



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TALOTEKNIKKAPANEELIN VALMISTETTAVUUSANALYYSI

TEKIJÄ: Ossi Miettinen

| | | | |
|--|------------|--------------------|-------|
| Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala | | | |
| Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma | | | |
| Työn tekijä Ossi Miettinen | | | |
| Työn nimi Talotekniikkapaneelin valmistettavuusanalyysi | | | |
| Päiväys | 21.12.2017 | Sivumäärä/Liitteet | 19/18 |
| Ohjaaja(t) Yliopettaja Harri Heikura, Lehtori Jukka Huttunen | | | |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Gebwell Oy | | | |
| Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Gebwell Oy:n toimeksiannosta keväällä 2017. Gebwell Oy on leppävirtalainen kiinteistöjen lämmitys- ja jäähdytyslaitteiden toimittaja. Opinnäytetyö käsittelee kyseisen yrityksen asiakkaan kehittämän talotekniikkapaneelin valmistettavuusanalyysiä. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä talotekniikkapaneeli on sisäkattoon asennettava laite, jota käytetään huonetilan lämmitykseen, jäähdytykseen, valaistukseen ja ilmanvaihtoon.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa talotekniikkapaneelin valmistettavuutta ja kokoonpantavuutta ja luoda valmistuksen aloittamista varten valmistettavuusanalyysi. Kartoitukset ja analyysin tekeminen aloitettiin asiakkaan valmistaman prototyypin ja sitä varten laadittujen suunnitelmien ja dokumenttien pohjalta. Laitteen muutosehdotukset, tuotekehitysideat ja kustannustavoitteet kartoitettiin yhdessä Gebwell Oy:n ja sen asiakkaan kanssa. Työn aikana oltiin yhteydessä useisiin tuotteiden ja komponenttien toimittajiin sekä alihankkijoihin. Laitetta ja sen osia kehitettiin ja suunniteltiin uudestaan yhdessä asiakkaan, alihankkijoiden ja Gebwell Oy:n henkilökunnan kanssa.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin laadittua laitteelle tuoterakenne, kustannuslaskelmat ja kokoonpano-ohje. Laitteen valmistusta varten tarvittavia dokumentteja päivitettiin, laadittiin ja kerättiin yhteen. Laitteen suunnittelussa ja tuotekehityksessä käytiin läpi kaksi tuotekehityskierrosta ja laitteesta valmistettiin viiden kappaleen nollasarja sekä kolme asiakkaan haluamaa prototyyppiä. Laitteeseen tehdyt muutokset ja esille tulleet muutosedotukset kirjattiin ylös jatkotoimenpiteitä varten. Opinnäytetyön alussa laaditut tavoitteet täytettiin.</p> | | | |
| Avainsanat Valmistettavuusanalyysi, tuoterakenne, kokoonpano | | | |

| | | | |
|--|------------|------------------|-------|
| Field of Study Technology, Communication and Transport | | | |
| Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering | | | |
| Author(s) Ossi Miettinen | | | |
| Title of Thesis Manufacturability Analysis of HVAC-panel | | | |
| Date | 21.12.2017 | Pages/Appendices | 19/18 |
| Supervisor(s) Principal Lecturer Harri Heikura, Lecturer Jukka Huttunen | | | |
| Client Organisation /Partners Gebwell Oy | | | |
| <p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by Gebwell Ltd in the spring of 2017. Gebwell Ltd, located in Leppävirta, is a manufacturer of heating and cooling systems. The thesis deals with the manufacturability analysis of a HVAC-panel developed by a client of the commissioner. The HVAC-panel discussed in this thesis is a ceiling mounted device which is used for heating, cooling, ventilation and lighting of a room.</p> <p>The objective of this thesis was to determine the producibility and assemblability of the HVAC-panel and to create a manufacturability analysis for the start of manufacturing process. Investigations and analyzing were based on client´s prototype, drafts and documents. New designs of the device, product development and cost targets were mapped together with the commissioner and the client. Several suppliers and subcontractors were contacted during the thesis. The HVAC-panel and its parts were developed and re-designed with the client, engineers of the commissioner and subcontractors.</p> <p>As a result of this thesis the documents needed for the manufacturing process of the device were created, updated and put together. The product structure, assembly instructions and cost estimate of the HVAC-panel were created. There were two different product development and design rounds and a five-piece zero series was manufactured. The objectives of this thesis were achieved.</p> | | | |
| <p>Keywords Manufacturability analysis, product structure, assembly</p> | | | |

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin Gebwell Oy:lle kevään 2017 aikana. Opinnäytetyön ohjaajina toimivat Savonia-ammattikorkeakoulun yliopettaja Harri Heikura sekä lehtori Jukka Huttunen. Gebwell Oy:n osalta työn ohjaajana toimi tuotantopäällikkö Hannu Koponen.

Haluan kiittää Savonia-ammattikorkeakoulun henkilökuntaa laadukkaasta opetuksesta ja tuesta koko opiskeluaikani ajalta.

Erityiset kiitokset haluan osoittaa Gebwell Oy:lle mahdollisuudesta opinnäytetyön toteuttamiseen. Haluan kiittää tässä projektissa mukana olleita henkilöitä arvokkaasta tiedosta ja ohjeistuksesta.

SISÄLTÖ

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 6 |
| 2 | GEBWELL OY | 7 |
| 3 | YLEISTÄ TALOTEKNIIKASTA..... | 7 |
| 3.1 | Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät | 7 |
| 3.2 | Ilmanvaihto | 8 |
| 3.3 | Valaistus | 8 |
| 4 | TALOTEKNIKKAPANEELIN ESITTELY | 10 |
| 4.1 | Lämmitys, jäähdytys ja ilmanvaihto..... | 10 |
| 4.2 | Valaisin | 12 |
| 4.3 | Tekniikkakotelo ja automaatio | 13 |
| 4.4 | Runko-osa | 13 |
| 5 | SUUNNITTELU JA TUOTEKEHITYS | 13 |
| 5.1 | Suunnittelu..... | 13 |
| 5.2 | Tuotekehitys..... | 14 |
| 6 | VALMISTETTAVUUDEN ARVIOINTI | 14 |
| 7 | TUOTERAKENNE..... | 16 |
| 8 | KUSTANNUSLASKENTA | 17 |
| 9 | YHTEENVETO..... | 18 |
| 10 | LÄHTEET | 19 |
| | LIITE 1: KESKEISIMMÄT MUUTOKSET TALOTEKNIKKAPANEELIN VERSIOIDEN VÄLILLÄ | |
| | LIITE 2: TUOTERAKENNE JA OSALUETTELO | |
| | LIITE 3: KOKOONPANO-OHJE | |

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä selvitetään Gebwell Oy:lle sen asiakkaan kehittämän laitteen valmistettavuutta ja saattamista prototyyppiasteesta massatuotantoon. Työtä aloittaessa asiakas oli suunnitellut ja kehittänyt tuotetta useiden eri yhteistyökumppanien kanssa, mutta näillä yhteistyökumppaneilla ei ollut riittävästi resursseja laitteen kokonaisvaltaisen valmistuksen ja massatuotannon aloittamiseksi.

Viimeisimmän prototyypin pohjalta tuotteen toiminnallisia ominaisuuksia kehitettiin asiakkaan toivomuksien mukaan ja lisäksi kehitettiin laitetta valmistettavuuden sekä kokoonpanon, asennettavuuden ja huollettavuuden kannalta toimivammaksi. Suunnittelu- ja kehitystyö tehtiin yhteistyössä sekä Gebwell Oy:n henkilökunnan, että asiakkaan edustajien kanssa.

Suunnittelu- ja kehitystyön ohella laadittiin ja kerättiin yhteen tuotteen valmistusta varten vaadittavat dokumentit ja niitä voidaan jatkossa käyttää pohjana tuotteen valmistukselle ja tuotekehitykselle.

Opinnäytetyöhön kuuluvat luottamukselliset dokumentit on lisätty liitteisiin ja ne jätetään pois julkisesta levityksestä.

2 GEBWELL OY

Gebwell Oy on leppävirtalainen vuonna 2005 perustettu yritys, joka myy, suunnittelee ja valmistaa kiinteistöjen lämmitys- ja jäähdytyslaitteita. Vuoden 2016 lopussa tapahtuneen fuusioitumisen myötä yritys valmistaa myös alkusammutuskalustoa ja tarjoaa sopimusvalmistusta Pivaset-tuotemerkillä.

Gebwell Oy työllistää tällä hetkellä Suomessa 110 työntekijää ja sillä on Leppävirralla yli 20 000 neliön tuotantotilat. Yrityksellä on käytössään monipuoliset laitteet ja tuotantolinjat mm. ohutlevytuotteiden valmistamiseen ja pintakäsittelyyn, taivutettujen putkenosien valmistukseen sekä sähköisten ohjauskeskusten ja kaapelisarjojen valmistukseen.

3 YLEISTÄ TALOTEKNIIKASTA

Talotekniikalla tarkoitetaan kiinteistöjen olosuhteiden tuottamiseen ja ylläpitoon liittyviä laitteistoja. Sen tarkoituksena on luoda kiinteistöön käyttäjän haluamat olosuhteet. Talotekniikkaan liittyy monia eri järjestelmiä, joita ovat mm.

- lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät
- vesi- ja viemärijärjestelmät
- ilmanvaihtojärjestelmät
- sähköjärjestelmät
- valaistus
- turvallisuusjärjestelmät
- rakennusautomaatiojärjestelmät.

Eri järjestelmät ovat usein yhteydessä toisiinsa ja ne tukevat toistensa toimintaa. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä talotekniikkapaneeli on keskeinen osa kiinteistön ilmanvaihto-, jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmää sekä valaistusta.

3.1 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät

Lämmitysjärjestelmän tehtävänä on tuottaa rakennuksen lämmitykseen tarvittava lämpöenergia ja siirtää se kulutuskohteisiin. Tarvittava lämpöenergia voidaan tuottaa esimerkiksi tulisijoilla, lämmityskattiloilla, lämpöpumpuilla tai sähkövastuksilla keskuslämmitysjärjestelmään tai suoraan eri kulutuskohteisiin.

Lämmönjakelussa siirretään keskuslämmitysjärjestelmään tuotettu lämpöenergia kulutuskohteeseen yleensä lämmönsiirtonesteen välityksellä. Lämmön siirrossa käytetään lämmönluovuttimia, jotka siirtävät esimerkiksi vedestä lämpöä huonetilaan. Tällaisia lämmönluovuttimia ovat esimerkiksi lattialämmitys, radiaattorit, konvektorit ja säteilylämmittimet. Sekä lämmitys että jäähdytys voidaan toteuttaa samalla lämmönjakojärjestelmällä. (Ketola, Lairi, Laulumaa, Nieminen 2017, 54, 55, 96, 97.)

Lämmön siirtyminen lämmönluvuttimista huonetilaan tapahtuu konvektiolla, säteilemällä ja johtamalla. Lämmönsiirtopinta-alan määrällä on suuri vaikutus järjestelmän tehoon ja hyötysuhteeseen. Lämmönsiirtopinta-alaa suurentamalla voidaan lämmönsiirtonesteen ja lämmönluvuttimen pinta-lämpötilaa alentaa. Tästä syystä esimerkiksi lämpöpumppu ja lattialämmitys toimivat yhdessä parhaalla hyötysuhteella (Ketola ym. 2017, 54).

3.2 Ilmanvaihto

Ilmanvaihto on rakennuksen sisäilman poistamista ja korvaamista raikkaalla ulkoilmalla ja sen tarkoituksena on poistaa ilman epäpuhtauksia, jotka voivat aiheuttaa viihtyvyys- ja terveyshaittoja (Ketola ym. 2017, 104, 106). Oikein säädetty ilmanvaihto pitää myös kiinteistön alipaineisena ja estää näin kosteuden siirtymistä sisäilmasta kiinteistön rakenteisiin.

Ilmanvaihto voidaan toteuttaa painovoimaisena, koneellisena tai näiden yhdistelmänä. Painovoimainen ilmanvaihto on yleinen varsinkin vanhemmissa pientaloissa. Sen perustamiskustannukset ovat koneellista ilmanvaihtoa pienemmät, mutta ilmanvaihdon säätäminen ja tehostaminen on koneelliseen ilmanvaihtoon verrattuna hankalampaa. Koneellisen ilmanvaihdon voimakkuutta voidaan säätää tulo- ja poistoilmapuhaltimien tehoa säätämällä. Erilaisten antureiden avulla sisäilman laatua voidaan mitata ja automaatiojärjestelmien avulla voidaan säätää ilmanvaihdon voimakkuutta automaattisesti kiinteistössä vallitsevien olosuhteiden mukaan. Tällä on merkittävä vaikutus toimivan ilmanvaihdon ja energiatehokkuuden kannalta. Energiatehokkuutta voidaan parantaa merkittävästi myös käyttämällä poistoilman lämmön talteenottoa, jolloin osa poistoilman sisältämästä lämpöenergiasta voidaan käyttää tuloilman lämmittämiseen tai siirtää kiinteistön lämmitysjärjestelmään. Tarvittaessa tuloilmaa voidaan myös jäähdyttää tai kostuttaa ja tällöin puhutaan ilmanvaihdon sijaan ilmastoinnista. (Ketola ym. 2017, 104-106.)

3.3 Valaistus

Valaistuksen tarkoitus on tuottaa kohteeseen valoa silloin kun päivänvalo ei ole riittävästi saatavilla. Tarvittava valo tuotetaan nykyään lähes poikkeuksetta kuhunkin kohteeseen sopivilla sähkövalaisimilla. Valaistuksella on suuri merkitys tilan tai alueen turvallisuuteen, toiminnallisuuteen ja viihtyvyyteen.

Sähkövalaisimissa käytettäviä valonlähteitä on useita erilaisia. Yleisimpiä valonlähteitä ovat hehkulamput, ledit ja erilaiset kaasupurkauslamput. Sisävalaistuksessa käytetään yleensä hehkulamppuja, led-valaisimia sekä kaasupurkauslamppuihin luettavia energiansäästölamppuja ja loisteputkia. Hehkulamppujen huonon hyötysuhteen takia niiden valmistus ja maahantuonti kiellettiin EU:n alueella vuonna 2012 ja tällä on varmasti ollut vaikutusta energiansäästölamppujen ja led-valaisimien yleistymiseen.

Valaistuksen suunnittelussa ja kohteeseen sopivan valaisimen valinnassa huomioitavia asioita ovat mm.

- valaisimen tuottama valovirta (lm) ja valaistuksen tarvittava voimakkuus (lx)
- valaisimen sähköteho ja hyötysuhde (w ja lm/w)
- valon väriämpötila
- värintoistoindeksi (CRI)

Valaistus on suunniteltava aina valaistavan tilan tai alueen käyttötarkoituksen mukaan. Alla olevassa taulukossa on esitetty vaadittuja valaistusvoimakkuuksia tyypillisissä sisätiloissa eri käyttötarkoituksissa sisävalaistusstandardin (SFS-EN 12464-1) mukaan.

Taulukko 1. Eri tiloissa vaadittavia valaistusvoimakkuuksia. (Valo ja valaistus, 2011. 38-43.)

| Tila | Valaistusvoimakkuus (lx) |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| Liikennealueet, käytävät, portaitot | 100 |
| Kahvihuoneet, taukotilat, odotusaulat | 200 |
| Luokkahuone | 300 |
| Toimisto, keittiö | 500 |
| Työskentelytila, tarkka kokoonpanotyö | 1000 |

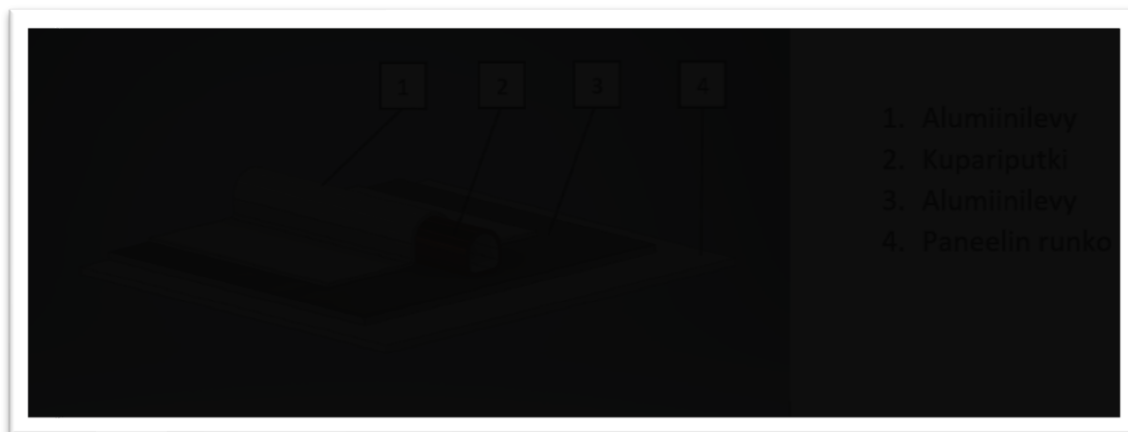
Valaistuksen ohjauksella on suuri merkitys erityisesti valaistuksen käyttömukavuuteen ja energiatehokkuuteen. Yleisesti valaistusta ohjataan käsikäyttöisillä katkaisijoilla ja himmentimillä, liiketunnistimilla, hämäräkytkimillä, kello-ohjauksella ja näiden eri yhdistelmillä.

4 TALOTEKNIKKAPANEELIN ESITTELY

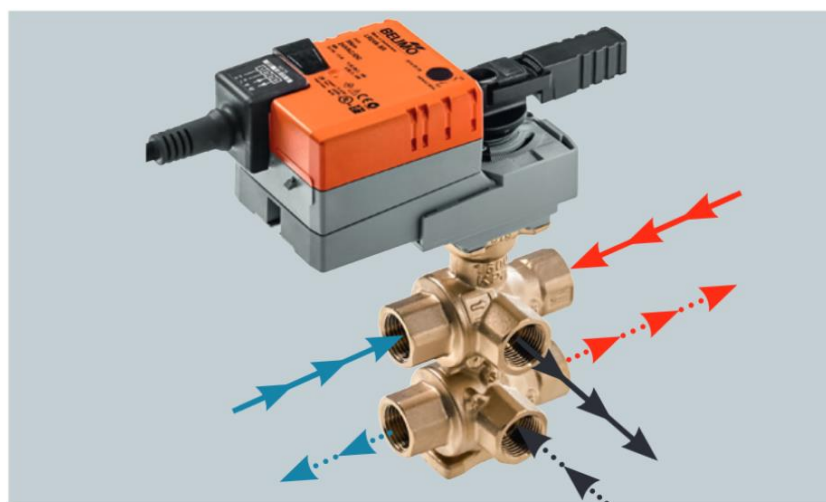


Kuva 1. Talotekniikkapaneeli päältä kuvattuna. (Miettinen 2018-04-16.)





Kuva 2. Lämmityselementin rakenne (Miettinen 2018-04-16.)



Kuva 3. 6-tieventtiin toimintaperiaate (Belimo, 2018.)

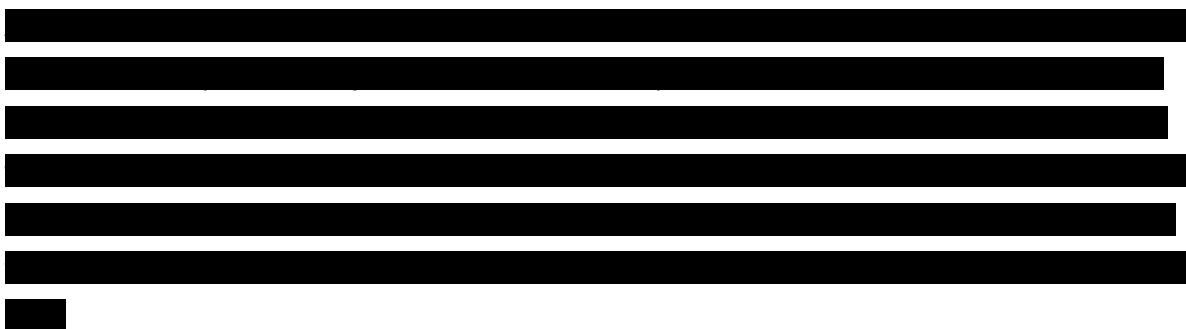




Kuva 4. Talotekniikkapaneeli alapuolelta kuvattuna (Miettinen 2018-04-16.)



Kuva 5. Valaisimen rakenne (Miettinen 2018-04-16.)



[REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

5 SUUNNITTELU JA TUOTEKEHITYS

Asiakas on aiemmin kehittänyt laitetta muiden yhteistyökumppaniensa kanssa ja tässä työssä prototyyppinä ollut laite on tuotteen neljäs kehitysversio. Asiakkaalla oli tiedossa useita epäkohtia jotka uudessa versiossa pitää korjata ja lisäksi yhteisissä suunnittelupalavereissa mahdollisia ongelmakohtia ja kehityksen kohteita kartoitettiin sekä suunnittelun että tuotannon asiantuntijoiden kesken. Suunnittelussa ja tuotekehityksessä painotettiin seuraavia laitteen ominaisuuksia:

- energiatehokkuus, hyötysuhde ja ympäristöystävällisyys
- helppo asennettavuus työmaalla
- valmistettavuus ja kokoonpanon yksinkertaisuus

Kaikilla edellä mainituilla ominaisuuksilla on merkittävä vaikutus laitteen kokonaishintaan ja käyttökustannuksiin. Myös laitteelle asetettu valmistuskustannuksen tavoite asetti tietyt rajat suunnittelulle ja tuotekehitykselle.

5.1 Suunnittelu

Suunnittelun alussa kerättiin yhteen prototyyppin jo olemassa olevat piirustukset, joita päivitettiin ja täydennettiin tarpeen mukaan. Laite ja laitteen osat mallinnettiin 3D-suunnitteluohjelmalla. Suunnittelu oli tärkeä osa projektia, koska mahdolliset ongelmat voitiin havaita jo tässä vaiheessa. 3D-mal-

lien avulla oli helppo testata osien yhteensopivuutta ja mallit helpottivat kokonaisuuden hahmottamista. Suunnittelussa otettiin huomioon asiakkaan tarpeet ja laitteen ominaisuudet. Käytännössä suunnittelu jatkui koko projektin ajan tuotekehityksen ja valmistettavuuden arvioinnin ohessa.

Suunnitelmien ja piirustusten versioiden ja revisioiden hallintaan luotiin Excel-pohjainen seurantataulukko. Tietojen lisäämisen nopeuttamiseksi taulukkoon tehtiin Excelin VBA-työkalujen avulla toimintoja, jotka ehdottavat automaattisesti taulukkoon lisättäviä tietoja aiempien muutosten perusteella.

5.2 Tuotekehitys

Käytännössä laitteen suunnittelun ja tuotekehityksen tuloksia kokeiltiin prototyypeissä ja testikokoonpanoissa. Kokeilujen perusteella laitetta kehitettiin eteenpäin ja tehtiin tarvittavat muutokset suunnitelmiin. Tuotekehityksen aikana panostettiin erityisesti laitteen valmistettavuuteen ja kokoonpantavuuteen. Projektin aikana käytiin läpi kaksi tuotekehityskierrosta ja havaittiin muutosehdotuksia seuraavaan laitteen kehitysversioon.

Keskeisimmät laitteeseen tehdyt muutokset on listattu liitteessä 1.

6 VALMISTETTAVUUDEN ARVIOINTI

Suunnittelun ja tuotekehityksen yhtenä merkittävänä painoalueena oli tuotteen valmistettavuus ja kokoonpantavuus. Valmistettavuudella tarkoitetaan tässä työssä laitteen ja sen osien valmistamista mahdollisimman kustannustehokkaasti yrityksen käytettävissä olevilla koneilla ja laitteilla. Kokoonpantavuuden arvioinnilla pyrittiin tekemään kokoonpanotyöstä mahdollisimman nopeaa, helppoa ja tehokasta. Molemmilla tekijöillä on selvä vaikutus tuotteen lopulliseen hintaan ja valmistusaikaan.

Tässä tapauksessa jaettiin laitteen sisältämät osat itse valmistettaviin ja ostettaviin osiin. Yrityksellä on käytettävissä monipuolinen konekanta ja tietotaitoa samankaltaisten laitteiden valmistuksesta, joten merkittävä määrä laitteen osista pystytään valmistamaan itse tai hankkimaan aiemmin tunnetuilta toimittajilta.

Ostettavissa osissa pyrittiin käyttämään mahdollisimman paljon helposti saatavilla olevia standardiosia. Näitä osia ovat mm. putki- ja sähköliittimet sekä kiinnitystarvikkeet.

Taulukko 2. Lista valmistettavuuteen ja kokoonpantavuuteen vaikuttavista tekijöistä (Huhtala ja Pulkkinen 2009, 233).

| | Bitzel, 1996 | Eskelinen, 2004 | Rehn & Kraebber, 2001 | Andreassen, 1998 | C-DFMA huomiot 2007 |
|---|--------------|-----------------|-----------------------|------------------|---------------------|
| Minimoi osien määrä. | ● | ● | ● | | |
| Minimoi erilaisten osien määrä. | | | ● | | |
| Luo yhdelle osalle monta tarkoitusta; yhdistä toimintoja. | ● | | ● | ● | |
| Käytä samanlaisia osia sarjoina ja moduuleina. | ● | ● | ● | | |
| Minimoi materiaalin tarve. | | | ● | | |
| Käytä edullista materiaalia. | | | ● | | |
| Vältä tarkkoja toleransseja. | ● | | ● | | |
| Minimoi käsittelyvaiheet. | | | ● | | |
| Hyödynnä edullisia valmistustapoja. | | | ● | | ● |
| Minimoi eri käsittelyvaiheet. | ● | | ● | | |
| Yksinkertaista valmistusta käyttäen itsepaikoittavaa rakennetta. | | | ● | | ● |
| Minimoi työstettävien pintojen määrä. | | | ● | | ● |
| Pyri pieneen määrään työkaluja per osa. | | | ● | | ● |
| Vältä hankalasti käsiteltäviä/valmistettavia materiaaleja. | ● | ● | ● | | |
| Varmista helppo kokoonpantavuus. | ● | ● | ● | | ● |
| Rakenteen on oltava yksinkertainen ja selkeä. | | | | ● | |
| Runkorakenne, joka toimii kiinnityspintana muille osille, on yleensä välttämätön. | | | | ● | |
| Kokoonpanon tulee tapahtua tasoittain yhdestä suunnasta. | ● | ● | ● | | |
| Toimiva kokoonpanoalusta nopeuttaa kokoonpanoa ja helpottaa siirtoja kokoonpanovaiheiden välillä. | | | | ● | |
| Alikokoonpanoja tulee suosia varsinkin testauksia vaativissa osakokoonpanoissa. | | | | ● | |
| Hyödynnä standardiosia ja -komponentteja. | ● | | | ● | |
| Suunnittele osat siten, ettei väärin asentaminen onnistu. | ● | ● | | | ● |
| Vältä erillisiä kiinnittämiä/kiinnityselimiä. | ● | ● | | | |
| Hyödynnä osien symmetrisyys. | | ● | | | |
| Varmista osien ja materiaalin toisiinsa sopivuus. | | ● | | | |
| Varmista materiaalin sopivuus aiotulle valmistusmenetelmälle. | ● | | | | |
| Valitse vähiten esivalmisteluja tarvitseva valm. menetelmä. | ● | | | | |

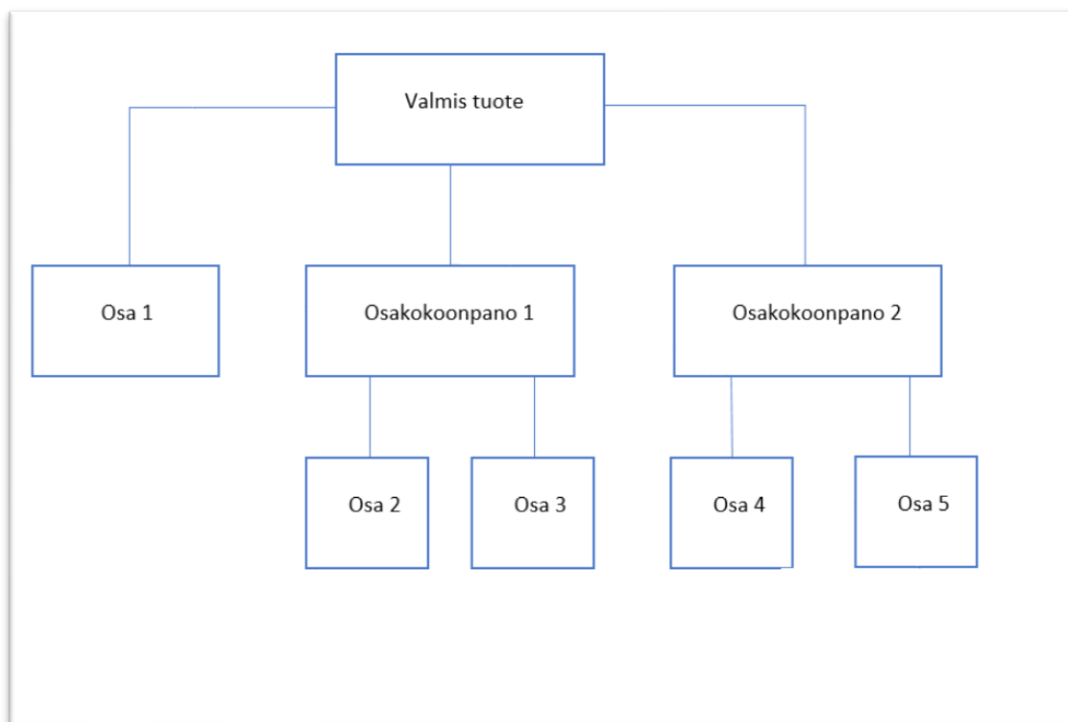
Taulukossa 2 on esitetty kattava lista valmistettavuuteen ja kokoonpantavuuteen vaikuttavista tekijöistä. Näitä tekijöitä vertailemalla saatiin laitteen valmistusta ja kokoonpanoa yksinkertaistettua ja laitteen sisältämien erilaisten osien määrää vähennettyä sekä kokoonpanoaikaa lyhennettyä merkittävästi. Esimerkiksi kokoonpanossa käytettävien kiinnitystarvikkeiden oikealla valinnalla saatiin kokoonpanoaikaa lyhennettyä ja näin ollen kustannuksia laskettua.

Valmistettavuutta ja kokoonpantavuutta testattiin ja kehitettiin käytännössä prototyyppien testikokoonpanoissa ja nollasarjan valmistuksessa. Tässä vaiheessa laadittiin myös laitteen kokoonpano-ohjeet. Kokoonpano-ohje on esitetty liitteessä 3.

Testikokoonpanojen yhteydessä selvisi myös vaatimukset kokoonpanoiloille. Erityisesti valaisimen kokoamisen yhteydessä tilan tulee olla mahdollisimman puhdas, koska valaisimessa käytettävät akryylilevyt naarmuntuvat ja likaantuvat helposti ja nämä virheet erottuvat valmiissa tuotteessa selvästi. Lisäksi valaisimen led-piirikortit vaurioituvat herkästi staattisen sähkön purkauksen voimasta, joten valaisimen kokoonpano on tehtävä staattiselta sähköltä suojatussa tilassa.

7 TUOTERAKENNE

Tuoterakenne kuvaa hierarkkisesti tuotteen valmistamiseksi tarvittavat osat ja niiden tarvittavat lukumäärät (Lehtonen 2004, 73). Tuoterakenne on tavallaan tuotteen valmistamiseen tarvittava resepti, jota käytetään hyödyksi tuotteen kustannuslaskennassa, osien hankinnassa ja tuotteen valmistuksessa.



Kuva 6. Tuoterakenteen periaate (Miettinen 2017-04-27.)

Tuoterakenne laadittiin Excel-taulukkoon jäsennystoimintoa hyväksikäyttäen. Jäsennystoiminnon avulla tuote saatiin jaettua hierarkkisesti pienempiin osakokoonpanoihin ja osiin. Tietyissä osissa ja osakokoonpanoissa tuoterakenteeseen lisättiin myös työosuudet osien hinnoittelua ja kustannuslaskentaa varten.

Tuoterakenteeseen eri osista selvitettiin seuraavat tiedot:

- sijainti tuotteessa
- nimike ja tarkemmat spesifikaatiot osasta
- toimittaja tai hankintakanava
- yrityksen oma varastokoodi osalle
- tiedot osan mahdollisista piirustuksista
- tarvittava kappalemäärä valmiissa tuotteessa
- hinta

Koko laitteen tuoterakenne on esitetty liitteessä 2.

8 KUSTANNUSLASKENTA

Kustannuslaskenta tehtiin tuoterakenteen perusteella. Osien omakustannehinnat kerättiin tarjouspyyntöjen perusteella toimittajilta. Tässä vaiheessa pyrittiin kartoittamaan osille vastaavuuksia eri toimittajien ja valmistajien kesken sekä valitsemaan näistä edullisimmat vaihtoehdot.

Testikokoonpanojen yhteydessä kelloitettiin laitteen kokoonpanon vaatimia työaikoja ja tulosten perusteella saatiin arvioitua laitteen valmistuksen työvoimakustannuksia.

Laskentataulukkoon lisättiin myös sarake, josta nähdään yksittäisen osan hinnan prosenttiosuus koko laitteen hinnasta. Tämä auttoi huomattavasti hahmottamaan laitteen kokonaishintaan eniten vaikuttavat tekijät.

Laitteen hinnoittelu ja kustannuslaskenta on esitetty liitteessä 2.

9 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saattaa Gebwell Oy:n asiakkaan kehittämä laite prototyyppias-
teelta massatuotantoon. Laitteesta valmistettiin viiden kappaleen tuotantokelpoinen nollasarja.

Laitteelle laadittiin osaluettelon perusteella tuoterakenne ja laitteen valmistuskustannukset laskettiin
500 kappaleen valmistuserälle. Laitteen kokonaishinnassa ei aivan päästy asetettuun tavoitteeseen,
mutta uskon sen olevan jatkossa mahdollista osien toimittajia kilpailuttamalla. Valmistuksen aloitta-
mista varten kerättiin tarvittavat tiedot ja niistä laadittiin ns. tuotekansio.

Opinnäytetyötä tehdessä pääsin tutustumaan monipuolisesti koko projektin eri vaiheisiin. Projektin
laajuus ja sen sisältämä työmäärä yllätti itseni. Samoin tuotekehitysvaiheen hitaus yllätti ja käytän-
nössä aikaa kului valtavasti pelkästään tiedon saamiseen eri tahoilta.

10 LÄHTEET

Belimo 2018. Tuote-esite [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 2018-04-08.] Saatavissa: http://www.belimo.fi/pdf/e/LE_EU-CH_EN-CH_6-way_zone_valve.pdf

HUHTALA, Petri ja PULKKINEN, Antti 2009. Tuotettavuuden kehittäminen: parempi tuotteisto useasta näkökulmasta. Helsinki: Teknologiainfo Teknova.

KETOLA, Jari, LAIRI, Veijo, LAULUMAA, Mikko ja NIEMINEN, Juha 2017. Talotekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy

LEHTONEN, Juha-Matti 2004. Tuotantotalous. Helsinki: WSOY.

VALO JA VALAISTUS 2011. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. SFS-EN 12464-1. Vahvistettu 2011. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

LIITE 1: KESKEISIMMÄT MUUTOKSET TALOTEKNIKKAPANEELIN VERSIOIDEN VÄLILLÄ

LIITE 2: TUOTERAKENNE JA OSALUETTELO

LIITE 3: KOKOONPANO-OHJE