

Petteri Puranen

Parametrisen mallin hyödyntäminen ruuvikuljettimen suunnittelussa

Opinnäytetyö

Syksy 2020

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Petteri Puranen

Työn nimi: Parametrinen mallin hyödyntäminen ruuvikuljettimen suunnittelussa

Ohjaaja: Samuel Suvanto

Vuosi: 2020

Sivumäärä: 43

Liitteiden lukumäärä: 0

Työn tilaajana toimi JPT-Industria Oy. Työn tarkoituksena oli kehittää yrityksen suunnittelutyötä selvittämällä parametrinen mallintamisen käyttömahdollisuuksia ruuvikuljettimen suunnittelussa. Työn tavoitteena oli luoda ruuvikuljettimesta parametrinen malli, joka vähentää ruuvikuljettimen suunnitteluun käytettyä aikaa ja standardisoi suunnittelussa käytettyjä ratkaisuja.

Työssä perehdyttiin ruuvikuljettimen rakenteeseen ja suunnitteluun, parametrizeen mallintamiseen ja konfigurointiin sekä tuotteen standardisointiin. Lisäksi työssä käsiteltiin Autodesk Inventor -suunnitteluohjelmistoa, jolla parametrinen malli toteutettiin.

Työn tulokseksi saatiin parametrinen malli, jolla yrityksen on mahdollista suunnitella ruuvikuljettimia. Parametrinen mallin avulla pystyttiin nopeuttamaan ja standardisimaan ruuvikuljettimen suunnittelutyötä. Lisäksi pystyttiin arvioimaan parametrinen mallintamisen hyödyllisyyttä myös yrityksen muissa tuotteissa.

Asiasanat: ruuvikuljetin, parametrinen mallinnus, konfigurointi, standardisointi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Petteri Puranen

Title of thesis: Utilization of a parametric model in the design of a screw conveyor

Supervisor: Samuel Suvanto

Year: 2020

Number of pages: 43

Number of appendices: 0

The subscriber of the thesis was JPT-Industria Oy. The purpose of the thesis was to develop screw conveyor design by using a parametric modeling. The aim of the thesis was to create a parametric model for a screw conveyor and to decrease the time and to standardize methods used in the design.

The thesis studied the structure and design of a screw conveyor, parametric modeling and configuration and product standardization. The thesis also dealt with Autodesk Inventor designing program, which was used in creating the parametric model.

The result of the thesis was a parametric model that the company could use in the designing of the screw conveyors. The parametric model made the designing process faster and standardized the designing methods. The company could also survey the benefits for using parametric modeling in other products.

Keywords: screw conveyor, parametric modeling, configuration, standardization

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ	3
Kuvioluettelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tausta	7
1.2 Työn tavoitteet.....	7
1.3 Työn rakenne	8
1.4 Työn rajaukset.....	8
1.5 Yritysesittely	9
2 RUUVIKULJETIN	10
2.1 Ruuvikuljetin pääosat	11
2.1.1 Runko.....	11
2.1.2 Tulo- ja poistoaukot.....	12
2.1.3 Ruuvikierukka	12
2.1.4 Laakerointi	13
2.1.5 Käyttökoneisto	13
2.1.6 Tiivistys	13
2.2 Ruuvikuljetin suunnittelu	14
3 TUOTEKONFIGUROIINTI JA PARAMETRINEN MALLINNUS	15
3.1 Tuotekonfigurointi.....	15
3.2 Parametrinen mallinnus	16
4 MODULOINTI JA STANDARDISOINTI	18
5 AUTODESK INVENTOR.....	19
5.1 Mallinnustiedostot	19
5.2 Parametrit	20
5.3 iLogic.....	21
6 PARAMETRISEN MALLIN TOTEUTUS	22

6.1 Ruuvikuljettimen rakenteen suunnittelu.....	22
6.1.1 Suunniteltu rakenne	22
6.1.2 Rakenteen standardisointi.....	24
6.2 Ohjelmistot	25
6.3 Toimintaperiaate	26
6.4 Parametrinen malli	27
6.5 Konfiguraattori.....	31
6.5.1 Parametrit	32
6.5.2 Käyttöliittymä.....	34
6.5.3 Ohjeet	35
6.5.4 Ruuvit.....	36
6.5.5 Vaihteet.....	37
6.5.6 Laakerit	38
7 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	39
8 POHDINTA	41
LÄHTEET	42

Kuvioluettelo

Kuvio 1. Ruuvikuljettimen pääosat.....	11
Kuvio 2. Ruuvikuljettimen runko.....	22
Kuvio 3. Ruuvikuljettimen ruuvikierukka.....	23
Kuvio 4. Ruuvikuljettimen laakerointi ja käyttökoneisto.....	24
Kuvio 5. Parametrisen mallin ja konfiguraattorin toimintakaavio.....	26
Kuvio 6. Ruuvikuljettimen emomalli.....	28
Kuvio 7. Parametrien linkitys.....	29
Kuvio 8. Parametrisen mallin pääkokoontaminen.....	30
Kuvio 9. iLogic-sääntö.....	31
Kuvio 10. Konfiguraattorin Parametrit-välilehti.....	32
Kuvio 11. Konfiguraattorin Käyttöliittymä-välilehti.....	34
Kuvio 12. Konfiguraattorin Ohjeet-välilehti.....	35
Kuvio 13. Konfiguraattorin Ruuvit-välilehti.....	36
Kuvio 14. Konfiguraattorin Vaihteet-välilehti.....	37
Kuvio 15. Konfiguraattorin Laakerit-välilehti.....	38

Käytetyt termit ja lyhenteet

Kapasiteetti	Enimmäistuotantokyky tietyssä ajanjaksona.
Kitkakerroin	Kuvaa kappaleiden välisen kitkan suuruutta.
Ominaispaino	Tietyn tilavuuden ainemäärän massan suhde saman tilavuuden vesimäärän massa.
Parametri	Matemaattisen kaavan tai ohjelman muuttuja, jolla voi olla eri arvoja.
Täyttöaste	Osuus ruuvikuljettimen kokonaistilavuudesta, minkä ruuvikuljettimessa siirrettävä materiaali täyttää ruuvikuljetinta käyttäessä.
Vierintäkulma	Kuvaa kappaleen vierivyyttä tietyssä kulmassa.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Yritys suunnittelee ja valmistaa vakiotuotteena ruuvikuljettimia. Valmistettavat ruuvikuljettimet ovat perusrakenteeltaan samanlaisia ja eroavaisuudet muodostuvat lähinnä käyttökohteen vaatimista tarpeista. Ruuvikuljettimissa on eroja enimmäkseen niiden koossa ja käyttöasennoissa sekä niissä käytettävissä komponenteissa, esimerkiksi laakereissa ja käyttökoneistossa.

Käyttökohteiden erilaisten tarpeitten vuoksi jokainen ruuvikuljetin suunnitellaan yksilöllisesti ja suunnittelija määrittelee tuotteessa käytettävät ratkaisut. Ruuvikuljetin suunnittelussa käytetään toistuvasti aikaa samanlaisten rakenteiden mallintamiseen ja samanlaisten työvaiheiden suorittamiseen. Lisäksi ruuvikuljettimiin on mahdollista muodostua eroavaisuuksia suunnittelijoiden käyttämien erilaisten ratkaisuiden vuoksi.

Ruuvikuljetin suunnittelutyötä pystyisi todennäköisesti tehostamaan suunnittelutyökalulla, joka mallintaisi ruuvikuljetin automaattisesti suunnittelijan määrittelemillä ehdoilla. Tämä todennäköisesti vähentäisi tuotteen suunnitteluun käytettyä aikaa ja kustannuksia. Lisäksi työkalun avulla ruuvikuljetin rakennetta olisi mahdollista standardisoida, jolloin eroavaisuudet eri ruuvikuljettimien välillä vähenisivät.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tarkoituksena on kehittää ruuvikuljetin suunnittelutyötä selvittämällä parametrin mallintamisen mahdollisuuksia tuotteen suunnittelutyössä. Tavoitteena on luoda suunnittelutyökalu, joka vähentää ruuvikuljetin suunnittelu-aikaa ja jolla on mahdollista standardisoida ruuvikuljetin rakennetta, siinä käytettäviä komponentteja ja sen vaatimaa suunnittelutyötä.

1.3 Työn rakenne

Työ alkaa teorialla, jossa käsitellään ruuvikuljetinta, tuotteen konfigurointia ja parametrista mallintamista, tuotteen modulointia ja standardisointia sekä Autodesk Inventor -suunnitteluohjelmistoa. Ruuvikuljettimen teoriassa selvitetään ruuvikuljettimen rakennetta ja pääosia sekä lisäksi käsitellään ruuvikuljettimen suunnittelua. Tuotteen konfiguroinnista ja parametrisesta mallintamisesta selvitetään menetelmiä niiden toteuttamiseksi. Tuotteen modulointiin ja standardisointiin liittyen käsitellään niiden tarkoitusta tuotesuunnittelussa. Autodesk Inventor -ohjelmistosta selvitetään opinnäytetyössä käytettyjä toimintoja.

Teorian jälkeen siirrytään työn toteutukseen, jossa kuvataan parametrinen mallin toteuttaminen. Toteutuksessa kuvataan ratkaisuja, joihin päädyttiin ruuvikuljettimen rakenteen, käytettävien ohjelmistojen ja parametrinen mallin toimintaperiaatteen osalta. Lisäksi kuvataan millainen parametrinen malli ja konfiguraattori työstä valmistui.

Työn toteutuksen jälkeen esitetään työn tulokset ja johtopäätökset, joissa käsitellään työn tavoitteiden saavuttamista, työssä ilmenneitä puutteita sekä työn hyödyllisyyttä. Lopuksi on vielä pohdinta, jossa käsitellään työstä syntyneitä kehittämis-kohteita ja työn onnistumista.

1.4 Työn rajaukset

Työssä luodaan yrityksen ohjelmistoja käyttäen ruuvikuljettimelle parametrinen malli, jonka rakenteen mittoja ja asentoa voidaan muokata erillisellä konfiguraattorilla. Lisäksi selvitetään millä toimenpiteillä standardikomponentteja, kuten laakereita, olisi mahdollista tuoda malliin samaa konfiguraattoria käyttäen. Tämä ominaisuus sisällytetään parametriseen malliin ja konfiguraattoriin, mikäli sen toteuttaminen on mahdollista ja sen vaatima työmäärä opinnäytetyöhön sisällytettävissä. Työssä tarkastellaan myös luodun suunnittelutyökalun vaikutuksia ruuvikuljettimen suunnittelutyöhön ja siihen käytettyyn aikaan.

1.5 Yritysesittely

JPT-Industria on vuonna 2008 perustettu yritys ja sen kotipaikka on Ilmajoki. Vuonna 2019 JPT-Industria työllisti 34 henkilöä ja sen liikevaihto oli 7,1 miljoonaa euroa. Yritys toimii maailmanlaajuisesti. (JPT-Industria 2020b.)

JPT-Industrian toimialoja ovat rehuteollisuus, elintarviketeollisuus, sähkö- ja lämpövoimalat sekä lannoiteteollisuus. Yritys suunnittelee, valmistaa ja asentaa sekä kokonaislaiteita ja tuotantolinjoja, että yksittäisiä laitteita tai osakokonaisuuksia. JPT-Industria tarjoaa ratkaisuja mm. rehujen ja elintarvikkeiden valmistukseen sekä erilaisten materiaalien käsittelyyn, siirtoon ja varastointiin. Toimitettavat laitokset räätälöidään asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Yritys hyödyntää modulaarista rakennetta toimittamissaan laitoksissa. Laitokset rakennetaan ja koekäytetään yrityksen tuotantotiloissa ja toimitetaan asiakkaalle avaimet käteen -periaatteella. (JPT-Industria 2020a.)

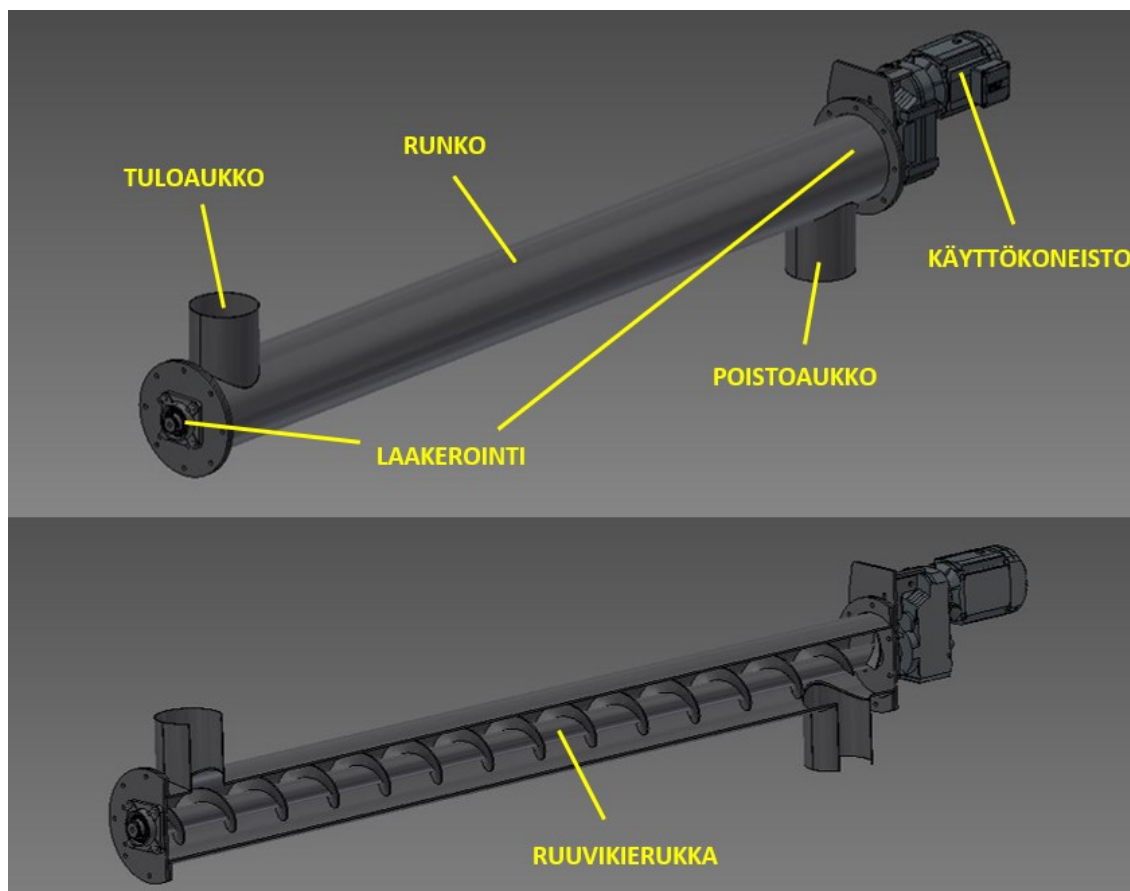
2 RUUVIKULJETIN

Ruuvikuljettimia käytetään erilaisten aineiden siirtoon, annosteluun, sekoittamiseen ja purkamiseen. Ruuvikuljettimen rakenne on yleensä suljettu ja tiivis, joten sillä on mahdollista käsitellä pölyäviä ja kosteita aineita. Ruuvikuljettimella voidaan myös jäähdyttää tai lämmittää siirrettävää ainetta käyttämällä kuljettimessa erikoisrakennetta, jonka läpi virtaa jäähdyttävä tai lämmittävä neste. (Screw Conveyor Corporation 2016, 2–5; Koivisto 2018, 64–67.)

Ruuvikuljettimia käytetään lyhyillä siirtomatkoilla, muutamasta metristä kymmeneen metriin. Myös pidemmät matkat ovat mahdollisia, mutta tällöin ruuvikuljettimeen täytyy tehdä erikoisrakenteita, kuten välilaakerointia. Yleensä pidemmällä siirtomatkoilla käytetään kuitenkin muita kuljettimia, kuten kola- tai hihnakuljettimia. Ruuvikuljettimella on mahdollista siirtää ainetta eri korkeudella olevien kohteiden välillä. Kohteiden välinen nousukulma voi olla kymmeniä asteita. (Koivisto 2018, 64–67.)

Vaikka ruuvikuljetin on rakenteeltaan melko yksinkertainen, voivat eri ruuvikuljettimet poiketa toisistaan hyvinkin paljon johtuen niiden moninaisista käyttömahdollisuuksista. Koska ruuvikuljetinta voidaan käyttää useisiin erilaisiin tehtäviin, sillä on käyttökohteita kaikilla teollisuuden aloilla. Ruuvikuljettimia käytetään esimerkiksi kemian teollisuudessa, rehuteollisuudessa, voimalaitoksilla, elintarviketeollisuudessa sekä yleisesti prosessiteollisuudessa. (Screw Conveyor Corporation 2016, 2–5; Koivisto 2018, 64–67.)

2.1 Ruuvikuljettimen pääosat



Kuvio 1. Ruuvikuljettimen pääosat.

Kuviossa 1. on esitetty ruuvikuljettimen pääosat: runko, tulo- ja poistoaukot, ruuvikierukka, laakerointi sekä käyttökoneisto. Ruuvikuljettimen pääosia käsitellään tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

2.1.1 Runko

Ruuvikuljettimen runkona käytetään joko kourua tai putkea. Koururunko on poikkeileikkaukseltaan U-muotoon taivutettu levyrakenne, jonka päälle asennetaan kannet ruuviliitoksilla. Koururunko soveltuu hyvin vaikeasti liikkuville ja tarttuville materiaaleille, koska kansirakenne mahdollistaa ruuvikuljettimen avaamisen ja mahdollisten huoltotoimenpiteiden suorittamisen. Putkirunko valmistetaan standardikokoisista

putkista. Putkirunko on koururunkoa suljetumpi ratkaisu, joten se rajoittaa huoltotoimenpiteiden suorittamista. Tämän vuoksi putkirunko soveltuu parhaiten kevyiden ja helposti liikkuvien materiaalien käsittelyyn. (Koivisto 2018, 67.)

Ruuvikuljettimen runko on itsekantava, eli se ei vaadi yleensä ylimääräisiä tukirakenteita. Rungon materiaaleina käytetään yleensä normaaleja rakenneteräksiä tai käyttökohteen vaatiessa myös ruostumattomia ja haponkestäviä teräksiä. (Koivisto 2018, 67.)

2.1.2 Tulo- ja poistoaukot

Ruuvikuljettimen päädyissä on yleensä tulo- ja poistoaukot, joiden kautta siirrettävä tai käsiteltävä materiaali virtaa sisään ruuvikuljettimeen ja ulos ruuvikuljettimesta. Tulo- ja poistoaukkojen sijoittelu ratkaisee, toimiiko ruuvikuljetin työntävällä vai vetävällä periaatteella. Ruuvikuljettimen toimintaperiaate on vetävä, kun poistoaukko sijaitsee samassa päädyssä kuin ruuvikuljettimen käyttökoneisto. Tällöin voidaan ajatella, että käyttökoneisto ”vetää” materiaalia tuloaukosta poistoaukkoon. Työntävällä periaatteella toimivassa ruuvikuljettimessä tuloaukko sijaitsee käyttökoneiston päädyssä, jolloin käyttökoneisto ”työntää” materiaalia tuloaukosta poistoaukkoon. Erikoisemmissa ruuvikuljettimien rakenteissa voi olla useitakin tulo- ja poistoaukkoja. (Koivisto 2018, 72.)

2.1.3 Ruuvikierukka

Ruuvikierukka suorittaa aineen siirron tai muun materiaalin käsittelyn ruuvikuljettimessa. Ruuvikierukan rakenne muodostuu yleensä keskusputkesta ja kierteestä sekä käyttöpäähän ja vapaan päähän akseleista. Käyttöpäällä tarkoitetaan ruuvikuljettimen käyttökoneiston puoleista päätyä ja vapaalla päällä käyttöpäähän vastakkaista päätyä. Kierre valmistetaan valssaamalla lattanauhasta tai polttoleikkaamalla kierrenkaat teräslevystä. Kierre liitetään keskusputkeen hitsaamalla. Kierteen nousu ja muut ominaisuudet määräytyvät kuljettimen käyttötarkoituksen mukaan. Kierre voi olla umpi- tai avokierre sekä kierteen nousu voi pysyä samana tai muuttua ruuvikierukan eri kohdissa. Ruuvikuljettimessa voi olla myös useampia ruuvikierukoita.

Aineiden siirtoon käytetään yleensä yhtä ruuvikierukkaa ja sekoittamiseen kahta tai useampaan ruuvikierukkaa. (Koivisto 2018, 65, 69.)

2.1.4 Laakerointi

Ruuvikuljettimen laakeroinnissa käytetään yleensä joko erillistä laakeripesää, jossa on pallomainen rulla- tai kuulalaakeri tai yksittäistä laippalaakeriysikköä. Ruuvikuljettimessa käytettävät laakerit valitaan niihin kohdistuvien kuormien mukaan. Ruuvikuljetin toimii joko työntävällä tai vetävällä periaatteella, minkä vuoksi käyttöpään laakeriin kohdistuu säteisvoimien lisäksi myös aksiaalivoimia. Käyttöpään laakerointiin kohdistuu siis enemmän kuormitusta verrattuna vapaan pään laakerointiin, johon kohdistuu vain säteisvoimia. Laakeroinnissa on huomioitava myös mahdolliset ruuvikuljettimen lämpötilan vaihtelut. Laakereiden kiinnitykset ja lukitukset on toteutettava niin, että ruuvikuljettimen akselilla on mahdollisuus liikkua aksiaalisuunnassa lämpötilojen vaihdellessa. (Koivisto 2018, 69–70.)

2.1.5 Käyttökoneisto

Käyttökoneistona ruuvikuljettimessa on yleensä vaihdemoottori, joka asennetaan kuljettimen käyttöpään akselille. Lisäksi ruuvikuljettimessa on momenttituki, johon vaihdemoottori kiinnitetään kumiholkkien välityksellä. Momenttituki ottaa vastaan vaihdemoottorin vääntömomentin aikaansaaman voiman. Kumiholkkien tarkoituksena on vaimentaa käytön aikana syntyviä yksittäisiä iskuja. (Koivisto 2018, 70.)

2.1.6 Tiivistys

Akseleiden läpiviennit ruuvikuljettimen päädyssä tiivistetään yleensä nauhapoksilla, jonka tiivistepesässä käytetään tiivistenauhoja ja mahdollisesti voitelurengasta. Nauhatiivisteet on mahdollista vaihtaa purkamatta kuljettimen rakenteita, joten nauhapoksi on helppohuoltoinen. Rengasmaisten säteistiivisteiden käyttöä ei ruuvikuljettimissa suositella, koska niiden vaihtaminen edellyttää merkittäviä purkamistoimenpiteitä. (Koivisto 2018, 70.)

2.2 Ruuvikuljettimen suunnittelu

Ruuvikuljettimen suunnittelun lähtökohtana on tarve siirtää ennalta määrätty tilavuusvirta tiettyä materiaalia tietyn matkan verran. Ruuvikuljettimen suunnittelun lähtötietoina ovat yleensä tarvittava ruuvikuljettimen kapasiteetti, käsiteltävän materiaalin ominaisuudet sekä siirrettävä matka. Suunnittelun ruuvikuljettimen kapasiteettiin vaikuttaa ruuvikierukan kierteen ominaisuudet, kuljettimen täyttöaste ja pyörimisnopeus sekä mahdollinen nousukulma. Materiaalin ominaisuuksista on huomioitava materiaalin ominaispaino, kappalekoko, vierintäkulma ja kitkakerroin sekä kosteuteen, kuluttavuuteen ja tarttuvuuteen liittyviä ominaisuuksia. Siirtomatassa huomioidaan vaakasuoran matkan lisäksi mahdollinen tulo- ja purkausaukkojen korkeusero. (Screw Conveyor Corporation 2016, 8; Koivisto 2018, 74–75.)

Ruuvikuljettimen suunnittelussa määritetään lähtötietojen perusteella ruuvikuljettimessa käytettävän rungon ja ruuvikierukan ominaisuudet sekä valitaan käytettävät akselit, laakeroinnit, tiivistykset ja käyttökoneisto momenttitukineen. Ruuvikuljettimen rakenteen ollessa yksinkertainen ja materiaalin ollessa helposti käsiteltävää suunnittelu voidaan yleensä toteuttaa olemassa olevien teorioiden pohjalta. Ruuvikuljettimen rakenteen monimutkaistuessa ja materiaalin käsiteltävyyden vaikeutuessa voidaan ruuvikuljettimen suunnittelu perustaa vähemmän valmiisiin teorioihin ja suunnittelussa tarvitaan enemmän myös kokemuseräistä tietoa. Ruuvikuljettimen suunnittelu ei välttämättä etene loogisesti ja suunnittelun alkuvaiheessa joudutaan yleensä valitsemaan useita asioita arvioimalla. Suunnittelun edetessä valittuihin asioihin voi tulla muutoksia ja voidaan tarvita erilaisia säätötoimenpiteitä. Suunnittelun lopputavoitteena on kuitenkin saada kaikille kuljettimen osille ja suureille mahdollisimman toimivat ja taloudelliset ratkaisut. (Koivisto 2018, 74–84.)

3 TUOTEKONFIGUROINTI JA PARAMETRINEN MALLINNUS

3.1 Tuotekonfigurointi

Tuotekonfiguroinnissa yrityksen valmistamaa tuotetta muunnellaan asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Tuotekonfigurointi tehdään asiakaskohtaisesti ja se liittyy yksittäiseen asiakastoimitukseen. Konfiguroitava tuote koostuu pääosin etukäteen suunnitelluista komponenteista ja sillä on yksi tai useampia etukäteen suunniteltuja tuoterakenteita. Konfiguroinnissa valitaan käytettävä perustuote, jolla on asiakkaan vaatimuksiin sopiva tuoterakenne sekä määritellään tarvittavat asiakaskohtaisiin muutoksiin liittyvät tekijät. Tuotekonfigurointi on yleensä rutiininomainen muunteluprosessi, joka suoritetaan etukäteen suunniteltujen ja määriteltyjen tekijöiden avulla. (Laakko ym. 1998, 17–18.)

Tuotteen konfiguroinnin toteutuksessa voi olla erilaisia tapoja. Se voi olla suppeatoimista, jolloin konfigurointi tapahtuu tuotteen suunnitteluohjelman sisällä. Tällöin tuotetta muokataan suunnitteluohjelmassa muokkaamalla tuotteen tietoja ohjaavia parametreja. Laajempi toimimisessa konfiguroinnissa käytetään erillistä konfigurointiohjelmaa, joka on määrättyjen rajapintojen kautta kytketty suunnitteluohjelmaan. Erilliset konfigurointiohjelmat eivät yleensä rajoitu pelkästään tuotteen kuvantamiseen tai mallintamiseen liittyvään tietoon, vaan voivat sisältää myös muuta informaatiota tuotteesta, kuten kustannuslaskentaa. Konfigurointia voidaan käyttää myös ilman suunnitteluohjelman ja konfigurointiohjelman välistä suoraa linkitystä, jolloin suunnitteluohjelmaan syötetään tietoa konfigurointiohjelman tulosten perusteella. (Laakko ym. 1998, 116–119.)

Erillistä konfigurointiohjelmaa käytettäessä tuotteesta on yleensä mallinnettu suunnitteluohjelmaan parametrinen malli, jolle on luotu suunnitteluparametrit tuotteen täydelliseksi määrittämiseksi. Konfigurointiohjelma ei muokkaa varsinaista suunnitteluohjelman mallia, vaan muuttaa sille erikseen määriteltyjä parametreja. Lisäksi mallissa voi olla mallia muokkaavia sisäisiä parametreja, jotka ovat sidoksissa erilaisten relaatioiden kautta konfigurointiohjelman käyttämiin parametreihin. (Laakko ym. 1998, 116–119.)

Tuotteen suunnitteluun liittyy yleensä tarkoituksellisia rajoituksia, joilla pyritään vaikuttamaan tuotteen käyttäytymiseen. Suunnittelu- ja konfigurointiohjelmilla rajoitukset toteutetaan luomalla suunnitelluille malleille ehdollista toiminnallisuutta. Rajoitukset toteutetaan yleensä erilaisilla arvojen välisillä laskennoilla tai raja-arvojen ja ehtolauseiden määrittelyllä. Rajoituksilla tuotteen konfigurointi pyritään luomaan sellaiseksi, että tuote voidaan luotettavasti suunnitella konfigurointia käyttäen. (Laakko ym. 1998, 116–119.)

3.2 Parametrinen mallinnus

Parametrisessa mallintamisessa suunniteltavasta kohteesta luodaan kolmiulotteinen malli tietokoneavusteisella suunnitteluohjelmistolla. Mallinnuksessa suunniteltavasta kohteesta luodaan tarkka malli kohteen ominaisuuksia kuvastavien piirteiden avulla. Luoduista kolmiulotteisista malleista voidaan mallintaa kokoonpanoja. Kokoonpanojen avulla voidaan havainnoida osista rakentuvaa kokonaisuutta ja esimerkiksi löytää mahdollisia suunnitteluvirheitä, kuten ristiriitaisuutta osien yhteensovituudessa. Kaikista kolmiulotteisista malleista ja kokoonpanoista voidaan generoida kaksiulotteisia piirustuksia kohteen valmistusta varten. Piirustus muodostuu projektioista, jotka kuvastavat tarkasteltavaa kolmiulotteista mallia eri suunnista. (Hietikko 2007, 23–25.)

Parametrisessa mallinnuksessa suunniteltavasta kohteesta luotava malli rakennetaan piirteistä. Piirre kuvastaa luotuun kappaleeseen liittyvää ominaisuutta, kuten sylinterimuoto, reikäkolo tai reunaviiste. Mallinnuksessa luodaan aluksi peruspiirre, johon lisätään uusia piirteitä suunnitellun kohteen ominaisuuksien mukaan. Lopulta saadaan luotua tarkka malli kohteesta. (Hietikko 2007, 23–25.)

Parametrisuus mallinnuksessa tarkoittaa sitä, että missä vaiheessa mallinnusta tahansa on mahdollista muuttaa mallin mittoja, niin että sen geometriaa kuvastavat piirteet muuttuvat vastaavasti. Parametrisuuden avulla mallin piirteitä ei tarvitse muuttaa, vaan riittää kun muutetaan mittalukua, johon piirre on kytketty. Tällöin mallin geometria muuttuu ja lisäksi muutos välittyy malliin kytkettyihin muihin malleihin, kokoonpanoihin ja piirustuksiin. Parametrisessa mallintamisessa voidaan mallin mittojen välille muodostaa myös relaatioita, matemaattisia yhteyksiä tai erilaisia ehtoja.

Kaksi mallin mittaä voivat olla esimerkiksi yhtä suuria tai jokin mallin mitta on aina puolet toisesta. Tällä tavalla on mahdollista luoda automaattisia toimintoja parametrisen malliin. (Hietikko 2007, 23–25.)

4 MODULOINTI JA STANDARDISOINTI

Erilaisten asiakastarpeiden laajentuessa yrityksen tuotekirjo kasvaa laajemmaksi ja vaikeammin hallittavaksi. Moduloinnilla pyritään luomaan vaihtoehtoisia kokoonpanon osia ja löytämään tuotteelle rakenne, johon asiakkaan vaatimat muutokset ovat hallitusti toteutettavissa. Tuote jaetaan moduuleihin asiakastarpeisiin perustuen. Moduuleihin jakamisella pyritään selkeyttämään tuotteen rakennetta ja toimintaa ja hallitsemaan tuotteessa käytettävien erilaisten osien määrää. (Laakko ym. 1998, 16–17.)

Tuotteen standardoinnin avulla pyritään järjeistämään ja yhtenäistämään tuotteen rakennetta ja valmistusta sekä niihin liittyviä toimintoja. Standardoinnilla voidaan hallita mm. tuotteen erilaisten osien määrää, tuotteeseen liittyviä riskejä ja tuotteeseen käytettävää aikaa ja rahaa. Standardoinnin avulla voidaan vakioda tuotteessa käytettäviä komponentteja, tarvikkeita ja materiaaleja. Tuotteessa voidaan käyttää esimerkiksi tiettyjä laakereita, ruuveja tai teräslaatuja. Tuotteen standardoinnin avulla estetään tuotteen erilaisten osien ja tuotevariaatioiden hallitsematon kasvaminen sekä kustannusten nouseminen. Standardoinnin avulla voidaan myös ohjata ja tehostaa tuotteen suunnittelua ja valmistusta sekä hallita tuotteen laatua paremmin. (Välimaa ym. 1994, 161–163.)

Moduloinnin ja standardisoinnin avulla pystytään tehostamaan valmistettavan tuotteen hallintaa. Kumpikin menetelmä pyrkii omalta osaltaan minimoimaan tuotteessa käytettävien erilaisten osien määrää. Menetelmien avulla tuotteeseen sitoutuu vähemmän pääomaa ja tuotteen suunnittelutyön määrä pienenee. (Laakko ym. 1998, 16–17.)

5 AUTODESK INVENTOR

Tässä osiossa on kerrottu yrityksessä käytössä olevasta suunnitteluohjelmistosta ja sen toiminnoista, joita käytettiin opinnäytetyön suorittamiseen. Autodesk Inventor on 3D-CAD-mallinnusohjelmisto, jota voidaan käyttää tuote- ja mekaniikkasuunnitteluun. Ohjelmisto sisältää nykyaikaisessa tuotesuunnittelussa tarvittavat ominaisuudet, kuten osien ja kokoonpanojen mallinnus, valmistuspiirustusten luonti sekä tuotteiden simulointi ja visualisointi. Ohjelmistossa on myös paljon erilaisia suunnittelun automatisointiin luotuja toimintoja. (Autodesk 2020.)

5.1 Mallinnustiedostot

Autodesk Inventor -ohjelmiston 3D-mallinnuksessa on käytössä neljä erilaista tiedostoa. Tiedostot ovat Part-, Assembly-, Presentation- ja Drawing-tiedosto. Part-tiedostossa luodaan kappaleista malleja käyttämällä erilaisia sketsejä, piirteitä ja runkoja, jotka muodostavat yhdessä mallinnettavan kappaleen. Luoduista malleista tehdään kokoonpano Assembly-tiedostossa. Kokoonpanossa eri mallien välille voidaan luoda liitoksia ja rajoitteita, joiden mukaisesti mallit asemoituvat kokoonpanossa. Presentation-tiedostossa on mahdollista luoda animaatioita tai räjäytyskuvia kokoonpanosta. Drawing-tiedosto on piirustustiedosto, jolla luodaan piirustus mallinnetuista malleista. Luotu piirustus on yhteydessä malliin, jolloin siihen tehdyt muutokset päivittyvät automaattisesti piirustukseen. (Autodesk Knowledge Network 2020d.)

Part-tiedostossa on mahdollista tehdä ns. Multi-body -malli, joka on useasta eri osasta koostuva yksittäinen malli. Multi-body -mallin käyttäminen on hyödyllistä esimerkiksi silloin, kun kappaleen eri osien välillä on monimutkaisia muotoja. Tällöin voidaan mallinnettavissa eri osissa käyttää yhteisiä sketsejä ja piirteitä, joiden avulla osat muodostuvat. Multi-body -mallin eri osista voidaan Make Components -toiminnolla tehdä erilliset mallitiedostot ja sisällyttää ne samaan kokoonpanoon. Erilliset mallitiedostot ovat yhteydessä alkuperäiseen Multi-body -malliin ja siinä tehdyt muutokset päivittyvät automaattisesti erillisiin mallitiedostoihin. (Autodesk Knowledge Network 2020f.)

5.2 Parametrit

Autodesk Inventor käyttää 3D-mallinnuksessa parametreja, jotka määrittelevät mallinnettujen osien mittoja ja muotoja sekä kokoonpanojen komponenttien asemointia ja paikoitusta. Parametri voi olla numeerinen arvo, teksti tai kaksi vaihtoehtoa sisältävä arvo (tosi/epätosi). Parametri voi olla myös moniarvoinen, jonka arvo muodostuu etukäteen määriteltujen arvojen joukosta. Parametrien nimiä ja arvoja on mahdollista muokata. Parametreista on mahdollista tehdä toiminnallisia esimerkiksi muodostamalla parametrien välille riippuvuuksia matemaattisten kaavojen avulla. (Autodesk Knowledge Network 2020b.)

Autodesk Inventor luo mallinnettavaan osaan tai kokoonpanoon ns. malliparametrit, kun mallinnuksessa tehdään uusia sketsejä ja piirteitä tai muodostetaan komponenttien välille ehtoja. Ohjelma nimeää parametrit oletusnimillä, kuten d0, d1 ja d2. Malliparametrien arvot määrittelevät 3D-malleissa ja kokoonpanoissa esiintyvät mitat, muodot ja ehdot. Parametrien nimiä ja arvoja on mahdollista muokata mallinnuksen eri vaiheissa. (Autodesk Knowledge Network 2020b.)

Ohjelmiston käyttäjä pystyy luomaan omia ns. käyttäjäparametreja, joita voidaan käyttää osien ja kokoonpanojen mallintamisessa. Käyttäjäparametreja voidaan käyttää malliparametreina ja niillä on mahdollista esimerkiksi muodostaa erilaisia toiminnallisuuksia parametrien välille. (Autodesk Knowledge Network 2020b.)

Autodesk Inventor -ohjelmistossa on mahdollista käyttää ns. linkitettyjä parametreja. Linkitetyt parametrit tuodaan mallinnettuihin osiin tai kokoonpanoihin ohjelman ulkopuoliselta Excel-tiedostolta. Parametreja voidaan linkittää myös eri mallinnustiedostojen välillä, pois lukien Drawing- ja Presentation-tiedostot. (Autodesk Knowledge Network 2020b.)

Linkitettävät parametrit määritellään Microsoft Excel -taulukolla, joka linkitetään Autodesk Inventor -ohjelmiston Part- tai Assembly-tiedostoon. Parametrit voidaan sijoittaa Excel-taulukkoon mihin tahansa soluun joko riveittäin tai sarakkeittain. Mikäli parametrien tiedot eivät ala taulukon ensimmäisestä solusta A1, määritellään parametrien aloitussolu Autodesk Inventor -ohjelmistossa. Jotta linkitys toimii, täytyy parametrien olla Excel-taulukossa oikeassa järjestyksessä otsikoittain: nimi, arvo tai

kaava, yksikkö ja kommentti. Vähimmäistietona parametreille täytyy olla määriteltynä nimi ja arvo. (Autodesk Knowledge Network 2020e.)

Excel-taulukon parametrit linkitetään Part- tai Assembly-tiedostoon Autodesk Inventor -ohjelmiston Parameters-toiminnossa. Toiminnossa haetaan luotu Excel-tiedosto tietokoneen tiedostoista ja määritellään aloitussolu parametreille, jonka jälkeen linkitetyt parametrit tulevat ohjelmistoon käytettäväksi. Mikäli linkitettyjä parametreja on tarpeellista muokata, tehdään se Excel-tiedostossa, jossa parametrit sijaitsevat. (Autodesk Knowledge Network 2020e.)

5.3 iLogic

Autodesk Inventor -ohjelmisto sisältää iLogic-toiminnon, jolla voidaan laajentaa ja automatisoida 3D-mallinnukseen kuuluvia tehtäviä. iLogic-toiminnolla on mahdollista ohjelmoida sääntöjä, joiden avulla voidaan käyttää parametreja ja muuttaa mallinnusten ominaisuuksia. Luotuja automaattisia toimintoja voi olla esimerkiksi komponenttien kokoonpano ja paikoitus, osan kierteen muuttaminen määritellyn reikäkoon mukaan sekä erilaisten tietojen hakeminen Excel-tiedostosta. Sääntöjä voidaan luoda Part-, Assembly- tai Drawing-tiedostoihin. Sääntöjen sisältämä tieto tallentuu suoraan tiedostoihin samalla tavalla kuten esimerkiksi mallin geometriatieto. (Autodesk Knowledge Network 2020a.)

iLogic-toiminnolla luotu sääntö on pieni Visual Basic -ohjelma, jolla voidaan hallita parametreja, piirteitä tai komponentteja. Sääntöjen Visual Basic -muuttujina voidaan käyttää Autodesk Inventor -ohjelmiston parametreja. Kun parametri on numeerinen, muuttujan arvoksi tulee se numeerinen arvo, joka parametrille on määritetty. Jos parametrin arvo on teksti, ohjelma käyttää sitä merkkijonona. Kun ohjelmisto ajaa säännön, iLogic-toiminto lukee säännöissä käytettävät parametrit mallin tiedoista. Kun sääntö on ajettu, muuttuneet tiedot tallentuvat takaisin malliin. (Autodesk Knowledge Network 2020c.)

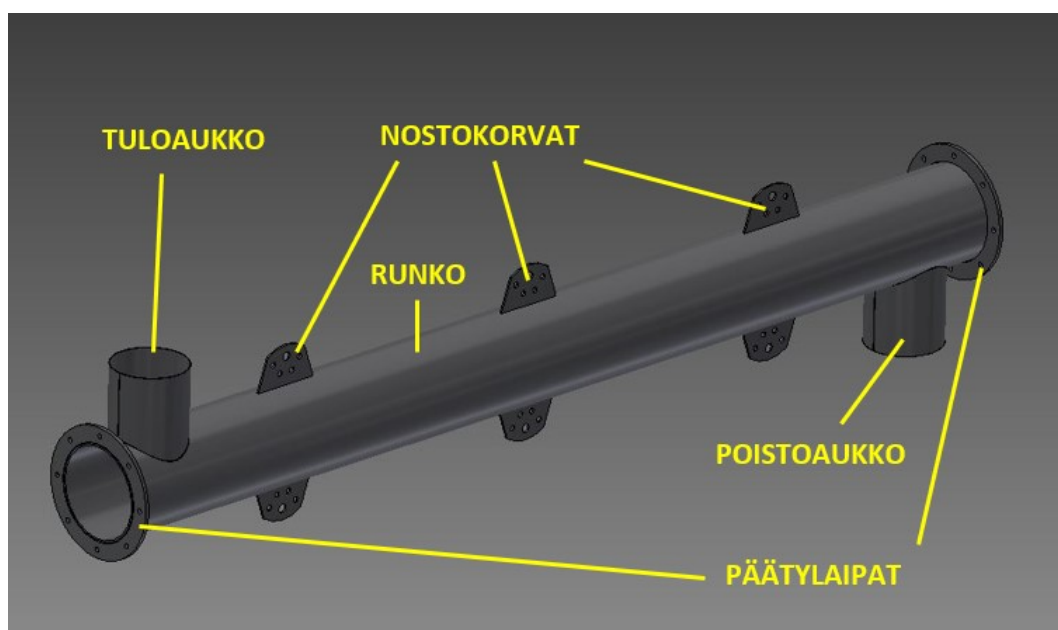
6 PARAMETRISEN MALLIN TOTEUTUS

6.1 Ruuvikuljettimen rakenteen suunnittelu

Ennen parametriseen mallin toteuttamista täytyi suunnitella mallinnettavan ruuvikuljettimen rakenne. Rakenteen suunnittelu aloitettiin perehtymällä aiheesta löytyvään teorialietoon sekä tutkimalla yrityksessä aikaisemmin suunniteltujen ruuvikuljettimien rakennetta niistä luotujen 3D-mallien avulla. Lisäksi yrityksen suunnittelijoita haastateltiin ruuvikuljettimen suunnitteluprosessiin ja rakenteeseen liittyvistä asioista.

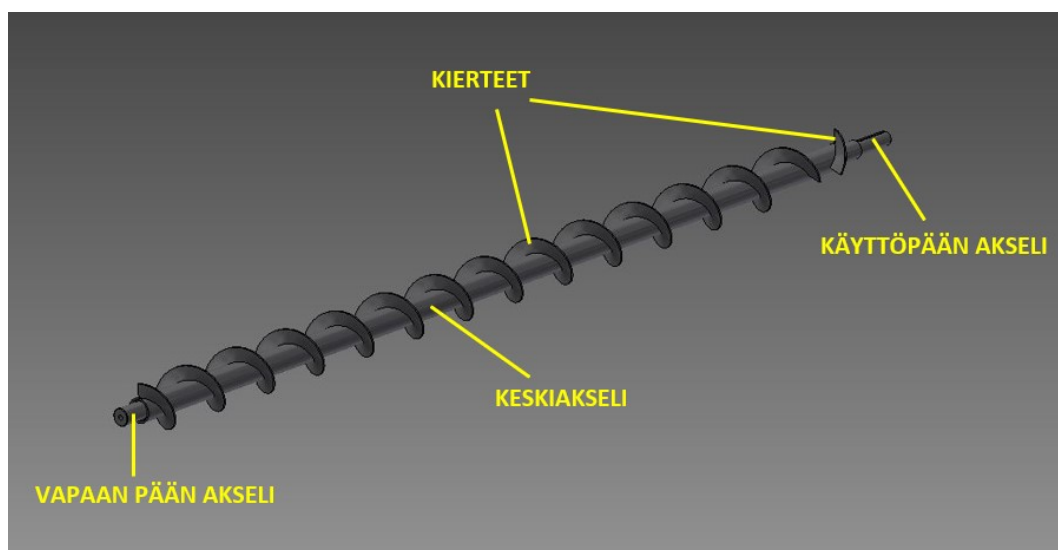
Suunniteltu ruuvikuljettimen rakenne noudatteli melko paljon yleisiä käytänteitä ja pohjautui yrityksessä aikaisemmin valmistettuihin ruuvikuljettimiin. Rakenne suunniteltiin putkirunkoisen ruuvikuljettimen valmistusta varten. Rakenne pyrittiin suunnittelemaan niin, että sen mukaisesti valmistettu ruuvikuljetin soveltuisi yleisimpiin käyttötilanteisiin. Lisäksi rakenteen suunnittelussa pyrittiin standardisoimaan ruuvikuljettimen rakennetta ja osia.

6.1.1 Suunniteltu rakenne



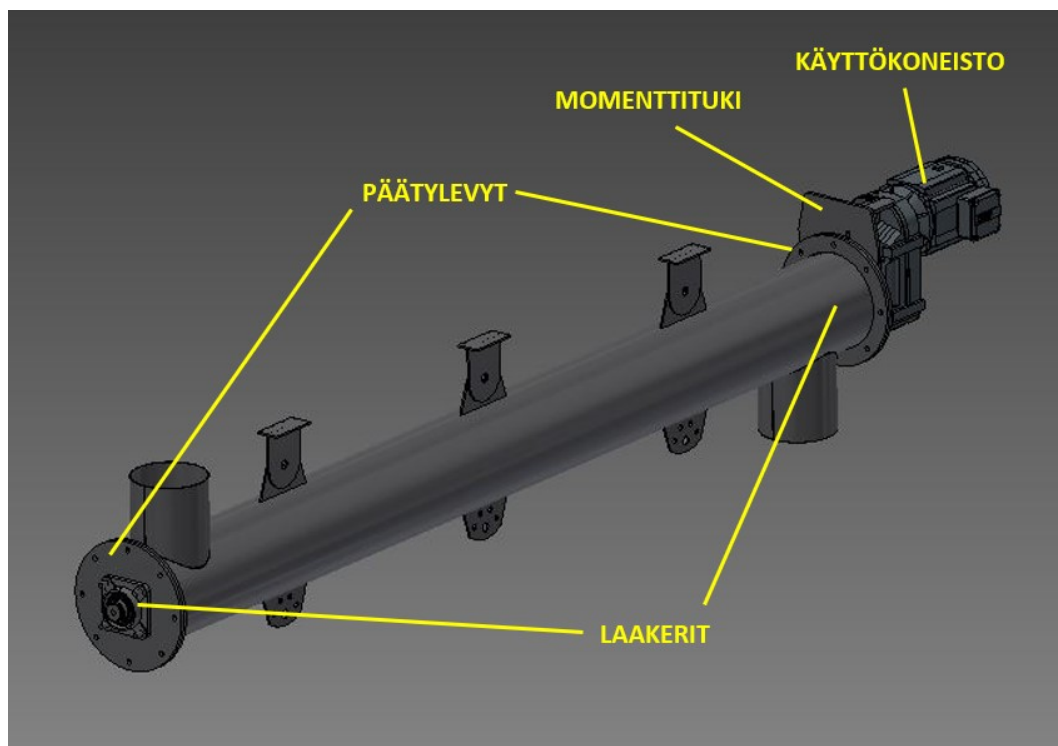
Kuvio 2. Ruuvikuljettimen runko.

Kuviossa 2. on esitetty ruuvikuljettimen rungon rakennetta. Runko koostuu standardiputkesta valmistettavasta putkesta, johon lovetaan tulo- ja poistoaukot ainevirtauksen mahdollistamiseksi putken läpi. Aukkojen kohdalle hitsataan yhteen, jotka valmistetaan joko valmiista putkesta tai levyateriaalista mankeloimalla. Runkoputken päätyihin hitsataan päätylaipat, joihin kiinnitetään ruuviliitoksilla rungon päätylevyt. Päätylevyt sulkevat ruuvikuljettimen rakenteen päädyistä ja lisäksi niihin kiinnitetään ruuvikuljettimen laakerit ja käyttökoneistot. Ruuvikuljettimen runkoon hitsataan nostokorvat ruuvikuljettimen siirtämistä ja kannakointia varten.



Kuvio 3. Ruuvikuljettimen ruuvikierukka.

Kuviossa 3. on esitetty ruuvikuljettimen ruuvikierukan rakennetta. Ruuvikierukka asennetaan ruuvikuljettimen runkoputken sisään. Ruuvikierukka koostuu standardiputkesta valmistettavasta keskiakselista, jonka päätyihin hitsataan erilliset akselit ruvin laakerointia ja käyttökoneistoa varten. Keskiakselin ympärille hitsataan kierreet, jotka ruvin pyöriessä siirtävät materiaalia runkoputkessa.



Kuvio 4. Ruuvikuljettimen laakerointi ja käyttökoneisto.

Kuviossa 4. on esitetty ruuvikuljettimen laakerointia ja käyttökoneistoa. Ruuvikuljettimen laakerointina käytetään laippalaakereita ja käyttökoneistona vaihdemoottoria. Laippalaakerit asennetaan ruuvin päätyakseleille ja kiinnitetään ruuvikuljettimen rungon päätylevyihin ruuviliitoksilla. Vaihdemoottori asennetaan käyttöpään akselille ja tuetaan ruuvikuljettimen runkoon momenttituen avulla.

Akseleiden tiivistykseen liittyviä osia ruuvikuljettimeen ei lisätty, koska niitä ei käytetä kaikissa yrityksen valmistamissa ruuvikuljettimissa. Yrityksellä oli käytössä ruuvikuljettimiin suunniteltuja tiivistysosia sekä mallinnuksia ja piirustuksia osien valmistamiseksi. Kuitenkin tiivistysosien käyttäminen on tapauskohtaista, joten niitä ei katsottu tarpeelliseksi lisätä ruuvikuljettimen parametriseen malliin.

6.1.2 Rakenteen standardisointi

Ruuvikuljettimen rakennetta pyrittiin standardisoimaan ja käytettävien osien mittoja ja muotoja vakioimaan. Standardisoimalla ruuvikuljettimen rakennetta oli mahdollista vähentämään suunniteltujen osien erilaisia variaatioita ja poistamaan erilaisia suunnittelijakohtaisia ratkaisuja ruuvikuljettimen toteutuksessa. Ruuvikuljettimen eri

osien suunnittelua pyrittiin vakioimaan ja suunnittelukohteille pyrittiin luomaan valmiita ratkaisuja, jotka helpottavat ja nopeuttavat suunnitteluprosessia.

Yrityksessä valmistettujen ruuvikuljettimien rakenne ja muoto oli ennen työn aloitusta jo melko vakioitunut. Ruuvikuljetin koostui pääasiassa erilaisista putki-, tanko- ja levyosista sekä laakerointiin ja käyttökoneistoon liittyvistä komponenteista. Käytettäviä standardiosia olivat putket, laakerit, vaihdemoottorit, kiinnitystarvikkeet ja osittain ruuvikierteet. Ruuvikuljettimen rakenteen suunnittelun lähtökohtana oli materiaalin siirtämiseen soveltuva ruuvikierukka, jonka ominaisuuksien pohjalta määriteltiin ruuvikuljettimen muu rakenne ja käytettävä laakerointi ja käyttökoneisto. Käytettävät standardiosat ja suunnitellut ruuvikierukan ominaisuudet määrittivät melko paljon ruuvikuljettimen mitoitusta, esimerkiksi putki- ja akselimittojen osalta. Myös levymäisten osien muoto ja rakenne oli jo melko vakioitunutta.

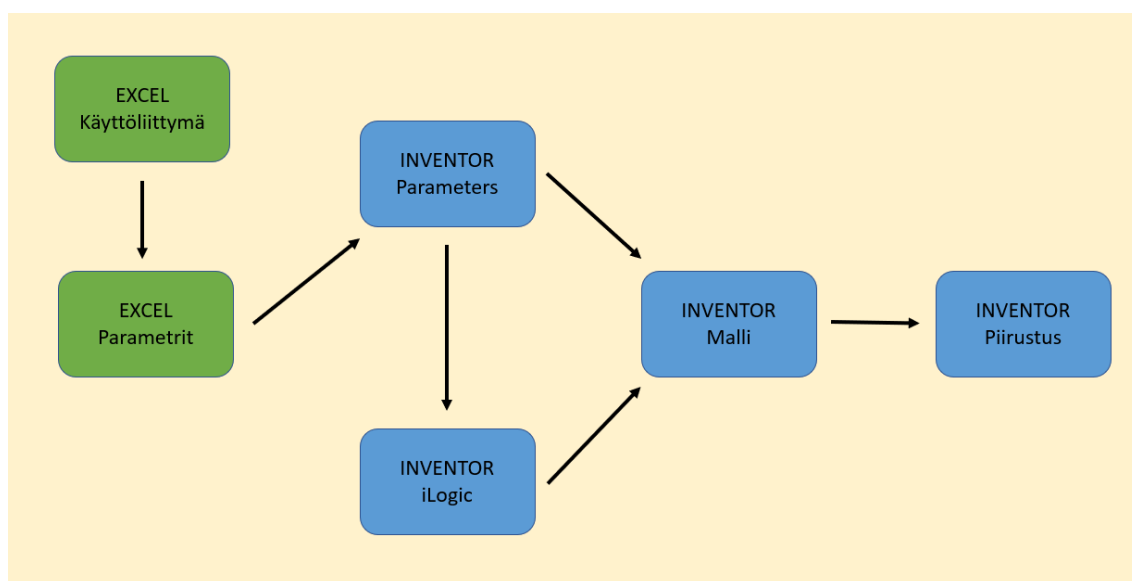
Ruuvikuljettimen rakenteen standardisoinnissa kiinnitettiin enemmän huomiota osiin liittyviin yksityiskohtiin, jotka voivat vaihdella eri suunnittelijoiden kesken. Tällaisia yksityiskohtia olivat esimerkiksi kiinnitysruuviin reikien koko ja paikoitus, levyosissa käytettävät levyvahvuudet tai ruuvikierukan asemointi rungon aukkoihin nähden. Erilaisten yksityiskohtien mitoituksen vakioimisella pystyttiin luomaan valmiita ratkaisuja suunnittelutilanteisiin, jotka toistuvat jokaisen ruuvikuljettimen suunnittelussa. Tällä tavalla pystyttiin tehostamaan ruuvikuljettimen suunnittelua. Standardoinnin avulla ruuvikuljettimen suunnittelussa voitiin keskittyä vain olennaisten asioiden mitoitukseen, kun standardisoidut yksityiskohdat määrittyivät automaattisesti.

6.2 Ohjelmistot

Ennen työn varsinaista toteutusta valittiin myös ruuvikuljettimen konfigurointiin soveltuvat ohjelmistot. Suunnitteluohjelmistona yrityksessä oli käytössä Autodesk Inventor, jolla suunniteltiin valmistettavat tuotteet ja tuotettiin valmistuspiirustukset tuotteiden valmistamista varten. Koska yrityksessä ei ollut muita suunnitteluohjelmistoja käytössä ja tuotteiden suunnittelutoiminnot oli rakennettu Autodesk Inventor -ohjelmiston ympärille, valittiin kyseinen ohjelmisto myös ruuvikuljettimen parametrisen mallin toteutusalueeksi.

Lisäksi oli valittava ohjelmisto, jolla toteutettaisiin ruuvikuljettimen parametrinen mallin konfigurointi. Autodesk Inventor -ohjelmistossa on ominaisuus, jolla on mahdollista tuoda Excel-tiedostosta tietoja suunniteltujen mallien parametrien ohjaamiseksi. Tämän ominaisuuden vuoksi oli luontaista valita ruuvikuljettimen parametrinen mallin konfigurointiin käytettäväksi ohjelmaksi Microsoft Excel. Lisäksi Microsoft Excel oli valmiiksi käytössä yrityksessä, joten ei ollut tarvetta hankkia erillistä ohjelmistoa parametrinen mallin konfigurointia varten. Microsoft Excel -ohjelmiston monipuoliset taulukko- ja laskentaominaisuudet mahdollistivat parametrinen mallin konfigurointiin tarvittavien kaavojen ja relaatioiden muodostamisen, joten ohjelmisto soveltui hyvin ruuvikuljettimen konfigurointialustaksi.

6.3 Toimintaperiaate



Kuvio 5. Parametrinen mallin ja konfiguraattorin toimintakaavio.

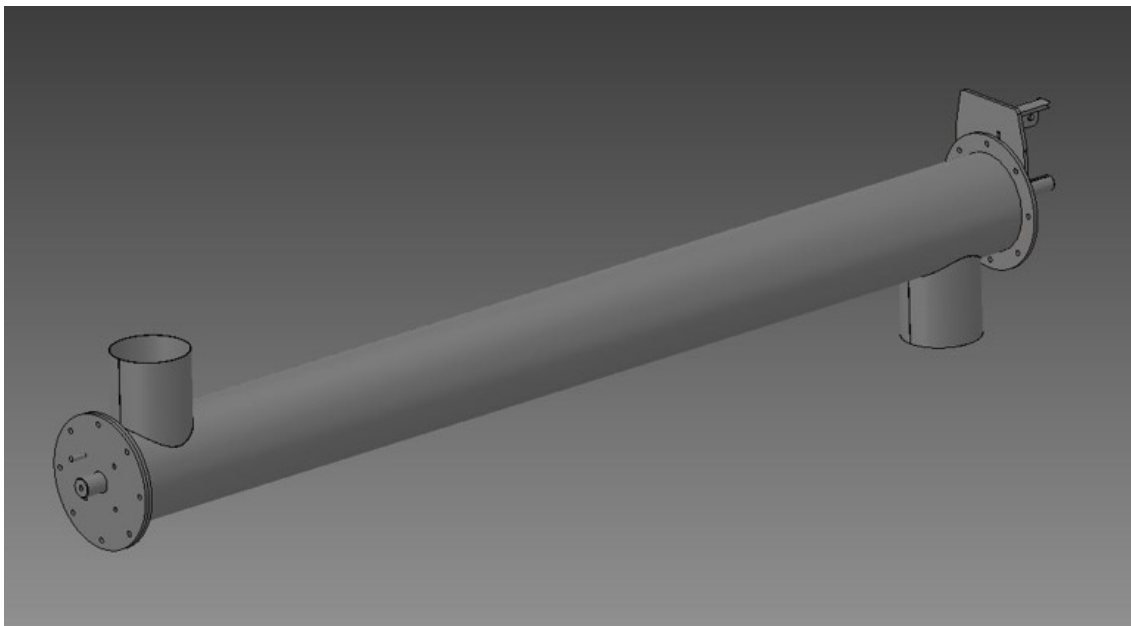
Suunnitellun parametrinen mallin ja konfiguraattorin toimintakaavio on esitetty kuviossa 5. Parametrinen mallin konfigurointiin käytetään Excel-tiedostoa, joka sisältää Käyttöliittymä-välilehden ruuvikuljettimen suunnitteluun ja Parametrit-välilehden parametrinen mallin ohjaukseen. Lisäksi Excel-tiedostossa on muita käyttöliittymän käyttämiseen tarvittavia välilehtiä. Ruuvikuljettimen parametrinen malli on suunniteltu Autodesk Inventor -ohjelmistoon. Parametrinen malli koostuu ruuvikuljettimen erilaisista osa- ja kokoonpanotiedostoista sekä näiden mallien piirustustiedostoista.

Excel-tiedoston Käyttöliittymä-välilehdelle määritetyt tiedot muokkaavat Parametrit-välilehdellä olevia parametreja. Parametrit on linkitetty Autodesk Inventor -ohjelmiston jokaiseen ruuvikuljettimen malliin, joita on tarpeellista parametreilla muokata. Linkitetyt parametrit välittyvät mallinnetun osan tai kokoonpanon Parameters-toimintoon, jossa on mahdollista hallinnoida kyseisen mallin parametreja. Parameters-toiminnossa mallin geometriaa kuvastavan piirteen parametrin arvo asetetaan vastaamaan Excelistä linkitetyn parametrin arvoa. Tällä tavoin Excel-tiedoston käyttöliittymässä tehdyt määrittelyt muuttavat mallin geometrian määritettyjä arvoja vastaavaksi. Mallin geometrian muutokset välittyvät automaattisesti mallin sisältäviin kokoonpanoihin ja piirustuksiin.

Parameters-toimintoon linkitettyjä parametreja hyödynnetään myös Autodesk Inventor -ohjelmiston iLogic-toiminnossa. iLogic-toiminnolla ohjelmoidaan malliin toimintoja, jotka muuttavat mallin rakennetta määritettyjen parametrien mukaisesti. Tällainen toiminta on esimerkiksi laakerin mallin vaihtaminen ruuvikuljettimen kokoonpanossa. Linkitettyjä parametreja hyödynnetään iLogic-toiminnossa ohjelman muuttujina, joilla on parametrin arvoa vastaava arvo. Excel-tiedoston käyttöliittymässä tehdyt määrittelyt välittyvät iLogic-toimintoon tehtyyn ohjelmaan. Ohjelma muuttaa mallin rakennetta tai toimintaa ohjelmaan tehdyn koodin ja käyttöliittymään määritettyjen parametrien mukaisesti. Ohjelman tekemät muutokset välittyvät automaattisesti mallin sisältäviin kokoonpanoihin ja piirustuksiin.

6.4 Parametrinen malli

Ruuvikuljettimen parametrinen malli luotiin Autodesk Inventor -ohjelmistolla. Parametrinen malli koostui ruuvikuljettimen emomallista, osien malleista, osista muodostuvista kokoonpanomalleista sekä osien ja kokoonpanojen valmistuspiirustuksista.



Kuvio 6. Ruuvikuljettimen emomalli.

Aluksi ruuvikuljettimesta luotiin ns. emomalli eli Multi-Body -malli, joka on esitetty kuviossa 6. Emomalliin mallinnettiin siinä käytettävät osat erillisiksi komponenteiksi yhteen mallitiedostoon. Emomallin avulla eri osien välisiä suhteita oli mahdollista hallita samassa tiedostossa ja eri osille voitiin luoda yhteyksiä esimerkiksi käyttämällä yhteistä sketsiä. Emomallin mallinnus aloitettiin ruuvikuljettimen rungosta, joka koostui runkoputkesta, yhteistä, pätylaipoista ja päätylevyistä. Tämän jälkeen mallinnettiin ruuvikierukka, joka koostui keski- ja päätyakseleista, akseleiden sovitustulevystä ja kierteistä. Lisäksi mallinnettiin momenttituki ruuvikuljettimen käyttökohteista varten.

Emomallin mallinnuksen edetessä luotiin tarvittavia parametreja ruuvikuljettimen konfigurointiin käytettävään Excel-tiedostoon. Parametreja luotiin sellaisille mallin piirteille, joita haluttiin olevan mahdollista muokata konfiguraattorin avulla. Tällaisia parametreja olivat esimerkiksi putkien ja akseleiden halkaisija- ja pituusmitat, ruuvikuljettimen rungon ja yhteiden asentokulmiin liittyvät mitat sekä ruuvikierukan kierteiden halkaisija-, nousu- ja pituusmitat. Sellaisten piirteiden parametrit, joita ei ollut tarpeellista muokata konfiguraattorin avulla, vakioitiin tiettyyn arvoon. Tällaisia parametreja olivat esimerkiksi levymäisten osien ainevahvuudet, ruuvireikien koot ja erilaiset osien väliset välykset.

Parameters

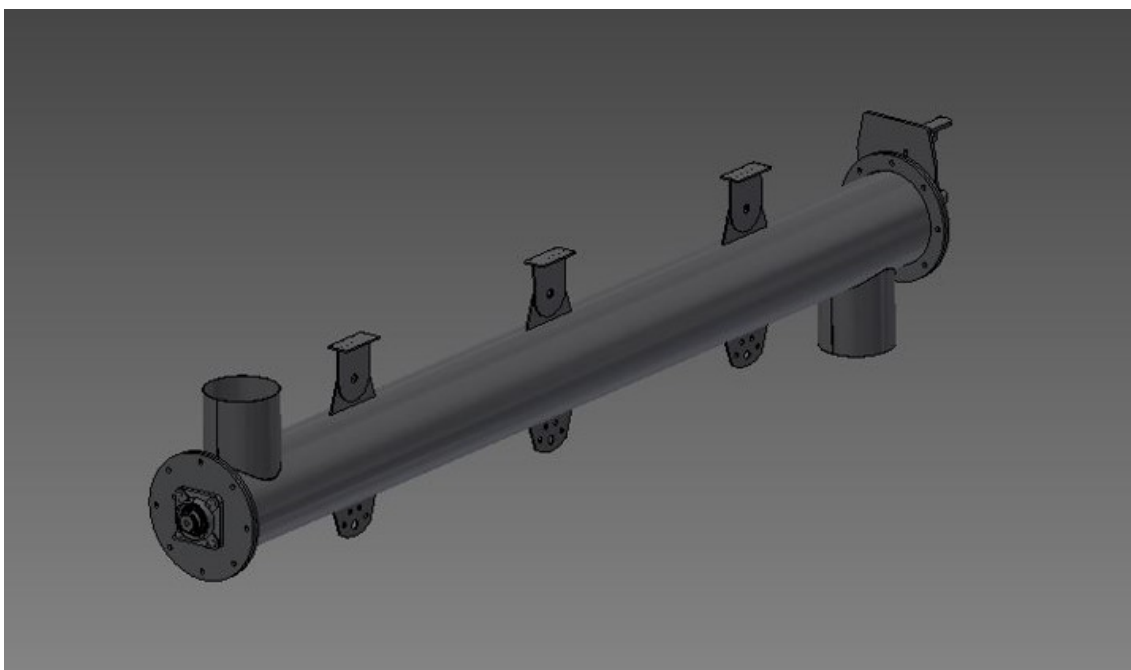
Parameter Name	Consumed by	Unit/Type	Equation	Nominal Value
TransitionRadius	d248, d217	mm	BendRadius	15,000000
JacobiRadiusSize	d223	mm	BendRadius	15,000000
GapSize	d222	mm	Thickness	10,000000
Model Parameters				
d0	Sketch1	mm	YhdeEtaisyys	2500,000000
d1	Sketch1	mm	Yhde1PaatyEtaisyys	160,000000
d2	Sketch1	mm	Yhde2PaatyEtaisyys	160,000000
d3	Sketch1	deg	0 deg	0,000000
d4	Work Plane1	deg	Yhde1KulmaXZ	90,000000
d5	Work Plane2	deg	Yhde2KulmaXZ	90,000000
d6	Sketch2	mm	Yhde1L	300,000000
User Parameters				
C:\				
YhdeEtaisyys	d103, d0	mm	2500 mm	2500,000000
RuuvikuljetinKulma		deg	0 deg	0,000000
Yhde1KulmaXZ	d4	deg	90 deg	90,000000
Yhde2KulmaXZ	d5	deg	90 deg	90,000000
Yhde1L	d44, d6, d22	mm	300 mm	300,000000
Yhde1KulmaYZ	d7	deg	90 deg	90,000000

Kuvio 7. Parametrien linkitys.

Excel-tiedostoon luodut parametrit linkitettiin emomallin parametreihin. Kuviossa 7. on esitetty parametrien linkitystä Autodesk Inventor -ohjelmiston Parameters-toiminnossa. Autodesk Inventor -ohjelmisto tuo Excel-tiedoston tiedot käyttäjäparametreihin User Parameters -valikon alle. Mallin eri piirteitä ohjaavat malliparametrit löytyvät Model Parameters -valikon alta. Mallin piirteitä ohjaavien malliparametrien arvot asetettiin vastaamaan Excel-tiedostosta tuotujen parametrien arvoja. Tällä tavalla luotiin yhteys ruuvikuljettimen konfigurointiin käytettävän Excel-tiedoston ja suunnitteluohjelmistossa olevan parametrin mallin välille. Excel-tiedostosta linkitetyt parametrit päivittyvät parametriseen malliin, kun Excel-tiedosto tallennetaan muutosten tekemisen jälkeen ja suunnitteluohjelmassa oleva parametrinen malli päivitetään.

Mallinnetusta ruuvikuljettimen emomallista luotiin Autodesk Inventor -ohjelmiston Make Components -toiminnolla osa- ja kokoonpanomallit, jotka olivat yhteydessä alkuperäiseen emomalliin. Mikäli emomalliin tehtiin muutoksia, välittyivät samat muutokset myös näihin osa- ja kokoonpanomalleihin. Osa- ja kokoonpanomallit toimivat ruuvikuljettimen osien ja kokoonpanojen varsinaisina mallitiedostoina, joiden mukaan tehdään myös valmistuspiirustukset. Mallit olivat käytännössä valmiita malleja, mutta niihin lisättiin valmistuksen kannalta oleellisia tietoja, kuten käytettävä nimitys ja valmistusmenetelmät. Lisäksi levymäisistä osista tehtiin levityskuva, jonka avulla osa saadaan leikattua koneellisesti.

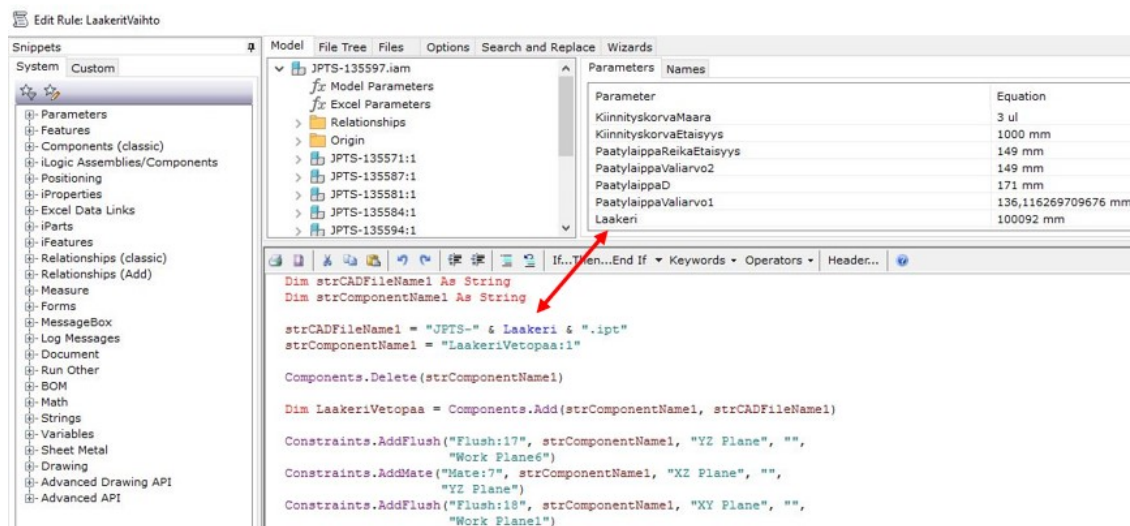
Osa- ja kokoonpanomalleista tehtiin piirustustiedostot ruuvikuljettimen valmistusta varten. Piirustusten teossa oli huomioitava piirustuksessa olevien kuvantojen muuttuminen, kun parametrinen mallin rakenne muuttuu. Tämän vuoksi mallien piirustukset pyrittiin tekemään niin, että piirustuksessa olevat kuvannot, mitat ja muut tiedot soveltuisivat käytettäväksi myös silloin kun parametrinen mallin rakenne muuttuu. Piirustuksissa olevat kuvannot asemointiin niin, että ne pystyivät muuttamaan kokoaan. Mallien mittoja muuttamalla testattiin, että esimerkiksi ruuvikuljettimen kasvaessa piirustuksissa olevat kuvannot eivät asettuisi päällekkäin. Piirustuksiin lisättiin myös mittoihin ja valmistukseen liittyviä merkintöjä. Tällöin valmistukseen liittyvät oleelliset tiedot ovat piirustuksissa valmiina, eikä niitä tarvitse jokaisella ruuvikuljettimen suunnittelukerralla erikseen lisätä.



Kuvio 8. Parametrinen mallin pääkokoonpano.

Mallinnettujen osien lisäksi parametriseen malliin lisättiin komponentteja, jotka olivat yleisesti käytettyjä osia ja joista oli olemassa jo valmiit mallit ja piirustukset. Tällaisia osia olivat laakerit ja nostokorvat. Parametriseen malliin ei lisätty vaihdemoottorin mallia. Vaihdemoottoreista ei ollut yleisiä malleja käytettävissä, koska yleensä mallit saadaan vaihdemoottorin valmistajalta tilauksen yhteydessä. Kuviossa 8. on esitetty toteutunut parametrinen mallin pääkokoonpano.

Parametrisessa mallissa käytettiin myös Autodesk Inventor -ohjelmiston iLogic-toimintoa. Sen avulla luotiin osa- ja kokoonpanomalleihin toimintoja, joita ei voitu pelkällä parametrien arvojen muuttamisella toteuttaa. Tällaisia toimintoja olivat ruuvikuljettimien osien kierrereikien kokojen muuttaminen parametrien mukaan sekä laakerimallien vaihtaminen ruuvikuljettimen kokoonpanossa.



Kuvio 9. iLogic-sääntö.

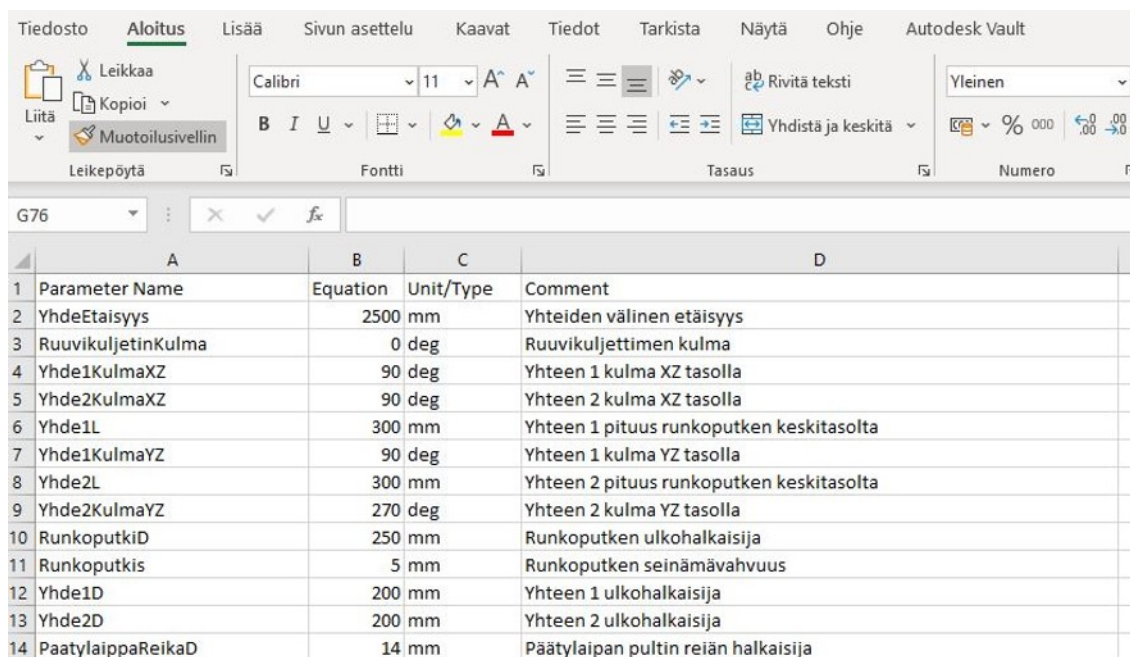
Kuviossa 9. on esitetty iLogic-toiminnolla luotu sääntö, joka vaihtaa ruuvikuljettimen kokoonpanoon laakerimallin Excel-tiedostossa määritellyn parametrin mukaisesti. Sääntöön koodatussa ohjelmassa muuttuva tekijä on Laakeri-parametri, joka on linkitetty ruuvikuljettimen kokoonpanoon Excel-tiedostosta. Laakeri-parametriin määritellään käytettävän laakerimallin numero ja ohjelma vaihtaa numeroa vastaavan laakerimallin kokoonpanoon. Lisäksi ohjelmaan on tehty koodaus, joka paikoittaa laakerimallin oikeaan kohtaan ruuvikuljettimen kokoonpanossa. Luotu sääntö asetettiin toimimaan niin, että se käynnistyy, kun Excel-tiedosto tallennetaan muutosten tekemisen jälkeen ja suunnitteluohjelmassa oleva parametrinen malli päivitetään.

6.5 Konfiguraattori

Ruuvikuljettimen parametrisen mallin konfigurointia varten luotiin Excel-tiedosto. Excel tiedosto koostui kuudesta välilehdestä, joita käytettiin konfiguraattorin toiminnassa. Nämä välilehdet olivat Parametrit, Käyttöliittymä, Ohjeet, Ruuvit, Vaihteet ja

Laakerit. Erillisten välilehtien avulla konfiguraattorin käyttöön liittyvät toiminnot voitiin jaotella osioihin, jolloin konfiguraattorista saatiin selkeä ja helppokäyttöinen. Lisäksi erillisillä välilehdillä pystyttiin rajaamaan ne toiminnot erilleen, joita konfiguraattorin käyttäjän ei ollut tarpeellista ja sallittua muokata.

6.5.1 Parametrit



The screenshot shows the Autodesk Inventor software interface with the 'Parametrit' (Parameters) tab selected. The interface includes a ribbon with options like 'Leikkaa', 'Kopioi', 'Muotoiluväline', 'Fontti', 'Tasaus', and 'Numero'. Below the ribbon is a table with the following data:

	A	B	C	D
1	Parameter Name	Equation	Unit/Type	Comment
2	YhdeEtäisyys	2500 mm		Yhteiden välinen etäisyys
3	RuuvikuljetinKulma	0 deg		Ruuvikuljettimen kulma
4	Yhde1KulmaXZ	90 deg		Yhteen 1 kulma XZ tasolla
5	Yhde2KulmaXZ	90 deg		Yhteen 2 kulma XZ tasolla
6	Yhde1L	300 mm		Yhteen 1 pituus runkoputken keskitasolta
7	Yhde1KulmaYZ	90 deg		Yhteen 1 kulma YZ tasolla
8	Yhde2L	300 mm		Yhteen 2 pituus runkoputken keskitasolta
9	Yhde2KulmaYZ	270 deg		Yhteen 2 kulma YZ tasolla
10	RunkoputkiD	250 mm		Runkoputken ulkohalkaisija
11	Runkoputkis	5 mm		Runkoputken seinämävahvuus
12	Yhde1D	200 mm		Yhteen 1 ulkohalkaisija
13	Yhde2D	200 mm		Yhteen 2 ulkohalkaisija
14	PaatylaippaReikaD	14 mm		Päätylaipan pultin reiän halkaisija

Kuvio 10. Konfiguraattorin Parametrit-välilehti.

Ensimmäinen välilehti koostui parametreista, jotka linkitettiin Autodesk Inventor -ohjelmistoon. Kuviossa 10. on esitetty, kuinka parametrien tiedot jaoteltiin Excel-tilaukseen. Taulukon ensimmäiselle riville luotiin otsikot parametrien tiedoista, joita olivat parametrin nimi, arvo, yksikkö ja kommentti. Otsikot jaoteltiin eri sarakkeisiin, jolloin kunkin parametrin yksittäinen tieto oli omassa solussa. Parametrien tiedot oli oltava jaoteltu taulukon riville oikeaan järjestykseen, että linkitys Excel-tiedoston ja Autodesk Inventor -ohjelmiston välillä onnistui. Linkitettävät parametrit luetteloidiin allekkain taulukon toiselta riviltä lähtien.

Jokaiselle parametrille luotiin yksilöllinen nimi. Nimi pyrittiin tekemään niin, että se kuvasi parametrin käyttökohdetta. Parametrien nimissä ei käytetty erikoiskirjaimia,

välejä tai muita erikoismerkkejä, jotta niiden käytössä ei syntyisi mahdollisia toimintahäiriöitä. Lisäksi osassa nimissä käytettiin lyhenteitä, joilla pystyttiin rajoittamaan luodun nimen pituutta.

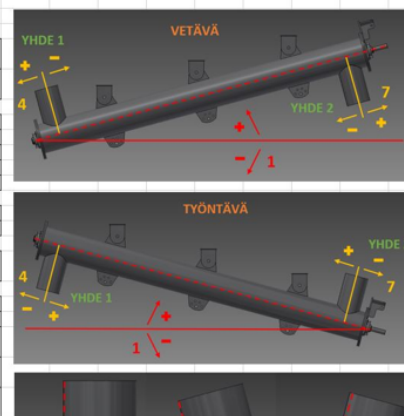
Parametrien arvot yhdistettiin Excel-tiedoston Käyttöliittymä-välilehden arvoihin, joita konfiguraattorin käyttäjän on mahdollista muokata. Osa parametrien arvoista olivat suorassa yhteydessä käyttäjän määrittämiin, esimerkiksi putkien tai ruuvikierukan ulkohalkaisijan mitat. Osa parametrien arvoista muodostettiin kaavoja, jotka muodostivat eri välilehtien tiedoista parametreja sen mukaan, miten Käyttöliittymä-välilehden arvot oli määritetty. Tällaisia arvoja olivat esimerkiksi päätyakseleiden halkaisijat ja päätylevyn ruuvien koko, mitkä määräytyivät sen mukaan millainen laakeri Käyttöliittymä-välilehdellä oli valittu.

Jokaiselle parametrille lisättiin yksikkö, jotta tieto linkittyisi oikeanlaisena parametriin malliin. Parametrien muodostamisessa käytettiin kolmea eri yksikköä, jotka kertoivat parametrin arvon joko millimetreinä, asteina tai lukumääränä. Parametrissa käytetty yksikkö valittiin käyttökohteen parametrin mukaisesti.

Jokaiselle parametrille lisättiin myös kommentti. Kommenttiin oli mahdollista kirjoittaa tekstiä ja se linkittyi parametrin mukana parametrin mallin tietoihin. Parametrin kommenttiin lisättiin parametrin käyttökohteesta kuvaus. Kuvauksen tarkoituksena oli helpottaa parametrin käyttökohteen löytämistä parametrin mallista, mikäli parametreja olisi tarpeellista muokata myöhemmin.

6.5.2 Käyttöliittymä

Tiedosto Aloitus Lisää Sivun asettelu Kaavat Tiedot Tarkista Näytä Ohje Autodesk Vault												
Leikkaa Kopioi Liitä Muotoiluväline Leikepöytä Calibri 11 A A B I U Fontti Fontti Tasaus Numero Yhteinen % 000 % Ehdollinen muotoilu Muotoile taulukoksi Normaali Huono Hyvä Neutraali Huomautus Laskenta Linkitetty solu Selittävät tekstit Lisää Posti												
C39												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2	Parametri (käytettävät arvot / ohjeistus):	Arvo:	Yksikkö:	Komponentti:	Arvon hyväksyntä:							
3												
4	Ruuvikuljettimen toimintatapa (Vetävä=1, Työntävä=2)	1			OK							
5	Ruuvikuljettimen kulma (-90 - +90 / ohjekuvissa nro 1)	0	aste		OK							
6												
7	Ruuvin ulkohalkaisija	150	mm		OK							
8	Ruuvin keskiakselin ulkohalkaisija	70	mm		OK							
9	Ruuvin keskiakselin seinämävahvuus	5	mm									
10	Ruuvin nousu	200	mm									
11	Ruuvilehden seinämävahvuus	5	mm									
12												
13	Runkoputken ulkohalkaisija	250	mm		OK							
14	Runkoputken seinämävahvuus	5	mm		OK							
15												
16	Yhteiden välinen etäisyys (ohjekuvissa nro 2)	2500	mm									
17												
18	Yhteen 1 ulkohalkaisija	200	mm		OK							
19	Yhteen 1 seinämävahvuus	2	mm									
20	Yhteen 1 pituus runkoputken keskiliinjasta (ohjekuvissa nro 3)	300	mm		OK							
21	Yhteen 1 kulma pitkäsuunnassa (-89 - +89 / ohjekuvissa nro 4)	0	aste		OK							
22	Yhteen 1 kulma poikittais suunnassa (-89 - +89 / ohjekuvissa nro 5)	0	aste		OK							



Kuvio 11. Konfiguraattorin Käyttöliittymä-välilehti.

Toinen välilehti oli Käyttöliittymä-välilehti, jolla määritetään mallinnettavan ruuvikuljettimen ominaisuudet. Kuviossa 11. on esitetty, kuinka käyttöliittymä muodostettiin Excel-taulukko. Käyttöliittymä suunniteltiin niin, että käyttäjän tarvitsee määritellä vain ruuvikuljettimelle oleelliset tiedot, joiden perusteella ruuvikuljettimen parametrisen malli muodostuisi.

Käyttöliittymä-välilehdellä määritellään seuraavia ruuvikuljettimeen liittyviä tietoja:

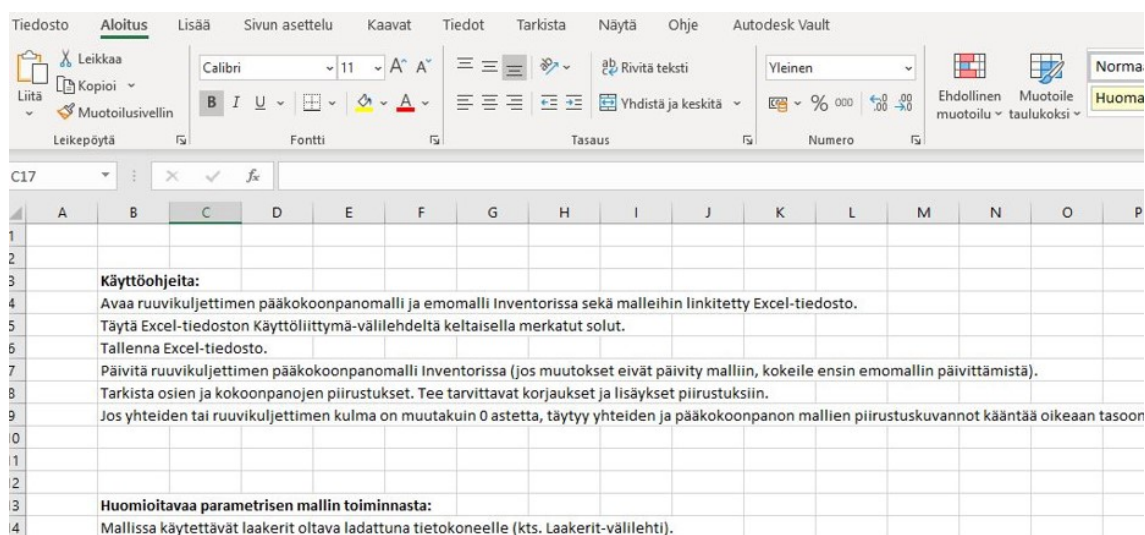
- Ruuvikuljettimen toimintatapa ja asentokulma
- Ruuvikierukan halkaisijamitat, materiaalivehvuudet ja käytettävä nousu
- Runkoputken halkaisijamitta, pituusmitta sekä materiaalivehvuus
- Yhteiden halkaisijamitat, pituusmitat, materiaalivehvuudet ja asentokulmat
- Ruuvikuljettimessä käytettävä vaihteisto- ja laakerityyppi sekä vaihteiston asento
- Nostokorvien määrä ja niiden välinen etäisyys

Käyttöliittymässä määritellään ruuvikuljettimen tiedot numeerisina arvoina. Pituusmitat annetaan millimetreinä ja kulmamitat asteina. Vaihteisto- ja laakerityypistä annetaan numeroarvo erillisiltä välilehdiltä löytyvistä luetteloista. Numeeristen arvojen käyttämisellä pyrittiin nopeuttamaan ja helpottamaan käyttöliittymän käyttämistä.

Käyttäjän ei tarvitse kuin kirjata numeroarvo tekstin kirjoittamisen sijaan. Lisäksi numeeristen arvojen avulla konfiguraattorin kaavat olivat helpommin muodostettavissa. Jokaiselle käyttöliittymään kirjattavalle arvolle tehtiin oma solu taulukkoon ja solut merkittiin keltaisella värillä, jotta käyttäjän olisi helpompi löytää täytettävät kohdat.

Käyttöliittymään tehtiin ohjeistusta ja toimintoja sen käyttämiseen liittyen. Tietyille arvoille määriteltiin ohjearvot, joiden mukaisesti käyttäjä pystyy ruuvikuljettimen mallintamaan. Tällaisia arvoja olivat esimerkiksi ruuvikuljettimen eri kulmamitat. Käyttöliittymään tehtiin myös oma sarake, joka ilmoittaa jokaisen annetun arvon kohdalla sen käyttökelpoisuuden. Näiden toimintojen avulla pyrittiin tekemään käyttöliittymä sellaiseksi, että sen käyttäjä ei pystyisi määrittelemään sellaisia arvoja, jotka eivät toimisi parametrisessa mallissa. Lisäksi käyttöliittymään lisättiin ohje kuvia, jotka havainnollistavat mihin käyttäjän määrittelemät arvot vaikuttavat parametrisessa mallissa.

6.5.3 Ohjeet



Kuvio 12. Konfiguraattorin Ohjeet-välilehti.

Konfiguraattorin kolmas välilehti oli Ohjeet-välilehti, joka on esitetty kuviossa 12. Ohjeet-välilehdelle kirjattiin yleisiä ohjeita ja huomioita parametrin mallin ja konfiguraattorin käytöstä. Välilehden tarkoituksena on opastaa konfiguraattorin käyttäjää

sen käyttämisessä ja tuoda käyttäjälle sellaisia asioita esille, joita täytyy huomioida parametrin mallin ja konfiguraattorin käyttämisessä.

6.5.4 Ruuvit

Tiedosto Aloitus Lisää Sivun asettelu Kaavat Tiedot Tarkista Näytä Ohje Autodesk Vault

Leikkaa Kopioi Muotoiluvälillä Liitä Leikepöytä Fontti Tasausta Numero

H2

Taulukossa olevat kuljetinruuvit ovat vakiokokojamme. Materiaali rauta (Fe).

Ruuvit 2,5-3mm

Halkaisija	Keskiakseli	Nousu	Aineenvahvuus
85	x	22	x
115	x	28	x
140	x	34	x

Ruuvit 4mm

Halkaisija	Keskiakseli	Nousu	Aineenvahvuus
48	x	15	x
52	x	19	x
55	x	22	x
58	x	16	x
77	x	25	x
95	x	30	x

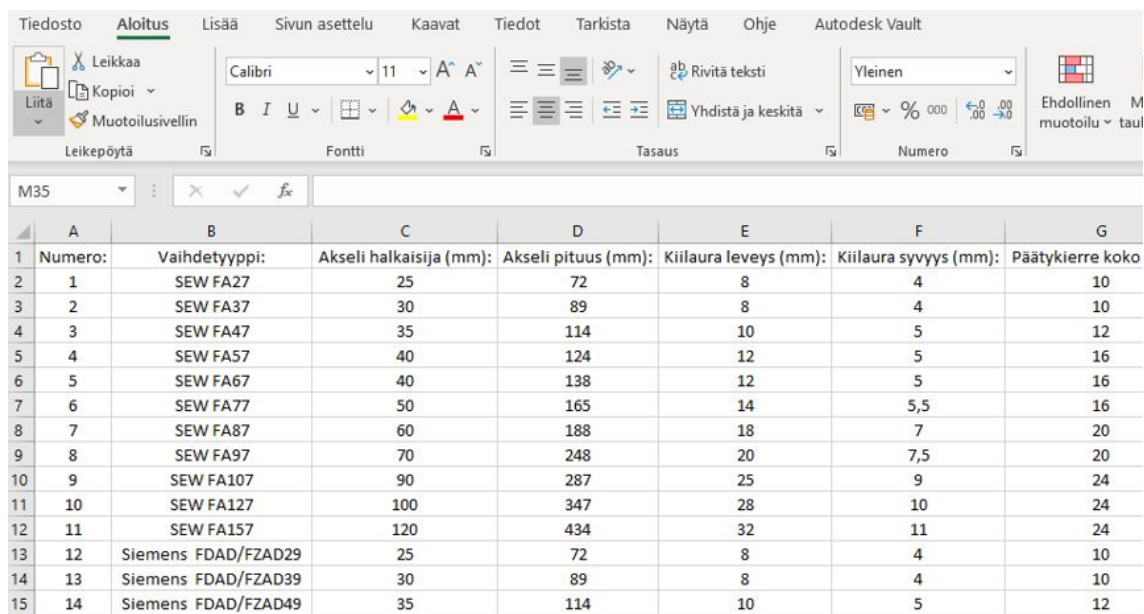
Ruuvit 8mm

Halkaisija	Keskiakseli	Nousu
95	x	30
100	x	35
105	x	48,4
105	x	50
110	x	48,4
115	x	50
120	x	35
135	x	50
135	x	50
135	x	50
145	x	60,3
165	x	50
165	x	60,3
185	x	60,3

Kuvio 13. Konfiguraattorin Ruuvit-välilehti.

Konfiguraattorin neljäs välilehti oli Ruuvit-välilehti, joka on esitetty kuviossa 13. Ruuvit-välilehdelle lisättiin kuva taulukosta, josta löytyi tietoa yrityksessä aiemmin käytetyistä ruuvikierukoista. Konfiguraattorin käyttäjällä on mahdollisuus käyttää suunnitelmassaan ruvikuljettimessa taulukossa esitettyjä ruvikierukan mittoja. Taulukoissa esitetyt mitat eivät kuitenkaan ole ehdollisia parametrin mallin toiminnan kannalta, vaan käyttäjä pystyy määrittelemään myös muita arvoja suunnitellun ruvikierukan ominaisuuksille.

6.5.5 Vaihteet



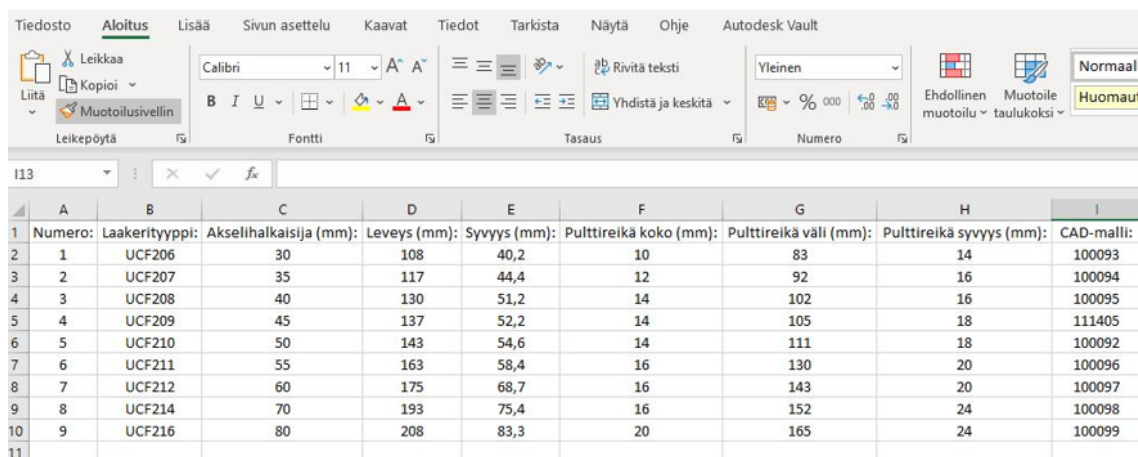
	A	B	C	D	E	F	G
1	Numero:	Vaihdetyyppi:	Akseli halkaisija (mm):	Akseli pituus (mm):	Kiilaura leveys (mm):	Kiilaura syvyys (mm):	Päätykierre koko
2	1	SEW FA27	25	72	8	4	10
3	2	SEW FA37	30	89	8	4	10
4	3	SEW FA47	35	114	10	5	12
5	4	SEW FA57	40	124	12	5	16
6	5	SEW FA67	40	138	12	5	16
7	6	SEW FA77	50	165	14	5,5	16
8	7	SEW FA87	60	188	18	7	20
9	8	SEW FA97	70	248	20	7,5	20
10	9	SEW FA107	90	287	25	9	24
11	10	SEW FA127	100	347	28	10	24
12	11	SEW FA157	120	434	32	11	24
13	12	Siemens FDAD/FZAD29	25	72	8	4	10
14	13	Siemens FDAD/FZAD39	30	89	8	4	10
15	14	Siemens FDAD/FZAD49	35	114	10	5	12

Kuvio 14. Konfiguraattorin Vaihteet-välilehti.

Konfiguraattorin viides välilehti oli Vaihteet-välilehti. Kuviossa 14. on esitetty, kuinka parametrisessa mallissa käytettävissä olevat vaihteet ja niihin liittyvät tiedot ovat taulukoita välilehdellä. Käytettävät vaihteet rajattiin yhteen tyyppiin, joka eniten on ollut yrityksen ruuvikuljettimissa käytössä ja jolla pystyttiin toteuttamaan suurin osa valmistettavista ruuvikuljettimista. Useamman vaihdetyypin käyttö olisi monimutkaistanut parametrin mallin toimintaa liikaa, joten sitä ei työn tässä vaiheessa nähty tarpeelliseksi toteuttaa.

Käytetystä vaihdetyypistä luettelointiin saatavilla olevat eri kokoiset mallit kahdelta eri valmistajalta. Eri valmistajien mallit erosivat toisistaan vain tietyillä mitoillaan, jotka pystyttiin huomioimaan parametrin mallin toiminnassa. Jokaisesta mallista luettelointiin tarpeelliset mittatiedot, joita tarvittiin parametrin mallin toiminnassa. Tällaisia mittoja oli esimerkiksi vaihteistoon sopivan akselin halkaisija, pituus tai kiilauran koko. Lisäksi taulukoitiin vaihteiston tuentaan liittyviä mittoja, joita käytettiin vaihteiston momenttituen mallintamisessa. Tiedot eri mitoista haettiin vaihteistovalmistajien vaihdeluetteloista. Vaihdetaulukon ensimmäiseen sarakkeeseen lisättiin järjestysnumero, jonka syöttämällä Käyttöliittymä-välilehden tietoihin kyseisen vaihteiston tiedot siirtyivät parametrin mallin parametreihin.

6.5.6 Laakerit



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Numero:	Laakerityyppi:	Akseli halkaisija (mm):	Leveys (mm):	Syvyys (mm):	Pulttireikä koko (mm):	Pulttireikä väli (mm):	Pulttireikä syvyys (mm):	CAD-malli:
2	1	UCF206	30	108	40,2	10	83	14	100093
3	2	UCF207	35	117	44,4	12	92	16	100094
4	3	UCF208	40	130	51,2	14	102	16	100095
5	4	UCF209	45	137	52,2	14	105	18	111405
6	5	UCF210	50	143	54,6	14	111	18	100092
7	6	UCF211	55	163	58,4	16	130	20	100096
8	7	UCF212	60	175	68,7	16	143	20	100097
9	8	UCF214	70	193	75,4	16	152	24	100098
10	9	UCF216	80	208	83,3	20	165	24	100099
11									

Kuvio 15. Konfiguraattorin Laakerit-välilehti.

Konfiguraattorin kuudes välilehti oli Laakerit-välilehti. Kuviossa 15. on esitetty, kuinka parametrisessa mallissa käytettävissä olevat laakerit ja niihin liittyvät tiedot ovat taulukoita välilehdellä. Käytettävät laakerit rajattiin yhteen tyyppiin, joka eniten on ollut yrityksen ruuvikuljettimissa käytössä ja jolla pystyttiin toteuttamaan suurin osa valmistettavista ruuvikuljettimista.

Käytetystä laakerityypistä luetteloitiin ne eri kokoiset mallit, joita käytettiin yrityksen ruuvikuljettimien valmistuksessa. Laakereista luetteloitiin tarpeelliset mittatiedot, joita tarvittiin parametrin mallin toiminnassa. Tällaisia mittoja oli esimerkiksi laakeriin sopivan akselin halkaisija, laakerin ulkomitat tai laakerin kiinnitysreikien koko. Tiedot eri mitoista haettiin laakerivalmistajan laakeriluettelosta. Taulukkoon lisättiin myös olemassa olevien laakerimallien numerot, joilla voitiin ohjata laakerimallin vaihtumista parametrisessa mallissa. Laakeritaulukon ensimmäiseen sarakkeeseen lisättiin järjestysnumero, jonka syöttämällä Käyttöliittymä-välilehden tietoihin kyseisen laakerin tiedot siirtyivät parametrin mallin parametreihin.

7 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Ruuvikuljettimen parametrinen malli ja konfiguraattori saatiin toteutettua. Toteutuneen parametrisen mallin ja konfiguraattorin avulla on mahdollista suunnitella ja valmistaa ruuvikuljetin. Parametriseen malliin saatiin sisällytettyä tavoitteena olleet ominaisuudet melko hyvin. Parametrinen malli sisältää ruuvikuljettimen valmistukseen tarvittavien osien mallit ja piirustukset. Parametrisuus mallissa saatiin toimimaan hyvin ja osien mallit muokkautuvat erilaisten ruuvikuljettimien suunnittelutilanteisiin.

Parametrisen mallin piirustukset jäivät toiminnaltaan puutteellisiksi ja vaativat käyttäjältä toimenpiteitä. Suurimpina puutteita piirustuksissa olivat tiettyjen merkintöjen puuttuminen, koska niitä ei saatu toimimaan halutulla tavalla parametrisen mallin rakenteen muuttuessa. Lisäksi piirustuksien tiedoissa ja kuvantojen sijoitteluissa voi käyttäjä joutua tekemään säätötöitä. Puutteita on mahdollista korjata tekemällä parametriseen malliin lisää toimintoja, jotka automaattisesti tekevät korjauksia parametrisen mallin rakenteen muuttuessa. Toimintojen lisääminen vaatii kuitenkin lisätyötä, eikä sitä nähty kannattavaksi sisällyttää tähän opinnäytetyöhön.

Parametrisessa mallissa käytettävät komponentit rajaavat myös sen käyttömahdollisuuksia. Parametriseen malliin sisällytettiin vain yhdentyypinen laakeri sekä vaihdemoottori, joita eniten käytetään ruuvikuljettimien suunnittelussa. Yrityksessä valmistettavissa ruuvikuljettimissa käytetään myös muun tyyppisiä laakereita ja vaihdemoottoreita, jolloin parametrista malli ei voida suoraan käyttää tai mallia joudutaan muokkaamaan tietyiltä osin. Parametriseen malliin on mahdollista lisätä käyttöominaisuuksia myös muun tyyppisille laakeri- ja vaihdemoottorityypeille. Tämä vaatii kuitenkin lisätyötä, eikä sitä nähty kannattavaksi sisällyttää tähän opinnäytetyöhön. Parametrisen mallin avulla voidaan kuitenkin mallintaa merkittävä osa valmistettavista ruuvikuljettimista.

Parametrista mallin toteuttamisen jälkeen sitä arvioitettiin yrityksen suunnittelijoilla ja se koettiin käyttökelpoiseksi ja toimivaksi suunnittelutyökaluksi. Opinnäytetyön aikana parametrisen mallin avulla ei kuitenkaan suunniteltu valmistettavaa ruuvikuljetinta. Siitä huolimatta parametrisen mallin arvioitiin helpottavan ruuvikuljettimen

suunnittelutyötä ja vähentävän siihen kuluvaan aikaa. Erityisesti ruuvikuljettimen mallinnukseen kuluu vähemmän aikaa, koska parametrinen mallissa mallinnus toteutuu automaattisesti konfiguraattorin käyttämisellä. Enemmän aikaa kuluu parametrinen mallin piirustuksien tarkastamisessa ja niiden puutteista johtuvista korjauksista. Kuitenkin parametrinen mallin piirustukset toimivat pohjina valmistuspiirustuksien tekemiselle, joten suunnittelussa ei kulu aikaa täysin uusien piirustusten tekemiseen.

Parametrinen mallin avulla pystyttiin myös standardisoimaan yrityksessä suunniteltavien ruuvikuljettimien rakennetta sekä siihen liittyvää suunnittelutyötä. Parametrinen malli suunniteltiin niin, että sen käyttäjän tarvitsee määritellä vain oleelliset tiedot ruuvikuljettimen suunnittelemiseksi. Suunnittelijakohtaiset ratkaisut valmistettavissa ruuvikuljettimissa vähenevät, koska parametrinen malli muodostuu annettujen tietojen pohjalta automaattisesti. Tällöin ruuvikuljettimissa käytettävät osat ja suunnitteluratkaisut pysyvät samoina suunnittelijasta riippumatta.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön lopputulos koettiin hyödylliseksi yrityksessä. Suunnitellun parametrisen mallin arvioitiin edistävän yrityksen ruuvikuljettimien suunnittelua. Lisäksi työn avulla pystyttiin arvioimaan parametrisen mallin käyttömahdollisuuksia myös yrityksen muissa tuotteissa. Lopullinen työn hyöty nähdään kuitenkin vasta, kun ruuvikuljettimia aletaan valmistamaan parametrisen mallin avulla.

Vaikka opinnäytetyö saatiin valmiiksi tavoitteiden mukaisesti, jäi siihen myös kehittämiskohteita. Ensimmäinen kehityskohde liittyy parametrisen mallin valmistuspiirustuksissa oleviin puutteisiin, joita korjaamalla pystytään nopeuttamaan suunnittelutyötä. Toisena kehityskohdeena on parametrisen mallin käyttömahdollisuuksien laajentaminen lisäämällä siihen käytettäviä laakeri- ja vaihdemoottorityyppejä. Olemassa olevat kehityskohteet eivät kuitenkaan poissulje parametrisen mallin käyttämistä ruuvikuljettimien valmistuksessa. Parametrisen mallin käyttämisestä kannattaa myös hankkia enemmän kokemuksia, jolloin voidaan paremmin tiedostaa sen vaatimat kehittämiskohteet ja muutostarpeet. Opinnäytetyön avulla on mahdollista kehittää myös muuta yrityksen suunnittelutyötä. Suunnitellusta parametrisestä mallista saatuja kokemuksia voidaan hyödyntää, mikäli halutaan käyttää parametrista suunnittelua muissa yrityksen tuotteissa.

Opinnäytetyön tekeminen onnistui ja työn alussa asetetut tavoitteet saavutettiin. Opinnäytetyön tekeminen suunniteltiin hyvin. Työn alussa perehdyttiin annettuihin lähtökohtiin ja työhön liittyvään teoriaan. Varsinainen työ suoritettiin, kun siihen vaadittavat toimenpiteet olivat selvillä. Työn suorittamisessa ei koettu merkittäviä haasteita. Aikataulullisesti työ hieman viivästyi, johtuen siitä, että opinnäytetyötä tehtiin muun työn ohessa ja opinnäytetyön vaatimaa aikaa ei osattu arvioida kunnolla. Kuitenkin opinnäytetyö saatiin suoritettua toivotulla tavalla.

LÄHTEET

Autodesk. 2020. Mekaniikkasuunnittelu- ja 3D-CAD-ohjelmisto. [Verkkosivu]. Yhdysvallat: Autodesk Inc. [Viitattu 27.6.2020]. Saatavana: <https://www.autodesk.fi/products/inventor/features?plc=INVPROSA&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1#internal-link-product-design>

Autodesk Knowledge Network. 2020a. About iLogic Functionality. [Verkkosivu]. Yhdysvallat: Autodesk Inc. [Viitattu 14.6.2020]. Saatavana: <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Inventor-iLogic/files/GUID-9372F2A9-377E-40AB-92AA-5FC371BACF8C-htm.html?st=About%20iLogic%20Functionality>. Creative Commons -lisenssi (CC BY-NC-SA 3.0): <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Autodesk Knowledge Network. 2020b. About Parameters in Models. [Verkkosivu]. Yhdysvallat: Autodesk Inc. [Viitattu 13.6.2020]. Saatavana: <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Inventor-Help/files/GUID-8E5C63EA-0540-4EBE-9B17-B8159C7FE40C-htm.html?st=parameters>. Creative Commons -lisenssi (CC BY-NC-SA 3.0): <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Autodesk Knowledge Network. 2020c. About Rules and Forms in iLogic. [Verkkosivu]. Yhdysvallat: Autodesk Inc. [Viitattu 14.6.2020]. Saatavana: <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Inventor-iLogic/files/GUID-EF53484C-D750-41F8-9AB1-032B73BB071F-htm.html?st=About%20Rules%20and%20Forms%20in%20iLogic>. Creative Commons -lisenssi (CC BY-NC-SA 3.0): <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Autodesk Knowledge Network. 2020d. File Types in Inventor. [Verkkosivu]. Yhdysvallat: Autodesk Inc. [Viitattu 13.6.2020]. Saatavana: <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Inventor-Help/files/GUID-94B779C0-6B2B-499A-A4F9-2E4BAB49712F-htm.html>. Creative Commons -lisenssi (CC BY-NC-SA 3.0): <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Autodesk Knowledge Network. 2020e. To Link Numeric Parameters from a Spreadsheet. [Verkkosivu]. Yhdysvallat: Autodesk Inc. [Viitattu 13.6.2020]. Saatavana: <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Inventor-Help/files/GUID-E8EF0669-E96E-4503-8A3C-B13AB6D35DBA-htm.html?st=To%20Link%20Numeric%20Parameters%20from%20a%20Spreadsheet>. Creative Commons -lisenssi (CC BY-NC-SA 3.0): <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Autodesk Knowledge Network. 2020f. Use layouts to create solid models. [Verkkosivu]. Yhdysvallat: Autodesk Inc. [Viitattu 13.6.2020]. Saatavana: <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Inventor-Help/files/GUID-77C9230C-2C88-4BFD-BECF-0F5B4E1E4F82-htm.html?st=Use%20layouts%20to%20create%20solid%20models>. Creative Commons -lisenssi (CC BY-NC-SA 3.0):<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Hietikko, E. 2007. Autodesk Inventor. Helsinki: Readme.fi.

JPT-Industria. 2020a. Toimialat. [Verkkosivu]. Ilmajoki: JPT-Industria Oy. [Viitattu: 16.10.2020]. Saatavana: <https://www.jpt.fi/toimialat>

JPT-Industria. 2020b. Yritys. [Verkkosivu]. Ilmajoki: JPT-Industria Oy. [Viitattu: 16.10.2020]. Saatavana: <https://www.jpt.fi/yritys>

Koivisto, K. 2018. Kuljetintekniikka. 2. p. Helsinki: BoD – Books on Demand.

Laakko, T., Sukuvaara, A., Borgman, J., Simolin, T., Björkstrand, R., Konkola, M., Tuomi, J. & Kaikonen, H. 1998. Tuotteen 3D-CAD-suunnittelu. Helsinki: WSOY.

Screw Conveyor Corporation. 2016. Screw Conveyor Catalog & Engineering Manual. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 4.7.2020]. Saatavana: https://screwconveyor.com/wp-content/uploads/2018/08/Screw-Conveyor-Catalog-SCC_787F.pdf

Välimaa, V., Kankkunen, M., Lagerroos, O. & Lehtinen, M. 1994. Tuotekehitys: Asiakastarpeesta tuotteeksi. Helsinki: Painatuskeskus Oy.