

Digitaalinen tuoteprosessi

Foster Wheeler Energia Oy:n tarjousprosessi

Leena Pimiä

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan koulutusohjelma	
Koulutusohjelma Tuotantotalouden koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Leena Pimiä	
Työn nimi Digitaalinen tuoteprosessi – Foster Wheeler Energia Oy:n tarjousprosessi	
Päiväys 12.12.2012	Sivumäärä/Liitteet 35/0
Ohjaaja(t) Tuotantotalouden yliopettaja Jarmo Pyysalo, projektipäällikkö Petteri Heino	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Foster Wheeler Energia Oy, Varkaus	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda tarjousvaiheessa käytettävä materiaalmäärälaskenta malli konvektiiviselle savukaasukanavalle. Tavoitteena oli, että materiaalmäärälaskennan avulla saataisiin laskettua kanavan materiaalmäärä viiden prosentin tarkkuudella.</p> <p>Materiaalmäärälaskentaa varten luotiin laskentapohja MS Excel -ohjelmaan. Laskentapohjan lisäksi Foster Wheeler Energia Oy:lle tuotettiin laskennasta dokumentaatio, jossa tarkat laskentakaavat käytiin läpi.</p> <p>Tarjousvaiheen materiaalmäärälaskennan toteuttamisen lisäksi opinnäytetyössä tarkasteltiin Foster Wheeler Energia Oy:n tarjousprosessia kokonaisuutena ja pohdittiin, kuinka tarjousvaiheen materiaalmäärälaskenta tulee vaikuttamaan tarjousprosessiin.</p>	
Avainsanat Materiaalmäärälaskenta, CFB, Konvektiivinen savukaasukanava, Tarjousprosessi	
Liite	

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
THESIS

Abstract

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Program of Industrial Management			
Author(s) Leena Pimiä			
Title of Thesis Digital Product Process – Quotation Process in Foster Wheeler Energia Oy			
Date	12.12.2012	Pages/Appendices	35/0
Supervisor(s) Senior Lecturer of Industrial Management Jarmo Pyysalo, Project Manager Petteri Heino			
Client Organisation/Partners Foster Wheeler Energia Oy, Varkaus			
Abstract The aim of this thesis was to create a model of material quantity calculation for Convection Cage. The target of material calculation was to gain a five percent accuracy of material quantity for convection cage. The base of material quantity calculation was created to MS Excel software. Documentation concern material quantity calculation formulas was also provided to Foster Wheeler Energia Oy. In addition to material quantity calculation the thesis reviewed the whole quotation process of company and how the calculation program will affect the process.			
Keywords Material quantity calculation, CFB, Convection Cage, Quotation process			
Appendices			

SISÄLTÖ

KÄSITELUETTELO	5
1 JOHDANTO	7
2 FOSTER WHEELER AG	9
3 TEKNOLOGIAN JA INNOVAATIOIDEN KEHITTÄMISKESKUS.....	12
4 CIRCULATING FLUIDIZED BED -KATTILA JA LEIJUKERROSPOLTTO	13
4.1 Leijukerrosteknologia	13
4.2 Circulating Fluidized Bed -kattila.....	13
4.3 Convection Cage, Konvektiivinen Savukaasukanava	17
5 PROSESSINHALLINTATYÖKALUT	19
5.1 Comos	19
5.2 PDMS.....	19
5.3 PED-direktiivi	20
5.4 Amigo	21
5.5 Design Standard Manual	21
6 TARJOUSVAIHEEN MALLINNUKSEN JA MATERIAALIMÄÄRÄLASKENTA	22
6.1 Materiaalimäärälaskennan kehittämisen aloitus.....	22
6.2 Tarjousvaiheen materiaalimäärälaskennan kehittäminen konvektiiviselle savukaasukanavalle	23
6.3 Konvektiivisen Savukaasukanavan materiaalimäärälaskennan testaaminen...	25
6.4 Savukaasukanavan materiaalimäärälaskennan tulosten arviointi	25
7 TARJOUSPROSESSI	27
7.1 Tarjousprosessin aloitus	28
7.2 Tarjouksen insinööri työ.....	29
7.3 Systemikuvausten ja -kaavioiden luominen	30
7.4 Koekäyttö.....	31
8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA PROJEKTIN JATKOKEHITYS.....	32

KÄSITELUETTELO

Amigo = Ohjelmisto kattiloiden suorituskyvyn ja lämpötilojenmitoitukselle.

ASME = American Society of Mechanical Engineers –koodi, standardi.

CEMP = Cost Estimate Management Program.

CFB-kattila = Circulating Fluidized Bed eli kiertopetikattila. Foster Wheeler Energia Oy:n päätuote.

CI-Sheet = Contract Information –Sheet. Amigosta saatavat tiedot esitetään CI-Sheetillä, josta selviää kattilan paine- sekä lämpötilatiedot.

Comos = Suunnittelu- ja dokumentointijärjestelmä.

COD-aukko = Konvektiivisessa savukaasukanavassa oleva aukko, jota Pitkin savukaasu etenee.

DSM = Design Standard Manual. Suunnitteluohje, jossa muun muassa mitoitushojeita.

DTP = Digitaalinen tuoteprosessi -ohjelma. Tekesin projekti, jonka tarkoituksena on parantaa ja kehittää suomalaisten ja Suomessa toimivien yritysten kilpailukykyä kansainvälisillä markkinoilla parantamalla yrityksen prosesseja ja sen tarjoamia palveluita.

EDMS = Engineering Data Management System

EIC = Electrification, Instrumentation & Control

FWE = Foster Wheeler Energia Oy

KKS = Kraftwerk-Kennzeichensystem. Standardoitu luokittelujärjestelmä voimalaitoksen osille.

PDMS = Plant Design Management System. Ohjelmisto tehtaiden suunnitteluun.

PED = Pressure Equipment Directive. Euroopan Parlamentin hyväksymä direktiivi paine- ja kaasulaitteille.

PID = Pipe & Instrumentation Diagram eli putki- ja instrumentointikaavio, jossa esitetään kaikki putket, venttiilit sekä putkiston kiertosuunta.

Tekes = Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus. Rahoittaa tutkimus- ja kehitysprojekteja, jotka edesauttavat yritysten kilpailukykyä.

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Foster Wheeler Energia Oy:lle Varkauteen. Opinnäytetyö tehtiin osana Teknologian ja Innovaatioiden Kehittämiskeskus Tekesin FWE NW 2012 – Uuden sukupolven digitaalinen tuoteprosessi osana verkostomaista projektitoimintaa. Projektin tarkoituksena oli Foster Wheeler Energia Oy:n liiketoimintaprosessien kehittäminen, uuden tuotemallirakenteen kehittäminen ja sen pohjalta tehtävä digitaalinen tuotemalli-ohjelmisto ja jatkaa aloitettua tarjousvaiheen materiaalmäärälaskennan kehittämistä sekä tutkia materiaalmäärälaskennan vaikutusta Foster Wheeler Energia Oy:n tarjousprosessiin. Digitaalisen tuoteprosessin toteuttajana toimi Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden toimipiste.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan FWE NW 2012 – uuden sukupolven digitaalinen tuoteprosessi –projektia, ja sen vaikutusta sekä tarjoamia mahdollisuuksia Foster Wheeler Energian tarjousprosessiin. Kiristyvillä markkinoilla, joilla tavoitellaan yhä suurempia voittoja, on hinta merkittävä tekijä ja sen saaminen mahdollisimman lähelle lopullista lukua jo tarjousvaiheessa on yritykselle suuri kilpailuvaltti. Liiketoimintaprosessien kehittäminen ja tukeminen erilaisin työkaluin ja menetelmin auttaa kehittämään tätä kilpailuasemaa.

Projektin tilasivat yhteistyössä Savonia-ammattikorkeakoulu ja Foster Wheeler Energia Oy. Tällä tavoin saatiin mahdollisimman monta ammattikorkeakoulu-opiskelijaa oikean työelämän pariin tekemään harjoitteluaan tai lopputyötään. Monelle opiskelijalle projekti on ollut ensimmäinen oikea työpaikka ja mahdollisuus saada työelämän ovet auki kerätyn kokemuksen myötä.

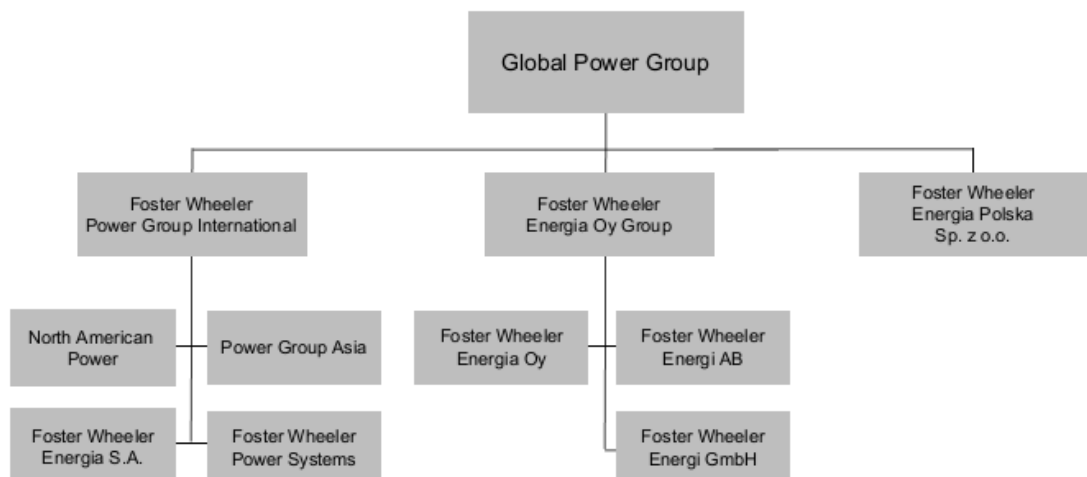
Projektista tuotettiin jokaisen valmistuneen osion lopuksi Foster Wheeler Energialle dokumentaatio materiaalmäärälaskennasta, käytetyistä kaavoista ja sen kehittämisen perusteista sekä PDMS-ohjelmisto ja sen lähdekoodi. (Hautamaa, 2009. 7.)

Tekesin projektin tarkoituksena on parantaa suomalaisten ja Suomessa toimivien yritysten kilpailuasemaa kansainvälisillä markkinoilla globalisoituvassa yhteiskunnassa. Foster Wheeler Energia Oy:n tarjousvaiheen hinta-arviota tuotteesta haluttiin parantaa nykyisestä. Tavoiteltuna tarkkuutena oli korkeintaan viiden prosentin virhemarginaali lopulliseen hintaan suhteutettuna. Näin mahdolliselle asiakkaalle saadaan lähes tarkka hinta valmiista tuotteesta jo alkuvaiheessa, jolloin asiakas välttyy yllättäviltä lisäkustannuksilta rakennusprojektin aikana.

Projektin tavoitteeksi määriteltiin tuottaa Foster Wheeler Energia Oy:n käyttöön tarjousvaiheen materiaalimäärälaskenta malli, jota on tulevaisuudessa helppo hallita, ylläpitää ja kehittää jatkuvasti. Sen tuli olla tehokas isolle yritykselle, siinä oli oltava riittävän monipuoliset ominaisuudet sekä oli oltava tarpeeksi tehokas ja helppokäyttöinen käyttötarkoitukseensa, tarjousvaiheen materiaalimäärälaskentaan. (Hautamaa, 2009. 6.)

2 FOSTER WHEELER AG

Foster Wheeler AG on monikansallinen konserni, joka on listautuneena Nasdaqin pörssiin nimellä FWLT. Foster Wheeler AG koostuu Global Engineering & Construction Groupista, joka tarjoaa prosessiteollisuudelle suunnittelua, urakointia ja projektinhallintaa sekä Foster Wheelerin Global Power Groupista (kuva 1), joka taas on erikoistunut voimalaitos- ja teollisuuskattiloiden suunnitteluun, valmistukseen ja asennukseen sekä elinkaaripalveluihinsa. Asiakkaita ovat teollisuus, kauko- ja sähkölämmön tuottajat sekä voimantuottajat. Yrityksen päätuote ja ydinosainen on CFB- eli kiertopetiteknologia. Konserni on perustettu 1884 ja toiminut Foster Wheeler –nimellä vuodesta 1927 alkaen. (Henriksson, 2009. 2-3.) Vuonna 2011 konsernin voitto oli 162,4 miljoonaa yhdysvaltain dollaria. (Foster Wheeler AG 2011 Annual Report, 2012. 5.)



Kuva 1. Foster Wheeler Global Power Group (Henriksson, 2009. 4.)

Foster Wheeler Energia Oy on maailman johtava CFB-kattiloiden toimittaja keskimäärin 40 prosentin markkinaosuudella. Vuonna 2008 Foster Wheeler työllisti yli 14 000 henkilöä maailmanlaajuisesti, joista Suomessa noin 500 henkilöä (Foster Wheeler Energia Oy, Finder). Foster Wheeler Energia Oy:n Suomen päätoimisto sijaitsee Espoossa, mutta suurin osa henkilöstöstä työskentelee Varkaudessa, jossa sijaitsevat yrityksen suunnittelu- ja tuotteen hallintapalvelut. Foster Wheeler Energia Oy:n liikevaihto vuonna 2008 oli noin 350 miljoonaa euroa (kuvat 2 ja 4) .

Avainluvut, 2008

• Henkilöstö	14.700
• Tilauskanta	5.5 miljardia dollaria
• Myynti	4.1 miljardia dollaria
• Liikevaihto	6.9 miljardia dollaria
• EBITDA	686 miljoonaa dollaria

Kuva 2. Foster Wheeler AG –konsernin vuoden 2008 avainluvut. (Henriksson, 2009. 2.)

Foster Wheeler Global Power Groupin EBITDA eli käyttökate oli vuonna 2011 184 miljoonaa yhdysvaltain dollaria (kuva 3).

<i>In thousands of dollars, except earnings per share*</i>	2009	2010	2011
Operating revenues in scope	\$ 2,915,120	\$ 2,396,605	\$ 2,623,168
Adjusted net income	376,521	220,817	172,284
Adjusted diluted earnings per share	2.96	1.74	1.43
Consolidated scope backlog	2,068,600	2,643,200	2,562,300
Global Engineering and Construction Group EBITDA	421,186	296,240	210,541
Global Power Group EBITDA	194,027	163,825	184,467

* See appendices for a description of adjustments, definition of EBITDA and scope backlog, and reconciliation to operating revenues, diluted earnings per share and net income attributable to Foster Wheeler AG.

Kuva 3. Global Power Group tunnusluvut vuosilta 2009-2011 (Foster Wheeler AG 2011 Annual Report, 2012. 4.).

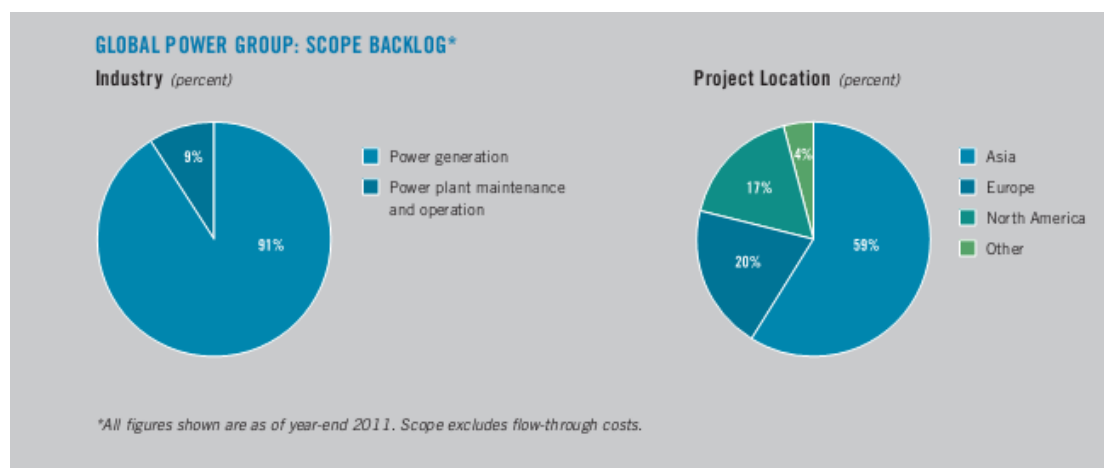
Operating Revenues

	2011	2010	2011 vs. 2010		2009	2010 vs. 2009	
			\$ Change	% Change		\$ Change	% Change
Global E&C Group	\$ 3,443,079	\$ 3,346,050	\$ 97,029	2.9 %	\$ 4,040,082	\$ (694,032)	(17.2)%
Global Power Group	1,037,650	721,669	315,981	43.8 %	1,016,252	(294,583)	(29.0)%
TOTAL	\$ 4,480,729	\$ 4,067,719	\$ 413,010	10.2 %	\$ 5,056,334	\$ (988,615)	(19.6)%

Kuva 4. Liiketoiminnan tuotot vuosilta 2009-2011 (Foster Wheeler AG 2011 Annual Report, 2012.)

Foster Wheeler Global Power Groupin tuotekategoria kattaa leijupetiteknologian lisäksi pölypolttokattilat, BFB- eli kuplapetiteknologian, jätelämpökattilat, lauhduttimet, syöttöveden lämmittimet sekä lämpö- että ydinvoimaloille, lämmöntalteenoton kaasuturbiineille sekä aurinkoenergian ratkaisuita. (Leading-Edge Technology Solutions, 2.)

Foster Wheeler Global Power Groupin projektien sijainnit ovat jakautuneet ympäri maailmaa. Suurin osa Global Power Groupin projekteista on tällä hetkellä käynnissä Aasiassa (kuva 5). Valtaosa Foster Wheeler Global Power Groupin toiminnasta on voimalaitosten ylläpitokorjauksissa ja operaatioissa (kuva 5). (Foster Wheeler AG 2011 Annual Report, 2012. 8.)



Kuva 5. Foster Wheeler Global Power Groupin 2011 käynnissä olevien projektien sijoittuminen ja toimiala. (Foster Wheeler AG 2011 Annual Report, 2012. 8.)

3 TEKNOLOGIAN JA INNOVAATIOIDEN KEHITTÄMISKESKUS

Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskuksen, Tekesin, Digitaalinen tuoteprosessi –ohjelman on tarkoitus tukea yritysten kannattavaa, asiakaskeskeistä ja kansainvälistä liiketoimintaa. Johtavia ajatuksia ja menestystekijöitä tuotekehityksen, tuotannon ja palveluliiketoiminnan kannalta suomalaisissa yrityksissä ovat tuoteprosessin aikainen tiedon hallinta sekä hyödyntäminen. Elinkaaren hallinta ja osaavat palvelut takaavat yritysten kilpailukyvyn sekä kotimaassa että ulkomailla. (Tekes, uuden sukupolven digitaalinen tuoteprosessi.)

Uuden sukupolven digitaalinen tuoteprosessi –ohjelman tavoitteita ovat muun muassa yhteistyön tehostaminen yli yritysten ja organisaatioiden rajojen, erilaisten toimialojen välisen yhteistyön lisääminen ja osaamisen siirto yritysten välillä sekä huipputason osaamisen ja toimintatapojen kehittäminen entistä kilpailukykyisemmiksi. (Digitaalinen tuoteprosessi 2008-2012 – Tuotetiedon hallinnasta kilpailukyvyn tukijalka.)

Digitaalisen tuoteprosessin pääteemoihin kuuluvat prosessit ja niiden johtaminen, implementointi ja osaaminen sekä uudet työkalut ja standardointi. (Digitaalinen tuoteprosessi 2008-2012 – Tuotetiedon hallinnasta kilpailukyvyn tukijalka.)

4 CIRCULATING FLUIDIZED BED -KATTILA JA LEIJUKERROSPOLTTO

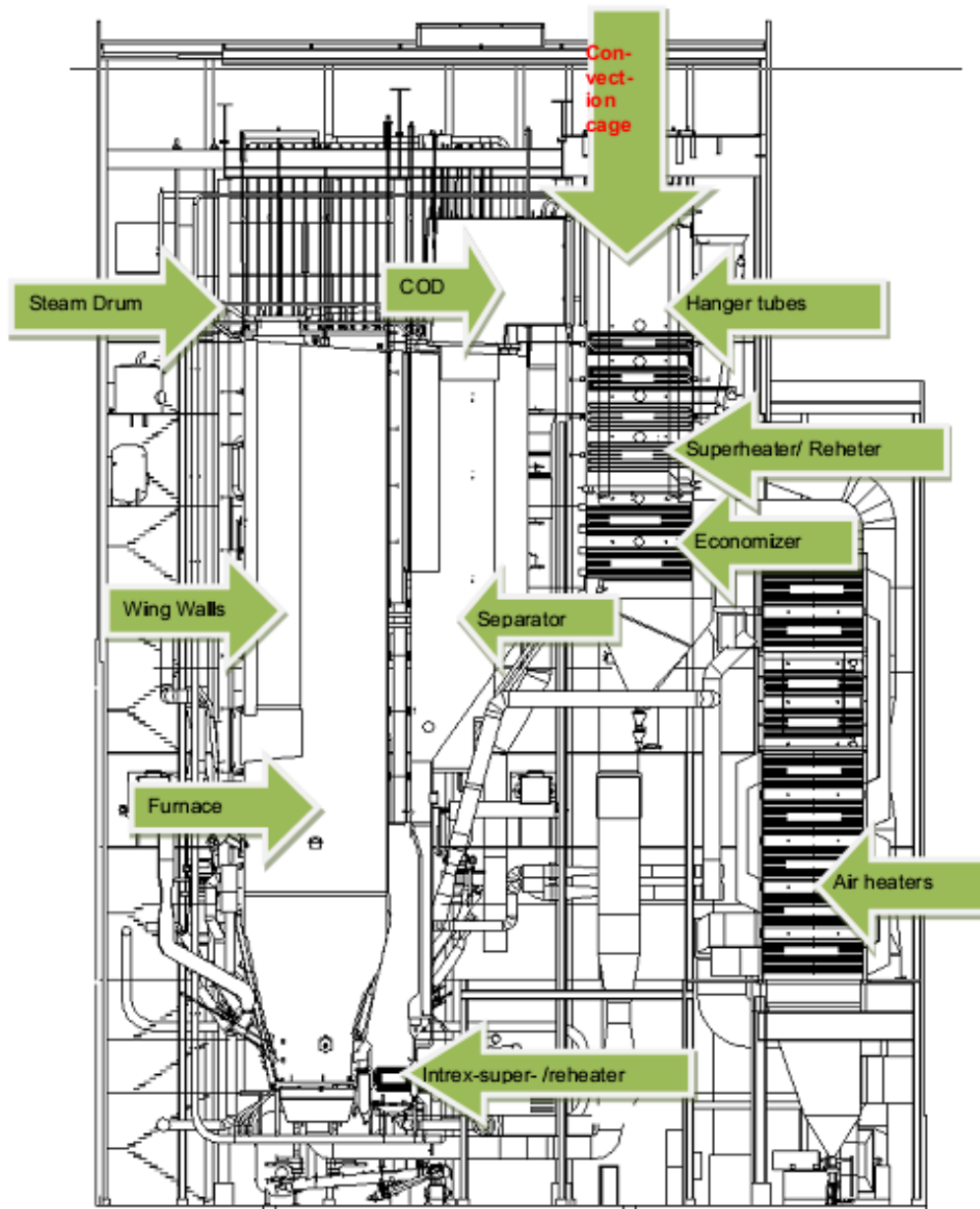
4.1 Leijukerrosteknologia

Leijukerrospolttotekniikka on kehittynyt kaupalliseen muotoonsa jo 1970-luvulla. Suomi on aina ollut leijukerrostekniikan johtavia maita. Leijukerroskattiloita käytetään voimaloissa ja energian tuotannossa. Leijukerrospoltoissa kattilan tulipesässä on hiekkaa tai hiekan tapaista rakeista ainetta, joka ilman vaikutuksen alaisena on koko ajan ilmassa ja liikkeessä nopeuttaen ja parantaen palamisprosessia. Nykyään lähestulkoon kaikki voimalaitoskattilat ovat leijukerrospolttokattiloita, ainoastaan pienen kokoluokan voimaloissa saatetaan edelleen käyttää arinapolttota. Kaukolämpölaitokset, joiden kokoluokka on noin 10-30 megawattia, ovat siirtyneet arinapoltoista leijukerrospoltoon. Myös pienemmän kokoluokan kaukolämpölaitokset ovat alkaneet suosimaan leijukerrospolttota. (Savon voima, 2001. 41-44.)

4.2 Circulating Fluidized Bed -kattila

Circulating Fluidized Bed eli CFB-höyrykattilan (kuva 6) perustoimintaperiaate on tuottaa tulistettua höyryä, josta saadaan energiaa esimerkiksi kaukolämpöverkkoon, generaattorin turbiinin tai voimalan toimintaan. Tulistettu höyry on kiehumispistettä kuumempaa höyryä, noin 450-550 asteista. Kattilan käyttötarkoituksesta riippuu, missä muodossa ja mihin tuotettua höyryä käytetään.

Jotta kattilassa oleva vesi saadaan höyrystymään ja tulistumaan, on kattilassa tulipesä, jossa asiakkaan valinnan mukaan poltetaan esimerkiksi fossiilisia polttoaineita kuten hiiltä, öljyä ja turvetta tai huonolaatuisia, muilla polttotavoilla huonosti palavia polttoaineita. CFB-kattilan tulipesässä on ilman ja polttoaineen lisäksi hiekkaa tai esimerkiksi kalkkia tulipesässä kelluvana petinä, raemaisessa muodossa. Kun tulipesään syötetään ilmaa, se saa hiekan pyörimään, mikä tehostaa polttoaineen palamisreaktiota ja lämmönsiirtoa.



Kuva 6. CFB-kattila, Foster Wheeler Energia. (Foster Wheeler Energia, Intranet. 2010.)

Savukaasut, joita palamisreaktiosta syntyy, kuumentavat putkistoa ja komponentteja joissa vesi ja höyry kulkevat. Samalla kun savukaasut kuumentavat putkistossa kulkevaa vettä, vesi jäädyttää savukaasuja sellaiseen lämpötilaan, että ne voidaan puhdistaa ja tämän jälkeen poistaa kattilasta. Suurin osa palamistuhkasta poistuu leijukerrospoltoissa savukaasujen mukana, joten poistumiskaasujen puhdistusjärjestelmän on oltava tehokas (Savon voima, 2001. 42.). (Knowenergy.)

Ennen kattilaan syöttöä vesi paineistetaan kattilan paineeseen pumpulla, jonka jälkeen se esilämmitetään veden esilämmittimisessä eli ekonomaiserissa. Ekonomaiserin on viimeinen lämmitettävä komponentti ennen kuin savukaasu ohjataan puhdistukseen ja piippujen kautta pois kierrosta. Savukaasut ja vesi kiertävät kattilassa päinvastaiseen suuntaan toisiinsa nähden.

CFB-teknologian etuna on joustavuus erilaisten polttoaineiden käytössä, käyttöluotettavuus ja -mukavuus, yksinkertainen rakenne, joka vähentää toimintahäiriöitä sekä pienentää korjaus- ja huoltokustannuksia. CFB-kattilat eivät vaadi erillisiä savukaasujen puhdistusjärjestelmiä täyttääkseen päästövaatimukset. Myös käyttökustannukset on mahdollista pitää matalina. (Foster Wheeler Energia Oy, [www-sivu](#), yritys.)

Painekattilateknologiasta voi löytyä tulevaisuudessa ratkaisu paitsi kasvavalle energiantarpeelle myös kasvihuoneilmiön rajoittamiseen hiilidioksidipäästöjä vähentämällä. Esimerkiksi Euroopassa on paljon voimalaitoksia, joiden käyttöikä alkaa lähentyä loppuaan. Nämä voimalat on joko uusittava tai on rakennettava kokonaan uusia voimalaitoksia. Monet näistä vanhenevista laitoksista toimivat hiilellä ja niiden hyötysuhde on paljon alhaisempi kuin mitä nykYTEknologialla olisi mahdollisuus saavuttaa. Uuden teknologian avulla voidaan saavuttaa jopa 40 prosentin hyötysuhde ja ylikriittisillä, kuten Lagiszan CFB-kattila, 45 prosentin hyötysuhde sähkön tuotannossa ja niiden hiilidioksidipäästöt ovat huomattavasti suuremmat kuin vanhoilla voimalaitoksilla. (Jäntti, 2007. 3.)

Foster Wheeler Energia tutkii tällä hetkellä ratkaisuja, joilla hiilidioksidipäästöt olisi mahdollista saada nollassa vuoteen 2030 mennessä puhaltamalla tulipesään ilman sijaan puhdasta happea. Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen, korkea hyötysuhde ja laaja käytettävien polttoaineiden kirjo, kuten jätteet ja biopolttoaineet, sekä laatu tekevät kattilateknologiasta todellisen tulevaisuuden teknologian. (Jäntti, 2007. 3.)

Foster Wheeler on toimittanut yli 400 leijuteknologiaa käyttävää kattilaa ympäri maailmaa, joista noin 300 on CFB-kattiloita (Pioneering CFB Technology). Maailman suurin CFB-kattila on Foster Wheeler Energia Oy:n toimittama Lagisza Puolassa, joka on myös maailman ensimmäinen ylikriittinen leijupetikattila. Sen tuottama sähkön määrä on 460 megavattia hyötysuhdella 45. (Foster Wheeler Energia Oy, [www-sivu](#), tuotteet.) Vuonna 2011 Foster Wheeler Power Group sai tehtyä kaupan

Etelä-Koreaan, jonne rakennetaan Lagiszankin CFB-kattilaa isompi ylikriittinen CFB-laitos, jossa neljä yksikköä tuottavat 550 megawattia energiaa kukin, eli yhteensä 2100 megawattia energiaa. Valmistuessaan tämä kattila tulee olemaan maailman suurin ylikriittinen CFB-kattila. (Foster Wheeler AG 2011 Annual Report, 2012. 8.)

CFB-höyrykattiloita on kolmea eri tyyppiä; luonnonkiertokattiloita, pakkokierto-kattiloita sekä läpivirtauskattiloita. Seuraavissa kappaleissa esitellään kattilatyypien ominaisuudet ja käyttötarkoitukset.

Luonnonkiertokattilassa vesi ja höyry erotetaan toisistaan luonnollisen painoeron avulla, joka vedellä ja höyryllä on. Kun vesi syötetään kattilaan, siirtyy se ensimmäisenä veden esilämmittimeen. Tämän jälkeen vesi jatkaa matkaansa lieriöön. Lieriöstä johtavat putket alaspäin, jonne veden ominaispaino syöttää veden. Näistä putkista vesi päätyy tulipesän ympäri kulkeviin putkiin, joissa se liikkuu lämmitessä ylöspäin luonnollisella voimalla. Tulipesän keittopinnalla vain osa vedestä höyrystyy, eikä lämpötila nouse juurikaan energian kuluessa veden höyrystämiseen. Tämän jälkeen vesi ja höyry palaavat takaisin lieriöön. Höyry pääsee nousemaan ylöspäin ja jatkaa matkaansa tulistimille, jossa höyry tulistetaan. Höyryn paine ei muutu, vain lämpötila sen nousee. Tämä takaa sen, että tulistetusta höyrystä saadaan mahdollisimman paljon energiaa, eikä se sisällä enää vesipisaroita, kun se tulistamisen jälkeen johdetaan turbiinille. Vesi, joka ei tulipesän keittopinnalla höyrysty, valuu lieriöstä takaisin alas noustakseen keittopintaa pitkin ylös höyrystyäkseen. (Knowenergy)

Pakkokierto-kattila on toimintaperiaatteeltaan hyvin lähellä luonnonkiertokattilaa. Pakkokierrossa on kuitenkin pumppu, joka pakottaa veden kiertämään ja tätä kautta nopeuttaa veden kiertoa kattilassa. (Knowenergy)

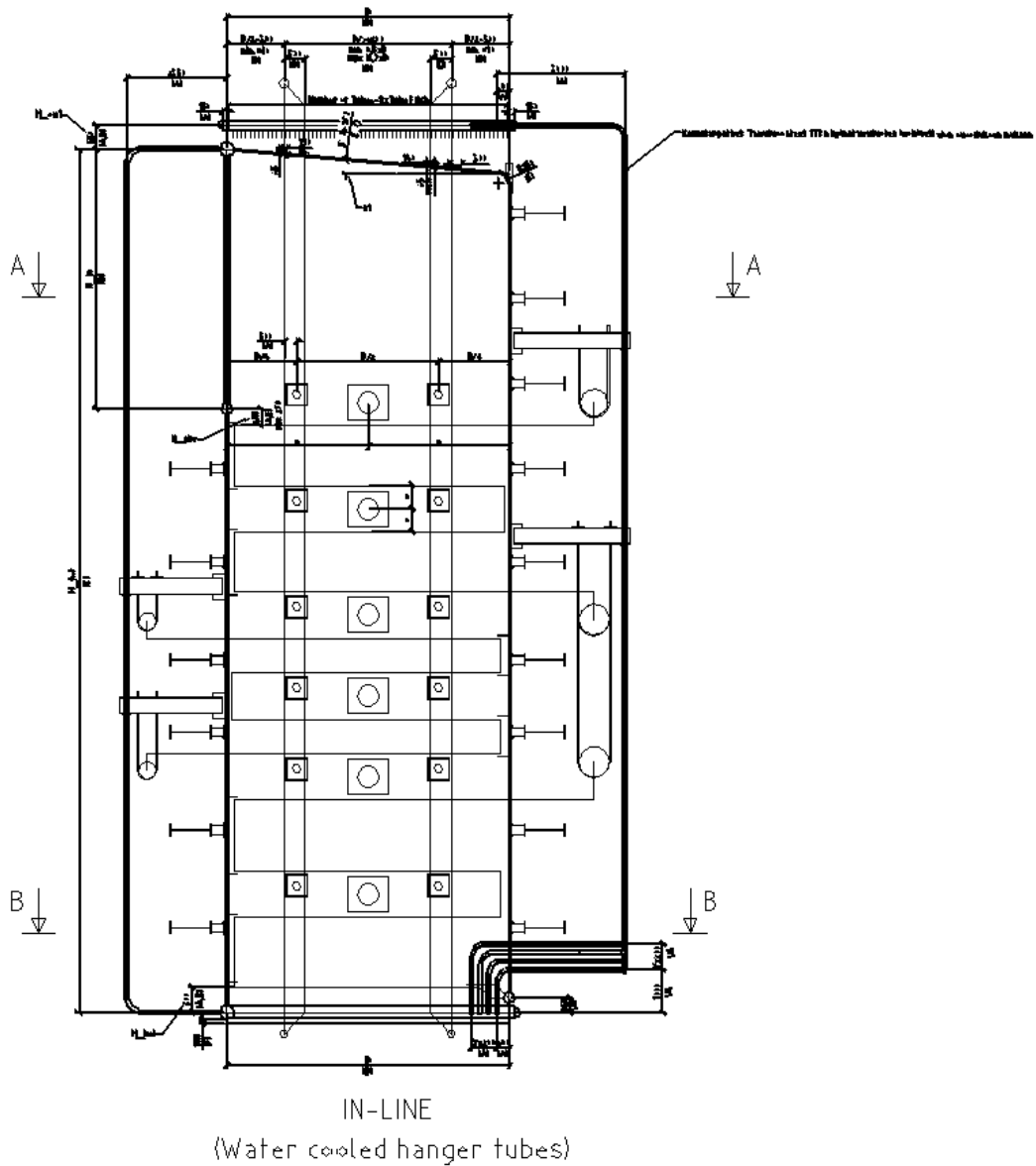
Läpivirtauskattilassa vesi virtaa kattilan läpi vain kerran. Kattilassa ei ole laisinkaan lieriötä, vaan vesi kiertää pelkästään putkistossa. Läpivirtauskattila on suosittu valinta silloin, kun kyseessä on suuri voimalaitos. Läpivirtauskattilassa hyötysuhdetta saadaan parannettua verrattuna esimerkiksi luonnonkiertokattilaan ja höyrynpainetta nostettua sähköntuotannon lisäämiseksi. (Knowenergy)

4.3 Convection Cage, Konvektiivinen savukaasukanava

Convection Cage, konvektio-osa tai Konvektiivinen savukaasukanava (kuva 7), voi olla joko höyry- tai vesijäähdytteinen. Sen nimenä on tällöin vaihtoehtoisesti joko Steam Cooled Convection Cage tai Water Cooled Convection Cage. Tässä opinnäytetyössä selvitetään pelkästään höyryjäähdytteistä savukaasukanavaa, vaikkei se olekaan ainoa käytössä oleva savukaasukanava-tyyppi.

Konvektiivinen savukaasukanava on lämpöpaketiosan kanava ja savukaasun jäähdyttäjä. Savukaasukanavassa sijaitsevat tulistimet. Kaikissa kattilalaitoksissa ei konvektiivista savukaasukanavaa ole. Jos lämpötila on niin matala, ettei seinämien tarvitse olla jäähdytettyjä, on konvektio-osan sijaan kattilassa peltilaatikko. (Foster Wheeler Energia, Intranet. 2010.)

Konvektiivisen savukaasukanavan lämpötilaan vaikuttaa muun muassa käytetty polttoaine. Sisääntulevan veden/ höyryn lämpötila on n. 350 astetta, ja ulosmenevän veden/ höyryn lämpötila noin 400 astetta. Sisääntulevan savukaasun lämpötila on välillä 600-800 astetta, ja ulosmenevän savukaasun lämpötila välillä 500-700 astetta. Nämä esimerkkilämpötilat ovat Foster Wheeler Energia Oy:n jo toteutuneesta projektista. (Foster Wheeler Energia, Intranet. 2010.)



- (A) = Common practice
- (B) = CI-sheet
- (C) = DSM 111-134-101
- (D) = DSM 111-134-103
- (E) = DSM 111-134-203.1
- (F) = DSM 111-134-304

Kuva 7. Convection Cagen eli Konvektiivisen savukaasukanavan mitoituskuva ja viittaukset mitoitukseen vaikuttaviin standardeihin sekä muihin käytössä oleviin ohjeisiin. (Foster Wheeler Energia Oy.)

5 PROSESSINHALLINTATYÖKALUT

Jotta prosessia voidaan hallita ja arvioida, tarvitaan avuksi erilaisia työkaluja, joita voidaan käyttää prosessinhallinnan tukena. Tässä luvussa tullaan esittelemään seuraavat prosessinhallintatyökalut:

- Comos
- PDMS
- PED
- Amigo
- DSM.

5.1 Comos

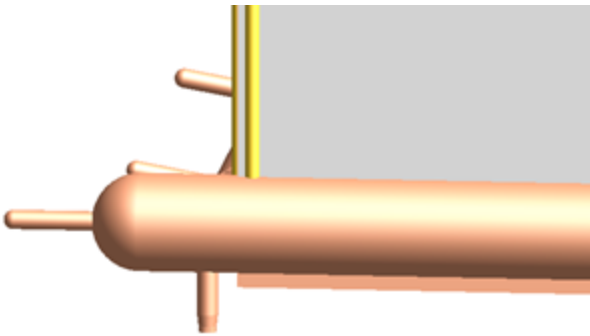
Comos on Siemensin ohjelmisto tuotteen elinkaaren hallintapalveluille. Comosiin syötetään tuotetietoja kaikista komponenteista ja putkistoista datan muodossa. Comosissa oleva tieto on yhtäaikaaisesti monien eri tahojen käytettävissä reaaliaikaisena. Comos-ohjelmisto on projektinhallinnan helpottamiseksi mahdollista integroida toisiin ohjelmistoihin. Foster Wheeler Energia Oy:ssä Comos ja PDMS on integroitu tiedonhallinnan helpottamiseksi. (Siemens.)

5.2 PDMS

Vantage Plant Design Management System eli PDMS on tehtaiden 3D-mallinnus- ja suunnitteluohjelma brittiläiseltä yritykseltä Aveva. Foster Wheeler Energia Oy on käyttänyt kyseistä mallinnusohjelmaa jo vuosia. (Toropainen, 2008. 2.)

Aveva, joka tunnettiin ennen nimellä CadCentre, kehittää tehtaiden ja voimaloiden suunnitteluohjelmia. Ensimmäinen versio PDMS-ohjelmasta julkaistiin vuonna 1976. (Toropainen, 2008. 2.)

PDMS-järjestelmää käyttämällä saavutetaan monia hyötyjä. Ohjelmaa voidaan käyttää putki- ja instrumentointikaavioiden 3D-kuvantamiseen, viivapiirrosjärjestelmien suunnitteluun sekä kappaleiden sijainnin paikallistamiseen. Tämän lisäksi ohjelmaa voidaan käyttää kuten tarjousvaiheen materiaalimäärälaskennassa käytetään: tietokannan graafiseen mallintamiseen (kuva 8). (Toropainen, 2008. 3.)



Kuva 8. Esimerkkikuva PDMS-mallista (Foster Wheeler Energia Oy, PDMS-ohjelmisto.)

5.3 PED-direktiivi

PED, Pressure Equipment Directive, on Euroopan Parlamentin ja Euroopan Unionin neuvoston laatima ja hyväksymä säännöstö painelaitteille vuonna 1997. Vuodesta 2002 EU:ssa kaikkien on noudatettava annettua painelaitte-direktiiviä. Painelaitteilla tarkoitetaan direktiivissä muun muassa putkistoja ja säiliöitä (Euroopan Parlamentin ja Neuvoston Direktiivi 97/23/EY, 5.). PED-direktiivi koskee painekattiloiden ja -putkistojen lisäksi esimerkiksi prosessiteollisuutta, jossa on käytössä korkeat lämpötilat. Säädöksen tarkoituksena on määrittää tilavuuden ja paineen raja-arvot niin, että kaikki tarvittavat turvallisuusmääräykset täyttyvät, laitteet ovat käyttöturvallisia sekä suunniteltu vaatimusten mukaisesti. (Overview, Pressure Equipment Directive (PED).)

Yhdysvalloissa on käytössä ASME, American Society of Mechanical Engineering, joka on yhdysvaltalainen standardisäännöstö. Säännöstö on paljolti samanlainen Euroopassa noudatettavan PED-säännöstön kanssa. Koska ASME ei ole käytössä Suomessa, säännöstöä ei tarkemmin käsitellä tässä opinnäytetyössä. (ASME www-sivu.)

5.4 Amigo

Amigo on ohjelmistopalvelu, jota Foster Wheeler Energia Oy käyttää painekattilan mittatietojen ja arvojen saamiseksi eri komponenteille. Amigosta saadaan CI-Sheet, Contract Information -Sheet eli informaatioreportti, jokaiselle komponentille. CI-raportissa ilmoitetaan komponentin päämitat, joita suunnittelija ei saa muuttaa. Tämän lisäksi ilmoitetaan suuntaa-antavia mittatietoja, joita voi tarvittaessa muuttaa ilman suorituskykylaskelmien uudelleen tarkastelua. (Palmu, 2010. 1.)

5.5 Design Standard Manual

Design Standard Manual, lyhennettynä DSM, eli suunnitteluohjeet sisältävät painekattilan suunnittelun kannalta olennaisia mittatietoja ja ohjeita komponenttien rakenteesta. DSM-suunnitteluohje sisältää minimi- ja maksimimittoja komponenteille. Myös materiaalit voidaan luetella suunnitteluohjeessa, samoin kuin kiinnitystapoja. Foster Wheeler Energialla on jokaiselle komponentille useita suunnitteluohjeita. Tarjousvaiheen materiaalimäärälaskentaohjelmaa kehitettäessä käytettiin 3D-mallinnuksen vakioarvoina suunnitteluohjeista saatuja lukemia (kuva 9). DSM-suunnitteluohjeita päivitetään aina tarvittaessa, ja ohjeita käytettäessä on aina syytä muistaa tarkistaa, että käytössä on uusin versio. (Pakarinen, 2010.)

DSM 111-134-403.1 A, Minimum length and spacing of welded nozzles		
Nozzles without saddle or ring reinforcement	Header O.D	D
	114,3	160
	139,7	170
	168,3	230

Kuva 9. Esimerkki Design Standard Manualissa määritellyistä arvoista putken halkaisijalle tarjousvaiheen materiaalimäärälaskennassa (Foster Wheeler Energia Oy, KBE Material Calculation Convection Cage. 2010)

6 TARJOUSVAIHEEN MALLINNUS JA MATERIAALIMÄÄRÄLASKENTA

Materiaalimäärälaskennan kehittäminen oli aloitettu jo aiemmin syöttöveden esilämmittimen ekonomaiserin osalta (Tuhkanen, 2010.). Samalla kun selvitettiin materiaalimäärälaskennan vaikutusta tarjousprosessiin, jatkettiin määrälaskennan kehittämistä höyryjäähdytteisen konvektio-osan osalta. Materiaalimäärälaskennan pohjaksi oli valikoitunut MS Excel-laskentaohjelma sen laajan käyttäjäkunnan ja helpon muokattavuuden takia.

Aiemmin materiaalimäärän arviointi tarjousvaiheessa on perustunut hyviin arvioihin, kokemukseen sekä aiempiin projekteihin ja niissä käytettyihin materiaalmääriin. Tämä on kuitenkin hankalaa, aikaa vievää ja tulokset epätarkkoja, sillä kattiloiden kokoluokat ja toimitukset vaihtelevat suuresti. (Palmu, 2010. 1.)

6.1 Materiaalimäärälaskennan kehittämisen aloitus

Ennen projektin varsinaista aloittamista tehtiin projektisuunnitelma, johon hahmoteltiin tarjousvaiheen materiaalimäärälaskennan lähtökohdat, tavoitteet sekä alustava aikataulu. Projektin toteutustavaksi ehdotettiin inkrementaalista sovellusmallia, jossa projekti on jaettu pienempiin osiin. Foster Wheeler Energia Oy:n tapauksessa tämä toteutustapa toimi hyvin, koska painerunko koostuu useasta erilliskokonaisuudesta, jotka on laskettava omina komponentteinaan joka tapauksessa. (Hautamaa, 2009. 8.)

Ensimmäisenä aloitettiin tutkimalla aiempia toteutuneita ja käynnissä olevia projekteja, jotka sisälsivät konvektiivisen savukaasukanavan, sillä edellä mainittu komponentti ei kuulu jokaisen kattilan vakiolaitteistoon. Esimerkiksi läpivirtauskattiloissa ei ole lainkaan konvektio-osaa.

Kun projektit, joissa oli konvektiivinen savukaasukanava, oli käyty läpi, alkoi varsinainen kartoitus. Kartoituksen jälkeen projektien höyryjäähdytteisten konvektio-osien osat vertailtiin, jotta päästäisiin selville toistuvista komponenteista. Kaikki osat listattiin ja kirjattiin ylös osien koko sekä kappalemäärä. Tämän jälkeen vertailtiin osien kappaleluetteloita sekä rakennekuvia. Kun oli saatu selville toistuvat osat ja kappalemäärät, voitiin aloittaa itse materiaalimäärälaskennan kehittäminen.

6.2 Tarjousvaiheen materiaalmäärälaskennan kehittäminen konvektiiviselle savukaasukanavalle

Konvektiivisen savukaasukanavan (myöhemmin konvektio-osa) parametrit perustuvat pääasiassa yhteen projektiin jota käytettiin päävertailukohtana, eri projekteja vertailemalla saatuun tietoon sekä kokemuspohjaiseen tietoon. Konvektio-osia on kolmea eri tyyppiä, mutta erot eivät ole niin isoja kuin ekonomaiserilla. Eroavaisuuksia ovat höyryn kiertosuunta, joka ei vaikuta laskentaan, ja savukaasun kanava-aukkojen kappalemääräerot:

1. Konvektio-osa, jossa on vain yksi savukaasukanava-aukko
2. Konvektio-osa, jossa savukaasukanava-aukkoja on useampi kuin yksi ja niiden välissä on paneeli
3. Konvektio-osa, jossa on useampi kuin yksi savukaasukanava-aukko, niiden välissä on paneeli ja aukkojen edessä on putket (screen pipes).

Yleisimmin esiintyvät tyypit ovat kaksi jälkimmäistä, ja laskenta on tehty ajatellen tyyppiä kolme. (Tuhkanen, Pimiä, 2010. 48.)

Seuraaville konvektiivisen savukaasukanavan osille saatiin kehitettyä parametrimallit:

- Tukikehän kiinnikkeet
- Palkkien tartuntalevyt
- Kannatinkorvakkeet
- Virtauksenestolevyt
- Muuraustapit
- Ilmaus- ja vesitysyhteet
- Eristyspiikit
- Evät
- Ohitusputket
- Nuohousaukon kotelot ja ohitusputket
- Miesluukun kotelot ja ohitusputket
- Pystysuuntaisten tukikehän kiinnikkeiden satulat
- Tukiraudat
- Kiinnityslevyt alakammionle
- Kannatinkorvakkeet

- Tiivistyskotelot
- Kattopalkin kiinnitinlevyt.

Laskentakaavat kehitettiin erikseen konvektio-osan etu-, sivu- ja takaseinille, jotta kaavojen tarkastus sekä muuntelu olisi tarkastusvaiheessa ja tulevaisuudessa helpompaa (kuva 10).

Kaikkia konvektio-osan komponentteja ei ole huomioitu Excel-laskennassa. Sellaiset osat, joiden määrään vaikuttaa tulistimien sijoittelu ja koko, on jätetty konvektio-osan laskennasta pois liialliseen arvailuun ja oletuksiin perustuvat tiedon vuoksi. Vaikka osat lasketaan tulistimien alla, lopputuloksissa määrät näkyvät konvektio-osan materiaalmäärälistauksessa.

Materiaalmäärälaskennasta jätettiin huomiotta niin kutsutut tavallisimmat pienet rakennustavarat, kuten ruuvit ja vastaavat. Edellämainittuja tarvikkeita on oltava aina tarjolla erilaisiin projekteihin, eikä hinta ole oleellinen tekijä valmiissa tuotteessa. Lisäksi esimerkiksi ruuvien tarvelaskenta olisi ollut saatuun hyötyyn nähden liian suuritöinen. Koko tarjousvaiheen laskennos- ja 3D –malli kattavat kiertopetikattiloiden painerungon.

Group	Description	Form	Dimensions/			Quantity	Unit
			Width	Height	Thickness		
134	Tube Front Wall Panel	PIPE	40	600	3,7	4,70	m
134	Tube Front Wall Screen Panel	PIPE	40	350	5,4	7,50	m
134	Saddle Rod	PIPE	20,8	340	5	46,46	m
134	Fin	LIT	40		3,5	1341,13	m
134	Wall Plate Front Wall	LIT	120	16012	5	18,76	m
134	Attachment Plates	PLATE		400	3	10,84	m2
134	Attachment Plates vertical	PLATE		460	3	13,85	m2
134	Saddle Plate	PLATE	120	635	12	19,10	m2
134	Saddle Rod Attachment Plate	PLATE	30	132	6	5,3	m2
134	Fixed Plate	PLATE	215	406	10	6,89	m2

Kuva 10. Ote konvektiivisen savukaasukanavan Excel-taulukko -pohjaisesta laskennasta. Kaikkia lukuja on muutettu todellisesta laskentapohjasta. (KBE Material Calculation. 2010.)

6.3 Konvektiivisen Savukaasukanavan materiaalmäärälaskennan testaaminen

Konvektio-osan laskenta tarkastettiin kahdella tavalla. Ensin vertailuprojektin arvot syötettiin suoraan Exceeliin. Tässä vaiheessa tehtiin suurin osa kaavojen korjauksista, jos sellaisia tarvittiin. Excelin antamia painoarvoja verrattiin vertailuprojektin osaluettelossa annettuihin painoihin, ja tulosten ero laskettiin prosenteissa. Osien painovertailua tehdessä pyrittiin samaan +/- 5 prosentinmarginaaliin kuin koko materiaalmäärälaskennan tavoite, mutta prosenttilukua ei tuijotettu sokeasti. Jos painoero oli kiloissa pieni, otettiin myös se huomioon.

Tämän jälkeen verrokkiprojektin konvektiivisen savukaasukanavan mitat syötettiin PDMS-mallinnokseen, josta ajettiin tulokset csv-tiedostona ulos ja tarkasteltiin lukuja tätä kautta. Tässä vaiheessa tarkistettiin se, että PDMS antaa oikeat arvot oikeassa kohdassa, eli koodaus on tehty oikein. PDMS-mallinnoksesta saatuja tuloksia verrattiin projektin arvoihin, ja jos erotusta oli edelleen, pohdittiin mistä se johtuu.

6.4 Savukaasukanavan materiaalmäärälaskennan tulosten arviointi

Vertailtaessa PDMS-mallinnoksen ja Jyväskylään toteutetun voimalaitoskattilan projektin painoja oli tulos kuvan 11 mukainen:

Quantity	Description	Type	Unit	Weight	Weight	
					Jyväskylä	%
1664,88	Furnace Pipe Front Wall	PIPE	m	11085,8	11514,4	-3,7 %
1019,1	Furnace Pipe Right Side Wall	PIPE	m	6785,8	7211,2	-5,9 %
1019,1	Furnace Pipe Left Side Wall	PIPE	m	6785,8	7211,2	-5,9 %
3402,99	Furnace Pipe Rear Wall	PIPE	m	19386,2	17584,2	10,2 %
16,71	Bottom Header Front Wall	PIPE	m	6094,7	6075	0,3 %
16,71	Intermediate Header Front Wall	PIPE	m	2952,2	2899,5	1,8 %
16,71	Top Header Front Wall	PIPE	m	2952,2	2899,6	1,8 %
6,44	Bottom Header Right Side Wall	PIPE	m	1480,2	1563,7	-5,3 %

Kuva 11. Tarjousvaiheen materiaalimäärälaskennan tulosten tarkastelua vertaisprojektin avulla. (Tuhkanen, Pimiä, 2010. 79.)

Kokonaisuudessaan prosentuaalinen painoero mallinnoksen ja osaluettelon välillä oli tavoitellun 5 prosentin marginaalin sisällä. Tuloksena se on vähintäänkin tyydyttävä. Se, että mallinnos antaa painoa hieman enemmän kuin vertailuprojekti, on parempi kuin että tulos olisi päinvastainen eli miinusmerkkinen. Varsinaista materiaalimäärälaskentaa tehtäessä tarjousvaiheessa ei olisi todennäköistä, että materiaalimäärä jäisi liian vähäiseksi.

Eniten tuloseroa oli tukikehän kiinnikkeissä ja muuraustapeissa. Tulevaisuudessa onkin syytä pitkällä tähtäimellä pitää silmällä tukikehän kiinnikkeiden tulosten täsmävyyttä, etteivät painot järjestään ole liian pieniä vanhoihin projekteihin verrattuna. Jos näin käy, kaavaa on muutettava.

On myös mahdollista, että kaavoihin on runsaasta ja perinpohjaisesta tarkastelusta huolimatta jäänyt virheitä. Jos näyttää siltä, että jonkin osan paino ei täsmää muihin projekteihin lainkaan, on järkevää käydä kaava ja PDMS-mallinnoksen syöttämät arvot läpi. Excel-taulukko on kirjoitettu jokaisen kaavan kohdalle huomio-laatikkoon kaava sanallisesti, jotta virheiden etsintä ja kaavojen läpikäynti olisi mahdollisimman helppoa. Osien kohdalle on kirjattu myös se, mistä kuvasta tiedot on otettu.

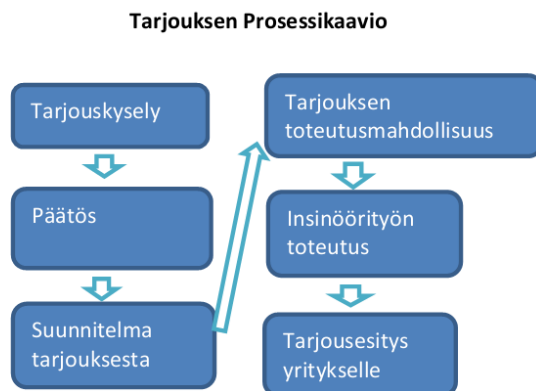
7 TARJOUSPROSESSI

Tarjousprosessi on tärkeä osa Foster Wheeler Energian toimintaa. Myynnin maksimoinnin, kustannusten tarkkuuden ja annettujen aikataulujen pitävyyden vuoksi ulos annettavan tarjouksen on oltava mahdollisimman tarkka ja paikkansa pitävä. Tarjottava kattilatyyppe, käytetty polttoaine, sijoituspaikka ja käyttöteho on oltava selvillä.

Tarjousprosessi on pitkä ja vaativa urakka, joka vaatii tekijöiltään paljon käsityötä. Tämä lisää aina mahdollisten virheiden määrää, joten kaikki mikä saadaan vähennettyä manuaalisesta työstä vähentää lopullisen tarjousehdotuksen mahdollisten virheiden määrää.

Tarjousprosessin kesto Foster Wheeler Energialla on vähintään kaksi kuukautta. Tämä aikataulu on tiukka, eikä sisällä mitään ylimääräiseen käytettävää joustoaikaa.

Foster Wheeler Energian tarjousprosessikaaviossa (kuva 12) on tarjousprosessin kulku on esitetty vaiheittain. Lisäksi kaaviosta on luettavissa, mitä tietoa tarjousprosessiin tarvitaan, mitä työvaiheita se sisältää sekä mitä informaatiota saadaan prosessin eri vaiheista ulos. (Proposal Engineering Process, 2010.)



Kuva 12. Foster Wheeler Energia Oy:n tarjousvaiheen prosessikaavio.

7.1 Tarjousprosessin aloitus

Foster Wheelerillä tarjousprosessi saa alkunsa siitä, kun painekattilaa tarvitseva yritys esittää tarjouspyynnön. Tarjouspyyntökyselyn vastaanotettuaan Foster Wheeler Energia esittelee tarkouksen talolle, tutkii ja tekee päätöksen siitä, vastataanko tehtyyn kyselyyn tarjousehdotuksella. Kun Foster Wheeler Energia on tehnyt päätöksen vastata tarjouspyyntökyselyyn, alkaa varsinainen työ. Ensimmäinen on yrityksen kanssa selvitettävä tarkemmin, minkälaisen tuotteen he haluavat: mihin käyttötarkoitukseen laitos tulee, mikä kattilatyyppejä on kyseessä, kuinka paljon energiantuotantoa kattilalta halutaan, mikä on käytettävä polttoaine, minne laitos sijoitetaan, mitä ympäristöasioita on erityisesti huomioitava prosessissa, onko kyseessä uudistuotanto vai vanhan korjaus sekä millaisella aikataululla laitos halutaan saada toimintakuntoon. (Proposal Engineering Process, 2010.)

Projektin hankinta- ja tarjoustiimi kokoontuvat tekemään selvityksen siitä, ketkä kaikki työskentelevät tarjousprosessin parissa. Prosessin alussa, kun tarjouspyyntö on esitelty talolle ja on tehty päätös tarjoamisesta, valmistellaan tekninen tarjous. Alkuun sovitaan tarjouksen valmistelun aikataulu, sekä saadaan lista teknisistä dokumenteista, joita tarjoukseen on sisällyttävä. (Proposal Engineering Process, 2010.)

Pääaikataulu prosessille on tärkeä, sillä ilman aikataulua käy helposti niin että tärkeät asiat jäävät huomaamatta jalkoihin. Tämän vuoksi myös vastuualueiden jako on tärkeää, ettei tule turhia oletuksia siitä kenen vastuulla mitkäkin tehtävät ovat.

Kun tarjousprosessin vastuualueet on jaettu ja tarvittavien järjestelmien laajuus selvillä, saadaan listattua tarjoukseen sisältyvät systeemit, työohjeet sekä toimitusraajat. Lisäksi alkuvaiheessa prosessia saadaan luettelo asioista, jotka on huomioitava ja joilla on suuri vaikutus hintaan. Tätä kutsutaan Job specification Index -nimellä. Esimerkiksi ympäristöllä voi olla vaikutus tarjoushintaan, jos alueella on kohteita jotka vaativat erityishuomiota, kuten pohjavesiesiintymiä, vaikea maasto joka vaatii normaalia tarkempaa suunnittelua ja erikoisratkaisuita pohjarakenteilta ja niin edelleen. Lisäksi tarvitaan jo alussa suunnitelma siitä, ketkä kaikki tarvitsevat dokumentteja, joten tätä varten luodaan luettelo henkilöistä ja tiimeistä, joille prosessin aikaisia dokumentteja annetaan. (Proposal Engineering Process, 2010.)

Job specificationit, jotka tehdään melko pian tarjousprosessin alussa sisältävät kuvauksen ja tiedon siitä, kuinka työ tullaan varsinaisesti tekemään. Tämän lisäksi kaikki projektin erityispiirteet ovat kirjattuna job specificationeihin eli työohjeisiin. Näitä ovat esimerkiksi kuljetuskoot kuljetussuunnitelman mukaisesti sekä kaikki asiakkaan esittämät erityisvaatimukset liittyen materiaaleihin ja rakenteisiin, jotka normaalisti eivät kuulu toimitukseen vakiona. (Palmu, 2010. 1.)

7.2 Tarjouksen insinööriyö

Tämän jälkeen alkaa tarjouksen insinöörisuunnittelun toteutus. Aluksi tehdään alustava tekninen suunnitelma, joka sisältää voimalan teräsrakenteet. Perussuunnittelun toteuttaa Foster Wheeler Energia Oy itse, yksityiskohtainen suunnittelu tilataan alihankkijoilta. Myös painerungon suunnittelu on Foster Wheeler Energian vastuulla, kun taas yksityiskohtaiset suunnitelmat tehdään esimerkiksi toisessa Global Power Groupin toimipisteessä, vaikkapa Puolassa. (Proposal Engineering Process, 2010.)

Tämän jälkeen conceptual engineering -osasto pitää palaverin, jossa käydään läpi valittava kattilatyyppejä, kattilan konsepti, polttoaineen syöttöjärjestelmä, se miten lentotuhka tullaan käsittelemään sekä muut kattilan rakenteeseen vaikuttavat ratkaisut.

Electrification, Instrumentation and Control (EIC) -osaston, rakennus- ja laiteinsinöörit ovat vastuussa tarjouksesta tekniikan ja suunnittelun osalta. (Proposal Engineering Process, 2010.)

Tähän alustavaan tekniseen suunnitelmaan perustuu kattilan hinta-arvio. Tämä on myös kohta, jossa tarjousvaiheen mallinnos ja materiaalmääränlaskenta ovat avustamassa. Määrittämällä mallinnokseen halutun kattilan koko, putkien määrä ja kattilatyyppejä saadaan tarjousehdotukseen sopiva mallikuva kattilasta. (Palmu, 2010. 1.)

Kun tarjousprosessi on saatu käyntiin aloituspalaverilla, jossa sovitaan tarkemmin siitä, miten projekti käynnistetään, varmistetaan tiedonkulku, jottei prosessissa tule siksi viivytyksiä tai virheitä, ettei tarvittava tieto ole saavuttanut kaikkia. Samalla varmistetaan, että kaikki asiat tulevat tehdyksi sovitusti. Tehtävät, jotka on jo suoritettu on myös läpikäytävä oikeellisuuden ja aikataulussa pysymisen varmistamiseksi. (Palmu, 2010. 1.)

Jotta saadaan mahdollisimman tarkka arvio suunnittelutyön kustannuksista, tarvittavien työntekijöiden määrästä, aikataulu sekä kuluvien työtuntien määrä, tarvitaan master list ja system list. Master list sisältää listattuna kaikki Foster Wheeler Energian tuottamat dokumentit, ja system list on lista kattilalaitoksen sisältämistä systeemeistä. System listan pohjana on KKS, voimalaitosten standardiluettelo. (Palmu, 2010. 1.)

Tarjousprosessin aikana, kun kattilan käyttämä polttoaine on määritelty, tekee Foster Wheeler Energia arvion siitä, sopiiko tuote yrityksen tuoterepertuaariin. On myös selvitettävä, riittääkö olemassa oleva tietotaito polttoaineesta suunnittelemaan sellaisen kattilan kuin asiakas haluaa, niin että se on tarpeeksi tehokas ja hyvä hyötysuhteeltaan. (Palmu, 2010. 1.)

Tämän jälkeen on vuorossa painekattilan suunnittelu amigo-mallin avulla. Amigosta saadaan ulos CI- eli contract information -raportit kaikille komponenteille, jotka sisältävät sekä ensimmäiset suoritusarvolaskelmat että lämpöpintatiedot. Lisäksi kattilasta tehdään viivapiirros. (Proposal Engineering Process, 2010.)

Kun ensimmäiset lay-out -piirustukset on tehty, on 3D-mallinnoksen aika. 3D-mallinnos saadaan suoraan tarjousvaiheen materiaalmäärälaskentaan kuuluvasta mallinnosohjelmasta. Myös olosuhde- ja työnkuvaukset tehdään tässä vaiheessa prosessia. Aikaa tähän on kulunut noin kaksi viikkoa. (Proposal Engineering Process, 2010.)

Mahdolliset tekniset riskit on myös arvioitava, vaikka tietenkään niitä ei toivota esiintyvän. Lisäksi on hyväksyttävä projektin hankintavaiheet. (Palmu, 2010. 1.)

7.3 Systemikuvausten ja -kaavioiden luominen

Tämän jälkeen laaditaan konseptin mukainen polttoaineen syöttöjärjestelmä, kattilan käyttö- ja hallintakonsepti sekä valmistellaan systeemikuvaukset sekä muut tekniset kuvaukset.

Seuraavaksi valmistellaan ja esitellään alustava PI- eli putki- ja instrumentointi-kaavio. Kaaviossa näkyy kaikki putket ja putkikoot, venttiilit, laitteistot ja niiden nimet sekä virtaussuunnat. Jotta kaavio saadaan tehtyä, tarvitaan työnkuvauksia, CI-listoja, konseptikokousten muistioita sekä EDMS-tuoterakennetta. Näiden pohjalta

suunnittellaan sopivat PI-kaaviopohjat. Putkikaavion alustavan suunnitelman lisäksi valmistellaan putkilista sekä lista tarvittavista venttiileistä liitettäväksi tarjoukseen. (Proposal Engineering Process, 2010.)

Putkikaavion jälkeen valituille laitteille ja komponenteille luodaan tekniset tuotetiedot. Alustava luettelo tarvittavista varaosista laitteille tehdään, kun prosessoidaan laitetietoa. Myös tarjouksen alustava arviointi on paikallaan, kun on alihankkijoilta pyydetty ja saatu tarjoukset, jotka on sisällytetty tarjoukseen. (Palmu, 2010. 1.)

7.4 Koekäyttö

Tässä vaiheessa tarjous on valmis koekäyttöön. On luotava alustava aikataulu siitä, milloin kattila on valmis käyttöön ja testauksiin sekä selvitettävä se, miten kattila otetaan käyttöön.

Koekäytön jälkeen tehdään kattilan asennussuunnittelu. Asennussuunnittelu pitää sisällään alustavat nostosuunnitelmat sekä alustavan lohkosuunnitelman siitä missä järjestyksessä lohkot tullaan asentamaan. Asennuksesta luodaan myös aikataulu.

Kaiken tämän jälkeen ollaan valmiita antamaan hinta-arvio. Jotta sitova tarjous voidaan antaa kyselyn tehneelle yritykselle, tarjousinsinööri käy läpi ja hyväksyy dokumentit. Teknisen osion tarjousehdotus on valmis luovutettavaksi. Tämän lisäksi arviot ja määrät tarkistetaan. Hinnoitteluojelma Cost Estimating Managing Program käy vielä tarjouksen läpi ja hyväksyy määrät. (Palmu, 2010. 1.)

Koko tarjousprosessin kesto on vähintään kaksi kuukautta, kun ei huomioida materiaalmäärälaskennan vaikutusta prosessiin. (Palmu, 2010. 1.)

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA PROJEKTIN JATKOKEHITYS

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin Foster Wheeler Energia Oy:lle toteutettua tarjousvaiheen materiaalmäärälaskentaa ja testatun Excel laskentapohjan toimivuutta jo toteutetun verrokiprojektin kautta Konvektiiviselle savukaasukanavalle, sekä pohdittiin miten materiaalmäärälaskenta vaikuttaa yrityksen tarjousprosessiin.

Materiaalmäärälaskenta ja tulosten tarkastelu perustui pitkälti yhteen jo toteutettuun vertailuprojektiin. Niinpä Excel-pohjassa toteutetun materiaalmäärälaskennan tulosten tarkastelussa jokaisen kaavan kohdalla saavutettu nollatulos tai aivan sen lähelle pääsy olisi ollut epäilyttävää, sillä toteutunut verrokiprojekti ei kaikilta osin edustanut täydellisen keskiarvoista savukaasukanavaa. Nollatuloksen saavuttaminen, kun Excel-pohja on käytössä tarjousprosessissa on tavoite, mutta jos tarkastelun tässä vaiheessa olisi saavutettu nollatulos, olisi se antanut syytä epäillä toteutuuko nollatulos muissa projekteissa vai pelkästään vertailukohdaksi valitun projektin osalta. Jotta tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia, pitäisi vertailu suorittaa kaikkien toteutuneiden projektien savukaasukanavien kanssa. Näin saataisiin tarkasteltua keskiarvollista poikkeamaa kaavan antamissa tuloksissa jo toteutuneiden projektien materiaalmääriin vertaamalla. Lisäksi Excel laskentapohjaa on testattava todellisessa projektissa, jotta saadaan vielä varmennettua tietoa siitä, toimivatko luodut kaavat savukaasukanavan osille.

Tarjousvaiheen materiaalmäärälaskennan kehittämisen ja tulosten tarkastelun perusteella höyryjäähdytetyn konvektio-osan osalta voitiin kuitenkin todeta, että Excelin testausvaiheessa savukaasukanavan viiden prosentin marginaaliin pääsy on mahdollista saavuttaa.

Jotta Foster Wheeler Energia Oy voi hyödyntää materiaalmäärälaskentaa ja PDMS 3D-mallinnosta tarjousprosessissaan sekä nopeuttaa tarjouksen valmistumista ja sen asiakkaalle tarkasteltavaksi lähettämistä, on tarjousvaiheen materiaalmäärälaskentaa ja PDMS 3S-mallintamistietoja päivitettävä säännöllisesti. Materiaalmäärälaskennan pohjaksi valittiin MS Excel-laskentaohjelma, jotta mahdollisimman moni pystyisi käyttämään sekä muokkaamaan syötettyjä tietoja ja kaavoja. Varsinkin materiaalmäärälaskennan käytön alkuvaiheessa päivittäminen ja saatujen tulosten tarkastelu on tärkeää, että Excel laskentapohja saadaan mahdollisimman tarkaksi heti alusta asti.

Jos materiaalmäärälaskentaohjelman käyttäjä huomaa, että materiaalmäärälaskenta antaa järjestelmällisesti virheellisiä tietoja materiaalmäärästä, on mahdollisimman pian selvitettävä mikä virheen aiheuttaa ja tehtävä tarvittavat korjaukset laskentakaavaan. Aina kun huomataan virhe, on siihen puututtava niin pian kuin mahdollista, jotta ohjelmasta saadaan luotettavaa ja käyttökelpoista tietoa ulos.

Materiaalmäärillä ja painekattilan 3D-mallinnoksella on tärkeä rooli heti tarjousvaiheesta alkaen, jotta pystytään välittömästi laskemaan mahdollisimman tarkka hinta-arvio ja oikeellinen kuva tarjottavasta painekattilasta. Jos tarjousvaiheen materiaalmäärälaskentaohjelman pohjatyö pidetään kunnossa, ei laskentapohjan päivitys vaadi käyttäjältään lisääaikaa, vaan antaa lisää aikaa kun tarvittavan materiaalin määrää ei tarvitse arvioida pelkän kokemuspohjan perusteella. MS Excel-laskentaohjelman ja 3D-mallinnosohjelman päivitykset olisi hyvä keskittää yhdelle tai kahdelle henkilölle yrityksessä, jotta olisi helpompi seurata mitä muutoksia laskentapohjaan on tehty, mitä korjauksia tulisi tehdä ja mitkä osiot ovat kunnossa.

Kun kiertopetikattiloiden koot ja tehontuottovaatimukset kasvavat, kasvavat samanaikaisesti materiaalmäärälaskennan ja 3D-mallinnoksen vaativuus ja aikaavievyys. Tähän on ratkaisuna hyvin ylläpidetty materiaalmäärälaskennan laskentapohja sekä PDMS-mallinnoksessa käytettävien tietojen päivitys.

Foster Wheeler Energia Oy voi hyötyä runsaasti materiaalmäärälaskennasta ja mallinnoksesta niin halutessaan ja parantaa niiden avulla kilpailukykyään globaaleilla markkinoilla.

LÄHTEET

ASME www-sivu [viitattu 27.11.2012]. Saatavissa:
<http://www.asme.org/kb/standards/standards>

Digitaalinen tuoteprosessi 2008-2012. Tekes [Viitattu 30.03.2012].
 Saatavissa: http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS_0_201_403_994_2095_43/http%3B/tekes-ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/dtp/documents/dtp_fin_080411.pdf

Digitaalinen tuoteprosessi. FWE NW 2012 – uuden sukupolven digitaalinen tuoteprosessi osana verkostomaista projektitoimintaa. Foster Wheeler Energia Oy [viitattu 13.4.2012]. Saatavissa:
<http://www.tekes.fi/ohjelmat/DTP/Projektit?id=9663281>

Digitaalinen tuoteprosessi 2008-2012 – Tuotetiedon hallinnasta kilpailukyvyyn tukijalka. Tekes [viitattu 8.3.2012]. Saatavissa:
http://akseli.tekes.fi/openmcs/openmcs/ohjelmaportaali/ohjelmat/digitaalinen_tuoteprosessi/fi/julkaisutjalinkit.html

Euroopan Parlamentin ja Neuvoston Direktiivi 97/23/EY. 29.05.1997 [viitattu 16.11.2012]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1997L0023:20031120:FI:PDF>

Foster Wheeler. Foster Wheeler AG 2011 Annual Report . 2010 [viitattu 20.10.2012]. Saatavissa : <http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=80422&p=irol-reportsAnnual>

Foster Wheeler Energia Oy. Finder [viitattu 15.4.2012]. Saatavissa:
<http://www.finder.fi/H%C3%B6yrykattiloita%20ja%20h%C3%B6yrykehittimi%C3%A4/Foster%20Wheeler%20Energia%20Oy%20/ESPOO/taloustiedot/134190>

Foster Wheeler Energia. Intranet. 2010.

Foster Wheeler Energia. KBE Material Calculation Convection Cage. 2010.

Foster Wheeler Energia Oy:n www-sivu. Yritys [viitattu 24.10.2012]. Saatavissa:
<http://www.fosterwheeler.fi/fi/Etusivu/Default.aspx>

Foster Wheeler Energia Oy. 2010. Vuosikatsaus [viitattu 9.4.2012]. Saatavissa:
http://www.fosterwheeler.fi/Tiedostot/Foster_Wheeler_FIN_LR.PDF

Hautamaa, J. Tuhkanen, M. 2009. Projektisuunnitelma Foster Wheeler Energia Oy. Varkaus. Savonia-Amk.

Henriksson, S. 2009. Verkostoitumalla kotimaassa uutta globaalia kilpailukykyä. Foster Wheeler Energia Oy. Varkaus [viitattu 13.4.2012]. Saatavissa:
http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS_0_201_403_994_2095_43/http%3B/tekes-ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/tuotantokonseptit/documents/seminaariaineistot/murros_satuhenriksson.pdf

Jäntti, T. Eriksson, T. Hotta, A. Hyppänen, T. Nuortimo, K. 2007. Foster Wheeler Energia Oy. Circulating fluidized-bed technology – Toward zero Co2 Emissions. Varkaus [viitattu 13.04.2012]. Saatavissa:
http://www.fwc.com/publications/tech_papers/files/TP_CFB_07_03.pdf

Knowenergy. Höyrykattilan toimintaperiaate [viitattu 2.5.2012]. Saatavissa: http://www.knowenergy.net/suomi/monipoltt_kattilat/5_0_hoyrykatt_periaate/fr_text.htm#5_1

Leading-Edge Technology Solutions. Foster Wheeler [viitattu 13.10.2012]. Saatavissa: <http://www.fwc.com/publications/pdf/GlobalPowerGroupBrochure.pdf>

Overview, Pressure Equipment Directive (PED). Pressure equipment and gas appliances. Pressure Equipment Directive (PED): overview [viitattu 16.11.2012]. Saatavissa: <http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/pressure-and-gas/documents/ped/>

Palmu, A. 1. Kesäkuu 2010. Proposal Engineering Process. Haastattelu.

Palmu, A. 2. Huhtikuu 2012. Sähköposti-haastattelu.

Pakarinen, M. Toukokuu 2010. Haastattelu.

Pioneering CFB Technology. Foster Wheeler [viitattu 20.3.2012]. Saatavissa: <http://www.fwc.com/publications/pdf/CFBBrochure.pdf>

Proposal Engineering Process. 2010. Foster Wheeler Energia Intranet.

Savon Voima. 2001. Lämpö- ja bioenergiaohjelma. [viitattu 2.5.2012]. Saatavissa: <http://www.savonvoima.fi/SiteCollectionDocuments/yksityisasiakkaat/SVLampoBioenergiaohjelma.pdf>

Siemens. Comos Software [viitattu 27.11.2012]. Saatavissa: <http://www.automation.siemens.com/mcms/plant-engineering-software/en/Pages/Default.aspx>

Toropainen, T. Antikainen, P. 2008. PDMS Design Training.

Tuhkanen, M. Pimiä, L. 2010. Materiaalimäärälaskenta.

Tuhkanen, M. 2010. Materiaalimäärälaskennan kehittäminen ja layout-sääntöjen kerääminen ekonomaisierille [viitattu 10.6.2012]. Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20438/Tuhkanen_Mari.pdf?sequence=1

