



Kylmäkuljetuksissa käytettävien moduuliväliseinien suunnitteluautomaatin valmistus

Pauli Elovuoma

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023

Ajoneuvotekniikka
Työkonetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ajoneuvotekniikka
Työkonetekniikka

ELOVUOMA, PAULI:

Kylmäkuljetuksissa käytettävien moduuliväliseinien suunnitteluautomaatin valmistus

Opinnäytetyö 32 sivua

Toukokuu 2023

Fokor Oy:lle, EL-Kori Oy:lle sekä Suomen Kerroslevy Oy:lle tehdyssä opinnäytetyössä perehdyttiin lämpötilarajoitetuissa kuljetuksissa käytettävien moduuliseinien mallinnukseen, rakenteeseen sekä valmistukseen. Moduuliseinäsarjassa olevien seinien perusrakenne pysyy samankaltaisena toisiinsa nähden, mutta pienet variaatiot luovat jokaisesta sarjasta uniikin. Näiden variaatioiden muuttaminen käsin on aikaa vievä prosessi, ja tämän vuoksi suunnitteluautomaatista saadaan otollinen työkalu prosessin nopeuttamiseen.

Asiakkaan toiveiden perusteella luotiin suunnitteluautomaatti, joka valmistaa 3D-mallin, piirustukset sekä nimikerakenteen Vertex G4 -mallinnusohjelmaan. Suunnitteluautomaatin käyttöliittymä toimii Microsoft Excelin välityksellä hyödyntäen Vertex Presto -suunnitteluautomaattipohjaa.

Automaatin valmistuessa moduuliseinien suunnitteluun kulunutta aikaa saatiin vähennettyä noin 2 tunnista 15 minuuttiin. Automaatin käyttöönoton myötä moduuliseinien nimikerakenteet saatiin lisättyä Vertex Flow -PDM-verkkoon, mikä helpottaa materiaaliseurantaa. Automaatin käytön ansiosta piirustukset ovat aina samanlaisia sekä virheiden määrä vähenee.

Hyödyt tullaan näkemään tarkemmin tulevaisuudessa, kun automaattia pääsee käyttämään laajamittaisemmin asiakastöissä. Jatkossa suunnitteluautomaattiin voitaisiin ohjelmoida myös harvinaisempia kokoonpanoja, sekä laajentaa automaattien käyttöä muihinkin tuotteisiin.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Automotive Technology
Industrial Vehicle Engineering

ELOVUOMA, PAULI

Creating a Design Automation for Modular Walls used in Temperature-Controlled Transports

Bachelor's thesis 32 pages

May 2023

In this thesis made for Fokor Oy, EL-Kori Oy and Suomen Kerroslevy Oy, modular walls used in temperature-controlled transport were studied from manufacturing, planning and structural perspective. In a full set of modular walls, the structure remains mostly the same, but small variations in every configuration make every set unique. Changing these variations by hand is a time-consuming process, so a design automation is a suitable option.

Based on customers wishes a design automation that creates 3D-model, drawings, and an item structure to Vertex G4 -CAD-software, was created. The design automation works via Vertex Presto -design automation interface, which works via Microsoft Excel.

With the usage of the design automation, the time used to design a single set of modular walls was reduced from approximately 2 hours to 15 minutes. Bonus from the usage was that now every item structure gets added into Vertex Flow -PDM-network, which helps tracking material usage. With the usage of design automation, drawings will be similar and the number of human errors will be minimized.

Future will give more detailed answers of the benefits using the design automation when it will be used more extensively in customer work. For further development the design automation could be programmed for less common assemblies and extend the design automation usage to other products.

Key words: design, design automation, pdm, cad, excel

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TUOTEAUTOMAATIO	7
2.1	Tuotearvo	7
2.2	Tuotekehitys.....	8
2.3	Tietokoneavusteinen suunnittelu ja tuotehallinta.....	8
2.3.1	2D- ja 3D-CAD.....	8
2.3.2	PDM-järjestelmä	10
2.4	Suunnitteluautomaatti	10
3	MONIOSASTOISET JA -LÄMPÖISET KULJETUSVÄLINEET	12
3.1	Lämpötilasäädelyt kuljetukset ja ATP-sopimus	12
3.2	Väliseinät	15
4	SUUNNITTELUAUTOMAATIN VALMISTUS	18
4.1	Alkuselivitystyö ja muuttajat	18
4.2	Kokoonpanon luominen Vertex G4:ssä.....	18
4.3	Elementtien mitoitusehtojen määrittäminen.....	21
4.4	Väliseinien kätisyyden vaikutus.....	23
4.5	Suunnitteluautomaatin luominen	23
4.6	Tekstimakrot.....	26
4.7	Suunnitteluautomaatin testaus.....	28
5	POHDINTA	30
	LÄHTEET.....	31

LYHENTEET JA TERMIT

ATP-sopimus	Helposti pilaantuvien elintarvikkeiden kansainvälisiä kuljetuksia ja tällaisissa kuljetuksissa käytettävää erityiskalustoa koskeva sopimus (Accord relatif aux Transports internationaux de denrées Périssables et aux engins spéciaux a utiliser pour ces transport)
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu (Computer Aided Design)
Makro	Yksinkertainen käsky, jolla voidaan suorittaa tietokoneohjelmassa sarja toimintoja
Kuljetusväline	Kylmäkuljetuksissa käytetty tila, missä kuljetetaan elintarvikkeita (esim. kylmäkori)
Parametri	Ohjelmalle annettava vakio, joka voi saada eri arvoja
PDM	Tuotetiedon hallinta (Product Data Management)
Variointi	Osien sisäisten ja kokoonpanon osien välisten mittojen muuttaminen

1 JOHDANTO

Herkästi pilaantuvien elintarvikkeiden kuljetuksissa on tärkeää, että elintarvikkeet kuljetetaan niiden vaatimalla lämpötila-alueella. Sillä eri elintarvikkeilla kuten trooppisilla hedelmillä, maitotuotteilla, ja pakasteilla on kaikilla eri lämpötila-alue, täytyy kuljetusyksikkö jakaa useampaan alueeseen, että näitä voi kuljettaa samassa kuljetusyksikössä. Tätä varten on kehitetty väliseinät, joita käytetään kylmäkuljetuksissa rajaamaan usean eri lämpötila-alueen kuljetukset toisistaan tekemällä tiiviin ja eristetyn tilanrajoittajan näiden väliin. Vaatimukset moduuliväliseinille vaihtelevat, sillä sekä tilavaatimus, seinän kokoonpano, että korin sisämitat vaihtelevat työkohtaisesti. (Suomen Kerroslevy Oy 2023.)

Tässä opinnäytetyössä luotiin moduuliväliseinien suunnitteluautomaatti kolmen Jyki Group -konserniin kuuluvan yrityksen (Fokor Oy, EL-Kori Oy & Suomen Kerroslevy Oy) käyttöön. Idea opinnäytetyöhön syntyi palaverissa, jossa mietittiin suunnittelun työtaakan laskemista. Konsernilla oli aiempaa kokemusta suunnitteluautomaateista, mutta niitä ei ollut hyödynnetty moduuliväliseinien kanssa. Ideasta syntyi useaa yritystä palveleva suunnitteluautomaatti, jonka koekäyttöä aloitellaan tätä kirjoittaessa.

Jyki Group on suomalainen perheomisteinen yrityskonserni, joka valmistaa perävaunuja sekä kuormakoreja tieliikennekäyttöön. Konserni tarjoaa lisäksi myös näiden huolto- ja varaosaverkoston. (Jyki Group Oy 2023.)

Jyki Group jakaantuu 5 eri yritykseen ja 7 eri toimipisteeseen. Näihin yrityksiin kuuluu perävaunutehdas Jyki Oy, autokoritehtaat Fokor Oy ja EL-Kori Oy, raskaan kaluston varustamo Pajakulma Oy sekä elementtitehdas Suomen Kerroslevy Oy. Konserni työllistää 240 henkilöä ja sen liikevaihto vuonna 2020 oli 43 M€. (Jyki Group Oy 2020.)

Näistä yrityksistä kylmäkuljetuksiin tarkoitettuja koreja valmistaa Fokor Oy ja EL-Kori Oy, jotka käyttävät Suomen Kerroslevy Oy:n valmistamia elementtejä (Suomen kerroslevy Oy 2023).

2 TUOTEAUTOMAATIO

2.1 Tuotearvo

Useille yrityksille tuotteiden kehitys, valmistus ja myyminen tuottavat suuren osan kassavirrasta. Tuotteilla on aina oma hinta, joka riippuu tuotteen laadusta sekä markkinoista. Sherdenin (1994) ja Galen (1994) mukaan tuotteen arvo on sen hyötyjen ja haittojen erotus. (Yang & Basem 2009, luku 3)

Yangin ja Basemin (2009) mukaan tuotteen hyötyjä ovat muun muassa

- käytännön hyödyt eli tuotteen vastaavuus asiakkaan tarpeisiin, myös kestävyys sekä luotettavuus
- psykologiset hyödyt eli tuotemerkillä oleva maine, joka luo turvaa
- huollon- ja vaivattomuuden hyödyt eli tuotteen ja sen huollon helppo saatavuus (Yang & Basem 2009, luku 3).

tuotteen haittoja ovat muun muassa

- taloudelliset haitat eli tuotteen ostohinta ja sen elinkaaren aikana syntyneet kustannukset (huolto, kierrätys, käyttökulut)
- psykologiset haitat eli epävarmuudet tuntemattoman tuotemerkin omamisesta (kestävyys, suorituskyky, huoltoverkosto)
- huollon- ja vaivattomuuden haitat eli tuotteen ja sen huollon vaikea saatavuus (Yang & Basem 2009, luku 3).

Tuotteen arvo onkin täten tärkeä osa myyntituloa ja siitä saatavaa myyntivoittoa. Koska myyntivoitto on tuotteen myyntitulon ja tuotekustannusten erotus, on myyntivoiton kannalta otollisinta pitää tuotteen arvo mahdollisimman korkealla ja tuotekustannukset pienenä. Tämän välimatkan kasvatukseen yrityksissä käytetäänkin tuotekehitystä. (Yang & Basem 2009, luku 3.)

2.2 Tuotekehitys

Tuotekehityksessä pyritään kehittämään markkinoille uusi tuote tai parantamaan edellistä tuotetta, eli kasvattaa tuotteen arvoa ja/tai vähentää siihen meneviä kustannuksia (Yang & Basem 2009).

Osaavayritys.fi -sivuston mukaan tuotekehitysprojekti alkaa tuotekehitysideasta, joka voi olla oivallus tai idea yrityksen ulkopuolelta nähdystä asiasta. Ennen tuotekehitysprojektin alkua kehitysidea punnitaan ja tehdään päätös kehitysidean jatkojalostamisesta. (Osaavayritys.fi n.d.)

Lambin (2013) mukaan yksi tapa vähentää tuotekustannuksia on automaatio, jonka tarkoituksena on korvata ihmisten tekemiä, joko fyysisiä ja/tai monotonisia työvaiheita erilaisten laitteiden tai tietokoneiden avulla. Automaatio mahdollistaa nopeamman tuotannon pienemmällä työvoimalla sekä tasaisemman ja tarkemman työpöytätyön. Automaation huonoina puolina ovat sen kyvyttömyys tehdä monimutkaisempia töitä sekä se, että automaation valmistus maksaa, joten se soveltuu parhaiten pitkäaikaisemmaksi sijoitukseksi työvaiheisiin, joita tehdään paljon. (Lamb 2013, luku 2.)

2.3 Tietokoneavusteinen suunnittelu ja tuotehallinta

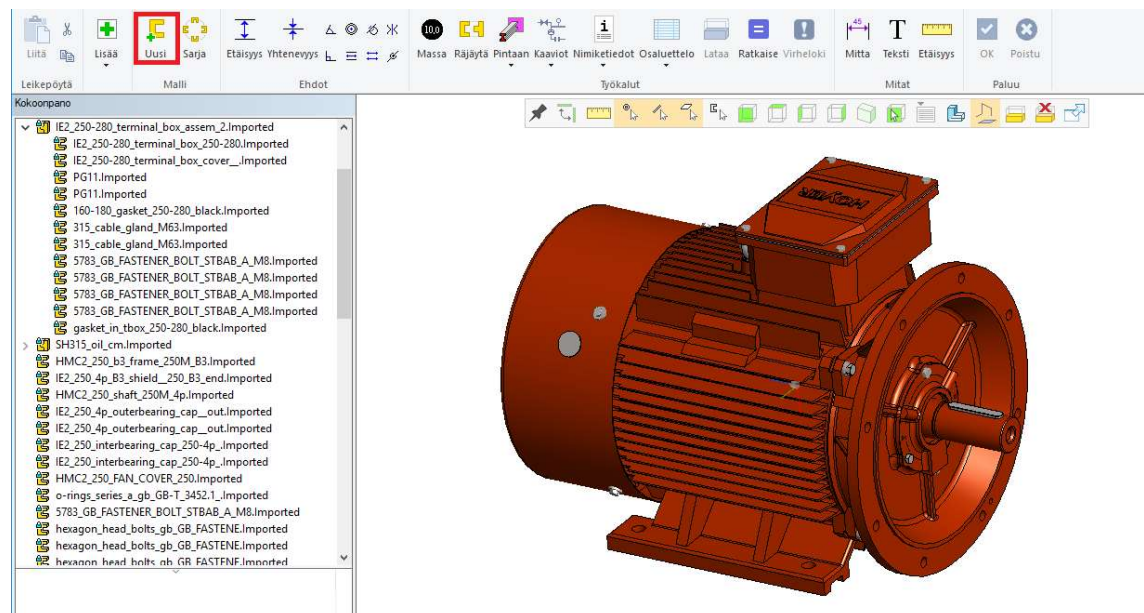
2.3.1 2D- ja 3D-CAD

CAD-suunnittelu on tietokoneavusteinen suunnitteluun ja tekniseen piirtämiseen tarkoitettu työkalu, jonka tarkoituksena on korvata käsin tehty piirtäminen automatisoidulla prosessilla. Kiefin & Roschiwalin (2012) näkemyksen mukaan 2D-CAD oli tietokoneavusteisen suunnittelun esiaste. Sen tarkoituksena oli tarjota nopeampi vaihtoehto käsin tehtäville teknisille piirustuksille. Tietokoneen avulla mm. erilaisten osanäkymien, variaatioiden, sekä piirustuskaavainten teko nopeutui huomattavasti. (Autodesk n.d; Kief & Roschiwal 2012, luku 3.1.)

2D-CADilla ei kuitenkaan voinut esittää vaikeita epäsäännöllisiä muotoja. Tällöin mukaan astuivat ”surface modeling” periaatteella toimivat 3D-CADin esiasteet, joiden avulla voitiin rakentaa 2D-CADin ulottumattomissa olevia pintoja. Kehittyneemmät 3D-CADit käyttivät kuitenkin myös ”solid modeling” -tekniikkaa, joka antaa kappaleille geometrisiä tietoja, joiden avulla kappaletta voidaan visualisoida, simuloida, liittää kokoonpanoihin sekä valmistaa. (Kief & Roschiwal 2012, luku 3.2)

3D-CADissa kappaleita voidaan ohjata parametrien avulla, joka antaa mahdollisuuden muuttaa kappaleiden geometrisiä tietoja numeerisien arvojen avulla. Tämä mahdollistaa kappaleiden sekä kokoonpanojen nopean varioimisen sekä yhdistettynä tietokoneohjelmointiin myös käyttöliittymäpohjaisten suunnitteluautomaattien käytön. (Kief & Roschiwal 2012, luku 3.2.)

Tässä työssä käytettiin Vertex G4:ä, joka on suomalaisen Vertex Systems Oy:n valmistama mekaniikkasuunnitteluun kehitetty CAD-ohjelma. Kuvassa 1 voidaan nähdä Vertex G4:n käyttöliittymä. Kuvan vasemmalla sivulla voidaan nähdä rakennepuu, jossa näkyy kokoonpanon eri osia. (Vertex 2021a.)



KUVA 1. Vertex G4:n -käyttöliittymä (Vertex 2021a)

2.3.2 PDM-järjestelmä

PDM-järjestelmä on tuotehallinnassa käytettävä järjestelmä. Sen tehtävänä on keskittää tuote- ja nimiketiedot yhteen paikkaan, minkä avulla voidaan seurata reaaliaikaisesti tuotteiden ja nimikkeiden lisäksi myös niiden kulutusta sekä tilauksia. Tuotetietoihin kuuluvat mm. 3D-mallit, piirustukset, raportit, osaluettelot sekä käyttöohjeet. PDM-järjestelmän käyttö vähentää turhia työprosesseja sillä kaikki tuotetiedot ovat keskitetty samaan paikkaan. (Vertex n.d; Kief & Roschiwal, 2012, luku 3.2.)

Tässä opinnäytetyössä käytettiin Vertex Systems Oy:n valmistamaa Vertex Flow -PDM-järjestelmää.

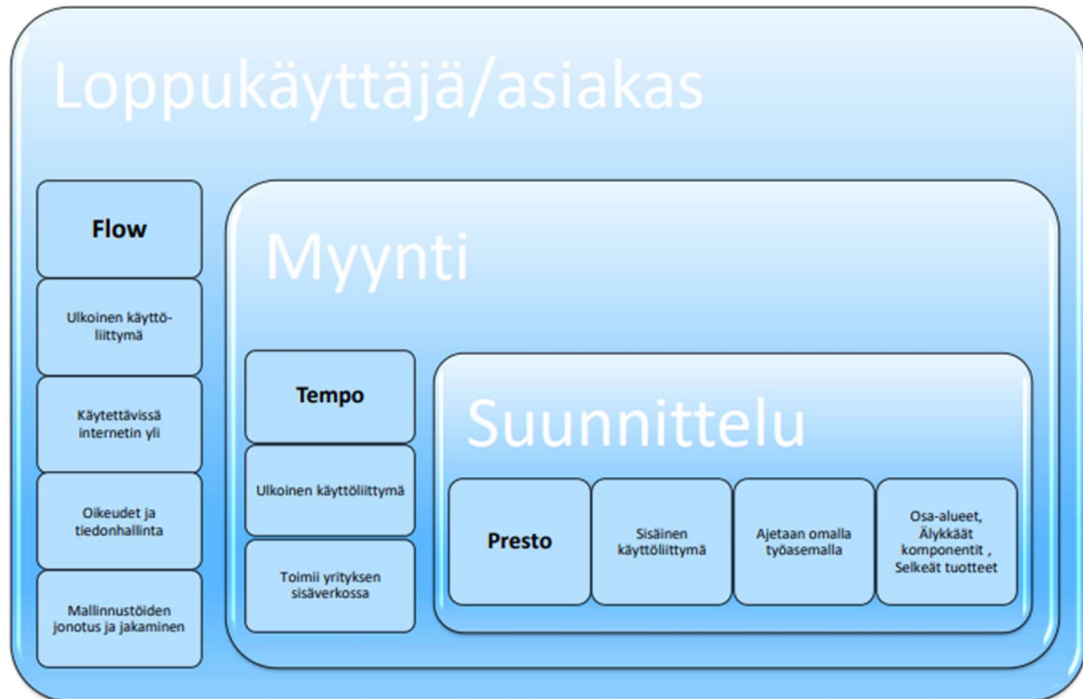
2.4 Suunnitteluautomaatti

Suunnitteluautomaatin tarkoituksena on automatisoida rutiinisuunnittelua ja täten nopeuttaa suunnitteluprosessia. Suunnitteluautomaatin avulla suunnittelusääntöjä hallitaan yhdessä käyttöliittymässä, ja täten koko suunnitteluprosessi voidaan automatisoida. Tämän ansiosta suunnittelun resurssit ja virheiden määrä vähenevät, sekä tuotteiden materiaali- ja kustannusseuranta nopeutuvat. (Vertex 2021b.)

Suunnitteluautomaatin pohjana toimivat tavalliset 3D-mallit, mutta mallinnuksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota mallin mitta- ja sääntöihin, jotta malli päivittyy oikein. Automaattia suunnitellessa tulee myös miettiä mitä asioita automaatilta halutaan, esimerkiksi tarvittava data (piirustukset, osaluettelot, mallit ja laskennat), kuka automaattia ajaa, testaa ja ylläpitää sekä automaatin tarkkuus ja laajuus sekä salassapito. (Vertex 2021b.)

Vertexin valmistamat suunnitteluautomaatit voidaan ajatella kolmessa tasossa (KUVA 2), riippuen kuka automaattia käyttää. Yksinkertaisin taso on suunnittelun käyttämä Presto-suunnitteluautomaattipohja. Tässä automaatissa suunnittelija ajaa käyttöliittymää omalla työpisteellään myynnin tarpeiden mukaisesti. Tämä

tapa on yksinkertainen, sillä se ei vaadi ulkoista käyttöliittymää eikä kytkemistä sisäverkkoon. (Vertex 2021b.)



KUVA 2. Suunnitteluautomaatin tasot (Vertex 2021b)

Kyseisessä työssä käytetään Vertex Presto -suunnitteluautomaattipohjaa, joka pohjautuu Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmaan ja sen käyttämään Visual Basic -ohjelmointikielen, missä on valmiiksi kirjoitettu ohjelmistokoodi. Käytännössä tämä toimii siten, että Excel luo Visual Basicin avulla komentotiedoston (taskfile), jossa syötetyt komennot ovat käännetty G4:n ymmärtämään muotoon. Tämän komentotiedoston perusteella automaatti rakentaa sopivan tuotekonfiguraation (KUVA 3). (Vertex 2021b.)



KUVA 3. Suunnitteluautomaatin ajon vaiheet (Vertex 2021b)

3 MONIOSASTOISET JA -LÄMPÖISET KULJETUSVÄLINEET

3.1 Lämpötilasäädellyt kuljetukset ja ATP-sopimus

Lämpötilasäädellyillä kuljetuksilla tarkoitetaan rahtikuljetuksia, jotka suoritetaan tietyssä lämpötilassa. Lämpötilasäätelyä tarvitaan mm. elintarvikkeiden, lääkkeiden, kasvien sekä kemikaalien kuljetuksiin. Kuljetuslämpötila riippuu kuljetettavasta elintarvikkeesta, mutta on yleensä -18°C - $+15^{\circ}\text{C}$ lämpötiloissa. (Kylmäketju.fi n.d.a) Taulukossa 1 nähdään elintarvikkeiden säilytyslämpötiloja.

TAULUKKO 1. Elintarvikkeiden varastointilämpötila (Kylmäketju.fi n.d.a)

Elintarvike	Varastointilämpötila enintään
Helposti pilaantuvat elintarvikkeet, ml. maito, kerma, paloitetut kasvikset	$+6^{\circ}\text{C}$
Tuoreet kalatuotteet	$+0^{\circ}\text{C}$
Kylmäsavustetut ja tuoresuolatut kalastustuotteet sekä tyhjiö- ja suojakaasupakatut jalostetut kalastustuotteet	$+0...3^{\circ}\text{C}$
Helposti pilaantuvat maitopohjaiset tuotteet	$+8^{\circ}\text{C}$
Jauheliha ja jauhettu maksa	$+4^{\circ}\text{C}$
Pakasteet	-18°C
Banaanit, Basilikat	$+13...15^{\circ}\text{C}$

Suomessa elintarvikekuljetukset kuuluvat ATP-sopimuksen piiriin. ATP-sopimus tarkoittaa helposti pilaantuvien elintarvikkeiden kansainvälisiä kuljetuksia ja niiden kuljetuksissa käytettävien kalustolle laadittua sopimusta, joka astui Suomessa voimaan 15.5.1981. (Valtiosopimus 1§ 48/1981.)

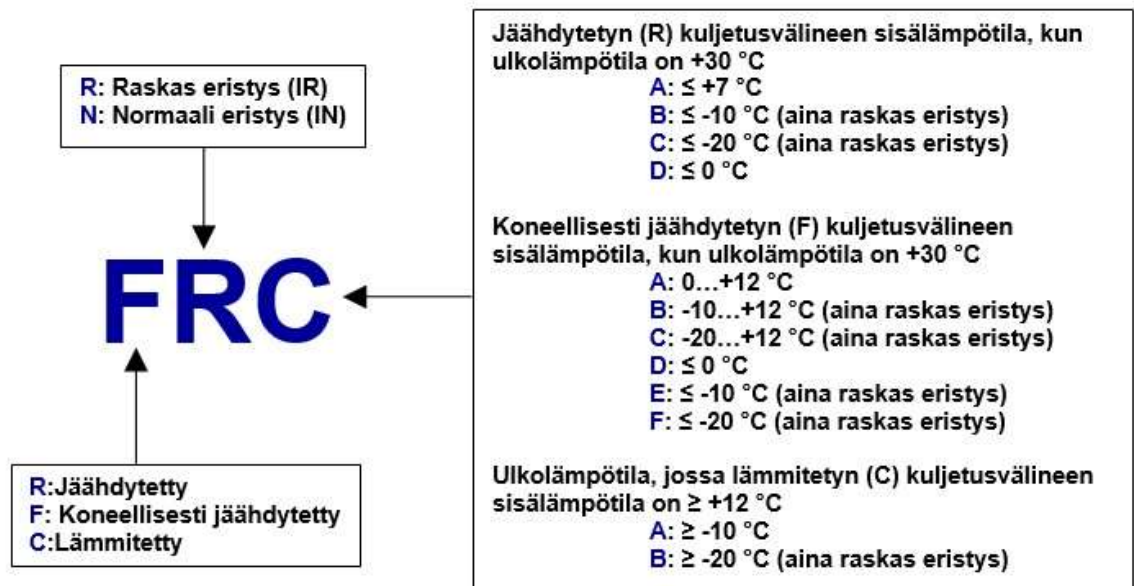
Valtiosopimuksen (1981) määritelmän mukaisesti Suomessa elintarvikekuljetuksissa käytettävät korit on oltava ATP-luokiteltuja. ATP-luokituksen saa hakemalla kuljetusvälineelle tyyppihyväksynnän, joka on voimassa 6 vuotta. ATP-luokitus on kuljetusvälinekohtainen, mutta se saa koostua useammasta jaetusta osastosta kuljetusvälineen sisällä. Näiden kuljetusvälineiden tulee olla kuljetustyyppin

mukaan joko lämmitettyjä tai jäähdytettyjä joko koneellisesti (KUVA 4) tai esimerkiksi kuivajään avulla. (SopS 48/81 liite. 1; Kylmäketju.fi n.d.b.)



KUVA 4. Koneellisesti jäähdytetty kuljetusyksikkö (Fokor Oy 2021a)

ATP-luokkia on erilaisia riippuen niiden käyttötarkoituksesta. Luokitus koostuu kolmesta kirjaimesta, joiden avulla voidaan määrittää kuljetusvälineen jäähdytystyyppi, eristyskyky ja sen käyttölämpötila. Esimerkiksi kuvassa 5 näkyvä FRC voidaan tulkita koneellisesti jäähdytetyksi, raskaseristeiseksi kuljetusvälineeksi, jossa kuljetetaan elintarvikkeita -20°C - $+12^{\circ}\text{C}$ välillä. (SopS 48/81 liite. 1; Kylmäketju.fi n.d.b.)



KUVA 5. ATP-luokkien kirjainselitykset (Kylmäketju.fi n.d.b)

Suomessa kaikkia ATP-sopimuksen mukaisia testejä ja tarkastuksia tekee Luonnonvarakeskukselle alihankintana Eurofins Expert Services Oy. ATP-luokituksen mukaisen testin läpäissyt kuljetusyksikkö saa ATP-todistuksen, josta käy ilmi ATP-luokitus, voimassaolo, sekä tehdyt testit ja tarkastukset. ATP-todistusta on pidettävä aina mukana kuljetusten aikana. (Luonnonvarakeskus 2022.)

ATP-luokituksen mukaisessa testissä tarkastetaan kuljetusyksikön eristävyys eli k-arvo, joka lasketaan kaavalla 1

$$k = \frac{W}{S\Delta T} \quad (1)$$

Missä W on jatkuva lämmitys- tai jäähdytysteho, joka riittää pitämään pysyvän eron korin ulko- ja sisälämpötilojen välillä, S on korin keskipinta-ala eli korin sisä- ja ulkopinta-alan keskiarvo, ja ΔT lämpötilaero korin sisä- ja ulkopinnan välillä. Raskaseristeisen kuljetusvälineen k-arvon tulee olla $\leq 0,40 \frac{W}{m^2K}$, sekä sivuseinien paksuus vähintään 45 mm, mikäli kuljetusvälineen leveys ylittää 2,50 m. Normaalieristeisen kuljetusvälineen k-arvon tulee olla $\leq 0,70 \frac{W}{m^2K}$. (SopS 48/81, liite 1.)

3.2 Väliseinät

Väliseinien tarkoituksena on toimia eri lämpötila-alueiden sekä osastoiden tilanjakajana. Väliseiniä on erityyppisiä

- moduuliväliseinät, jotka ovat laminaatista ja niiden välissä olevasta eristeestä valmistettuja elementtejä. Moduuliväliseinät mitoitetaan tietyn korin mittojen mukaisesti sekä niiden sijoitusta voidaan muuttaa kuormatilassa. Moduuliväliseinien hyvinä puolina voidaan pitää helppokäyttöisyyttä ja tiiviyttä
- liukuva moduuliväliseinä, joka ovat katossa säilytettävä, poikittain kuormatilassa kiskoilla liikkuva oviaukollinen seinä
- pressuväliseinät, jotka koostuvat eristävästä pressusta, joka kiinnitetään kuormatilaan puristustangoilla tai kattoon kiinnitettävillä kiskoilla. Pressuväliseinien hyvänä puolena on niiden joustavuus, joka mahdollistaa erikoisten pakastetilojen jakamisen pieniinkin tiloihin
- kiinteät väliseinät, joiden paikkaa ei voida muuttaa kuormatilassa (Jousea, K. 2023; EL-Kori, n.d).

Jousean (2023) mukaan moduuliseinien suunnittelussa on otettava huomioon halutun tilanjaon käyttötarkoitukset sekä mitoitukset. (Jousea, K. 2023)

Kuvassa 6 nähdään pitkittäinen kiinteä väliseinäelementti, sekä vasemmalla liukuva moduuliväliseinä sekä kiskot, joiden varassa elementti liikkuu (kuvassa korostettu vihreällä). (Fokor Oy 2021)



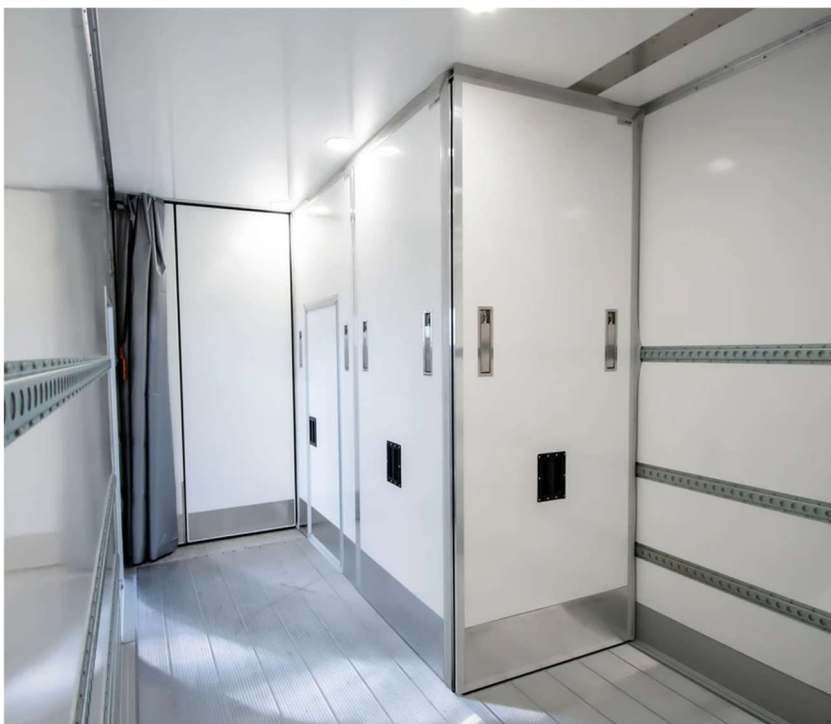
KUVA 6. 3-osastoinen kuormatila (Fokor Oy 2021b)

Mikkolan (2023) mukaan Fokorin ja EL-Korin käyttämät moduuliväliseinät (KUVA 7) koostuvat seuraavista osista:

- elementistä, joka koostuu kahdesta lasikuitupalasta ja niiden väliin liimattua eristeestä. Elementtejä ympäröi rakennetta vahvistavat alumiiniset I-profiilit.
- kahdesta lukituskahvasta, joiden avulla väliseinän päällä oleva ”tiiviste” painautuu kattoa vasten.
- nostokahvasta, jonka avulla seinien siirtely on helpompaa.
- väliseinien sivuilla olevista uros- tai naarastiivisteistä, joiden avulla varmistetaan pakastetilan eristävyys (Mikkola, T. 2023).

Lisäksi niihin saa lisävarusteina halutessaan

- potkupellit, eli väliseinän alaosassa olevat metallilevyt, joiden tehtävänä on vahvistaa rakennetta ja tehdä siitä pidempikestoisempi.
- käyntioven, jonka avulla pakastetilaan käynti ei vaadi taka-/sivuoven aukaisua tai väliseinän irrotusta (Mikkola, T. 2023).



KUVA 7. Moduuliväliseinä asennettuna kuormatilaan (EL-Kori Oy n.d)

4 SUUNNITTELUAUTOMAATIN VALMISTUS

4.1 Alkuselytystyö ja muuttujat

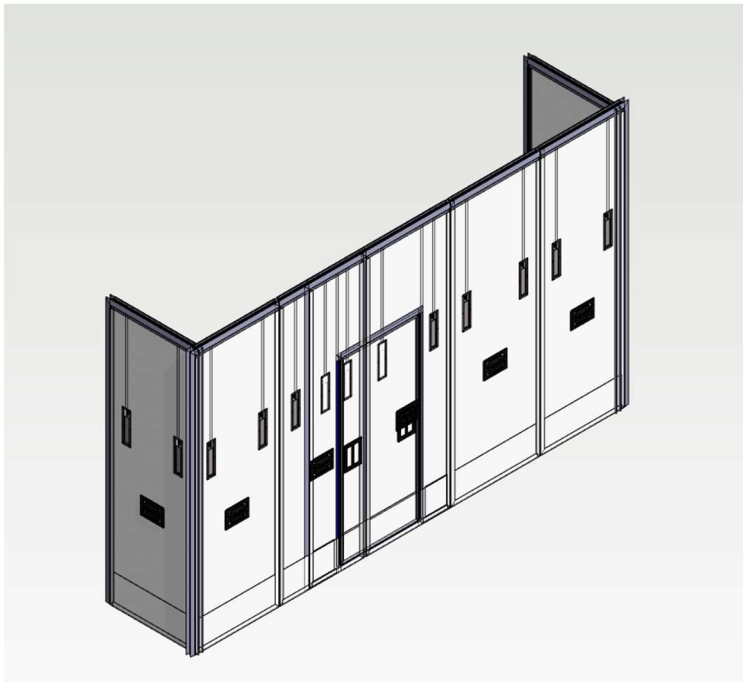
Ensimmäisenä päätettiin suunnitteluautomaatin tyyppi, eli sen käyttäjä. Automaatissa päädyttiin työasemaohjattuun Presto -käyttöliittymään sen yksinkertaisuuden vuoksi, eikä tarvetta myynnin / asiakkaan puolella olevaan automaatin ajamiseen nähty.

Suunnitteluautomaatin valmistus aloitettiin perehtymällä erilaisiin mahdollisiin konfiguraatioihin, joita moduuliväliseissä voidaan käyttää. Moduuliseinien eri muuttujista tehtiin listaus

- yritys (Fokor / EL-Kori), eli mitkä kahvat ja miten elementit sijoittuvat kokoonpanossa
- mittavaatimukset eli tilan leveys/pituus, kuormatilan sisäkorkeus, elementtien määrä, poikittainen tilanjako
- seinäkokoonpanon kätisyys ts. käytetäänkö seiniä korin vasemmalla vai oikealla puolella
- lisävarusteet eli tuleeeko väliseiniin potkulevyt sekä onko 1. elementissä käyntiovi

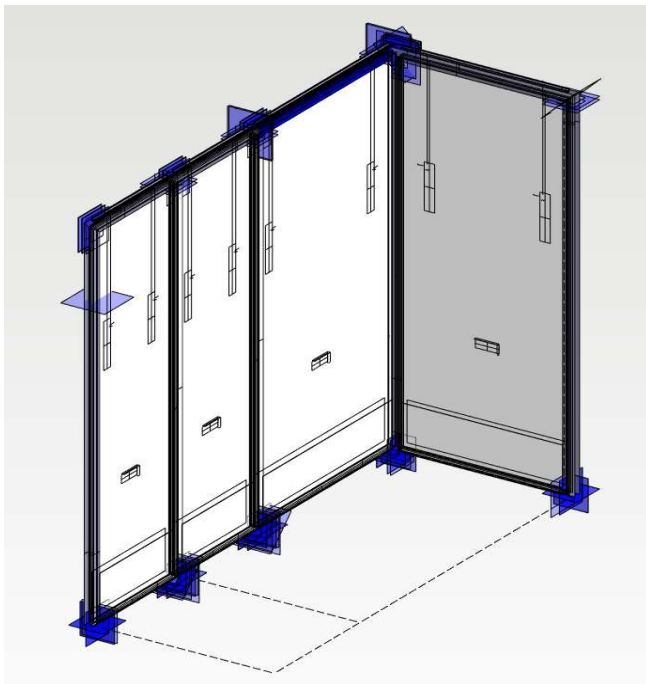
4.2 Kokoonpanon luominen Vertex G4:ssä

Kokoonpanon luominen aloitettiin valmistamalla jokaisesta elementistä rautalankamalli. Rautalankamalli tarkoittaa kuvan 8 kaltaista viivoilla ja pistellä piirrettyä "luurankoa", jonka ympärille voidaan rakentaa elementit sekä profiilien ja tiivisteiden ohjaukset. Rautalankamallia ohjataan sille asetetuilla mittapuuheidoilla (kuvassa punaisella rajattu alue). Mittapuuheito antaa jokaiselle mitalle oman tunnuksen ja arvon, jonka avulla automaatti voi vaihdella näiden ehtojen arvoja. Jokainen väliseinän osa laitettiin seuraamaan rautalankamallin mittaehtoja, jolla pyrittiin estämään mallin "rikkoutuminen" eli osien sidontaehtojen katoaminen. Näin voi tapahtua, mikäli osa on sidottu toiseen osaan, joka on mittaehto



KUVA 9. Väliseinäsarjan pohjamalli

Väliseinäsarjalle luotiin pääkokoontaan myös luurankomalli, johon väliseinät ovat sidottuina. Tämä luurankomalli noudattaa vaaditun tilatarpeen leveys- ja pituusmittaa ja toimii myös varmistuksena elementtien oikealle mitoitukselle. Mikäli elementtien laskukaavoissa on virhe, elementtien etäisyydet poikkeavat, jolloin virhe on helppo havaita silmillä. Luurankomallin voi havaita kuvan 10 katkoviivoista.

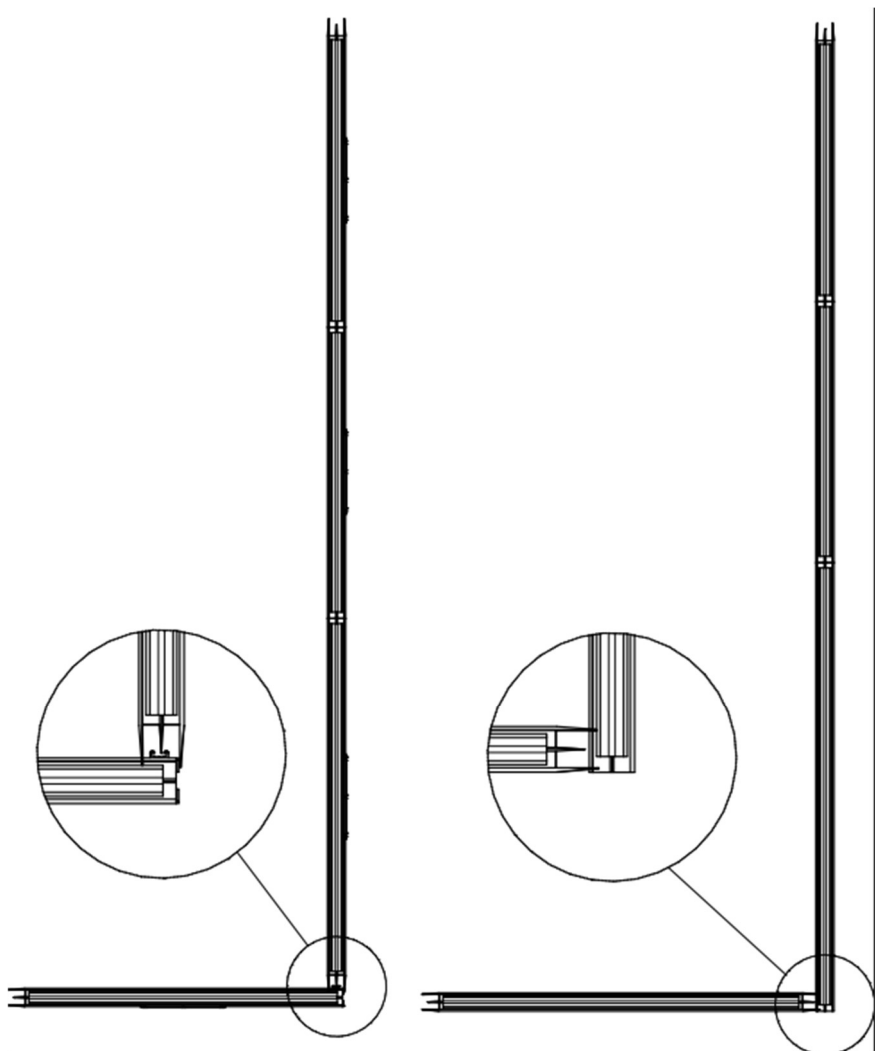


KUVA 10. Väliseinäsarjan luuranko

4.3 Elementtien mitoitussehtojen määrittäminen

Elementtien leveyksien laskeminen riippuu konfiguraatiosta, joka määräytyy sillä, onko elementissä käyntiovi, halutaanko tila jakaa myös poikittain, sekä onko väliseinät tulossa Fokorin vai EL-Korin asiakkaalle. Käyntiovi tulee aina 1. elementtiin. Mikäli elementissä on käyntiovi, on sen leveys aina vakio. Poikittainen tilanjako puolestaan pakottaa pääty-, 1.- sekä 2. elementin mitoituksen vastaamaan kuormatilan sisäleveyttä, sen sijaan että sivuelementit olisivat tasamittaisia.

Fokorin ja EL-Korin valmistamat väliseinät ovat erilaisia kokoonpanoltaan, sillä EL-Korin väliseinissä päätyelementti tulee samalle tasolle sivuelementtien ulkopinnan kanssa (KUVA 11, vasen puoli) kun taas Fokorilla päätyelementti tulee sisäpintaan (KUVA 11, oikea puoli). Tämän vuoksi molemmille pitää luoda elementtien leveyksille omat laskukaavansa.



KUVA 11. Fokorin ja EL-korin eroavaisuudet väliseinien konfiguraatiossa

Elementtien leveysmitoista luotiin Excelissä taulukko (TAULUKKO 2) ja jokaiselle konfiguraatiolle annettiin arvo, jonka perusteella automaatti laskee tarvittavat leveysmitat elementeille. Kokoonpanossa päädyttiin 8 eri konfiguraatioon, joita kutsutaan arvoiksi.

TAULUKKO 2. Leveysmittojen konfiguraatiot

Arvo	EL-Kori	Fokor	Käyntiovi	Poikittainen tilanjako
1	x			
2	x		x	
3	x			x
4	x		x	x
5		x		
6		x	x	
7		x		x
8		x	x	x

Taulukossa 3 nähdään eri arvoille suoritettuja laskentoja, jossa voidaan huomata elementtien leveysmittojen olevan erilaiset joka konfiguraatiolla. Taulukossa E1-E4 esittävät elementtejä 1–4, ja arvot ovat taulukossa 2 annettuja konfiguraatioita.

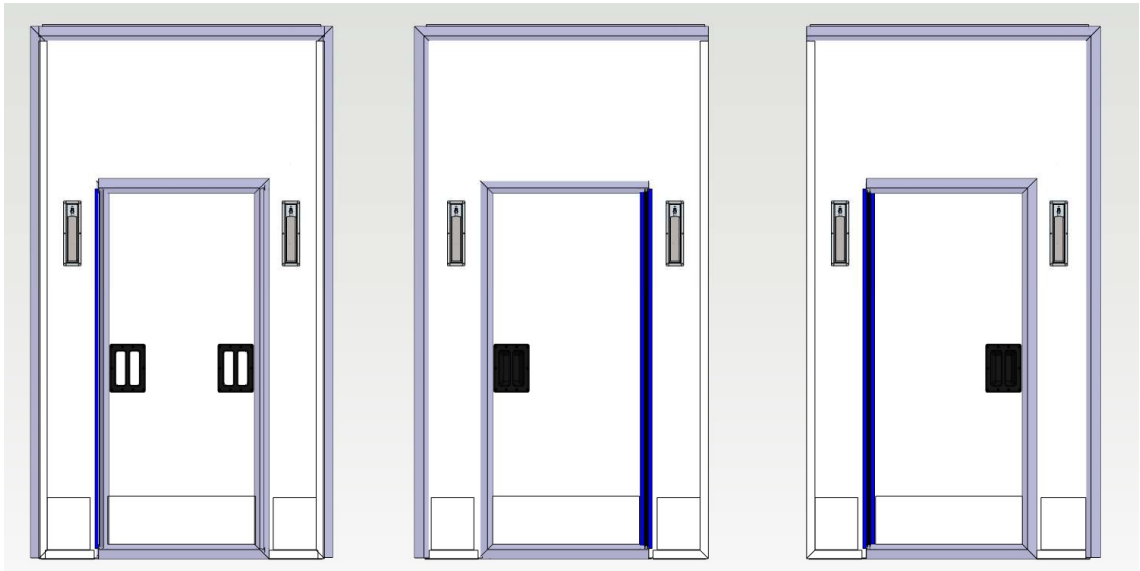
TAULUKKO 3. Elementin leveyksiä 4 elementin konfiguraatiossa

Arvo	E1 (mm)	E2 (mm)	E3 (mm)	E4 (mm)
1	1350	244	966	770
2	1350	605	605	770
3	797	797	966	770
4	853	853	854	770
5	1350	183	949	842
6	1350	566	566	842
7	767	767	948	842
8	827	827	828	842

Taulukointiin päädyttiin, sillä sen avulla oli helppo jakaa kaavoja useille eri so-luille, sekä samaan taulukkoon oli helppo luoda variaatiot myös 3 elementin sarjoille.

4.4 Väliseinien kätisyyden vaikutus

Vasemmalle ja oikealle taakse asennettavat väliseinät ovat toistensa peilikuvia, joten niillä on täysin omat mallit, pois lukien 1:siä- sekä päätyelementtejä, joissa kätisyyden muutokset tehtiin poistamalla väärän kätisyyden tiivisteet ja profiilit sekä käyntiovellisessa elementissä myös väärän kätinen käyntiovi. Kuvassa 12 voidaan nähdä esimerkki elementin kätisyyden vaihdosta. Vasemmanpuoleisin malli on ns. pohjamalli, jossa on molempien kätisyyksien sisältämät osat. Keskimäinen malli on vasemmalla puolen käytetty malli, jonka tunnistaa sen vasemmalla puolella olevasta tiivisteestä, joka tiivistää tilan takaovea vasten, oikealla puolella on puolestaan urostiiviste sekä I-profiili, johon toinen väliseinä kiinnittyy.




KUVA 12. Ovellisen elementin pohja ja sen konfiguraatiot

4.5 Suunnitteluautomaatin luominen

Suunnitteluautomaattipohjan luominen aloitettiin käyttämällä valmista Vertex Presto -suunnitteluautomaatin pohjaa, joka toimii Excelin kautta. Automaattiin ryhdyttiin rakentamaan työmääräinystävällisellä periaatteella, eli käyttöliittymä laskee automaattisesti väliseinien rajaaman tilan liittymään syötetyn lava- tai rullakkomäärän perusteella. Kuvasta 13 voidaan nähdä suunnitteluautomaatin käyttöliittymä. Oranssilla rajatulla alueella syötetään väliseinien halutut tiedot,

kuten suunniteltavan korin numero, sen mittatiedot, haluttu väliseinäkonfiguraatio sekä väliseinäsarjan koko. Vihreällä rajatulla alueella voidaan tehdä tarvittaessa pieniä hienosäätöjä vakiomittoihin. Tämän tarkoituksena on helpottaa tulevaisuudessa tiettyjen ehtojen muuttamista kajoamatta itse automaattiin rakennettuun logiikkaan. Punaisella rajatulle alueella on suuri "Aja automaatti" painike, jolla käynnistetään automaatti. Automaatti ajaa täysin itsenäisesti ohjelman noin 10–20 minuutissa ja lopputuloksena on haluttu sarja.

Aja automaatti



FOKOR
JYKI YHTIÖT

KORIAUTOMAATTI VÄLISEINÄT

PROJEKTITIEDOT

Korinnumero	99999
Suunnittelija	PEI
Päivämäärä	2023-03-10

VÄLISEINÄTIEDOT

Liimauspvm	pvm
Pöytänumero	1
Korin sisäkorkeus	2700
Korin sisäleveys	2493
Väliseinät asennetaan	Vasemmalle
Merkki	EL-Kori
Muunto poikittaiseen tilanjakoon	Kyllä
Potkupellit	Potkupellit ottaa ja taaksi
Käyntiovi elementtiin	Kyllä
Oviaukon leveys	800
Oviaukon korkeus	1800
EL-Kori päätyelementin alumiiniprofiili + tiiviste	Ei

MITOITUS

Mitoitusperusta	EUR
Pitkittäin/Poikittain	Pitkittäin
Kappalemäärä	2
Vällys, pituus	200
Vällys, leveys	50
Pakastetilan leveys	800
Pakastetilan pituus	2400
Elementtejä yhteensä	4

OHJEITA

Muokattavat solut, joihin käyttäjä voi syöttää tietoja on merkitty keltaisella värillä

Informatiiviset solut, joihin lasketaan arvoja käyttäjän syötteiden perusteella on merkitty vaalean harmaalla värillä

Ennen automaatin ajoa, tee vielä tietojen kelpoisuuden tarkastus.
Tiedot -> Tietojen kelpoisuuden tarkistaminen -> Ympyröi virheelliset tiedot

HIENOSÄÄTÖ

Elementin työvara, korkeus	25
Elementin työvara, leveys	5
Al. Prof offset, laminaatista	1
Al. Prof offset, naaras	9
Al. Prof offset, uros	6
Tallatiivisteiden leveysoffset	6
Tallatiivisteiden korkeusoffset	40
Elementit, het. Tiiv. Etäisyys	40
Sähköputken työvara	50

KUVA 13. Suunnitteluautomaatin käyttöliittymä

Automaatin toiselta välilehdeltä löytyy automaatin logiikka. Automaatin toiminta on käytännössä kaksiosainen. Excelissä automaatti tekee seuraavat vaiheet

- tarkistaa konfiguraation ja ottaa käyttöön siinä käytetyt laskuehdot
- määrittää poistettavat elementit, niihin liittyvät osat sekä piirustukset
- määrittää jäljelle jääneiden elementtien poistettavat tiivisteet, alumiiniprofiilit, potkupellit sekä nostokahvat
- laskee tilatarpeen ja mitoittaa jokaisen elementin leveyden sekä korkeuden sen mukaisesti
- määrittää elementin koneistettavien osien sijainnit sekä mitat
- laskee käytettävien eristepalojen määrän ja niiden koot sekä muodostaa niistä tekstikentän eristepiirustukseen

Näistä Excel muodostaa Visual Basicin avulla kuvan 14 mukaisen komentotiedoston, jossa on kokoonpanon mukaan noin 1000–1500 käskyä, jotka suunnitteluautomaatti ajaa läpi ja rakentaa niiden mukaisen kokoonpanon.



```

taskfile - Notepad
File Edit Format View Help
{
#Task = VXTASK(VXG4_AUTOASSY,0,7);
#Task.OPENDEBUGFILE("c:/temp/debug.txt");
#Task.CHANGE(#100,FG000087,,);
#Task.CHANGE(#106,FG000092,,);
#Task.CHANGE(#103,FG000090,,);
#Task.CHANGE(#105,FG000091,,);
#Task.CHANGE(#111,FG000094,,);
#Task.CHANGE(#111/#156,FG000098,,);
#Task.REMOVE(#100/#122);
#Task.REMOVE(#100/#123);
#Task.REMOVE(#100/#124);
#Task.REMOVE(#100/#125);
#Task.REMOVE(#100/#126);
#Task.REMOVE(#100/#127);
#Task.REMOVE(#100/#128);
#Task.REMOVE(#104);
#Task.REMOVE(#107);
#Task.REMOVE(#108);
#Task.REMOVE(#110);
#Task.REMOVE(#100/#107);
#Task.REMOVE(#103/#107);
#Task.REMOVE(#104/#107);
#Task.REMOVE(#105/#107);
#Task.REMOVE(#106/#107);
#Task.REMOVE(#107/#107);
#Task.REMOVE(#108/#107);
#Task.REMOVE(#111);
#Task.REMOVE(#111/#122);
#Task.REMOVE(#111/#123);
#Task.REMOVE(#111/#124);
#Task.REMOVE(#111/#127);

```

KUVA 14. Excelin luoma komentotiedosto

Kuvasta 15 nähdään esimerkkejä käytettävistä muuttujista. Selite osassa nähdään muuttujan selite ja arvo sekä parametri osiot kertovat G4:n menevät mittatiedot millimetreissä. Esimerkiksi tässä 1. elementin korkeudeksi on laskettu 2645 mm ja G4 tunnistaa tämän ehtona VS_Ele1_Kork, jolloin se säätää kyseisen muuttujan arvoon 2645.

Selite	Arvo	M	Parametri	
Korin sisäkorkeus	2700		SK	
Korin sisäleveys	2493		SL	
Pakastettilan sisäpituus	2400		SP	
Elementti 1, korkeus	2645		VS_Ele1_Kork	Laskentakavaa käyttötymä-välillä
Elementti 1, leveys	1350		VS_Ele1_Lev	Laskentakavaa käyttötymä-välillä
Elementti 2, korkeus	2645		VS_Ele2_Kork	Laskentakavaa käyttötymä-välillä
Elementti 2, leveys	183		VS_Ele2_Lev	Laskentakavaa käyttötymä-välillä
Elementti 3, korkeus	2645		VS_Ele3_Kork	Laskentakavaa käyttötymä-välillä
Elementti 3, leveys	949		VS_Ele3_Lev	Laskentakavaa käyttötymä-välillä
Elementti 4, korkeus	2645		VS_Ele4_Kork	Laskentakavaa käyttötymä-välillä
Elementti 4, leveys	842		VS_Ele4_Lev	Laskentakavaa käyttötymä-välillä
Lukkokahvan eristyspituus sivusta	120		VS_LK_Elev	Lukitus
Lukkokahvan korkeus alareunasta	1700		VS_LK_EKork	Lukitus
Lukkokahvan syvyys	31,3		VS_LK_Syv	Lukitus
Lukkokahvan korkeus	285		VS_LK_Kork	Lukitus
Lukkokahvan leveys	60		VS_LK_Lev	Lukitus

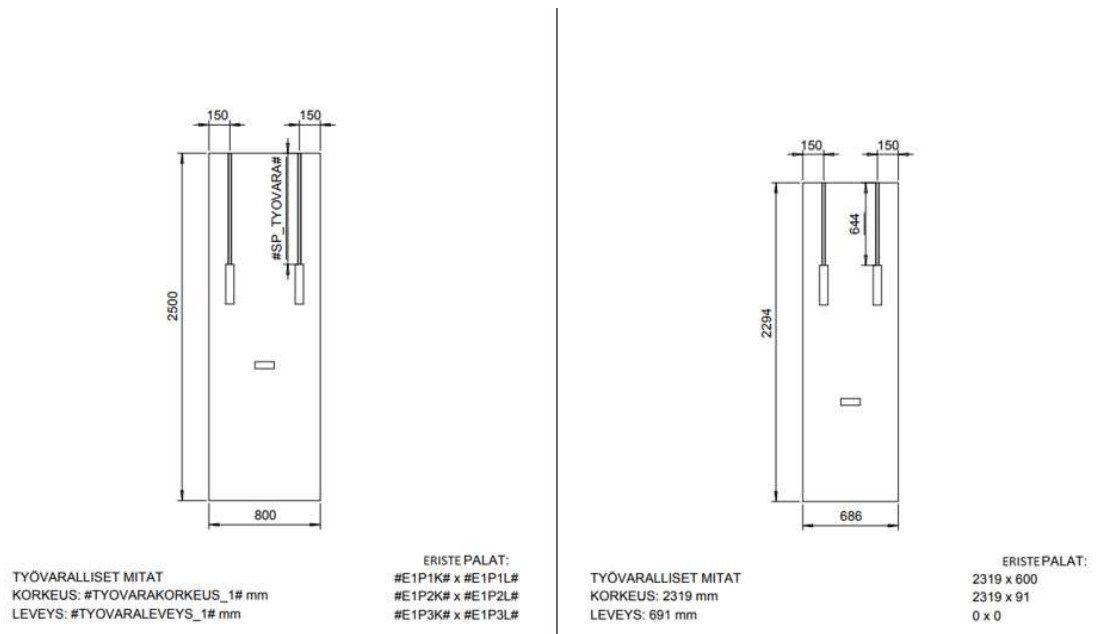
KUVA 15. Suunnitteluautomaatin muuttujia

Automaatin logiikka sekä muuttujien nimet on pyritty selittämään mahdollisimman kattavasti muun muassa automaattiin sijoitetuilla infosoluilla, jotta tulevaisuudessa mahdolliset automaatin päivitys- ja korjaustyöt olisivat mahdollisimman helppoja ja nopeita tehdä. Automaatin ajamista varten luotiin myös ohjekirja kuvineen, jossa käydään jokainen automaatin vaihe läpi.

4.6 Tekstimakrot

Piirustuksiin on asetettu tekstimakroja, joiden avulla voidaan tulostaa piirustuksiin muuttuvia tekstejä, kuten työvarallisia mittoja sekä eristepalan leikkausmittoja. Esimerkkinä kuvassa 16 nähdään vasemmalla tekstimakrojen pohjat ja oikealla valmiin piirustuksen arvot. Tässä esimerkissä sisätangon pituutta ei oteta suoraan mallista, vaan se on tekstimakron syöttämä ”valemitta”, johon on laskettu työvara. Ratkaisuun päädyttiin, sillä työvarallisilla mitoilla piirustuksen mittasuhteet menevät vääriksi, sekä tuotannossa tämä havaittiin paremmaksi tavaksi. Piirustusten alaosassa voidaan nähdä elementtien työvaralliset mitat, sekä eristepalojen mitoitus. Työvarallinen mitta kertoo minkä kokoisesta elementtiäihiosta elementtiä ruvetaan työstämään oikeisiin mittoihin. Sillä elementti usein on suu-

rempi ainakin yhdeltä mitaltaan verrattuna eristepalaan, on elementin kasauksessa käytettävä useampaa eristepalaa. Kyseinen laskuri laskee tarvittavien eristepalojen määrän sekä niiden koot automaattissa, sekä tulostaa arvot piirustukseen, jolloin tuotanto voi leikata valmiiksi eristepalat työtä varten.



KUVA 16. Piirustuksen tekstiehdot ja niille tulostuneet arvot

Taulukossa 3 nähdään tekstimakrojen nimet sekä arvot, joita käytetään kuvassa 16. Jokaisessa tekstimakron solussa on oma kaava. Soluihin voi myös laittaa tekstiä, jota on käytetty piirustuksissa esimerkiksi potkupeltien sijoitusta tarkentamassa.

TAULUKKO 3. Tekstimakrojen arvoja

TEKSTIN NIMI	KORVAAVA TEKSTI
E4P2K	70
E4P2L	847
E4P3K	2600
E4P3L	247
TYOVARALEVEYS_1	1355
TYOVARAKORKEUS_1	2670
TYOVARALEVEYS_2	188
TYOVARAKORKEUS_2	2670

4.7 Suunnitteluautomaatin testaus

Suunnitteluautomaatin koekäyttö aloitettiin ajamalla sitä erilaisilla kokoonpanolla, jotka ovat mahdollisimman erilaisia mitoiltaan ja konfiguraatioiltaan, mikä mahdollisti mittaehtojes toteutumisen, mallin mittaehtojes toteutuvuuden sekä piirustusten toimivuuden kartoituksen mahdollisimman tarkasti. Koekäytön jälkeen malli ja piirustukset tutkittiin sekä kaikki poikkeavuudet kirjattiin ylös ja korjattiin, minkä jälkeen sama kokoonpano ajettiin uudelleen automaatissa. Tämä toistettiin kaikilla taulukossa 2 löytyvillä arvoilla, kätisyysillä sekä elementtimäärillä. Kun virheitä ei enää tapahtunut, siirryttiin automaattia testaamaan asiakastöillä.

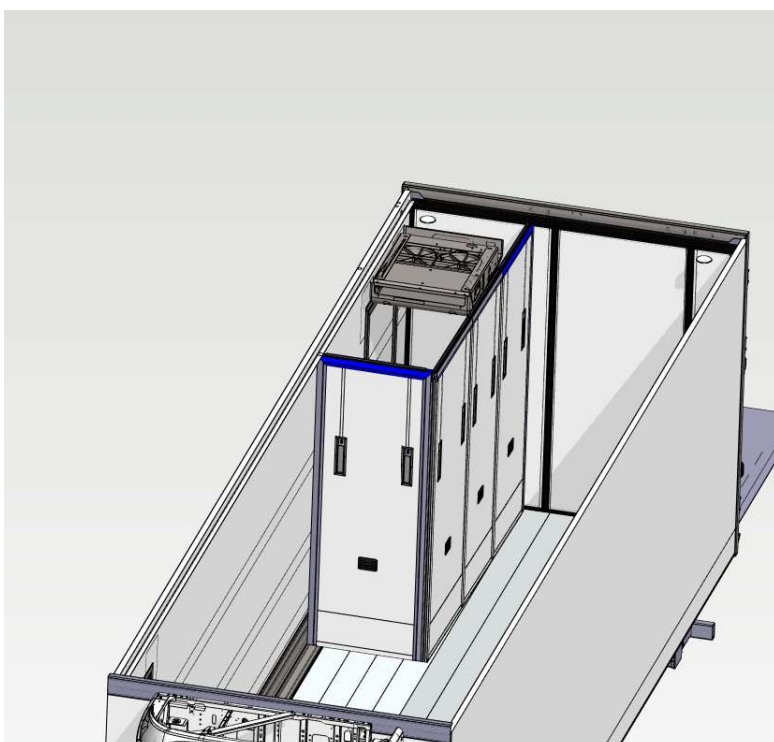
Suunnitteluautomaattia testattiin käytännössä ottamalla asiakastyö ja syöttämällä tarvittavat arvot automaattiin. Automaatilla meni aikaa n. 10 minuuttia rakentaa kuvassa 18 oleva Fokorin asiakkaalle tuleva, taakse oikealle asennettava, poikittaisella tilanjaolla sekä potkulevyillä oleva väliseinäsarja. Kyseisen kokoonpanon muodostuminen väliseinän pohjamallista (kuva 9) automaatti suoritti seuraavat vaiheet

- poisti ovellisen elementin ja sen käyntioven (Ei käyntiovea valittu)
- poisti vasemmanpuoliset elementit (Oikean puolen kätisyys valittu)
- poisti vasemmanpuoleiset tiivisteet, profiilit sekä EL-Korin nostokahvat
- vaihtoi elementin korkeuden korin sisäkorkeuden mukaan
- suoritti konfiguraatiolle (TAULUKKO 2, arvo 7) tarkoitetun laskutoimituksen, ja laski tämän perusteella elementtien leveydet, tiivisteiden, I-profiilien yms. mitat, nosto ja lukituskahvojen koloukset sekä päätyelementin sijainnin
- päivitti piirustukseen mitat ja nimesi piirustukset halutun projektinumeron mukaan
- mitoitti työvaralliset sekä eristepalojen mitat ja tulosti nämä piirustuksiin muiden tekstimakrojen ohessa



KUVA 18. Valmis väliseinäelementtisarja

Väliseinäsarjaa kokeiltiin asiakkaalle suunniteltavaan jakelukoriin, jossa varmistettiin kylmälaitteen höyrystimen mahtuminen tilaan ja että väliseinäsarjan sulkema pakastetilan mitoitus on oikea. Kuvassa 19 voidaan nähdä asiakkaan koriin asennettu väliseinäsarja.



KUVA 19. Valmis väliseinäsarja asennettuna koriin

5 POHDINTA

Suunnitteluautomaatin rakennus oli täysin uusi haaste minulle, mutta suunnitteluun käytetyt ohjelmat olivat minulle jo entuudestaan tuttuja. Suunnitteluautomaatin valmistukseen meni aikaa noin 110 työtuntia. Työtunteihin on laskettu mukaan suunnitteluautomaatteihin ja väliseinärakenteisiin perehtyminen, sekä lisähuomiona suunnitteluautomaatin koeajamiseen kulunut aika, jota voitiin hyödyntää esimerkiksi jättämällä automaatti ajamaan ohjelmaa tauon ajaksi. Kulutettu aika on kuitenkin noin 50-kertainen siihen, mitä tavallisen väliseinäsarjan suunnitteluun kuluu aikaa. Kuitenkin tämä tulee ajatella pidemmällä tähtäimellä työresurssien vähenemisellä sekä suunnittelun, että tuotannon kannalta sillä yhtenevät, automatisoidut piirustukset vähentävät virheitä.

Suomen Kerroslevy Oy valmistaa väliseinäsarjoja vuosittain n. 100 sarjaa, joista n. 50–70 % ovat uniikkeja eli suunnittelutyötä vaativia, joten yli 1,5 tunnin säästö jokaisesta uniikista sarjasta luo lähes 100 työtunnin hyödyn vuosittain, eli automaatti maksaa itsensä teoriassa takaisin arviolta noin 12–18 kuukauden aikana. On aikaista sanoa tarkasti, kuinka tehokkaaksi suunnitteluautomaatin käyttö muodostuu, sillä sen laajamittaisempaa käyttöönottoa ollaan vasta aloittelemassa tätä kirjoittaessa. Alustavien koeajojen perusteella automaatti pitää rakenteensa kasassa hyvin eri kokoonpanoilla sekä mitoitukset täsmäävät.

Haastattelin tuotantoa vanhojen piirustuksien pohjalta ja kävi ilmi, että piirustukset ovat usein erilaisia keskenään, joten automaatin tuomat yhdenkaltaiset piirustukset ovat toivottu osa eräänlaista työergonomiaa. Kun piirustuksissa ovat kaikki osaluetteloinnin järjestyksestä asti samaa, on kussakin työvaiheessa tarvittavat arvot kuten tiivisteiden pituudet helppo löytää.

Tulevaisuutta ajatellen automaatin logiikka pyrittiin tehdä mahdollisimman yksinkertaiseksi ymmärtää, jotta päivitys- ja korjaustyöt olisivat helppo ja nopea tehdä myös muilta, mikäli en ole tavoitettavissa. Käytännössä kuitenkin automaatin logiikkaan kajoaminen vaatii perehdytyksen aiheeseen. Väliseinäautomaatti ei toisistaan kata harvinaisempia konfiguraatioita, joita menee sarjamäärältään korkeintaan pari kappaletta vuodessa.

LÄHTEET

Autodesk. n.d. CAD software. Viitattu 15.3.2023. <https://www.autodesk.com/solutions/cad-software>

EL-Kori Oy n.d. Väliseinät. Viitattu 3.3.2023. <https://www.el-kori.fi/v%C3%A4lisein%C3%A4t-kuljetuskorit>

Fokor Oy. 2021a. Jakelukorit. Viitattu 4.4.2023. <https://www.fokor.fi/jakelukorit>

Fokor Oy. 2021b. Kylmäkorit. Viitattu 4.4.2023. <https://www.fokor.fi/kylm%C3%A4korit>

ATP-sopimus SopS 48/81. Viitattu 10.4.2023. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yritykset/elintarvikeala/logistiikka/atp-sopimus-ja-liitteet-6.1.2018_fi.pdf

Jousea, K. Tuotantopäällikkö. 2023. Haastattelu 11.1.2023. Suomen Kerroslevy Oy.

Jyki Group Oy. 2020. Konserni. Viitattu 16.4.2023. <https://www.jykigroup.fi/>

Kief, H. & Roschiwal, H. 2012. Digital Product Development and Manufacturing: From CAD and CAM to PLM. E-kirja. 1. Painos. New York: McGraw-Hill Education. Viitattu 10.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www-accessengineering-library-com.libproxy.tuni.fi/content/book/9780071799485/chapter/chapter21>

Lamb, F. 2013. Automation and Manufacturing. E-Kirja. 1. Painos. New York: McGraw-Hill Education. Viitattu 10.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www-accessengineeringlibrary-com.libproxy.tuni.fi/content/book/9780071816458/chapter/chapter1>

Luonnonvarakeskus. 2022. ATP-sopimus ja -todistus. Viitattu 17.4.2023. <https://www.luke.fi/fi/palvelut/atpsopimus-ja-todistus>

Kylmäketju.fi. n.d.a. Tuotteiden asettamat vaatimukset. Viitattu 30.3.2023. <https://kylmaketju.fi/toimintaketju/tuotteiden-asettamat-vaatimukset/tuotteiden-asettamat-vaatimukset/>

Kylmäketju.fi. n.d.b. ATP-sopimus ja kuljetusvälineet. Viitattu 30.3.2023. <https://kylmaketju.fi/lainsaadanto/atp-sopimus/kuljetusvalineet/>

Mikkola, T. Suunnittelupäällikkö. 2023. Haastattelu 11.1.2023. Fokor Oy.

Osaavayritys.fi n.d. Tuotekehitys. Viitattu 16.4.2023. <https://www.osaavayrittaja.fi/yritystoiminnan-kehitt%C3%A4minen/tuotekehitys>

Valtiosopimus helposti pilaantuvien elintarvikkeiden kansainvälisiä kuljetuksia ja tällaisissa kuljetuksissa käytettävää erityiskalustoa koskevan yleissopimuksen voimaansaattamisesta 48/1981 Viitattu 10.4.2023. <https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1981/19810048>

Vertex. 2021a. Käyttövihjeitä. Tuotedokumentaatio. Viitattu 5.4.2023. <https://kb.vertex.fi/g42021fi/kaeyttoevihjeitae/kevennae-malleja-nopeutat-tyoeta-esi>

Vertex. 2021b. Esimerkki suunnitteluautomaatista ja vinkkejä suunnitteluautomaatin tekemiseen. Tuotedokumentaatio. Viitattu 5.4.2023. <https://kb.vertex.fi/g42021fi/g4-perustoiminnallisuus/vertex-g4-n-lisaeoptiot/suunnitteluautomaatit/esimerkki-suunnitteluautomaatista-ja-vinkkejae-suunnitteluautomaatin-tekemiseen>

Vertex. nd. Vertex Flow tuotetiedon hallinta (PDM/PLM). Viitattu 5.4.2023. <https://vertex.fi/flow/>

Yang, K. & Basem, S. 2009. Product Development Process and Design for Six Sigma. E-kirja. 2. Painos. New York: McGraw-Hill. Viitattu 10.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www-accessengineeringlibrary-com.libproxy.tuni.fi/content/book/9780071547673/chapter/chapter3>

