien standardien

asettamattavat vaatimukset. Vaatimuksia putkistolle voivat asettaa mm. paikalliset lait tai määräykset koskien esim. tuuli- tai maanjäristyskuormia. (Rantala 2008) Eurooppalaisten EN – standardien ohella putkistojen suunnitteluun ja mitoittamiseen käytetään amerikkalaisen ASME:n (The American Society of Mechanical Engineers) laatimaa B31 koodia sekä tietyissä sovelluskohteissa myös ASME Boiler and Pressure Vessel Code (myöhemmin BPVC) - koodia. (ASME B31.1 2007, s.x-3) Amerikkalaisen järjestelmän mukaisesti standardi muuttuu koodiksi (code), kun sen noudattaminen on vahvistettu lailla ja se on hyväksytty valtiollisessa elimessä. Standardien noudattaminen on puolestaan vapaaehtoista, ellei vaatimusta niiden noudattamisesta ole sisällytetty sopimuksiin tai sääntöihin. (ASME 2009) ASME B31 koodi käsittää ohjeet erilaisissa käyttökohteissa olevien paineenalaisten putkistojen suunnitteluun ja mitoittamiseen. Standardisarjaan kuuluvat osat sekä soveltamisalat on esitetty taulukossa 4. Putkistoa voivat koskea myös useat ASME B31 koodin osa tai toiset koodit tai standardit esimerkiksi kansallinen maakaasukoodi ANSI Z223.1. Kaikki ASME B31 koodin osat ovat Amerikan kansallisia standardeja. (ASME B31.1 2007, s.x-xi) Tämä tarkoittaa siis, että ANSI (The American National Standards Institute) on akreditoinut koodin osat (ANSI 2009). ASME B31 koodin osat B31.1 ja B31.3 sekä tietyiltä osin ASME BPVC sisältävät yrityksen yleisimpien projektityyppien vaatimat mitoitus- ja suunnitteluohjeet (Rantala 2008). Kuten aikaisemmin eurooppalaisten standardien yhteydessä myös esimerkiksi ASME B31.1 asettaa tietyt vaatimukset eri osissa käytettäville materiaaleille. Koodi sisältää määritelmän materiaaleista, jotka täyttävät koodin vaatimukset. Hyväksytyjä tuotteita käsitteleviä standardeja on julkaissut esimerkiksi ASTM (American Society for Testing and Materials). (ASME B31.1 2007, s.61, 65-71) ASME B31.1 standardissa on esitetty myös omat vaatimuksensa erilaisille putkiston osille, kuten esim. putkille, liitososille, taivutuksille tai käyrille, haaroituksille, venttiileille, laipoille, tiivisteille tai pultituksille. (ASME B31.1 2007, s.29-33)

Taulukko 4 ASME B31 koodin osat (ASME B31.1 2007, s.x)

ASME B 31.1	Power Piping
ASME B 31.3	Process Piping
ASME B 31.4	Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids
ASME B 31.5	Refrigeration Piping
ASME B 31.8	Gas Transportation and Distribution Piping Systems
ASME B 31.9	Building Service Piping
ASME B 31.11	Slurry Transportation Piping Systems

Putkiston suunnittelussa sovelletaan usein myös EN – standardien yhteydessä lisäksi muita esimerkiksi kohdassa 3.1 mainittujen PSK, DIN tai SFS organisaatioiden tuottamia standardeja (Rantala 2008). Esimerkkinä PSK laatimista standardeista voidaan mainita esimerkiksi putkiluokkia käsittelevät ryhmän 42 sekä prosessiyhteitä käsittelevät ryhmän 78 standardit (PSK 2009). Putkiluokkia käytetään yleisesti putkistosuunnittelun apuvälineenä. Putkiluokalla tarkoitetaan samaan putkilinjaan soveltuvien putkien ja putkenosien valikoimaa, jossa mitat ja materiaalit on määritetty. Uudet PSK 4201 mukaiset EN – standardeihin perustuvat putkiluokat on laadittu korvaamaan vanhat SFS 5561 mukaiset putkiluokat. (PSK 4201, s.1-2) Prosessiyhdestandardit puolestaan sisältävät eri käyttöön tarkoitettujen hitsattavien putkiyhteiden suunnitteluohjeet (PSK 2009). Saksalaisista DIN – sekä SFS - standardeista käytetään edelleen yleisesti esim. eri mittastandardien mukaisia putkenosia (Rantala 2008).

Jos putkisto suunnitellaan sellaisen standardin tai lainsäädännön mukaan, josta ei yrityksessä ole aikaisempaa suunnittelukokemusta, tulee tuotetut asiakirjat tarkastaa erityisen huolellisesti. Jos putkiston mitoitus jatkuvassa suunnittelukäytössä tai riittävän suuressa projektissa toteutetaan noudattaen uusia suunnittelustandardeja tai lainsäädäntöä, tulee tämän ohjeen sisällön soveltuvuus varmistaa tuotettujen dokumenttien tarkastukseen soveltuvaksi. Pidempiaikaisessa suunnittelukäytössä olevat standardit tulee lisätä yleisimpien suunnittelustandardien listaan. Näin ollen myös standardien päivittyminen pystytään havaitsemaan kohdan 4.2.1 mukaisen menettelyn avulla.

3.3 Tarkastajan perehtyneisyys ja pätevyys

Tarkastajan tulee lähtökohtaisesti olla sellainen henkilö, joka kykenee itse tuottamaan vastaavat asiakirjat, joita hän tarkastaa. Tarkastajan tulee myös olla ennalta perehtynyt vähintään tarkastettavien laskelmien suorittamiseen vaadittaviin yleisimpiin standardeihin ja ohjeisiin. Yleisesti on suositeltavaa, että tarkastajalla on soveltuva tekninen koulutus sekä tietämystä peruslujuusopista. Jokaisella kohdassa 4 mainitulla tarkastuksen osa - alueella eli asiakirjatyypillä vaaditaan erityistä perehtyneisyyttä juuri kyseisen suunnittelun osa-alueen suorittamiseen. Tarkastajan laaja-alainen perehtyminen eri laskennan osa -

alueisiin mahdollistaa sen, että tarkastajan on mahdollista tarkastaa sellaisia asiakirjakokonaisuuksia, jotka ovat riittävän laajoja putkiston valmistamiseen. Suurissa tarkastuskokonaisuuksissa kokonaisuuden yhtenevyys tulee hajautettua tarkastusta paremmin huomioitua, mutta vastaavasti tarkastuksen työmäärä kasvaa.

Tarkastettaessa kohdan 4.2.2 tyyppisillä laskentatyökaluilla tuotettuja laskelmia, vaaditaan tarkastajalta tarvittaviin standardeihin, lainsäädäntöön sekä ohjeisiin perehtymisen lisäksi perehtyneisyyttä kyseisen työkalun toimintaan. Jännitysanalyysit asettavat tarkastajalle erityisvaatimuksia niissä sovellettavan elementtimenetelmän kautta. Jotta tarkastaja on pätevä tarkastamaan elementtimenetelmällä suoritettuja kohdan 4.1.4 mukaisia putkiston jännitysanalyysejä tai niistä laadittuja raportteja, tulee hänen olla perehtynyt kyseisen ohjelman käytännön toiminnan sekä standardien, ohjeiden ja lainsäädännön lisäksi vielä elementtimenetelmän teoriaan. Elementtimenetelmän teorian kautta tarkastajan on mahdollista arvioida esim. menetelmän mahdollisia virhelähteitä, laskentamallin laatijan tekemiä olettamuksia tai ohjelman ominaisuuksia. Tarkastajan vaaditaan lisäksi perehtyneisyyttä yrityksen sekä tarkastettavan projektin tarkastusta koskeviin ohjeisiin. Tarkastajan riittävästä perehtyneisyydestä projekteissa vastaa viime kädessä yrityksen johto, joka nimeää tarkastajat ja resurssit projektissa.

4 TARKASTUKSEN ERI OSA – ALUEET

Yrityksen harjoittama putkistoja koskeva tarkastustoiminta koostuu laskentatoimen osalta lähetettävien asiakirjojen tarkastamisesta sekä muusta tarkastustoiminnasta. Lähtevät asiakirjat ovat sellaisia asiakirjoja, jotka lähetetään eteenpäin asiakkaalle tai muulle yrityksen ulkopuoliselle taholle. Myös lähtötietoina yrityksen ulkopuoliselle taholle lähetettävät asiakirjat kuuluvat lähetettävien asiakirjojen tarkastuksen piiriin. Muuhun tarkastustoimintaan kuuluvat standardilistan ylläpito sekä laskentatyökalujen tai muiden suunnittelun automatisointiin tarkoitettujen työkalujen tarkastus. Nämä tukitoiminnot ovat välttämättömiä, koska tällä tavoin voidaan lähetettävien asiakirjojen kohdalla rajata tarkastus vain asiakirjojen sisällön sekä saatujen tulosten tarkastukseen. Tällä jaottelulla pystytään siis estämään lähetettävien asiakirjojen tarkastuksen kasvaminen liian laajaksi. Laskentatoimen tarkastukseen kuuluvat sellaiset asiakirjat, joiden sisältämä tieto on

kokonaan tai osittain tuotettu laskentatoimen sisällä. Laskentatoimen tarkastuksen ulkopuolelle jäävät puolestaan sellaiset asiakirjat, jotka eivät sisällä sellaista tietoa, joka on laadittu laskentatoimen sisällä. Näitä asiakirjoja ei myöskään sisällytetä laskentatoimen tarkastukseen, vaan niiden tarkastus kuuluu kyseiset asiakirjat laatineelle osastolle. Laskentatoimen tarkastuksen ulkopuolisista toiminnoista on kerrottu tarkemmin kohdassa 4.3. Tarkastus on nyt hajautettu selvästi kohtien 4.1 - 4.3 mukaisesti kolmeen osa-alueeseen. Asiakirjojen tarkastus voidaan nyt suorittaa kahdessa toisistaan rajatussa osassa ja näin selkiyttää käytännön tarkastusta.

4.1 Lähetettävät asiakirjat

Lähetettävät asiakirjat muodostavat yhdessä kokonaisuuden, jonka perusteella putkisto voidaan valmistaa, asentaa sekä saattaa käyttöön. Lähetettävien asiakirjojen lisäksi voidaan valmistavassa konepajassa vielä laatia joitakin asiakirjoja esim. hitsaussuunnitelmia valmistusta varten. Lähetettävät asiakirjat ovat yrityksen tuote, jonka laatu varmistetaan tarkastamalla asiakirjoja. Kohdissa 4.1.1 - 4.1.8 on esitelty liitteen 1 mukaisesti jokaisen keskeisen asiakirjatyypin tyypillinen sisältö, rooli suunnittelussa sekä annettu ohjeet asiakirjan tarkastusta varten. Lähetettävien asiakirjojen tarkastus voidaan jakaa laskentatoimen osalta täydellisesti tarkastettaviin sekä osittain tarkastettaviin asiakirjoihin. Osittain tarkastettavat asiakirjat ovat eri suunnittelun osa-alueiden yhteisesti tuottamia, joten koko asiakirjan tarkastaminen yhden henkilön toimesta vaatisi hyvin laaja-alaista tietämystä eri suunnittelun osa-alueilta sekä projektista. Tästä syystä tarkastus rajataan koskemaan laskentatoimen osalta vain laskentatoimen sisällä tuotettua tietoa. Osittain tarkastettaviin dokumentteihin kuuluvat lisäksi kaikki laskentatoimen tuottamat yrityksen ulkopuolelle lähtötietoina lähetetyt dokumentit tai lähtötietoina vastaanotetut dokumentit. Osittain tarkastettavia asiakirjoja ovat liitteen 1 mukaisesti esimerkiksi isometrit tai putkimateriaalin summalistat. Täydellisesti laskentatoimen sisällä tarkastettavat dokumentit puolestaan ovat vähemmän riippuvaisia laskentatoimen ulkopuolisista tekijöistä tai ovat luonteeltaan sellaisia, että niitä on mahdoton tarkastaa laskentatoimen ulkopuolisten henkilöiden toimesta. Täydellisesti tarkastettavat asiakirjat sisältävät usein vain yhden henkilön tuottamaa tietoa. Tällaisia asiakirjoja voivat olla esim. laskelmat, detaljipiirustukset tai jännitysanalyysiraportit.

Teollisuusputkistoista voidaan laatia monia erilaisia piirustuksia mm. asemapiirustuksia, laitesijoituspiirustuksia, putkireittipiirustuksia, putkiston taso- ja leikkauspiirustuksia, putkiston yksinkertaistettuja taso- ja leikkauspiirustuksia, tyyppi- ja osien piirustuksia sekä isometrisiä putkistopiirustuksia. (Pere 2009, s.14-59). Näistä piirustustyypeistä muiden kuin kohdan 4.1.3 mukaisten detaljipiirustusten tai kohdassa 4.1.6 esiteltävien isometristen piirustusten tarkastus rajataan kuuluvaksi laskentatoimen tarkastuksen ulkopuolelle, jolloin nämä asiakirjat tarkastetaan kohdassa 4.3 kerrotulla tavalla.

4.1.1 Lähtötiedot

Teollisuusputkistojen suunnitteluun liittyy paljon toimintoja, jotka antavat perustan suunnittelulle tai rajoittavat sitä. Nämä tiedot, joita kutsutaan lähtötiedoiksi, on otettava huomioon putkiston suunnittelun eri vaiheissa. Taulukossa 5 on esitetty putkistosuunnittelun tyypillisimmät lähtötiedot. Lähtötietojen yhdistelyllä ja niiden riittävän aikaisella huomioimisella on merkittävä merkitys mm. lopullisen putkiston rakentamis-, käyttö-, asennus- ja kunnossapitokustannuksiin. (Pere 2009, s.14-48)

Taulukko 5 Putkistosuunnittelun tyypilliset lähtötiedot (Pere 2009, s.14-48)

Putkistomäärittelyt
PI-kaavio
Putkilinja- ja aluekartta
Venttiili- ja varustemäärittelyt
Säiliö-, laite- yms. piirustukset
A lustavat laitesijoituspiirustukset
Rakennus- ja rakennepiirustukset
Instrumenttien mitta- ja muut tiedot
O lemassa olevien putkistojen, putkisiltojen, teräsrakenteiden yms. piirustukset
Viranomaismääräykset
Tehdasstandardit

Putkistomäärittelyillä tarkoitetaan taulukossa 5 putkistosuunnittelun perustietopakettia, joka sisältää esim. putkiluokan kautta materiaaleja ja osia, kannakointia, eristystä tai pintakäsittelyä ohjaavia määrittelyjä. Tällä tietopakettilla rajataan vaihtoehtojen lukumäärää

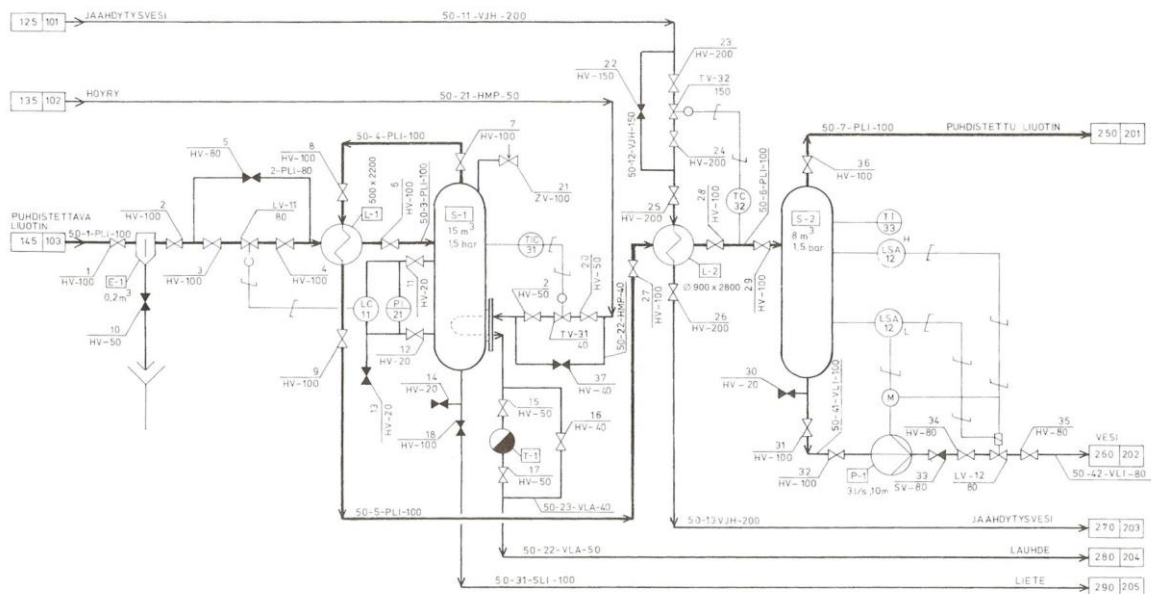
erilaisissa suunnittelun ratkaisuvalintatilanteissa. (Pere 2009, s.14-48) Eri teollisuudenaloilla esiintyvien prosessien kaaviomaiseksi kuvaamiseksi laaditaan prosessikaavioita. Yleiset ohjeet prosessikaavioiden laadintaa varten on esitetty standardissa SFS-EN ISO 10628. Tämän standardin tueksi on esimerkiksi PSK julkaissut standardin PSK 3601, joka sisältää standardoidut prosessikaavioiden piirrosmerkit. Prosessikaaviot voidaan jaotella lohkokaavioihin, virtauskaavioihin tai PI - kaavioihin eli prosessi- ja instrumentointikaavioihin. Prosessikaavioissa käytetään jokaiselle putkilinjalle yksilöivää tunnusta, joka usein sisältää tietoa putkilinjasta esim. nimelliskoko tai virtaava aine. Myös erilaisille varusteille, kuten venttiileille annetaan kaavioissa omat numerotunnukset. (Pere 2009, s.13-1-16) Tämän tarkastusohjeen osalta yleisin käytettävä kaaviolaji on PI - kaavio (Rantala 2008). Kuvassa 3 on esitetty esimerkkikuva PI - kaaviosta. PI - kaavion tarkoituksena on mm. antaa tiedot prosessin teknisistä ratkaisuista, esittää putkien yksityiskohtainen kulku sekä antaa perustiedot putki-, instrumentointi- ja asennuspiirustusten laadintaa varten. Erilaiset PI - kaaviossa esitettävät tiedot on lueteltu taulukossa 6. (Pere 2009, s.13-23)

Taulukko 6 PI-kaaviossa esitettävät tiedot (Pere 2009, s.13-23)

Kaikki laitteet
Kaikki putket ja muut kuljetustiet
Kaikki venttiilit (paitsi tyyppiinrakennuskokonaisuuksissa esiintyvät venttiilit)
Mittauspisteet ja säätöpiirit
Saatot
Tyhjennys- puhdistus- ja ilmastusyhteet
Käyttöhyödykeyhteet
Laitenumerot (ja laitteiden nimet)
Putkitunnukset
Venttiilin tunnuks
Putkiluokka-, hankinta- yms. rajat
Tulevien ja lähtevien virtojen osoitteet

PI - kaavion sisältämät tiedot eivät yleensä riitä yksinään suunnitteluun. Taulukossa 5 mainittu putkilinjaluetelo sisältää tiedot putkilinjan käyttö sekä suunnitteluarvoista sekä mahdollisesti muita putkilinjakohtaisia tietoja. Vastaavalla tavalla voidaan myös putkistoon tulevista venttiileistä laatia oma luettelonsa. (Pere 2009, s.14-67) Standardeissa annetaan ohjeet tiettyjen lähtötietojen määrittämiseksi standardin soveltamisalueella. Vesiputkikattiloiden suunnittelua ja mitoitusta käsittelevässä standardissa SFS-EN 12952-3

annetaan standardin kohdassa 5.7 ohjeet suunnittelu-, laskenta- sekä koepaineen määrittämistä varten. Standardin kohdissa 6.2 puolestaan annetaan ohjeet laskentalämpötilojen määrittämistä varten erilaisille rakenneosille. (SFS-EN 12952-3, s.14-30) Vastaavalla tavalla metallisten teollisuusputkistojen suunnittelua ja mitoitusta käsittelevässä standardissa SFS-EN 13480-3 annetaan kohdassa 4.2 ohjeet tietyn putkilinjan paineen ja lämpötilan arvojen määrittämisestä eri rakenneosien suunnittelua varten. (SFS-EN 13480-3, s.22-26)



Kuva 3 Liuottimen puhdistusprosessin PI - kaavio (Pere 2009, s.13-32)

Lähtötiedot kuuluvat liitteen 1 mukaisesti vain osittain tarkastettavaksi laskentatoimen osalta. Lähtötiedot voivat esiintyä asiakirjoissa sellaisenaan tai niitä voidaan käyttää edelleen hyväksi muussa suunnittelutyössä. Lähtötietojen tarkastus poikkeaa selkeästi muiden asiakirjatyyppejen tarkastuksesta. Laskentatoimen sisällä suoritettavassa tarkastuksessa ei puututa prosessitekniiseen mitoitukseen, vaan lähtötietojen osalta tärkein tarkastuksen yhteydessä todettava seikka on lähtötietojen riittävyys suunnittelua varten sekä toimitettujen tietojen yhdenmukaisuus. Lisäksi suunnitteluvaiheessa ilmenneet lähtötietoihin mahdollisesti vaadittavat muutokset on hyvä huomioida ja ilmoittaa lähtötietojen laatijalle. Lähtötiedoista voidaan lisäksi tarkastaa yleisiä seikkoja, kuten esim. varmistaa suunnittelun saumattomuus toimitusrajoilla. Jokaisen toimintaketjussa myöhemmin esiintyvissä asiakirjassa käytetään hyväksi lähtötietoja. Kyseisen asiakirjan

tarkastuksen yhteydessä tulee siis yleisesti todeta myös lähtötietojen oikeellisuus. Lähtötiedot sijoittuvat toimintaketjussa alkupäähän. On tärkeää huomioida, että lähtötietojen sijoittuminen toimintaketjussa korkealle merkitsee myös sitä, että niiden muuttumisesta aiheutuvat kerrannaisvaikutukset muodostuvat usein suuriksi.

Laskentatoimesta voidaan myös liitteen 1 mukaisesti lähettää asiakirjoja ulkoiselle toimijalle tai vaihtoehtoisesti vastaanottaa niitä ulkoiselta toimijalta lähtötietoina. Nämä asiakirjat voivat käytännössä olla muita asiakirjatyyppejä kuin lähtötietoja, mutta tässä yhteydessä ne luokitellaan lähtötiedoiksi, koska ne luovat usein pohjaa muulle suunnittelulle. Näiden asiakirjojen tarkastus tulee kuitenkin suorittaa kyseiselle asiakirjatyypille annetun ohjeen mukaisesti. Laskentatoimeen lähtötietoina saapuvat kohtien 4.1.2 - 4.1.8 mukaiset asiakirjat kuuluvat osittaisen tarkastuksen piiriin, koska niiden suunnittelua ei voida täysin jäljittää. Kaikista asiakirjoista voidaan kuitenkin todeta mm. oikeiden lähtötietojen käyttö sekä saatujen tulosten oikea suuruusluokka.

4.1.2 Laskelmat

Painelaitedirektiivin mukaisille metallisille teollisuusputkistoille esitetään standardin SFS-EN 13480-3 kohdissa 6 - 11 mitoitusohjeet erilaisten putkiston paineenalaisten rakenneosien sääntöjen standardin mukaiselle suunnittelulle, kun niihin vaikuttaa staattisia ja vaihtuvia kuormituksia. Ohjeet annetaan mm. sisäisen paineen alaisille suorille putkille, putkitaivutuksille, putkikäyrille, lohkokäyrille, kartioille, joustaville putkistokomponenteille, ruuvikiinnitetyille laippaliitoksille, päädyille, aukoille, haaroituksille sekä erilaisille ulkoisen paineen alaisille putkiston rakenneosille. Eurooppalaisten standardien mukaisia P/T – luokiteltujen komponenttien kestävyyttä ei puolestaan tarvitse erikseen laskelmin todistaa. Kohtaa 10 lukuun ottamatta kohtien 6 – 11 ohjeet ovat voimassa pääsääntöisesti pysyville kuormille. (SFS-EN 13480-3, s.38-206) Standardin kohdassa 10 esitellään ohjeet komponenttien suunnittelusta vaihtelevaa painetta, lämpötilaa tai ulkoisia kuormituksia vastaan (SFS-EN 13480-3, s.206). Jos standardissa ei jossain kohtaa esitetä laskentaohjetta tietyille rakenneosalle, on suunnittelijan vastuulla käyttää laajasti tunnustettuja laskentaohjeita laskentamenetelmiä tai kokeellisia menetelmiä, jotta valittujen mittojen riittävyys voidaan todistaa. Putkiston

suunnittelussa tulee ottaa huomioon mm. sisäinen sekä mahdollinen ulkoinen paine, lämpötila, putkiston ja sisällön paino, ilmastolliset kuormat, sisällön dynaamiset vaikutukset, maaperän ja rakennusten liikkeet, värähtelyt tai maanjäristykset sekä näiden kuormien mahdolliset yhdistelmät. (SFS-EN 13480-3, s.22-26) Painetta vastaan standardin kohdissa 6 - 11 annettujen mitoitusohjeiden lisäksi tulee suunnittelussa ottaa huomioon jännitysanalyyysien avulla mm. lämpölaajenemisen vaikutukset. Jännitysanalyyseistä ja niiden tarkastuksesta on kerrottu tarkemmin tämän asiakirjan kohdassa 4.1.4. (SFS-EN 13480-3, s.254) Alla olevassa taulukossa 7 on esitetty metallisten teollisuusputkistojen laskelmissa standardin SFS-EN 13480-5 mukaisesti esitettävät vähimmäistiedot (SFS-EN 13480-5, s.14).

Taulukko 7 Lujuuslaskujen sisältämät vähimmäistiedot (SFS-EN 13480-5, s.14)

Selvitys merkitsemistavoista
Laskelmien lähtötiedot materiaalitietoineen
Standardin viitenumero mukana painos ja laskentakaavan viitenumero
Täysi jäljitettävyys suoritettuihin laskelmiin
Kaavojen välitulokset
Laskettu vähimmäispaksuus tai laskettu jännitys verrattuna sallittuun jännitykseen
Korroosio, kuluminen tai muita varoja soveltuviissa tapauksissa
Seinämänpaksuuden toleranssit
Valittu seinämänpaksuus

Standardissa SFS-EN 12952-3 esitetään ohjeet vesiputkikattiloiden suunnittelua ja laskentaa varten (SFS-EN 12952-3, s.8). Vesiputkikattiloihin liittyville putkille, putkikäyrille sekä taivutuksille asetetut vaatimukset annetaan standardin kohdassa 11. Standardin kohdan mukaisesti vesiputkikattilaan kuuluville putkille tulee suorittaa joustavuusanalyysi, jos epäillään että putkisto ei ole tarpeeksi joustava ottamaan vastaan omaa sekä putkistoon liittyvien laitteiden aiheuttamia liikkeitä. Standardissa viitataan standardiehdotukseen prEN 13480, jonka perusteella joustavuus voidaan määrittää. Standardin SFS-EN 13480-3 mukaisesti suoritetuista jännitysanalyyseistä sekä niiden tarkastuksesta on kerrottu tarkemmin tämän asiakirjan kohdassa 4.1.4. (SFS-EN 12952-3, s.124-130) Standardin SFS-EN 12952-3 kohdassa 8 annetaan puolestaan yksityiskohtaiset ohjeet erilaisten sylinterimäisissä vaipoissa eli myös putkissa sijaitsevien aukkojen ja haaroitusten suunnittelua varten (SFS-EN 12952-3, s.40). Muiden mahdollisten rakenneosien osalta standardin kohdassa 10 esitetään ohjeet erilaisten päätyjen ja

pallovaippojen sekä niihin liittyvien haaroitusten suunnittelua varten. (SFS-EN 12952-3, s.98-122). Standardissa viitataan myös toisinaan lämmittämättömiä painesäiliöitä käsittelevään standardiehdotukseen prEN 13445 esim. ulkoisten kuormien yhteisiin ja kiinnikkeisiin aiheuttamien jännitysten laskemiseksi. (SFS-EN 12952-3, s.10). Standardin kohdassa 13 sekä liitteessä B on annettu ohjeet suunnittelusta väsyttävää kuormitusta vastaan. Kohdassa esitetyn yksinkertaistetun analyysin sijasta voidaan myös käyttää esim. elementtimenetelmällä tehtyjä tarkempia mitoituksia. (SFS-EN 12952-3, s.144) Jos muita ohjeita suunnitteluun ei voida soveltaa, epäsäännöllisen muotoiset paineenalaiset osien suunnitteluun on standardin kohdassa 12 annettu ohjeet kappaleen mitoittamiseen tietyin ehdoin (SFS-EN 12952-3, s.140).

Näiden em. ohjeiden avulla laaditaan putkistoista laskelmat, joilla osoitetaan niiden kestävän suunnitteluolosuhteet sekä samalla osoitetaan niiden täyttävän tietyt painelaitedirektiivin niille asettamat vaatimukset. Laskelmat ovat kohdan 4.1.4 mukaisten jännitysanalyysien ohella ne asiakirjat, joilla osoitetaan valmistettavien putkistojen rakenneratkaisujen kestävyys lähtötietojen mukaisissa käyttöolosuhteissa. Laskelmista saatavat tiedot siirtyvät liitteen 1 mukaisessa toimintaketjussa eteenpäin ja vaikuttavat edelleen useissa eri asiakirjoissa. Laskelmat kuuluvat liitteen 1 mukaisesti laskentatoimissa täydellisesti tarkastettaviin dokumentteihin. Laskelmat suoritetaan usein kohdan 4.2.2 mukaisilla laskenta- ja mitoitusohjelmilla. Laskelmia tarkastettaessa ei erityisesti puututa laskentaohjelman tekemisiin virheisiin, vaan tarkastetaan ohjelmaan syötettyjen tietojen sekä sieltä saatujen tulosten oikeellisuutta sekä niiden vastaavuutta muihin toimintaketjussa myöhemmin esiintyviin asiakirjoihin. Laskentatyökalujen tarkastuksen yhteydessä kiinnitetään kohdan 4.2.2 mukaisesti huomiota tarkemmin itse ohjelman oikeaan toimintaan. Tarkastuksessa käydään laskelmat läpi ja todetaan syötettyjen tietojen noudattavan oikeita sekä riittäviä lähtötietoja, laskelmien noudattavan oikeaa laskentastandardia sekä laskelmien kattavan kaikki putkistot sekä siihen liittyvät komponentit, joista laskelmat vaaditaan. Lisäksi tarkastuksessa todetaan valittujen materiaalin tai materiaalien soveltuvuus käyttökohteeseen sekä varmistetaan saatujen tulosten noudattavan yleisesti järkevää suuruusluokkaa sekä sovittuja suunnitteluparametreja sekä -tapoja esim. putkiluokka tai muu mittasarja. Jos tarkastajalla esiintyy tarkastuksen yhteydessä epäily laskentaohjelman tai muun apuvälineen oikeasta toiminnasta, tulee hänen varmistaa kohdan 4.2.2 mukaisella tarkastuksella sen oikea

toiminta. On suositeltavaa, että tarkastus suoritetaan erityisen huolellisesti harvinaisempien tai kertaluontoisten laskelmien yhteydessä sekä suuren vaaran eli korkean PED – luokan laskelmille. Tarkastuksen yhteydessä tulee myös todeta, että kaikissa laskelmissa esitetään riittävät tiedot, jotta laskelmien laatiminen voidaan jälkeempään tarvittaessa jäljittää. Tämän lisäksi tulee myös esim. metallisten teollisuusputkistojen tapauksessa varmistaa, että taulukon 7 mukaiset vaaditut vähimmäistiedot esitetään laskelmissa.

4.1.3 Detaljipiirustukset

Detaljipiirustuksilla tarkoitetaan yleisesti tässä kohtaa laskentatoimen sisällä laadittuja piirustuksia, joissa esitetään erilaisia putkiston detaljitason rakenneratkaisuja ja niiden toteuttamista käytännössä. Tämän kohdan mukaiset detaljipiirustukset ovat kohdassa 4.1 lueteltujen putkistopiirustustyyppien jaottelussa tyypiltään osien piirustuksia tai tyyppiipiirustuksia. Detaljipiirustukset ovat liitteen 1 mukaisesti suoraan kytköksissä laskelmiin sekä jännitysanalyysiin sekä hitsaus suunnitelmiin. Piirustukset perustuvat usein pääasiassa kohdan 4.1.2 mukaisiin laskelmiin. Detaljipiirustuksia voivat olla esimerkiksi erilaiset yhdepiirustukset, joissa esitetään esimerkiksi runkoputken ja siitä haarautuvan putkilinjan tai runkoputkeen muuten liittyvän rakenneosan liittyminen detaljitasolla. Liittyminen voi tapahtua esim. hitsaamalla tai muilla standardien tai lainsäädännön sallimilla liittämistavoilla. Putkistoon tulevia hitsisaumoja varten laadittavista hitsausohjeista, niiden tarkastuksesta ja laadinnasta on kerrottu tarkemmin kohdassa 4.1.5. Detaljipiirustukset voivat kuulua myös osana kohdan 4.1.6 mukaiseen isometriseen putkistopiirustukseen, jolloin ne tulee tarkastaa kuitenkin tämän kohdan mukaisesti. Detaljipiirustusten laadinnassa tulee soveltaa yleisiä koneenpiirustuksen sääntöjä koskien mm. projektioita, mittakaavoja, mitoitusta, leikkauksia, toleransseja ja sovitteita, pinnankarheus ja pintamerkkejä, kierteitä ja ruuveja tai hitsausmerkintöjä. Piirustusten laatijalta vaaditaan lisäksi mm. hyvää perehtyneisyyttä erilaisiin valmistusmenetelmiin sekä niiden mahdollisuuksiin ja rajoituksiin.

Yleisesti piirustuksen tulee yksikäsitteisesti määrittää sen esittämä laite osa tai asia. Piirustusten väärä tulkinta tai vähäiseltäkin vaikuttava virhe voivat johtaa esim. käyttötarkoitukseen sopimattoman tuotteen valmistukseen tai väärän rakenneaineen

hankintaan. (Pere 2009, s.1-2) Kappaleen muoto esitetään piirustuksessa projektioista otettujen mittojen avulla. Mitoitustavalla ja mittojen ryhmittelyllä on selvä merkitys mm. piirustuksen luettavuuteen ja sitä kautta valmistettavuuteen. Mitat voidaan jaotella toimintamittoihin, ei-toimintamittoihin sekä apumittoihin. Toimintamitta on esitetyn kappaleen toiminnan tai tilan kannalta oleellinen mitta, jolla on usein tietty toleranssi. Ei-toimintamitta puolestaan ei ole oleellinen kappaleen toiminnan tai tilan kannalta ja suluissa esitettävä apumitta taas on tarkoitettu vain informaation antamiseksi. (Pere 2009, s.7-1) Hitsattavissa rakenneosissa suunnittelija merkitsee piirustukseen standardin SFS-ISO 2553 mukaisen hitsausmerkinnän, jossa voidaan antaa tietyt vaatimukset esim. hitsin a-mitalle, railonmuodolle tai käytettävälle hitsausmenetelmälle. Alla olevassa kuvassa 4 on esitetty esimerkkikuva paljon tietoa sisältävästä hitsausmerkinnästä.



Kuva 4 Paljon tietoa sisältävä hitsausmerkintä (Pere 2009, s.19-10)

Merkintä sisältää lisämerkeillä täydennettävän perusmerkin, mitoituksen sekä mahdollisia lisämerkintöjä. Hitsauksen railomuotoja on esitetty useissa standardeissa. Esim. standardissa SFS 2143 esitetään railomuodot teräsputkien päittäishitsaukselle. Railon muoto voidaan tarvittaessa mitoittaa piirustukseen. Kuten kuvassa 4, standardin SFS-EN 24063 mukaisia hitsaus- ja juottomenetelmien numerotunnuksia voidaan esittää hitsausmerkinnän yhteydessä. Standardissa SFS-ISO 2553 on esitetty hitsien perusmerkit sekä esimerkkiä niiden käytöstä erilaisissa tilanteissa. Kuvan 4 mukaisesti hitsimerkin vasemmalle puolelle merkitään hitsin poikkileikkausta kuvaava lukuarvo ja oikealle puolelle hitsin pituussuuntaiset mitat. Täydentävillä merkinnöillä voidaan ilmaista esim. kehä- tai asennushitsiä. Piirustukseen voidaan lisäksi merkitä myös esim. hitsin tai koko kappaleen lämpökäsittelyä koskevia ohjeita. (Pere 2009, s.19-10-38) Toleranssilla tarkoitetaan mitan, muodon, suunnan ja/tai sijainnin sallittua vaihtelua. Esimerkiksi piirustuksissa esitetyn reiän valmistustarkkuus on riippuvainen mittatarkkuudesta, sijainnin tarkkuudesta, suunnan tarkkuudesta sekä pinnankarheudesta. Suomessa on käytössä kansainvälinen ISO - toleranssijärjestelmä. Kaikki mittoja ei ole tarkoituksenmukaista varustaa toleranssimerkinnöillä, jolloin niiden toleranssit voidaan määrätä esim.

standardoidun yleistoleranssin avulla. Esimerkiksi pituus ja kulmamitoista on julkaistu yleistoleranssi SFS-EN 22768-1, joka pohjautuu standardiin ISO 2768-1. (Pere 2009, s.20-1, 35-36) Ohjeet pinnankarheus sekä pintamerkintöjen ilmoittamisesta teknisissä asiakirjoissa on esitetty standardissa SFS-EN ISO 1302 (Pere 2009, s.21-1).

Detaljipiirustukset luokitellaan liitteen 1 mukaisessa toimintaketjussa kuuluvaksi laskentatoimen täydellisen tarkastuksen piiriin. Detaljipiirustuksista tulee ensisijaisesti tarkastaa, että piirustuksessa esitetyt materiaalit, mitat sekä seinämänvahvuuden vastaavat laskelmissa esitetyjä arvoja ja merkintöjä. Tarkastuksessa tulee myös kiinnittää huomiota kappaleen yksikäsitteisyyteen sekä valmistettavuuteen esim. riittävän ja valmistusystävällisen mitoituksen, toleranssien tai hitsausmerkintöjen kautta. Tarkastuksen yhteydessä tulee myös todeta piirustuksissa esiintyvien viittausten yhtenevyys piirustuksessa esitetyn tiedon kanssa. Piirustuksessa esitettyjen hitsaukseen liittyvien tietojen osalta tulee todeta yhtenevyys kohdan 4.1.5 mukaisiin hitsaussuunnitelmiin. Tarkastuksen yhteydessä voidaan myös pohtia piirustuksissa esitettyjen vaatimusten tarpeellisuutta. Jos esitetty vaatimus sitoo valmistajaa tarpeettomasti, voidaan valmistuskustannuksissa säästää muuttamalla piirustuksia paremmin valmistukseen sopivaksi. Kohdassa 4.1.4 esitetyissä kuvissa 5 sekä 6 on esitetty kaksi tyypillistä detaljipiirustuksen kohdetta.

4.1.4 Jännitysanalyysit

Kohdan 4.1.2 mukaisten laskelmien perusteella putkisto mitoitetaan täyttämään paineen putkistolle asettamat vaatimukset. Standardin SFS-EN 13480-3 kohdan 12 mukaisesti näiden kuormitusten lisäksi on putkisto suunniteltava kestävä esim. painon ja muiden kuormien vaikutukset. Lisäksi putkiston on kestävä lämpölaajenemisen tai -supistumisen sekä muista lähteistä aiheutuvien liikkeiden vaikutukset. Erilaiset suunnittelussa huomioon otettavat kuormitustilanteet on esitetty standardin SFS-EN 13480-3 kohdassa 4. (SFS-EN 13480-3, s.254-256) Vesiputkikattiloiden ja niihin liittyvien laitteistoiden osalta standardissa SFS-EN 12952-3 vaaditaan, että putkien tulee olla riittävän joustavia, jotta ne pystyvät ottamaan vastaan oman laajenemisensa sekä putkistoon liittyvien laitteiden liikkeet. Standardissa viitataan joustavuusanalyysien osalta prEN 13480-3 standardiin.

(SFS-EN 12952-3 s.130) Metallisten teollisuusputkistojen tarkastusta ja testausta käsittelevässä standardissa SFS-EN 13480-5 vaaditaan, että jos jännitysanalyysit suoritetaan esim. äärellisten elementtien menetelmällä (FEM), reunaelementtimenetelmällä (BEM) tai muulla sellaisella menetelmällä on taulukon 8 mukaiset vähimmäistiedot dokumentoitava analyysistä (SFS-EN 13480-5 s.14).

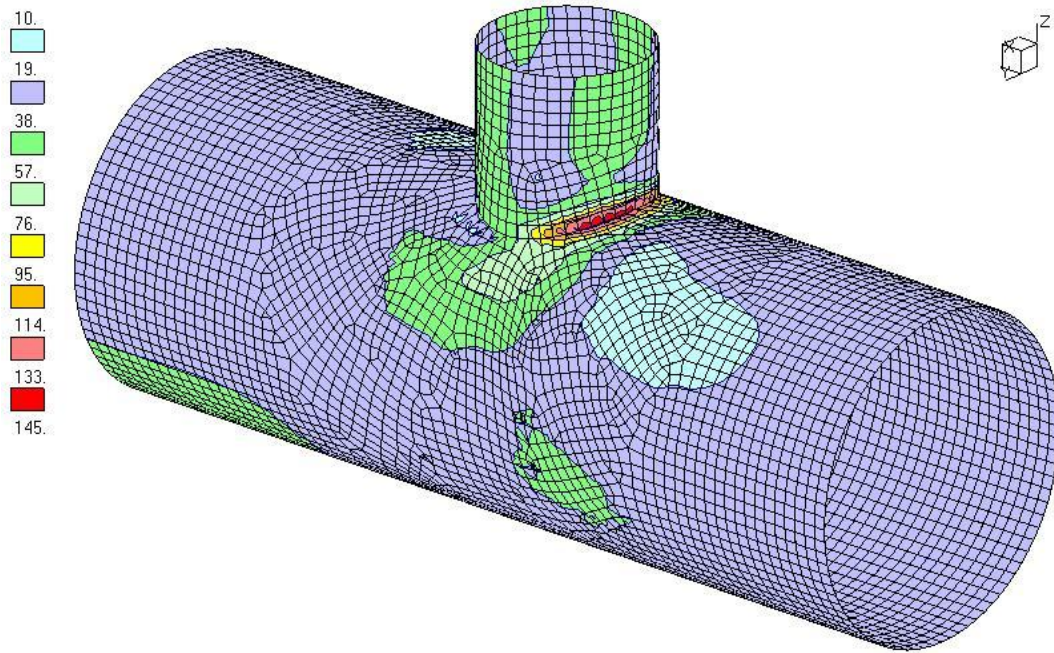
Taulukko 8 Jännitysanalyysin vähimmäistiedot (SFS-EN 13480-5 s.14)

Selvitys merkintätavoista
Tietokoneohjelman yksityiskohtaiset tiedot
Oletukset laskentaa varten
Laskelmien lähtötiedot
Graafiset esitykset geometriseen malliin, sisältäen reuna- ja kelpoisuusehdot
Jännitykset, siirtymät ja venymät, missä on tarpeen
Jännitykset kriittisimmillä alueilla
Lasketut jännitykset verrattuna sallittuihin jännityksiin

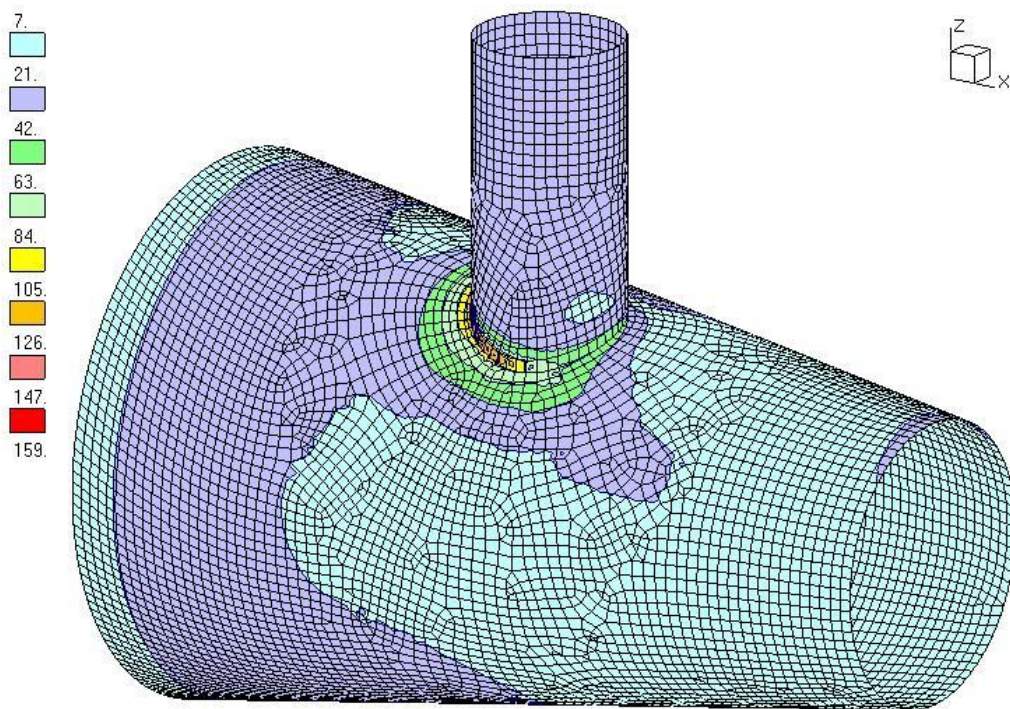
Jännitysanalyysit luokitellaan liitteen 1 mukaisessa jaottelussa tarkastettavaksi kokonaan laskentatoimissa. Liitteestä 1 voidaan havaita, että jännitysanalyysit ovat hyvin laajasti kytköksissä muihin suunnittelun osa alueisiin sekä dokumentteihin. Jännitysanalyysin laaditaan lähes aina käyttäen avuksi elementtimenetelmää (FEM) perustuvaa laskentaohjelmistoa. Elementtimenetelmällä laadittuun jännitysanalyysimalli sisältää hyvin paljon erilaista syötettyä tietoa. Mallinnuksen yhteydessä mahdollisesti tehdyt virheet eivät aina välttämättä havaittavasti esiinny jännitysanalyysiraporteissa, vaikka virheiden vaikutukset näkyvät tuloksissa. Tästä syystä, jos tarkastettavien jännitysanalyysien elementtimenetelmäohjelmiston mallitiedostot ovat saatavilla, tulee ne toimittaa tarkastajalla raporttien ohella. Jännitysanalyysien tarkastuksessa kohdan 3.3 mukainen tarkastajan perehtyneisyys sekä elementtimenetelmään että sovellettaviin standardeihin on erityisen tärkeää tarkastuksen kannalta. Mallitiedostojen osalta tarkastuksen yhteydessä tarkastetaan ohjelmaan syötetyt lähtötiedot sekä parametrit. Lisäksi mallitiedostojen tarkastuksen yhteydessä voidaan esim. kiinnittää huomiota mallinnusteknisiin kysymyksiin. Jännitysanalyyseista laadituista raporteista tulee tarkastuksen yhteydessä ensisijaisesti todeta, että niissä esitetään taulukon 8 mukaiset vaaditut vähimmäistiedot. Tarkastuksen yhteydessä on myös tärkeää todeta saatujen tulosten oikea suuruusluokka. Raportissa viitattujen tai muuten lähtötietona käytettyjen asiakirjojen, jännitysanalyysimallin sekä mallista ajetun raportin sisältämien tietojen yhdenmukaisuus

tulee myös tarkastuksen yhteydessä todeta. Koska jännitysanalyyseissä tulee ottaa huomioon hyvin monenlaisia kuormitustapauksia, tulee tarkastuksen yhteydessä kiinnittää myös huomiota siihen, että kaikki putkistossa esiintyvät kuormitustapaukset sekä niiden yhdistelmät tulevat riittävällä tavalla huomioituiksi. Jännitysanalyysien tarkastusta voidaan myös rajata siten, että analyyseistä ajetut raportit tarkastetaan, jonka jälkeen tarkastaja voi tarpeen vaatiessa tarkastaa mallitiedoston tarkemmin. Jännitysanalyysit ovat myös hyvin kiinteästi yhteydessä putkiston kannakesuunnitteluun, joka kuuluu liitteen 1 mukaisesti laskentatoimen tarkastuksen ulkopuolelle. Kannakesuunnittelun sekä laskentatoimen välinen yhteistyö tulee varmistaa, jotta isometreissä esitetään yhdenmukainen ja vaatimukset täyttävä kannakointiratkaisu. Laskentatoimen osalta joudutaan usein kommentoimaan esim. tehtyjä kannakointiratkaisuja, tukivoimia tai momenteja.

Kuvissa 5 sekä 6 on esitetty esimerkkikuvat kahdesta tyypillisestä kohdan 4.1.3 mukaisen detaljipiirustuksen kohteesta. Kuvat on otettu elementtimenetelmällä laaditusta pääasiallisesti 4-solmuisilla kuorielementeillä mallinnetuista haaroituksista. Kuvassa 5 on esitetty sylinterimäisessä rungossa olevan suoran sekä keskeisen haaroituskappaleen Von Mises vertailujännityksen tasa-arvopinnat haaroituksen ympäristössä tietyssä kuormitustapauksessa ja tietyssä putkistokonstruktiossa. Kuvassa 6 on puolestaan esitetty vastaavalla tavalla mallinnettu kartiomaisessa rungossa oleva suoran, mutta epäkeskeinen haaroituksen Von Mises vertailujännityksen tasa-arvopinnat haaroituksen ympäristössä. Kuvien 5 sekä 6 mukaisia elementtimalleja voidaan käyttää hyväksi esim. kohdassa 4.1.2 esiteltyjen laskelmien tai kohdan 4.1.4 mukaisten jännitysanalyysien tulosten tarkastuksessa.



Kuva 5 Haaroituskappaleen FEM - malli



Kuva 6 Epäkeskeisen kartiohaaroituksen FEM - malli

4.1.5 Hitsaussuunnitelmat

Hitsausohje eli Welding Procedure Specification lyhennettynä WPS on asiakirja, joka määrittellään yksityiskohtaisesti tiettyyn hitsaussovellukseen vaadittavat muuttujat toistettavuuden varmistamiseksi. Hitsausmuuttujalla tarkoitetaan tässä kohtaa tekijää, jolla on vaikutusta hitsausliitoksen mekaaniin ja metallurgisiin ominaisuuksiin tai mahdollisesti molempiin. Standardissa SFS-EN ISO 15607 esitetään yleisohjeet hitsausohjeiden käyttöön. Lisäksi erillisissä standardeissa annetaan ohjeet hitsausohjeiden laadintaan ja hyväksyntään eri menetelmille. Jos hitsausohje vaaditaan, tutkitaan standardin SFS-EN ISO 15607 mukaisen hitsausohjeiden laadinta ja hyväksyntämenettelyn mukaisesti ensin mahdollisuus käyttää olemassa olevaa hitsaussuunnitelmaa. Jos sopiva WPS on käytettävissä, voidaan sitä soveltaa suoraan tuotantoon. Jos puolestaan sopivaa WPS dokumenttia ei ole käytettävissä, laaditaan alustava hitsaussuunnitelma pWPS, joka hyväksytään vaadittavalla hyväksymistavalla esim. menetelmäkokeen avulla. Valmistajan hyväksymispöytäkirjan eli WPQR:n tai tarvittaessa kokeen valvojan tai tarkastusorganisaation kautta laaditaan valmistajan laatima WPS, joka voidaan hyväksyä tuotantoon. (Martikainen 2009, s.41, 71-73) Hitsaussuunnitelmien laatiminen, hyväksyminen, tallentaminen sekä päivittäminen kuuluvat valmistavan konepajan hitsauskoordinaattorin toimenkuvaan standardin SFS-EN ISO 3834 mukaisesti (Martikainen 2009, s.49). Suunnittelutoimistossa voidaan kuitenkin esim. valita sopiva hitsaussuunnitelma olemassa olevista hitsaussuunnitelmista tiettyyn sovelluskohteeseen tai mahdollisesti muuten avustaa valmistavan konepajan hitsauskoordinaattoria.

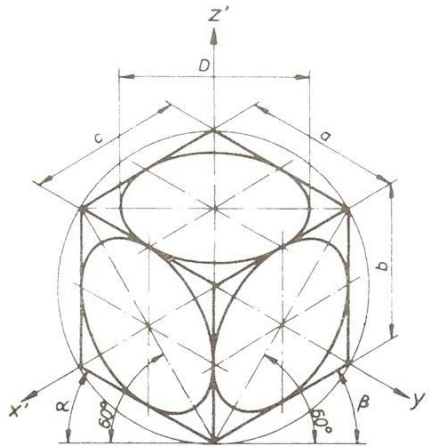
Esimerkiksi prosessiputkistoissa hitsauksen suorittamiselle asetetaan tietyt vaatimukset standardin SFS-EN 13480-4 mukaisesti koskien mm. hitsaushenkilöstöä, hitsausohjeita, hitsausprosesseja, lisä- ja apuaineita tai ilmastollisia olosuhteita (SFS-EN 13480-4, s.38-40). Prosessiputkistoissa vaaditaan, että suoritettujen hitsien on standardin SFS-EN 13480-5 mukaisesti prosessiputkistoissa oltava hitsaustyön jälkeisessä tarkastuksessa oikealla tavalla yksilöity ja jäljitettävissä kyseiseen hitsaajaan tai operaattoriin (SFS-EN 13480-5, s.22). Vastaavalla tavalla myös vesiputkikattiloiden ja niihin liittyvien laitteistoiden valmistusta käsittelevän standardissa SFS-EN 12952-5 vaaditaan kattilan valmistajaa säilyttämään listaa hitsaajista ja hitsausoperaattoreista sekä heidän pätevyyskokeistaan, jotta tarvittaessa valmistaja voi todistaa minkä tahansa hitsaustyöhön osallistuneen

hitsaajan pätevyyden. Lisäksi standardissa esitetään erilaisia ohjeita ja vaatimuksia hitsaustyön suorittamista koskien. (SFS-EN 12952-5, s.18-21) Vesiputkikattiloiden tai niihin liittyvien laitteistoiden valmistuksen aikaista tarkastusta, dokumentointia ja merkintää käsittelevässä standardissa SFS-EN 12952-6 puolestaan annetaan ohjeita koskien mm. hitsausohjeiden hyväksymistä, hitsausoperaattorien pätevöintiä sekä rikkomatonta aineenkoetusta eli NDT:tä (SFS-EN 12952-6, s.12-42).

Huolimatta suunnittelutoimiston vähäisestä roolista hitsaussuunnitelmia laadittaessa, hitsaussuunnitelmat eli WPS:t kuluvat liitteen 1 mukaisessa jaottelussa poikkeuksellisesti laskentatoimessa kokonaan tarkastettaviin asiakirjoihin. Hitsaussuunnitelmat ovat hyvin monella tapaa yhteydessä kohtien 4.1.6 sekä 4.1.3 mukaisiin isometrisiin putkistopiirustuksiin sekä detaljipiirustuksiin. Vaikka hitsausohjeiden laadinta ei varsinaisesti tapahdu suunnittelutoimistossa, voidaan hitsausohjeista ja niihin liittyvistä tuotetuista asiakirjoista tarkastaa esim. standardeissa hitsaukselle esitettyjen vaatimusten täyttyminen tai hitsausohjeiden vastaavuus tuotettuihin asiakirjoihin nähden.

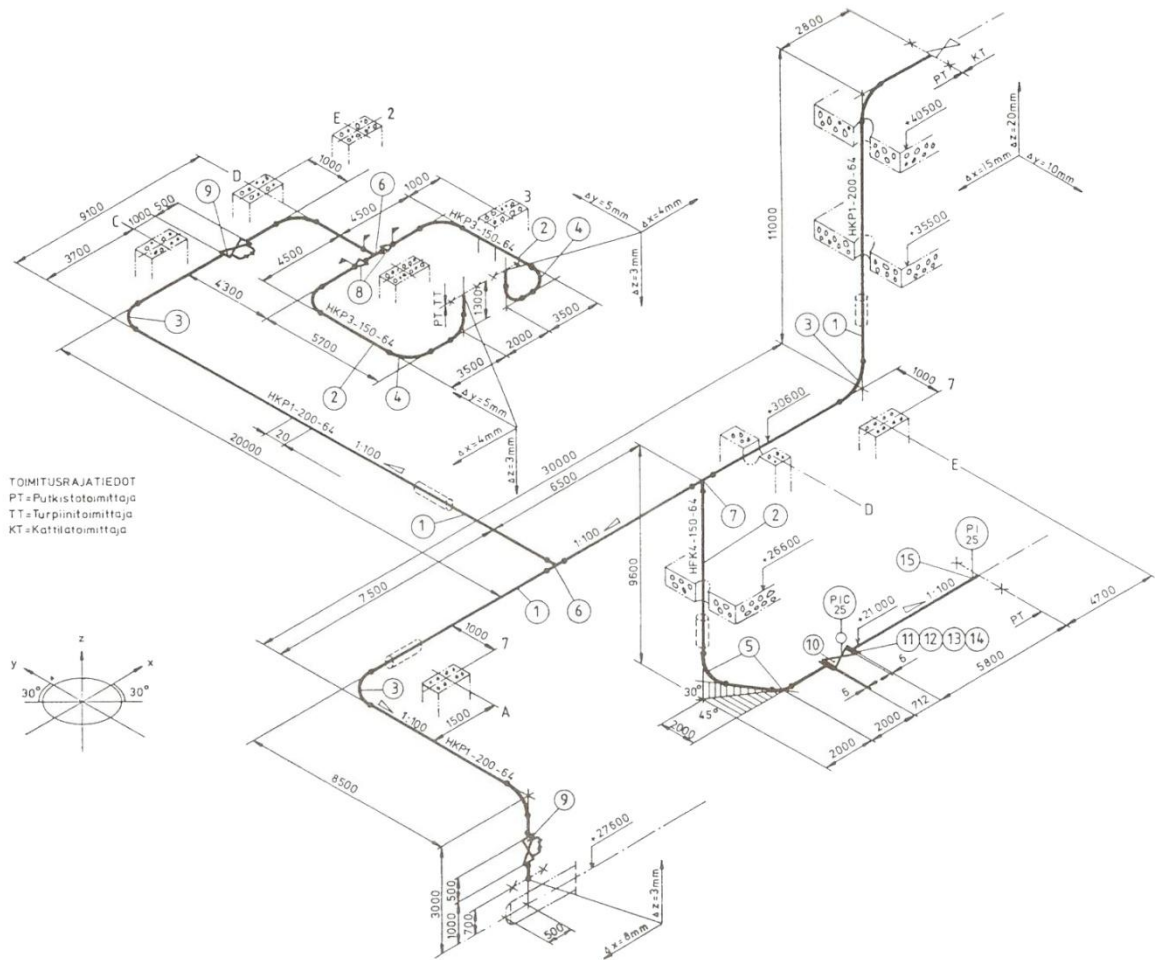
4.1.6 Isometriset putkistopiirustukset

Koneenpiirustuksessa kolmiulotteiset kappaleet ja laitteet voidaan kuvata tasokuvina keskus- tai yhdensuuntaisprojektioiden avulla (Pere 2009, s.4-1). Aksonometrinen kuvaus tarkoittaa kappaleen tai laitteen yhdensuuntaisprojisointia. Aksonometriset kuvat poikkeavat perspektiivikuvista eli keskusprojektiokuvista siten, että niissä projektiosäteet ovat yhdensuuntaiset, eivätkä kulje yhden pisteen kautta. Aksonometriset projektiot voidaan jakaa edelleen kohtisuoriin sekä vinoihin yhdensuuntaisprojektiioihin. Isometrinen esitystapa on yleisesti käytössä putkistoasennuspiirustuksissa. Isometrinen projektiio on siis aksonometrisen projektiotavan yksi erikoistapaus. Isometrinen projektiio on kohtisuora yhdensuuntaisprojektiio, jossa piirretyn peruskuution lävistäjä on kohtisuorassa kuvatasoon nähden. Alla olevassa kuvassa 7 on esitetty isometrisen projektiion peruskuutio. (Pere 2009, s.26-1-14)



Kuva 7 Isometrinen peruskuutio (Pere 2009, s.26-7)

Isometrinen piirustus eli isometri on putkiston valmistuspiirustus, joka voi sisältää hyvin laaja-alaisesti tietoa putkiston valmistusta varten. Isometrit voidaan jaotella alue-, ryhmä-, linja- sekä linjaosaisometreihin. Alueisometrissä esitetään tietyn alueen putkistot sekä niihin liittyvät laitteet. Ryhmäisometrissä esitetään puolestaan ainoastaan tietyn prosessivaiheen putkistoja. Linjaosaisometreissä, joka on yleisin isometrityyppi, esitetään taas yksittäinen ainoastaan putkilinja sekä mahdollisesti siihen liittyviä apu- tai ohituslinjoja. Jos esim. valmistusta varten on tarpeen, voidaan linjaosometri jakaa osiin ja tehdä tällöin linjaosaisometrejä. Alla olevassa kuvassa 8 on esitetty esimerkkinä korkeapainehöyrylinjan (HKP) isometrinen putkistopiirustus. Isometrisissä piirustuksissa käytetään yleisesti putkistojen yksinkertaista esittämistapaa. Isometristen putkistopiirustusten esittämisestä on julkaistu kansainvälinen standardi SFS-ISO 6412-2. Soveltuvien osien noudatetaan myös standardia SFS-ISO 6412-1 putkistojen yksinkertaistetusta esittämistavasta. Näiden standardien lisäksi on esim. PSK julkaissut standardin PSK 5803, joka käsittelee isometristen piirustuksia. (Pere 2009, s.14-73-79)



Kuva 8 Isometrinen putkistopiirustus (Pere 2009, s.14-90)

Standardissa PSK 5803 on annettu ohjeet isometrinen piirustusten laadintaan koskien mm. piirustuksen mittakaavaa, otsikkoaluetta tai osaluetteloa sekä esitetty piirustuksissa käytettävät piirrosmerkit. Standardissa on listattu myös isometrinen putkistopiirustusten sisältämät tiedot, jotka on esitetty taulukossa taulukon 9. (PSK 5803, s.1-9) Taulukossa 9 esitettyjen tietojen lisäksi voidaan muina soveltavina asioina isometreihin merkitä myös esim. putkiston suunnittelu sekä käyttötilanteen painetta ja -lämpötilaa, lämpölaajenemista, eristystä ja pintakäsittelyä tai putkistosta rakenteisiin tai laitteisiin aiheutuvia kuormituksia koskevia tietoja. Taulukossa 9 esitettyinä hitsaukseen ja lämpökäsittelyyn liittyvinä tietoina merkitään piirustuksissa putkilinjoissa olevat hitsit pisteillä. Asennushitseihin lisätään pistemerkin lisäksi asennushitsausta kuvaava piirrosmerkki. Hitsaustyön suorittamiseksi merkitään lisäksi piirustuksiin lisäksi hitsausmenetelmää, lisäaineita, railoja ja hitsimuotoja, lämpökäsittelyä sekä hitsausliitosten laatuvaatimuksia kuvaavat tiedot. Isometrisissä putkistopiirustuksissa merkitään jokainen putkiston osa osanumerolla, kuten

kuvassa 8. Piirustukseen laaditaan osaluettelo, jossa esitetään piirustukseen kuuluvat osat sekä niiden lukumäärä tai summapituus piirustuksessa. Esivalmistettavat putkiston osat merkitään puolestaan isometreihin yhtenä osana, jonka kohdalla viitataan kyseisen osan valmistuspiirustukseen. (Pere 2009, s.14-91-95) Joskus osa luetelluista tiedoista voidaan esittää erikseen isometriin merkityissä liittyvissä piirustuksissa.

Taulukko 9 Isometrisissä putkistopiirustuksissa esitettävät asiat (PSK 5803, s.2-3)

Putkiston sijainti mitoitettuna sivu- ja korkeussuunnassa peruslinjoista, pilareista, seinäpinnoista, laitteiden keskiviivoista tai muista sopivista mitoituskohdista
Putkisto varusteineen mitoitettuna
Putkiston laiteliitännät mitoitettuna
Tunnistustiedot, kuten putkilinja-, putkivaruste-, instrumentti- ja laitetunnukset
Varusteiden asennot
Vietot
Putkiston toimitusrajat
Kannakointi tunnuksineen ja sijaintimitoituksineen
Putkiston esijännitykset
Hitsaukseen ja lämpökäsittelyyn liittyvät tiedot
Virtaussuunnat
Putkiston viranomaisvaatimukset
Eristys ja pintakäsittely
Tarkastusvaatimukset kuten NDT menetelmä
Koeponnistuspaine ja käytettävä väliaine
Putkiluokat
Toisiin piirustuksiin liittyvien putkilinjojen tunnuksien
Liittyvien piirustusten ja asiakirjojen numerot
Yksityiskohtaisia kuvantoja tarpeen mukaan
Muut erikseen sovittavat asiat

Isometrit kokoavat hyvin laaja-alaisesti tietoa eri suunnittelun osa-alueilta yhteen asiakirjaan. Isometrit sisältävät näin myös laskentatoimen ulkopuolella tuotettua tietoa, joten liitteen 1 mukaisesti isometrinen putkistopiirustusten tarkastus suoritetaan osittain laskentatoimessa. Laskentatoimen osalta isometreistä on perusteltua tarkastaa sellaiset tiedot ja osa-alueet, jotka pohjautuvat tai ovat kytköksissä laskentatoimessa laadittuun tietoon. Koska isometriset putkistopiirustukset ovat putkiston valmistuspiirustuksia, esim. kohtien 4.1.1 - 4.1.5 sekä 4.1.7 mukaisten lähtötietojen, laskelmien, detaljipiirustusten, jännitysanalyyysien, hitsaussuunnitelmien sekä materiaali- tai muiden listojen sisältämät tiedot voivat taulukon 9 mukaisesti esiintyä isometrisissä putkistopiirustuksissa. Koska

putkisto valmistetaan käyttäen näitä piirustuksia, laskentatoimen tarkastuksen osalta tärkeintä on varmistaa näiden asiakirjojen ja isometrien esittämän tiedon yhtenevyys. Esimerkiksi mm. putkiston reititys sekä kohta 4.3 huomioiden myös putkiston kannakointi tulee tarkastaa siten, että isometreissä esitetyt tiedot täsmäävät laadittujen jännitysanalyyysien kanssa. Isometrien piirustustekniset sekä ulkoasuun liittyvät seikat rajataan laskentatoimen tarkastuksen ulkopuolelle. Isometrit voivat sisältää myös viittauksia toisiin laskentatoimessa laadittuihin dokumentteihin esim. detaljipiirustuksiin. Näiden dokumenttien esittämän tiedon saumattomuus isometrin esittämän tiedon kanssa tulee myös isometriä tarkastuksen yhteydessä todeta. Isometriä tarkastus tulee suorittaa erityisen huolellisesti, jotta putkiston valmistus onnistuisi niiden avulla parhaalla mahdollisella tavalla. On suositeltavaa, että isometrit tarkastetaan tarkastettavista asiakirjoista kohdan 4.1.7 mukaisten luetteloiden kanssa viimeisenä, jotta tarkastaja on siirtyessään isometriä tarkastukseen ehtinyt perehtynyt esim. viitattuihin dokumentteihin sekä muuhun isometriin laskentatoimen tuottamista dokumenteista koottuun tietoon. Tällä menettelyllä voidaan myös tehokkaasti estää dokumenteissa esiintyvän virheen periytyminen eteenpäin. Koska isometrit ajetaan tietokoneavusteisesti, ei piirustusteknisten seikkojen tarkastukseen ole nykyisellään tarpeen kiinnittää erityistä huomiota. Joskus putkistoista voidaan laatia myös aksometrisia piirustuksia, jotka voidaan niiden sisällöstä riippua tarkastaa, kuten isometriset piirustukset.

4.1.7 Materiaali- ja muut luettelot

Kaikkea putkistoihin liittyvää tietoa ei ole mahdollista, tarpeen eikä kannata esittää putkistopiirustuksissa. Tästä syystä erilaisista putkistoihin liittyvistä tiedoista laaditaan usein luetteloita. Tällaisia luetteloita voivat olla esim. putkilinjaluettelo, putkiston materiaaliluettelo, venttiililuettelo ja tekninen erittely tai kannakeluettelo. Putkilinjaluettelossa esitetään putkistossa sijaitseville linjoille tiedot mm. putkilinjan käyttö- ja suunnitteluarvoista, eristyspaksuudet ja -tyypit sekä mahdolliset saattotavat. Putkilinjaluettelo laaditaan PI - kaavion laatineen tahon toimesta. Putkilinjaluetteloissa esitetään yleisesti täydentäviä tietoja suunnittelua varten lähtötietoina annetun PI - kaavion tueksi. Putkilinjaluettelossa voidaan lisäksi esittää esim. putkiluokat eri linjoille, putkilinjoissa käytettävät materiaalit sekä niihin liittyvät standardit tai putkiston linjojen

jaottelu eri ryhmiin. Putkiston materiaaliluettelossa puolestaan esitetään putkistoon tulevat osat luettelona. Vastaavalla tavalla venttiililuettelossa ja teknisessä erittelyssä esitetään tiedot putkistoon tulevista venttiileistä. Kannakeluettelosta taas ilmenevät putkistoon tulevat kannakkeet usein siten, että primääri- sekä sekundäärikannakkeet ovat omana ryhmänään. (Pere 2009, s.14-67-68)

Putkistoista laadittavat listat kuuluvat liitteen 1 mukaisessa jaottelussa laskentatoimessa osittain tarkastettaviin dokumentteihin. Putkilynaluettelo toimitetaan laskentatoimeen suunnittelun lähtötietona, joten putkilynaluettelon tarkastus tulee suorittaa kohdassa 4.1.1 esitetyllä tavalla lähtötiedoille annettujen ohjeiden mukaisesti. Jos luetteloon laskentatoimessa täydennetään tai lisätään jotain tietoa, tulee tämä tieto tarkastaa ja todeta sen yhtenevyys muihin suunnitteludokumentteihin. Putkiston materiaaliluettelo tulee tarkastaa laskentatoimessa niiltä osin, kun ne liittyvät laskentatoimessa laadittuihin dokumentteihin, kuten esim. laskelmiin tai detaljipiirustuksiin. Materiaaliluettelon tarkastuksessa tulee ensisijaisesti tarkastaa mm. materiaalien, viitattujen putki-, aihio- sekä putkenosastandardien, mittasarjojen sekä jossain tapauksissa esitettyjen materiaalimäärien vastaavuus laadituissa laskelmissa tai detaljipiirustuksissa esitettyihin tietoihin. Koska materiaaliluetteloä käytetään usein putkistomateriaalien tilaukseen, on materiaaliluettelon tarkastaminen erityisen tärkeää, jotta putkisto valmistetaan suunnitelmien mukaisesti. Venttiililuettelot sekä tekniset erittelyt kuuluvat myös kohdan 4.1.1 mukaisesti lähtötietoihin, joten niiden tarkastus suoritetaan lähtötiedoille annettujen ohjeiden mukaisesti. Kannakeluetteloiden tarkastus puolestaan rajataan laskentatoimen tarkastuksen ulkopuolelle. Putkiston kannakointi liittyy kuitenkin oleellisella tavalla kohdan 4.1.4 mukaisiin jännitysanalyysiin. Kohdassa 4.3 on kerrottu tarkemmin, kuinka kannakeluetteloiden tarkastuksen osalta toimitaan. Koska luetteloihin yhdistetään paljon tietoa useilta suunnittelun osa-alueilta, suositellaan että luetteloiden tarkastus suoritetaan isometrien kanssa viimeisenä.

4.1.8 Muut asiakirjat

Projekteissa voidaan laatia ja sitä kautta tarkastaa asiakirjoja, jotka eivät sisälly kohdissa 4.1.1 - 4.1.7 määriteltyihin asiakirjatyyppeihin. Tarkastajan tulee tällöin arvioida tällaisten

asiakirjojen sijoittuminen toimintaketjussa liitteen 1 mukaisesti ja sen pohjalta määritellä asiakirjalle riittävä tarkastusmenettely käyttäen apuna määritellyille asiakirjatyypeille annettuja ohjeita. Toiminnallisten vaatimusten lisäksi menettelyn määrittelyssä tulee ottaa huomioon myös esim. standardien, lainsäädännön sekä työohjeiden kautta asiakirjalle ja sen sisällölle asetetut vaatimukset.

4.2 Muu tarkastustoiminta

Muun tarkastustoiminnan tarkoituksena on toimia tukitoimintona varsinaiselle tarkastus- sekä osittain myös suunnittelutyölle. Standardilistauksen ylläpidon ja tarkastuksen kautta voidaan varmistaa, että suunnittelu- sekä tarkastuskäytössä ovat viimeisimmät julkaistut standardit ja niiden päivitykset. Käytettävien ohjelmien sekä työkalujen testauksen sekä tarkastuksen avulla voidaan puolestaan varmistua siitä, että työkalut toimivat luotettavasti ja halutulla tavalla.

4.2.1 Standardilistan tarkastus ja päivitys

Putkiston suunnittelu-, mitoitus- sekä tarkastustyössä tarvitaan useiden erilaisten esimerkiksi kohdassa 3 esiteltyjen standardien, lakien tai ohjeiden sisältämää tietoa. Viimeisimpien julkaistujen standardien, niiden korjausten ja päivitysten, lakien, ohjeiden yms. järjestelmällinen hallinta helpottaa suunnittelijan sekä tarkastajan työtä. Tätä tarkoitusta varten luotiin kandidaatintyön tuloksena standardilista, joka sisältää käytännön suunnittelutyössä tarpeelliseksi havaitut asiakirjat. Tämä lista sisältää mm. asiakirjojen ryhmittelytietoa, asiakirjan numeron tai tunnuksen, asiakirjojen julkaisu tai vahvistuspäivämäärään sekä lyhyen selitteen asiakirjan sisällöstä. Tämän listauksen avulla voi esimerkiksi suunnittelija, tarkastaja tai suunnittelutyöhön perehtyvä henkilö helposti löytää tarvitsemansa asiakirjan. Standardilistaus tulee säännöllisesti käydä läpi ja varmistaa, että asiakirjoihin julkaistut uudet versiot, päivitykset tai korjaukset päivitetään listaan. Tarkastuksen lisäksi listaan voidaan lisätä tarpeelliseksi havaittuja uusia standardeja. On suositeltavaa, että standardilista tarkastetaan kokonaisuudessaan noin 6 – 12 kk kuluessa. Standardilistan voi tarkastaa siihen erikseen määrätty henkilö tai henkilöt.

Kohdassa 5.2 esiteltävällä ohjelmalla voidaan suorittaa standardilistauksen tarkastus, ylläpito tai tutkia sen sisältöä. Standardeihin julkaistut päivitykset tai korjaukset tulee huomioida myös kohdan 4.2.2 mukaisissa ohjelmissa.

4.2.2 Käytettävien ohjelmien sekä työkalujen tarkastus

Dokumenttien tarkastuksen yhteydessä keskitytään erityisesti käytettyyn ohjelmaan syötettyjen arvojen tarkastukseen, kun ohjelmien tarkastuksen yhteydessä puolestaan paneudutaan ohjelman oikean toiminnan tarkastukseen. Suunnittelussa sekä mitoituksessa käytetään usein apuna erilaisia suunnittelu- sekä mitoitusohjelmia tai muita työkaluja. Näiden ohjelmien sekä työkalujen avulla voidaan mm. automatisoida toistuvaa suunnittelutyötä tai helpotetaan kokonaisuuksien hallintaa. Osa ohjelmista hankitaan yrityksen ulkopuoliselta ohjelmistotarjoajalta, kun taas osa ohjelmista on laadittu yrityksen sisällä. Kaikki näiden ohjelmien ja työkalujen tekemät virheet ovat ohjelman käyttäjän eli suunnittelijan vastuulla, joten saatuihin tuloksiin tulee aina suhtautua kriittisesti. Laskentatoimen tarkastustoiminnan kannalta tärkeimpiä ovat ohjelmat sekä työkalut, joilla suoritetaan tuotantoprojekteissa mitoitus- tai muita laskentatöitä. Yrityksen ulkopuolelta ostamien kaupallisten ohjelmien, kuten esim. FEM – laskentaohjelmien toiminta pyritään varmistamaan ohjelmistotarjoajan toimesta. Tämä ei kuitenkaan aina varmista ohjelman virheetöntä toimintaa, joten kohdan 4.1 mukaisten lähetettävien asiakirjojen tarkastuksen sekä suunnittelutyön yhteydessä tulee kiinnittää huomiota saatuihin tuloksiin. Yrityksen itse laatimat ohjelmat tulee puolestaan tarkastaa ja testata huolellisesti ennen tuotantokäyttöä ja näin varmistua ohjelman oikeasta toiminnasta. Ohjelmien laadinnassa tehdyt oletukset yms. seikat tulee selkeästi dokumentoida ohjelmaa laadittaessa ja saattaa käyttäjän saataville. Ohjelmien tarkastus on kertaluontoista, ellei esim. standardipäivitysten takia ohjelmaa muuteta. Jos yksittäistä suunnittelutehtävää varten laadittua työkalua halutaan käyttää yleisesti, tulee sille suorittaa riittävän laaja testaus työkalun yleisen toiminnan varmistamiseksi. Kaikki ohjelmien tarkastuksen yhteydessä tai dokumenttien tarkastuksen yhteydessä havaitut virheet tulee raportoida. Käytettävät ohjelmat ja työkalut voidaan testata esim. suorittamalla laajoja laskelmia ja tarkastamalla niiden tuloksia tai vertaamalla ohjelman tai työkalun saamia tuloksia toisen vastaavaan tarkoitukseen tarkoitettun työkalun tai ohjelman saamiin tuloksiin.

Kuten esim. jännitysanalyyseistä vaadittavien vähimmäistietojen kohdalla jo aikaisemmin taulukossa 8 todettiin, tarkastajan tulee kohdan 4.1 mukaisten lähetettävien asiakirjojen tarkastuksen yhteydessä ensisijaisesti varmistaa, että ohjelmallisesti laadituissa laskelmissa sekä raporteissa on asianmukaisesti merkitty käytetty laskentatyökalu sekä käytetty versio. Versiomerkin avulla voidaan kyseisen dokumentin laadinnassa käytetty ohjelma jäljittää ja tarkastuksen yhteydessä toistaa suunnittelu- tai mitoitus tehtävä ja tällä tavoin varmistua ohjelman oikeasta toiminnasta.

4.3 Laskentatoimen tarkastuksen ulkopuolelle jäävät asiat

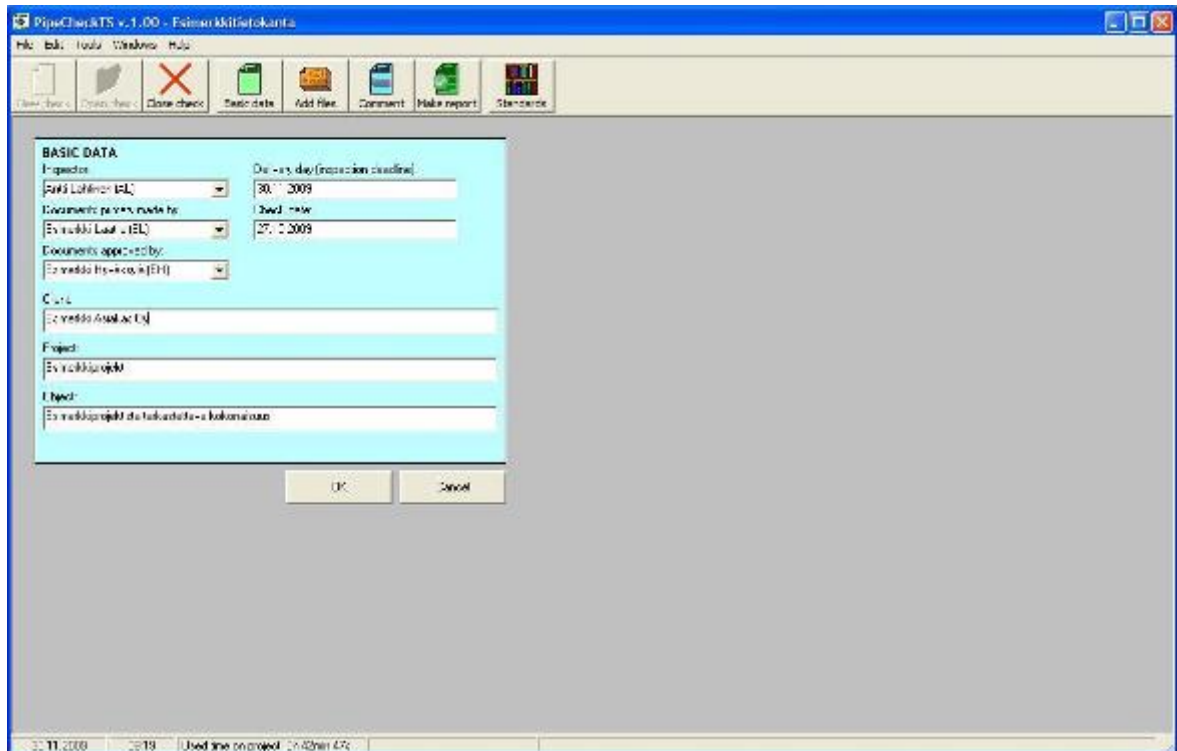
Laskentatoimen tarkastuksen ulkopuolelle rajattiin kokonaan tai osittain liitteen 1 mukaisesti useita suunnittelun osa - alueita. Kokonaan laskentatoimen tarkastuksen ulkopuolelle jäävien asiakirjojen tarkastus esitetään tämän ohjeen mukaisesti suoritettavaksi laskentatoimen ulkopuolisten tahojen toimesta. Laskentatoimessa osittain tarkastettavien asiakirjojen osalta tarkastuskäytäntö tulee sovittaa yhteen muiden organisaation jäsenten kanssa. Osittain tai kokonaan laskentatoimen ulkopuolella tarkastetaan liitteen 1 mukaisesti esim. luettelot, isometrit sekä putkiston kannakointi.

Putkiston kannakkeiden tehtävänä on ottaa vastaan tukivoimat niin, ettei putkistoon aiheudu liian suuria jännityksiä (Pere 2009, s.14-69). Esimerkiksi standardin SFS-EN 13480-3 kohdassa 13 on esitetty ohjeita ja vaatimuksia koskien metallisten teollisuusputkistojen kannakesuunnittelua. Standardin mukaisesti kannatinelementtien, jotka kytkevät putkiston ympäröiviin rakenteisiin täytyy kannatella putkiston ja kaikkien siihen kiinnitettyjen laitteiden paino, hallita putkiston liikkeitä sekä ohjata ja välittää kuormitukset putkistosta ympäröiviin rakenteisiin sekä yleisesti poistaa tai rajoittaa yksi tai useampi vapausaste putkiston erityiskohdassa. (SFS-EN 13480-3 s.284) Lisäksi esimerkiksi standardin SFS-EN 12952-3 kohdassa 11.5 esitellään ohjeet rakenteellisten tartuntojen suunnittelua varten (SFS-EN 12952-3 s.130-138). Kannakoinnin suunnittelu liittyy läheisesti esim. kohdan 4.1.6 mukaisiin isometrisiin piirustuksiin sekä kohdan 4.1.4 mukaisiin jännitysanalyyseihin. Näiden asiakirjojen ja kannesuunnittelun välinen yhteistyö sekä riittävä tiedonvaihto tulee yrityksen sisällä sekä eri toimijoiden välillä varmistaa ja

näin taata tuotettujen dokumenttien yhtenevyys. Jännitysanalyysien tarkastuksen yhteydessä joudutaan usein puuttumaan kannakoinnin toteutukseen. Kannakointia tarkastellaan kuitenkin vain jännitysanalyysijä koskevalta osalta, jolloin esim. kannakkeista laaditut piirustukset ja kohdassa 4.1.7 mainitut kannakeluettelot rajataan kokonaan laskentatoimen tarkastuksen ulkopuolelle.

5 TARKASTUSOHJELMA

Tarkastusta helpottamaan luotiin kandidaatintyön tuloksena tietokoneohjelma, joka käytännössä ohjaa tarkastustyötä, mahdollistaa tarkastettavien dokumenttien helpon ja järjestelmällisen hallinnan sekä tarjoaa erilaisia työkaluja tarkastustyö helpottamiseksi. Alla olevassa kuvassa 9 on esitetty ohjelman käyttöliittymä. Projekteissa syntyvien asiakirjojen ja dokumenttien käsittely tapahtuu nykyään pääasiassa sähköisesti. Ohjelman avulla pystytään usein hyvin laajasta määrästä dokumentteja kokoamaan samaan käyttöliittymään kaikki tarkastuksen dokumentit sekä muut tarkastuksessa tarvittavat asiakirjat. Tarkastajalla on näin saatavilla tarvittavat tiedot sekä työkalut samassa käyttöliittymässä tarkastuksen suorittamista varten. Kohdassa 5.1 kerrotaan tarkemmin tarkastuksen suorittamisesta ohjelmalla. Kohdassa 5.2 esitellään ohjelman tarkastusta tukevia toimintoja.



Kuva 9 Ohjelman käyttöliittymä

5.1 Tarkastuksen suorittaminen

Tarkastus etenee ohjelmassa kuvassa 9 näkyvällä painikerivillä vasemmalta oikealle. Aluksi ohjelmassa luodaan uusi tietokanta, joka sisältää tarkastukseen liittyvät tiedot. Tietokanta tallennetaan käyttäjän osoittamaan kansioon. Jo valmiiksi luotuun tietokantaan voidaan palata avaamalla kyseinen tietokansa sen tallennuskansiosta. Avattu tietokanta voidaan sulkea painamalla ”Close check” - painiketta tai sulkemalla ohjelma. Kun tietokanta on luotu tai olemassa oleva tietokanta avattu, voidaan tarkastus aloittaa. Kaikki tiedot tästä eteenpäin tallentuvat tietokantaan ja näkyvät tarkastusraportissa. Perustietoina syötetään mm. asiakasta ja projektia koskevat tiedot, tarkastustoimintaan kuuluvat henkilöt sekä päivämäärätietoja. Perustietojen syöttämisen jälkeen ohjelmaan lisätään tarkastukseen kuuluvat dokumentit. Lisätyt dokumentit jaetaan tarkastettaviin asiakirjoihin sekä lähtötietoihin ja luokitellaan liitteen 1 mukaisella tavalla eri asiakirjatyyppeihin. Käyttäjä voi halutessaan luoda myös omia asiakirjatyyppejään. Kommentointi-ikkunan avulla käyttäjä voi tarkastella sekä kommentoida tietokantaan lisättyjä dokumentteja. Kun kaikki

dokumentit on tarkastettu, käyttäjä ajaa liitteen 2 mukaisen raportin ohjelmasta. Raportti voidaan ajaa englannin tai suomen kielellä.

5.2 Standardilistan tarkastus ja muut toiminnot

Ohjelma sisältää lisäksi ominaisuuksia, joiden on tarkoitus helpottaa tarkastustoimintaa. Ohjelman sisältää tietokannan, jossa on tallennettuna kohdassa 3 mainitut ja kohdan 4.2.1 mukaisesti tarkastetut suunnittelussa käytettävät standardit sekä muut tarvittava lähdeaineisto. Ohjelma huolehtii, että jokainen ohjelmaan syötettävän standardin tai muu dokumentin voimassaolo tarkastetaan määräajoin. Ohjelma antaa käynnistyksen yhteydessä huomautuksen, jos määritelty aika edellisestä tarkastuksesta on umpeutunut. Tämän lisäksi ohjelma huomauttaa uusista sekä päivittyneistä standardeista. Ohjelma sisältää lisäksi työkaluja, joilla useita tarkastettavia asiakirjoja voidaan muokata yhdellä kerralla helposti tarkastuksen yhteydessä.

6 YHTEENVETO

Huolellisesti suoritettulla tarkastustoimilla voidaan yrityksen projekteissa saavuttaa selvää taloudellista etua sekä parantaa tuotettujen dokumenttien yleistä laatua. Tämä siis puoltaa aktiivisen sekä hyvin organisoidun tarkastuskäytännön toteuttamista yrityksessä. Tarkastuksen huolellinen rajaaminen ja suunnittelu yrityksen eri osastojen ja toimijoiden välillä auttaa tehokkaasti kohdentamaan käytössä resursseja sekä poistamaan päällekkäisiä toimintoja.

7 LÄHTEET

ASME B31.1. 2007. ASME Code for Pressure Piping B31 Power Piping B31.1-2007 (Revision of ASME B31.1-2004). The American Society of Mechanical Engineers. 302 s.

ASME. 2009. [The American Society of Mechanical Engineers www-sivut] [viitattu: 29.11.2009] Saatavissa: <http://www.asme.org/Codes/About/FAQs/Codes_Standards.cfm>

ANSI. 2009. [The American National Standards Institute www-sivut] [viitattu: 29.11.2009] Saatavissa: <http://www.ansi.org/about_ansi/introduction/introduction.aspx?menuid=1>

Blomberg, T. toim. 2009. Tukes – julkaisu 3/2009 Painelaitedirektiivin soveltamisohjeet. Helsinki, Edita prima. ISBN 952-5649-08-3

Martikainen, J. 2009. Luennot 2009, Hitsauksen laadunvarmistus. Lappeenranta, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 625 s.

Pere, A. 2009. Koneoppiirustus I & II. 10. p. Espoo, Kirpe Oy. ISBN 978-951-97096-9-7

PSK 4201. 2008. Putkiluokat. Määrittely. PSK Standardisointiyhdistys ry. 5 s.

PSK 5803. 2003. Putkistoppiirustukset. Isometrinen piirustus. PSK Standardisointiyhdistys ry. 9 s.

SFS-EN ISO 9001. 2001. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. Suomen standardoimisliitto SFS. 60 s.

SFS-EN 13480-1. 2002. Metalliset teollisuusputkistot. Osa 1: yleistä. Suomen standardoimisliitto SFS. 19 s.

SFS-EN 13480-1/A2. 2009. Metalliset teollisuusputkistot. Osa 1: yleistä. Suomen standardoimisliitto SFS. 6 s.

SFS-EN 13480-2. 2002. Metalliset teollisuusputkistot. Metalliset teollisuusputkistot. Osa 2: materiaalit. Suomen standardoimisliitto SFS. 108 s.

SFS-EN 13480-3 + A1. 2006. Metalliset teollisuusputkistot. Osa 3: suunnittelu ja laskenta. Suomen standardoimisliitto SFS. 598 s.

SFS-EN 13480-4. 2002. Metalliset teollisuusputkistot. Osa 4: valmistus ja asennus. Suomen standardoimisliitto SFS. 76 s.

SFS-EN 13480-5. 2002. Metalliset teollisuusputkistot. Osa 5: tarkastus ja testaus. Suomen standardoimisliitto SFS. 60 s.

SFS-EN 12952-1. 2002. Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 1: yleistä. Suomen standardoimisliitto SFS. 34 s.

SFS-EN 12952-3. 2002. Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 3: paineenalaisten osien suunnittelu ja laskenta. Suomen standardoimisliitto SFS. 252 s.

SFS-EN 12952-5. 2002. Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 5: paineellisten osien valmistus. Suomen standardoimisliitto SFS. 81 s.

SFS-EN 12952-6. 2002. Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 6: kattilan paineenalaisten osien valmistuksen aikainen tarkastus, dokumentointi ja merkintä. Suomen standardoimisliitto SFS. 57 s.

SFS-EN 10204. 2004. Metallituotteiden ainestodistukset. Suomen standardoimisliitto SFS. 16 s.

TUKES 2001. Tukes – julkaisu 5/2001 Painelaitedirektiivi. Helsinki, Edita Oyj. ISBN 952-5095-49-5

Anon. 2009. Euroopan unionin virallinen lehti C 226/7 [verkkodokumentti]. 19.9.2009 [viitattu 25.11.2009] Saatavissa: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2009:226:0007:0021:FI:PDF>>

Finlex. 2009. [FINLEX – Valtion säädöstietopankki www-sivut] [viitattu 20.11.2009] Saatavissa: <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990938>>

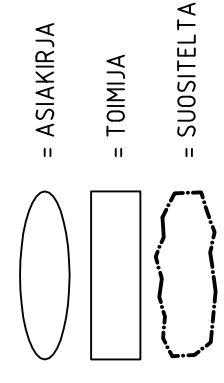
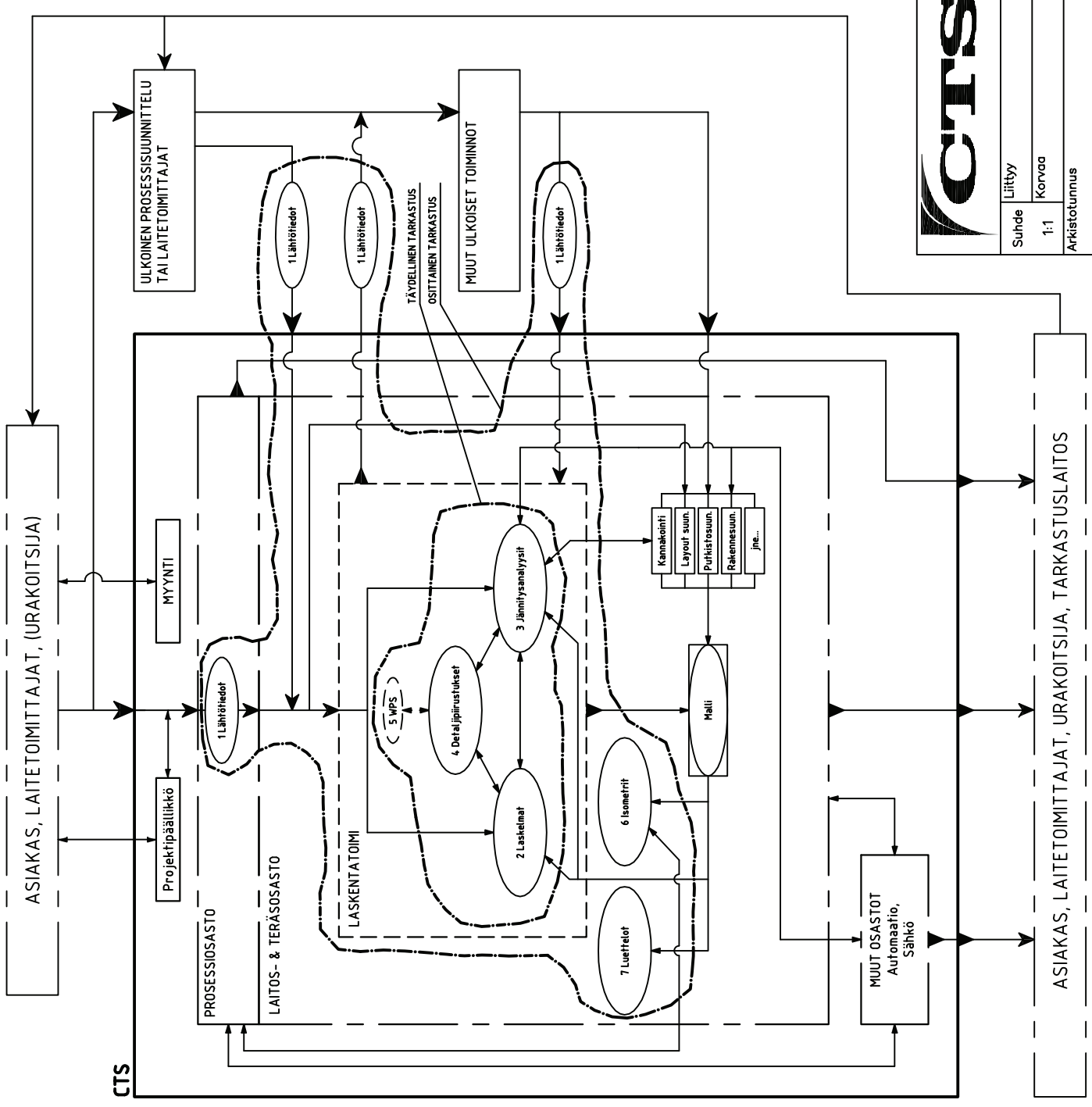
PSK. 2009. [PSK Standardintyhdistys ry:n www-sivuilla] [viitattu 26.11.2009] Saatavissa: <<http://www.psk-standardisointi.fi/Alasivut/Standardiluettelo/Ryhmahakemisto.htm>>

SFS. 2009. [Suomen standardoimisliitto SFS ry:n www-sivuilla] [viitattu 21.11.2009] Saatavissa: <<http://www.sfs.fi/julkaisut/painelaitteet/>>

TUKES. 2009. Turvatekniikan keskus, TUKES. Tukes opas, painelaitteet. [verkkodokumentti] [viitattu 22.11.2009] Saatavissa: <http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_opaat/painelaiteopas.pdf>

HAASTATTELUT

Rantala, A. DI. Pakkanen, K. Ins. Soininen, H. Ins. CTS Engtec Oy. Kouvola. 12.8.2008. Haastattelija: Antti Lahtinen.



		Päiväys	Nimikirj.	Piir. nro	Rev.
		Piirt.	AL	Liite 1	
		Tark.			
Suhde		Liitty			
1:1		Korvaa			
Arkistotunnus					
Tiedosto		Liite1 - Toimintaketju.dwg			

Laskentatoimen tarkastuksen koordinointi ja kehitys - Osa 1 putkistot
Toimintaketju ja tarkastuksen rajaus

Asiakas	Esimerkki Asiakas Oy
Projekti	Esimerkkiprojekti
Kokonaisuus	Esimerkkiprojektista tarkastettava kokonaisuus

Tarkastaja	Antti Lahtinen (AL)
Pääasiallinen tarkastettava	Esimerkki Laatija (EL)
Tarkastuspäivä	27.10.2009
Luovutuspäivä	30.11.2009
Tarkastukseen käytettiin aikaa	0h 24min

LÄHTÖTIEDOT

Asiakirjatyyppi	Tiedostonimi	Rev.	Status	Pvm.	Standardi	Laatija
KAAVIO	Kaaviotiedosto1.pdf	0	Preliminary	20.10.2009		Esimerkki Nimi
	Tämä on ensimmäinen kommentti, joka on lisätty tiedostoille Kaaviotiedosto1.pdf, Kaaviotiedosto2.pdf, Laskelma1.xls, Laskelma2.xls sekä Laskelma3.xls.					
KAAVIO	Kaaviotiedosto2.pdf	1	Final	22.10.2009		Esimerkki Nimi
	Tämä on ensimmäinen kommentti, joka on lisätty tiedostoille Kaaviotiedosto1.pdf, Kaaviotiedosto2.pdf, Laskelma1.xls, Laskelma2.xls sekä Laskelma3.xls.					
	Tämä on toinen kommentti, joka lisätään Kaaviotiedosto2.pdf tiedostolle sekä myös tiedostoille Laskelma1.xls, Jännitysanalyysi1.pdf, Jännitysanalyysi2.pdf sekä Jännitysanalyysi3.pdf.					
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
LUETTELO	Lista1.pdf	3	Final	12.9.2009		
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
LUETTELO	Lista2.pdf	0	Final	10.9.2009		
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					

TUOTETUT ASIAKIRJAT

Asiakirjatyyppi	Tiedostonimi	Rev.	Status	Pvm.	Standardi	Laatija
LASKELMA	Laskelma1.xls	0	Final		SFS-EN 13480-3	EL
	Tämä on ensimmäinen kommentti, joka on lisätty tiedostoille Kaaviotiedosto1.pdf, Kaaviotiedosto2.pdf, Laskelma1.xls, Laskelma2.xls sekä Laskelma3.xls.					
	Tämä on toinen kommentti, joka lisätään Kaaviotiedosto2.pdf tiedostolle sekä myös tiedostoille Laskelma1.xls, Jännitysanalyysi1.pdf, Jännitysanalyysi2.pdf sekä Jännitysanalyysi3.pdf.					
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
LASKELMA	Laskelma2.xls	1	Final		SFS-EN 13480-3	EL
	Tämä on ensimmäinen kommentti, joka on lisätty tiedostoille Kaaviotiedosto1.pdf, Kaaviotiedosto2.pdf, Laskelma1.xls, Laskelma2.xls sekä Laskelma3.xls.					
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
LASKELMA	Laskelma3.xls	0	Final		SFS-EN 12952-3	EL
	Tämä on ensimmäinen kommentti, joka on lisätty tiedostoille Kaaviotiedosto1.pdf, Kaaviotiedosto2.pdf, Laskelma1.xls, Laskelma2.xls sekä Laskelma3.xls.					
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
PIIRUSTUS	Piirustus1.dwg	0	Final	20.10.2009		EL
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
PIIRUSTUS	Piirustus2.dwg	0	Final	20.10.2009		EL
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
PIIRUSTUS	Piirustus3.dwg	0	Final	20.10.2009		EL
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
PIIRUSTUS	Piirustus4.dwg	0	Final	20.10.2009		EL
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
JÄNNITYSANALYYSI	Jännitysanalyysi1.pdf				SFS-EN 13480-3	
	Tämä on toinen kommentti, joka lisätään Kaaviotiedosto2.pdf tiedostolle sekä myös tiedostoille Laskelma1.xls, Jännitysanalyysi1.pdf, Jännitysanalyysi2.pdf sekä Jännitysanalyysi3.pdf.					
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
JÄNNITYSANALYYSI	Jännitysanalyysi2.pdf				SFS-EN 13480-3	
	Tämä on toinen kommentti, joka lisätään Kaaviotiedosto2.pdf tiedostolle sekä myös tiedostoille Laskelma1.xls, Jännitysanalyysi1.pdf, Jännitysanalyysi2.pdf sekä Jännitysanalyysi3.pdf.					
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
JÄNNITYSANALYYSI	Jännitysanalyysi3.pdf				SFS-EN 13480-3	
	Tämä on toinen kommentti, joka lisätään Kaaviotiedosto2.pdf tiedostolle sekä myös tiedostoille Laskelma1.xls, Jännitysanalyysi1.pdf, Jännitysanalyysi2.pdf sekä Jännitysanalyysi3.pdf.					
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
ISOMETRI	Isometri1.dwg		Preliminary			
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
ISOMETRI	Isometri2.dwg		Preliminary			
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
ISOMETRI	Isometri3.dwg		Preliminary			
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					
WPS	WPS1.pdf		Final			
	Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.					

WPS [WPS2.pdf](#) Final
Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.
MUU [Muu1.pdf](#) Final 22.10.2009
Tämä on kolmas esimerkkikommentti, joka on lisätty kaikille tiedostoille.

HYVÄKSYJÄN MERKINNÄT

Hyväksyjä	Esimerkki Hyväksyjä (EH)
-----------	--------------------------

Tarkastuksessa havaitut asiat eivät vaadi korjausta

Tarkastuksessa havaitut asiat vaativat korjausta

Tarkastuksessa huomautetut asiat on korjattu

27.10.2009

EH

Päivämäärä ja kuittaus