



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

LÄMMÖNJAKOKESKUKSEN SUUNNITTELU- KONFIGURAATTORIN KEHITYS

TEKIJÄ: Antti Tormulainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Antti Tormulainen			
Työn nimi Lämmönjakokeskuksen suunnittelukonfiguraattorin kehitys			
Päiväys	16.11.2016	Sivumäärä/Liitteet	23/2
Ohjaaja(t) lehtori Anssi Suhonen, yliopettaja Esa Hietikko			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Gebwell Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tässä opinnäytetyössä oli tehtävänä toteuttaa Gebwell Oy:lle kaaviokonfiguraattori kaukolämmönjakokeskuksen suunnittelutyökaluksi. Konfiguraattorin avulla tulisi olla mahdollista laatia kaukolämpökeskuksen kytkentäkaavio keskuksen teknisen erittelyn pohjalta. Opinnäytetyössä pohdittiin myös konfiguraattorin mahdollisuuksia jatkokehityksen kannalta.</p> <p>Työssä tutustuttiin kaukolämmönjakokeskuksen toimintaan ja rakenteeseen tuotannossa. Lisäksi otettiin huomioon keskuksen suunnitteluun liittyvät vaatimukset. Työn laajuus rajattiin konfiguraattorin kysymysrakenteen hahmottelun aikana maksimissaan kaksipiirisen kaukolämmönjakokeskuksen konfigurointiin. Työn käytännön toteutuksessa keskityttiin konfiguraattorin vaatimien säännöstön ja DWG-kuvan laatimiseen.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi toimiva kaaviokonfiguraattori jolla voidaan laatia yksi- tai kaksipiirisen kaukolämmönjakokeskuksen kytkentäkaavio joka perusteella keskus voidaan valmistaa. Kehitysideoina esille nousivat kytkentäkaavion lisäksi liitettävä tekninen erittelyn laatiminen konfiguraattorilla sekä keskuksen modulaarisuuden kehittämien ja siihen liittyvän täydellisen osalistauksen konfigurointi.</p>			
Avainsanat konfiguraattori, konfigurointi, massaräätälöinti, kaukolämpö, lämmönjakokeskus			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Antti Tormulainen			
Title of Thesis Designing Configurator for District Heating Substations			
Date	November 16, 2016	Pages/Appendices	23/2
Supervisor(s) Mr. Anssi Suhonen, Senior Lecturer; Mr. Esa Hietikko, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Gebwell Oy			
<p>Abstract</p> <p>The objective of this final year project was to develop a configurator tool for designing district heating substations. A plumbing connection diagram for construction should be made with the help of configurator. It should be based on technical specifications of the substation. Different ideas of further use of configurator software were also developed during the project.</p> <p>First, producing of district heating substation and rules concerning it were studied. On preliminary design phase the configurator was limited to creating diagrams for one or two circuit substations. The main work was setting rules for configures and creating a DWG-drawing for the configurator.</p> <p>As a result of the project there was a working configurator tool that can make a plumbing connection diagram for one or two circuit district heating substations. The main ideas of further development were combining technical specifications to configurator and creating a complete part list of a substation with configurator.</p>			
<p>Keywords Configurator, Configuring, Mass customization, District heating, district heating substation</p>			

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

CAD = Tietokoneavusteinen suunnittelu (Computer-aided Design)

CADS = CADSp planner Suomalaisen Kydata Oy:n kehittämä CAD-ohjelmisto, käytössä laajasti LVI- ja sähkösuunnittelussa

AutoCAD = Autodesk ohjelmistoyrityksen kehittämä CAD ohjelmisto

DWG = AutoCAD ja CADSp planner ohjelmien käyttämä tiedostomuoto

Excel = Microsoft ohjelmistoyrityksen taulukkolaskentaohjelma jonka monipuoliset käyttömahdollisuudet mahdollistavat matriisien sujuvan käsittelyn

Taso = DWG-kuvassa oleva virtuaalinen piirustus kalvo joka voidaan näyttää tai piilottaa tarpeen mukaan

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Gebwell Oy.....	6
1.2	Kaukolämpö	6
1.3	Lämmönjakokeskus.....	8
2	MASSARÄÄTÄLÖINTI KONFIGROINTI JA KONFIGURAATTORI	9
2.1	Konfigurointi.....	10
2.2	Konfiguraattori.....	10
2.3	V-matriisi konfiguraattorin säännöstönä	10
2.4	Kaukolämpökeskus konfiguroinnin kannalta	11
3	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS.....	13
3.1	Konfiguraattorin toimintaperiaate	13
3.2	Kysymysrakenteen määrittely.....	13
3.3	Käytettävyys.....	15
3.4	DWG-kuvan laatiminen	15
3.4.1	Tasojen nimeäminen.....	15
3.4.2	Tuotetietojen syöttäminen DWG-tiedostoon	16
3.5	Säännöstön laatiminen	16
3.5.1	Säännöstön täyttö	17
3.5.2	Säännöstön kehitys.....	18
3.6	Konfiguraattorin testaaminen	19
4	JATKOKEHITYS	20
4.1	Kaaviokonfiguraattorin jatkokehitysmahdollisuudet.....	20
4.2	Konfiguraattorisovelluksen kehittäminen	21
5	YHTEENVETO	22
	LÄHTEET	23

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on tarkoituksena toteuttaa G-Power®-kaukolämmönjakokeskuksen kaaviokonfiguraattori Leppävirralla toimivalle Gebwell Oy:lle. Kaaviokonfiguraattorin tarkoituksena olisi luoda määriteltyjen valintojen perusteella kytkentäkaavio kaukolämmönjakokeskukselle tehostaen suunnitteluosaston toimintaa. Varsinainen konfiguraattorihelmisto on toteutettu yrityksen tarpeeseen Digiboost hankkeessa, ja se on jo käytössä lämpöpumppujärjestelmien suunnittelussa.

1.1 Gebwell Oy

Gebwell on leppävirralainen vuonna 2005 perustettu yritys, joka on erikoistunut ympäristöystävällisiin lämmitys- ja jäähdytysratkaisuihin. Gebwell valmistaa ja myy kaukolämpöön ja maalämmön hyödyntämiseen suunniteltuja laitteita. Yrityksen päämarkkina-alue on Suomi, lisäksi tuotteita viedään Skandinaviaan sekä Ivy-maihin. Gebwell Oy:n nimi on johdettu muinaisen Egyptin maanjumalan nimestä Geb sekä englannin kielen kaivoa tarkoittavasta sanasta well. Nimi kuvaa yrityksen maalämpötoiminnan perusideaa. (Gebwell Oy, 2016.)

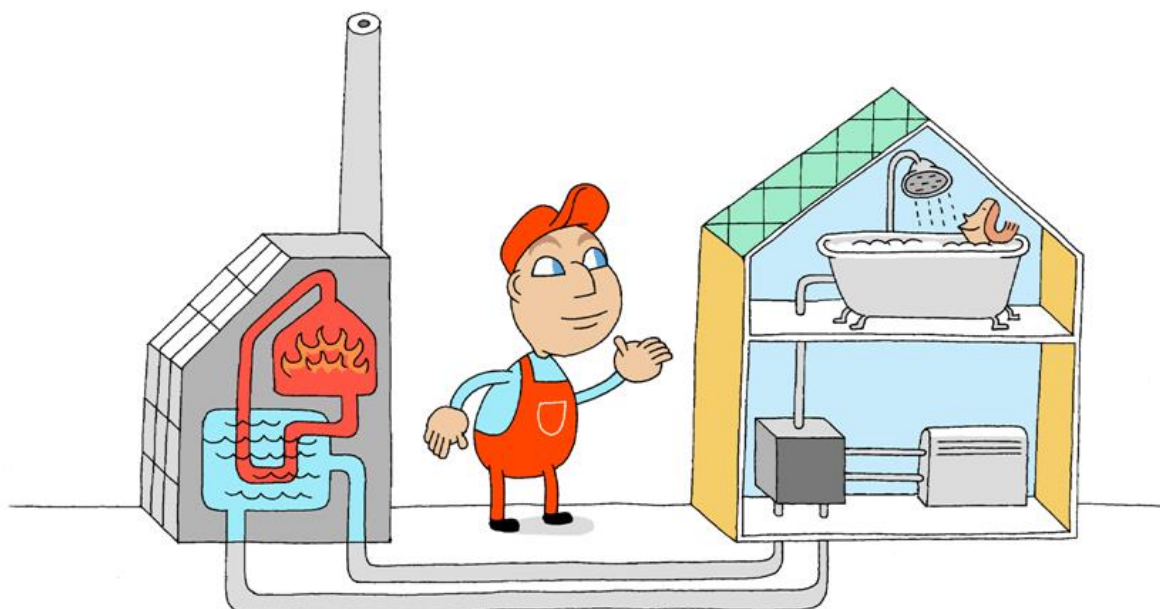


KUVA 1 Gebwell Oy pääkonttori ja tuotantotilat (Gebwell Oy, 2016).

2 KAUKOLÄMPÖ

Kaukolämpöä tuotetaan lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksissa ja lämpökeskuksissa. Polttoaineita ovat maakaasu, kivihiili, turve sekä yhä enenevissä määrin puu ja muut uusiutuvat energianlähteet. Kaukolämmön tuotannosta lähes 80 % tapahtuu lämpöä ja sähköä tuottavissa yhteistuotantolaitoksissa, teollisuudessa ylijäämälämmön talteenottona sekä kaatopaikkojen biokaasunpolttolaitoksissa. Pienemmillä paikkakunnilla kaukolämpö tuotetaan pelkkää lämpöä tuottavissa lämpökeskuksissa useimmiten puuta ja muita uusiutuvia polttoaineita käyttäen. (Energiateollisuus ry, 2016.)

Lämpö siirretään kuumana vetenä suljetussa kaksiputkisessa järjestelmässä asiakkaille. Kiinteistössä vesi johdetaan kiinteistökohtaiseen lämmöjakeskukseen, jossa se luovuttaa lämpöä kiinteistön lämmitysverkkoon ja lämpimän käyttöveden valmistukseen lämmönsiirtimien avulla. Kaukolämpöverkon vesi palaa uudelleen lämmitettäväksi tuotantolaitokselle paluuputkea pitkin Suomessa kaukolämpövesi ei kierrä talojen lämmitysverkostossa. (Energiateollisuus ry, 2016.)

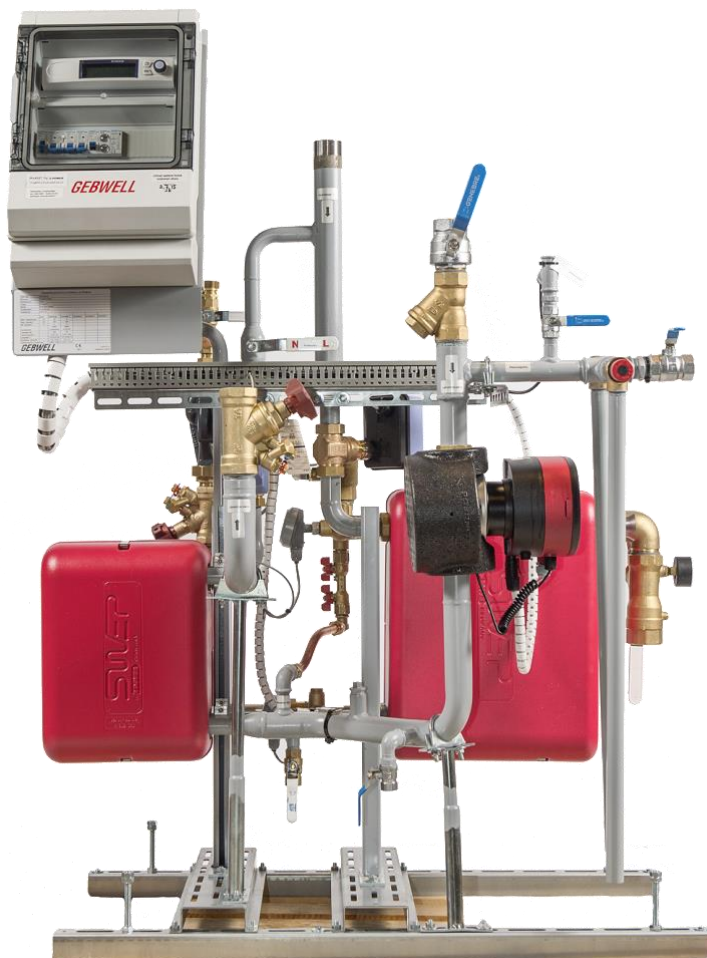


KUVA 2 Kaukolämmön toimintaperiaate (Energiateollisuus ry, 2016).

Kaukolämmityksen idean keksi hollantilainen Cornelius Drebbel vuonna 1622. Drebbel ehdotti lämpimän veden jakeluun perustuvan verkon rakentamista, mutta järjestelmää ei kuitenkaan tiettävästi toteutettu vielä tuolloin. Ensimmäinen kaupallisesti toimiva kaukolämpöjärjestelmä käynnistyi vuonna 1877 Yhdysvalloissa Lockportin kaupungissa. Varhaisissa järjestelmissä lämmönsiirtoon käytettiin höyryä. Ensimmäinen sähkön ja lämmön yhteistuotantoon perustuva kaukolämpöjärjestelmä rakennettiin Hampuriin vuonna 1893. Suomessa ensimmäinen kokonaisen asuinalueen kaukolämmitysjärjestelmä rakennettiin vuonna 1940 valmistuneeseen Helsingin olympiakylään. Varsinainen vesi-kaukolämmitys otettiin käyttöön Helsingissä ja Joensuussa vuonna 1957; Espoossa Tapiolan Lämpö Oy ehti aloittaa kaukolämmöntuotannon jo vuonna 1953. (Koskelainen;Saarela;& Sipilä, 2006.)

2.1 Kaukolämmönjakokeskus

Kaukolämmönjakokeskus jakaa lämpöä rakennuksessa oleviin lämmityskohteisiin, kuten huonetilojen lämmitykseen, ilmanvaihtoon ja käyttöveden lämmitykseen. Pää osia tässä prosessissa ovat lämmönsiirtimet, säätölaitteet, pumput ja muut tarvittavat varusteet. Nykyisin kaukolämmössä käytetään pääasiassa tehdasvalmisteisia lämmönjakokeskuksia, jotka suunnitellaan jokaiseen kohteeseen kohteen nimenomaista lämmitystarvetta varten. (Mäkelä & Tuunanen, 2015.) (KUVA 3)

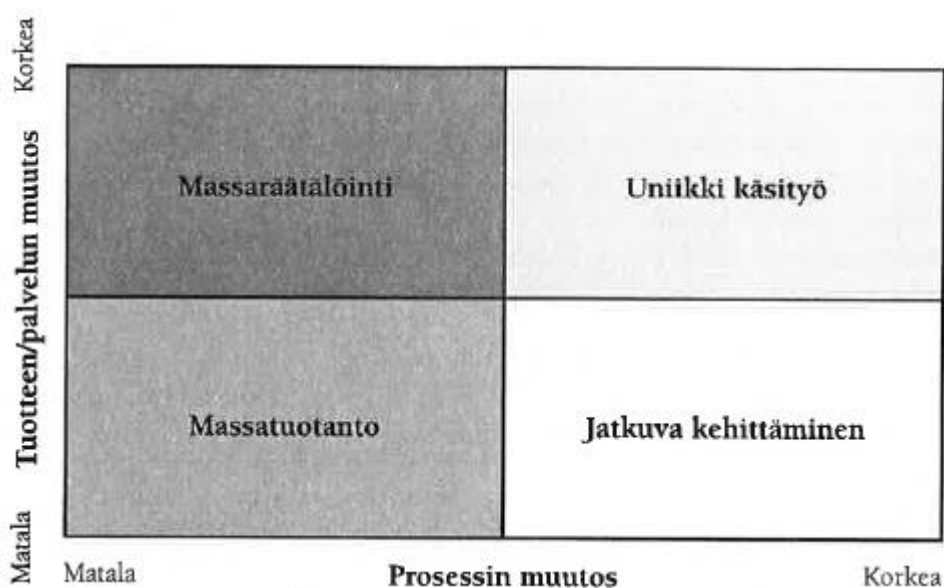


KUVA 3 Gebwell G-Power®-kaukolämmönjakokeskus (Gebwell Oy, 2016).

3 MASSARÄÄTÄLÖINTI KONFIGUROINTI JA KONFIGURAATTORI

Massaräätälöinti määritellään toimintatavaksi, jonka avulla asiakkaalle pystytään tuottamaan ainutkertaista räätälöityä tuotetta teollisen massatuotannon tehokkuudella. Massaräätälöinnin toimintatapaa visioitiin jo 1970, mutta vasta 1990-luvun puolestavälistä eteenpäin kiinnostus toimintatavan kehittämiseen ja soveltamiseen yleisty. Etenkin tieto- ja viestintäteknologian kehitys on mahdollistanut asiakaslähtöisen massaräätälöinnin laajemman soveltamisen (Ahoniemi, ym., Massaräätälöinnillä kilpailukykyä, 2007.)

Massaräätälöinti voidaan jakaa neljään päätyyppiin räätälöintitarpeen mukaan. Nämä päätyypit ovat mukautuva, kosmeettinen, läpinäkyvä ja yhteistoiminnallinen. Massaräätälöinnin tyyppi määritellään sen mukaan miten varsinainen räätälöinti vaikuttaa tuotteen ominaisuuksiin ja ulkomuotoon (kuva 4).



KUVA 4 Massaräätälöinnin päätyypit (Ahoniemi, ym., Massaräätälöinnillä kilpailukykyä, 2007).

Mukautuvassa massaräätälöinnissä tuotteen toiminta tai ulkoasu ei juurikaan muutu, mutta tuotteen sisäiset osat sekä lisävarusteet voivat vaihdella asiakkaan tarpeiden mukaan. Kosmeettinen massaräätälöinti vaikuttaa eniten tuotantoprosessin loppuvaiheessa, vaikuttaen tuotteen ulkoasuun ja mahdollisiin toiminnallisiin lisävarusteisiin. Läpinäkyvässä massaräätälöinnissä asiakkaan tarpeet pyritään selvittämään ja ennakoimaan asiakastarpeen profiloinnin ja kuluttajatutkimusten perusteella. Asiakasta ei tässä mallissa vaivata ominaisuusmäärittelyllä vaan asiakkaalle tarjotaan suoraan hänelle sopivinta palvelu- tai tuotekokonaisuutta. Yhteistoiminnallisessa tyyppissä määritetään asiakkaan tarpeet tuotteen ominaisuuksille ja niiden vaihtelulle yhteistyössä valmistajan kanssa. Yhteistoiminnallista mallia käytetään kun asiakkaan on vaikea hahmottaa tai ilmaista tuotteeseen liittyviä määrittelyjä. Tämä malli on hyödyllinen erityisesti pitkän asiakassuhteen alkuvaiheessa, jolloin voidaan

määritellä asiakkaalle useita vaihtoehtoisia ratkaisuja ja niiden ominaisuuksia. (Ahoemi, ym., Massarääätölöinnillä kilpailukykyä, 2007)

3.1 Konfigurointi

Konfiguraatio on määrittelyjen muodostama kokonaisuus, joka määritellään Konfiguraattorilla. Konfigurointiin liittyy oleellisesti kaksi erillistä tapahtumaa, konfigurointi ja konfiguroitavan tuotteen tuotetehtävyys. Konfigurointi tapahtuu tuotteen tilaus-toimitusvaiheessa. Konfiguroinnissa määritellään tuotteen rakenne siihen vaikuttavien muuttujien mukaan, jolloin syntyy konfiguroitu tuoteyksilö. Konfigurointiin liittyy oleellisesti määritelty tuotepolitiikka, jolla määritellään tuotteeseen liittyvät valintamahdollisuudet. (Sarinko, 1999.)

3.2 Konfiguraattori

Konfiguraattori on työkalu jolla tuotteen konfigurointi suoritetaan. Konfiguraattorin tärkeimpänä ominaisuutena on asiakaskohtaisen tuotetiedon välittäminen täsmällisesti eteenpäin tilaus- toimitusprosessissa. Yksinkertaisimmillaan konfiguraattori on tilauskaavake, johon kirjataan tuotteen sisältämät komponentit. Nykyään konfiguraattorit ovat kuitenkin useimmiten tietokoneohjelmia, jotka ottavat huomioon tuotteen sisäisten osien vuorovaikutussuhteet.

Konfiguraattorit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: primäärisiin, interaktiivisiin ja automaattisiin konfiguraattoreihin.

- Primäärisissä konfiguraattoreissa tuotteen komponentit valitaan yksitellen tuoteluetteloista. Tällöin ei oteta huomioon komponenttien yhteensopivuutta vaan sen tarkistaminen jää käyttäjän osaamisen varaan. Tämäntyyppinen järjestelmä juurikaan logiikkaa konfiguraattorin sisälle
- Interaktiiviset konfiguraattorit ohjaavat käyttäjän tekemiä valintoja tarkastamalla komponenttien yhteensopivuutta ja esimerkiksi sulkemalla yhteen sopimattomien komponenttien valintamahdollisuuksia.
- Automaattiset konfiguraattorit ovat pisimmälle vietyjä järjestelmiä, jotka määrittävät tuotteen komponentit haluttujen ominaisuuksien mukaan, esimerkkeinä teho, kantavuus taonostokyky. Tällaiset konfiguraattorit ovat helppoja käyttää asiakasrajapinnassa, mutta niiden kehittäminen vaatii suurta asiantuntemusta laitteistosta. (Ahoemi, ym., Massarääätölöinnillä Kilpailukykyä, 2007.)

3.3 V-matriisi konfiguraattorin säännöstönä

V-matriisin avulla voidaan vertailla tuotteen tai tuoteperheen komponentteja keskenään ja määritellä niiden väliset riippuvuussuhteet. Matriisissa komponentit ja niihin vaikuttavat kysymykset kirjataan vasemman laidan riveille sekä yläriivin sarakkeisiin. Näiden välille muodostuvaan taulukkoon kirjataan kirjattujen tietojen riippuvuussuhteet. Tämä rakenne mahdollistaa kakkien komponenttien keskinäi-

sen tarkastelun ja valintojen rajaamisen valintojen mukaan. Sääntöjen tarkastelu on myös suhteellisen helppoa matriisin graafisen luonteen vuoksi. Matriisin rakenne mahdollistaa myös valintojen tekemisen konfiguraattorissa vapaassa järjestyksessä. (Huuskonen & Hietikko, 2013.)

	Feature 1	Feature 2	Structure module 1	Structure module 2	Structure module 3	Feature 3	Feature 4	Feature 5	Feature 6	Structure module 4	Structure module 5	Structure module 6	Structure module 7	Structure module 8	Feature 7	Feature 8	Structure module 9	Structure module 10
1	0	0	1	1	1	x	x	x	x									
2	x	x				0	0	0	0	1	1	1	1	1	x			
3						x	x							0	0	1	1	0

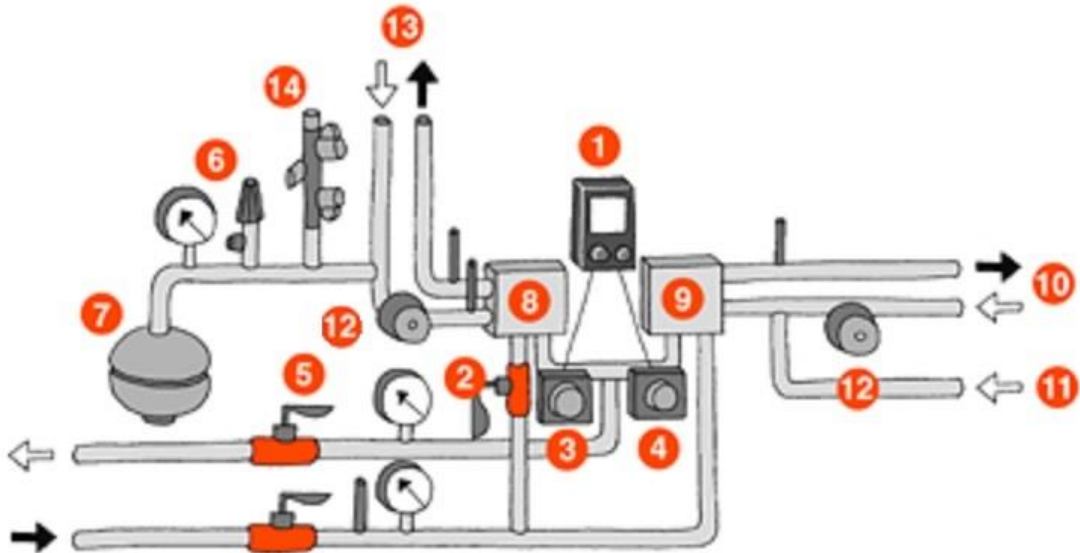
KUVA 5 V-matriisin toimintaperiaate (Huuskonen & Hietikko, 2013.).

3.4 Kaukolämmönjakokeskus konfiguroinnin kannalta

Koska jokainen kaukolämmönjakokeskus on mitoitettava vastaamaan käyttökohteen olosuhteita ja lämmötoimittajan vaatimuksia, kaukolämmönjakokeskusten valmistaminen sarjatuotantona ei ole järkevää. Kuitenkin lämmönjakokeskuksissa ei esiinny niin paljon rakenteellisia poikkeamia että yksittäistuotanto olisi myöskään teollisessa mittakaavassa kannattavaa. Massaräätälöinnillä on tässä tapauksessa saavutettavissa merkittävää etua varaston, tuotannon sekä suunnittelun kannalta. Tiettyjä suurempia kokonaisuuksia lukuun ottamatta vaihtoehtoisten kytkentöjen sekä osien asemoinnin välillä on siinä määrin yhteneväisyyttä että moduulirakenteinenkin ratkaisu voisi olla mahdollinen.

Lämmönjakokeskuksen konfiguraatiossa vaihtoehtoisia osia ovat venttiilit, pumput, erilaiset mittalaitteet, lisävarusteet sekä keskuksen ohjauslogiikka. Lisäksi putkikoot ja venttiileiden sijoitus keskuksessa sekä määrä vaihtuvat asiakkaan tarpeen mukaan.

Kuvassa 6 esitetään asiakkaan kaukolämmönjakokeskuksen pääkomponentit. 1. säätökeskus, 2. kesäsulku, 3. lämmityksen säätöventtiili, 4. käyttöveden säätöventtiili, 5. asiakkaan pääsulkuventtiili, 6. varoventtiili, 7. paisunta-astia, 8. lämmityksen lämmönsiirrin, 9. käyttöveden lämmönsiirrin, 10. lämmin käyttövesi, 11. kylmä vesi, 12. pumppu, 13. lämmitysverkko, 14. täyttöventtiili. Paisunta-astia ei yleensä kuulu suurempien lämmönjakokeskuksen toimitukseen, lisäksi säätöventtiilit voidaan kahdentaa laajemman säätöalueen kattamiseksi.



KUVA 6 Asiakkaan kaukolämmönjakokeskuksen osat (Energiateollisuus ry, 2016).

4 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

Opinnäytetyö tehtiin Gebwell Oy:n tiloissa Leppävirralla. Työ aloitettiin tutustumalla konfiguroitavaan tuotteeseen. Tutustuminen tapahtui toimimalla keräilijän avustajana varastossa sekä tuotannossa. Tutustumisessa pääajatuksena oli saada yleiskuva konfiguroitavan tuotteen tuoterakenteesta sekä kytkentäkaavioon lisättävistä tiedoista tuotannon näkökulmasta.

Seuraavaksi tutustuttiin konfiguraattori sovellukseen sekä v-matriisiin käyttöön, laatimalla yksinkertainen ”hymynaama konfiguraattori”. Tämä konfiguraattori siis piirsi erilaisia hymynaamoja valintojen mukaan. Samalla saatiin haltuun myös CADSp planner ohjelman käytön perusteet

4.1 Konfiguraattorin toimintaperiaate

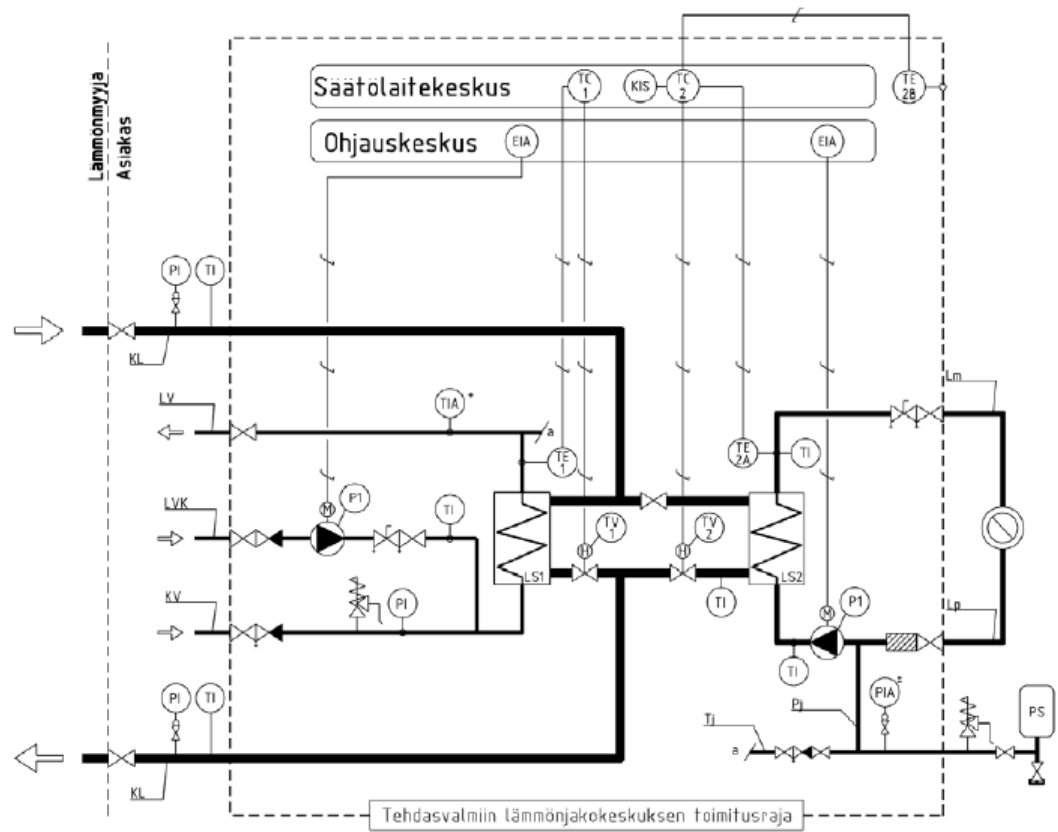
Gebwell Oy:n tuotekonfiguraattori perustuu DWG-kuvan sisältämän tasotiedon hallintaan. Tuotekonfiguraattori toimii internetpohjaisen hallintasovelluksen ja käyttäjäsovelluksen avulla. Konfiguraattorin hallintasovelluksessa yhdistetään DWG-kuvan sisältämä tieto säännöstöön jonka perusteella käyttäjäsovelluksessa kuvasta sytytetään sopiva määrä tasoja valintojen mukaan.

Säännöstö perustuu v-matriisin periaatteeseen. Käytettävä matriisi luodaan Excel-tilukkolaskentaohjelmalla. Säännöstötaulukon vasempaan - ja ylälaitaan kirjataan tuotetiedot sekä mahdollisesti tuotteiden valintaan liittyvät kysymykset. Näiden välille muodostuu alue, johon merkitään kysymysten ja tuotteiden riippuvuussuhteet. Konfiguraattorissa käytetään kahta erilaista tietotyyppiä, jotka ovat *item* ja *module*. *Item* -tyypin tieto näkyy valintavaihtoehtona käyttäjäsovelluksessa ja *module* on mahdollisesti syytettävä taso DWG-kuvassa. *Item*-tyyppiseen valintaan voidaan myös liittää siihen suoraan kohdistuva taso, joka sytytetään valittaessa. Merkittävin ero on kuitenkin se, että *module*-tyyppinen tieto ei voi vaikuttaa muihin tietoihin.

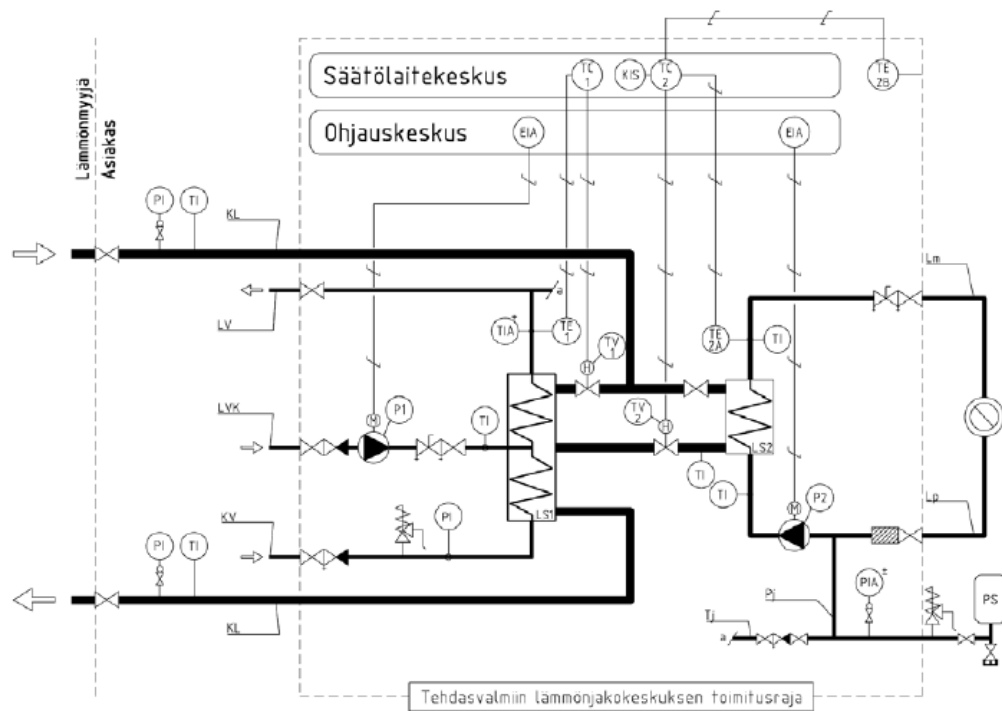
Konfiguraattorissa tehtävällä valinnalla voi olla kolme erilaista seurausta. Valinta voi sytyttää tason tai tasoja DWG-kuvassa, estää tason sytyttämisen tai sulkea muun valintavaihtoehdon. Lisäksi on mahdollista tehdä tyhjiä valintoja joilla ei ole mitään aiemmin mainituista seurauksista.

4.2 Kysymysrakenteen määrittely

Kysymysrakenteen perustana käytettiin Energiateollisuus ry:n K1-julkaisua, jossa esitetään tehdasvalmisteisen lämmönjakokeskuksen toimitusrajat ja minimivarusteet. Julkaisussa on myös esitetty esimerkit erilaisista kytkennöistä kytkentäkaavioineen sekä esimerkki lämmönjakokeskuksen teknisestä erittelystä. Mahdolliset kytkennät on esitetty kuvissa 7 ja 8.



KUVA 7 Kaukolämpökeskuksen peruskytkentä K1:n mukaan (Energiateollisuus ry, 2014).



KUVA 8 Kaukolämpökeskuksen välisyöttökytkentä K1:n mukaan (Energiateollisuus ry, 2014).

Kysymysrakennetta ryhdyttiin hahmottelemaan mindmap-tyyppisesti niin, että kysymykset seurasiivat toisiaan haarautuvassa puussa. Hahmottelun aikana päätettiin rajata konfiguraattori toiminaan maksimissaan kaksipiiristen lämmönjakokeskusten suunnittelussa, sillä useampi piirisillä keskuksilla säännösten hallinta tulisi todennäköisesti olemaan liian haastavaa. (liite 1 mindmap)

Kysymysten lopullisessa järjestelyssä käytettiin perustana Gebwell Oy:n lämmönjakokeskuksen teknistä erittelyä, jonka perusteella konfiguraattoria tulitaisiin käyttämään. (LIITE 2 Tekninen erittely)

4.3 Käytettävyys

Konfiguraattorin yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on sen käytettävyys sekä peruskäyttäjän että ylläpitäjän tasolla. Peruskäyttäjälle merkityksellistä on kysymysten looginen järjestys, mahdollisimman selkeät vaihtoehdot sekä mahdollinen täytön automaatio, niin että turhiin kysymyksiin ei tarvitse itse vastata. Esimerkiksi Jos keskuksessa ei ole ollenkaan käyttöveden lämmitystä niin tähän liittyvät kysymysten vastausvaihtoehdot sulkeutuvat.

Ylläpitäjälle merkitseviä ovat selkeät syy-seurausrakenteet, tasojen nimeäminen, sääntötaulukon laajuus. Mitä yksinkertaisemmaksi säännöstö pystytään luomaan, sitä helpompi sitä on muokata jatkossa. Ylläpidon helpottamiseksi Excelissä on syytä pitää mukana ajantasaista tasolistausta DWG-kuvasta. Tasolistassa on listattuna kuvan tasot sekä se, että onko tasolla objekteja. Tähän listaukseen voi myös liittää selitteen jossa on konfiguraattorin kategoria ja ryhmä tasolistauksen perässä, jolloin pysytään helpommin mukana tasojen nimeämisessä.

Käyttäjän kannalta hyvä turhien valintamahdollisuuksien poisto on taas ylläpitäjän kannalta haaste, sillä monimutkaisten toisen poissulkevien rakenteiden ylläpito säännöstössä on vaikeaa. Konfiguraattorin säännöstöä luotaessa onkin hyvä pyrkiä laatimaan heti alkuun muutamia kysymyksiä, joilla voidaan sulkea pois mahdollisimman monta valintaa.

4.4 DWG-kuvan laatiminen

Konfiguraattori vaatii toimiakseen DWG-muotoisen kytkentäkaaviokuvan, joka sisältää kaikki säännösten perusteella syytettävät tasot. Kuvan piirtäminen aloitettiin laatimalla laitteiston peruskytkennät joihin sitten lisättiin lisävarusteiden piirteet tuoterakenteen mukaan.

4.4.1 Tasojen nimeäminen

Jo työn alkuvaiheessa oli selvää että tasojen määrä tulisi kasvamaan melko suureksi, joten nimeämiseen oli syytä kehittää selventävä järjestelmä. CADS järjestää tasot ohjelman sisällä aakkosjärjestykseen joten samaan komponenttiryhmään tai rakenteeseen liittyvät tasot pitäisi saada järjestykseen keskenään samaan ryppäeseen. Ratkaisuksi valikoitui tason nimen eteen lisättävä numero. Nume-roinnissa logiikaksi valikoitui maksimissaan kolminumeroinen numero, jossa ensimmäinen numero

kertoo, liittyykö taso keskuksen ensiöpuolelle, käyttövesi- tai lämmityspiiriin. Toinen numero määrittyy komponentin tyyppiin ja valmistajan. Kolmas numero on käytössä venttiileiden ja toimilaitteiden kohdalla paikkana. Esimerkiksi taso *151 VD220-25* on Oumanin valmistama käyttövesipiirin ensimmäisen säätöventtiilin tuotetieto.

4.4.2 Tuotetietojen syöttäminen DWG-tiedostoon

Tuotetieto listauksen toteutusta mietittäessä havaittiin tarve luoda, käytettyyn DWG tiedostoon, kerralla useita kymmeniä, tekstinä esitettyä tuotetietoa sisältäviä tasoja. Nämä tasot tulisi nimetä luomisen yhteydessä vastaamaan niiden sisältämää tuotetietoa.

Koska käytetyistä osista oli käytössä valmis Excel-tiedosto, ryhdyttiin tutkimaan mahdollisuutta luoda CADS:iin tekstiä ja tasoja Excel-taulukosta tai tekstitiedostosta. Havaittiin, että CADS:iin pystyy kyllä tuomaan tekstitiedostosta osien tuotekoodit listauksena, mutta ne tulostuvat käytössä olevalle tasolle. Useiden tasojen luominen ja nimeäminen kerralla osoittautuivat mahdottomiksi. Havainnot varmistettiin myös sähköpostilla CADS:n tuotetuesta. Tuotetietojen syöttäminen CADS:llä tapahtuisi siis tuomalla tuotetietolistaus kuvaan ja lisäämällä jokaiselle tuotetiedolle käsin nimeä vastaava taso. Tämä ratkaisu vaikutti turhan aikaa vievältä ja virhealttiilta.

Toisena mahdollisuutena oli käyttää AutoCAD-ohjelmistoa tasojen ja tekstin luomiseen. AutoCAD ohjelmaan on markkinoilla tarjolla ratkaisuja joilla kyseinen toimenpide mahdollisesti pystyttäisiin tekemään. Tämän vaihtoehdon tutkimista ei kuitenkaan jatkettu sen maksullisuuden sekä tasojen käsin nimeämisen vuoksi. AutoCAD:iin voidaan kuitenkin tuoda tasolistauksia LAS-tiedostona jota taas voidaan editoida normaaleilla tekstieditoreilla esim. Notepad/Muistio Windows-laitteissa. LAS-tiedostoja käyttämällä pystytään pitkien tuotetietolistausten tasojen luontia nopeuttamaan huomattavasti, mutta tuotetietojen liittäminen jäi kuitenkin käsin tehtäväksi joko AutoCAD:llä tai CADS:llä.

Koska tasojen nimissä ei voi käyttää sellaisia erikoismerkkejä, joita useat tuotetiedot sisältävät, päädyttiin luomaan tuotetieto-tasojen listaukset Excelillä ja lisäämään ne DWG-tiedostoon CADS:llä copy-paste-menetelmää hyväksikäyttäen. Ratkaisu vähensi käytettävien ohjelmien määrän puoleen mikä kompensoi menetelmän hitaampaa toteutusnopeutta.

4.5 Säännösten laatiminen

Säännösten laatiminen oli järkevää pilkkoa pieniin osiin, sillä pienemmän säännöstömuutoksen tarkistaminen on helpompaa kuin kokonaisen säännösten. Säännösten luominen aloitettiin, kun DWG-kuvassa oli piirretty kaukolämmönjakokeskuksen peruspiirteet ja tasot. Säännöstö luotiin sitä mukaa, kun tasoja tuotetietoja lisättiin DWG-kuvaan. Tästä seurasi myöhemmin koko säännösten muutos-tarve.

4.5.1 Säännöstön täyttö

Säännöstön riveille syötetään tuotetiedot kuvassa 9 esitetyllä tavalla.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	1		2										3	4	5		6
15	Identification (ID NUMBER / Feature Identifier) must be unique	Mass kg	Item type (1 = Feature, 2 = Module)	Material cost	Labor cost	Profit (numeric value, not percent value)	Delivery vto	Offer sort (1 = top item, 1 = sub item, number = sort order)	Heading text (do not use tabulators in text)	Info text (do not use tabulators in text)	Item sort number (use 100 step increments)	Extra field (not used in sales configurator)	Category Identifier	Group Identifier	Item name (do not use tabulators in text)	Layer name	File names (use / as separator when more than one file)
16	1	1						r	Heac Item		100		Yleiset	Pinvalinta	Käyttövesi ja Lämmitys		0 gpower2
17	2	1						t	Heac Item		200		Yleiset	Pinvalinta	Käyttövesi		0 gpower1
18	3	1						r	Heac Item		300		Yleiset	Pinvalinta	Lämmitys		0 gpower1
19	4	1									400		Yleiset	Lattialämmitys	Ei lattialämmitystä		0 ei lattialämmitys
20	5	1									500		Yleiset	Lattialämmitys	Lattialämmitys		0 lattialämmitys
21	6	1									600		Yleiset	Kytentä	Välisyyttökytenta		
22	7	1									700		Yleiset	Kytentä	Peruskytenta		
23	8	1									800		Yleiset	Kytentä	Yksi piirinen keskus		
24	9	2									900				0 käyttövesisiimin		0 käyttövesisiimin
25	10	2						r	Heac Item		1000				0 lämmityssiimin		0 lämmityssiimin
26	11	2									1100				0 välisyöto		0 välisyöto
27	12	2						r			1200				0 peruskytenta		0 peruskytenta
28	13	2									1300				0 LL toimintaselostus		0 LL toimintaselostus
29	14	2									1400				1 käyttövesiliinja		1 käyttövesiliinja
30	15	1									1500	Yleiset	Saadin	OUMAN C-203			
31	16	1									1600	Yleiset	Saadin	OUMAN EH-201L			03 OUMAN EH-201L
32	17	1									1700	Yleiset	Saadin	OUMAN EH-201V			03 OUMAN EH-210V
33	18	1									1800	Yleiset	Saadin	Fidelix Genius GW			
34	19	2									1900						03 OUMAN C203 käyttövesi

KUVA 9 Tietojen kirjaaminen säännöstöön

1. Rivikohtainen yksilöllinen tunniste. Tässä tapauksessa käytettiin juoksevaa numerointia
2. Tiedon tyyppi. Tyypin 1 (*Item*) tieto näkyy konfiguraattorissa valintamahdollisuutena, tyypin 2 (*module*) tieto syyttää tason DWG-tiedostossa.
3. Kysymuskategoria, jolla järjestellään kysymykset loogisiksi kokonaisuuksiksi asiayhteyden mukaan.
4. Kysymys, johon valinta vastaa.
5. Valintavaihtoehto.
6. Syytettävä taso.

Jos halutaan, että kysymys suoraan syyttää jonkin tason, niin syytettävä taso syötetään sarakkeeseen 6 kysymysrivillä. Silloin kun kysymyksen täytyy syyttää useampia tasoja, täytyy lisätasoille tehdä *module* tyyppinen rivi.

Kysymysten ja tuotetietojen välisten relaatioiden syöttäminen aloitetaan transponoimalla kuvan x sarakkeen tiedot taulukon yläriville. Tämän jälkeen väliin jäävään kenttään merkitään tietojen väliset vaikutussuhteet. Taulukkoon merkitty (x) sulkee mahdollisuuden käyttää kyseisiä valintoja ristiin konfiguraattorissa tai estää tason syyttymisen kyseisen valinnan ollessa vaikutettuna. *Module* tyyppi-riveille merkitty (1) syyttää tason, ellei jokin aikaisempi valinta estä sen syyttämistä. (kuva 10)

M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	
					1																		
					2																		
					3																		
					4																		
					5																		
					6																		
					7																		
					8																		
					9																		
					10																		
					11																		
					12																		
					13																		
					14																		
					15																		
					16																		
					17																		
					18																		
Category Identifier	Group Identifier	Item name (do not use tabulators in text)	Layer name	Filename (use as separator when more than one file)	Käyttövesi ja Lämmitys	Käyttövesi	Lämmitys	Ei lattialämmitystä	Lattialämmitys	Valisyyttökytkentä	Peruskätkentä	Yksi piirinen keskus	0 Käyttövesisäirrin	0 lämmitysäirrin	0 valisyotto	0 peruskätkentä	0 LL toimintasetelustus	1 tyytovesialinja	0 UUMAN C-203	0 UUMAN EH-201L	0 UUMAN EH-201V	Fidelix Genius GW	
Yleiset	Piirivalinta	Käyttövesi ja Lämmitys	0 gpower2																				
Yleiset	Piirivalinta	Käyttövesi	0 gpower1																				
Yleiset	Piirivalinta	Lämmitys	0 gpower1																				
Yleiset	Lattialämmitys	Ei lattialämmitystä	0 ei lattialämmitys																				
Yleiset	Lattialämmitys	Lattialämmitys	0 lattialämmitys		x																		
Yleiset	KytKentä	Valisyyttökytkentä				x	x																
Yleiset	KytKentä	Peruskätkentä					x	x															
Yleiset	KytKentä	Yksi piirinen keskus			x																		
		0 käyttövesisäirrin	0 käyttövesisäirrin		1	1																	
		0 lämmitysäirrin	0 lämmitysäirrin		1	1																	
		0 valisyotto	0 valisyotto						1	1													
		0 peruskätkentä	0 peruskätkentä				1																
		0 LL toimintasetelustus	0 LL toimintasetelustus					1		1													
		1 tyytovesialinja	1 tyytovesialinja		1																		
Yleiset	Säädin	OUMAN C-203	03 UUMAN C-203																				
Yleiset	Säädin	OUMAN EH-201L	03 OUMAN EH-201L																				
Yleiset	Säädin	OUMAN EH-201V	03 OUMAN EH-201V		x	x																	
Yleiset	Säädin	Fidelix Genius GW			x	x																	
		03 OUMAN C203 käyttövesi	03 OUMAN C203 käyttövesi				x															1	
		03 OUMAN C203 lämmitys	03 OUMAN C203 lämmitys				x															1	
		03 Fidelix Genius Käyttövesi	03 Fidelix Genius Käyttövesi				x	x															1
		03 fidelix Genius lämmitys	03 fidelix Genius lämmitys				x																1

KUVA 10 Riippuvuussuhteiden kirjaaminen tauluktoon

säännösten ollessa valmis ajetaan Exceliin tehty makro joka tarkistaa kaikkien rivien ja sarakkeiden väliset riippuvuudet, luode tiedoista erillisen taulukon. Tämän jälkeen kuvassa 9 esitetyt rivit ja sarakkeet sekä makron tuottama taulukko viedään hallintasovellukseen joka luo niistä konfiguraattorin ymmärtämän tietokannan.

4.5.2 Säännösten kehitys

Konfiguraattorin kysymysten järjestys voidaan määrittää sekä Exceliin syötettävien tietojen järjestyksellä että hallintasovelluksessa järjestystä muokkaamalla. Oletuksena hallintasovellus käyttää Excelin järjestystä.

Ensimmäistä säännöstöversiota luodessa ei otettu huomioon kysymysten järjestyä vaan säännöstö luotiin samaan tahtiin DWG-kuvan kanssa. Tästä aiheutui tarve järjestää kysymykset jokaisen päivityskerran jälkeen uudelleen hallintasovelluksessa. Lisäksi säännöstössä oli sekaisin pitkiä tuotetietolistauksia ja kyllä/ei valinnan vaativia kysymyksiä. Todettiin että ylläpidon kannalta tämä ei ole järkevä ratkaisu.

Uusi säännöstö laadittiin niin että kysymysten järjestys määritettiin taulukon alkupuolella ja tuotetietolistaukset sijoitettiin loppuun. Tällä ratkaisulla saatiin taulukko helpommin hallittavaksi sekä eliminoitiin tarve järjestellä kysymyksiä päivityksen jälkeen.

Lisäksi muutettiin venttiileiden valintalogiikka valmistajakohtaisesta valinnasta venttiilikohtaiseksi valinnaksi tarvittavien valintakenttien vähentämiseksi. Venttiileiden valinnassa täytyy kuitenkin ottaa huomioon se että lämmönjakokeskukseen ei tule kuin yhden valmistajan venttiileitä. Tämä ratkaisu

kuitenkin aiheutti makron luoman sääntötaulukon kasvun noin kuudestatuhannesta (6000) säännöstä yli kahteenkymmeneentuhanteen (20 000). Havaittiin myös että 20 000 sääntöä on liian suuri määrä konfiguraattorisovellukselle.

Säätöjen määrän hallitsematon kasvu ratkaistiin luomalla käyttäjälle merkityksetön kysymys venttiilivalmistajasta joka täyttyy ensimmäisen venttiilin valinnan mukaan sekä rajaa muut valittavat venttiilit saman valmistajan tuotteisiin. Ratkaisulla päästiin hyväksyttävään n. kymmentuhannen (10 000) säännön määrään. Samaa rakennetta käytettiin myös pumppuvalinnan kodalla.

4.6 Konfiguraattorin testaaminen

Konfiguraattorin säännöstöä testattiin koko sen kehityskaaren ajan virheiden havaitsemiseksi sekä käytettävyyden parantamiseksi, lähinnä Gebwell Oy:n suunnitteluosaston sisällä. Säännöstön ollessa siinä määrin valmis että sillä pystyi tuottamaan useimmat vaaditut tehtävät, testattiin sitä piirtämällä jo valmistettujen lämmönjakokeskusten kytkentäkaavioita ja vertaamalla niitä alkuperäisiin. Seuraava vaihe testauksessa oli käyttää konfiguraattoria valmistukseen menevien tuotteiden kytkentäkaavioiden laatimiseen. Tässä vaiheessa havaittiin vielä useiden lisävarusteiden puuttuminen konfiguraattorista. Lisävarusteiden lisäämisen jälkeen konfiguraattori vapautettiin yrityksen myyntiosaston testikäyttöön.

5 JATKOKEHITYS

Projektin aikana nousi esiin useita ideoita kaaviokonfiguraattorin jatkokehittämiseksi sekä varsinaisen konfiguraattorisovelluksen käyttömahdollisuuksien laajentamiseksi. Kaaviokonfiguraattorin osalta pääkohteet liittyvät konfiguroitavien tuotteiden valikoiman laajentamiseen sekä käytettävyyden parantamiseen. Lisäksi pohdittiin konfiguraattorisovelluksen kokonaan uudenlaisia käyttökohteita.

5.1 Kaaviokonfiguraattorin jatkokehitysmahdollisuudet

Kaaviokonfiguraattorilla olisi mahdollista luoda kaukolämmönjakokeskuksen tekninen erittely yhdessä kytkentäkaavion kanssa, mikä yhdenmukaistaisi molempien täyttökäytäntöjä. Teknisen erittelyn kohdalla pohdittiin kahta ratkaisumallia: joko tekninen erittely tulostettaisiin omalle sivulleen tai erittely tehtäisiin samalle arkille kytkentäkaavion kanssa. Erittelyn tekeminen samalle arkille olisi ratkaisusta yksikertaisempi ja vaatisi ainoastaan erittelypohjan lisäämisen DWG-kuvaan sekä tuotetieto-tasojen kahdentamisen omille paikoilleen erittelyssä eikä juurikaan muutoksia säännöstöön. Tämä ratkaisu vaatisi tulosteen paperikoon suurentamisen A4-koosta A3-kokoon. Kahdelle arkille tekeminen vaatisi todennäköisesti joitakin lisäyksiä säännöstöön.

Myynnin esittämä lisäys konfiguraattoriin oli mahdollisuus konfiguroida kolmepiirisiä lämmönjakokeskuksia, samalla kannattaisi lisätä myös poistoilman lämmöntalteenoton yhteet valittavaksi ominaisuudeksi. Kolmepiirisen keskuksen osalta haasteena voisi olla sääntöjen määrän kasvu niin, että se ylittää konfiguraattorisovelluksen rajoitukset. Poistoilman lämmöntalteenottoyhteiden lisääminen nykyiseen konfiguraattoriin vaatisi lähinnä muutoksia DWG-kuvaan sekä valinnan lisäämisen säännöstöön.

Teknisen erittelyn lisäksi pohdittiin mahdollisuutta luoda säännösten pohjalta kaukolämmönjakokeskuksen täydellinen osalistaus tuotannon helpottamiseksi. Konfiguraattorissa on jo mahdollisuus luoda BOM (Bill of Materials)-listaus, mutta tähän tulostuvat tällä hetkellä vain *module*-tyypin valinnat. Tämän vuoksi BOM-taulukon käyttö vaatisi kaikkien liittimien, nippojen ja putkisto-osien listauksista konfiguraattoriin jolloin säännöstö mahdollisesti kasvaa liian suureksi. Osalistauksen kehityksen yhteydessä kannattaisi tutkia laajemmin mahdollisuutta kehittää kaukolämmönjakokeskuksen tuoterakenteen modulaarisuutta.

5.2 Konfiguraattorisovelluksen kehittäminen

Käytön seurannan vuoksi konfiguraattorisovellukseen visioitiin tilastointimahdollisuutta, joka kirjaisi konfiguraattorilla laadittujen kaavioiden määrän. Tällä tilastolla olisi helpompaa arvioida konfiguraattorin vaikutusta käytännön toimintaan yrityksessä

Kokonaan uutena käyttökohteena konfiguraattorisovellukselle pohdittiin mahdollisuutta käyttää sitä tietopankkina, josta käyttäjä voisi ladata käyttöohjeita, esitteitä yms. Tämä mahdollistaisi aina ajan tasalla olevan informaation jakamisen käyttäjille, koska konfiguraattoriin liitetyt tiedot tarkistetaan ja päivitetään jokaisella kirjautumiskerralla. Etuna www-sivuilla jaettaviin tietoihin olisi se, että konfiguraattoria voidaan käyttää myös ilman verkkoyhteyttä jolloin, käytetään edellisen päivityskerran tietoja ja tiedostoja. Konfiguraattorisovellukseen on jo nykyään mahdollista liittää erilaisia tiedostoja valinnan yhteyteen. Nämä tiedostot tallennetaan käyttäjän tietokoneelle konfiguraattorin tuottaman kaavion tallennuksen yhteydessä. Periaatteessa tämän tyyppinen käyttö olisi jo nykyisellään mahdollista.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää toimiva kaaviokonfiguraattori Gebwell Oy:n myynnin käyttöön kaukolämmönjakokeskusten suunnittelun automatisointityökaluksi. Konfiguraattorin tarkoituksena oli laatia kaukolämmönjakokeskuksen kytkentäkaavio, jonka pohjalta keskus pystytään valmistamaan.

Työn laajuus rajattiin kysymysrakenteen hahmottelun aikana maksimissaan kaksipiirisen kaukolämmönjakokeskuksen konfigurointiin. Tämä osoittautui järkeväksi, sillä laajemman kokonaisuuden konfigurointi saattaa olla nykyisellä sovelluksella mahdotonta. Aikataulullisesti työ pysyi alussa määritetyissä raameissa.

Työn käytännön toteutuksessa keskityttiin konfiguraattorin vaatimien säännösten ja DWG-kuvan laatimiseen. Samalla pohdittiin laajemmin konfiguraattorisovelluksen mahdollisia jatkokehitysajatuksia. Suurimpina haasteina toteutuksessa oli riittävän tietotason saavuttaminen kaukolämpöjärjestelmistä sekä konfiguraattorin toimintaperiaatteesta. Konfiguraattorin kehityksessä merkittävimmäksi huomioon otettavaksi asiaksi nousi konfiguraattorin käytettävyys niin loppukäyttäjän kuin ylläpitäjän kannalta. Tämä aiheutti säännösten uudelleen laatimistarpeen työn ollessa noin puolessa välissä. Kaikista haasteista kuitenkin selvittiin hyvin.

Lopputuloksena työssä saatiin toimiva kaaviokonfiguraattori, jolla pystytään laatimaan useimpien kaksipiiristen kaukolämmönjakokeskusten kytkentäkaaviot. Jatkossa kaaviokonfiguraattorin kehitys nyt laaditun säännösten pohjalta on mahdollista suhteellisen pienillä muutoksilla ja lisäyksillä.

LÄHTEET

- Ahoniemi, L.;Mertanen, M.;Mäkipää, M.;Sievänen, M.;Suomala, P.;& Ruuhonen, M. (2007). *Massaräätöinnillä kilpailukykyä*. Helsinki: Teknologiateollisuus ry. (Haettu 18. 3 2016)
- Ahoniemi, L.;Mertanen, M.;Mäkipää, M.;Sievänen, M.;Suomala, P.;& Ruuhonen, M. (2007). *Massaräätöinnillä Kilpailukykyä*. Helsinki: Teknologiateollisuus ry. (Haettu 16. 3 2016)
- Energiateollisuus ry. (2014). *Rakennusten kaukolämmitys Määräykset ja ohjeet julkaisu K1/2013*. Helsinki: Energiateollisuus ry. (Haettu 17. 3 2016 osoitteesta http://energia.fi/sites/default/files/julkaisuk1_2013_20140509_0.pdf)
- Energiateollisuus ry. (2016). *Koti ja lämmitys*. Haettu 18. 3 2016 osoitteesta Kaukolämmön toimintaperiaate: <http://energia.fi/sites/default/files/images/Kaukolampo/kuvatoimintaperiaate.png>
- Energiateollisuus ry. (2016). *Koti ja lämmitys*. Haettu 17. 3 2016 osoitteesta Asiakkaan akukolämpölaitteet: http://energia.fi/sites/default/files/images/Kaukolampo/asiakkaan_kaukolampolaitteetkuva.jpg
- Energiateollisuus ry. (2016). *Koti ja lämmitys*. Haettu 18. 3 2016 osoitteesta Kaukolämmitys: <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/toimintaperiaate>
- Gebwell Oy. (2016). *Gebwell aineistopankki*. Haettu 18. 3 2016 osoitteesta G-Power 2F kaukolämmönjakokeskus: <http://www.gebwell.fi/wp-content/uploads/2015/07/G-Power-2F-kaukolaemmoenjakokeskus-03-773x1024.png>
- Gebwell Oy. (2016). *Gebwell Oy:n kotisivu*. Haettu 18. 3 2016 osoitteesta Gebwell suomessa jamaailmalla: http://www.gebwell.fi/wp-content/uploads/2014/05/Gebwell_paakonttori_ja_tehdas3-300x168.jpg
- Gebwell Oy. (2016). *Gebwell kotisivu*. Haettu 18. 3 2016 osoitteesta Gebwell yrityksen tiedot; Gebwell Historia: <http://www.gebwell.fi/yritys/>; <http://www.gebwell.fi/yritys/historia/>
- Huuskonen, A.;& Hietikko, E. (2013.). *Developing a Matrix Based Sales Configurator for Modular Product*. Savonia ammattikorkeakoulu. American Journal of Engineering Research. Haettu 17. 3 2016 osoitteesta <http://www.ajer.org/papers/v2%286%29/C0261418.pdf>
- Koskelainen, L.;Saarela, R.;& Sipilä, K. (2006). *Kaukolämmön käsikirja*. Helsinki: Energiateollisuus ry. Haettu 14. 3 2016
- Mäkelä, V.-M.;& Tuunanen, J. (2015). *SUOMALAINEN KAUKOLÄMMITYS*. Mikkeli: Mikkelin ammattikorkeakoulu. Noudettu osoitteesta <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97138/URNISBN9789515885074.pdf>
- Sarinko, K. (1999). *ASIAKASKOHTAISESTI MUUNNELTAVIEN TUOTTEIDEN*. Teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. (Haettu 16. 3 2016 osoitteesta <http://www.soberit.hut.fi/pdmg/papers/Sari99Mas.pdf>)

LIITE 2 Tekninen erittely

G-Power		Lämmönjakokeskuksen laitteiden mitoitus								GEBWELL	
Kohde		041513152016									
Lämmönsiirtimet		Käyttövesi		Lämmitys 1							
Valmistaja ja malli											
Teho		kW									
		ensiö		toisio		ensiö		toisio			
Virtaus		l/s									
Lämpötilat		°C-°C									
Painehäviö		kPa									
Rakennepaine		Mpa									
Rakennearine EN10028/7-											
Tilavuus		dm3									
Väliaine											
Säätöventtiilit		Käyttövesi		Lämmitys 1							
Valmistaja											
Malli											
2. venttiilin malli											
Virtaus		l/s									
Painehäviö		kPa									
Koko / kvs-arvo		DN / kvs									
Säätökeskus											
Valmistaja		ei autom.									
Malli											
Säätömoottorit		Käyttövesi		Lämmitys 1							
Valmistaja											
Malli											
Muuta											
Paine-erosäädin											
Valmistaja											
Malli											
Virtaus		l/s									
Painehäviö		kPa									
Koko / kvs-arvo		DN/kvs									
Kiertovesipumput		Käyttövesi		Lämmitys 1							
Valmistaja											
Malli											
Virtaus		l/s									
Nostokorkeus		kPa									
Jännite		V									
Sähkön ottoteho		kW									
Pumpun varasaria											
Sivuvirtasuodatin											
Ohjauskeskus		Standard Pumpcontroller 2 pumps									
Paisunta ja varolaitteet											
Verkon tilavuus		dm3									
Paisuntasäiliön		dm3/bar									
Varoventtiili		DN/bar									
Ilmanerotin											
Vesimittari											
Putkikoot ja -liitännät (DN)											
Ensiö		kv ensiö		Kv		Lv		Lvk		ensiö 1	
										lämm1	
										ensiö 2	
										lämm2	
										ensiö 3	
										lämm3	
Lisätietoja:		Ulkomitat [m] (pit x lev x kork):									
		Paino:									
Keskusten PED -luokka		Sep 3.3									
Keskusten paine-ero ilman paine-ero säädintä		433		Keskusten paine-erosis. Paineerosäädin		459					
Käytettävissä oleva paine-ero kaukolämpöverkossa											