

Maunu Tavast

# Kaukoenergiakeskusten tuotemallipohjaisen suunnittelun käynnistäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Insinöörityö  
7.5.2012

Tekijä Otsikko	Maunu Tavast Kaukoenergiakeskusten tuotemallipohjaisen suunnittelun käynnistäminen
Sivumäärä Aika	30 sivua + 3 liitettä 7.5.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tuotantopainotteinen
Ohjaajat	LVI-insinööri Petri Selkäinaho yliopettaja Juhani Eskelinen
<p>Opinnäytetyössä käsitellään tuotemallipohjaisen suunnittelun käyttöönottoa Wtt Group Oy:ssä. Työssä kuvataan toiminnan käynnistys ja mallinnuksen aloitus tämän kaukoenergiakeskuksia valmistavan yrityksen resursseihin sovitettuna.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda toimiva järjestelmä, jolla pystytään täyttämään asiakkaiden ja tuotannon vaatimukset. Näitä tavoitteita ovat asiakkaille esitettävät 3D-kuvat tuotteista, ennen kuin tuote on valmistunut. Tuotantopuolen tavoitteita on kaukoenergiakeskusten valmistamisen nopeutuminen valmiiden tuotemallien johdosta.</p> <p>Työn tuloksena yritykseen syntyi menetelmä, jolla saadaan nopeutettua kaukoenergiakeskusten valmistamista parhaimmillaan 30 %. Vaikuttavana tekijänä tässä prosessissa ovat kaukoenergiakeskusten ominaisuudet. Parhaimmillaan luodun järjestelmän edut näkyvät fyysisiltä kooltaan suurimmissa keskuksissa.</p> <p>Luotua menetelmää on tarkoitus käyttää kaukoenergiakeskusten mallintamiseen tarpeen niin vaatiessa. Menetelmä vähentää turhan työn määrää. Joissakin tapauksissa 3D-kuvat tuotteista ovat vaatimuksena, ja nämä kuvat on hyväksyttävä ennen kuin tuotetta voidaan alkaa valmistaa.</p>	
Avainsanat	tuotemallintaminen, 3D, kaukoenergiakeskus

Author(s) Title Number of Pages Date	Maunu Tavast Start-up of product model-based design of district energy centers. 30 pages + 3 appendices 5 May 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building services engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Production Oriented
Instructor(s)	Petri Selkäinenaho, BEng Juhani Eskelinen, Principal Lecturer
<p>The aim of the final year project was to describe the transition to a product model based designing system in a company. The new system is adapted to the needs and the resources of the company that builds district energy centres.</p> <p>The goal of the final year project was to create a working system capable of fulfilling the requirements of both the customers and the company's own production. One of the requirements was 3D-models of the products to be shown the customers, before building the final product. Another goal was to speed up the production process with finished production models.</p> <p>The result of this final year project was a working system which can speed up the manufacturing process of a district energy centre with up to 30 %. At best, the benefits of the system are shown in physically larger district energy centres.</p> <p>The system is to be used in the modelling of district energy centres when necessary. It reduces the amount of unnecessary work. In some cases, 3D-models of finished product are required, and the customer must approve the models before the start of manufacture.</p>	
Keywords	district heating centre, 3D, product modeling

## Sisälllys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Alkutilanne yrityksessä	2
2.1	Lämmönjakokeskusten valmistusprosessi	2
2.1.1	Perusmallin keskukset	2
2.1.2	Monimutkaisemmat lämmönjakokeskukset	4
3	Tuotemallintaminen	6
4	Toimintaympäristön perustaminen	6
4.1	Käytettävän ohjelmiston valinta	6
4.2	Tietokoneen valinta	7
5	Lämmönjakokeskusten mallintaminen	7
5.1	Huomioitavaa mallinnusprosessissa	8
5.2	Mallinnettavat kaukoenergiakeskukset	9
5.3	Uuden lämmönjakokeskuksen lähtötiedot	10
5.4	Olemassa olevan lämmönjakokeskuksen lähtötiedot	11
5.5	Tuotetiedot MagiCAD-ohjelmassa	11
5.6	Yrityksen käyttämät tuotteet	13
5.7	Tuotekirjastot	16
5.8	Ongelmat	17
5.9	Mallintamiseen kuluva aika	18
6	3D-mallintamisesta saatavat hyödyt	21
6.1	Tuotanto	21
6.2	Tuotannon haastattelu	21
6.3	Asiakas	23
6.4	Tuotekehitys	23
7	Kustannukset	24
7.1	Ohjelmisto	25

7.2	Henkilöstöresurssit	25
8	Suunnittelun esimerkkikohteita	25
9	Yhteistyö tuotannon kanssa mallinnusprosessissa	29
10	Yhteenveto	30
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. MagiCAD -ominaisuudet	
	Liite 2. Lämmönjakokeskuksen tekninen mitoitus	
	Liite 3. EsimerkkikytKentä kaukolämpökeskus	

## Määritelmät

CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
fe, FE	materiaalimerkintä, rauta/teräs.
kaukoenergiakeskus	lämmönjakokeskus, joka voi olla liitetty joko kaukolämpö- tai kaukojäähdytysverkkoon.
keskus, LJK	lämmönjakokeskus. Kaukolämpöön tai aluelämpöön liitettävä tehdasvalmis tuote. Tuote sisältää yleensä lämmönsiirtimet, pumput, säätöventtiilit ja automatiikan. Energiateollisuuden julkaisu K1 toimitusrajoineen.
piiri, kiertopiiri	lämmönjakokeskuksissa piiriksi kutsutaan kiertopiiriä, joka sisältää lämmönsiirtimen, pumpun ja varusteet.
RST, rst	ruostumaton teräs, materiaali.
runko	lämmönjakokeskuksen alle sijoitettava teräksestä valmistettu taipumaton runko. Sisältää säätöjalat. Rungon ylätasoa noin 150 mm lattiatasosta.
yhde, yhdistäjä	lämmönvaihtimen kierreyhteisiin tuleva kappale, joka yhdistää lämmönvaihtimen putkistoon.

## 1 Johdanto

Wtt Group Oy on vuonna 2008 perustettu kaukoenergiakeskuksia valmistava yritys. Aikaisemmin yritys on toiminut nimellä Wtt Finland. Liikevaihto vuonna 2010 oli n. 5,5 milj. euroa. Yrityksen tuotteisiin kuuluu myös maalämpöpumppujen valmistaminen ja myynti. Yrityksen päätoimipiste sijaitsee Kangasalla. Alueellisia myyjiä on Suomessa kaksi ja Ruotsissa yksi. Suomessa yritys työllistää 15–30 henkilöä riippuen työn kausiluonteisuudesta. Yrityksen henkilöstöllä on yli 10 vuoden kokemus kaukoenergiakeskusten valmistamisesta [1].

Insinööriyön tein Wtt Group Oy:lle oman työni ohessa. Työn valvojana toimi LVI-insinööri Petri Selkäinaho. Insinööriyön tavoitteena oli käynnistää yritykseen tietokoneavusteinen menetelmä, joka palvelee asiakkaita, tuotekehitystä ja tuotteiden valmistusta. Työssä keskityn yritykseen valitun AutoCAD- ja sitä alustana käyttävään MagiCAD-ohjelmaan sekä niiden ominaisuuksiin lämmönjakokeskusten mallintamisessa. Pohdin tuotemallintamisen hyötyjä eri osapuolten näkökulmasta. Lisäksi tavoitteena oli kehittää tuotteita valmistavien ja suunnittelua tekevien henkilöiden yhteistyötä.

## 2 Alkutilanne yrityksessä

Lämmönjakokeskusten yleinen malli sekä komponenttien (lämmönsiirtimet, pumput jne.) asettelu rungolla on muotoutunut käytännön kautta. Komponenttien paikan tehdasvalmiissa lämmönjakokeskuksessa määrää yleensä se, miten ne on helppoiten ja edullisimmin mahdollista toteuttaa. Myös komponenttien sijaintiin vaikuttaa asiakkaan tarpeet. Yleisin toteutettava lämmönjakokeskus on kytkennältään Energiateollisuus RY:n julkaisun K1 peruskytkennän 1 tai 2 mukainen [2, s. 39, 40]. Lisäksi keskus voi sisältää kolmannen tai neljännen kiertopiirin. Tämä riippuu kohteesta, jonne lämmönjakokeskus valmistetaan.

### 2.1 Lämmönjakokeskusten valmistusprosessi

#### 2.1.1 Perusmallin keskukset

Ns. perusmalliset keskukset valmistetaan standardirungoille, joille kokemus on osoittanut niiden mahtuvan. Putkiston malli eri keskuksissa on samankaltainen. Kuvassa 1 on esitetty perusmallinen lämmönjakokeskus. Keskukset valmistetaan hyvän konepajakäytännön mukaan. Kokeneemmat henkilöt kouluttavat uusia työntekijöitä valmistamaan lämmönjakokeskuksia. Lämmönvaihdinten määrä ja koko vaikuttavat olennaisesti rungon kokoon.

Lämmönjakokeskusten runkojen koko riippuen lämmitystehosta:

- < 300 kW runko 650 x 1500 (1000) mm
- 300–600 kW runko 750 x 1500 (1000) mm
- > 600 kW runko 850 x 1800 mm tai suurempi

Oheinen luettelo on suuntaa antava. Tehoihin on yhdistetty käyttöveden teho sekä kahden lämmityspiirin teho.

Lämmönjakokeskuksen valmistaminen alkaa silloin, kun tuotannosta vastaava henkilö toimittaa tekniset erittelyt tuotantoon. Nämä tiedot pitävät sisällään kytkentäkaavion, teknisen mitoituksen sekä mahdolliset muut asiat, kuten tiedon haalausreitistä ja pohjakuvan lämmönjakuhuoneesta.

Valmistus etenee siten, että työntekijä kerää kaikki komponentit, joita lämmönjakokeskukseen tulee yhteen paikkaan. Tämän jälkeen hän aloittaa kunkin komponentin paikan hahmottamisen lämmönjakokeskuksen rungolle, mikäli komponentit eivät mahdu valmiille standardirungolle, on runko tehtävä ensin. Tämä vaihe kestää lämmönjakokeskuksesta riippuen 0,5–3 tuntia. Suurimpia vaikuttavia tekijöitä ovat komponenttien koko, paino sekä ominaisuudet. Kaikki komponentit pitää liikutella käsin tai nosturin avulla. Tärkeintä on varmistaa, että kaikki komponentit sopivat keskenään oikeille paikoille ja että missään asennusvaiheessa ei tule ongelmia. Lisäksi tulee huomioida loppukäyttäjän tarpeet komponenttien sijoittelussa.

Ensimmäisenä rungolle kiinnitetään lämmönvaihtimet, jotka määräävät toisten komponenttien paikan. Tämän jälkeen alkaa muiden komponenttien kiinnitys keskukseen. Yleensä valmistetaan lämmityksen toisiopuoli ensin, viimeisenä valmistetaan käyttövesi. Tähän menettelytapaan vaikuttaa eri toimipisteiden sijainti tuotantohallissa.

Tällaisissa lämmönjakokeskuksissa tuotemallintamisen hoitaa se henkilö, joka lämmönjakokeskuksen on tehnyt. Pohjana hän käyttää työvuosien aikana kertynyttä kokemustaan. Tuotteen muokkautuvat kokemuksen ja hyväksi todettujen toteutustapojen mukaan. Lisäksi asiakkailta saaduilla palautteilla on merkittävä osa tuotteiden malliin vaikuttavana tekijänä. Näin saadaan palautetta myös siitä, miten jotakin ei kannata toteuttaa. Malliltaan täysin uusia keskuksia valmistettaessa tehdään ensin pieni koe-erä. Tästä erästä lasketaan tarkkaan kustannukset sekä valmistamiseen kuluva aika. Lisäksi kerätään asiakaskommentteja uudistetuista tuotteista. Tuloksia verrataan aikaisempaan tilanteeseen, ja lopputulos osoittaa, otetaanko uusi malli käyttöön vai ei. [7]



Kuva 1. Esimerkkikuva peruslämmönjakokeskuksesta[5].

### 2.1.2 Monimutkaisemmat lämmönjakokeskukset

Kohteissa, joissa lämmitys tai jäähdytys on toteutettu monimutkaisemmalla tavalla, tarvitaan luonnollisesti ominaisuuksiltaan monimutkaisempaa lämmönjakokeskusta. Tällaisia kohteita voi olla kauppakeskukset tai virastotalot. Kytkenän on suunnitellut suunnittelutoimisto ja sen toteuttaminen jää lämmönjakokeskuksia valmistavalle yritykselle. Kuvassa 2 on esitetty kytkennältään monimutkaisempi lämmönjakokeskus.

Toteutustavaltaan kaava on sama kuin perusmallisissa keskuksissa. Poikkeuksena on se, että yleensä asiakas on kiinnostunut siitä, minkä kokoinen lämmönjakokeskuksesta tulee. Yleensä vasta kun lämmönjakokeskus on valmistunut, tiedetään tarkasti sen fyysiset mitat. Kokenut henkilö, jolla on vuosien kokemus alalta, osaa arvioida jollakin tarkkuudella etukäteen mittoja keskuksista. Yleensä tarkkuus on 0,5 m. Aina annettu

tarkkuus ei riitä, vaan asiakas voi haluta kuvan etukäteen lämmönjakokeskuksesta. Syitä tähän voi olla esimerkiksi se, että tila voi olla ahdas ja lämmitysputket pitää viedä jotakin tiettyä reittiä ym. Lisäksi komponenttien asetteluvaihe ja sovittaminen järkevästi toisiinsa kestää huomattavasti kauemmin, riippuen valituista komponenteista ja kytkennästä. Esimerkiksi lämmönvaihdin voi painaa yli tuhat kiloa, pumppu 150 kiloja ja putkikoot ovat suurempia. Aikaa siis kuluu suunnitteluun ja toteutukseen huomattavasti enemmän kuin pienemmissä keskuksissa.

Aikaisemmin fyysiseltä kooltaan suurempien keskusten mitat on ilmoitettu asiakkaalle sillä periaatteella, että keskus mahtuu varmasti sille varattuun tilaan. Käytännössä tämä tarkoittaa tilan arvioimista liian suureksi. Lämmönjakokeskuksesta lähtevien putkien paikkoja ei ole ilmoitettu kovin tarkasti, vain niiden suunta.



Kuva 2. Esimerkkikuva monimutkaisemmista lämmönjakokeskuksista [6].

Tuotemallintaminen tietokoneen avulla on tulevaisuutta tässä yrityksessä, ja se on keino parantaa tuottavuutta ja yrityksen kilpailukykyä markkinoilla.

### 3 Tuotemallintaminen

Tietokoneavusteisen mallintamisen mahdollisti tietokoneiden grafiikan kehittyminen. Ensimmäinen tällainen sovellus oli 1960-luvun alussa julkaistu "sketchpad", joka mahdollisti piirtämisen tietokoneavusteisesti [3]. Nykyään lähes kaikki talotekniikka suunnitellaan tietokoneavusteisesti, oli kyse sitten 2D- tai 3D-muodossa olevista malleista.

Tietokoneella tehtyjä suunnittelumalleja voidaan muokata tehokkaasti. Mallista tulostetaan piirustukset leikkauskuvineen nopeasti. 3D-malleista tuotetaan visuaalisia näkymiä halutuista suunnista. Sähköisessä muodossa olevat suunnittelukuvat tai tuotemallit on helppo lähettää minne tahansa muutamissa sekunneissa. Näin ollen käsintehtyjä suunnitelmia ei enää tarvitse kopioida ja lähettää postitse asiakkaalle. Kaiken tämän seurauksena yksi henkilö pystyy tuottamaan paljon enemmän materiaalia kuin aikaisemmin.

Tuotemallilla on monia etuja suunnitteluvaiheessa. Lämmönjakokeskukseen eri komponentteja voidaan lisätä helposti toisiinsa tietokoneella. Tämän seurauksena suuria ja painavia osia ei tarvitse liikutella työmaalla turhaan silloin kun kyse on tuotekehityksestä. Tuotekehitysvaiheessa ei välttämättä ole etukäteen tiedossa, miltä valmis tuote tulee näyttämään. Mallinnettuja tuotteita voidaan tarkastella tietokoneelta ilman, että niihin tulevia osia on hankittu. Tässä vaiheessa tuotekehitystä saadaan todennäköisesti karsittua osa tulevista ongelmista pois.

### 4 Toimintaympäristön perustaminen

Wtt Group oy:ssä ei aikaisemmin ole ollut tuotteiden tietokoneavusteista mallintamista. Tehtäväni oli aloittaa tuotteiden mallintaminen täysin alusta. Piirrettyjä malleja tulitisiin käyttämään omassa valmistuksessa, markkinoinnissa sekä asiakkaiden tarpeiden mukaan etukäteistietona valmistettavista lämmönjakokeskuksissa.

#### 4.1 Käytettävän ohjelmiston valinta

Mallinnusohjelman valinta oli tärkeässä roolissa. Opintojeni yhteydessä olen perehtynyt AutoCAD- ja MagiCAD-ohjelmiin, tarkemmin MagiCAD heating&piping -lisäosaan [10].

Vaihtoehto valinnassa oli CADS Planner -ohjelma. CADS-ohjelmasta ei minulla eikä yrityksellä ollut käyttökokemusta.

CADSin tai jonkin muun vastaavan ohjelman hankinta olisi merkinnyt aluksi koulutukseen hakeutumista. Tämän seurauksena mallinnustyön aloitus olisi viivästynyt.

AutoCAD- ja MagiCAD-ohjelmat olivat ladattavissa ja asennettavissa verkosta 30 päivän kokeilukäyttöön ennen hankintapäätöstä.

Ohjelmaa valittaessa oli tiedossa, että AutoCAD- ja MagiCAD-ohjelmien kaikkia ominaisuuksia (liite1) ei todennäköisesti tulla tarvitsemaan. Esimerkiksi putkistojen mitoituksia ei tulla tekemään tällä ohjelmalla. Mikäli kuitenkin tarvetta tulee niille ominaisuuksille, joita ohjelma sisältää, ne ovat valmiina saatavilla.

#### 4.2 Tietokoneen valinta

Tietokoneen valinnassa käytin apunani yritystä, joka vastaa yrityksen tietotekniikka-asioista. Yritys oli nimeltään Tietokoneasennus JJussila. Tämän yrityksen edustaja oli Jouni Jussila. Kävimme hänen kanssaan lävitse ne ominaisuudet [4], joita tietokoneella tulisi olla. Valituilla ohjelmistoilla mallinnettavat järjestelmät tulisivat olemaan suhteellisen pieniä, ja mallitiedostojen koot eivät siten kasvaisi kovin suuriksi. Tietokonetta valitessa tuli kuitenkin huomioida mahdollisesti suuremmat lämmönjakokeskukset, joita yrityksessä on valmistettu valmiiden 3D-kuvien pohjalta. Fyysisesti nämä keskukset ovat olleet pinta-alaltaan noin 50–80 m<sup>2</sup>. Tietokoneella tulisi pystyä mallintamaan myös tällaisia lämmönjakokeskuksia. Näytön koon tulisi olla vähintään 22 tuumaa. Vaatimukset täyttävä ja välittömästi käyttöön saatava kone löytyi hintaluokasta 1 400 euroa.

### 5 Lämmönjakokeskusten mallintaminen

Tuotemallintamisen kohteena voi olla jo olemassa oleva lämmönjakokeskus, tai kohde mallinnetaan suunnitteluvaiheessa, jolloin suunnittelun lähtötiedot voivat olla vielä puutteelliset.

Lähes jokainen lämmönjakokeskus on erilainen. Lämmönsiirtimet saattavat olla erikoisia, pumpput erimerkkisiä tai säätöventtiilit erikokoisia. Tästä syystä on tärkeää kohdistaa resursseja tuottavimpaan suuntaan. Yrityksen resursseita riippuen mallinnettavien keskusten määrää tulee harkita tarkkaan. Mallinnettaviksi kohteiksi tulee valita ne keskuksat, joista on eniten hyötyä yritykselle.

Ennen mallinnuksen aloittamista selvitetään, miten yksityiskohtaisesti kohde on tarpeellista mallintaa lisäksi selvitetään piirretäänkö jokainen anturi ja lämpömittari paikalleen vai riittääkö vain varaus kyseisistä laitteista oikealle paikalle. Tämä asia tulee sopia tapauskohtaisesti sen osapuolen kanssa, joka käyttää kuvia hyödykseen. Aina ei kuitenkaan ole perusteltua mallintaa kaikkea lämmönjakokeskuksiin.

### 5.1 Huomioitavaa mallinnusprosessissa

Tuotteiden mallintaminen tietokoneavusteisesti on nykypäivää. Mallinnusprosessissa on tiettyjä asioita, joita tulee huomioida. Mallinnettavien tuotteiden valmistusprosessi on syytä tuntea hyvin. Tässä tapauksessa, kun kyse on konepajatoiminnasta, pitää tietää miten eri materiaalit käyttäytyvät ja miten niitä voi liittää toisiinsa. Esimerkkinä huomioon otettavasta asiasta ovat hitsausseamat, joita tietokoneohjelmat eivät välttämättä ota huomioon. Kun valmistetaan lämmönjakokeskuksia, erisuuruisia putkia saatetaan liittää t-haaran sijaan istutusliitoksella, joka on edullisempi verrattuna t-haaraan. Tässä tapauksessa on hitsausseaman ja seuraavan hitsausseaman väliin jätettävä tietty varoetäisyys, jotta rakennevahvuus säilyy.

Mikäli suunnittelua ja mallintamista tekevällä henkilöllä ei ole hitsaamiseen liittyvää riittävää tietoa, hänen on tehtävä yhteistyötä. Näin estetään virheet ja ylimääräisten kustannusten syntyminen. Näin ehkäistään myös ylimääräisten kustannuksien syntyminen, jotka ovat seurausta huonosti suunnitelluista tuotteista.

Henkilöllä jolla on muutaman vuoden kokemus tuotteiden asentamisesta, on paremmat edellytykset tehdä onnistuneita suunnitelmia, kuin henkilöllä, jolle vastaavaa kokemusta ei ole kertynyt. Tämä on tullut esille käytännön sovellusten suunnittelun yhteydessä omissa työtehtävissäni lämmönjakokeskusten suunnittelussa. Itselläni ei ole aikaisemmin mainittua kokemusta putkiasennuksesta tai hitsauksesta, ainoastaan se kokemus,

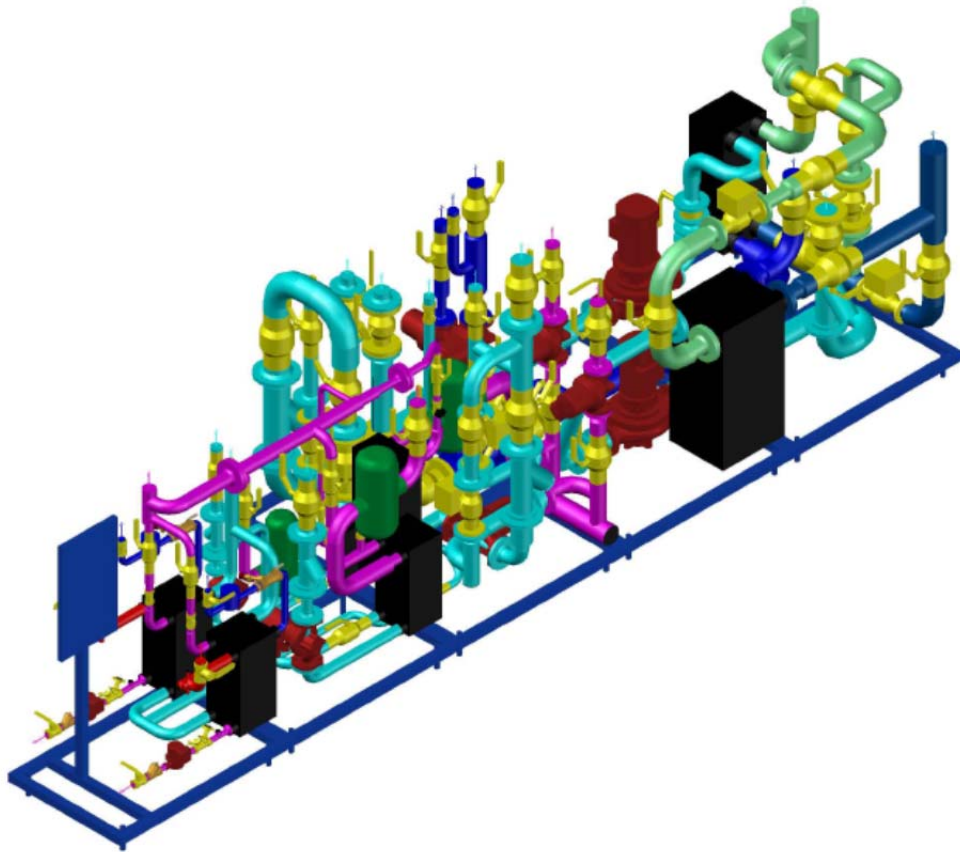
jonka olen saanut ammattikorkeakoulun järjestämällä kursseilla. Käytännössä kokemusta on kartuttanut muutama asennustekninen kurssi.

## 5.2 Mallinnettavat kaukoenergiakeskukset

Wtt Group oy valmistaa vuodessa noin 1 000 lämmönjakokeskusta. Suurin osa valmistettavista keskuksista on rakenteeltaan samankaltaisia. Kokoluokkia on muutamia. Keskuksia voidaan toteuttaa erilaisin pumpuin, lämmönsiirtimin ja automaatiolaittein. Kokemusten kautta on käynyt ilmi, että erimerkkiset komponentit eivät muuta lämmönjakokeskusten fyysisiä mittoja paljoakaan. Kahteen eri lämmönjakokeskukseen voidaan asentaa eri valmistajien pumput. Suurin vaikuttava tekijä keskuksen alkuperäiseen kokoon on lämmönsiirtimet, putkiston koko ja pumpun mitat. Siten on perusteltua, että perusmallisista lämmönjakokeskuksista mallinnetaan vain muutama. Näitä malleja voidaan hyödyntää silloin kun asiakas haluaa nähdä etukäteen mittakuva lämmönjakokeskuksesta, jota on tilaamassa. Valmiit kuvat peruskeskuksista hyödyntävät myös tuotantohenkilöstöä. Tuotannossa tiedetään, mihin malliin tulee pyrkiä, varsinkin kun kyseessä on uusi työntekijä.

Yritys tekee kauppaa Ruotsiin ja Venäjälle. Näissä maissa on lämmönjakokeskuksilla eri säädöksiä käytössä kuin Suomessa. Tällaisia säädöksiä ovat esimerkiksi energiamäärittäjien sijainti. Keskuksia, jotka yritys toimittaa Venäjälle, on yleensä tehty valmiiden 3D-mallien mukaan. Nämä 3D-kuvat tulevat tilaajalta. Ei siis ole tarvetta mallintaa keskuksia, joita valmistetaan Venäjälle. Niitä voidaan mallintaa ainoastaan, mikäli niillä halutaan markkinoita yrityksen tuotteita. Ruotsiin valmistettaviin keskuksiin pätee sama asia kuin Suomen keskuksiin. Perusmallin keskuksia mallinnetaan ja niistä esitetään 3D-kuvat.

K1-kytkennöistä poikkeavat keskuksia tulee mallintaa tarpeen mukaan. Tällaisia tarpeita voivat olla esimerkiksi lämmönjakuhuoneen rajoitettu koko, tuotannon vaatimus, kaupanteon yhteydessä sovittu asia tai muu vaikuttava seikka. Yleensä päätöksen mallinnettavista keskuksista tekee Wtt Group Oy:n toimitusjohtaja tai tuotannon johtaja. Osaltaan päätöksen tekoon vaikuttaa se, kuinka paljon mallinnettavia keskuksia on samaan aikaan ja kuinka aikaa vieviä keskuksien mallintaminen on. Kuvassa 3 on esitetty lämmönjakokeskus joka on mallinnettu tietokoneella.



Kuva 3. Lämmönjakokeskus, jonka mallintamisessa käytetty 3D-ohjelmaa.

### 5.3 Uuden lämmönjakokeskuksen lähtötiedot

Kaukoenergiakeskuksien mallintaminen alkaa keräämällä kohteen keskuksista kaikki se tieto, joka on saatavilla. Tämä tarkoittaa käytännössä teknistä mitoitus (liite2), kytkentäkaaviota (liite3) ja tietoja lämmönjakuhuoneesta. Osaltaan menettelytapa on samankaltainen kuin tuotannon, kun aloitetaan lämmönjakokeskuksen valmistaminen.

Ilman lähtötietoja tai mikäli ne ovat puutteellisia, ei ole järkevää aloittaa lämmönjakokeskuksen mallintamista. Alkuperäisiin mitoituksiin saattaa tulla muutoksia kesken kaiken. Tällaisia muutoksia voivat olla tehonmuutokset lämmönvaihtimissa, mikä tarkoittaa vaihtimen koon muuttamista tai säätöventtiilien muuttamista. Nämä muutokset vaikuttavat komponenteille varattavaan tilaan. Mallinnustyön aloittaminen vajailla lähtötiedoilla ei yleensä ole kannattavaa. Joissakin tapauksissa mallintaminen voidaan aloittaa ja saattaa tiettyyn pisteeseen ilman kaikkia lähtötietoja.

#### 5.4 Olemassa olevan lämmönjakokeskuksen lähtötiedot

Mallinnettaessa lämmönjakokeskusta valmistumisen jälkeen on kyseessä todennäköisesti tilanne, jossa halutaan esimerkkikuva lämmönjakokeskuksesta tuleviin tarpeisiin.

Mikäli mallinnetaan jo olemassa olevaa lämmönjakokeskusta, alkuperäisillä lähtötiedoilla ei ole merkitystä. Tässä vaiheessa tärkeimpiä tietoja ovat lämmönsiirrinten sijainti rungolla sekä putkiston asento ja sijainti.

Olemassa olevan keskuksen mallintaminen on helpompaa kuin vasta suunnitteluvaiheessa olevan keskuksen. Valmiista keskuksesta kerätään tarvittavat mittatiedot tietokonehallinnusta varten. Valmiit keskuksat mallinnetaan, jos ne ovat vielä tehtaalla.

#### 5.5 Tuotetiedot MagiCAD-ohjelmassa

MagiCAD-ohjelma sisältää runsaasti tuotetietoja eri LVI-valmistajan tuotteista. Näiden tuotetietojen on tarkoitus kuvata kyseistä tuotetta mahdollisimman tarkasti. Yleensä ainakin seuraavat ominaisuudet saadaan selville kunkin tuotteen tiedoista: kolmiulotteinen malli, jota voi tarkastella eri näkymissä ja jossa on esitetty oleelliset tuotteen mitat. Kokemus on osoittanut, että eri valmistajien mittatiedoissa saattaa olla virheitä. Yleensä komponentin tiedoista löytyy myös mitoitusaulukko, josta ilmenee tuotteen ominaisuuksia, esimerkiksi linjasäätöventtiilin painehäviö mitoitusvirtaamalla. Tämän lisäksi jokaiselle komponentille on informaationsivu, josta ilmenevät tuotteen tiedot meillä olevassa projektissa. Nämä ohjelman toiminnot ovat käytettävissä tarvittavan tiedon haussa ja tarkastelussa eri tarkoituksiin. Kuvissa 4 ja 5 on esimerkkejä MagiCAD-ohjelmasta saatavista tuotetiedoista.

Property	Value
Part type	Stop valve
System	VENT-supply "Vent Lämmitys"
Storey	1 "Kerros 1"
Center of part	H = 1837
Product	SV1 "SV-80"
Connection size	80
Status	Not defined

**FLOW**

Is a measuring valve

Lock dp

dp [kPa]:

**LABELS**

Description:

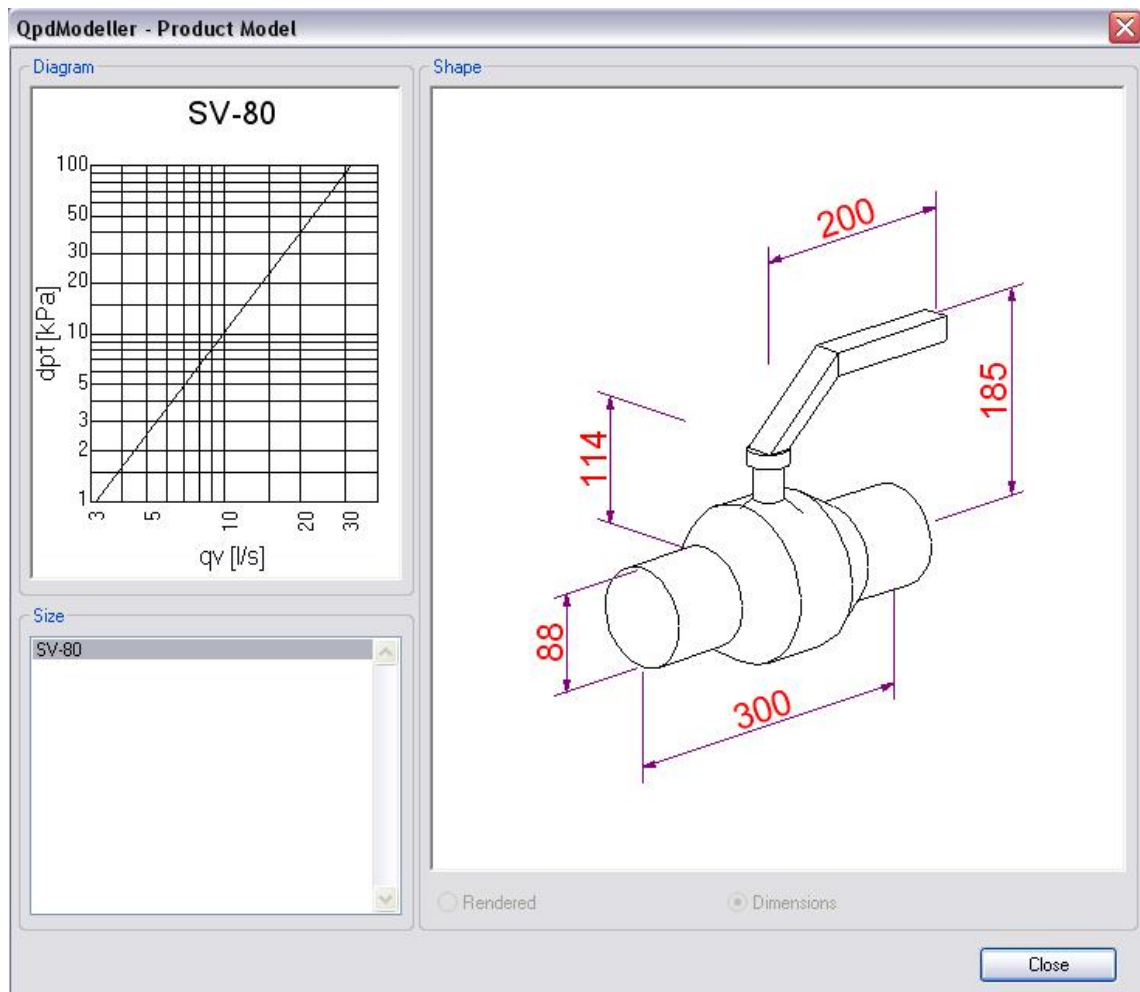
UserVar 1:

UserVar 2:

**Object ID**

Ok Properties... Size... Change RI Cancel

Kuva 4. Valitun tuotteen ominaisuuksia kuvaava ikkuna, jossa voidaan myös muuttaa joitakin sen valintoja [12].



Kuva 5. Valitun tuotteen ominaisuuksia kuvaava ikkuna avattuna [12].

## 5.6 Yrityksen käyttämät tuotteet

Ennen tietokonemallinnustyötä oli tutustuttava keskuksissa käytettäviin tuotteisiin ja materiaaleihin. Tässä vaiheessa kului muutama päivä. Tietenkään ei ole realistia olettaa, että muutamassa päivässä pystyy tutustumaan täydellisesti kaikkiin tuotteisiin, joita kyseinen yritys käyttää. Tänä aikana tietoa kerättiin niistä tuotteista ja valmistajista joiden kanssa yritys tekee yhteistyötä. Valmistajia ovat mm. Oras, Ouman, Vexve, Grundfos sekä Wilo. Tärkeimpiä tietoja ovat eri mittatiedot. Nämä mittatiedot ovat tärkeitä, silloin kun varsinaista mallintamista ja suunnittelua tehdään.

Kerättyjä tietoja olivat seuraavat:

- lämmönvaihtimet, yhteiden pituus ja koko
- putkistolaipat, laippojen paksuus
- putkisto-osat: käyrien mittatiedot, supistusten pituus
- sulku- ja linjasäätöventtiilien pituudet

Kerättyjä tietoja verrattiin MagiCAD-ohjelman tuotetietoihin. Eri valmistajilla on suunnittelijoille tarkoitettuja ohjelmia joista saa mm. mittatietoja heidän tuotteistaan. Tässä vaiheessa tutustuttiin myös näihin ohjelmiin. Esimerkiksi Siemens HIT (kuva 6) on yksi tällainen ohjelma. Ohjelmasta saa mittatietoja sekä 2D- ja 3D-malleja CAD-ohjelmien käyttöön.

The screenshot shows the Siemens HIT software interface. The top navigation bar includes 'Etusivu | Tuotteet | Projektit | Info Center' and 'Tuotteet > Venttiilit ja Toimilaitteet > All'. The main configuration area is titled 'Venttiili' and includes options for 'Standardi' (selected) and 'Paineesta riippumaton'. Below this is a 'Suora valinta' section with a 'Mitoitus (suositeltava)' button and a 'Palauta mitoitus' button. The configuration area is divided into 'Venttiilin parametrit' and 'Toimilaitteen parametrit'. The 'Venttiilin parametrit' section includes dropdown menus for 'Venttiilin tyyppi', 'Tyypin tyyppi', 'Säätöaika', 'Nimellispaine', 'Liitännän tyyppi', and 'Säätöaika'. The 'Toimilaitteen parametrit' section includes dropdown menus for 'Säätöviesti', 'Käyttöjännite', 'Jousipalautus', and 'Säätöaika'. At the bottom, there is a table titled 'Sopivat toimilaitteet VVF45.49' with columns for 'Toimilaitte ID', ' $\Delta p_{max}$ ', ' $\Delta p_s$ ', 'Säätövoima / vää', 'Iskunpituus', 'Max. medium tem', 'Lisävarusteet', and 'Dok'. The table lists various valve models and their specifications.

Toimilaitte ID	$\Delta p_{max}$	$\Delta p_s$	Säätövoima / vää	Iskunpituus	Max. medium tem	Lisävarusteet	Dok
SKB32.50	1200 kPa	1600 kPa	2800 N	20 mm		Maärä...	
SKB32.51	1200 kPa	1600 kPa	2800 N	20 mm		Maärä...	
SKB60	1200 kPa	1600 kPa	2800 N	20 mm		Maärä...	
SKB62	1200 kPa	1600 kPa	2800 N	20 mm		Maärä...	
SKB62U	1200 kPa	1600 kPa	2800 N	20 mm		Maärä...	
SKB62UA	1200 kPa	1600 kPa	2800 N	20 mm		Maärä...	
SKB82.50	1200 kPa	1600 kPa	2800 N	20 mm		Maärä...	
SKB82.51	1200 kPa	1600 kPa	2800 N	20 mm		Maärä...	

Kuva 6. Siemens HIT -tuotetieto-ohjelma.

Eri komponenttivalmistajilla saattaa olla erimittaisia osia, esimerkiksi linjasäätöventtiili tai sulku saattaa poiketa jopa 50 mm riippuen valmistajasta. Tämä hankaloittaa olennaisesti suunnitteluprosessia. Tämä on asia, joka pitää tiedostaa suunnitteluvaiheessa ja ottaa huomioon materiaaleja tilattaessa lämmönjakokeskuksiin.

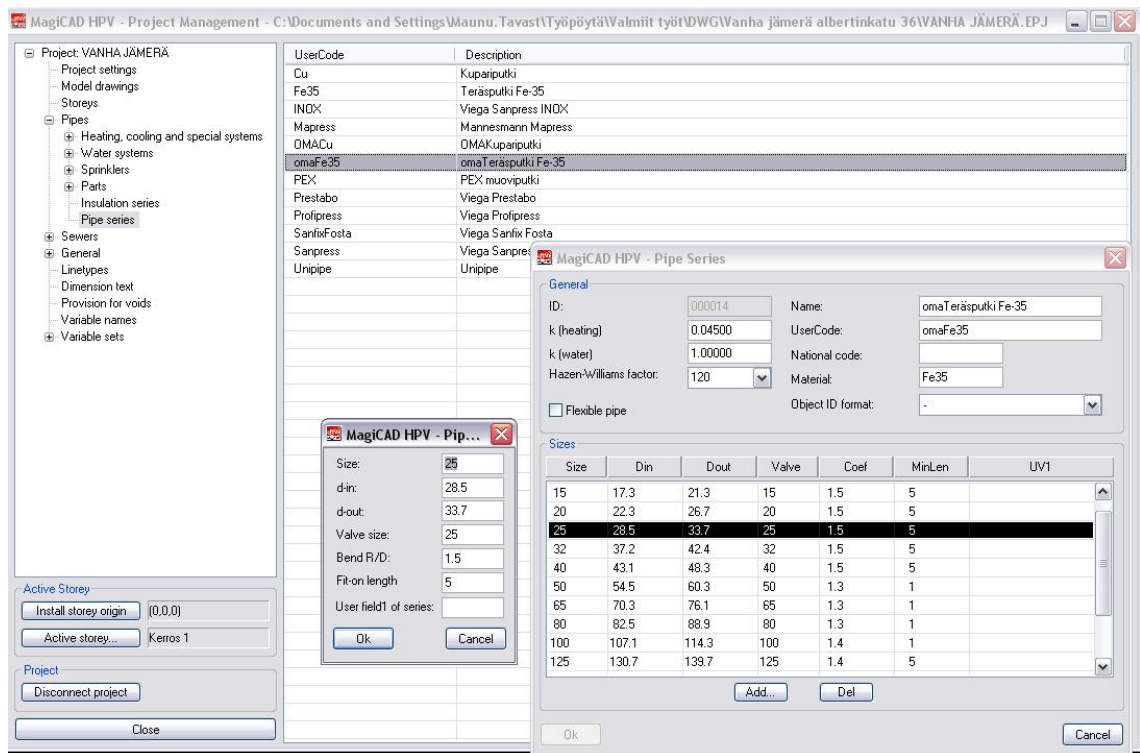
Suurien komponenttien koko on hyvä varmistaa niiden valmistajan teknisistä tiedoista. Esimerkiksi erään pumppuvalmistajan liitännäisohjelma MagiCAD-ohjelmaan sisältää muutamia virheitä. Olennaisesti tällainen virhe hankaloittaa tilannetta, jossa lämmönjakokeskus on valmistettu ilman kyseistä komponenttia etukäteen. Tällaisista virheistä seuraa pahimmassa tapauksessa se, että kun komponentit pitäisi sovittaa paikoilleen, niille varattu tila liian pieni. Tästä seuraa kallis jälkikorjaus, ja mahdollisesti lämmönjakokeskuksen valmistavan yrityksen maine kärsii.



Kuva 7. RST-supistus vasemmalla ja FE-supistus.

Putkien ja putkiston ominaisuuksien kanssa täytyy olla tarkkana käytettäessä MagiCAD-ohjelmaa. Näitä osia on esimerkiksi t-haara, käyrä, supistus ja mikäli käytettävä materiaali RST. Oletusasetuksena MagiCAD-ohjelma piirtää käyrän tietyllä mitalla riippuen putken DN-koosta. Putkistomateriaali kohdasta löytyy ominaisuus, josta sen voi määrittellä (kuva 8). Tässä tapauksessa oletusasetus eroaa käytännöstä huomattavasti. Esimerkiksi DN200 nimelliskooltaan oleva käyrä on 25 mm korkeampi kuin todellisesti. Tämän seurauksena kahdella käyrällä virhettä syntyy jo 50 mm. Vastaava ongelma koskee myös t-haaroja, jotka MagiCAD-ohjelma tekee automaattisesti. Yleensä t-haara on ohjelman piirtämänä liian lyhyt. Virheen suuruus riippuu käytettävästä putkikoosta.

Kuvassa 7 on esitetty supistus DN150-DN100 RST- ja fe-materiaalista. Kuvassa vasemmalla RST materiaali.



Kuva 8. Ikkuna putkisarjojen hallintaan ja määrittelyyn suunnitteluprojektissa [12].

## 5.7 Tuotekirjastot

MagiCAD-ohjelman kirjastoissa ei ole kaikkia tuotteita. Tästä syystä valmiita osia kuten säätöventtiileitä tai pumppuja joutuu hakemaan eri valmistajien tiedostoista. Suurimmat komponenttivalmistajat ovat valveutuneita, ja heillä on resursseja päivittää ja pitää yllä suuria tietopankkeja omista tuotteistaan. Näiden tuotteiden löytäminen ja hakeminen on suhteellisen helppoa.

Tarvittaessa AutoCAD-ohjelmalla voidaan helposti myös mallintaa tuotteen 3D-geometria. Valmiista tuotteista on syytä pitää järjestelmällistä tiedostohierarkiaa, muutoin tuotemäärän kasvaessa on tuloksena sekalainen kirjasto ja oikean tuotteen löytäminen vaikeutuu.

## 5.8 Ongelmat

Toimiessa syntyy erilaisia ongelmatilanteita, jotka olen jakanut suunnittelun ja tuotannon aikana esiintyviin ongelmiin.

Tuotantopuolen yleisimmät ongelmat liittyvät työkuviin mukana annettuihin mittoihin. Yleensä tärkein mitta on lämmönvaihtimien etäisyydet suhteessa toisiinsa. Tämän lisäksi tuotannon kannalta tärkeä mitta on lämmönjakokeskuksen kokonaiskorkeus. Enemmän erikoiskomponentteja sisältävissä lämmönjakokeskuksissa ongelmaksi muodostuvat annettavat mitat. Tuotantokuvat tekevä henkilö ei aina välttämättä tiedä, mitkä mitat ovat valmistuksen kannalta tärkeimpiä. Tästä syystä mittakuvat räätälöidään tapauskohtaisesti tuotantohenkilöstön toiveiden mukaisesti. Tähän menetelmään on päädytty kokemuksen kautta. Ajallisesti tärkeimpien mittojen lisäys tuotantokuvaan ei ole merkittävä. Tällä menettelytavalla saadaan karsittua ns. turhat mitat pois tuotantokuvista. Mikäli yrityksessä työskentelisi enemmän henkilöstöä, muokattaisiin menettelytapaa toisenlaiseksi.

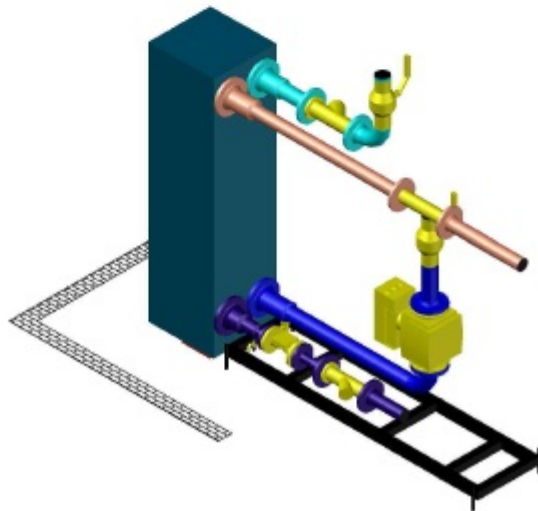
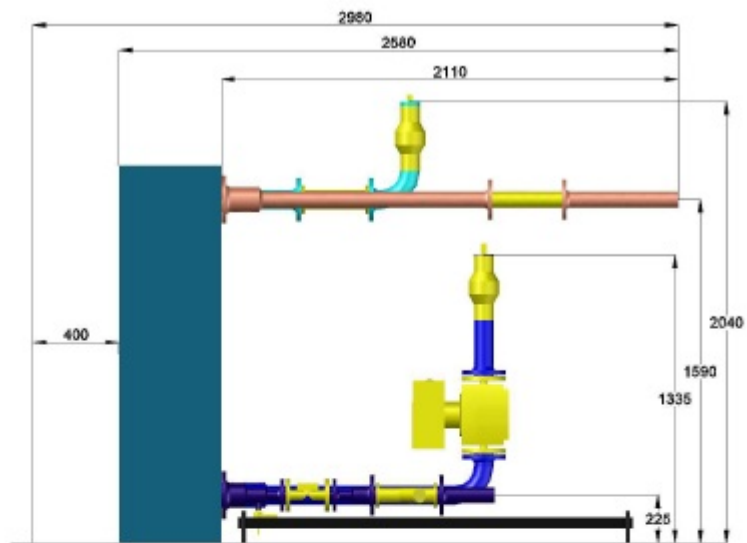
Suunnittelulliset ongelmat liittyvät yleensä lähtötietoihin, joita on käytössä kuin aloitetaan lämmönjakokeskuksen 3D-mallintaminen. Tietoa lämmönjakokeskuksen äärimitoista tai haalausreitistä ei ole saapunut henkilöltä, joka hoitaa projektia ostajan puolelta. Lämmönjakokeskuksen sisältäessä erikoisasia, joille varataan tila jälkiasennusta varten, tuottaa joissakin tapauksissa ongelmia, esimerkkinä tällaisesta tilanteesta ovat suurikokoiset sivuvirtasuodattimet. Mallintamista vaikeuttavat komponenttivalmistajien välisten mittojen erot. Esimerkiksi valmistajan 1 sivuvirtasuodatin voi olla 50 mm pidempi kuin vastaavaa kokoa oleva sivuvirtasuodatin valmistajalta 2. Yleensä tämä otetaan huomioon siten, että verrataan yleisimpien käytössä olevien komponenttien mittoja ja jätetään tietty varaus kullekin komponentille tapauskohtaisesti. Yleisesti jätetään enemmän työvaraa putkistoon kuin liian vähän.

Ohjelmien käyttöön aina liittyvät ns. kaatumiset, jolloin ohjelman käyttö keskeytyy hallitsemattomasti. Ne voivat johtua eri syistä. Ohjelman käyttäjän on minimoitava nämä haitat ohjelman asetusten kautta. Tällöin ainakin varmuustiedostojen ja automaattisen tallennusten teko riittävän usein on välttämätöntä.

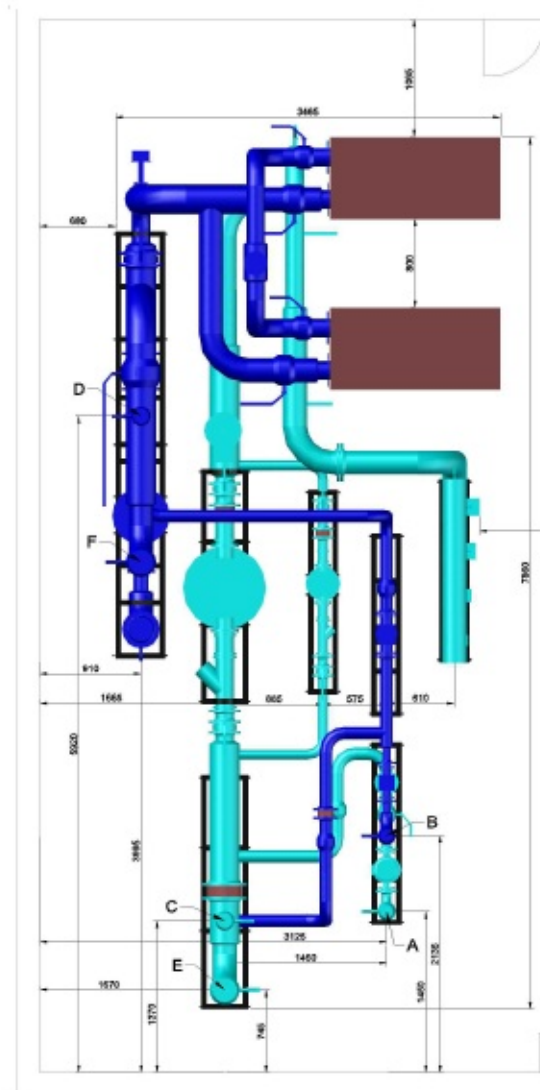
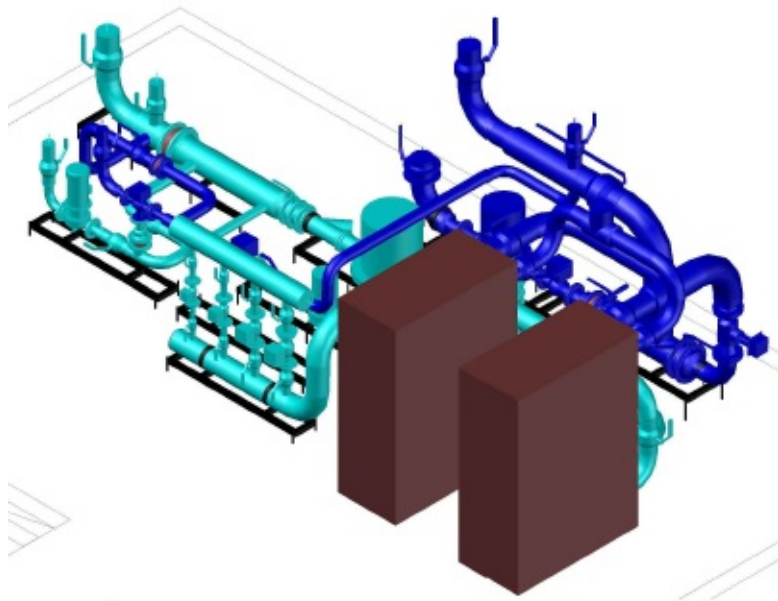
## 5.9 Mallintamiseen kuluva aika

Kaukoenergiakeskuksen mallintamiseen kuluva aika on suhteessa sen sisältämien ominaisuuksien määrään. Sen lisäksi aikaan vaikuttaa se, miten yksityiskohtainen mallista luodaan. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että esitetään kaikki mittarit ja mitta-anturit mallissa.

Kohde voi olla kooltaan huomattava, vaikka aikaa sen piirtämiseen ei kulu kovinkaan paljoa. Kuvan 9 kaukokylmäkeskuksen mallintamiseen kului aikaa n. 1 tunti. Kaikki komponentit, joita käytettiin, olivat saatavilla suoraan mallinnusohjelmasta. Lisäksi mitään erikoisvarusteita ei kohteeseen tullut laitetoimittajan toimituksessa. Kuvassa 10 on kaukoenergiakeskus, jonka mallintamiseen kului aikaa n. 14 tuntia. Tämä johtui osaltaan siitä, että kaukokylmäkeskukseen tuli muutoksia sen jälkeen kun mallintaminen oli aloitettu. Nämä muutokset vaikuttivat olennaisesti keskuksen mittoihin.



Kuva 9. Yksinkertainen mallinnuskohde.



Kuva 10. Edellistä enemmän mallinnusaikaa vaativa kohde.

## 6 3D-mallintamisesta saatavat hyödyt

### 6.1 Tuotanto

Tuotantohenkilöstö saa etukäteen tiedon kunkin mallinnetun lämmönjakokeskuksen mitoista, rungon koosta ja muista huomioon otettavista asioista. Samalla henkilöstö saa selkeän kokonaiskuvan siitä, miltä valmiin tuotteen tulee näyttää. Lisäksi tärkeimmät mittatiedot tulevat valmiina. Olennaisinta tuotannon kannalta on se, että eri komponenttien käsittely vähentyy huomattavasti, koska tiedossa on jo, miten komponentit sopivat keskenään lämmönjakokeskukseen. Tämän seurauksena komponenttien sovitelu keskenään sopiviksi vähentyy ja joissakin tapauksissa poistuu kokonaan.

Tilattaessa komponentteja saadaan tarkemmin karsittu turhat tilaukset pois, kun tiedossa on lämmönjakokeskukseen menevien komponenttien tarkka määrä. Tämä määrä saadaan suoraan tietokoneohjelmasta tulostettua. Tiettyä tarkkuutta tulee kuitenkin noudattaa silloin kun kyseessä on tietokoneella tulostettu osalista. Esimerkiksi Wtt Group käyttää lämmönjakokeskuksissa lämpimässä käyttövedessä erikoismessinkivalmisteista osaa, joka sisältää DN-kooltaan erikokoisia lähtöjä. Piirto-ohjelma merkitsee tuotelistaan n-haaran. Tämän lisäksi MagiCAD-ohjelma ei tunnista istutusliitosta vaan merkitsee sen aina t-haaraksi.

### 6.2 Tuotannon haastattelu

Lämmönjakokeskuksia valmistavasta henkilöstöstä haastateltiin kahta henkilöä liittyen 3D-kuvien käyttöön yrityksessä. Kyseiset henkilöt valmistavat yrityksessä vaativimmat kaukoenergiakeskukset. Näin ollen nämä henkilöt osaavat antaa parhaan tiedon siitä mitä 3D-kuvien käyttö tuo verrattuna normaaleihin työmenetelmiin. Seuraavana on listattu asioita, joita nämä henkilöt kokivat työtä nopeuttavaksi asiaksi kaukoenergiakeskusten valmistamisessa.

**Henkilö 1** - vastuualue keskisuuret ja suuret kaukoenergiakeskukset [8].

- Lämmönvaihtimien etäisyydet toisiinsa nähden ovat tiedossa heti.
- Ensiöpuolen putkien sijainti suhteessa muuhun keskukseen on selvillä.

- Kokonaisuus hahmottuu ennen kuin keskusta on valmistettu.
- Toimitustarkkuus asiakkaalle paranee, kun tiedossa olevilla mitoilla valmistetaan kaukoenergiakeskuksia.
- Keskuksien valmistukseen kuluva aika noin 25 % pienempi.

#### **Henkilö 2** - vastuualue suuren kokoluokan kaukoenergiakeskukset [9].

- Suurissa lämmönjakokeskuksissa jopa 8 työtuntia vähemmän tuotantopuolella miettimistä eri komponenttien sijoittelulle.
- Eri komponenttien tilaaminen helpottuu, kun tiedetään etukäteen tarvittavien komponenttien määrä. Ei enää arvion pohjalta.
- Kaukoenergiakeskuksien valmistamiseen kuluu aikaa monimutkaisemmissa keskuksissa 20–30 % vähemmän, kun käytössä on valmiit 3D-kuvat. Kaukoenergiakeskuksen ominaisuudet vaikuttavat huomattavasti tähän. Pienemmissä keskuksissa 3D-kuvista saatava hyöty on vähäisempi. Ei käytännössä vaikutusta kuluvaan työaikaan.
- Mikäli osaa komponenteista ei ole saatavilla, esim. lähetys saapumatta, voidaan kuitenkin osia valmistaa etukäteen, kun tiedossa on kaukoenergiakeskuksen kokonaiskuva sekä mitat.

Muita asioita, joita tuli esille haastatteluiden yhteydessä [8;9]:

Yhteistyö 3D-mallintavan henkilön ja tuotannon välillä kehittyy ja nopeutuu, kun käytännöstä saadaan kokemuksia. Samalla myös 3D-mallinnusta tekevä henkilö oppii tuotantomenetelmiä ja näin osaa enemmän suunnitella omatoimisesti kaukoenergiakeskuksia. Vastaavasti tuotantohenkilöstö oppii tietokoneavusteista mallintamista.

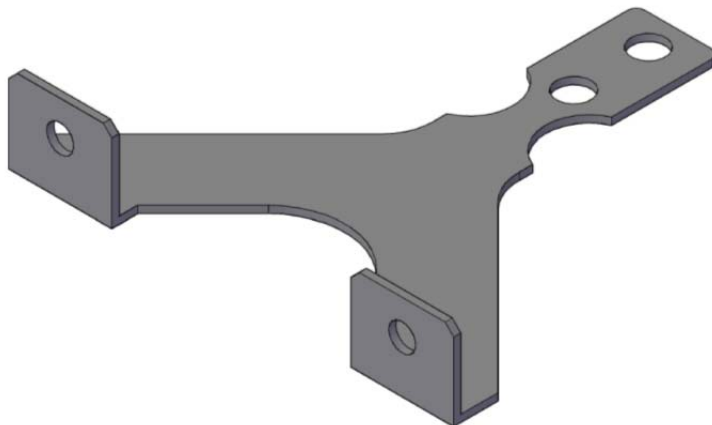
### 6.3 Asiakas

Asiakas saa etukäteen erilaista tietoa ostamastaan tuotteesta. Tarpeen mukaan voidaan kaukoenergiakeskusta muuttaa asiakkaan toiveiden mukaan. Yleensä tällainen käytäntö tulee eteen kohteissa, joissa lämmitys- tai jäähdytysputkisto on rakennettu etukäteen. Asiakas näkee toimitetuista kuvista, mihin suuntaan lämmitysputkisto lähtee, ja osaa huomioida sen silloin kun lämmönjakokeskuksen putkistoa rakennetaan. Tämän lisäksi asiakas osaa varautua tilantarpeeseen, jonka lämmönjakokeskus vaatii. Suunnitelmissa olevat tilavaraukset eivät välttämättä pidä paikkaansa.

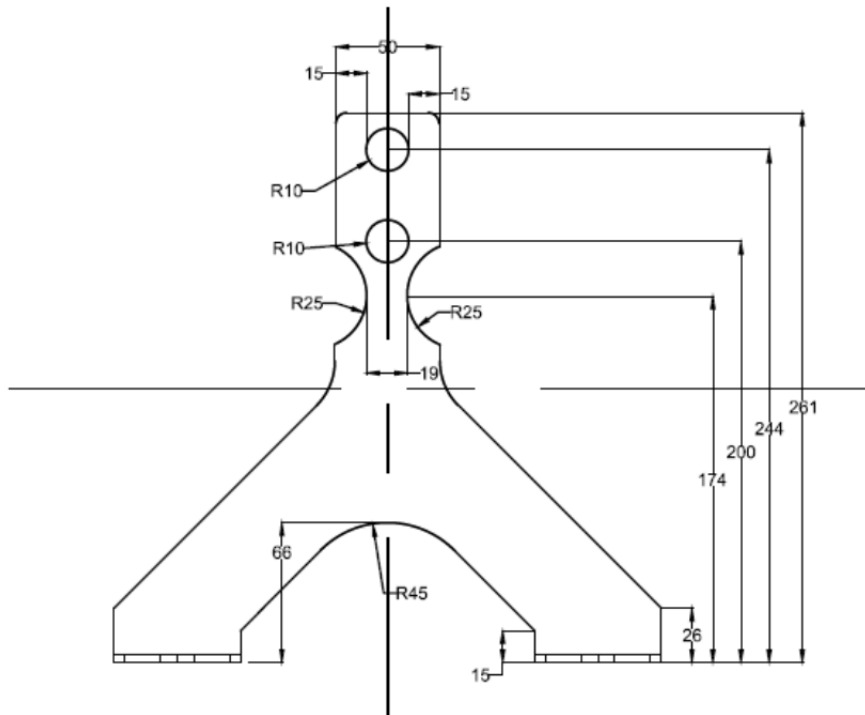
### 6.4 Tuotekehitys

Yrityksen sisäinen tuotekehitys hyötyy tietokoneavusteisesta mallintamisesta. Kaikki dokumentit ovat tallessa tietokoneella. Kerran suunniteltuja asioita voidaan muokata tarpeen vaatiessa.

Mikäli komponentin tai rakenneosan valmistaa alihankkija, voidaan valmistajalle toimittaa valmistuspiirustukset havainnollisine 3D-näkymineen kohteesta. Kuvassa 11 on havainnollistettu näkymä rakenneosasta. Kuvassa 12 on mitoituskuva valmistuspiirustuksesta.



Kuva 11. 3D-näkymä rakenneosasta.



Kuva 12. Mitoituskuvanto valmistuspiirustuksesta.

## 7 Kustannukset

Kaukoenergiatuotteiden mallintaminen on uusi asia yrityksessä, mistä johtuu, että tietokoneavusteisen mallintamisen aloituksen yhteydessä syntyy kustannuksia.

Järjestelmän takaisinmaksuaikaa ei ole tarkasteltu. Arvioiden mukaan keskuksen valmistuminen nopeutuu noin 30 %, kun käytössä on valmiit tuotemallit. Keskusten ominaisuuksien ansiosta säästetty aika riippuu tapauskohtaisesti keskuksista. Voidaan kuitenkin ajatella, että keskimäärin syntyy min. 1,5 tuntia säästöä/lämmönjakokeskus. Tämä tarkoittaa vähintään noin 75 euron säästöjä palkkakustannuksissa tuotannon puolella. Tuotemalleja tehdään vuodessa noin 20 kpl. Tämän arvion perusteella säästö syntyy 1 500 euroa/a. Koroton takaisinmaksuaika olisi tällöin 5,33 a. Tämä on vain suuntaa antava arvio. Mikäli haluttaisiin tarkka takaisinmaksuaika, tulisi syventyä tarkasti toteutuneisiin säästöihin keskuskohtaisesti. Tätä laskelmaa ei tämän työn yhteydessä tehty.

TMA = hankintakustannus/vuotuiset säästöt [11]

## 7.1 Ohjelmisto

AutoCAD-ohjelman hinta oli 5 000 euroa, ja sen lisäksi MagiCAD-ohjelma tuli maksamaan 3 000 euroa. Näiden lisäksi ostettiin päivityssopimus AutoCAD-ohjelmalle, jonka hinta oli 400 euroa, yhteensä siis 8 400 euroa. Hinnat on ilmoitettu ilman arvonlisäveroa.

## 7.2 Henkilöstöresurssit

Tämänkaltainen tietomallintaminen vaatii useamman ohjelmiston osaamista. Yrityksessä varsinainen tietomallinnustyö on kausiluontoista ja ei vaadi yhden henkilön täysipäiväistä työpanosta. Edullista olisi, että malleja tekevä henkilö olisi kykenevä hoitamaan myös muita työtehtäviä silloin kun mallinnustyötä ei ole. Yhtenä vaihtoehtona on hoitaa mallinnustyö alihankintana. Yrityksen tämänhetkiseen tilanteeseen sovitettuna yksi henkilö pystyy hoitamaan mallinnustyön yhdessä tuotantohenkilöstön kanssa. Varsinaisia mallinnustöitä on tällä hetkellä kahdeksi työpäiväksi viikossa. Työn kausiluonteisuudesta johtuen tilanne saattaa kuitenkin muuttua varsin nopeasti. Yleensä alkukesästä loppusyksyyn töitä on enemmän tarjolla. Tällä ajanjaksolla töitä on tarjolla jokaiselle työpäivälle. On siis perusteltua palkata työntekijä yritykseen ennemmin kuin teettää mallintamistyöt alihankintana.

## 8 Suunnittelun esimerkkikohteita

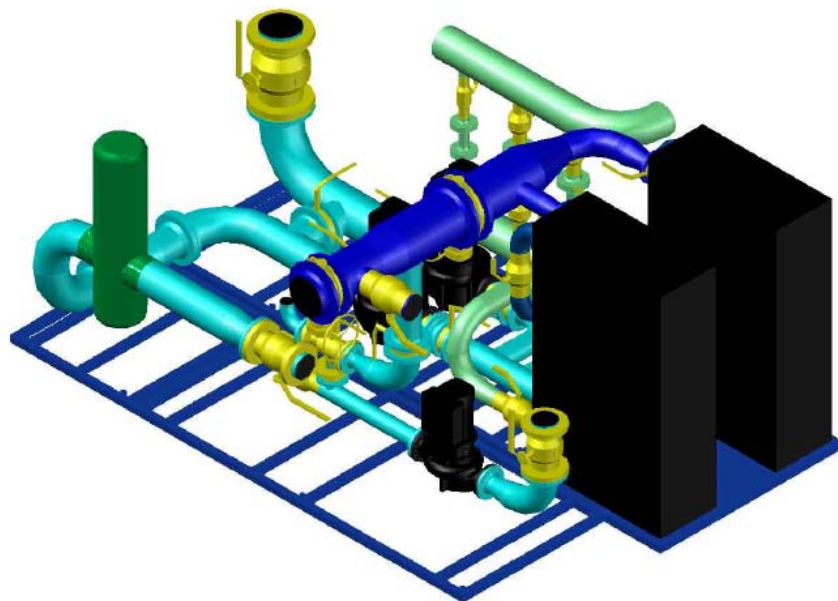
3D-mallinnettuja kohteita on kertynyt useita. Toteutuksien eri alueisiin liittyy aina vaihtelevat ja sallitut valmistustoleranssit. Kuitenkin mallien ääriarvit ja putkistojen sijainnit vastaavat varsin hyvin toteutuksiaan. Seuraavana on esimerkkejä 3D-suunnittelusta ja niiden perusteella tehdyistä lämmönjakokeskuksista.

### Kohde 1 sijainti Turku

Kohteen 1 kaukojäähdytyskeskus on teholuokaltaan 1 800 kW. Tämä teho on jaettu kahdelle tiivisteelliselle lämmönvaihtimelle. Putkikoot olivat DN150–DN300. Rakennus sisältää niin toimistotiloja kuin ravintoloitakin. Fyysiseltä kooltaan kaukojäähdytyskeskus on 2,9 x 3,8 metriä ja korkeutta sillä on 1,9 metriä. Olennaista kaukojäähdytyskes-

kuksessa oli saada se jaettua sopiviin paloihin, joita pystyttiin kuljettamaan rakennuksen käytävillä. Tämän seurauksena suurimman osan äärimitoiksi tuli 1,2 x 3,8 metriä ja korkeutta 1,9 metriä. Keskus oli jaettu kolmeen erikokoiseen osaan. Asennuksen helpottamiseksi ei ollut perusteltua syytä jakaa keskusta pienempiin osiin. Kuvassa 13 on esitetty tietokoneella tehty malli kaukojäähdytyskeskuksesta. Kuvassa 14 on valmistunut tuote.

Suunniteltu kaukojäähdytyskeskus



Kuva 13. Tietokoneella mallinnettu kaukokylmäkeskus.

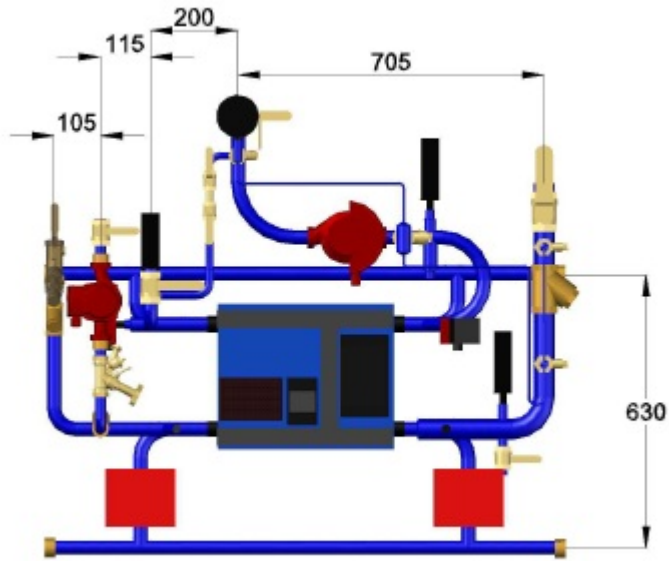
## Toteutunut kaukokylmäkeskus



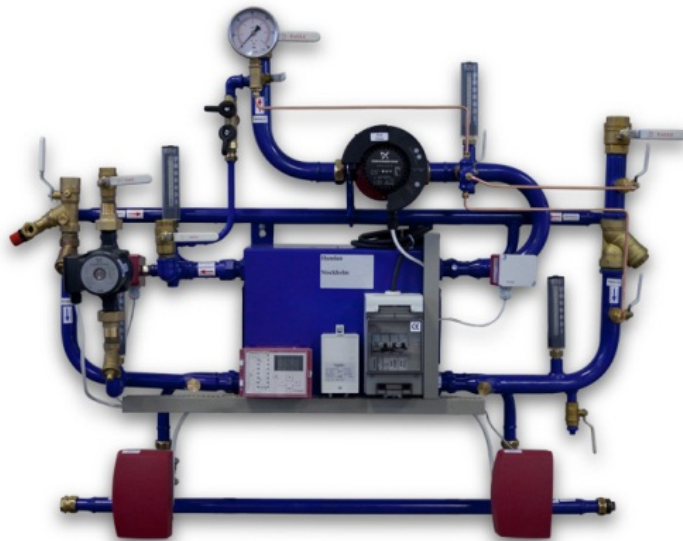
Kuva 14. Kuvan 13 kaukoenergiakeskus valmistuksessa.

## Kohde 2

Kohteen 2 kaukolämpökeskus on seinälle asennettavaa mallia. Tuote on suunniteltu Ruotsin markkinoille. Tässä mallinnusprojektissa tärkeitä oli saada asiakkaalle malli tulevasta tuotteesta. Lisäksi merkittäviä asioita olivat suunnitellut mitat. Kuvia 15 ja 16 vertaamalla todetaan toteutuneen tuotteen olevan geometrisesti tuotemallin mukainen. Käyttöveden lämmitysteho oli 45 kW ja lämmityksen 90 kW. Syvyyttä lämmönjakokeskuksella on 0,45 metriä.



Kuva 15. Tulostettu näkymä tuotemallista.



Kuva 16. Valokuva toteutuneesta tuotteesta (ks. kuva 15).

## 9 Yhteistyö tuotannon kanssa mallinnusprosessissa

Tilanne lämmönjakokeskusten tietokoneavusteisen suunnittelun ja mallintamisen kannalta Wtt Group Oy:ssä on kehitysvaiheessa. Tästä syystä mallintamiseen käytettävä järjestelmä on mukautettu sopimaan yrityksen tämän hetkiseen tarpeeseen ja resursseihin. Järjestelmän peruseriaate on saatu tehtyä ja muokattua. Prosessia tullaan kehittämään tehokkaammaksi käytännöntyön rinnalla.

Mallinnus pääpiirteittäin:

Mallintaminen aloitetaan yhdessä tuotannon edustajan kanssa. Tässä vaiheessa käydään lävitse tekniset tiedot mallinnettavasta kaukoenergiakeskuksesta. Lisäksi käydään lävitse kaikki keskuksen vaikuttavat asiat kuten tilanrajoitukset asiakkaalla. Seuraavana hahmotellaan paperille karkeasti, missä komponentit mahdollisesti tulevat sijaitsemaan. Tämä vaihe kestää lämmönjakokeskuksesta riippuen 15–60 minuuttia, joissakin tapauksissa pidempään. Seuraavaksi aloitetaan mallintaminen tietokoneella. Ensimmäisenä piirretään lämmönvaihtimet ja niiden putkiston lähdöt oikeille paikoilleen. Tämän jälkeen piirto aloitetaan yleensä lämmityksen toisiopuolen piirtämisestä. Näin tehdään siitä syystä, että toisiopuolella on eniten komponentteja kuten pumput, ilmanpoistimet ja linjasäätöventtiilit. Kun lämmönjakokeskus on mallinnettu komponentteineen, on aika hyväksyttää se tuotannosta vastaavalla henkilöllä. Tämä tapahtuu joko tulostamalla kuvat tai kutsumalla hänet tietokoneen ääreen. Hyväksyttyään tuotemallin on mallintamista tekevän henkilön viimeisteltävä keskus tietokoneella sekä tarkistettava että mallinnettu keskus on kytkentäkaavion mukainen.

Mallintamisen valmistuttua kohteen tulosteet lähetetään asiakkaalle yleensä pdf-muodossa. Joissakin tapauksissa lähetetään myös mallit dwg-tiedostomuodossa. Näkymät, joita tulostuksissa esitetään, ovat asiakkaiden toiveiden mukaisia. Mikäli asiakas on vaatinut kuvia keskuksista ennen lämmönjakokeskuksen valmistamisen aloittamista, valmistusta ei aloiteta, ennen kuin asiakas on tehnyt hyväksynnän kuvien perusteella.

## 10 Yhteenveto

Suuri osa talotekniikan 2D- ja 3D-malleista ja dokumenteista tuotetaan ja tallennetaan sähköiseen muotoon. Tämä nopeuttaa tiedonsiirtoa ja monipuolistaa muutostarpeista tiedottamista tilaajan ja valmistajan välillä.

Tällä hetkellä Wtt Group Oy:ssä on toimiva järjestelmä lämmönjakokeskusten mallintamisessa. Valmiit tietomallit tallennetaan tietokantaan, josta niitä hyödynnetään tulevaisissa projekteissa. Muutamien henkilöiden yhteistyöllä kehitetään ja kartutetaan tuotteiden mallikirjastoa.

Tulevissa projekteissa jo tehtyjä kuvia pystytään hyödyntämään monella tavalla. Asiakkailla voidaan esitellä tuotemalleja ennen kaupan syntymistä. Asiakkaalle on myös mahdollista toimittaa valmiit mallit dwg-tiedostomuodossa esimerkiksi asiakkaan omaan järjestelmiin käytettäväksi. Omassa tuotannossa ja mallintamisessa voidaan käyttää hyväksi tehtyjä malleja, mikäli ne ovat kytkennällisesti samankaltaisia. Tämän ansiosta samanlaista keskusta ei tarvitse suunnitella kahdesti. Säästettävä aika riippuu lämmönjakokeskuksen ominaisuuksista.

Mallinnustoiminnan kasvaessa yrityksessä syntyy tarve kouluttaa toinen tuotemallinnusta taitava henkilö itseni lisäksi.

Lämmönjakokeskusten tuotemallintamisesta on ollut hyötyä eri osapuolille. Suurin hyöty mallintamisesta kohdistuu omaan tuotantoon. Tilaajalle ja käyttäjälle hyöty ilmenee tilausvaiheen jälkeisenä visuaalisena tietona.

Tehdyt tuotemallit voi lisätä esimerkiksi asiakkaalle luovutettavaan loppudokumentaatioon lämmönjakokeskuksesta. Lisäksi luovutettava käyttö- ja ylläpito-ohjeita tulee muokata siten, että lisätyt kuvat ovat hyödyksi.

## Lähteet

- 1 Mäkinen, Pasi 2012. LVI-insinööri, Wtt Group. Keskustelu 15.2.2012.
- 2 Julkaisu K1. 2003. Verkkodokumentti. Energiateollisuus Ry  
<[http://www.energia.fi/sites/default/files/julkaisuk1\\_2003\\_04072007\\_0.pdf](http://www.energia.fi/sites/default/files/julkaisuk1_2003_04072007_0.pdf)>  
Luettu 17.3.2012
- 3 Ensimmäinen Cad-ohjelma. Verkkodokumentti. Wikipedia.  
< <http://en.wikipedia.org/wiki/Sketchpad>>  
Luettu 17.3.2012
- 4 Autocad 2011 laitteistovaatimukset. Verkkodokumentti. Autodesk.  
<<http://www.autodesk.fi/adsk/servlet/pc/index?siteID=448412&id=14564348>>  
>  
Luettu 18.3.2012
- 5 Wtt Group Oy lämmönjakokeskukset, pieni. Verkkodokumentti  
<<http://www.wttgroup.fi/tuotteet/lammonjakokeskukset.php>>  
Luettu 17.3.2012
- 6 Wtt Group Oy lämmönjakokeskukset, tiivisteellinen. Verkkodokumentti. Wtt Group  
< [http://www.wttgroup.fi/tuotteet/tii\\_lkeskus.php](http://www.wttgroup.fi/tuotteet/tii_lkeskus.php)>  
Luettu 17.3.2012
- 7 Mäkinen, Pekka. 2011. LVI-tuotantoinisinööri, Wtt Group Oy. Keskustelu 9.11.2011.
- 8 Kylälaaso, Pasi. 2012. Tuotantoinisinööri, Wtt Group Oy. Keskustelu 20.4.2012
- 9 Ristimäki, Arto. 2012. Tuotantoinisinööri, Wtt Group Oy. Keskustelu 20.4.2012
- 10 MagiCAD heating&piping. 2011. Verkkodokumentti.  
<<http://www.magicad.com/fi/content/magicad-heating-piping>> Luettu 3.4.2012
- 11 Takaisinmaksuaika. 2012. Verkkodokumentti.  
<<https://wiki.aalto.fi/display/TU22/10.+Kaavat>> Luettu 8.4.2012
- 12 MagiCad-ohjelma. 2012. Ohjelman oma tuotetietopankki. Luettu 15.3.2012.
- 13 Wtt Group Oy laskentaohjelma. 2012. Ohjelman oma dokumentti. Wtt Group Oy. Luettu 15.3.2012.

## MagiCAD-ominaisuudet [10].

**The Heating & Piping module enables you to design and calculate heating, cooling, air conditioning and water systems, as well as sewer, sprinkler and specialist systems.**

With MagiCAD Heating & Piping you can draw several pipes simultaneously. This saves time when you are designing the systems. MagiCAD also contains functions for connecting the radiators, so you do not need to draw every piece of pipe yourself.

MagiCAD Heating & Piping includes calculation functions for sizing and balancing systems. It also has a function to help you select the most suitable radiators from the manufacturers' selection of products.

### **Features and functions**

- Available for AutoCAD and Revit MEP
- Draw quickly and easily with a versatile selection of drawing and editing functions
- Switch between wire-frame, 2D and 3D in a matter of seconds
- Design heating, cooling, water, sewer, sprinkler systems, etc.
- Draw 1, 2 or 3 pipes simultaneously
- Easy radiator selection function
- Choose products from MagiCAD's extensive database
- Dimension pipes
- Calculate pressure drops (even with differential pressure valves)
- Balance and display preset values/damper positions and Kv values
- Present the most significant flow route
- Analyse flow data
- Place text automatically or manually
- Scale text quickly and easily
- Create bills of materials (BOM)
- Check collision with installations and buildings
- Easily create and update sections automatically
- Set drawing and other presentation options for each viewport separately
- Plugins for manufacturers' programs
- Freely define status values, for example for new and existing objects

Lämmönjakokeskuksen tekninen mitoitus [13].

Lämmönvaihtimet ovat testatut Energiateollisuus ry:n ja EN 1148 standardin mukaisesti, testiraportit: P705024 A, Lämmönjakokeskuksen laitteiden mitoitus:						
Kohde						
LJK tyyppi						
WO(3)-S82U-97-S82-60-S202-60						
<b>LÄMMÖNVAIHTIMET</b>	<b>Käyttövesi 103LS01</b>		<b>Lämmitys 101LS01</b>		<b>Ilmanvaihto 102LS01</b>	
Valmistaja	WTT ONDA		WTT ONDA		WTT ONDA	
Malli	S82U-97		S82-60		S202-60	
PED-luokka	I		I		I	
Teho kW	200		180		350	
	Ensiö	Toisio	Ensiö	Toisio	Ensiö	Toisio
Virtaus dm <sup>3</sup> /s	0,89	1,00	0,63	1,46	1,23	2,83
Lämpötilat °C - °C	70-16	10-58	115-45	40-70	115-45	40-70
Painehäviö kPa	16,0	20,0	3,0	12,0	4,0	17,0
Rakennepaine MPa	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Rakenneaine	EN 1.4404	EN 1.4404	EN 1.4404	EN 1.4404	EN 1.4404	EN 1.4404
<b>SÄÄTÖVENTTIILIT</b>	<b>103FV01</b>		<b>101FV01</b>		<b>102FV01</b>	
Valmistaja	BELIMO		BELIMO		BELIMO	
Malli	R412D		R412D		R417D	
Toimilaite						
Virtaus dm <sup>3</sup> /s	0,53		0,61		1,29	
Painehäviö kPa	58		77		54	
kvs	2,5		2,5		6,3	
kv	2,51		2,50		6,32	
Viritys	Säätölaitteiden viritys ei sisälly hintaan					
<b>PUMPUT</b>	<b>103P01</b>		<b>101P01</b>		<b>102P01</b>	
<b>KOLMEKS</b>	<b>KOLMEKS</b>		<b>KOLMEKS</b>		<b>KOLMEKS</b>	
Malli	AEP-26/2		AE-26/4 FCC		L-32A/2 FCC	
Virtaus dm <sup>3</sup> /s	0,30		1,46		2,83	
Nostokorkeus kPa	70		47		97	
Moottori V/A/kW	400V/0,7A/0,25kW		400V/0,53A/0,27kW		400V/1,5A/0,85kW	
Pumpunohjauskeskus	KMK3					
<b>PUTKIKOOT</b>	Sisään	Ulos	LKV-kierto	Meno	Paluu	
Kaukolämpö	DN50	DN50				
Käyttövesi Toisio			DN35	DN35	DN35	
Lämmitys Toisio				DN85	DN85	
Ilmanvaihto Toisio				DN85	DN85	
Lämmitys Toisio						
<b>LISÄVARUSTEET</b>	<b>Käyttövesi</b>		<b>Lämmitys</b>		<b>Ilmanvaihto</b>	
Aut.ilmanpoistin			airWent DN85		airWent DN85	
Suojavariventtiili			VV25/avp 6 bar		VV25/avp 6 bar	

Esimerkkikytkentä kaukolämpökeskus [2].

