

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

3D-MALLINTAMISEN AUTOMATISOINTI INVENTORILLA

TEKIJÄ Oskari Oksanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Oskari Oksanen	
Työn nimi 3D MALLINTAMISEN AUTOMATISOINTI INVENTORILLA	
Päiväys 30.4.2022	Sivumäärä/Liitteet 50/2
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-AMK	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa Autodesk Inventorilla tehdyn suunnittelun automatisointiin soveltuvaa opetusaineistoa Savonia-AMK:lle. Työssä hyödynnettiin Autodesk Inventor Professional 2021-ohjelmiston aliohjelmia ja ominaisuuksia, jotka helpottavat automatisointia (parametrit, iLogic, iPart, iAssembly, API/Excel). Inventor kaikkine ominaisuuksineen antaa erittäin hyvät ja mielenkiintoiset mahdollisuudet suunnittelutyön automatisointiin. Suunnittelun automatisoinnilla pyritään vähentämään yksinkertaista ja toistuvaa työtä sekä nopeuttamaan suunnitteluprosessia etenkin myynti- ja tarjousvaiheessa. Myynnin kautta tuleva data voidaan siirtää nopeasti valmiiden taulukoiden avulla CAD-ohjelmaan ja näin automatisoida tarjousaineiston, tarjouskuvien, tuotantokuvien ja tuotantodatan tuottaminen. Suunnittelun automatisoinnilla voidaan näin minimoida ja nopeuttaa yrityksen rutiininomaista suunnittelua sekä vähentää myös inhimillisiä virheitä.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä käytiin läpi kahdella eri tavalla toteutettu paineastiamoduulin suunnittelun automatisointi. Suunnittelun automatisointia esiteltiin selvyyden vuoksi kahden esimerkin avulla, jotka osittain poikkeavat toisistaan. Ensimmäisessä esimerkissä automatisointi toteutettiin iAssemblya hyödyntäen ja toisessa Microsoft Excelin avulla. iAssembly on kokoonpanomalli, jossa on useampi muunnelmä, joita kutsutaan jäseniksi. Jokaisella jäsenellä on joukko yksilöllisiä tunnisteita, kuten halkaisija tai pituus. iAssemblies-tiedostoja voidaan hallita taulukosta. Toisessa esimerkissä tehtiin sama paineastia hoitotasoinen, jonka mittoja voidaan muuttaa Excelin kautta, johon tiedot voidaan tuoda helposti myynnistä tai prosessisuunnittelun kautta.</p> <p>.</p>	
Avainsanat Suunnittelu, automatisointi, painesäiliö, hoitotaso, Inventor, iLogic	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering	
Author(s) Oskari Oksanen	
Title of Thesis Automation of 3D Modeling with AutoDesk Inventor	
Date 30 April 2022	Pages/Appendices 50/2
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences	
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to provide Savonia University of Applied Sciences with teaching material suitable for automating design with Autodesk Inventor. The work utilized the subroutines and features of the Autodesk Inventor Professional 2021 software that facilitates automation (parameters, iLogic, iPart, iAssembly, API / Excel). Inventor with all its features provides very good and interesting possibilities for automating design work. The aim of automation of design is to reduce simple and repetitive work and to speed up the design process, especially during the sales and bidding phase. Data coming from sales can be quickly transferred into a CAD program using ready-made tables, thus automating the production of quotation data, quotation images, production images and production data. Design automation can thus minimize and speed up the company's routine planning and also reduce human error.</p> <p>This thesis reviews the automation of the design of a pressure vessel module implemented in two different ways. For the sake of clarity, the design automation was presented using two examples that differ partly from each other. In the first example, automation was implemented using iAssembly and in the second using Microsoft Excel. iAssembly is an assembly model with multiple variations called members. Each member has a set of unique identifiers, such as diameter or length. iAssembly files can be managed from a spreadsheet. In another example, the same pressure vessel with care levels was designed using Excel to alter its dimensions. Data can be easily imported to Excel from sales or through process design.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Design, Automation, Pressure Tank, Service Platform, Inventor, iLogic</p>	

SISÄLTÖ

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY.....	6
1. JOHDANTO	7
2. TYÖN RAJAUS JA TOTEUTUS.....	8
2.1 Parametriseen suunnittelun mahdollisuudet	8
2.2 Parametriseen suunnittelun hyödyntäminen	8
2.3 Excelin hyödyntäminen.....	9
2.3.1 Excelin hyödyntäminen; Add-ins -apuohjelmat	9
2.4 Makrot	10
2.5 iLogicin hyödyntäminen	10
3. AIKAISEMPI TIETOPERUSTA	11
4. YLEISTÄ MALLINNUSESIMERKEISTÄ	12
4.1 Automatisoidut toiminnot	13
4.2 Parametrien nimeäminen.....	13
4.3 Painesäiliön runko ja yhteet.....	14
4.3.1 Yhteiden luominen paineastiaan.....	15
4.4 Teräskehikko, portaat ja hoitotaso	16
4.4.1 Teräskehikko	17
4.4.2 Terästen uudelleen nimeäminen mallissa	17
4.4.3 Terästen koon muuttaminen iLogicin avulla	18
4.4.4 Portaat	19
4.4.5 Hoitotaso.....	20
4.5 Pääkokoonpanoon liittyvä putkisto	21
4.6 Pääkokoonpano alamalleineen	22
4.6.1 iLogicin ja formien käyttö kokoonpanossa.....	23
5. MALLINNUSESIMERKKIEN 1 JA 2 EROAVAISUUDET.....	25
5.1 Esimerkki 1: Mallin automatisointi iAssemblyä käyttäen	25
5.1.1 iAssemblyn luominen.....	25
5.1.2 iAssemblyn käyttö paineastian koon määrittelyssä.....	26
5.2 Esimerkki 2: Mallin automatisointi Exceliä käyttäen	26
5.2.1 Excelin käyttö iLogicin avulla ja formien käyttö kokoonpanossa	27

6. 3D-LAITESUUNNITTELUN AUTOMATISOINTI ILOGICILLA	28
6.1 Alamallien linkitys kokoonpanoihin Link-komennon kautta	28
6.2 Osakuvien Model-parametrien määrittäminen kokoonpanossa User-parametreiksi iLogicin avulla .	31
6.3 Formin luonti malliin iLogicilla	33
6.3.1 Osien painojen ilmoittaminen formin kautta	35
6.4 Säännön (=rulen) kirjoittaminen iLogiciin	37
6.5 Multi-Valuen-parametrin luominen iLogicin kautta	38
6.6 Osakuvan määrittäminen Multi-Value listaan.....	41
6.7 Osan korvaaminen Replace-komennolla iLogicissa.....	42
6.8 Tiedon kirjoittaminen Excel-taulukkoon ja tiedon tuominen Excel-taulukosta Inventoriin.....	44
6.9 Triggerit ja muut käskyt	45
7. OPINNÄYTETYÖN MERKITYS.....	47
LÄHTEET	48
LIITE 1/2: ESIMERKKI 2 : IASSEMBLYT 1-2	49
LIITE 2/2: ESIMERKKI 2 : IASSEMBLYT 3-4	50

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

Pääkokoonpano	Esimerkeissä 1 ja 2 esiintyvät kokoonpanot, joihin kaikki muut kuvatiedostot lopulta linkittyvät
Osakokoonpano	Pääkokoonpanoon linkattu kokoonpano, joka koostuu osakuvista
AddIns	Inventorin tai muun ohjelman sisään rakennettu apuohjelma
API	Ohjelmointirajapinta, engl. Application programming interface, API
Form, formi	Kaavake, jonka kautta muutetaan mittoja ja muita tietoja
Parametri	Ohjelmalle välitettävä tieto
Multi-Value	Parametri, joka sisältää useita vaihtoehtoja
iAssembly	Kokoonpanoeditori Inventorissa
iFeature	Inventorin ominaisuus, jolla tehdään muotoja
iLogic	VBA:han perustuvaa Inventorin ohjelmointia
iPart	Osakuvaeditori Inventorissa
Rule	iLogiciin kirjoitettu sääntö
Syntaksi	Komentojoono: ohjelmointikielessä syntaksia käytetään merkitsemään ohjelmien ulkoasua. Se on joukko sääntöjä, jotka kertovat ohjelmassa käytettyjen symbolien ja ohjeiden järjestyksen.
VBA	Visual Basic Application

1. JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on automatisoida paineastian suunnittelua Autodesk Inventorin ja sen aliohjelmien avulla. Suunnittelun automatisointia havainnollistetaan luomalla yksinkertainen paineastia hoitotasoinen sekä siihen tarvittavat komponentit. Työssä hyödynnetään Autodesk Inventor Professional 2021- ohjelmiston aliohjelmiä ja ominaisuuksia, jotka helpottavat automatisointia (parametrit, iLogic, iPart, iAssembly, API/Excel) sekä samalla tehdä tästä aiheesta sopivia tietopaketteja Savonia AMK:n opetuskäyttöön. Inventor kaikkine ominaisuuksineen antaa erittäin hyvät ja mielenkiintoiset mahdollisuudet suunnittelutyön automatisointiin. Suunnittelun automatisoinnilla pyritään vähentämään yksinkertaista ja toistuvaa työtä sekä nopeuttamaan suunnitteluprosessia etenkin myynti- ja tarjousvaiheessa. Myynnin kautta tuleva data voidaan siirtää nopeasti valmiiden taulukoiden avulla CAD-ohjelmaan ja näin automatisoida tarjousaineiston, tarjouskuvien, tuotantokuvien ja tuotantodatan tuottaminen. Suunnittelun automatisoinnilla voidaan näin minimoida ja nopeuttaa yrityksen rutiininomaista suunnittelua sekä vähentää myös inhimillisiä virheitä.

Työssä tehdään paineastia hoitotasoinen, jonka mittoja voidaan muuttaa Excelin kautta. Paineastiaa muuttamalla isommaksi tai pienemmäksi myös hoitotasojen sekä komponenttien mitat muuttuvat. Inventorin eri materiaalit ovat hyvin samannäköisiä, joten tässä työssä käytetään mm. kultaa ja kuparia visuaalisuuden vuoksi.

2. TYÖN RAJAUS JA TOTEUTUS

Työ on rajattu koskemaan suunnittelun automatisointia. Työ noudattaa näennäisesti olemassa olevia standardeja, mutta painottuu pääasiassa Inventorin toimintojen automatisointiin. Piirustusten luominen on jätetty myös työn ulkopuolelle.

2.1 Parametrisen suunnittelun mahdollisuudet

Inventorissa voi hyödyntää sen aliohjelmia ja ominaisuuksia, jotka helpottavat automatisointia. Näitä ovat esimerkiksi:

- Parametrit
- Multi-Value-valikot
- iPart
- iAssembly
- iFeature
- API:>Excel, VBA_makrot
- AddIns-apuohjelmat
- iLogic: formit (kaavakkeet)
- iLogic: rulet (säännöt)

2.2 Parametrisen suunnittelun hyödyntäminen

Parametrisuudella tarkoitetaan käytännössä sitä, että kohteen mittoja voidaan muuttaa tarvittaessa mallinnuksen eri vaiheissa siten, että kohteen muu geometria päivittyy sen mukaisesti. Parametrien vaikutus kohdistuu malliin suoraan tai sen voi myös määrittää yhtälöiden kautta. Parametrisuus helpottaa muutosten tekemistä, koska geometriaan ei tarvitse kajota, vaan muutos voidaan tehdä pelkkää mittalukua muuttamalla.

Inventor tallentaa malliin syötetyt mitat Parameters-osioon. Parametrit on jaettu Model Parameters-, Reference Parameters- ja User Parameters- taulukoihin. Parametrejä on käsitelty tarkemmin tässä dokumentissa kohdassa 5.1 (Alamallien linkitys kokoonpanoihin Link-komennon kautta).

Excel-tiedostoihin voi linkata suoraan parametritaulukosta Link-komennolla tai iLogicin kautta. Tässä työssä ei ensin mainittua vaihtoehtoa käytetä, vaan linkitykset tehdään iLogicin kautta. Link-komennon käyttöä on käsitelty myös kohdassa 5.1. (Tremblay 2011, 319).

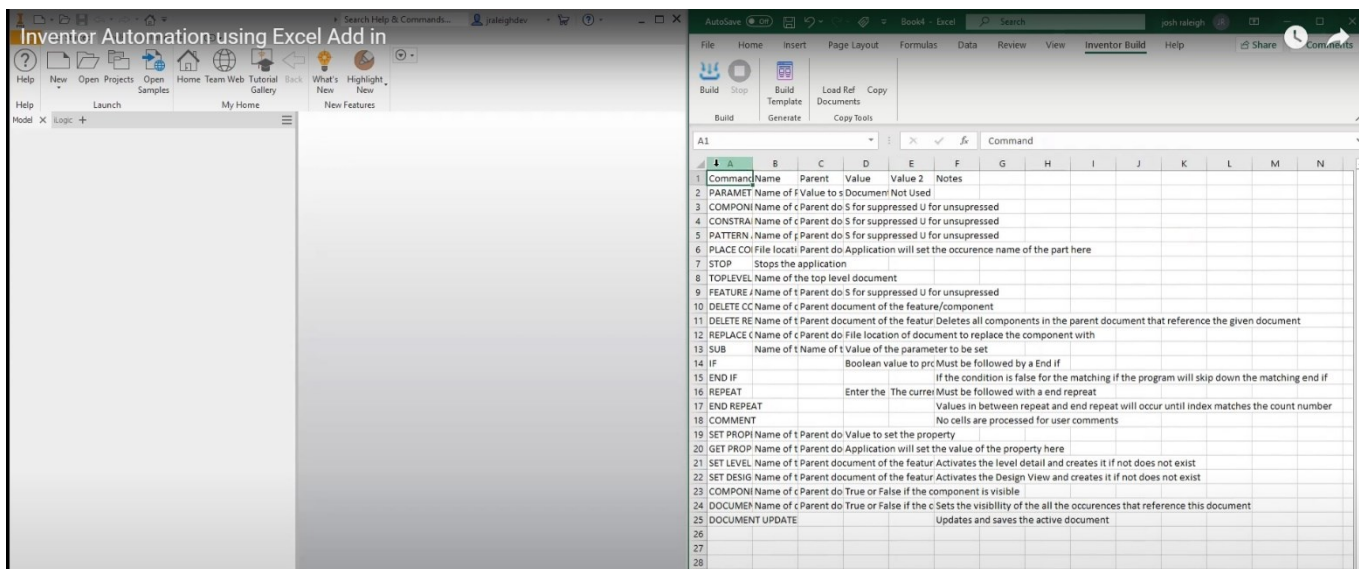
2.3 Excelin hyödyntäminen

Excel-taulukoista voi tuoda tietoa tai niihin voi viedä tietoa Inventorista. Tässä voidaan hyödyntää iLogicia (AutoDesk Inventor 2018 Help, Excel Data Links Functions Reference, iLogic).

Prosessiteollisuuden projekteissa eri toimittajilla toistuu usein samanlaisia säiliöitä, joissa muuttuvat ainoastaan mitat ja yhteiden suunnat. Kun Excel-taulukkoon lisätään laskentaa ja aputaulukkoita tarvittava määrä, saadaan säiliön mitoitus ja päämittapiirustus tuotettua nopeasti ja tehokkaasti.

2.3.1 Excelin hyödyntäminen; Add-ins -apuohjelmat

Exceliä voi hyödyntää kokonaan ulkopuolisena tai Add-ins -apuohjelmana. Add-ins -ohjelmalla Excel aukeaa Inventorin sisälle ja valikkoon ilmestyy InventorBuild -komento sekä muita toimintaa helpottavia komentoja (kuva 1). Näin siirtyminen ja tiedonsiirto ohjelmien välillä on helpompaa.



KUVA 1. Inventorin Excel Add-ins -apuohjelma (Engineering automation 2020)

2.4 Makrot

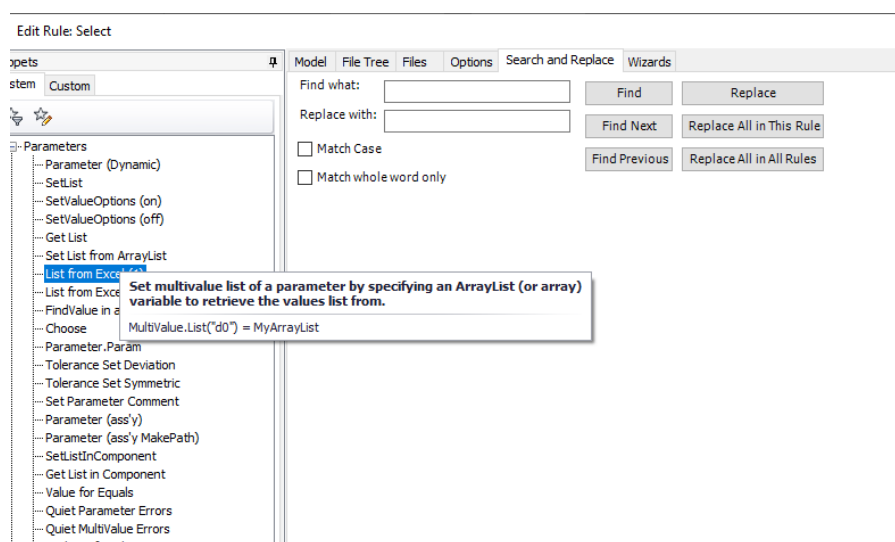
Makrot tehdään VBA-koodilla (VBA=Visual Basic Application), josta löytyy esimerkkejä Internetistä AutoDeskin sivuilta ja Youtube-videoista. Excelissä ja Solid Worksissa makroja voi nauhoittaa, mutta Inventorista tämä ominaisuus puuttuu. AutoDeskin sivuilta löytyy tähän tarvittavaa koodia (AutoDesk Inventor 2018).

2.5 iLogicin hyödyntäminen

iLogicin käyttö on myös VBA-pohjaista ohjelmointia. iLogicin avulla luodaan sääntöjä, jotka ovat pieniä ohjelmia, joiden avulla hallitaan parametrien ja ominaisuuksien arvoja suunnitteluvaiheessa (kuva 2). Siihen löytyy esimerkkejä lähdekoodista ja opetusvideoita Internetistä mm. AutoDeskin sivuilta. Youtubesta löytyy videoita, joissa kuvataan iLogicin hyödyntämistä eri tilanteissa.

iLogicin avulla säännöt kirjoitetaan suoraan osaan, kokoonpanoon ja piirustukseen. Säännöillä hallitaan parametrien ja ominaisuuksien arvoja suunnitteluvaiheessa. Tällä tavoin voidaan määrätä mallin attribuuttien, ominaisuuksien ja komponenttien käyttäytymistä. Tieto tallentuu suoraan suunnitteludokumentteihin. (AutoDesk Inventor Support and learning 2022).

Pelkän parametrisen suunnittelun heikkoutena on sen suppeat käyttömahdollisuudet, jotka rajoittavat usein mittojen ja määrien muutoksiin. Suunnittelun automatisoinnissa parametrien linkkausten ja mallien päivittyminen alamallien ja päämallin välillä onnistuu paremmin iLogicin hyödyntäen.



KUVA 2. iLogicia Inventorista

3. AIKAISEMPI TIETOPERUSTA

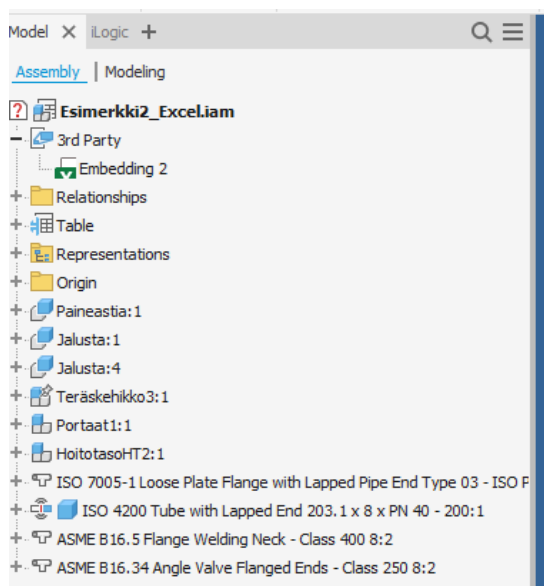
Parametric Technology julkaisi vuonna 1988 ensimmäisen kolmiulotteisen parametrisen piirremallinnusohjelmiston nimeltään Pro/ENGINEER. Parametrisestä kolmiulotteisesta mallintamisesta tuli niin suosittua, että nykypäivänä suurin osa suunnitteluohjelmista toimii kyseisellä tavalla (Hietikko 2007,15).

AutoDesk julkaisi Inventorin ensimmäisen version vuonna 1999. Viimeisin 27.versio on tehty 28.maaliskuuta tänä vuonna (vuonna 2022). Inventorin 15.versio Sikorsky julkaistiin 26. maaliskuuta vuonna 2010. Tällöin ohjelman uusiin ominaisuuksiin kuului muun muassa dynaaminen syöttö, suora manipulointi, kokoamistyökalu, visualisointi, iCopy ja iLogic, jota käytetään hyväksi tässä työssä. iLogiciin julkaistiin parannuksia keväällä 2018 ilmestyneessä versiossa. (Wikipedia 2022).

AutoDeskin sivuilta löytyy joitakin esimerkkimalleja iLogicin ja Excelin käytöstä Inventorin yhteydessä. Monissa Youtubesta löytyvissä videoissa esitetään niukasti lähdekoodeja ja ne lienee tarkoitettu myyntiesittelyvideoiksi. Aiheesta on myös julkaistu muutamia opinnäytetöitä. Joidenkin yritysten sivulta löytyi Inventorin yhteyteen myytäviä sovelluksia, joilla toimintoja voidaan automatisoida. Esimerkiksi Symetri-yhtiön Autodesk Vaultiin ja Inventoriin sisäänrakennettu Sovelia Vault tehostaa ominaisuustietojen hallintaa ja virtaviivaistaa prosesseja. Sovelia Vaultin tehokkailla työkaluilla voi automatisoida työlää ja manuaaliset työvaiheet, kuten suunnittelutiedon rekisteröinnin, tiedon muuntamisen yleisiksi tiedostomuodoiksi (esimerkiksi PDF) sekä näiden tiedostojen jakamisen ja luovutuksen (Symetri 2022). Vastaavanlaisia sovelluksia löytyy muun muassa CPQ Finland Oy:ltä (CPQ Finland 2022, Tacton CPQ ratkaisut) ja Tim Classenilta (Tim Classen Software Development 2022).

4. YLEISTÄ MALLINNUSESIMERKEISTÄ

Selvyyden vuoksi tässä projektissa on tehty kaksi erillistä esimerkkiä, jotka poikkeavat toisistaan pääkokoonpanon suhteen. Molemmista mallinnusesimerkeissä piirrepuuhun kuuluu painesäiliö yhteen, sen jalusta ja ympärillä oleva teräskehikko hoitotasoiheen sekä hieman putkistoa (kuva 3). Painesäiliö on kuperapäätyinen, viidellä yhteellä varustettu vaakasäiliö. Säiliön jalustan rakenne perustuu Savonia-AMK:n opetusaineistoon. Teräskehikko ja hoitotasot sekä portaat on mallinnettu kukin omaksi kokonaisuudekseen. Putkiston osat on lisätty pääkokoonpanoon komponentteina (kuva 4).



KUVA 3. Piirrepuu Inventorista



KUVA 4. Pääkokoonpano

4.1 Automatisoidut toiminnot

Molemmissa esimerkeissä esiintyy samoja automatisoituja toimintoja. Tässä työssä on keskitytty pääkokoonpanon mallin rakenteen päivittymiseen pääasiassa painesäiliön ja yhteiden mittoja muuttamalla. Mallissa esiintyy seuraavia toimintoja:

- Painesäiliön koko päivittyy halkaisijaa ja pituutta muuttamalla. Tähän voisi lisätä muuttujiksi myös seinämävahvuuden, paineen, lämpötilan tms. Mutta malli on pyritty pitämään selvyden vuoksi yksinkertaisena. (Pääkokoonpano: iAssembly, Mitat-form tai Excel-tilukko)
- Yhteet päivittyvät Exceliin annettujen tietojen mukaan.
- Esimerkissä 1 teräshehikon profiilit, koko ja materiaali päivittyvät säiliön halkaisijan muuttessa. (Pääkokoonpano: teräshehikon teräshprofiilin, mittojen ja materiaalin muuttuminen si-dottu iLogicissa säiliön halkaisijan muuttumiseen.)
- Portaiden korkeus päivittyy teräshehikon korkeuden mukaan.
- Hoitotason leveys päivittyy teräshehikon leveyden mukaan.
- Portaot päivittyvät teräshehikon korkeuden mukaan.
- Askelmien lukumäärä päivittyy portaiden korkeuden mukaan.
- Ritiöissä käytetty lanka päivittyy askelmien ja tasojen mittojen mukaan.
- Tukijalkojen säde muuttuu painesäiliön halkaisijan mukaan.
- Osakokoonpanojen kokonaispainot päivittyvät materiaalin mukaan formiin tai Excel—tilukkoon.

4.2 Parametrien nimeäminen

Parametrien nimeämisessä on pyritty käyttämään tiettyä logiikkaa lyhenteiden suhteen, etteivät nimet muodostuisi turhan pitkiksi. Tässä joitakin esimerkkejä käytetyistä kirjainsymboleista:

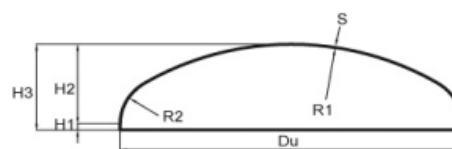
- Du tai du =>ulkohalkaisija, Ds tai ds =sisähalkaisija
- L=>pituus
- B=>leveys
- F=> teräshehikko tai yhteissä laippa
- N1, N2...=>Yhde 1, yhde 2 ...
- dk => ruuviympyrän jakohalkaisija
- R1, R2 =>Sketseissä käytettyjä ympyrän säteitä
- s=>seinämän paksuus

4.3 Painesäiliön runko ja yhteen

Painesäiliön runko (kuvat 6 ja 7) ja jalusta (kuva 8) ovat mallinnettu pääosin perustuen Savonia-AMK:n opetusaineistoon (Teemaharjoitus8 Skeleton-malli ja Teemaharjoitus7- iLogic (sisältää jalustan, joka vastaa tässä työssä käytettyä tukijalkaa)). Tässä työssä käytetty pääty on tyyppiä KORBBOKEN SS 482 (kuva 5) ja mallinnettu päätytaulukossa esiintyvien kaavojen mukaan (Teemaharjoitukset 2021).



KORBBOKEN SS 482 DIN 280 13
(SYVÄ PÄÄTY)

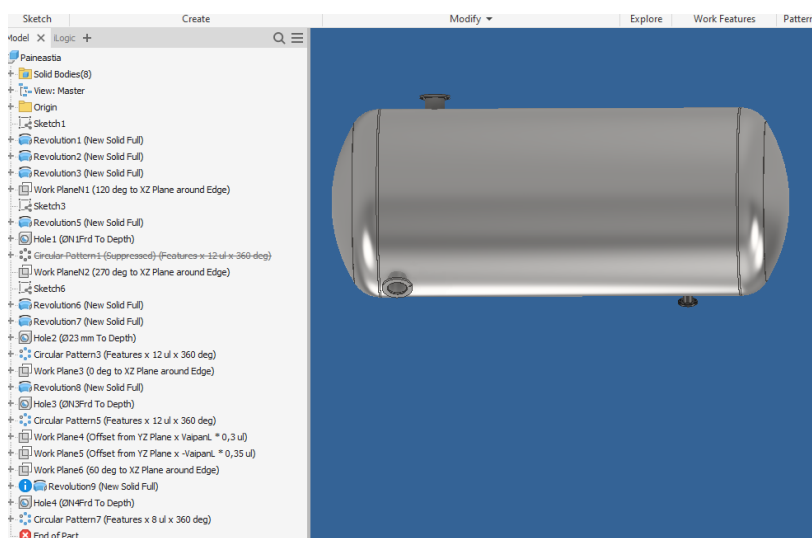


$$\begin{aligned} R1 &= 0,8 \text{ Du} \\ R2 &= 0,154 \text{ Du} \\ H2 &= 0,255 \text{ Du} - 0,635 \text{ s} \\ H3 &= H1 + H2 \\ V &= 0,1298 (Du - 2s)^3 \end{aligned}$$

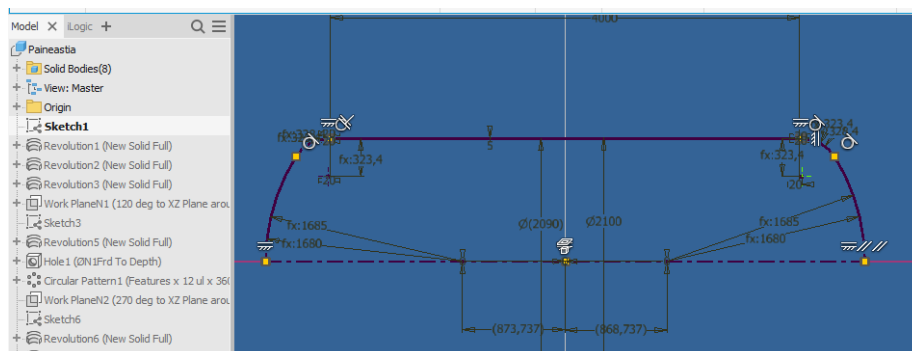
S mm = lähtöpaksuus	3	4	5	6	7	8	10	12	14	15	16
H1 mm (Jos erikseen ei muuta ilmoiteta)	20	20	20	20	35	35	35	35	50	50	50
Du	R1	R2	V	H2	Paino						
mm	mm	mm	dm3	mm	kg						
192											
219	175	34	1	56	2	2					
250	200	39	2	63	2	3	3				
256											
274	219	42	3	70	2	3	4	5			
302											

KUVA 5. Päätytaulukko KORBBOKEN SS 482

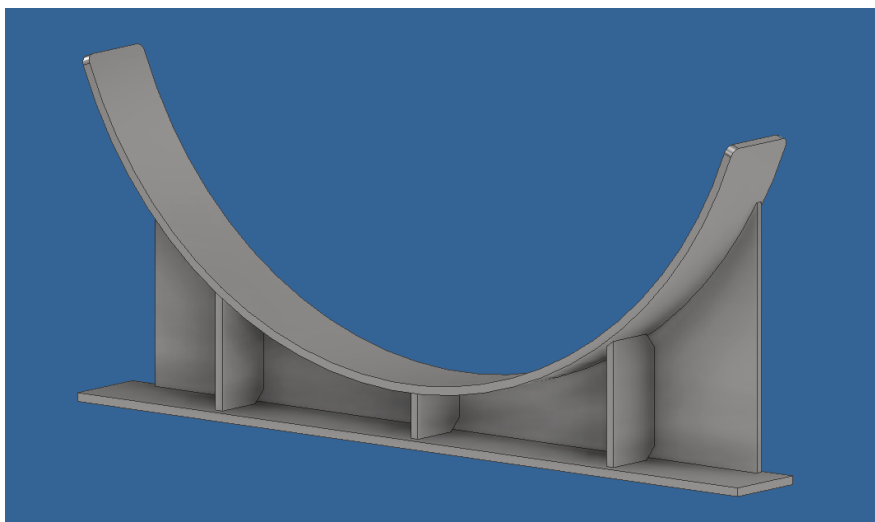
(Saarijärven Päätytuote Oy, 2018. Päätytuotteet (Korbogen SS 482))



KUVA 6. Paineastian osamalli Inventorissa

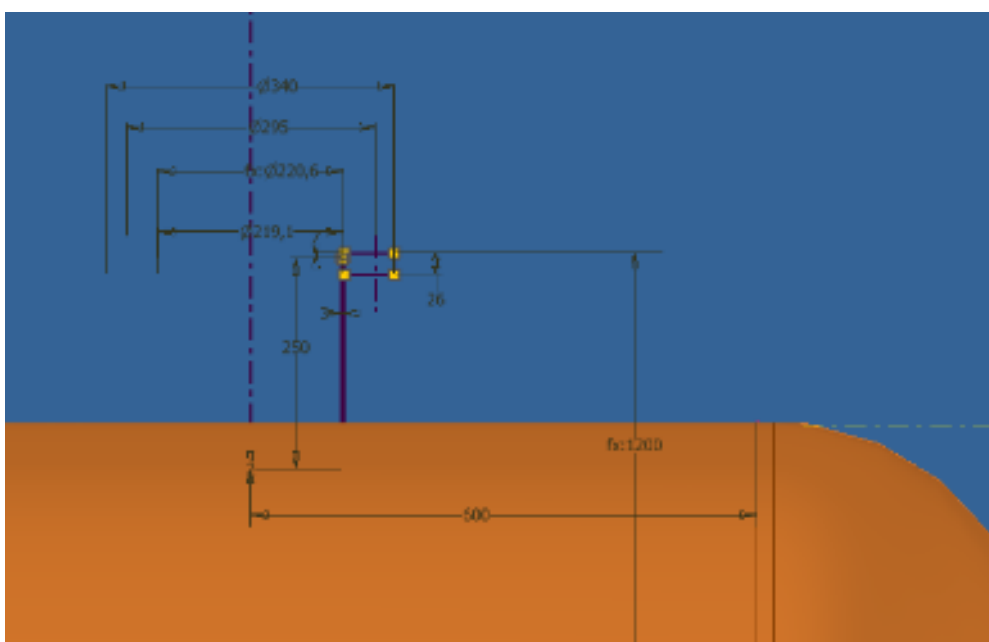


KUVA 7. Paineastian rungon sketsi



KUVA 8. Paineastian jalustan (2 kpl) osamalli Inventorissa

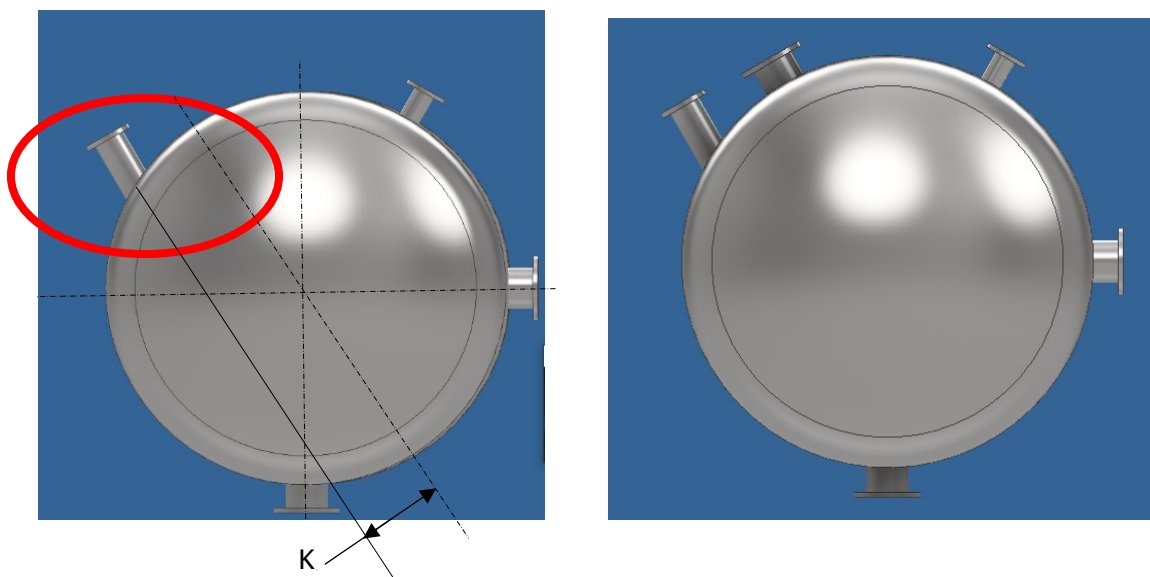
4.3.1 Yhteiden luominen paineastiaan



KUVA 9. Paineastian yhteen N2 sketsi

Paineastian yhteen luodaan muodostamalla kunkin yhteen sketsille oma taso (esimerkiksi WorkPlaneN1), joka on kyseisen yhteen keskiakselin suuntainen. Tämä taso määrää yhteen suuntakulman säiliössä. Yhteelle annetaan sketsissä etäisyys päädyn ja vaipan liitossaumasta sekä yhteen laipan ulkopinnan etäisyys säiliön keskiakselista (kuva 9). Sketsiin annetaan nimet yhteen laipan ja putken mitoille

parametreinä (Model Parameters). Myöhemmin nämä mitat haetaan iLogicin avulla Excel-taulukosta. Laipat on mallinnettu EN-standardien mukaan.

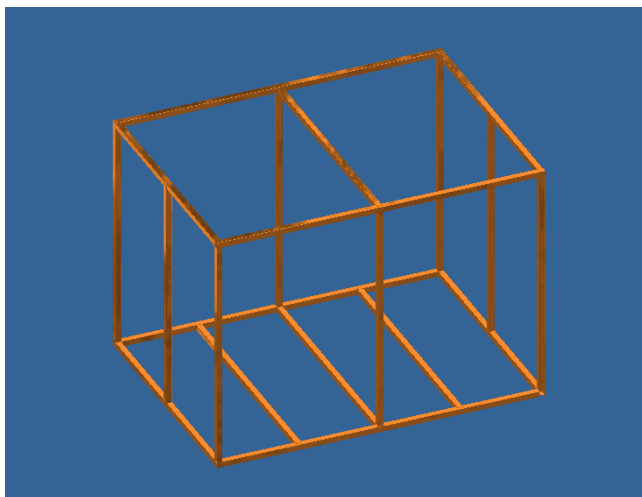


KUVA 10. Yhte N5 sijaitsee epäkeskeisesti säiliön keskiakseliin nähden

Yhteen N5 (kuva 10) WorkPlaneN5B-taso on tehty saman suuntaisena yhteen N1 WorkPlaneN5A-tason kanssa. Tasojen etäisyys K voidaan antaa yhdetaulukossa. Tämä mitta on sama kuin yhteen keskiakselin etäisyys säiliön akselista. Yhteiden määrän voi valita formista Multi-Value-taulukosta.

4.4 Teräskehikko, portaat ja hoitotaso

Teräskehikko, portaat ja hoitotaso on mallinnettu osittain perustuen Savonia-AMK:n opetusaineistoon (Teemaharjoitus 2 ja Harjoitus 2 sekä siihen liittyvät opetusvideot) ja Youtube-lähteisiin. Hoitotason on mallinnettu ritilä myös pelkkänä tasolevynä mallin rakenteen keventämiseksi. Tasot on mallinnettu yhtenä levynä, vaikka ne todellisuudessa muodostuvat useammasta standardikokoisesta ritilästä. Teräskehikon, portaiden ja hoitotason mitat muuttuvat säiliön halkaisijan tai formeissa annettujen mittojen mukaan. (Teemaharjoitukset 2021).



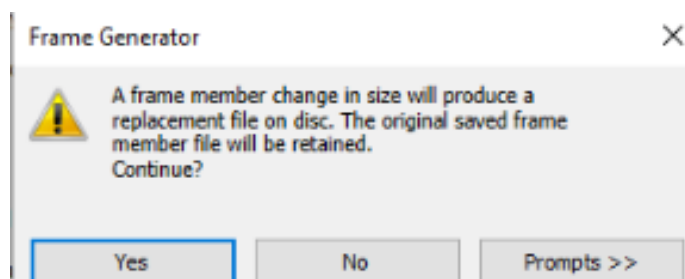
KUVA 11. Teräskehikko

4.4.1 Teräskehikko

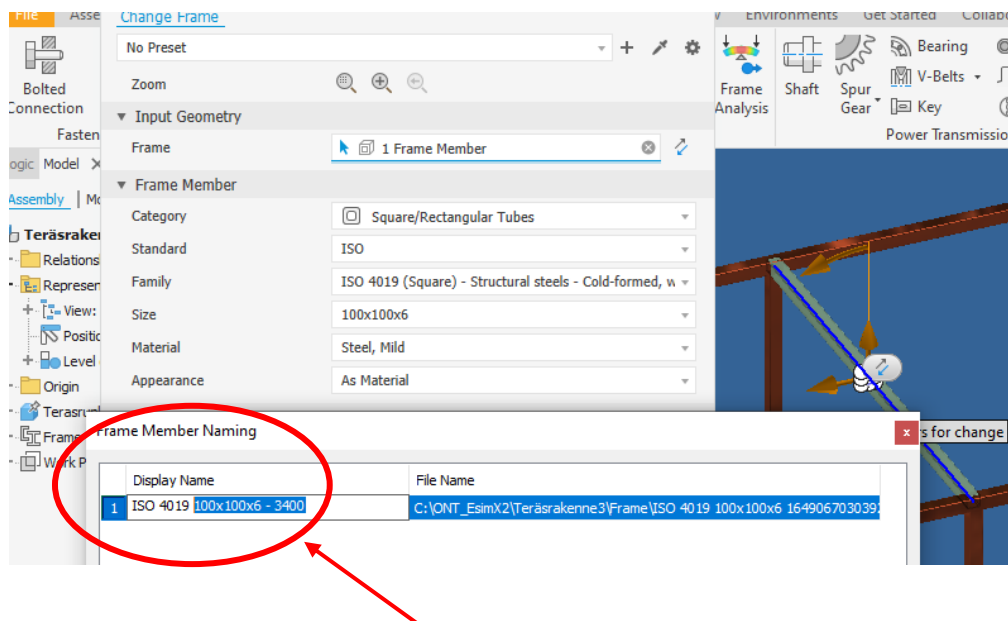
Teräskehikon skeleton-malli on osakuva, joka on tehty käyttämällä Frame Generaattoria. RHS-teräkset on mallinnettu liitoksineen osakokoonpanoon (kuva 11).

4.4.2 Terästen uudelleen nimeäminen mallissa

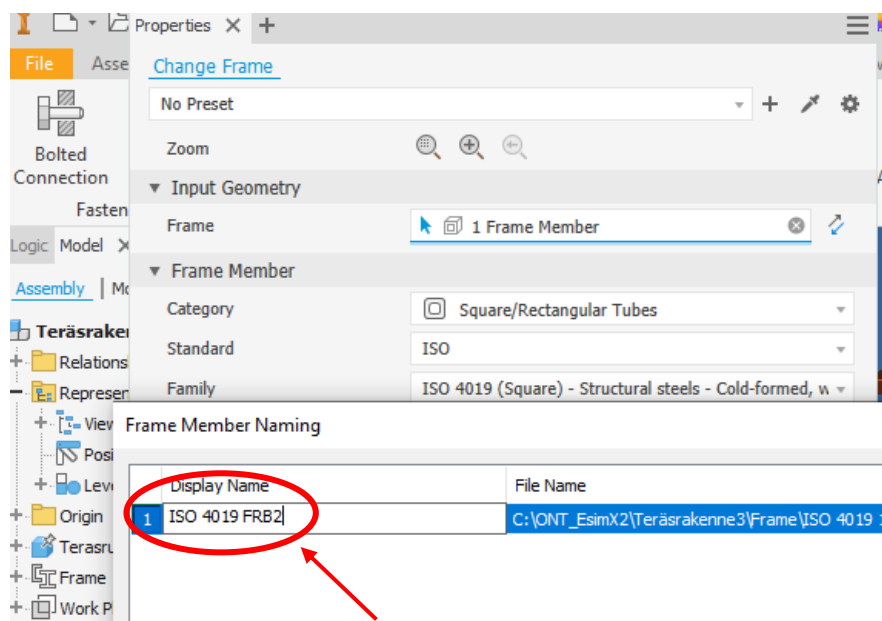
Teräkset nimettiin mallintamisen yhteydessä uudelleen. RHS-teräkset voidaan nimetä uudelleen myös Change Frame-käskyn yhteydessä. Kuvissa 12, 13 ja 14 ohjelman RHS-teräkselle antama nimi oli ISO 4019 100x100x6 -3400 ja annettiin uusi nimi ISO 4019 FRB2.



KUVA 12. Tähän kohtaan vastataan "Yes"



KUVA 13. Change Frame-käskyn yhteydessä voi nimetä RHS-teräksen uudelleen



KUVA 14. Annetaan uusi nimi: ISO 4019 FRB2

4.4.3 Terästen koon muuttaminen iLogicin avulla

Teräskehikon materiaali on automatisoitu muuttumaan painesäiliön materiaalin mukaan. Myös RHS-teräksien koko muuttuu painesäiliön halkaisijan mukaan. Tässä työssä RHS-teräksinä käytettiin RHS 80 x 80 x 5, RHS 100 x 100 x 5, RHS 150 x 150 x 5 (=korkeus/mm x leveys/mm x seinämän paksuus/mm).

Alla kuvassa 15 on esitettyä teräskehikon automatisointiin käytettyä koodia:

```
iProperties.MaterialOfComponent("ISO 4019 FRL1:2") = Frame_Material
iProperties.MaterialOfComponent("ISO 4019 FRL2:1") = Frame_Material
```

KUVA 15. Teräskehikon automatisointiin käytettyä koodia

Tällä kerrotaan iLogicille, että

komponentin materiaali (RHS-teräs) = User-parametri `Frame_Material`

Tässä kuvassa 16 esimerkki RHS-teräksien mittojen muuttamisesta:

```
If VaipanDux <= 2200 Then
  Parameter("ISO 4019 FRL1:2", "G_W") = 80
  Parameter("ISO 4019 FRL1:2", "G_H") = 80
  Parameter("ISO 4019 FRL1:2", "G_T") = 5
```

KUVA 16. Esimerkki RHS-teräksien mittojen muuttamisesta

Yllä olevassa koodissa if-lausekkeen ehto on:

Jos painesäiliön halkaisija on pienempi tai yhtä suuri kuin 2200 mm niin RHS-teräksen koko on RHS 80 x 80 x 5 (=korkeus/mm x leveys/mm x seinämän paksuus/mm).

4.4.4 Portaات

Standardi SFS-EN ISO 14122 määrittelee hoitotasojen, portaiden ja suojakaiteiden rakennetta ja mittoja. Standardien mukaan vapaa alue leveydessä on oltava vähintään 600 mm. Hoitotason suositeltu leveys on kuitenkin vähintään 800 mm. Hoitotason suositelluista mitoista voidaan poiketa ympäristön tai koneen aiheuttamien rajoitusten takia. Tällaisessa tapauksessa hoitotason vapaata leveyttä voidaan pienentää korkeintaan 500 mm, jos tason käyttö on satunnaista tai pienennys tehdään lyhyellä matkalla.

Portaat1.iam on osakokoonpano (kuva 17), joka sisältää Portaات:1 osakuvan, Hoitotaso_ritilä osakokoonpanon sekä Ritiläaskelma2:1 osakokoonpanon. Portaiden kaiteet, L ja U-profiilit sekä RHS-tuki on tehty käyttämällä Frame Generaattoria. Askelmat on monistettu käyttämällä Rectangular Pattern-käskyä. Porrastason leveyttä ja pituutta voi muuttaa osakokoonpanon parametrien tai formin kautta, mutta korkeus seuraa teräskehikon korkeutta.

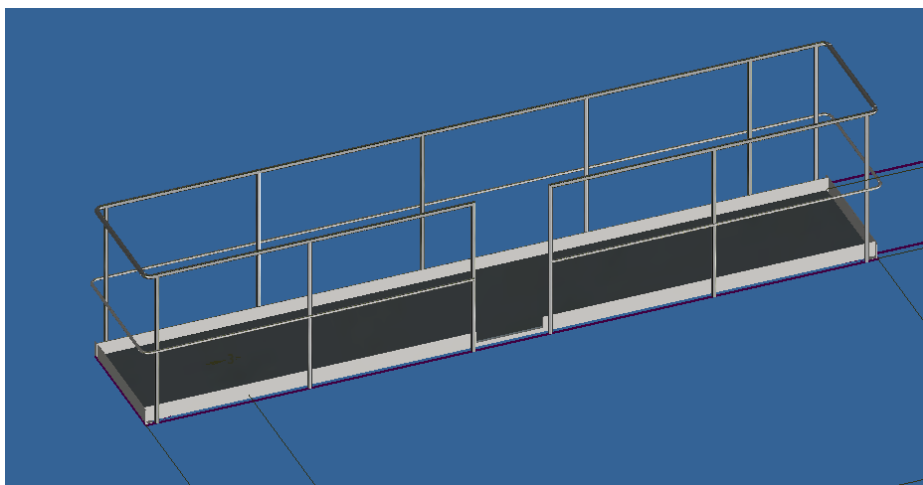
Portaiden ritilät ja askelmat on mallinnettu lattojen ja tankojen avulla visuaalisuuden ja painon tarkkuuden lisäämiseksi. Hoitotasossa käytettiin tasolevyä, koska suuri ritilämäärä teki mallista liian hitaasti päivittyvän.



KUVA 17. Portaات

4.4.5 Hoitotaso

Hoitotaso on osakokoonpano, jonka osakuvia ovat HoitotasoTesti2, Tasolevy1:1, Tasoritilä:1. Hoitotaso on mallinnettu 3D-sketsinä ja kasattu käyttämällä Frame Generaattoria. Kaiteet ja L-profiilit on viimeistelty käyttämällä Design välilehdeltä löytyviä komentoja: Miter, Lenghten/Shorten ja Trim/Extend. Hoitotaso on automatisoitu seuraamaan teräskehikon mittoja leveys ja pituus suunnassa. Tasolevy sekä tasoritilä hoitotasoa pituus ja leveys suunnassa. Hoitotaso valmistettiin alun perin pelkällä tasoritilällä. Tasoritilä:1 osakuvasta tuli kuitenkin niin raskas, että rinnalle tehtiin Multi-Valuen avulla (kuva 19) Tasolevy1:1. (Kuva 18).



KUVA 18. Hoitotaso

Ritilän_Tyyppi		Text	Tasolevy						
Trigger0		ul	Tasolevy	49,0...		49,0...			
N1Deg		deg	Tasoritilä	120,...	MalinMitat...	120,...			

Kuva 19. Hoitotason ritilätyypin valinta Multi-Value-valikosta

Alla olevissa kuvissa 20 ja 21 on esitettyä hoitotason automatisointiin käytettyä koodia:

```
Parameter("Tasolevy1:1", "Pituus") = Tason_Pituus - 60
Parameter("Tasolevy1:1", "Ritilän_Leveys") = Tason_Leveys - 135
Parameter("HoitotasoTesti:1", "HL") = Tason_Pituus
Parameter("HoitotasoTesti:1", "HB") = Tason_Leveys
```

KUVA 20. Koodia osakokoonpanossa

```

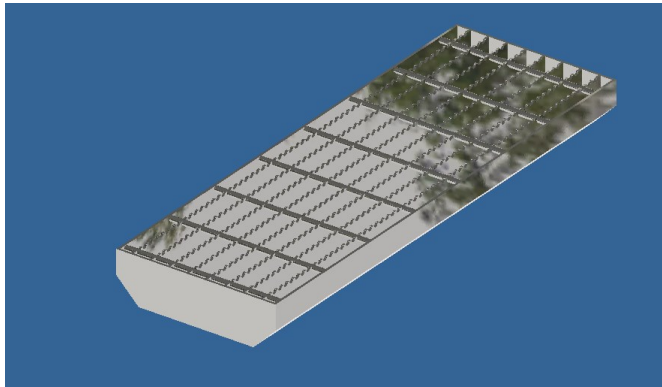
Parameter("HoitotasoTesti2:1", "Tason_Leveys") = FRBx / 3
Parameter("HoitotasoTesti2:1", "Tason_Pituus") = FRLx + 150

Parameter("Tasoritilä:1", "Pituus") =
    Parameter("HoitotasoTesti2:1", "Tason_Pituus")

Parameter("Tasoritilä:1", "Ritilän_Leveys") =
    Parameter("HoitotasoTesti2:1", "Tason_Leveys")

```

KUVA 21. Koodia pääkokoonpanossa

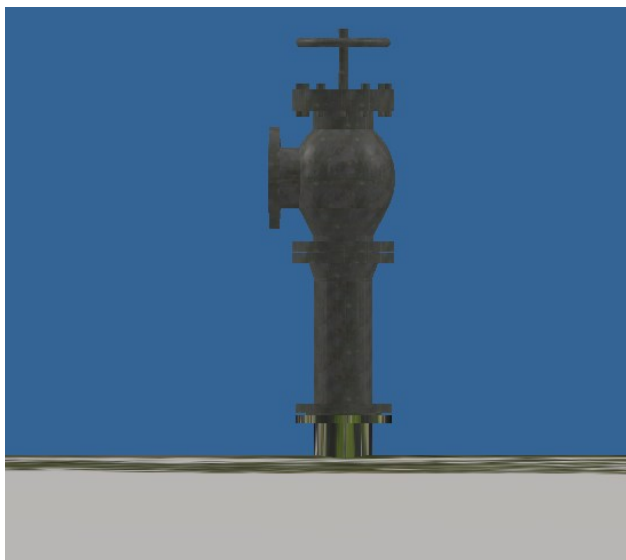


KUVA 22. Ritiläaskelma

Ritiläaskelma2.iam on osakokoonpano, jonka osakuvia ovat Ritiläaskelma:1 ja tanko:1. Askelman pituus on automatisoitu seuraamaan portaiden leveyttä, mutta askelman leveys on vakio 200 mm. Askelmien määrä määräytyy portaiden korkeuden perusteella. Askelmien kiinnitystä portaisiin ei ole mallinnettu tässä työssä. (Kuva 22).

4.5 Pääkokoonpanoon liittyvä putkisto

Painesäiliön yhteisiin liitetty putkisto on tuotu malliin ISO -ja ASME-standardeihin pohjautuvina osina, koska tähän projektiin käytetystä Inventor-ohjelmasta ei löytynyt valmiita EN-pohjaisia putkistokomponentteja (kuva 23). Venttiilit ja niihin liittyvät ovat ASME-standardin mukaisia. Tämä vaihe jäi vähäiseksi suppean putkiston osia koskevan kirjaston vuoksi.

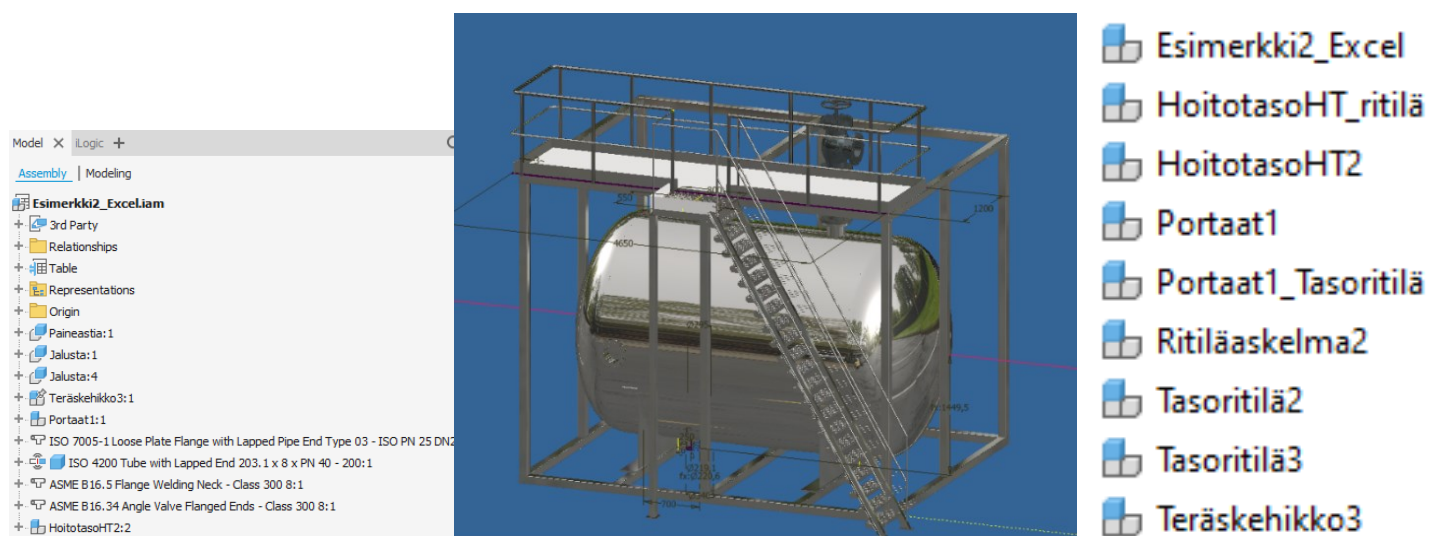


KUVA 23. Putkistoa

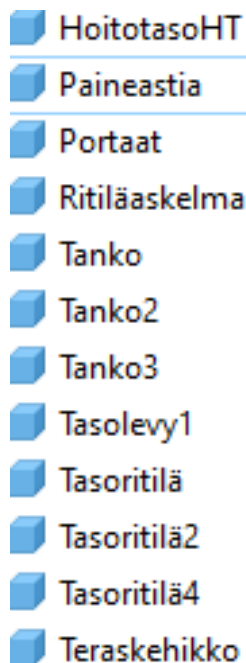
Putkiston osat voi tässä esimerkissä korvata Replace-komennolla. Vaihtoehdot ovat DN100 ja DN200. Replace-käskyä on käsitelty tarkemmin kohdassa 6.7 (Osan korvaaminen Replace-komennolla iLogicissa).

4.6 Pääkokoonpano alamalleineen

Esimerkkimallien 1 ja 2 tiedostot eroavat toisistaan lähinnä pääkokoonpanon suhteen. Kuvassa 24 on pääkokoonpano piirrepuineen, joka sisältää paineastian, teräskehikon, tukijalat, portaat sekä hoitotason. Samassa kuvassa on myös lueteltu kaikki esimerkkiin n liittyvät osakokoonpanot (kuva 24). Seuraavassa kuvassa on lueteltu näihin liittyvät osakuvat (kuva 25).



KUVA 24.Pääkokoonpano ja sen piirrepuu sekä alikokoonpanot



KUVA 25. Pääkokoonpanoon ja osakokoonpanoihin liittyvät osakuvat

4.6.1 iLogicin ja formien käyttö kokoonpanossa

Pääkokoonpanot sisältävät suurimman osan formeista ja iLogic-säännöistä (=rules). Näiden sisältä-mää koodia on käsitelty tarkemmin luvussa 6 (3D-LAITESUUNNITTELUN AUTOMATISOINTI ILOGI-CILLA). Pääkokoonpanoon sisältyvät seuraavat säännöt (=rules):

- Mitat
 - Tähän sääntöön on määritetty eri osakuvien ja osakokoonpanojen mitat pääkokoonpano puolelle User Parametreinä. Myös säiliön materiaali löytyy tästä säännöstä.
- Frame_Material
 - Tähän sääntöön on määritetty teräshehikon materiaali.
- Frame_Sizes
 - Tämä sääntö sisältää If-lauseen ja RHS-teräksien määritetyt mitat.
- ReplaceValve
 - Tässä muutetaan putkiston osien kokoa (DN100 tai DN200). Tämä sääntö sisältää If-lauseen, joka muuttaa Multi-Value arvoa ja määrittää yhteen N2 arvon Exceliin.
- MallinMitatExcel
 - Tämä sääntö muuttaa yhteiden, paineastian ja teräshehikon kokoja Excelin kautta Inventoriin.
- Yhteiden_LKM
 - Tämä sääntö antaa mahdollisuuden valita eri määrän yhteitä malliin.
- Massat
 - Tässä säännössä on määritetty eri osakuvien ja osakokoonpanojen massat parametreiksi ja lisätty sen jälkeen formiin.
- Hoitotaso&Portaati_Materiaali

- Tässä säännössä on määritetty hoitotason ja portaiden materiaali.
- HT_Multi-Value
 - Tämä sääntö antaa mahdollisuuden valita hoitotasoon joko tasolevyn tai tasoritilän formin tai Multi-Value-parametrin kautta.

Pääkokoonpanoon sisältyvät seuraavat formit (=kaavakkeet):

- Mitat/Multivalue
 - Tällä formilla hallinnoidaan eri osien päämittoja ja materiaaleja sekä yhteiden määrää.
- Massat
 - Tämä formi näyttää eri osien massat.

5. MALLINNUSESIMERKKIEN 1 JA 2 EROAVAISUUDET

Tässä luvussa käsitellään, miten esimerkit 1 ja 2 eroavat toisistaan. Toinen on tehty iAssemblya käyttäen ja toinen Excelin avulla.

5.1 Esimerkki 1: Mallin automatisointi iAssemblya käyttäen

Ensimmäisessä esimerkissä automatisointiin käytettiin Inventorin iAssembly-ominaisuutta (liite 1). Luotiin neljä eri kokoista kokonaisuutta, jotka perustuivat painesäiliön halkaisijan muuttumiseen. iAssembly on iPartia vastaava ominaisuus kokoonpanopuolella, jolla voi muuttaa koko kokoonpanon mittoja iAssembly Table -taulukosta.

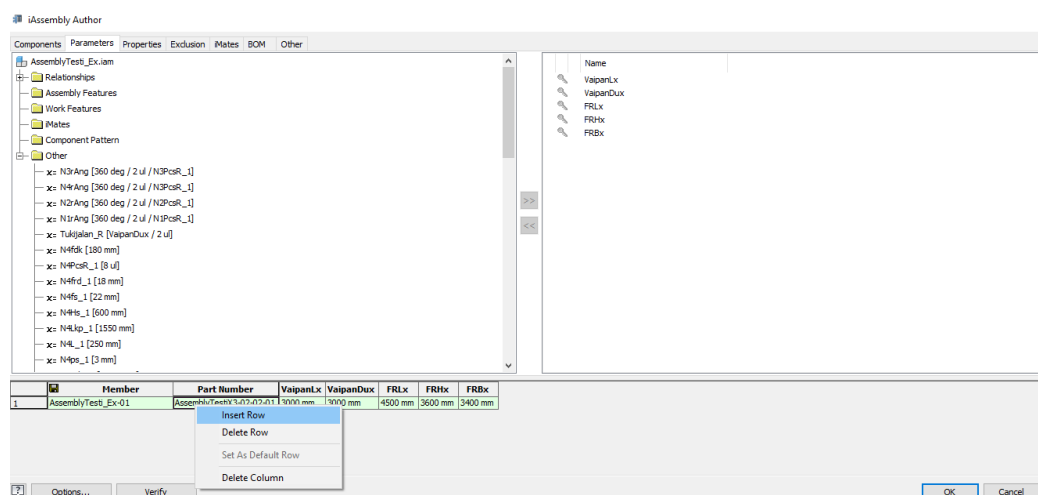
5.1.1 iAssemblyn luominen

Avataan pääkokoonpano ja määritetään osakuvien parametrit pääkokoonpanon User-parametreiksi iLogicilla. Avataan Inventorista **Manage**-välilehti ja sieltä **Create iAssembly**. Avataan **Parameters**-välilehti ja **Other**-kansio. Valitaan halutut parametrit tuplaklikkaamalla (kuva 26). Halutessaan muutettaviksi vaihtoehtoiksi voi valita **Relationships**-kansioista Relationships-liitoksien offsetteja. **Components**-välileheltä löytyy kokoonpanossa käytetyt osakuvat ja osakokoonpanot sekä **Include-/Exclude**-, **Grouding status**- ja **Adaptive Status** -toiminnot. Include-/Exclude -toiminnolla voidaan hallita, onko osakuvat, osakokoonpanot tai Relationships-liitokset voimassa vai ei.

Esimerkki:

Vaihtoehdossa 1. osakuvan **Include**=aktiivinen => kappale näkyy.

Vaihtoehdossa 2. osakuvan **Exclude**=aktiivinen => kappale ei näy.

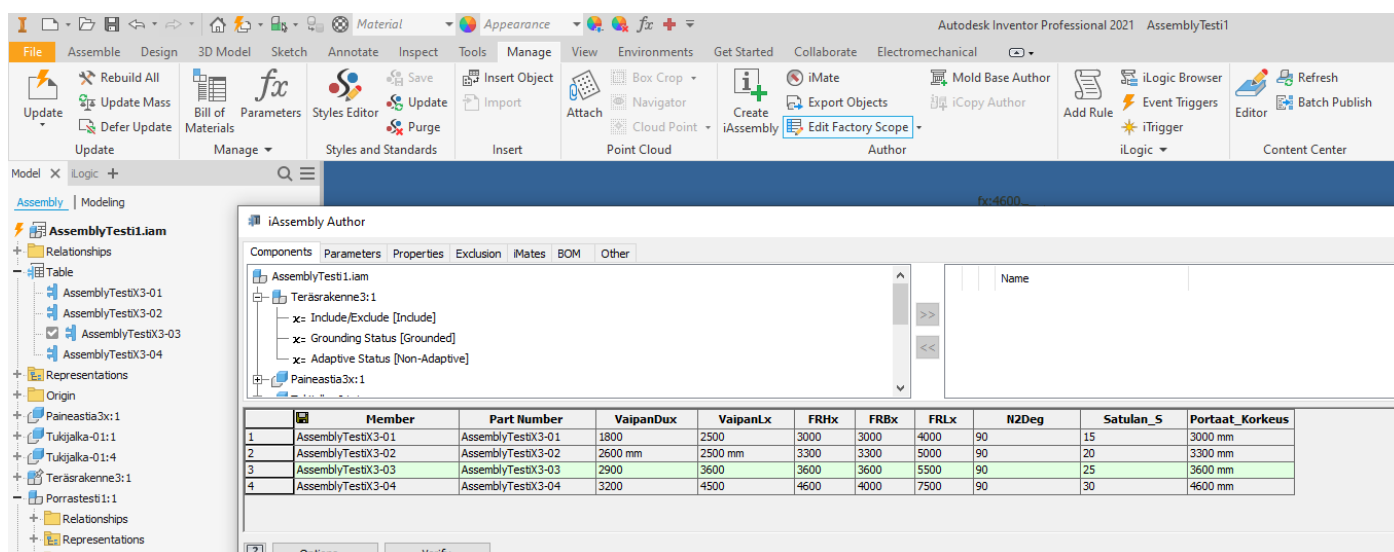


Kuva 26. iAssembly Parameters-välilehti ja valittuja User-parametrejä

Tämän jälkeen klikataan hiiren oikealla luotua iAssembly-riviä, valitaan **Insert Row** ja haluttu määrä eri kokoisia vaihtoehtoja. Tämän jälkeen täytetään taulukkoihin halutut mitat ja painetaan **OK**.

5.1.2 iAssemblyn käyttö paineastian koon määrittelyssä

iAssemblyssa luodaan erilaisia vaihtoehtoja kokoonpanolle. Tässä työssä yhteiden koko ja sijainti määritellään Excelin kautta. Kuvassa 27 on täytettyjä iAssembly-tilaukoita.



KUVA 27. iAssemblyn eri vaihtoehdot

5.2 Esimerkki 2: Mallin automatisointi Exceliä käyttäen

Toisessa esimerkissä automatisointi suoritettiin Excel-tilaukon pohjalta iLogiciin perustuen. Excel-tilaukon käyttöä puoltaa se, että lähtöarvot Excel-tilaukkoon voi syöttää kuka tahansa. Excel-tilaukon arvot voi linkata suoraan User-parametreihin Link-komennolla tai käyttäen iLogicia (Tästä kerrotaan tarkemmin kohdassa 6.1 sivulla 28).

iLogicilla tehty käyttöliittymä päivittyy paremmin ja antaa enemmän mahdollisuuksia suorittaa erilaisia toimintoja. Tässä työssä ei ole hyödynnetty Link-komentoa, vaan tietojen siirto on tehty iLogicilla.

5.2.1 Excelin käyttö iLogicin avulla ja formien käyttö kokoonpanossa

Ilogicin yhteydessä käytettävästä Excel-tiedostosta voidaan tehdä monimutkainenkin yhtenäinen kokonaisuus, jossa lasketaan ja mitoitetaan asioita. Yksinkertaisinta on siirtää lähtötietoja prosessisuunnittelusta Inventoriin esimerkiksi Excel-tiedostoon kopioitavien siirtosivujen kautta. Inventoria käyttävät yleensä vain laite- ja laitossuunnittelijat ja tällöin on kätevää siirtää dataa projekteissa Excelin kautta. Siirtosivu kopioidaan Exceliin tietylle sivulle, josta tiedot luetaan joko suoraan tai muiden sivujen kautta Inventoriin iLogicilla.

Excel-tietoja voi upottaa tai linkittää ne Inventor-asiakirjaan. Ne voi myös säilyttää sen ulkoisena tiedostona kuten tässä työssä on tehty. Toiminnot vaativat joko tiedostonimen tai linkitetyn tai upotetun Excel-tiedoston määrittelyn.

Tiedostonimelle voit määrittää suhteellisen tai absoluuttisen polun. Absoluuttisten polkujen käyttäminen voi kuitenkin vaikeuttaa mallin lähettämistä toiselle käyttäjälle eri tietokoneella. Jos polkua ei ole määritetty, iLogic olettaa, että Excel-dokumentti on samassa kansiossa kuin nykyinen Inventor-dokumentti. Suhteellinen polku tulkitaan alkuperäisen polun suhteessa Inventor-asiakirjan sisältävään kansioon. iLogic etsii myös tiedostoa projektin työtilapolun alta. Voit käyttää suhteellista polkua projektin työtilapolun alla. Tuetut tiedostotunnisteet sisältävät .xls, .xlsx, .xlsm ja .xlsb.

Upotettua taulukkoa käytettäessä se upotetaan Parametrit-valintaikkunan linkin avulla. Upotetun taulukon nimeä ei saa muuttaa Inventorin sille antamasta oletusnimestä (esimerkiksi Embedding 1). GoExcel-käsky vaatii alkuperäisen nimen.

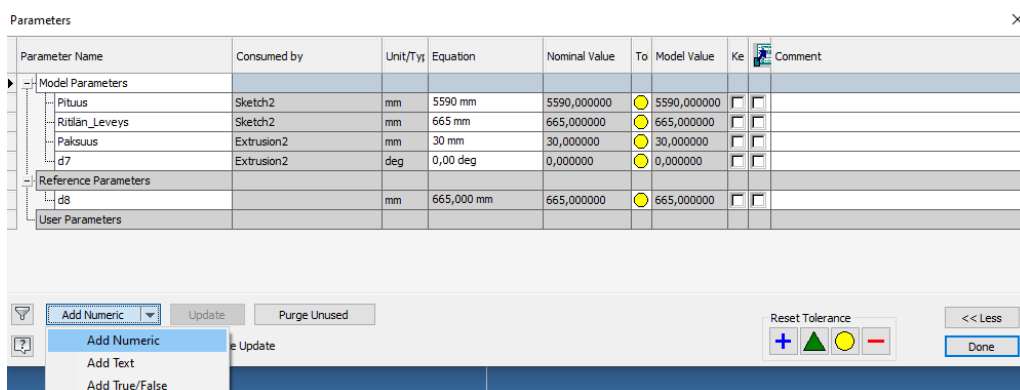
6. 3D-LAITESUUNNITTELUN AUTOMATISOINTI ILOGICILLA

iLogic lukee Visual Basic -koodia, joka on iLogiciin tutustuttaessa helppoa ymmärtää ja käyttää. Visual Basiciin perustuen iLogicilla voi lukea ja käyttää HTML, Word, Excel ja monia muita tiedostotyyppisiä sekä kommunikoida muiden Windows-ohjelmien kanssa. iLogic:lla voidaan myös ajaa Visual Basicillä tehtyjä DLL-tiedostoja, mikä vaatii laajempaa osaamista ohjelmoinnista.

iLogissa on hyvin laaja valikoima erilaisia komentoja, mutta tässä tutustutaan esimerkeissä 1 ja 2 käytettyihin yleisiin peruskäsitteisiin.

6.1 Alamallien linkitys kokoonpanoihin Link-komennon kautta

Inventor tallentaa malliin syötetyt mitat Parameters-osioon. Parametrit on jaettu Model Parameters-, Reference Parameters- ja User Parameters- taulukoihin.

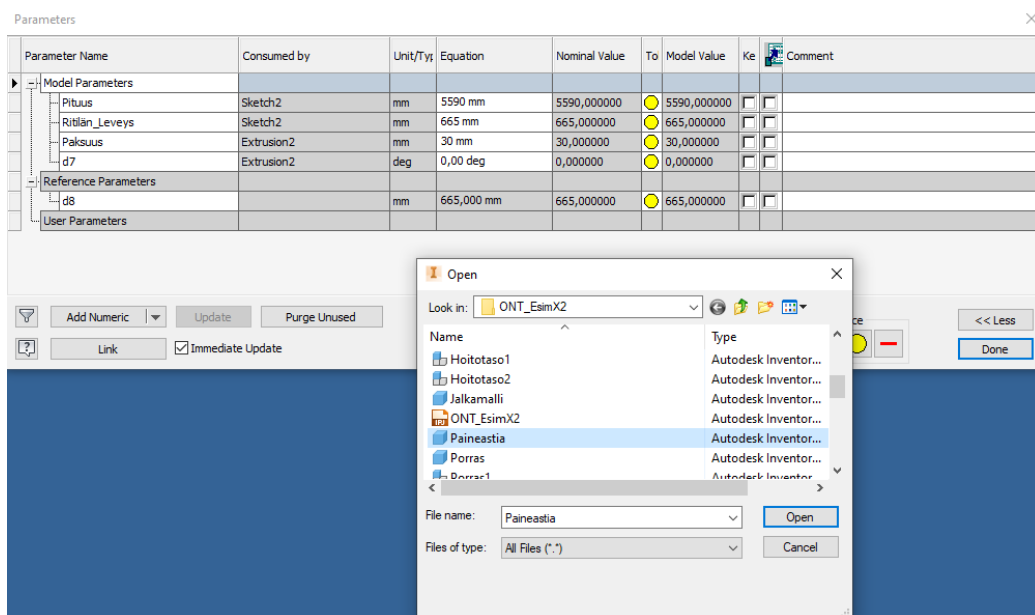


Parameter Name	Consumed by	Unit/Ty	Equation	Nominal Value	To	Model Value	Ke	Comment
Model Parameters								
Pituus	Sketch2	mm	5590 mm	5590,000000		5590,000000		
Ritilän_Leveys	Sketch2	mm	665 mm	665,000000		665,000000		
Paksuus	Extrusion2	mm	30 mm	30,000000		30,000000		
d7	Extrusion2	deg	0,00 deg	0,000000		0,000000		
Reference Parameters								
d8		mm	665,000 mm	665,000000		665,000000		
User Parameters								

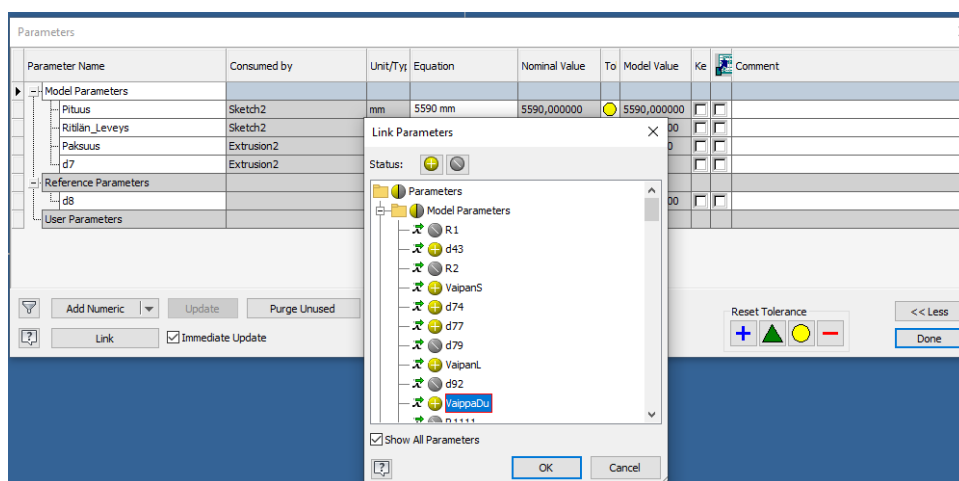
Buttons: Add Numeric, Update, Purge Unused, Add Numeric, Add Text, Add True/False, Reset Tolerance, Done.

KUVA 28. Inventorin Model-, Reference- ja User-parametrit

Model-parametrit syntyvät mallin mitoituksen yhteydessä. Reference Parameters -arvoja ei voi aina muuttaa muuttamatta muiden mittojen määräytymisastetta, koska ne määräytyvät edellisten parametrien avulla ja ne esiintyvät mallissa suluissa. User-parametrejä voidaan vapaasti lisätä tarpeen mukaan ja tuoda niihin linkkaamalla muiden kuvien tietoja halutun määrän. Niillä voidaan linkata osakokoonpanojen, osakuvien tai Excel-taulukon tiedot esimerkiksi pääkokoonpanoon (kuvat 29, 30, 31, 32, 33). User-parametrejä voidaan lisätä Parameters- taulukon oikeassa reunassa olevaa nuolta painamalla ja valitaan **Add text** tai **Add numeric** tai **Add True/False** (kuva 28).



KUVA 29. Ensin linkataan osakuva User-parametreihin

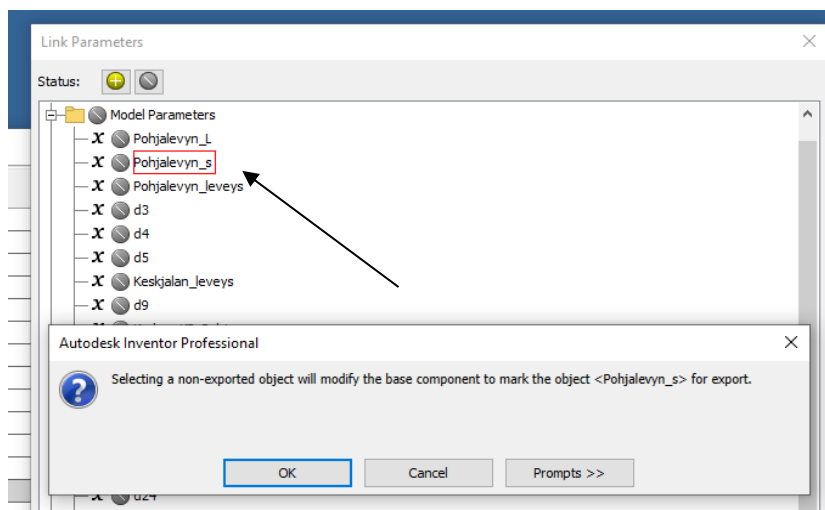


KUVA 30. Seuraavaksi valitaan osakuvasta halutut parametrit

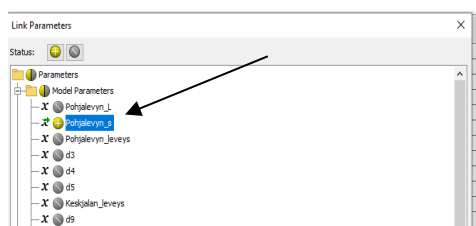
Parameters

Parameter Name	Consumed by	Unit/Type	Equation	Nominal Value	Tol.	Model Value	Key	Export Parameter	Co
Model Parameters									
Pituus	Sketch2	mm	5590 mm	5590,00...	●	5590,00...			
Ritilän_Leveys	Sketch2	mm	665 mm	665,000...	●	665,000...			
Paksuus	Extrusion2	mm	30 mm	30,000000	●	30,000000			
d7	Extrusion2	deg	0,00 deg	0,000000	●	0,000000			
Reference Parameters									
d8		mm	665,000 mm	665,000...	●	665,000...			

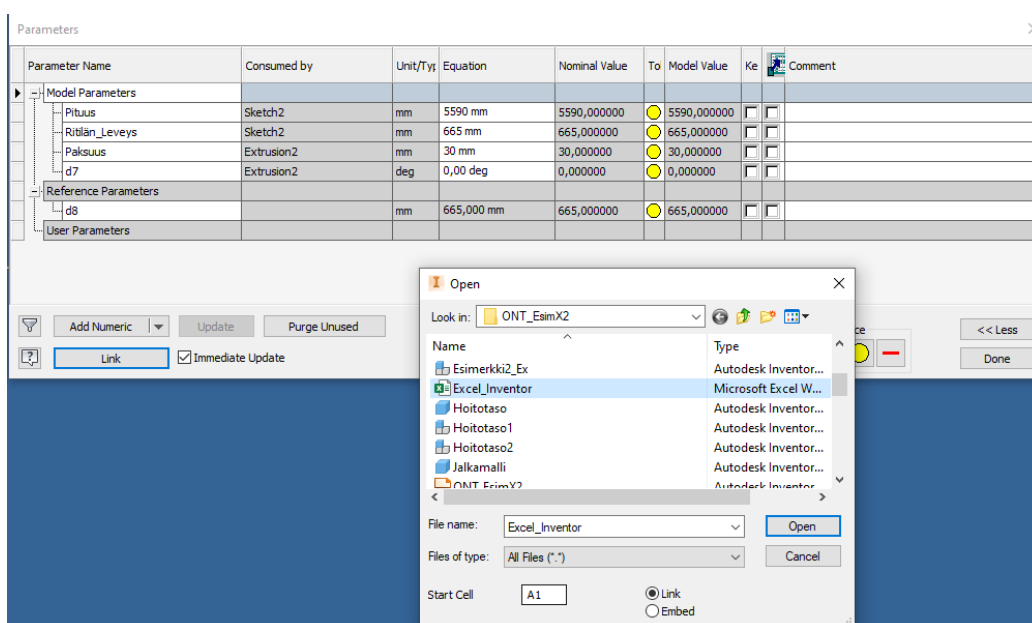
KUVA 31. Osakuvasta on etukäteen valittu linkattavat parametrit Export Parameter -sarakeessa



KUVA 32. Jos Export Parameter -sarakkeesta ei ole valittu parametrejä, niin Inventor antaa virheilmoituksen



KUVA 33. Osakuvasta Export Parameter -sarakkeessa etukäteen valittu linkatut erottuvat pienellä vihreällä nuolella



KUVA 34. Inventoriin linkataan Excel-tiedosto

Excel-tiedostoihin voi linkata suoraan parametritaulukosta tai iLogicin kautta. Parameters-välilehdellä tiedot voidaan linkittää **Link**-painikkeen avulla ulkoiseen Excel-tiedostoon. Ohjelma tuo tiedot Excel-tiedoston ensimmäiseltä sivulta User-parametreihin halutusta solusta lähtien (**Start Cell**, kuva 34). Excel-tiedosto on tallennettava aina muutoksen jälkeen, että Inventor pystyisi lukemaan uusimmat päivitykset. Tässä työssä ei tätä vaihtoehtoa käytetä, vaan linkitykset tehdään Ilogicin kautta.

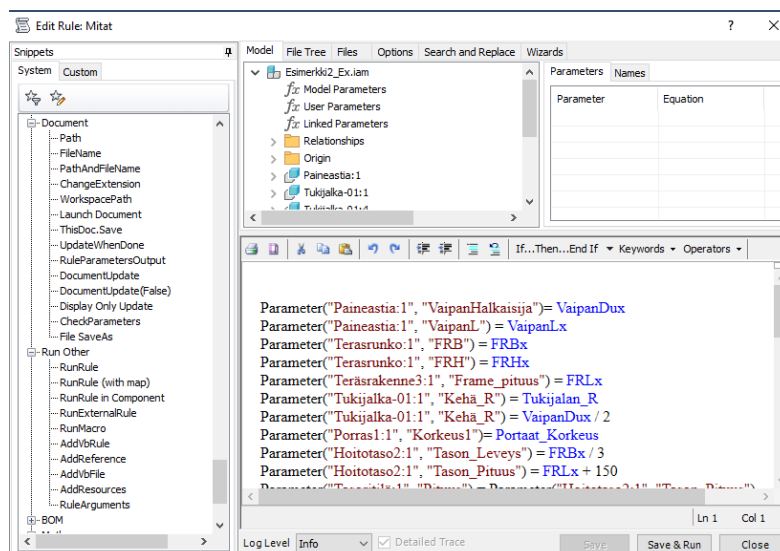
6.2 Osakuvien Model-parametrien määrittäminen kokoonpanossa User-parametreiksi iLogicin avulla

Pääkokoonpano sisältää useita osakokoonpanoja sekä osakuvia parametreineen. Näissä esimerkeissä dokumenttien ja niiden parametrien hallinta suoritetaan iLogicin avulla: osakuvien parametrit on linkitettävä iLogicin avulla pääkokoonpanoon.

Ensin on luotava pääkokoonpanon **User parameters**-osioon (kuva 35) osakuvan parametria vastaava uusi parametri **Add numeric**-komennolla. Sen jälkeen pääkokoonpanossa osakuvien parametrit on linkitettävä User-parametreihin iLogicilla, että ne saataisiin käyttöön (kuva 36).

Parameter name	Consumed by	Unit type	Equation	Nominal value	Driving Rule	Vol.	Mod.	Key	Exp	Comment
User Parameters										
VaipanDux	Tukijalan_R	mm	3000 mm	3000,000000	MallinMitatExcel	3...				
VaipanLx		mm	3000 mm	3000,000000	MallinMitatExcel	3...				
FRLx		mm	4500 mm	4500,000000	MallinMitatExcel	4...				

KUVA 35. Pääkokoonpano; User Parameters



KUVA 36. Pääkokoonpanon Mitat-ruleen määritettyjä parametreja

Tässä tapauksessa lähtötilanne on:

- Tasoritilän osakokoonpano; Model Parameter=Pituus
- Hoitotason osakokoonpano; Model Parameter=Tason_Pituus

Ilogicilla voidaan määrittää parametri yhtä suureksi kuin toinen parametri esimerkiksi:

```
Parameter("Tasoritilä:1", "Pituus") = Parameter("Hoitotaso2:1", "Tason_Pituus")
```

KUVA 37. Parametrien määrittäminen yhtä suuriksi iLogicissa

Osakokoonpanossa Tasoritilä:1 Pituus parametri on määritelty tällä koodilla yhtä suureksi kuin hoitotaso2:1 Tason_Pituus parametri: kun hoitotason pituutta muutetaan, tasoritilän pituus muuttuu mukana.

```
Parameter("Hoitotaso2:1", "Tason_Pituus") = FRLx + 150
```

KUVA 38. iLogiciin lisätty kaava

Pääkokoonpanossa on määritelty Tason_Pituus parametri yhtä suureksi kuin teräskehikon pituus + 150 mm (kuva 38).

```
Parameter("Hoitotaso2:1", "Tason_Leveys") = FRBx / 3
```

KUVA 39. iLogiciin lisätty toinen kaava

Pääkokoonpanossa on määritelty Tason_Leveys yhtä suureksi kuin teräskehikon leveys/3 (kuva39).

```
Frame_Material = Material
```

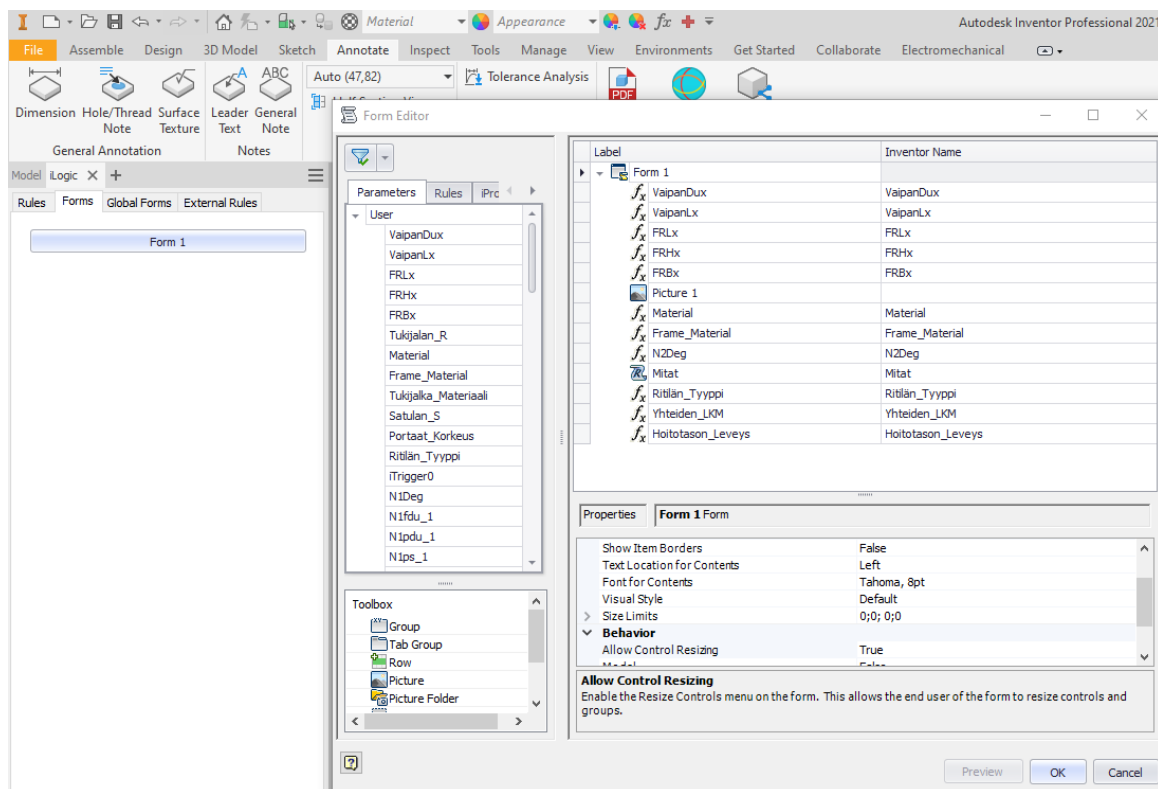
KUVA 40. Teräskehikon ja paineastian materiaalit määritetään samoiksi

Pääkokoonpanossa määritelty teräskehikon materiaali samaksi kuin paineastian materiaali (kuva 40).

Nyt päivittämällä pääkokoonpanon mittoja tasoritilä on aina hoitotason pituinen, hoitotaso on teräsrunгон pituinen, hoitotason leveys on kolmannes teräskehikon leveydestä ja teräskehikon materiaali aina sama kuin paineastialla. Osan näistä asioista voi myös tehdä parametriluettelon kautta, mutta iLogicilla se on nopeampaa.

6.3 Formin luonti malliin iLogicilla

Avataan **Forms**-välilehti iLogic-piirrepuusta klikkaamalla hiiren oikealla ja painetaan **Add Form**. Valitaan vasemmasta yläreunasta Parameters-välilehdeltä parametrit, joita halutaan formin kautta muuttaa. Mikäli parametrejä ei näy, tarkistetaan Parameters-välilehden yläpuolella oleva filteri. Halutusta parametristä tartutaan hiirellä kiinni ja vedetään se oikealle valkoiselle alueelle. (Kuva 41).



KUVA 41. Valitut parametrit siirrettynä formiin

Tarvittaessa formiin voidaan myös lisätä Rules-välilehdeltä iLogic-sääntö ja lukea se muutettaessa mittoja formin kautta. Formiin voidaan myös lisätä Multi-Value-lista tai kuva (kuva 44). Formi nopeuttaa parametrien muuttamista ja Multi-Value-listan käyttöä huomattavasti. Kannattaa huomioida myös se, ettei kirjoitetut iLogic-säännöt ole ristiriidassa käytettävän formin kanssa (kuva 42 ja 43).

```
Parameter("Hoitotaso2:1", "Tason_Leveys") = FRBx / 3
```

KUVA 42. Esimerkki ristiriidasta

Tämä määrittää osakuvan Hoitotaso2:1 Tason_Leveys -parametri = Teräskehikon leveys / 3.

```
Parameter("Hoitotaso2:1", "Tason_Leveys") = Hoitotason_Leveys
```

KUVA 43. Parametrien määrittäminen

Edellä määritetään: Hoitotaso2:1 Tason_Leveys = pääkoonpanossa luotu User-parametri.

Nyt käyttämällä tätä User-parametriä formissa hoitotason leveys muuttuu formin kautta, mutta ensimmäinen sääntö ei toimi ennen kuin jälkimmäinen sääntö poistetaan tai laitetaan ehdon eteen '-' merkki. Käyttämällä '-' merkkiä säännön edessä iLogic ei suorita sääntöä, eikä anna virheilmoitusta.

Form 1

VaipanDux 2600 mm

VaipanLx 2300 mm

FRLx 4500 mm

FRHx 3600 mm

FRBx 3400 mm

Material Steel, Mild

Frame_Material Steel, Mild

N2Deg 270 deg

Mitat

Ritilän_Tyyppi TasoRitilä

Yhteiden_LKM 3

Done

opinnäytetyö

Multi-Value formissa

Sääntö formissa

KUVA 44. iLogic-formi

6.3.1 Osien painojen ilmoittaminen formin kautta

Työssä tehtiin myös formi kokoonpanon eri osien massoista.

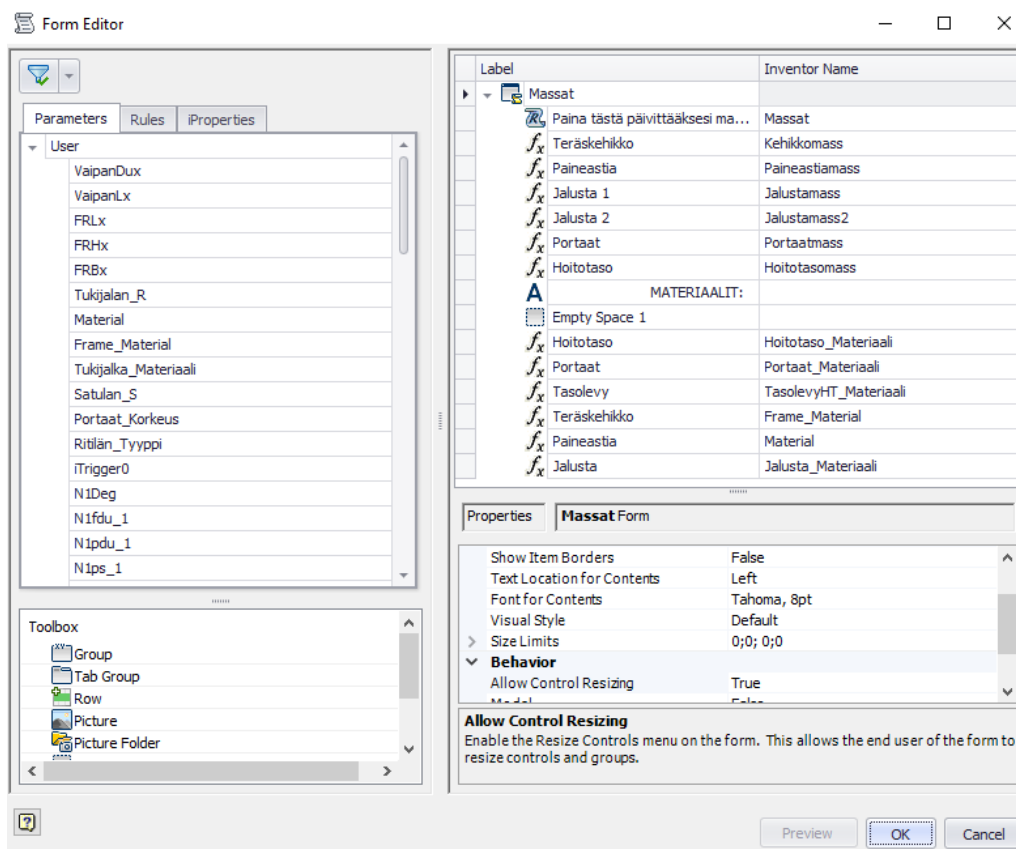
iLogic:

```
'Teräskehikon massa:
Kehikkomass = iProperties.MassOfComponent("Teräskehikko3:1")
Kehikkomass=Round(Kehikkomass,0)
MessageBox.Show("Avaa iLogic ja formi 'Massat' nähdäksesi eri
osien painot ")
'Paineastia massa:
Paineastiamass = iProperties.MassOfComponent("Paineastia:1")
Paineastiamass = Round(Paineastiamass, 0)
'1. Jalustan massa:
Jalustamass = iProperties.MassOfComponent("Jalusta:1")
Jalustamass = Round(Jalustamass, 0)
'2. Jalustan massa:
Jalustamass2 = iProperties.MassOfComponent("Jalusta:4")
Jalustamass2 = Round(Jalustamass2, 0)
'Portaiden massa:
Portaatmass = iProperties.MassOfComponent("Portaat1:1")
Portaatmass = Round(Portaatmass, 0)
'Hoitotasomassa:
Hoitotasomass = iProperties.MassOfComponent("HoitotasoHT2:1")
Hoitotasomass = Round(Hoitotasomass, 0)
```

KUVA 45. Eri osien massojen määrittäminen iLogic koodilla

Ensin luotiin User-parametrit: **Kehikkomass, Paineastiamass, Jalustamass, Jalustamass2, Portaatmass, Hoitotasomass**. Tässä kohtaa on muutettava parametritaulukosta kunkin parametrin yksikkö kilogrammoiksi. Tämän jälkeen parametrit määritettiin yllä olevan koodin mukaan eri osien massoiksi. **Round ()** -komennolla voi hallinnoida desimaalilukujen määrää (kuva 45).

Tämän jälkeen tehtiin Massat-formi, jonne lisättiin yllä olevat parametrit, eri osien materiaalien kontrollointi Multi-Value-listana sekä yläpuolella oleva iLogic-rule. Kun materiaaleja muuttaa formin kautta on tämän jälkeen painettava formiin tuotua rulea, että massat päivittyisivät. Formin editorissa voi muuttaa formin ulkonäköä halutessaan käyttämällä vasemmassa alakulmassa olevaa Toolboxia. Myös lisätyt parametrit voi halutessaan nimetä uudelleen (kuvat 46 ja 47).

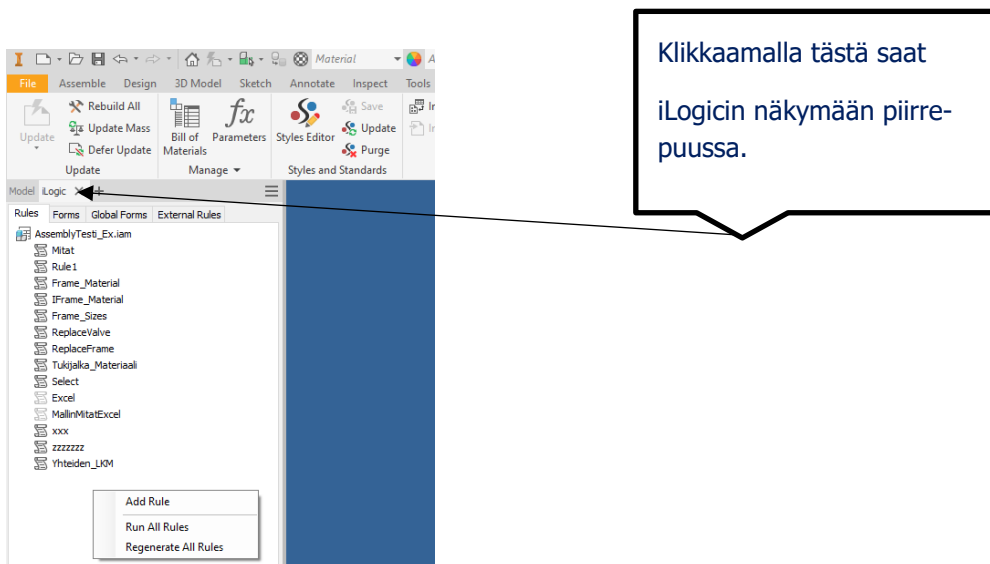


KUVA 46. Massat- formin editori

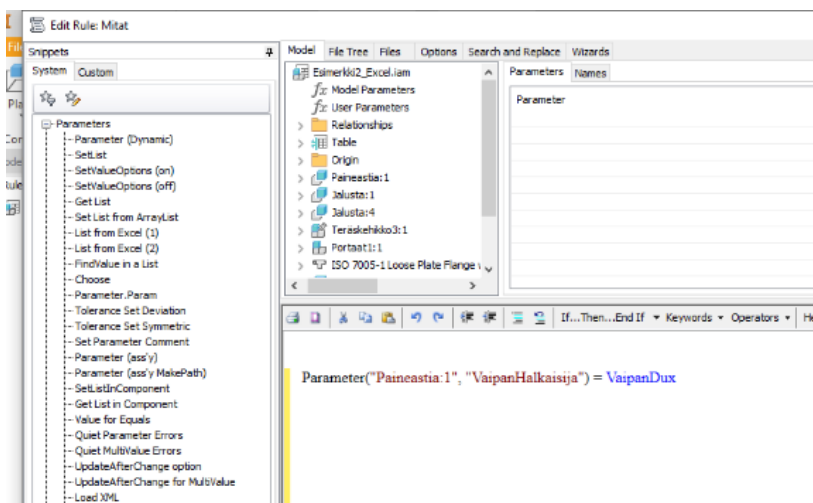
KUVA 47. Massat-formi

6.4 Säännön (=rulen) kirjoittaminen iLogiciin

iLogic aukaistaan joko **Manage**-välilehdeltä tai piirrepuusta. (Jos **iLogic** ei näy piirrepuussa klikkaa **+** merkkiä ja valitse **iLogic**.) **Manage**-välilehdellä valitse **Add rule** tai piirrepuussa klikkaa hiiren oikealla painikkeella **iLogic**-piirrepuuta ja valitse **Add rule** (kuva 48).



KUVA 48. Add Rule-komento



KUVA 49. Edit Rule ja sen välilehdet

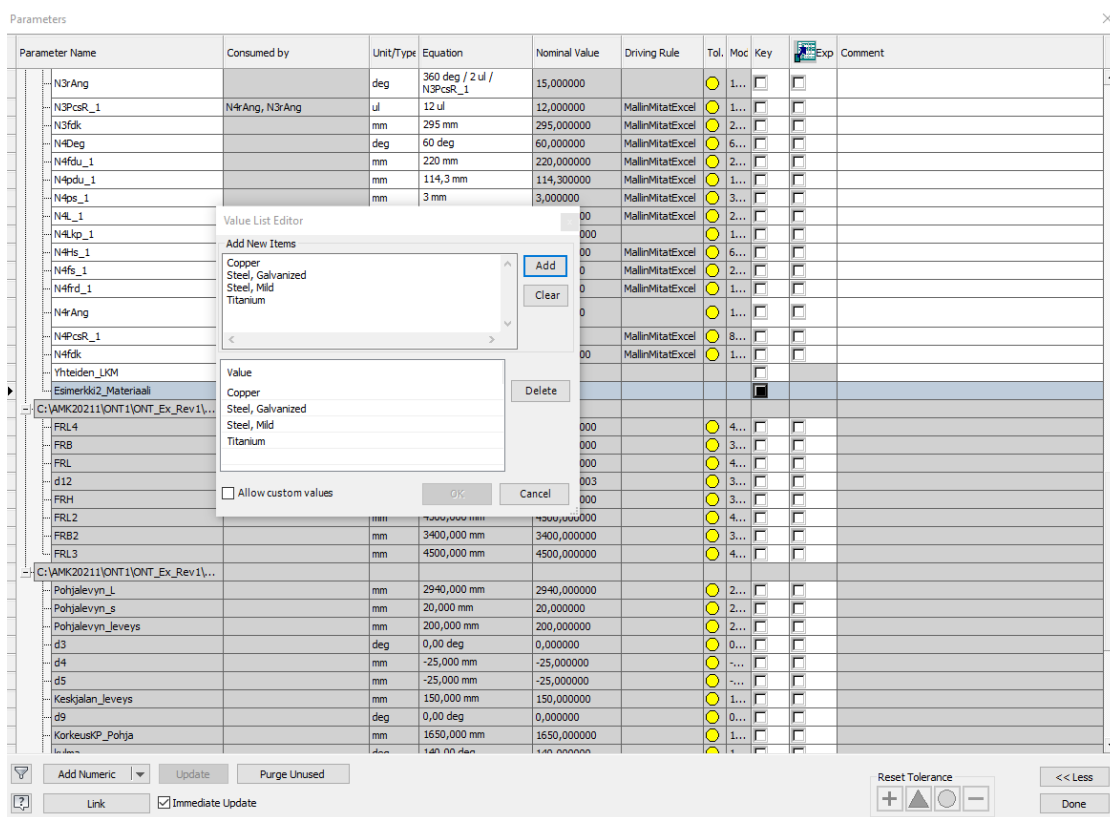
Tässä tapauksessa lähtötilanne on:

- Pääkokoontapane; User Parameter=VaipanDux
- Painesäiliön osakuvassa; Model Parameter=VaippaHalkaisija

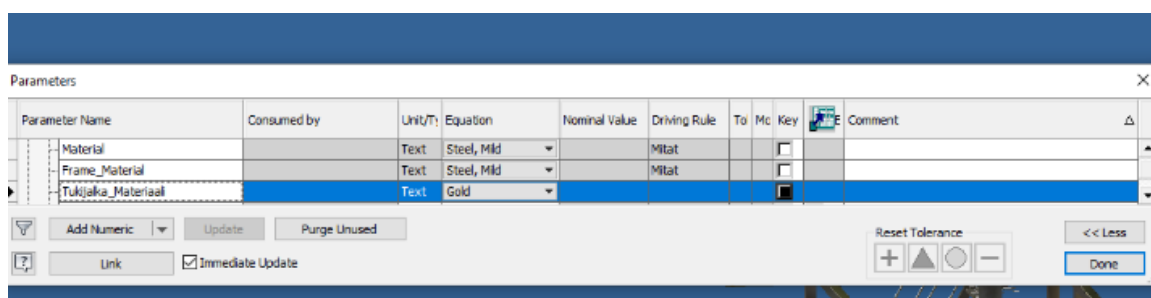
Rulen nimeämisen jälkeen valitaan **Model**-välilehdeltä osakuvan Model-parametri (kuva 49), joka halutaan linkata pääkokoonpanon aiemmin tehtyyn User-parametriin. Yllä olevassa kuvassa 49 osakuvan Paineastia:1 VaippaHalkaisija =VaipanDux. Nyt muuttamalla parametria VaipanDux pääkokoonpanossa osakuvan Paineastia:1 halkaisija (VaippaHalkaisija) muuttuu.

6.5 Multi-Valuen-parametrin luominen iLogicin kautta

Luodaan parametritaulukkoon **User parameters**-osioon tekstiparametri Multi-Value-muodossa. Avataan parametritaulukko, klikataan **Add numeric** laatikon oikeassa reunassa olevaa nuolta ja valitaan **Add text**. Nimettyäsi parametri klikkaa hiiren oikealla parametria ja valitse **Make Multi-Value**.



KUVA 50. Pääkokoonpanon parametrit ja Multi-Value-listan editointi



KUVA 51. Materiaalejen lisäys Multi-Value listaan

Multi-Value listaan voidaan laittaa esimerkiksi kokoonpanossa käytettäviä materiaaleja osakuvia tai vaikka yhteiden lukumäärän (kuva 51). Multi-Value listan vaihtoehdot määritetään **iLogicilla**. Lisätään Inventorin materiaalilistalta materiaali, esimerkiksi:

- Steel, Mild
- Steel, Galvanized
- Copper
- Titanium.

(Huom! Varmista, että kirjoitat materiaalin täysin oikein, muuten iLogic ei tunnista materiaalia.) Hyväksytään painamalla **Add** ja **OK**.

```
If VaipanDux = 1500 Then
Material = "Gold"
Else If VaipanDux <= 2200
Material = "Steel, Mild"
Else If VaipanDux <= 2900
Material = "Copper"
Else If VaipanDux > 3999
Material = "Titanium"
End If
MessageBox.Show("Siirrä säiliötä hiirellä päivittääksesi mallin", "Huomautus")
.iProperties.MaterialOfComponent("Paineastia:1") = Material

InventorVb.DocumentUpdate()
iLogicVb.UpdateWhenDone = True
```

KUVA 52. iLogiciin kirjoitettua koodia

Seuraavaksi (kuva 52) luodaan If...Then...Else If...End if -lause käyttämällä aiemmin luotuja User-parametrejä ja Multi-Value -listaa: ('-heittomerkillä voidaan koodiin lisätä käyttäjää varten opastustekstiä, jota ohjelma ei lue.)

```
If VaipanDux = 1500 Then
Material = "Gold"
```

KUVA 53. iLogiciin kirjoitettu If-lause

Ehdossa määritetään, jos vaipan halkaisija on alle tai yhtä suuri kuin 1500 mm, niin materiaali on **Gold**. (Huom. Parameter ("Paineastia:1", "VaipanHalkaisija") = VaipanDux)

```
Else If VaipanDux <= 2200
Material = "Steel, Mild"
```

KUVA 54. iLogiciin kirjoitettu Else If-lause

Muuten, jos säiliön vaipan halkaisija on alle tai yhtä suuri kuin 2200 mm, niin materiaali on **Steel, Mild** (kuva 54).

```
Else If VaipanDux <= 2900
Material = "Copper"
```

KUVA 55. iLogiciin kirjoitettu Else If-lause

Muuten, jos säiliön vaipan halkaisija on alle tai yhtä suuri kuin 2900 mm, niin materiaali on **Copper** (kuva 55).

```
Else If VaipanDux > 3999
Material = "Titanium"
End If
```

KUVA 56. iLogiciin kirjoitettu toinen Else If- ja End If-lause

Muuten, jos säiliön vaipan halkaisija on yli 3199 mm, niin materiaali on Titanium (kuva56). If-lause lopetetaan aina End if komennolla.

iProperties.Material määrittää pääkokoonpanon parameteissa käytetyllä Multi-Value-listalla luetellut materiaalit Inventorin kirjastossa oleviksi materiaaleiksi (kuva 57).

```
.iProperties.MaterialOfComponent("Paineastia:1") = Material
```

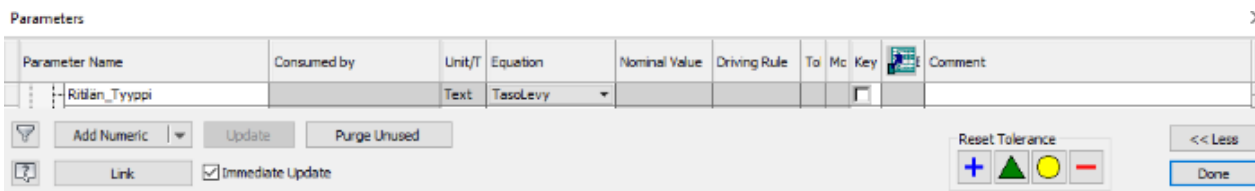
KUVA 57. iLogiciin kirjoitettu iProperties-lause

iProperties ja muut **iLogic** käskyt löytyvät vasemmalta **System** välilehdeltä.

6.6 Osakuvaan määrittäminen Multi-Value listaan

Tässä tapauksessa lähtötilanne on:

- Pääkokoonpano; User Parameter= Ritolän_Tyyppi (Multi-Value = Tasolevy, TasoRitilä)



Kuva 58. Parametri=Ritolän_Tyyppi pääkokoonpanoon User parameters-osiossa

iLogiciin määritetään vaihtoehdot osakuviksi lisäämällä tiedostopolku (kuva 59).

```
Tasolevy = "C: \ONT_EsimX2\Tasolevy1"
TasoRitilä= "C:\ONT_EsimX2\TasoRitilä"

If Ritolän_Tyyppi = "Tasolevy" Then
```

KUVA 59. iLogiciin kirjoitettu tiedostopolku

Jos Multi-Value- listalta on valittu Tasolevy, niin TasoRitilän kaikki Extrusion-arvot = False ja ainoastaan Tasolevy näkyy, jonka Extrusion-arvot=true (kuva 60).

```
Feature.IsActive("Tasolevy1:1", "Extrusion2") = True
Feature.IsActive("TasoRitilä:1", "Extrusion1") = False
Feature.IsActive("TasoRitilä:1", "Extrusion2") = False
Feature.IsActive("TasoRitilä:1", "Extrusion5") = False
```

KUVA 60. iLogiciin kirjoitetut Feature.IsActive-lauseet

Jos Multi-Value- listalta on valittu TasoRitilä, niin Tasolevyn Extrusion-arvot = False ja ainoastaan TasoRitilä näkyy, jonka kaikki Extrusion-arvot= True (kuva61).

```
Else

    Feature.IsActive("Tasolevy1:1", "Extrusion2") = False
    Feature.IsActive("TasoRitilä:1", "Extrusion1") = True
    Feature.IsActive("TasoRitilä:1", "Extrusion2") = True
    Feature.IsActive("TasoRitilä:1", "Extrusion5") = True

End If
```

KUVA 61. iLogiciin kirjoitetut Feature.IsActive- ja If-lauseen loppuosa

Myös yhteiden lukumäärää haluttiin hallinnoida Multi-Value- listan avulla, joten luotiin Multi-Value ja lisättiin listaan: "N1", "N1, N2", "N1,N2,N3", "N1,N2,N3,N4" ja "Kaikki yhteet".Tämän jälkeen määritettiin iLogicilla niiden näkyvyys (kuva62):

```

If Yhteiden_LKM = "N1" Then
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN11") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN21") = False
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN31") = False
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN41") = False
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN51") = False

Else If Yhteiden_LKM = "N1,N2" Then

    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN11") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN21") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN31") = False
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN41") = False
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN51") = False

Else If Yhteiden_LKM = "N1,N2,N3" Then
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN11") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN21") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN31") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN41") = False
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN51") = False
Else If Yhteiden_LKM = "N1,N2,N3,N4" Then
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN11") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN21") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN31") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN41") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN51") = False

Else If Yhteiden_LKM = "N2,N3,N4,N5" Then
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN11") = False
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN21") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN31") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN41") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN51") = True

    Else If Yhteiden_LKM = "Kaikki yhteet" Then
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN11") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN21") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN31") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN41") = True
    Feature.IsActive("Paineastia:1", "RevolutionN51") = True

    Parameter.Quiet = True

End If

```

KUVA 62. iLogiciin kirjoitetut yhteiden näkyvyyden määrittävät Feature.IsActive-lauseet

6.7 Osan korvaaminen Replace-komennolla iLogicissa

Putkistoa mallinnettaessa valitaan halutut komponentit Content Centeristä ja liitetään ne Constrain-komennolla yhteeseen. Tämän jälkeen luodaan User-parametri **Putkisto_Replace** Multi-Value-vaihtoehtoilla 100, 200 (kuva 63).

Työssä yhteisen N2 on liitetty putki sekä kaulus, laipat ja venttiili. DN-kokoa vastaa User-parametri **Putkisto_Replace**, joka voidaan valita Multi-Value-listalta (100 tai 200). Replace-komennolla päivitetään putkisto-osien koot valitun arvon mukaisesti. Osat on talletettu Content Centteristä tietokoneelle ja sen jälkeen linkattu koodiin. Osien Constrain-ominaisuus säilyy, kun kokoa muutetaan.

```
GoExcel.Open("Excel_Inventor.xlsb", "Sheet1")

'Määritetään muuttujalle ExcelFile tiedostopolku
ExcelFile = "C:\ONT_EsimExcel2\Excel_Inventor" & ".xlsb"

'Päivitetään soluun C13 yhteen N2 koko
GoExcel.CellValue(ExcelFile, "Sheet1", "C13") = Putkisto_Re-
place
GoExcel.Save

'Tällä käskyllä iLogic suorittaa toisen halutun rulen samaan
aikaan
iLogicVb.RunRule("MitatYhteetExcel")

'Valve 8 "(DN200) muutetaan Valve 4"(DN100)
If Putkisto_Replace = 100 Then
Component.Replace("ASME B16.34 Angle Valve Flanged Ends - Class
300 8:1", "ASME B16.34 Angle Valve Flanged Ends - Class 300
4.ipt", True)
Component.Replace("ISO 4200 Tube with Lapped End 203.1 x 8 x PN
40 - 200:1", "ISO 4200 Tube with Lapped End 114.3 x 6.3 PN 25 -
500.ipt", True)
Component.Replace("ISO 7005-1 Loose Plate Flange with Lapped
Pipe End Type 03 - ISO PN 25 DN200:1", "ISO 7005-1 Loose Plate
Flange with Lapped Pipe End Type 03 - ISO PN 25 DN100.ipt",
True)
Component.Replace("ASME B16.5 Flange Welding Neck - Class 300
8:1", "ASME B16.5 Flange Welding Neck - Class 300 4.ipt", True)

'Valve 4 "(DN100) muutetaan Valve 8"(DN200)
Else If Putkisto_Replace = 200 Then
Component.Replace("ASME B16.34 Angle Valve Flanged Ends - Class
300 4:1", "ASME B16.34 Angle Valve Flanged Ends - Class 300
8.ipt", True)
Component.Replace("ISO 4200 Tube with Lapped End 114.3 x 6.3 PN
25 - 500:1", "ISO 4200 Tube with Lapped End 203.1 x 8 x PN 40 -
200.ipt", True)
Component.Replace("ISO 7005-1 Loose Plate Flange with Lapped
Pipe End Type 03 - ISO PN 25 DN100:1", "ISO 7005-1 Loose Plate
Flange with Lapped Pipe End Type 03 - ISO PN 25
DN200.ipt", True)
Component.Replace("ASME B16.5 Flange Welding Neck - Class 300
4:1", "ASME B16.5 Flange Welding Neck - Class 300 8.ipt", True)

End If
```

KUVA 63. iLogicin Component.Replace-lauseen käyttöä

6.8 Tiedon kirjoittaminen Excel-taulukkoon ja tiedon tuominen Excel-taulukosta Inventoriin

Tässä tapauksessa lähtötilanne on:

- Pääkokoonpano; User Parameter = **VaipanDux, VaipanLx, FRLx, FRBx, FRHx**
- Vastaava alue Excelissä; B4...B8

Ensin iLogicissa määritetään muuttuja antamalla sille tiedostopolku (kuva 64):

```
ExcelFile = "C:\ONT_EsimX2\Excel_Inventor" & ".xlsm"
```

KUVA 64. iLogiciin kirjoitettu tiedostopolku

Nyt käyttämällä muuttujaa **ExcelFile** tulevilla koodilla se korvaa tiedostopolun.

Tämän jälkeen kuvassa 65 kerrotaan iLogicille, mistä määritetty parametri löytyy Excelistä:

```
VaipanDux = GoExcel.CellValue(ExcelFile, "Sheet1", "B4")
VaipanLx = GoExcel.CellValue(ExcelFile, "Sheet1", "B5")
FRLx = GoExcel.CellValue(ExcelFile, "Sheet1", "B6")
FRBx = GoExcel.CellValue(ExcelFile, "Sheet1", "B7")
FRHx = GoExcel.CellValue(ExcelFile, "Sheet1", "B8")
```

KUVA 65. iLogiciin kirjoitettuja Excel-linkkejä

Yllä olevassa koodissa kerrotaan iLogicille, että paineastian halkaisija (VaipanDux), paineastian pituus (VaipanLx), Teräskelikon pituus (FRLx), Teräskelikon leveys (FRBx) ja Teräskelikon korkeus (FRHx) löytyvät Excelistä sivulta 1 ja sarakkeesta B4...B8 (Kuva 67). Arvojen muuttuessa Excel pitää tallentaa ja ajaa iLogic sääntö klikkaamalla sääntöä hiiren oikealla iLogic piirrepuusta ja painamalla **Run Rule**. Selkeä Excel-taulukko mahdollistaa, että ulkopuolinen tekijä voi päivittää tarvittavat tiedot Excel-taulukkoon ilman Inventoria.

Samoin kuvassa 66 voidaan Excelistä hakea yhteille laippojen ja putkien mitat ja suunnat:

```
'Yhteet
Parameter("Paineastia:1", "N1Ang") = N1Deg
Parameter("Paineastia:1", "N1fdu") = N1fdu_1
Parameter("Paineastia:1", "N1Jakoh") = N1fdk
Parameter("Paineastia:1", "N1pdu") = N1pdu_1
Parameter("Paineastia:1", "N1ps")=N1ps_1
Parameter("Paineastia:1", "N1L")=N1L_1

N1Deg= GoExcel.CellValue(ExcelFile, "Sheet1", "B11")
N1fdu_1 = GoExcel.CellValue(ExcelFile, "Sheet1", "B19")
N1fdk = GoExcel.CellValue(ExcelFile, "Sheet1", "B20")
N1pdu_1 =GoExcel.CellValue(ExcelFile, "Sheet1", "B15")
N1ps_1=GoExcel.CellValue(ExcelFile, "Sheet1", "B16")
N1L_1=GoExcel.CellValue(ExcelFile, "Sheet1", "B17")
```

KUVA 66. iLogiciin kirjoitettuja Excel-linkkejä

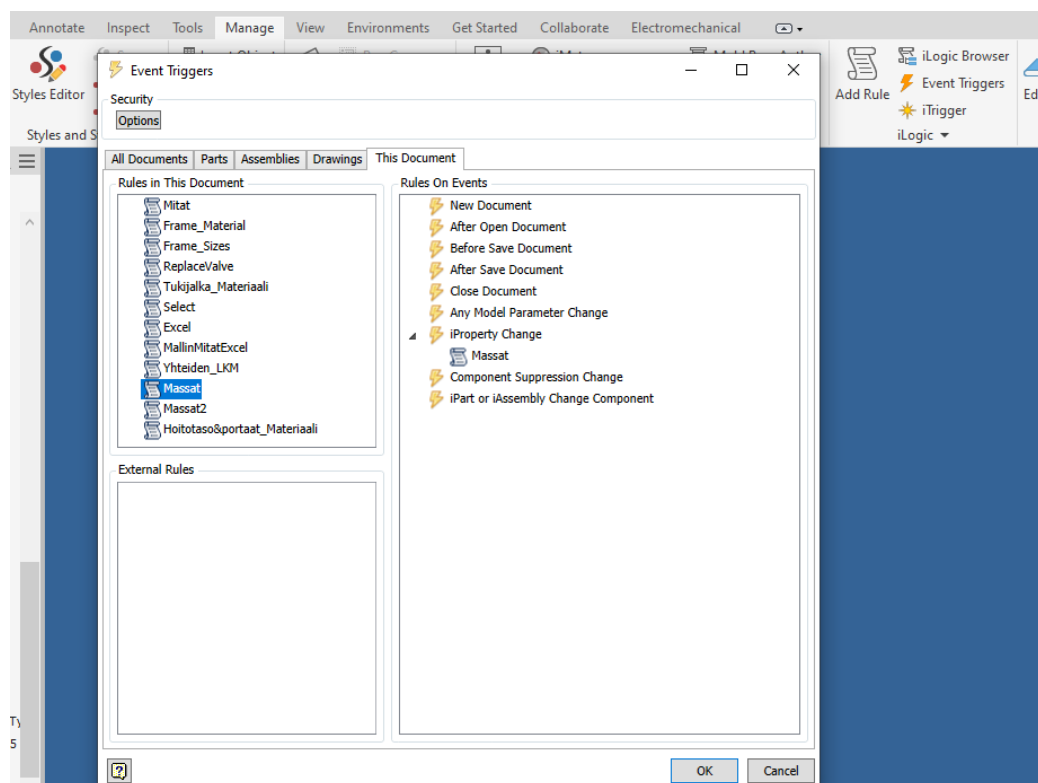
	A	B	C	D	E	G	H	I	J	K
1	Inventor mallin mitat		MUISTA TALLENTAA INVENTORIA VARTEN!							
2										
3										
4	Säiliön halkaisija	2000	0-1800"Gold", 1801-2600"Steel, Mild", 2601-2900"Copper", >3199 "Titanium"							
5	Säiliön pituus	4000								
6	Rautakehikon pituus	5500								
7	Rautakehikon leveys	2400								
8	Rautakehikon korkeus	3600								
9										
10	Yhde	N1	N2	N3	N4					
11	Yhteen kulma	90	270	90	90					
12	Etäisyys päädyn saumasta	1000	1000	2800	600					
13	Yhteen koko DN	50	100	50	50					
14	Yhteen paineluokka PN	16	25	16	16					
15	Putken ulkohalkaisija	60,3	114,3	60,3	60,3					
16	Putken seinämä	3	3	3	3					
17	Putken pituus	300	250	250	250					
18										
19	Yhteen laipan Du	165	235	165	165					
20	Yhteen laipan jakohalk	125	190	125	125					
21	Ruuvien määrä	4	8	4	4					
22	Ruuvien reiän halkaisija	18	23	18	18					
23	Laipan paksuus	20	26	20	20					
24										
25										

KUVA 67. Excel-taulukko: Laippojen mitat PSK-standardeista (PSK-standardit 2021)

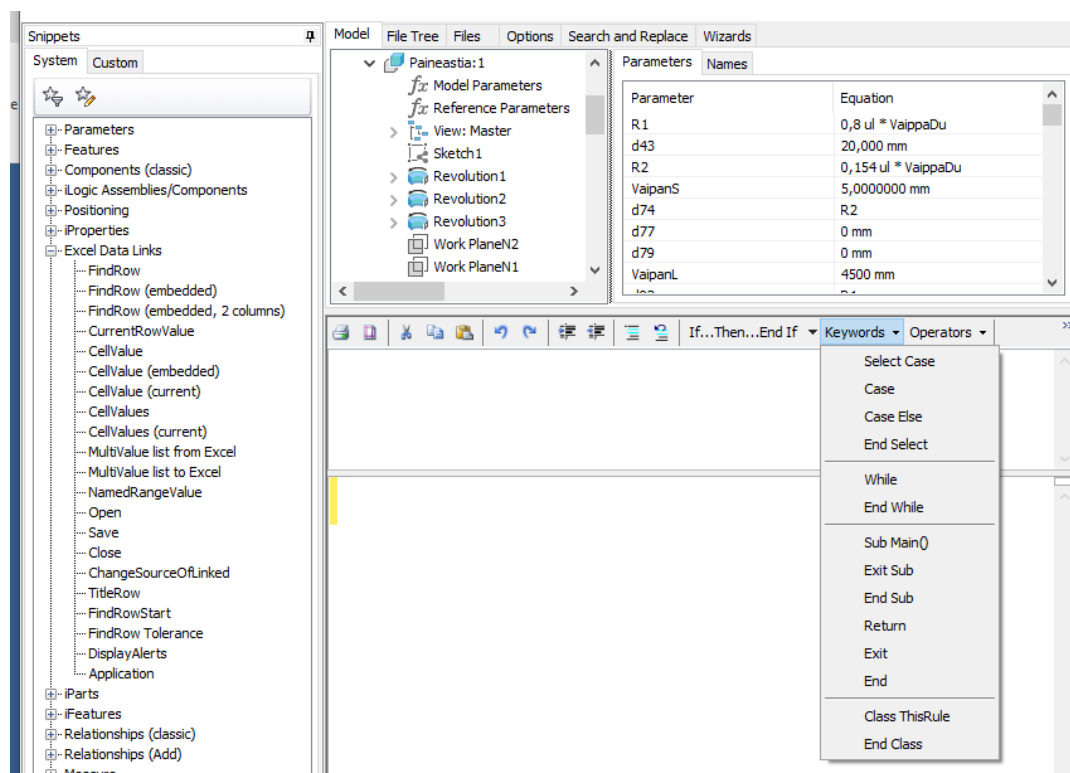
6.9 Triggerit ja muut käskyt

Triggereillä voidaan määrätä minkä tapahtuman yhteydessä säännöt(rules) suoritetaan. Valitaan komennot **Manage>EventTriggers**. Tämän jälkeen avautuu alla oleva lehti, jossa voidaan raahata kyseinen sääntö halutun tapahtuman alle (kuva 68).

iLogiciin kuuluu edellä esitettyjen tapausten lisäksi laaja valikoima erilaisia syntakseja, joilla voi automatisoida erilaisia suunnitteluun liittyviä toimintoja. Kuvassa 69 on esitetty Exceliin liittyvien toimintojen valikko sekä ohjelmointiin liittyviä avainsanoja (Keywords), joita voi käyttää sääntöjen rakentamiseen.



KUVA 68. Event Triggers -lehti



KUVA 69. iLogiciin liittyviä syntakseja

7. OPINNÄYTETYÖN MERKITYS

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa opetusmateriaalia Savonia AMK:n käyttöön. Opetusmateriaali täydentää aikaisempia materiaaleja ja keskittyy erityisesti automatisaatioon iLogicin avulla. Työ tarjoaa yksinkertaisen esimerkin siitä, miten iLogicia voidaan hyödyntää suunnittelun automatisoinnissa.

Inventorissa tehdyt automatisointiratkaisut auttavat säästämään aikaa ja kustannuksia sekä pienentävät huolimattomuusvirheiden mahdollisuuksia. Ne mahdollistavat nopeamman dokumenttien tuotannon tarjous- ja myyntivaiheessa. Näin tarjoukset, piirustukset ja 3D-suunnittelutiedot ovat käytävissä välittömästi. Prosessiteollisuuden projekteissa eri toimittajilla toistuu usein samanlaisia säiliöitä, joissa muuttuvat ainoastaan mitat ja yhteiden suunnat. Kun Excel-tilukoon lisätään laskentaa ja apu-tilukoita tarvittava määrä, saadaan säiliön mitoitus ja päämittapiirustus koostettua nopeasti. Päämittapiirustuksia voidaan käyttää projektin alkuvaiheessa säiliöiden ja hoitotasojen hinnan määrittämiseen ja tarjouskyselyihin. Säiliöiden hinta määritellään niiden materiaalin, painon ja rakenteen perusteella.

Opinnäytetyön tavoitteena oli käsitellä suunnittelun automatisointia. Suunnitteluun kuuluu myös piirustusten luonti, mutta se jouduttiin rajaamaan työn ulkopuolelle työn laajuuden vuoksi.

Ammatillisen kasvun kannalta tämän opinnäytetyön tekeminen oli erittäin mielenkiintoista, itsenäistä opiskelua ja opetti paljon kahteen kuukauteen ohjelmoinnista ja Inventorista. Mallien piirtäminen alusta asti oli aikaa vievää ja usein vaikeuksien kautta oppimista. Tukena olivat Savonia-AMK:n kursseilla käytetyt opetusvideot ja opetusaineisto sekä Internet. Tutustuin tarkemmin iLogiciin vasta tämän työn yhteydessä ja totesin sen antavan paljon mahdollisuuksia suunnittelutyön automatisointiin. Tämä tutkielma on vain esikatsaus siitä, mihin kaikkeen iLogicia ja makroja voisi käyttää. Piirustusten ja osaluetteloiden teonkin olisi voinut automatisoida. Koska kyseessä on kuvitteellinen mahdollisesti kokonaisuena toimitettava moduli, jäi laitteiden standardointiin ja ympäristön asettamiin vaatimuksiin liittyvät asiat huomioimatta.

LÄHTEET

AutoDesk Inventor 2018 Help. Excel Data Links Functions Reference (iLogic). Verkkojulkaisu. <https://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2018/ENU/?guid=GUID-E897A20C-3859-435A-AA5F-8B6D5921FFAE>. Viitattu 2.4.2022.

AutoDesk Inventor 2018 Help. Sketch profile control API Sample. Verkkojulkaisu. <https://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2018/ENU/?guid=GUID-D5F084F0-5CFF-4183-BBFA-8E2FE989570B>. Viitattu 2.4.2022.

Autodesk Inventor 2022 Support and Learning. About Rules and Forms in iLogic. Verkkojulkaisu. <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2022/ENU/Inventor-iLogic/files/GUID-EF53484C-D750-41F8-9AB1-032B73BB071F-hm.html>. Viitattu 2.4.2022.

CPQ Finland Oy, 2022. Tacton CPQ ratkaisut. Verkkojulkaisu. <https://www.tacton.com/solutions/design-automation/>. Viitattu 2.4.2022.

Engineering automation 2020. Inventor automation using Excel Add In. Video. YouTube-videopalvelu, julkaistu 16.6.2020. <https://www.bing.com/search?q=Engineering+automation+2020.+Inventor+automation+using+Excel+Add+In.+Video.&vid=2dd5b7729fa74eb48363ee9b7361d4a9&aqs=edge..69i57.622j0j4&FORM=ANAB01&DAF0=1&PC=U531>. Viitattu 21.4.2022.

Hietikko, Esa 2007. AutoDesk Inventor. Jyväskylä. Gummerrus Oy Kirjapaino. Viitattu 21.4.2022.

PSK-standardit, 2021. PSK 4234. Putkiluokka E25H1A painelaitekäyttöön. Verkkojulkaisu. Päivitetty 16.2.2021. https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.savonia.fi/wp-content/uploads/PSK4234_4p.pdf. Viitattu 2.4.2022.

Saarijärven Päätytuote Oy, 2018. Päätytuotteet (Korbogen SS 482). Verkkojulkaisu. <https://paatytuote.com/files/4414/4101/4763/SS482kaavio.pdf>. Viitattu 2.4.2022.

Symetri, 2022. Sovelia Vault. Verkkojulkaisu. <https://www.symetri.fi/tuotteet/sovelia-vault>. Viitattu 2.4.2022.

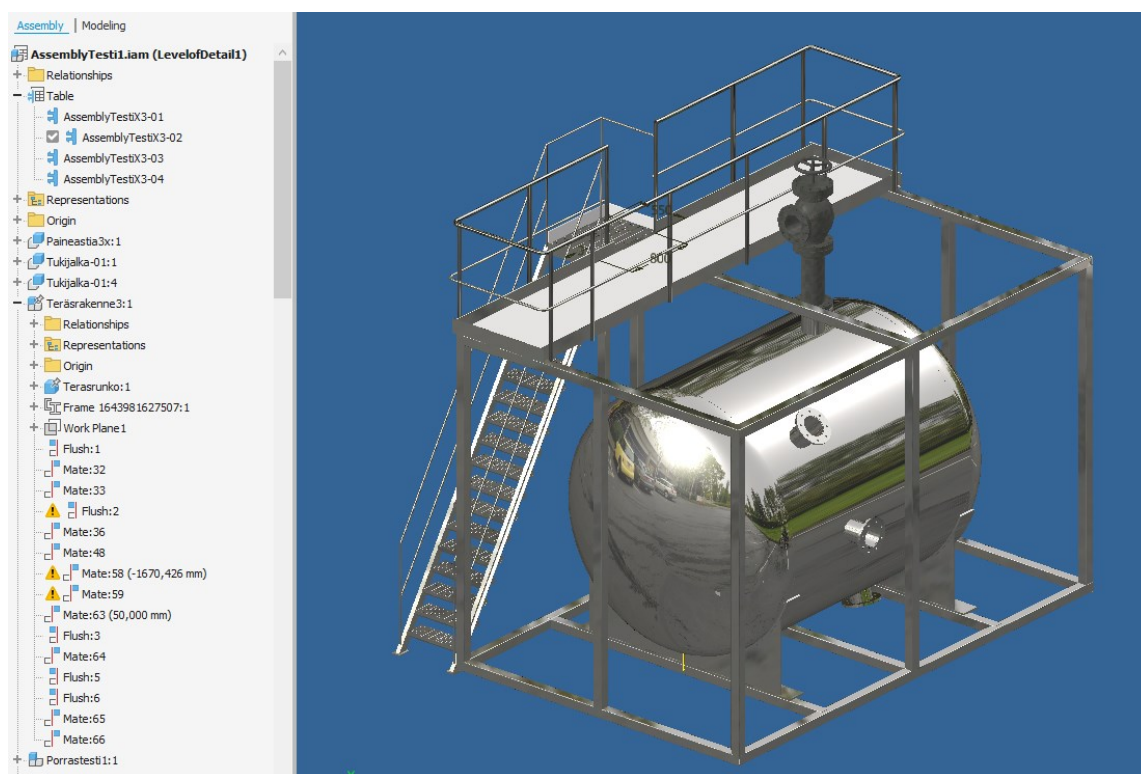
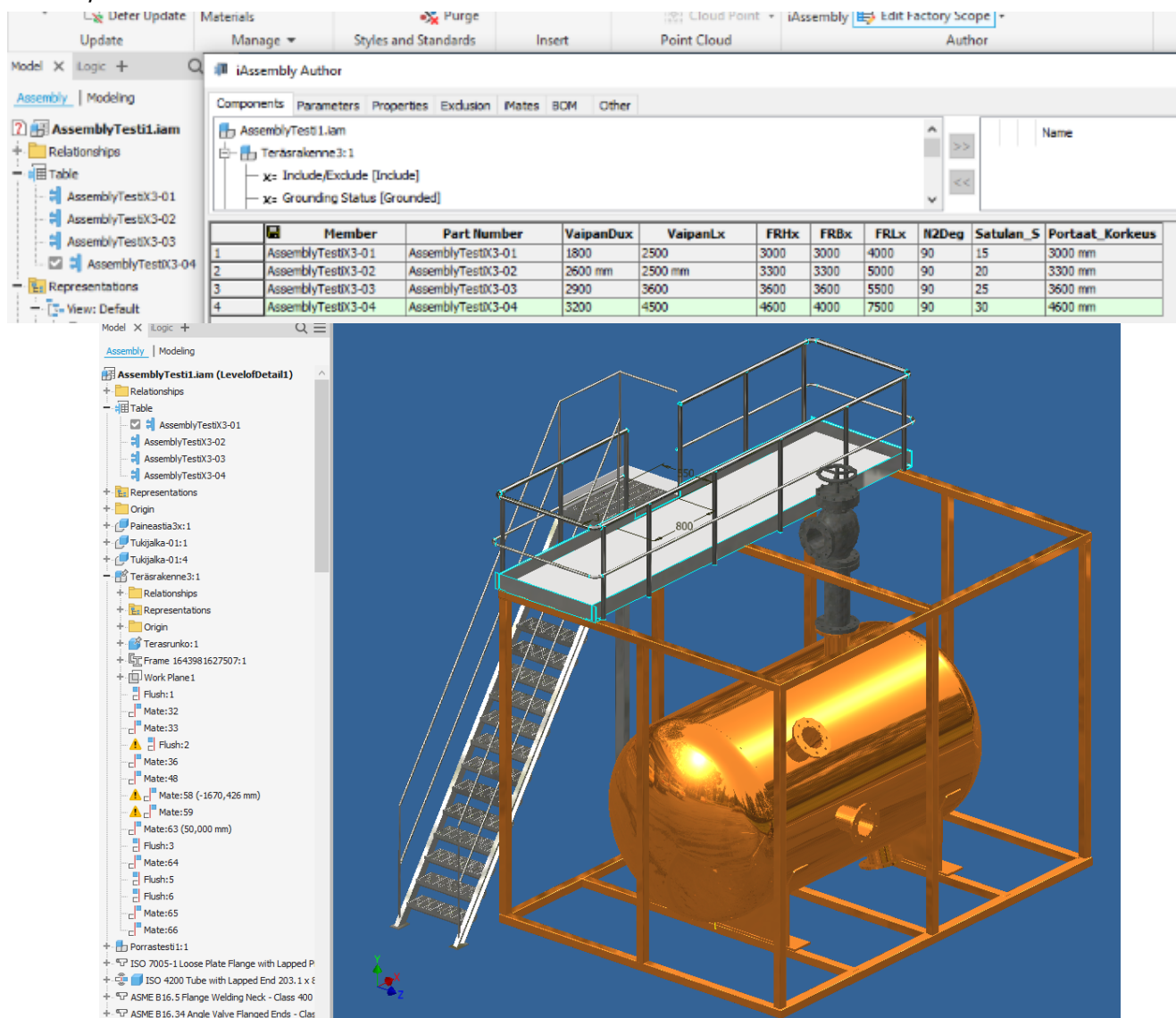
Teemaharjoitukset 2021. EUE4662-8 (verkkokurssi). Savonia yleinen. Moodle-oppimisympäristö. Savonia-ammattikorkeakoulu. <https://moodle.savonia.fi/course/view.php?id=11189#section-4>. Viitattu 2.4.2022.

Tremblay Thom, 2011. Autodesk Inventor 2012 and Inventor LT 2012. Wiley Publishing, Inc. Viitattu 2.4.2022.

Tim Classen Software Development, 2022. Verkkojulkaisu. <https://timclassen.com/en/downloads/#>. Viitattu 2.4.2022.

Wikipedia, 2022. AutoDesk Inventor. Päivitetty 26.4.2022. Verkkojulkaisu. https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Inventor. Viitattu 22.4.2022.

LIITE 1/2: ESIMERKKI 2 : iASSEMBLYT 1-2



LIITE 2/2: ESIMERKKI 2 : iASSEMBLYT 3-4

