

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

2022

Sofia Rinne

Parametrinen suunnitteluautomaatti laivan sisähytin rakenteille

–Työkalu hytin 3D-mallintamiseen

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikka

2022 | 47+7

Sofia Rinne

Parametrinen suunnitteluautomaatti laivan sisähytin rakenteille

- Työkalu hytin 3D-mallintamiseen

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda parametrinen suunnitteluautomaatti laivan sisähytin rakenteille SolidWorks-ohjelmistolla. Käyttöliittymä kokoonpanolle luodaan Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Kokoonpanon mallinnettavat hyttirakenteet ovat wc-moduulin huomioivat seinäpaneelit, kattopaneelit, ovi sekä seinä- ja kattopaneelit yhdistävät z-listat. Työ toteutettiin Foreship Oy:n toimeksiantona, joka on laivasuunnittelu- ja insinööritoimisto.

Työssä perehdytään parametriseen mallintamiseen yleisellä tasolla sekä suunnitteluautomaatteihin. Työssä selvitetään parametrinen suunnitteluautomaattien sovellettevuutta laivanrakennukseen sekä perehdytään SolidWorksin parametriseen 3D-mallintamiseen. Lopussa esitellään luotu suunnitteluautomaatin kokoonpano ja käyttöliittymä. Käyttöohjeet suunnitteluautomaatille löytyvät liitteinä.

Toimeksiantaja on kiinnostunut parametrisestä mallintamisesta sekä suunnitteluautomaattien lisäämisessä mallintamisessa. Ne vähentävät suunnittelijoiden työtaakkaa, nopeuttaen ja tehostaen mallintamista.

Asiasanat:

Laivanrakennus, laivasuunnittelu, sisustussuunnittelu, parametrinen suunnittelu, 3D-mallintaminen, SolidWorks

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical and Production Engineering

2022 | 47+7

Sofia Rinne

Parametric Design Machine For An Inner Cabin In Ships

- A tool for 3D-modelling

Write the summary here, fitting on one page. You can find Abstract instructions from Messi.

The aim of the thesis was to create a parameter design machine for the structures of the ship's inner cabin using SolidWorks software. The user interface for the assembly is created by using a Microsoft Excel spreadsheet program. The cabin structures that were modelled in the assembly are the ceiling panels that take into account the toilet module, the wall panels and the door and z-profiles that connects the ceiling and wall panels. The work was commissioned by Foreship Oy, a ship design and engineering company.

The thesis focuses on parameter modelling in general terms and design machines. The thesis examines the applicability of parameter design machines to shipbuilding and focuses on SolidWorks' parametric 3D-modelling. At the end, the assembly and user interface of the created design machine are presented. There is an instruction for use as an annex.

The client is interested in parameter modelling and in adding design machines in modelling. They reduce the workload of designers while speeding up and streamlining modelling.

Keywords:

Shipbuilding, ship design, interior design, parametric design, 3D-modelling, SolidWorks

Sisältö

1 Johdanto	7
2 Parametrinen suunnittelu	9
2.1 Parametrinen mallinnus	9
2.2 Piirremallinnus	9
2.3 Parametrinen suunnitteluautomaatti	11
3 Suunnitelmallinen mallintaminen	12
3.1 Suunnittelutavoite	12
3.2 Osien mallintamismenetelmiä	13
3.2.1 Kerroskakku-menetelmä	14
3.2.2 Valupyörä-menetelmä	15
3.2.3 Valmistus-menetelmä	16
3.3 Kokoonpanon mallintamismenetelmiä	17
3.3.1 Bottom-up-menetelmä	18
3.3.2 Top-down-menetelmä	19
3.3.3 Skeletonmalli	19
3.3.4 Middle-out-menetelmä	20
4 Parametrinen suunnitteluautomaattien soveltaminen laivanrakennuksessa	21
4.1 Suunnitteluautomaattien potentiaali	21
4.2 Suunnitteluautomaatti mallinnuksen tarkastustyökaluna	22
5 Parametrinen mallinnus SolidWorksissa	24
5.1 SolidWorks	24
5.2 Parametrinen muuttaminen	24
5.3 Suunnittelutaulukko (Design table)	25
5.4 Esimerkki suunnittelutaulukon luonnista ja käytöstä	25
6 Parametrinen suunnitteluautomaatti hytin rakenteille	31

6.1 SolidWorksin keskeisimmät kokoonpanon luonnin mahdollistavat ominaisuudet	31
6.1.1 Taso (Plane)	31
6.1.2 Yleiset muuttujat (Global variables) ja yhtälöt (Equations)	33
6.2 Kokoonpanon rakenteet	34
6.2.1 Seinäpaneelit	34
6.2.2 Kattopaneelit ja z-listat	36
6.2.3 Ovi	39
6.3 Paneelijaon määrittäminen	40
6.4 Kokoonpanon mallinnusjärjestys	41
6.5 Käyttöliittymä	42
7 Yhteenveto	45
Lähteet	46

Liitteet

Liite 1. Suunnitteluautomaatin käyttöohjeet.

Kuvat

Kuva 1. Osa työkalun piirrepuusta.	10
Kuva 2. Erilaisia mitoitusmenetelmiä (Hietikko 2020, 35–36).	13
Kuva 3. Kerroskakku-menetelmä (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020, 11).	14
Kuva 4. Valupyörä-menetelmä (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020, 12).	15
Kuva 5. Valmistus-menetelmä (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020, 12).	16
Kuva 6. Paneelin leikkaantuminen paneelirivistössä valmistus-menetelmällä.	17
Kuva 7. Top-down- ja bottom-up-menetelmät (Laakko ym. 1998, 69).	18

Kuva 8. Pursotettu osa mittoineen.	26
Kuva 9. Suunnittelutaulukon luominen.	27
Kuva 10. Mittojen valinta suunnittelutaulukkaan.	28
Kuva 11. Näkymä grafiikka-alueen päälle avautuneesta suunnittelutaulukosta.	29
Kuva 12. Suunnittelutaulukon sijainti luomisen jälkeen.	30
Kuva 13. Oletustasot.	32
Kuva 14. Hytin ulkomittoja ohjaavat tasot.	33
Kuva 15. Seinäpaneeli JMS 1 31 B-15, SBA Interior Oy:ltä (SBA Interior Ltd 2022).	35
Kuva 16. Hyttikokoonpanon seinät.	36
Kuva 17. Kokoonpanon kattopaneelit.	37
Kuva 18. Z-paneelilla kattopaneelien kiinnitys seinäpaneeliin.	38
Kuva 19. Hyttikokoonpanon z-listat.	39
Kuva 20. Hyttikokoonpanon ovi.	40
Kuva 21. Hyttimalli.	42
Kuva 22. SolidWorksiin linkittyvät rivit Excel:ssä.	43
Kuva 23. Käyttöpaneeli.	44
Kuva 24. Käyttöpaneelissa arvojen muuttaminen.	48
Kuva 25. Varoituksia käyttöpaneelissa.	49
Kuva 26. Desing table löytyminen valikosta.	50
Kuva 27. Excel Design Table valikko.	51
Kuva 28. Design Table auki SolidWorksissa.	52
Kuva 29. Rebuild.	52
Kuva 30. Edit Table.	53

1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda parametrinen suunnitteluautomaatti laivan sisähytin rakenteille Foreship Oy:n toimeksiantona. Suunnitteluautomaatin käyttöliittymä luodaan Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmalla ja 3D-kokoonpano SolidWorks-suunnitteluohjelmistolla. Valmista kokoonpanoa ohjataan täysin vain Excel-käyttöliittymän kautta, joka linkitettyinä 3D-malliin muuttaa kokoonpanon haluttuja parametrejä muokaten sitä halutunlaiseksi. Hallittavia parametreja ovat esimerkiksi hytin seinien pituudet sekä eri rakenteiden mitat.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Foreship Oy. Yritys on vuonna 2002 perustettu laivasuunnittelu- ja insinööritoimisto. Se on tuottanut konsepti- ja projektisuunnittelua sekä konsultaatiota alansa korkeimman profiilin uudisrakennuksiin sekä näiden lisäksi tuottanut yli 1200 konversioprojektia. Työntekijöitä yritykseltä löytyy yli 80 maailmanlaajuisesti kahdeksalta eri toimistolta. (Foreship 2022.)

Kiinnostus suunnitteluautomaatille hyttimallinnuksessa kumpuaa halusta mallintaa tehokkaasti, nopeasti ja virheitä minimoiden. Mitä monipuolisemmin eri rakenteita suunnitteluautomaatti sisältää ja mitä sovellettavampi se on, sitä käyttökelpoisempi työkalu se on suunnittelijalle. Toimeksiantaja on kiinnostunut suunnitteluautomaattien mahdollisuuksista ja yhtenä opinnäytetyön aiheen valikoitumiseen vaikuttaneista motiiveista oli parametrisen 3D-mallinnuksen ja suunnitteluautomaattien osaamisen lisääminen yrityksessä.

Hytin rakenteista kokoonpanoon mukaan valikoituivat wc-moduulin huomioivat seinäpaneelit, kattopaneelit, kattopaneelit seinäpaneelisiin kiinnittävät z-listat sekä ovi. Rakenteita voisi mallintaa hyttiautomaattiin rajattomasti, mutta opinnäytetyön rajattu laajuus rajoitti kokoonpanon näihin rakenteisiin. Lisäksi valituiksi tulleiden rakenteiden yhtenä ehtona oli, että ne yhdessä muodostavat ehyen sisähytiksi tunnistettavan kokonaisuuden. Työn tarkoituksena ei ole kuitenkaan niinkään keskittyä hytin oikeellisiin rakenteisiin vaan ennemminkin luoda parametrisesti muunneltava hyttikokoonpano.

Suunnitteluautomaatti luodaan käyttäen hyväksi SolidWorksin parametrisuutta 3D-mallintamisessa. Opinnäytetyössä selvitetään mitä parametrinen mallinnus tarkoittaa sekä tuodaan esille mallintamismenetelmiä, joihin olisi hyvä parametrisesti mallintaessa olla perehtynyt halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Työssä selvitetään parametristen suunnitteluautomaattien soveltavuutta laivanrakennukseen. Tämän jälkeen perehdytään SolidWorksin parametrisuuteen sekä muihin suunnitteluautomaattia luotaessa välttämättömiin ominaisuuksiin. Lopuksi esitellään itse suunnitteluautomaatin kokoonpano ja käyttöliittymä. Yhteenvedossa pohditaan opinnäytetyön onnistumista sekä kehittämismahdollisuuksia. Suunnitteluautomaatin käyttöohjeet löytyvät liitteinä.

2 Parametrinen suunnittelu

Parametrinen suunnittelu helpottaa mallin muuttamista, joten siksi jopa 90 % nykypäivän mekaniikkasuunnittelusta tehdään SolidWorksin kaltaisilla parametrisilla piirremallinnusohjelmilla (Hietikko 2020, 25). Luvussa kerrotaan mitä tällainen mallinnus tarkoittaa sekä mitä ovat suunnitteluautomaatit.

2.1 Parametrinen mallinnus

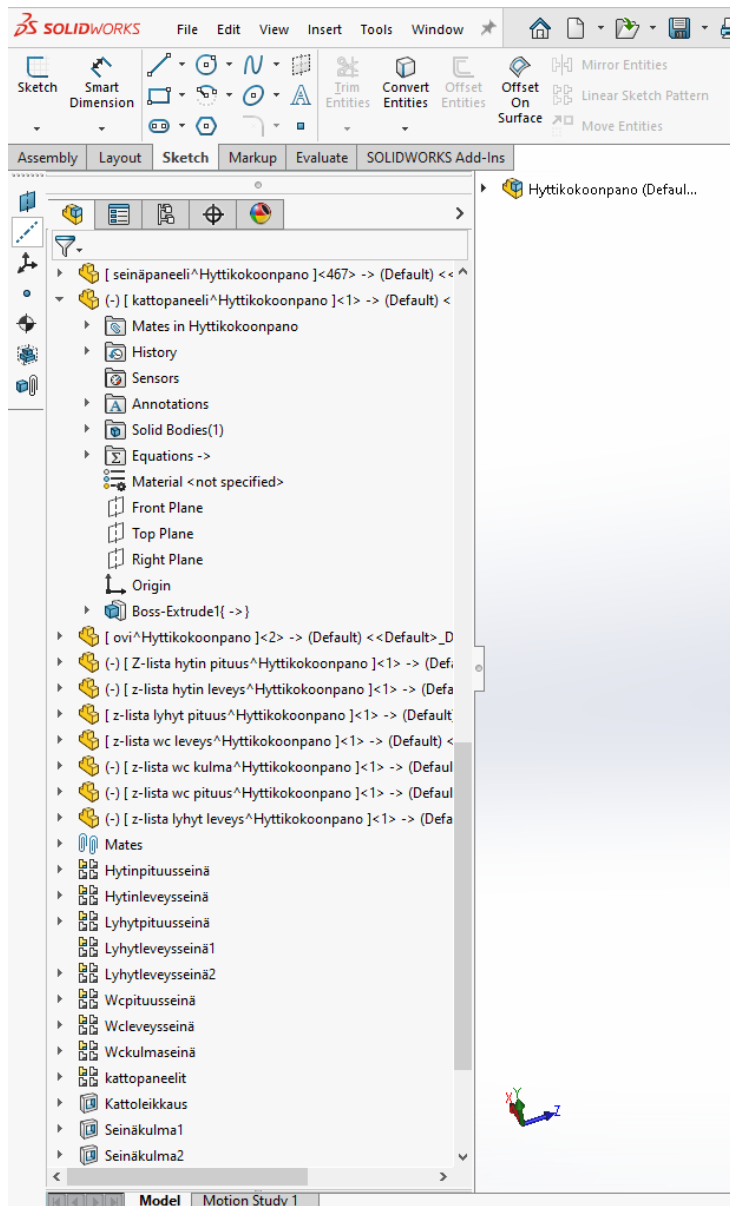
Kun mallinnettavan kappaleen mittoja voidaan muuttaa mallintamisen missä vaiheessa tahansa tarkoitetaan sillä parametrilla mallintamista. Kappaleen mittojen muuttuessa muuttuu geometria sen mukaisesti. Tämä ominaisuus helpottaa mallin muutoksien tekemistä ja mallin muokattavuutta. Muutokset mallissa muuttavat samalla muita kohteita, joihin malli on kytketty, esimerkiksi kokoonpanoja sekä piirrustuksia. (Hietikko 2020, 23.)

Kun parametrisessa mallinnuksessa mitoitetaan kappaletta, on myös mahdollista asettaa perinteisen mitoituksen sijaan mittojen välille relaatioita, matemaattisia yhteyksiä tai ehtoja. Mitat voivat olla esimerkiksi asetettu olemaan samanpituisia niin, että toista mittaa muutettaessa muuttuu toinenkin sen mukaisesti. Mittojen välille asetettu matemaattinen yhteys voi olla esimerkiksi toisen mitan asettaminen kaksinkertaiseksi toiseen nähden. Käytettäviä ehtoja ovat esimerkiksi yhdensuuntaisuus- tai symmetriaehto. (Hietikko 2020, 25.)

2.2 Piirremallinnus

Piirre tarkoittaa mallinnettavan kappaleen osaelementtiä. Piirteet voivat olla joko piirrettyjä piirteitä, jotka ovat luonnoksen pohjalta tehtyjä kiinteitä kappaleita tai sovellettuja piirteitä, jotka luodaan kiinteään kappaleeseen esimerkiksi pyöristykset ja viisteet. (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020, 8.)

Malli rakentuu piirteistä, joita lisätään ensimmäisenä luotuun piirrettyyn peruspiirteeseen. Piirteet näkyvät mallin lisäksi piirrepuussa, joka SolidWorksissa sijaitsee Feature Manager -ikkunassa. Piirrepuusta on mahdollista nähdä mallin kaikki piirteet ja kokoonpanossa kaikkien piirteiden lisäksi sen osat, komponentit ja osakokoonpanot. Käytännössä kaikki, mistä malli tai kokoonpano muodostuu on löydettävissä piirrepuusta. Kuvassa 1 on näkyvillä osa suunnitteluautomaatin kokoonpanon piirrepuuta. (Hietikko 2020, 23–24.)



Kuva 1. Osa työkalun piirrepuusta.

3D CAD-mallintamisessa on mahdollista päästä samaan lopputulokseen monin eri tavoin. Piirrepuuta tutkimalla on mahdollista selvittää kuinka malli on luotu, mikä on hyödyllistä varsinkin jos mallintamassa on useampia henkilöitä tai malli vaatii muutoksien tekemistä. Muokattavat kohteet löytyvät ja ovat helposti saatavilla piirrepuussa. (Hietikko 2020, 23–24.)

2.3 Parametrinen suunnitteluautomaatti

3D-mallin tai -kokoonpanon mittoja on mahdollista hallita parametreillä, joita voidaan syöttää CAD-ohjelmistojen omien työkalujen tai muun rajapinnan, kuten ulkopuolisen ohjelman avulla. Syötteitä voi olla useampi ja niillä on mahdollista hallita mallissa useampaakin kuin yhtä parametria. Jos käyttöliittymä on luotu niin, että mallin muokkaamiseen ei vaadita erillistä CAD-osaamista, voidaan puhua suunnitteluautomaateista. (Pere 2016, 2-26–2-27.)

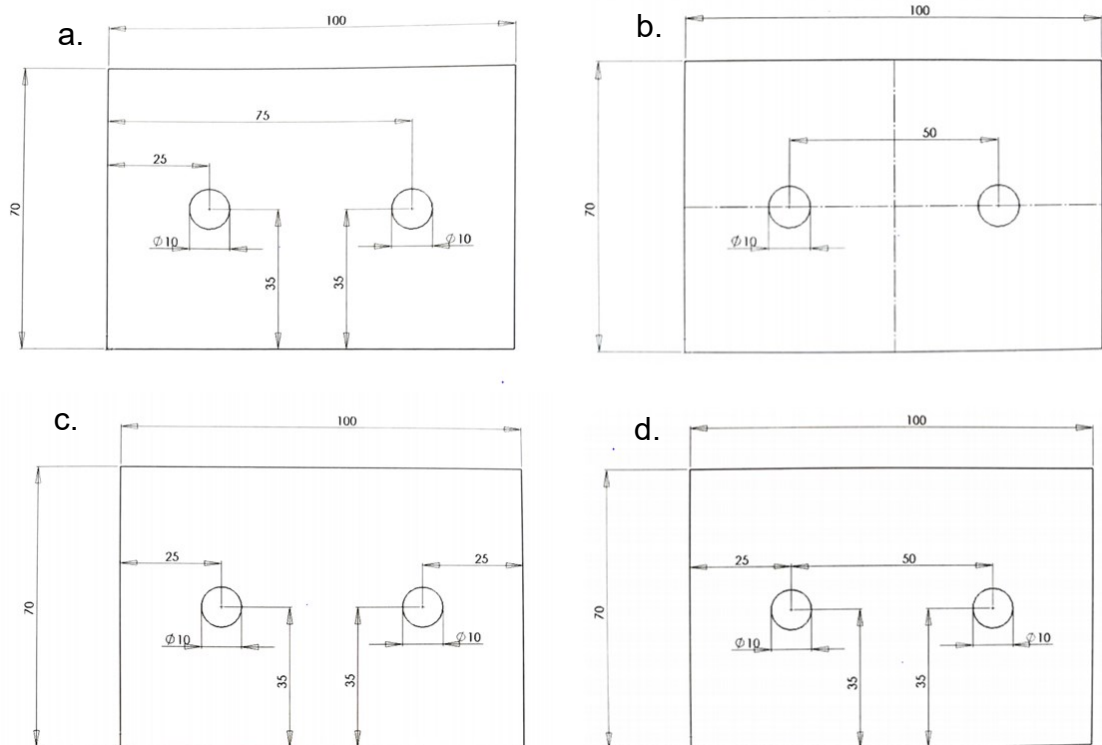
Suunnitteluautomaatin käyttö antaa mahdollisuuden suunnitella ja tuottaa tuotteita tehokkaasti ja nopeasti. Se vähentää suunnittelijoiden työtaakkaa ja inhimillisiä virheitä. Uudelleensuunnittelu ja tämän myötä mallien, kokoonpanojen ja piirustusten päivittyminen hoituu hetkessä suunnitteluautomaatin avulla. Aikaa säästyy muulle suunnittelulle ja innovoinnille. (DriveWorks Ltd 2022.)

3 Suunnitelmallinen mallintaminen

Jotta parametrinen mallintaminen on niin tehokasta kuin mahdollista, on mallin ja kokoonpanojen suunnittelussa otettava huomioon se, miten ne tehdään. Suunnittelun tulisi olla johdonmukaista ja selkeää. Mallinnussuunitelma ja -menetelmä kannattaa analysoida ja valita harkiten ennen kunkin mallin mallinnustoimia, jotta myöhemmin mallin parametrinen muuttaminen ei vaatisi enää piirteisiin koskemista.

3.1 Suunnittelutavoite

Kun osien piirteitä piirretään on mietittävä miten mallia halutaan jatkossa muuttaa. Samaan lopputulokseen voidaan päästä monella eri mitoitustavalla, kuten kuvassa 2 nähdään. Reiät sijaitsevat kaikki samoilla paikoilla, mutta on mitoitettu aivan eri tavoin. Näin esimerkiksi levyn leveyden ja korkeuden muuttaminen saa reiät sijoittumaan uudella tavalla. Jos tavoitteena on pitää reiät levyn keskellä samalla etäisyydellä toisiinsa olisi kuvan 2 vaihtoehto b. oikea mitoitustapa, jossa käytetään levyn keskiviivoja avuksi. Jos tavoitteena on pitää reiät samojen mittojen päässä vasemmasta ja alareunasta, ovat a. ja d. oikeat vaihtoehdot. Jos halutaan pitää reiät samoin mitoin levyn oikeaan ja vasempaan kulmaan nähden on c. näistä paras vaihtoehto. (Hietikko 2020, 25.)



Kuva 2. Erilaisia mitoitusmenetelmiä (Hietikko 2020, 35–36).

Suunnitteluautomaatti perustuu mallin mittojen muuttamiselle, joten on tärkeää pitää tämä mielessä mitoituksia tehdessä. Mitoitusvaiheessa olisikin hyvä pohtia, mitkä ovat ne parametrit, joiden halutaan suunnitteluautomaatin muuttavan sekä miten näiden mittojen muutos vaikuttaa muuhun malliin. Suunnitteluautomaatin muuttuvien parametrien määrä on mahdollista pitää pienempänä, jos mitoitukset on tehty kyseiseen malliin sopiviksi.

3.2 Osien mallintamismenetelmiä

Osia mallintaessa pitäisi mitoitusten lisäksi kiinnittää huomiota piirteiden muodostamisen eri tapoihin. Samaan lopputukseen voi päätyä monella erilaisella tavalla jopa yksinkertaista osaa mallinnettaessa. Onkin järkevää pohtia osalle järkevin ja tehokkain mallinnustapa. (Hietikko 202, 37.)

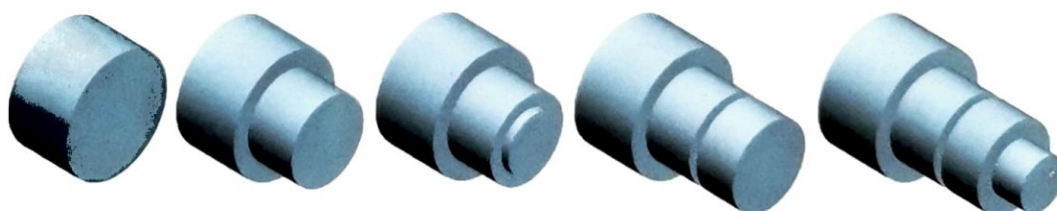
Yhtä oikeaa mallintamismenetelmää millekkään osalle ei ole. Jos mallintamismenetelmä on valittu oikein, mahdollistaa se kattavan, helposti muokattavan ja uudelleenkäytettävän dokumentaation. Se helpottaa ja tehostaa mallintajan työtä. (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020, 12.)

Eri menetelmät tulevat tärkeämmiksi, mitä monimutkaisempia osia mallinetaan. Koska automaatin kokoonpanon osat olivat hyvin yksinkertaisia kappaleita, seuraavaksi esitellyistä menetelmistä valmistusta mukaileva menetelmä oli käytännössä ainoa, jota automaatin kokoonpanon mallintamisessa hyödynnettiin.

3.2.1 Kerroskakku-menetelmä

Menetelmässä osa mallinetaan yksi kerros kerrallaan. Seuraava piirre lisätään aina edellisen päälle. Muutokset esimerkiksi kerrosten paksuudessa heijastuvat myös muiden kerrosten sijaintiin. (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020, 11.)

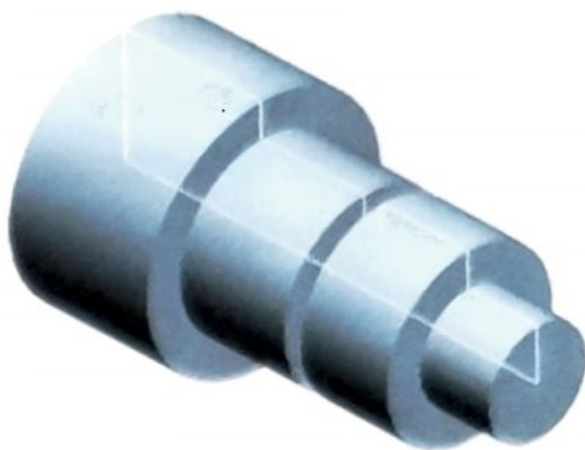
Parametrisen muuttamisen näkökulmasta kerroskakku-menetelmällä mallinnettu osa on tässä esitellyistä menetelmistä joustavin. Kun esimerkiksi kuvassa 3 kerrokset ovat erillisesti mallinnettu, ne eivät ole toisistaan riippuvaisia. Kerroksien muuttaminen ei häiritse muita kerroksia.



Kuva 3. Kerroskakku-menetelmä (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020, 11).

3.2.2 Valupyörä-menetelmä

Valupyörä-menetelmässä kappale mallinetaan yksittäisenä pyörähdyspiirteenä. Poikkileikkausluonnokseen sisällytetään kaikki halutut tiedot ja mitat. Kuvassa 4 on nähtävillä kappaleen poikkileikkaus, jonka avulla se on pyöräytetty. Tämä hyvin tehokkaaltakin vaikuttava mallintamismenetelmä ei kuitenkaan aina ole kaikkein paras vaihtoehto, sillä piirteen muokkaaminen voi olla vaikeaa ja kankeaa. (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020, 12.)



Kuva 4. Valupyörä-menetelmä (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020, 12).

Parametrisia muutoksia tehtäessä valupyörä-menetelmä on muita menetelmiä jäykempi, jos halutaan luoda suuria muutoksia, kuten monen mitan muuttaminen tai yhden mitan suuret muutosvälit. Muuttuvat parametrit ovat paljon enemmän riippuvaisempia toisistaan, joka mallintajan on otettava huomioon muuttaessa mittojen arvoja. Tämä vaatii mallintajalta suurempaa tarkkuutta, jotta malli muokkaantuu halutusti. Toisaalta, jos osasta halutaan muuttaa yhtä tiettyä kohtaa, jolla on tietyt edeltämäärätyt muutosvälit, voi tämä

tapa olla tehokas menetelmä. Oikein mitoitettuna sen muutokset jättävät muun osan muuttumattomaksi.

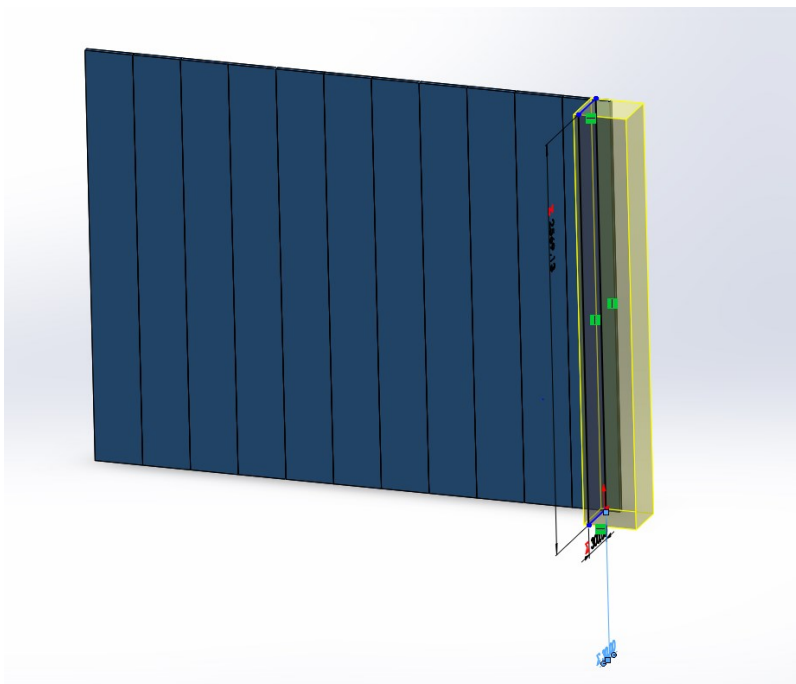
3.2.3 Valmistus-menetelmä

Valmistus-menetelmässä kappale mallinnetaan matkimalla osan valmistustapaa. Esimerkkiosan voisi valmistaa sorvaten, jolloin luodusta lieriökappaleesta poistetaan materiaalia eri syvyisillä ja leveyksisillä leikkauksilla. Kuvassa 5 on näkyvillä, miten materiaalia poistetaan kappaleesta yksi leikkaus kerrallaan. (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020, 12.)



Kuva 5. Valmistus-menetelmä (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020, 12).

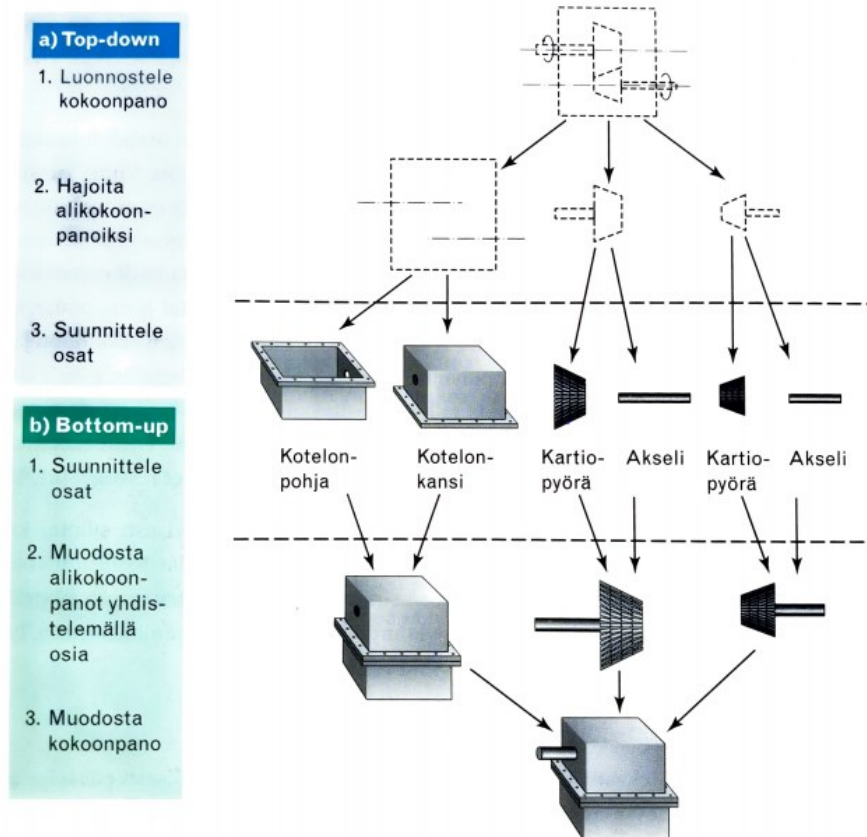
Työn suunnitteluautomaatin hyttikokoonpanoa luodessa käytetään valmistus-menetelmää esimerkiksi seinän ensimmäisen ja viimeisen paneelin kanssa. Seinän leveys on harvoin tasaluvulla kerrannainen paneelin leveyden kanssa, mikä tarkoittaa sitä, että paneelirivistöä joudutaan leikkaamaan, jotta saavutetaan seinän haluttu leveys. Automaattiin syötetään myös paneelin pienin sallittu leveys, jota pienemmäksi paneelia ei saa leikata. Jos paneeli on leikkautumassa tätä pienemmäksi, leikkaa automaatti myös paneelirivistön toisesta päästä paneelia. Kuvassa 6 on nähtävillä toisen paneelirivistön päädyn leikkaantuminen.



Kuva 6. Paneelin leikkaantuminen paneelirivistössä valmistus-menetelmällä.

3.3 Kokoonpanon mallintamismenetelmiä

Kokoonpano on mahdollista luoda ja rakentaa muutamalla erilaisella mallintamismenetelmällä. Bottom-up- ja top-down-menetelmät ovat mallintamisen kaksi päälähestymistapaa (Kuva 7.). Niiden lisäksi esitellään skeletonmallin luominen sekä middle-out-menetelmä. Yhtä tiettyä mallintamismenetelmää ei tarvitse käyttää kokoonpanon koko mallintamisprosessin aikana, vaan sitä voi vaihtaa kesken suunnittelun (Shih 2017, 15–9). Suunnitteluautomaattia luodessa onkin käytetty useampaa menetelmää.



Kuva 7. Top-down- ja bottom-up-menetelmät (Laakko ym. 1998, 69).

3.3.1 Bottom-up-menetelmä

Bottom-up-menetelmässä kokoonpanojen luominen aloitetaan nimensä mukaisesti pohjalta eli yksittäisten osien luomisesta. Osat luodaan ja mallinetaan jokainen erikseen, jonka jälkeen ne tuodaan kokoonpanoon ja liitetään toisiinsa. Menetelmä on käytössä yleensä pienemmissä projekteissa, joissa on vain muutama henkilö työstämässä kokoonpanoa. (Shih 2017, 15–8.)

Voi olla hyvin työlästä lähteä muuttamaan tällä tavoin komponenttilähtöisesti luotua kokoonpanoa. Jokainen komponentti on muutettava erikseen, joten työmäärä voi olla huomattava. Jos kokoonpano luodaan jo valmiiksi olemassa olevista osista, on tämä ainoa mahdollinen menetelmä, jota käyttää. (Pere 2016, 2-24.)

Suunnitteluautomaattia luodessa käytettiin siinä mielessä bottom-up-menetelmää, että kaikki mallinnettavat osat ovat jo olemassaolevia. Toisaalta työtä aloittaessa osaa osista ei oltu vielä määritelty toimeksiantajan kanssa, joten kokoonpanoa ei täysin tällä menetelmällä pystytty luomaan.

3.3.2 Top-down-menetelmä

Top-down-menetelmässä lähestytään bottom-up-menetelmää vastakohtaisesti: ensin luodaan kokoonpano ja sitten vasta osat. Alkutiedot ja yksityiskohdat eri osista voivat mallinnuksen alussa olla hyvinkin vähäiset. Mallinnuksen edetessä kokoonpanon osat saavat tarkemmat muotonsa. Tätä menetelmää käytetään yleensä isommissa projekteissa, joissa kokoonpanoa mallintaa useampi henkilö tai konseptisuunnittelussa. Kun suurempi kokonaisuus eli kokoonpano on luotu, voidaan se jakaa pienempiin osiin ja jakaa mallintajien kesken. (Shih 2017, 15–8.)

Suunnitteluautomaattia on helpointa ohjata, jos muutettavat parametrit tulevat ylhäältä alas. Top-down menetelmässä koko kokoonpano luodaan tällä ajatustavalla, joten on myös luonnollisinta käyttää tätä menetelmää automaattiin.

Suunnitteluautomaatin hyttikokoonpanon mallinnus alkoi top-down-menetelmällä. Luotiin ensin kokoonpano, johon alettiin lisäämään osia. Osat, joista ei ollut vielä varmuutta, mallinnettiin ensin suurpiirteisinä ja niiden tiedot tarkentuivat projektin edetessä.

3.3.3 Skeletonmalli

Yksi menetelmä on luoda skeletonmalli kokoonpanoon. Skeleton on nimensä mukaisesti ikäänkuin kokoonpanon luuranko. Kokoonpanoon kuuluvat alikokoonpanot ja osat viittaavat siihen ja skeleton ohjaa niitä. Se voi olla varsinaista geometriaa tai apugeometriaa esimerkiksi koordinaatistoja ja akseleita. (Pere 2016, 2-24.)

Suunnitteluautomaatit hyvin usein käyttävät apunaan skeletonmallia, jota muokatessa siihen viittaavat osat muuttuvat. Tällaisia kokoonpanoa ohjaavia geometrisia tekijöitä ovat luodun suunnitteluautomaatin hyttikokoonpanon tasot ja kokoonpanotason luonnokseen linkitetyt yleiset muuttujat. Tasoja ja luonnoksia taasen ohjaa suunnittelutaulukko.

3.3.4 Middle-out-menetelmä

Middle-out-menetelmä on sekoitus bottom-up- sekä top-down-menetelmää. Kokoonpano rakentuu valmiista kokoonpanoon tuoduista osista sekä vasta kokoonpanossa luoduista osista. Menetelmä on joustava tapa kokoonpanojen luomiseen. Suurinta osaa kokoonpanossa luoduista osista ei pystyisikään mallintamaan ilman kokoonpanon luomia rajoitteita. (Shih 2017, 15–8.)

Middle-out-menetelmä on kaikkein yleisin periaate mallintamiseen, sillä harvoin mallintaminen on vain jompaa kumpaa bottom-up- tai top-down-menetelmää (Pere 2016, 2-24). Suunnitteluautomaatti on yksi esimerkki tästä, sillä siinä on käytetty molempien menetelmien piirteitä.

4 Parametristen suunnitteluautomaattien soveltaminen laivanrakennuksessa

Luku käsittelee suunnitteluautomaattien hyödyntämistä ja potentiaalia laivanrakennuksessa. Lukuun on haastateltu kahta toimeksiantajan toimihenkilöä: Project Manager Timo Söderholmia ja Senior Specialist, Energy Efficiency and HVAC Teemu Tannista. Siinä esitellään myös heidän ideoitaan ja toiveitaan siitä, mihin suunnitteluautomaatteja voisi hyödyntää.

Toimeksiantajalla ei tällä hetkellä ole aktiivisessa käytössä suunnitteluautomaatteja, vaikka parametrilla 3D-mallintamista käytetäänkin monipuolisesti laivasuunnittelun eri osa-alueilla. Parametrisen mallintamisen ja 3D-suunnittelun osaamiselle on kiinnostusta ja tarvetta ja sitä kasvatetaan yrityksessä aktiivisesti. Toimiville suunnitteluautomaateille nähdään tarvetta ja useita käyttökohteita. (Söderholm 2022; Tanninen 2022.)

4.1 Suunnitteluautomaattien potentiaali

Automatisointia mallintamisessa on mahdollista ja viisasta hyödyntää useasti toistuvien elementtien suunnittelussa. Suunnitteluautomaatin luomiseen menee aikaa, joten yksittäistapausten mallintamiseen automaatin luominen ei ole tehokasta. (Tanninen 2022.)

Opinnäytetyön suunnitteluautomaatti hyttikokoonpanosta tulee hyödylliseksi, kun mallinnetaan pitkiä samankaltaisia hyttejä sisältäviä sarjoja. Automaattia voi hyödyntää myös yksittäishyttien mallintamiseen, mutta hyödyt automaattista jäisivät silloin pienemmiksi. (Söderholm 2022.) On ollut puhetta hyttiautomaatin soveltamisesta muihin sisustusalueisiin, esimerkiksi hyttikäytävään. Tilojen samankaltaisuuden vuoksi automaattia voisi muokata uuteen tilaan sopivaksi, mutta uudenkaan automaatin luominen opinnäytetyössä opituilla menetelmillä tuskin muodostuisi ongelmalliseksi.

Mitä enemmän parametriaa suunnitteluautomaatti sisältää ja mitä mukautuvaisempi se on erilaisiin toiveisiin, sitä hyödyllisempi se on. Hyvänä esimerkkinä hyttikokoonpanossa hyödyllisestä ominaisuudesta on paneelijaon vaihtaminen. Jos halutaan välttää paneelien sauma tietyssä kohdassa, osaisi automaatti automaattisesti siirtää sen. (Söderholm 2022.)

4.2 Suunnitteluautomaatti mallinnuksen tarkastustyökaluna

Suunnitteluautomaatti sekä 3D:nä mallintaminen vähentävät myös virheiden määrää. 3D:nä mallintaessa näkee mahdolliset virheet mallissa heti, esimerkiksi reiän väärin näppäilyyn koordinaatistosijoituksen paneelissa. 2D:nä tällainen virhe jää helposti huomaamatta. Virheiden määrää pienentää vielä entisestään, jos käytössä on suunnitteluautomaatti, johon on syötetty kaikki tieto mitä sen halutaan huomioivan. (Söderholm 2022.)

Ehdottomasti yleisin virhe hyttisuunnittelussa onkin reikien väärä sijoittelu tai niiden poissaolo. Reiän poissaolo ei ole kuin ylimääräistä työtä niiden tekemiseksi, mutta suurempaa hyttisarjaa tehtäessä tällainenkin virhe kertaantuu kalliiksi. Väärä sijoittelu sen sijaan tekee paneelin käyttökelvottomaksi. (Söderholm 2022.)

Suunnitteluautomaatit voivat olla hyödyksi inhimillisten virheiden vähentämisen lisäksi, jos niihin on sisällytetty sääntöjä ja standardeja tai esimerkiksi turvallisuusmääräyksiä. Jos mallia halutaan muuttaa automaattiin asetettujen säännöksiä vastaisesti, ilmoittaa se kyseisestä ristiriidasta. Tämä vähentää myös suunnittelijan työtaakkaa, kun tiedot löytyvät keskitetysti ja valmiiksi automaatista. Automaattia voidaan myös käyttää säännösten toteutumisen tarkastamiseen. (Tanninen 2022.)

Suunnitteluautomaatit voivat olla myös tukemassa mallinnusta. Niiden ei aina tarvitse tuottaa osista tai kokoonpanoista suoraan valmista tuotosta tai olla monimutkaisia rakenteiltaan. Niiden avulla voidaan luoda osa ja mallintaa loput ilman automaattia. Esimerkkinä kaideautomaatti yksinkertaisimmillaan loisi

suoraa kaidetta sääntöjen ja standardien mukaan. Suunnittelija voi tästä jatkaa mallintamista luoden haluttuja kulmia tai kaarevia muotoja. (Tanninen 2022.)

5 Parametrinen mallinnus SolidWorksissa

Tässä luvussa esitellään yleisesti mikä työkalussa käytetty 3D-mallinnusohjelma SolidWorks on ja mitä parametrinen mallinnus tarkoittaa juuri kyseisessä ohjelmassa. Tämän lisäksi käsitellään muita suunnitteluautomaatin luontiin välttämättömiä mallinnustapoja. Luvun lopussa mallinnetaan esimerkkikappale, johon liitetään luvussa esitelty suunnittelutaulukko.

5.1 SolidWorks

SolidWorks on CAD-ohjelmisto, jolla on mahdollistaa 2D-piirtämisen tai 3D-mallintamisen. Ohjelmistolla on mahdollista luoda normaalien 3D-kappaleiden lisäksi mm. kokoonpanoja, ohutlevymalleja ja profiilirakenteita. Se on käytössä maailmanlaajuisesti laajasti monilla eri toimialuemarkkinoilla kuten teollisuudessa, lääketieteellisyydessä, koulutuksessa ja liikenteessä. (Dassault Systèmes 2022.)

Alun perin SolidWorks oli Jon Hirsthtick:n vuonna 1993 perustama yritys, jonka tavoitteena oli luoda 3D-mallinnusohjelma. Vuonna 1995 yritys julkaisivat SolidWorks-ohjelman, joka heti julkaisustaan muutti insinöörien mahdollisuudet mallintaa. Aiemmin julkaistuun AutoCAD:iin verrattuna SolidWorks toi mallintamiseen 3D:n. SolidWorksilla onnistuu lisäksi myös perinteinen 2D-mallinnus. Ohjelma oli hyvin vaikuttava ja Dassault Systèmes osti ohjelman vuonna 1997. (Bethany 2020.) Nykyään Dassault Systèmes SolidWorks Corp.:n pääkonttori sijaitsee Whaltamissa Massachusettsissa. (Dassault Systèmes 2022).

5.2 Parametrinen muuttaminen

Parametrisuus mallintamisessa tarkoittaa pohjimmiltaan mittojen muuttamista osassa mallintamisen missä vaiheessa tahansa. Se on tehty helpoksi SolidWorksissa ja se onkin parametrimallinnuksen peruslähtökohta. On

erityisen tärkeää, että suunnittelutavoite on selkeä muokattaessa parametreja, jotta muutokset ilmentyvät osassa niinkuin niiden on ajateltu. Muutosten jälkeen on osa muodostettava uudelleen. (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020, 101)

5.3 Suunnittelutaulukko (Design table)

Suunnittelutaulukko on Solidworksin sisäinen Excel-tili, johon on mahdollista saada työstettävän yksittäisen kappaleen tai kokoonpanon mittoja ja eri konfiguraatioita taulukkomuodossa. Suunnittelutaulukko voidaan lisätä erillisestä Excel-tiedostosta tai luoda SolidWorksissa. (Hietikko 2020, 221.)

Tässä työssä suunnittelutaulukon käyttö on keskeisin työkalu, joka mahdollistaa työn toteuttamisen. Hyttikokoonpanolle luodaan oma taulukko, josta sen parametreja muokataan ja hallitaan. Suunnittelutyökalu on mahdollista luoda, aukaista sekä tallentaa erilliseksi Excel-tiedostoksi. Tämä helpottaa työkalun käytettävyyttä ja muokattavuutta.

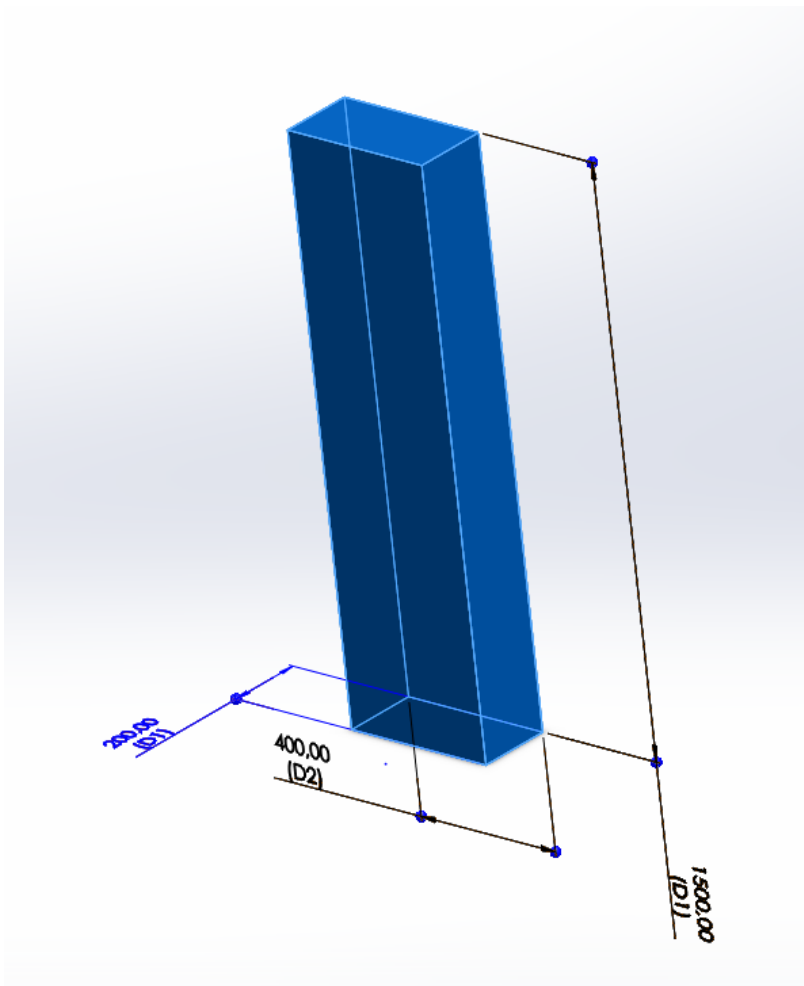
5.4 Esimerkki suunnittelutaulukon luonnista ja käytöstä

Mallinnettava esimerkki on hyvin yksinkertaistettu, paneelinkaltainen osa. Luvussa on tarkoitus tällä helpolla esimerkillä näyttää käytännössä suunnittelutaulukon teko ja käyttö SolidWorksissa. Luotu suunnittelutaulukko parametreineen on idealtaan täysin sama kuin opinnäytetyössä käytetty, erona vain kokoonpanon huomattavasti monimutkaisempi rakenne esimerkiosaan verrattuna.

Osa on käytännössä boss-pursotettu suorakaide. Luodaan suorakaiteen muotoinen luonnos (Sketch) etutasolle (Front Plane) ja määritetään sivujen mitat (Smart Dimension). Pursotetaan luonnos (Boss-Extrude). Kunhan osan geometria ja suhteet ovat kunnossa, ei mittojen pituuksilla ole väliä.

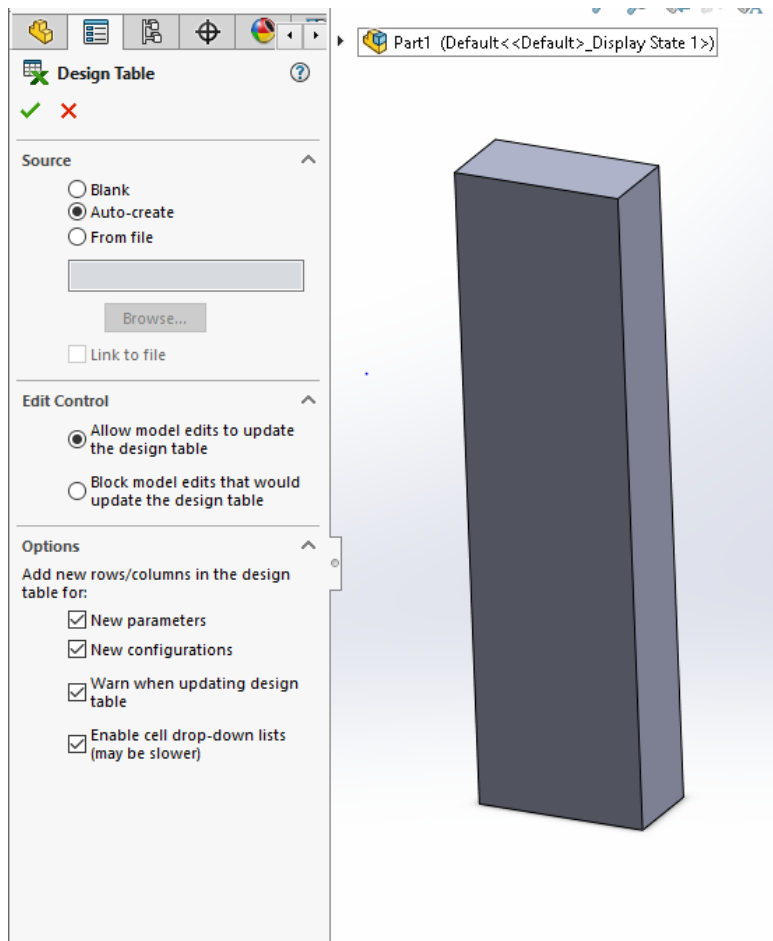
Tuodaan mitat näkyviin napsauttamalla Annotations -kansiota piirrepuusta hiiren oikeanpuoleisella painikkeella ja valitsemalla Show Feature Dimensions. Mittojen nimet saadaan näkyviin valikosta: View > Hide/Show > Dimension Names.

On tärkeää osata kertoa, mikä mitta kuuluu millekin piirteelle. Tämän vuoksi suurempia kokonaisuuksia mallintaessa olisi hyvä nimetä piirteet niitä kuvaavin nimin. Suunnittelutaulukko näyttää nämä nimet ja kiinnittyy niihin. Muutokset taulukkoon onnistuvat helpommin, kun pelkästä mitan nimestä tiedetään, mitä se muuttaa. Kuvassa 8 on luotu särmiö, jossa on näkyvillä mitat ja niiden oletusnimet.

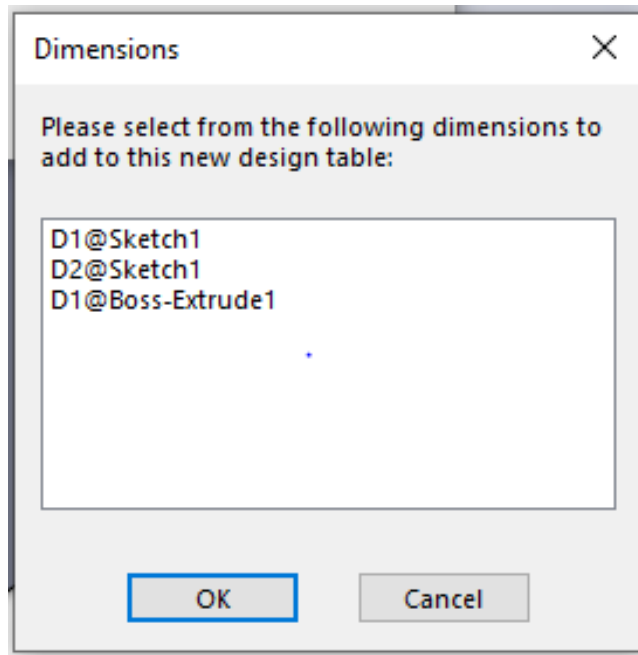


Kuva 8. Pursotettu osa mittoineen.

Kappaleeseen lisätään suunnittelutaulukko valikosta: Insert > Tables > Design Table. Suunnittelutaulukko antaa valita, mistä lähteestä taulukko halutaan luoda (Kuva 9). Valitaan "Auto-create" ja painetaan vihreästä check -merkistä. Tämän jälkeen esiin nousee kuvake (Kuva 10), jossa pyydetään valitsemaan halutut mitat suunnittelutaulukkoon. Valitaan kaikki kolme Ctrl-näppäin pohjassa ja painetaan "OK".

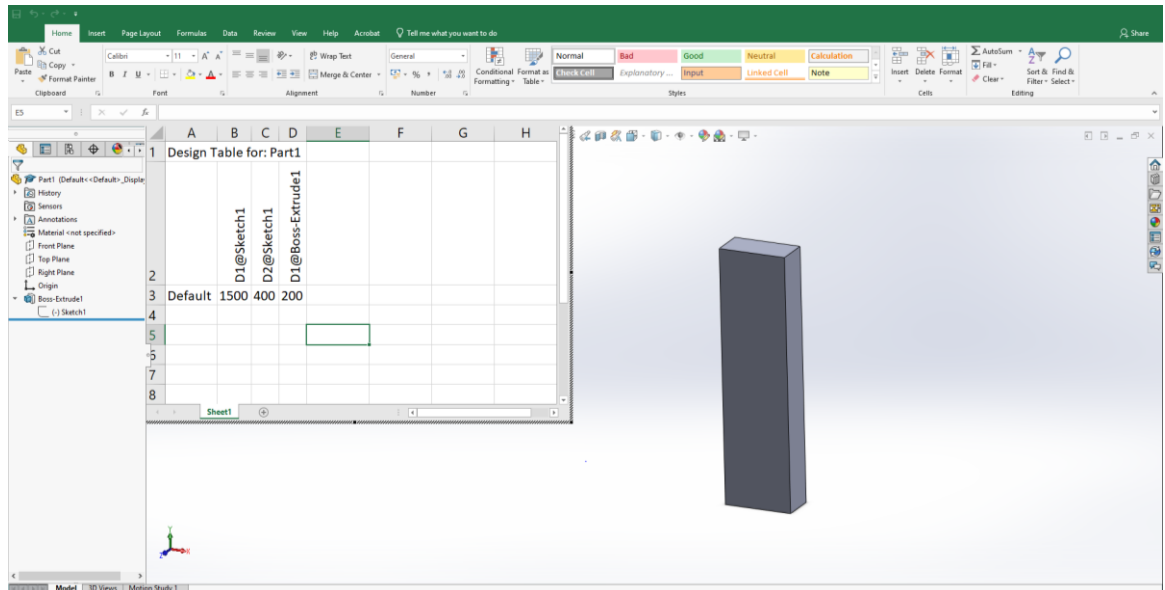


Kuva 9. Suunnittelutaulukon luominen.



Kuva 10. Mittojen valinta suunnittelutaulukkoon.

SolidWorks luo automaattisesti näistä valituista mitoista Excel-pohjaisen taulukkonäkymän, jossa näkyvät osan mittojen nimet, pituudet ja mahdolliset konfiguraatiot (Kuva 11). Eri konfiguraatiot näkyisivät riveillä ja tässä esimerkissä niitä on vain yksi (Default, rivillä 3). Halutessaan niitä voi lisätä taulukon avulla lisäämällä tietoja edellistä konfiguraatiota seuraaville riveille. Seuraava luodaan nimeämällä soluun A4 uuden konfiguraation nimi ja soluihin B4, B4 ja C4 halutut uuden konfiguraation mittojen pituudet.

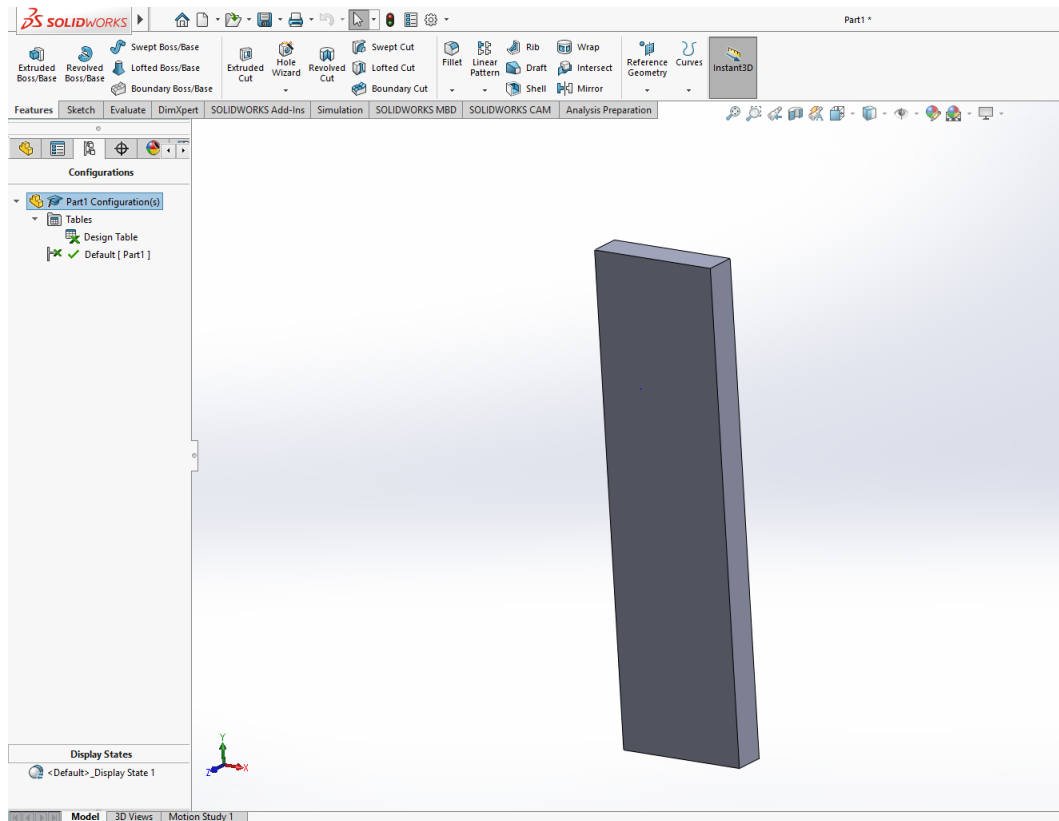


Kuva 11. Näkymä grafiikka-alueen päälle avautuneesta suunnittelutaulukosta.

D1@Sketch1 kuvaa osan korkeutta, D2@Sketch1 osan leveyttä ja D1@Boss-Extrude1 osan paksuutta. Nämä ovat ohjelmiston oletusnimet: @-merkkiä ennen ovat mittojen nimet ja jälkeen piirteet, joissa tämä mitta on. Jos nimet olisi nimetty uudestaan, näkyisivät nämä nyt suunnittelutaulukossa.

Muokkaamalla taulukosta löytyviä arvoja ja klikkaamalla grafiikka-alueita (aluetta, jolla malli näkyy taulukon taustalla) muokkaantuu osa taulukkoon syötettyjen tietojen mukaisesti. Taulukko katoaa näkyvistä ja osa muodostuu uudestaan.

Luotu suunnittelutaulukko löytyy luomisensa jälkeen Feature Managerista Configuration-välilehdeltä (kuva 12). Osien mittoja, jotka ovat suunnittelutaulukossa ja mahdollisia eri konfiguraatioita ohjataan tästä eteenpäin suunnittelutaulukon kautta.



Kuva 12. Suunnittelutaulukon sijainti luomisen jälkeen.

6 Parametrinen suunnitteluautomaatti hytin rakenteille

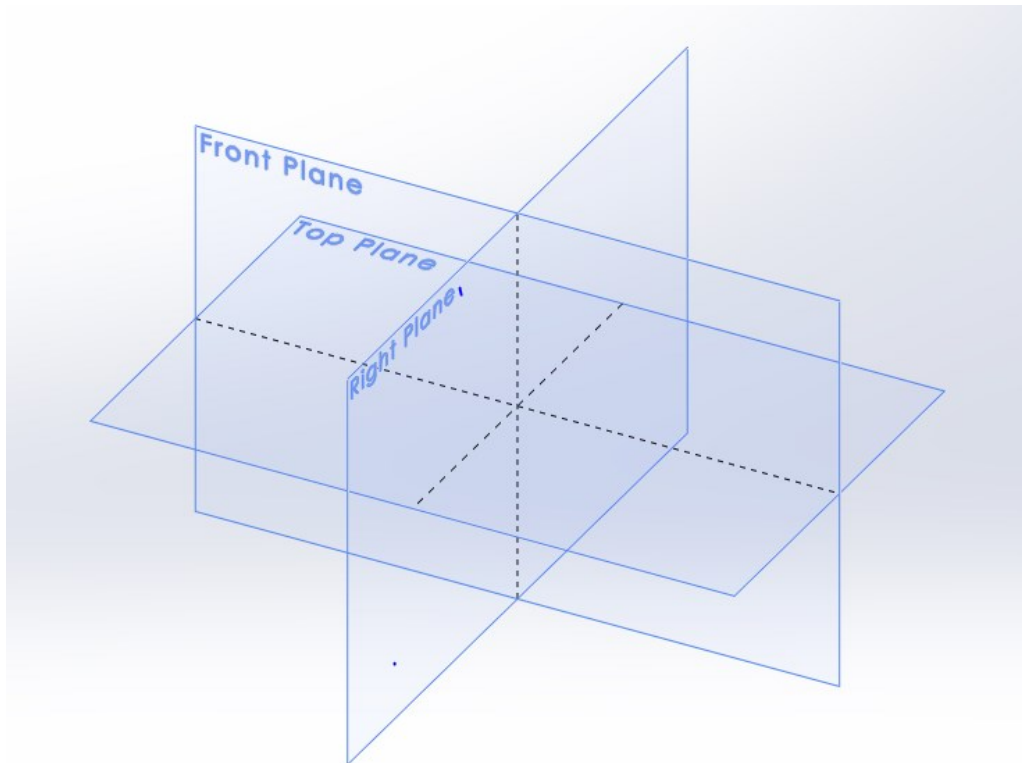
Tässä luvussa käsitellään suunnitteluautomaatin hyttikokoonpano, hieman sen luomisperiaatteita sekä käyttöliittymän luominen.

6.1 SolidWorksin keskeisimmät kokoonpanon luonnin mahdollistavat ominaisuudet

Luvussa 5 esitellyn suunnittelutaulukon lisäksi esitellään kaksi SolidWorksin ominaisuutta, joita ilman suunnitteluautomaattia ei olisi pystytty luomaan. Näiden ominaisuuksien avulla selätettiin kaksi kokoonpanoa luotaessa ollutta suurinta ongelmaa. Suunnittelutaulukkoon ei ole mahdollista saada kokoonpanon osien sijainteja, joten osien sijainnin muuttaminen hoidetaan tasojen avulla. Sen lisäksi suunnittelutaulukkoon ei ole mahdollista saada erikseen sekä kokoonpanon eri osien että kokoonpanon mittoja. Muuttuvat halutut mitat saatiin kokoonpanotasolle osista tuotua yleisien muuttujien ja yhtälöiden avulla.

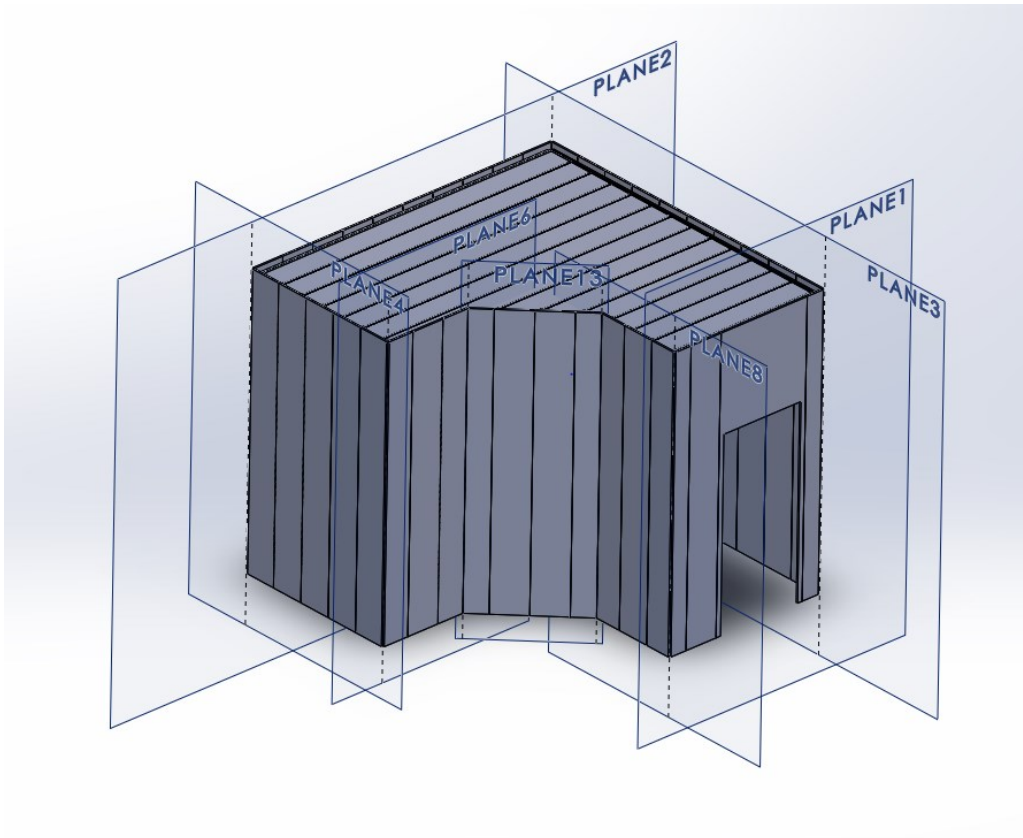
6.1.1 Taso (Plane)

Kolme oletustasoa, jotka ovat ohjelmassa valmiina mallintamista aloitettaessa, ovat origon kautta kulkevia kolmen akselin eri suuntaan kohtisuorassa toisiinsa sijaitsevia tasaisia ja äärettömyyteen jatkuvia pintoja. Kuvassa 13 näkyvillä SolidWorksin oletustasot. Tasoja on myös mahdollista luoda lisää erilaisten geometristen viitteiden avulla. Viitteitä voivat olla muut valmiit tasot, eri osien pinnat, reunat ja kärjet tai luonnosgeometria. Tasojen pääasiallinen käyttötapa on toimia luonnospintoina, joihin erilaisia piirteitä luodaan. (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020, 65, 67, 184, 187.)



Kuva 13. Oletustasot.

Tasot ovat opinnäytetyön suunnitteluautomaatin perusta. Niiden etäisyydet geometrisista viitteistä on mahdollista saada kokoonpanon suunnittelutaulukkoon ja siksi onkin tärkeää valita viitteet tarkasti työkalun tarpeiden mukaan. Osat liitetään erilaisien liitoksien (Mate) avulla tasoihin, joten tasojen sijaintia muutettaessa liikkuvat osat niiden mukana. Esimerkkinä seinäpaneelien sijainti on liitetty kuvassa 14 näkyviin tasoihin. Lisäksi tasoja hyödynnetään kokoonpanotasolle luotujen leikkauspiirteiden luomiseen ja niiden luomien leikkausten haluttuihin sijoittamisiin: kun taso liikkuu, liikkuu myös leikkauksen sijainti sen mukana.



Kuva 14. Hytin ulkomittoja ohjaavat tasot.

6.1.2 Yleiset muuttujat (Global variables) ja yhtälöt (Equations)

Yleiset muuttujat ovat suunnittelijan jokaisessa mallissa erikseen määrittämiä nimiä, jotka määrätään tietyksi arvoiksi. Esimerkiksi "seinäpaneelinkorkeus" voidaan määrittää yleiseksi muuttujaksi, jonka arvo on esimerkiksi 2500mm. Nyt mitoittaessa muita osia tai kokoonpanon osia voidaan viitata tähän arvoon.

Tämä toimenpide luo yhtälöitä, esimerkiksi

$D2@Sketch1 = \text{"seinäpaneelinkorkeus"}$, jolloin aina seinäpaneelinkorkeus -yleistä muuttujaa muutettaessa muuttuu tämä mitta kaikissa piirteissä.

(Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2020, 388, 319.)

Suunnitteluautomaatissa käytettiin myös jaettuja arvoja (Shared values), joilla mahdollistetaan se, että muuttuva yleinen muuttuja saatiin muuttumaan kokoonpanotason luonnoksen mitta muokkaamalla (Dassault Systèmes

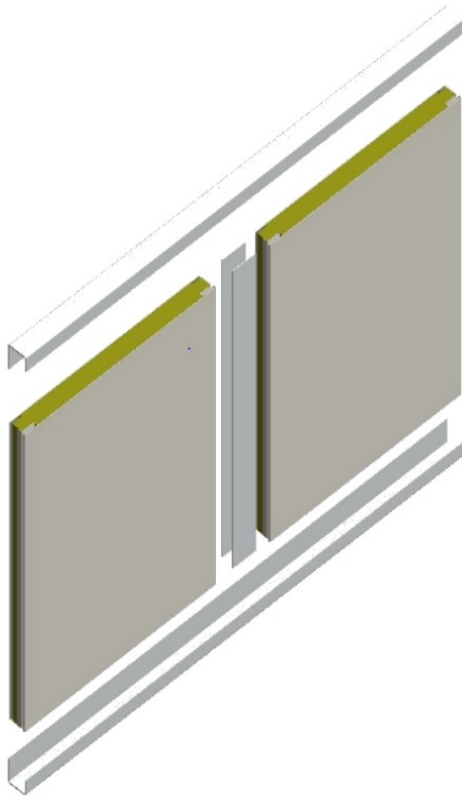
SolidWorks Corporation 2020, 393). Osia luodessa kokoonpanoon, viitattiin niitä mitoittaessa näihin kokoonpanotason yleisiin muuttujiin. Yleiseen muuttujaan linkitetty arvo saadaan kokoonpanotason luonnoksesta, joka on mahdollista saada arvoksi suunnittelutaulukkoon. Tällä ratkaistu ongelma oli se, ettei kokoonpanossa olevien osien mittoja aikaisemmin saatu samaan suunnittelutaulukkoon kokoonpanon mittojen kanssa. Tavoitteena oli nimittäin luoda automaatti, jossa sekä osia että kokoonpanoa saa muokattua.

6.2 Kokoonpanon rakenteet

Suunnitteluautomaattia kehitettäessä on otettu huomioon mahdolliset komponenttien mittojen muutokset sekä esimerkiksi paneelimallin vaihdokset. Käyttäjän on mahdollista muokata niiden parametreja halutunlaisiksi. Luvussa seuraavaksi esitellyt komponentit toimivat suunnittelussa esimerkkeinä, joihin kokoonpanon mallinnus pohjautuu. Kyseiset komponentit valikoituivat esimerkeiksi, koska ovat yleisesti käytössä olevia.

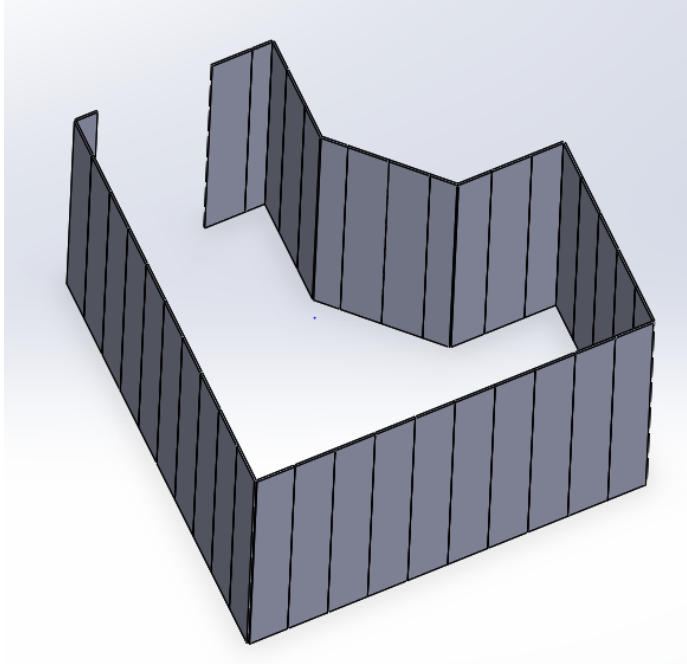
6.2.1 Seinäpaneelit

Seinäpaneelin esikuvaksi valikoitu SBA Interior Oy:n JMS 1 31 B-15 (kuva 15). Kuvassa 13 näkyviäkin asennus- eikä liitântäkiskoja mallinnettu suunnitteluautomaattiin. Suunnitteluautomaattiin paneeli on mallinnettu luvun 5.4. esimerkiosan kaltaisena yksinkertaisena särmiönä.



Kuva 15. Seinäpaneeli JMS 1 31 B-15, SBA Interior Oy:ltä (SBA Interior Ltd 2022).

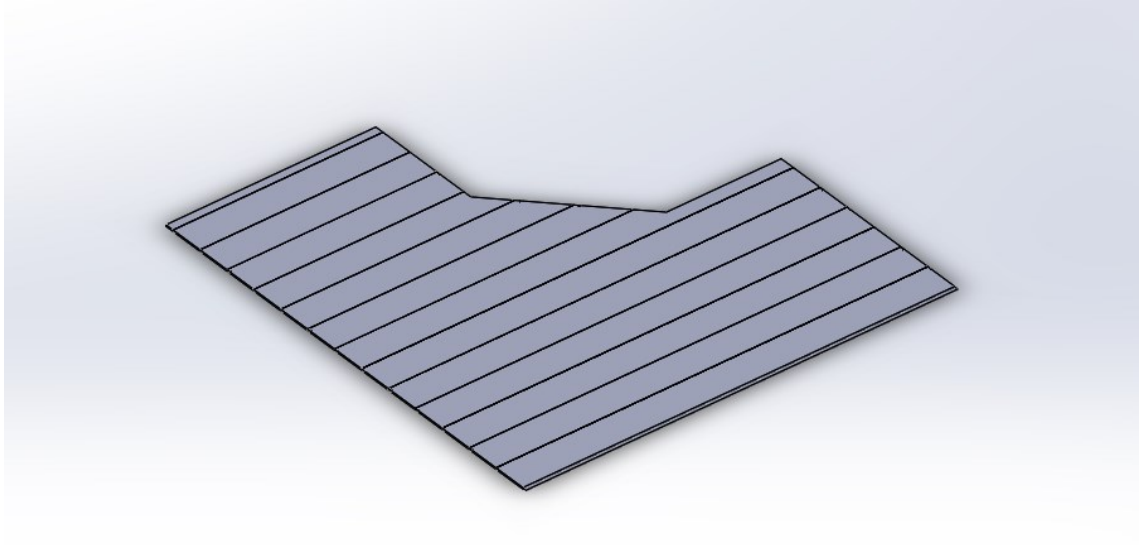
Seinäpaneeli on sinkitettyä ohutlevyä, joka sopii monipuolisesti laivan kaikenlaisiin tiloihin. Se on B-15 paloluokitettu ja helppoasenteinen. Paneeli on 25 mm paksua ja voidaan valmistaa maksimissaan 3000 mm korkeana. Standardileveys paneelille on 600 mm. (SBA Interior Ltd 2022.) Seinäpaneelit ottavat huomioon hytin kulmaan liitettävän wc-moduulin, kuten kuvasta 16 näkyy.



Kuva 16. Hyttikokoonpanon seinät.

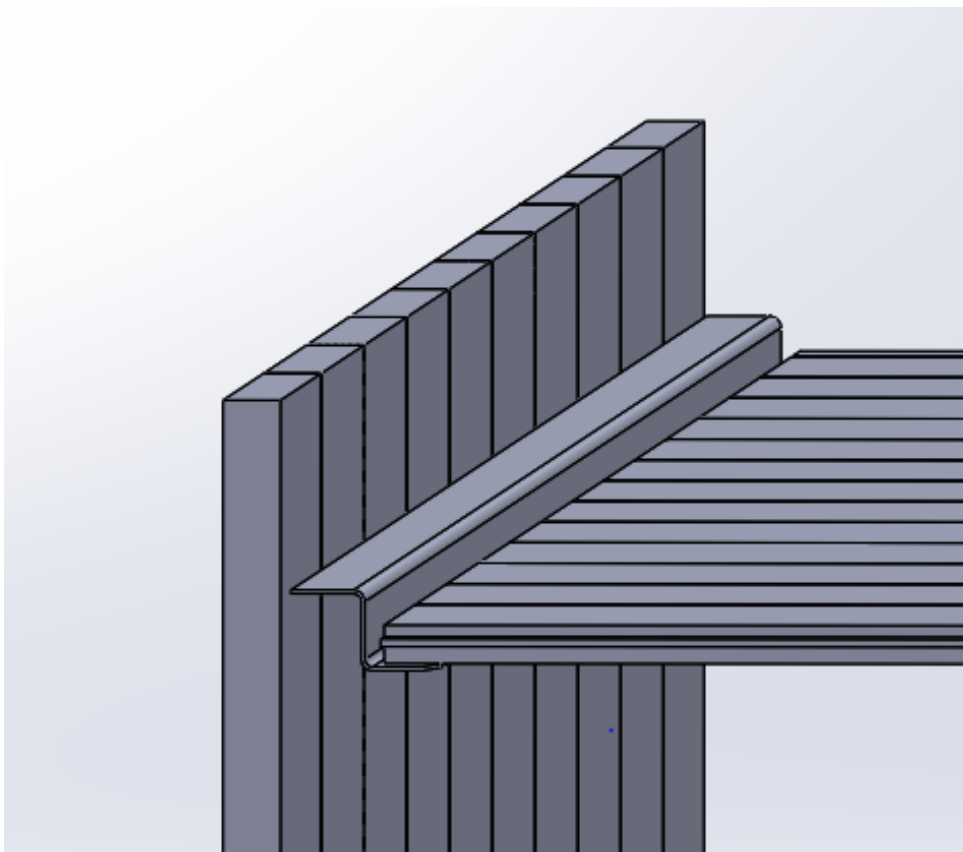
6.2.2 Kattopaneelit ja z-listat

Kattopaneelin esikuvana toimii Oy Lautex Ab:n Marine panel lautex H-300. Paneelin leveys on 300 mm, paksuus 26 mm ja maksimi pituus 6500 mm ja se on valmistettu joko alumiinista tai teräksestä (Oy Lautex Ab 2022). Kattopaneelit muodostuvat ja leikkaantuvat seinien muodostaman geometrian mukaan (Kuva 17).

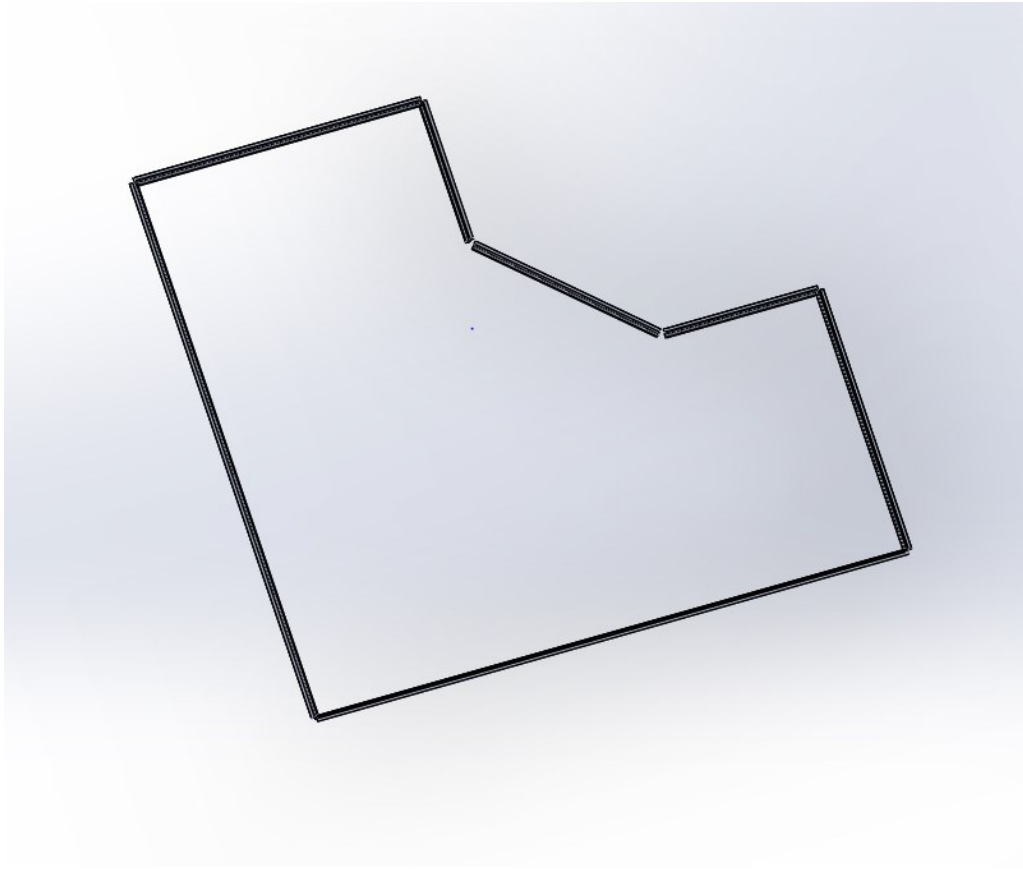


Kuva 17. Kokoonpanon kattopaneelit.

Kattopaneelien lisäksi kokoonpanoon mallinnettiin z-listat, joilla kattopaneelit kiinnittyvät seinäpaneeliin. Kuvasta 18 näkee z-listan muodon, sekä miten se asettuu katto- ja seinäpaneelin nähden. Z-lista kiertää koko hytin kuten kuvasta 19 näkyy.



Kuva 18. Z-paneelilla kattopaneelien kiinnitys seinäpaneeliin.

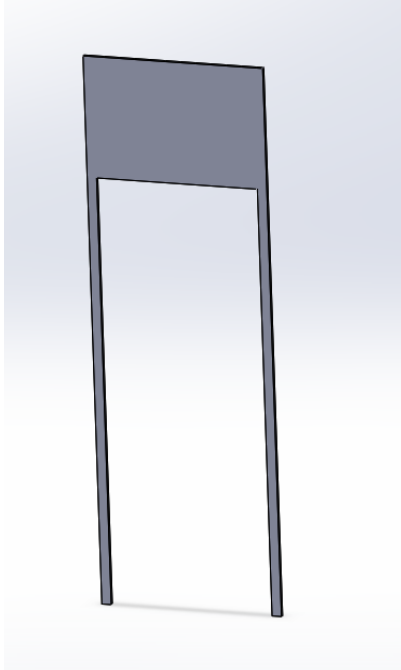


Kuva 19. Hyttikokoonpanon z-listat.

6.2.3 Ovi

Ovena hyttikokoonpanossa on Saajos Oy:n B-luokan palo-ovista B-15 yksilehtinen palo-ovi. Se on 40 mm paksuinen ja sinkkipinnoitetusta terälevystä valmistettu. Maksimivaloaukko ovella on 1100 x 2100 mm. (Saajos Oy 2022.)

Ovi mallinnettiin yksikertaisena valoaukokkllisena paneelimaisena osana (Kuva 20). Muutettava parametri osassa on valoaukon suuruus, joka syötetään suunnittelutaulukkoon.



Kuva 20. Hyttikokoonpanon ovi.

6.3 Paneelijaon määrittäminen

Hytin paneelijako on monen asian summa. Siihen vaikuttavat esimerkiksi hyttien geometria perussuunnittelusta, reikien paikat, arkkitehtuuri sekä kalusteet. Paneelit olisi hyvä sijoittaa niin, etteivät reiät olisi paneelien saumojen kohdalla. Myös kalusteet voivat määrätä paneelien saumakohtia. On myös mahdollista, vaikkei kovin yleistä, että seinäpaneeleita ei erikseen tapetoida, jolloin paneelien saumat jäävät näkyviin. Tällöin voidaan haluta esteettisistä syistä esimerkiksi kalusteiden asettuvan paneelin keskelle. (Söderholm 2022.)

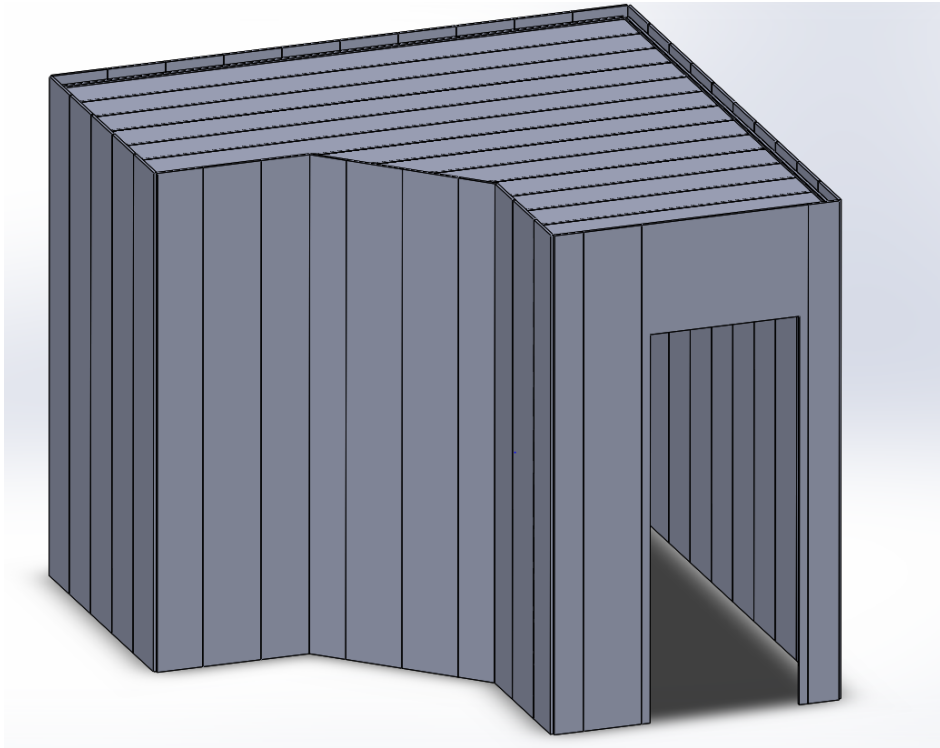
Paneelijaon automatisointi asettaa haasteita, jos halutaan sen ottavan huomioon kaikki edellä luetellut asiat. Opinnäytetyössä kehitettävä automaatti ottaa huomioon vain paneelien sallitun minimileikkauspituuden. Jos paneeli on leikkaantumassa tämän annetun parametrin alle, leikkaa automaatti seinän ensimmäistä ja viimeistä paneelia yhtä paljon ja näin välttää liian kapeaksi leikkaantuvat paneelit. Automaattiin tämä on hyvä lähtökohta, koska tällä tavalla saadaan saumoihin kaikkein siisteimmän näköinen lopputulos (Söderholm 2022).

6.4 Kokoonpanon mallinnusjärjestys

Kokoonpanon mallinnus aloitetaan seinäpaneeleilla. Paneelien paikat kiinnitetään tasoihin liitoksilla, niin että ne liikkuvat tasoja siirrettäessä halutunlaisesti. Yhdestä paneelista luodaan koko seinä Linear Pattern -toiminnolla (Insert > Assembly features > Linear Pattern). Molempien seinän päihin luodaan uudet tasot, joille luodaan Cut-extrude- leikkaukset. Tasoja ohjataan suunnittelutaulukon kautta, joka siirtää tasojen sijaintia, jos paneeli on leikkaantumassa liian pieneksi. Seuraavien seinien sijainti liitetään ensimmäiseen seinään leikkaus-tasojen avulla.

Ovi luodaan yhdelle seinistä niin, että kyseisellä seinällä oven kummallakin puolella on omat paneelinsa, joista kummastakin luodaan Linear Pattern -komento. Myös näissä huomioidaan paneelin minimi leikkaantuvuusmitta.

Kattopaneeli luodaan ja määritellään, niin että boss-pursotuksen pituus määräytyy seinähyttien sijainteja määrittelevien tasojen mukaan. Linear Pattern -komennolla lisättyihin loppuihin paneeleihin luodaan Cut-Extrude -leikkaus wc-moduulin mukaan seinien tasojen avulla. Z-listat luodaan jokaiselle seinälle omiksi osiksi, sillä kaikki seinät ovat eri pituiset. Niidenkin sijainti ja pituudet määrittyvät liikkuvista tasoista. Kuvassa 21 nähtävillä hyttikokoonpano.



Kuva 21. Hyttimalli.

6.5 Käyttöliittymä

Toisin kuin luvussa 5.4 annetaan SolidWorksin luoda automaattisesti suunnittelutaulukko osalle, käytetään itse opinnäytetyössä erillisesti luotua Excel-tiedostoa. Tiedosto kehitetään valmiiksi lauseineen ja ehtoineen ennen kokoonpanoon liittämistä. SolidWorksista nostetut samannimiset parametrit linkittyvät Exceliin ja muokkaavat kokoonpanoa halutunlaiseksi.

Excelissä solu A60 on nimetty uudelleen familyksi (Kuva 22). SolidWorks tunnistaa vain tämän jälkeen tulevat tiedot. Solussa A61 on Default. Jos osassa olisi useampi konfiguraatio, tulisi niiden tiedot riveille tämän jälkeen. Rivillä 60 on mittojen nimiä, joita halutaan suunnittelutaulukon avulla muuttaa. Kuvassa 19 näkyy osa suunnitteluautomaatin parametreista, joita yhteensä oli 33. Rivillä 61 on mittojen arvot.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
58										
59										
60		paneelin korkeus@apuluonnos1	paneelin leveys@apuluonnos1	paneelin syvyys@apuluonnos2	D1@PLANE1	D1@PLANE2	D1@plane3	D1@plane4		D1@plane5
61	Default	2569,13	300	15	3000	0	0	3000		0
62										
63										
64										
65										
66										
67										

Kuva 22. SolidWorksiin linkittyvät rivit Excel:ssä.

Näiden rivien yläpuolella sijaitsee käyttöpaneeli, jossa on myös ohjeet ja kuva seinien nimistä (Kuva 23). Kaikki tieto, minkä kokoonpano tarvitsee muodostuakseen, syötetään vaaleansinisellä pohjalla oleviin soluihin. On hyvä pitää SolidWorksiin linkittyvät rivit ja käyttöpaneeli samalla välilehdellä, sillä SolidWorks ottaa arvoja vain viimeiseksi auki olleelta välilehdeltä. Kun työvaiheita minimoidaan, automaatin käytettävyys helpottuu. Toisella välilehdellä on kaikki laskut, joilla paneeliin syötetyt arvot saadaan rivillä 60 oleviin mittojen arvoiksi sellaiseksi, että kokoonpano muokkaantuu halutusti.

AutoSave On Käyttöpaneeli • Saved Search (Alt+Q)

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Help M-Files PDF-XChange

A59

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											

OHJEET

- Muuta vaaleansinisellä pohjalla olevia arvoja haluttuihin mittoihin (mm)
- Tee muutoksia arvoihin, jos punaista tekstiä ilmaantuu
- Tallenna ja sulje tämä välilehti auki
- Siirry SolidWorks:iin

HYTIN MITAT

Seinien mitat:

Hytin pituus	3000
Hytin leveys	3000
Lyhyt pituus	1500
Lyhyt leveys	1500

WC-moduuli:

WC pituus	800
WC leveys	800
WC kulma: lasketaan	989,95

Sisäkorkeus

Sisäkorkeus	2500
-------------	------

PANEELIT

Seinäpaneelit:

Leveys	300
Syvyys	15
Paneelin min sallittu pituus	120

Kattopaneelit:

Leveys	220
Korkeus	10

OVI

Valoaukko:

Leveys	770
Korkeus	2000
Sijainti (kuva)	220

Kuva 23. Käyttöpaneeli.

7 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda parametrinen suunnitteluautomaatti sisähytin rakenteille SolidWorks-ohjelmistolla toimeksiantona Foreship Oy:lle. Opinnäytetyössä perehdyttiin parametriseen mallintamiseen niin yleisellä tasolla kuin SolidWorksissa, suunnitteluautomaatteihin, osien ja kokoonpanojen suunnitelmalliseen mallintamiseen sekä kokoonpanoon haluttuihin rakenteisiin. Yhtenä tavoitteena oli lisäksi lisätä parametrisen mallintamisen ja suunnitteluautomaattien osaamista toimeksiantajan yrityksessä.

Lopputuloksena saatiin parametrisesti muutettava 3D-hyttikokoonpano, jota ohjataan Excel-taulukkotiedoston avulla sekä käyttöohjeet automaatin käyttämiseen. Malli nopeuttaa hyttikokoonpanon mallintamista sekä vähentää inhimillisten virheiden määrää. Työn lopputulokseen olivat tyytyväisiä sekä opinnäytetyön tekijä, että toimeksiantaja.

Työtä tehdessä opittiin paljon kaikista työn sisältämistä aihealueista. Varsinkin 3D-mallinnustaidot kehittyivät kokoonpanomallia luodessa huomasti. Tämä on arvokasta osaamista opinnäytetyön työn tekijälle, joka on vasta suunnittelu-uransa alkutaipaleella.

Luotu kokoonpano suunnitteluautomaatille on hyvä pohja jatkokehitykselle. Jatkossa tarkoituksena on lisätä komponentteja, esimerkiksi ikkuna tai parveke ja reikiä Tavoitteena on myös luoda kokoonpanoon lisää muokattavuutta esimerkiksi paneelijakoon liittyen. Toimeksiantajan kanssa on keskusteltu ja suunniteltu mahdollisuudesta soveltaa työn aikana opittua osaamista muidenkin sisustusalueiden suunnitteluautomaattien luomiseen.

Lähteet

Bethany 2020. A Brief History Of SolidWorks. Viitattu 28.5.2022.

<https://www.scan2cad.com/blog/cad/solidworks-history/>.

Dassault Systèmes. 2022. SolidWorks. Viitattu 5.6.2022.

<https://www.solidworks.com/>.

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. 2020. SolidWorks: Perusteet.

Waltham: Dassault Systemes SolidWorks Corporation.

DriveWorks Ltd. 2022. What is Design Automation? Viitattu 16.5.2022.

<https://www.driveworks.co.uk/articles/what-is-design-automation/>.

Foreship Ltd. 2022. Company. Viitattu 9.5.2022.

<https://www.foreship.com/company>.

Hietikko, E. 2020. SolidWorks 2020. Tietokonavusteinen suunnittelu. 8.,

uudistettu painos. Helsinki: BoD – Books on Demand.

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

Oy Lautex Ab. 2022. Brochure: Marine panel lautex H-300. Viitattu 24.5.2022.

<https://lautex.com/wp-content/uploads/2020/09/H-300.pdf>.

Pere, A. 2016. Koneenpiirustus 1 & 2. 12., uudistettu painos. Espoo: Kirpe Oy.

Saajos Oy. 2022. Telakkateollisuus. B-luokan palo-ovet: B-15 yksilehtinen palo-ovi. Viitattu 24.5.2022. <https://www.saajos.fi/b-luokan-palo-ovet/>.

SBA Interior Ltd. 2022. JMC 31 B-15 technical datasheet. Viitattu 13.5.2022.

<https://www.sba.fi/wp-content/uploads/2020/08/JMC-1-31-B-15-technical-datasheet.pdf>.

Shih, R. 2017. SOLIDWORKS 2017 and Engineering Graphics. An integrated approach. Mission: SDC Publications (Stephen Schroff).

Söderholm, T. 2022. Haastattelu. Toimeksiantajan Foreship Oy:n Project Manager Timo Söderholmia haastatteli 17.5.2022 Sofia Rinne.

Tanninen, T. 2022. Haastattelu. Toimeksiantajan Foreship Oy:n Senior Specialist, Energy Efficiency and HVAC Teemu Tannista haastatteli 17.5.2022 Sofia Rinne.

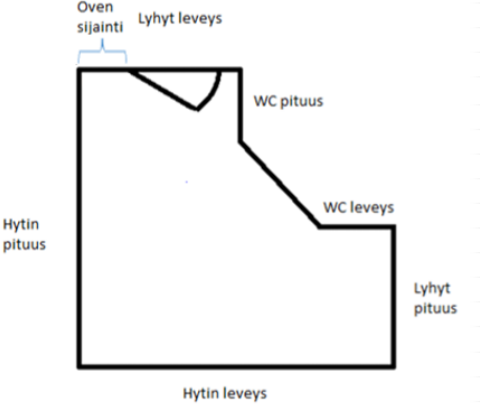
Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy (Tammertekniikka)

Suunnitteluautomaatin käyttöohjeet

Avaa Excel-tiedosto ja muokkaa käyttöpaneeli-välilehdellä olevia vaaleansinisiä soluja (Kuva 24). Syötä arvot millimetreinä.

OHJEET

1. Muuta vaaleansinisellä pohjalla olevia arvoja haluttuihin mittoihin (mm)
2. Tee muutoksia arvoihin, jos punaista tekstiä ilmaantuu
3. Tallenna ja sulje tämä välilehti auki
4. Siirry SolidWorks:iin



HYTIN MITAT

Seinien mitat:

Hytin pituus	3000
Hytin leveys	3000
Lyhyt pituus	1500
Lyhyt leveys	1500

WC-moduuli:

WC pituus	800
WC leveys	800
WC kulma: lasketaan	989,95

Sisäkorkeus

Sisäkorkeus	2500
-------------	------

PANEELIT

Seinäpaneelit:

Leveys	300
Syvyys	15
Paneelin min sallittu pituus	120

Kattopaneelit:

Leveys	220
Korkeus	10

OVI

Valoaukko:

Leveys	770
Korkeus	1700
Sijainti (kuva)	220

Kuva 24. Käyttöpaneelissa arvojen muuttaminen.

Excel-tiedostosta löytyy myös yksinkertaistetut ohjeet vasemmasta yläreunasta ja sen alapuolelta piirustus hytistä, johon on nimetty seinät ja oven sijainti.

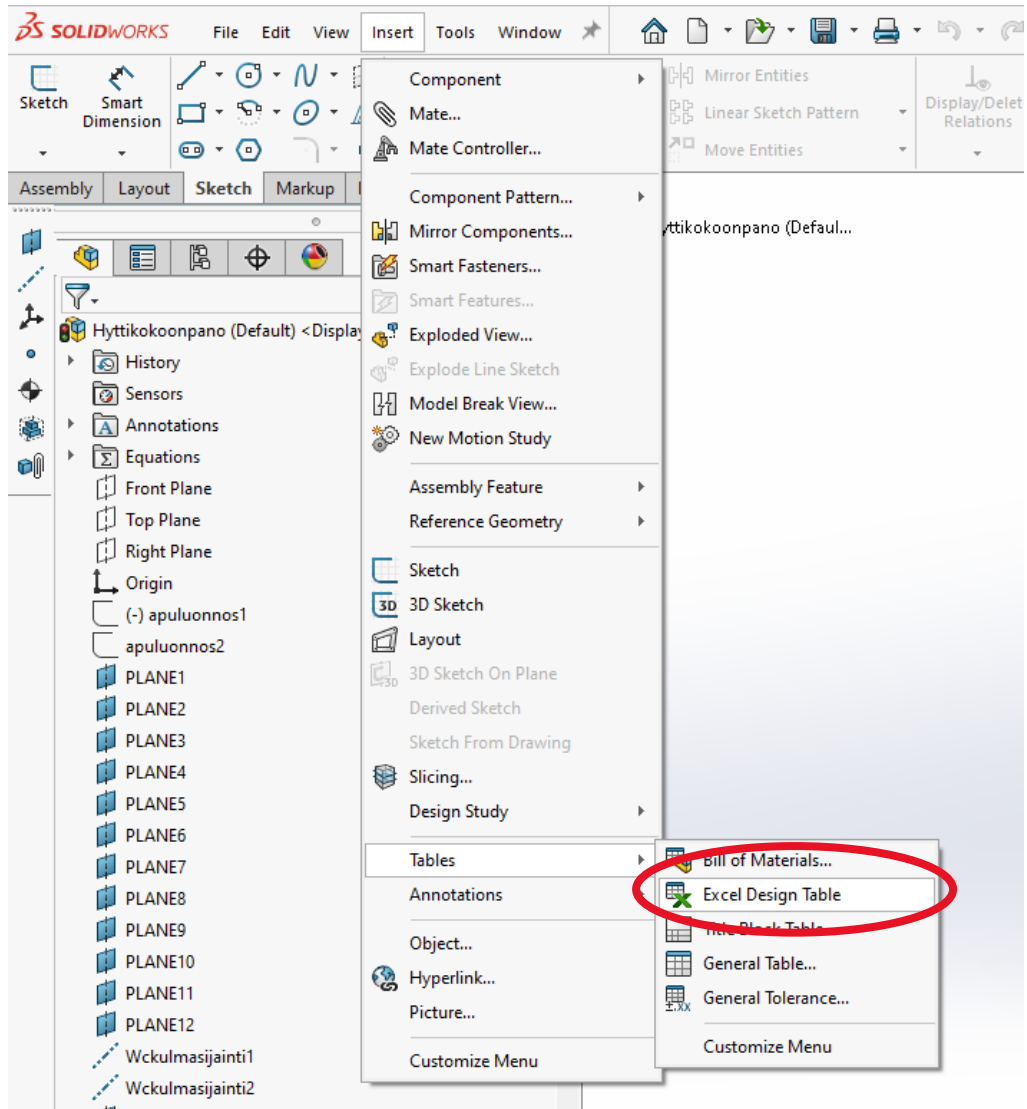
Taulukkoon on lisätty huomautuksia, jotta kokoonpanoa muokataan suunnitellusti. Ne ilmestyvät kunkin muutettavan solun viereen punaisella. Kuvassa 25 varoitus, jossa hytin sisäkorkeus on suurempi kuin halutun valoaukon korkeus. Muuta arvoja kunnes huomautuksia ei ole enää lainkaan. Voit myös jatkaa varoitusten ollessa voimassa oman harkinnan mukaan, mutta kokoonpano voi muokkaantua hallitsemattomasti.

<u>HYTIN MITAT</u>	
Seinien mitat:	
Hytin pituus	3000
Hytin leveys	3000
Lyhyt pituus	1500
Lyhyt leveys	1500
WC-moduuli:	
WC pituus	800
WC leveys	800
WC kulma: lasketaan	989,95
Sisäkorkeus	2500
Sisäkorkeus pienempi kuin valoaukon korkeus	
<u>PANEELIT</u>	
Seinäpaneelit:	
Leveys	300
Syvyys	15
Paneelin min sallittu pituus	120
Kattopaneelit:	
Leveys	220
Korkeus	10
<u>OVI</u>	
Valoaukko:	
Leveys	770
Korkeus	2600
Sijainti (kuva)	220
Valoaukko suurempi kuin seinän korkeus	

Kuva 25. Varoituksia käyttöpaneelissa.

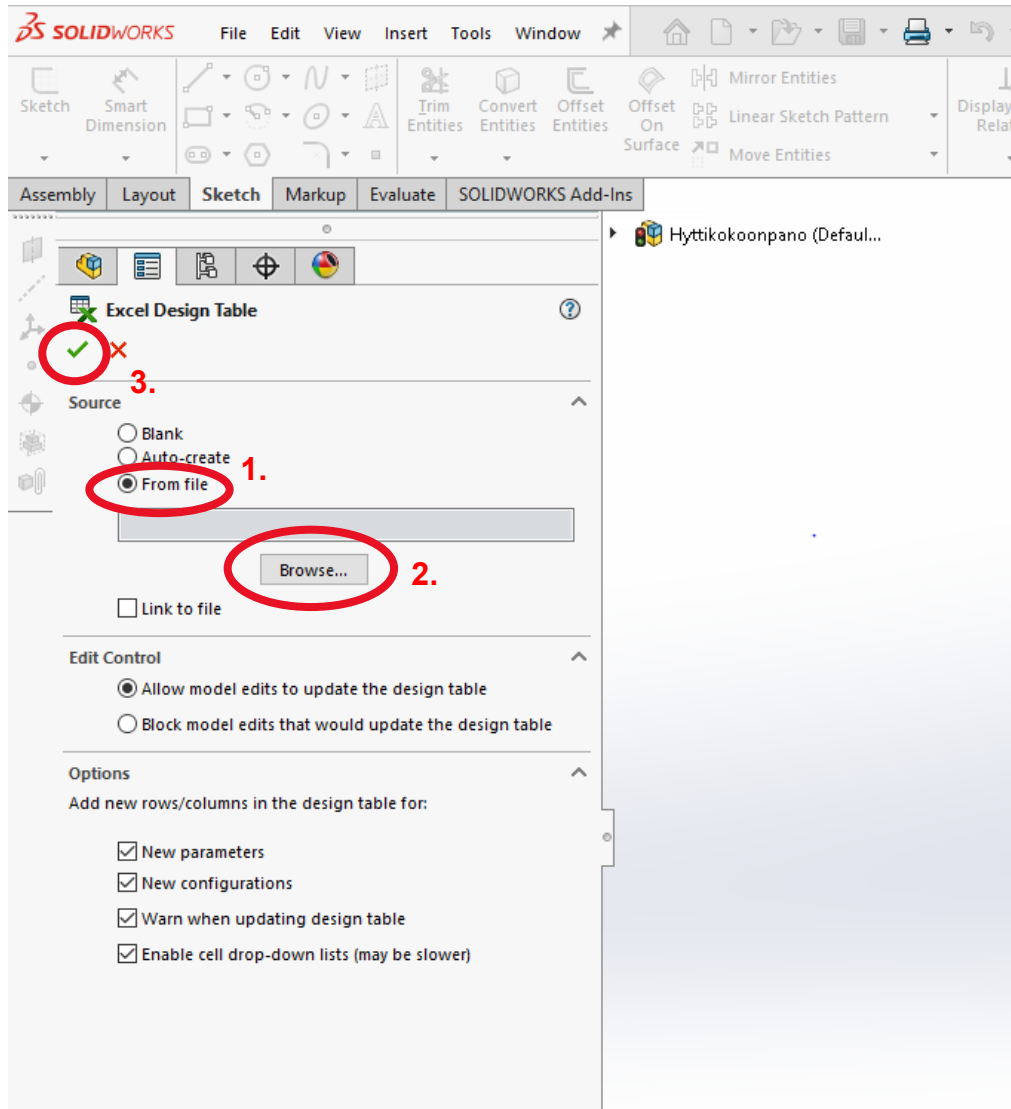
Kun olet valmis, tallenna tiedosto käyttöpaneeli-välilehti avoimena ja sulje tiedosto.

Avaa SolidWorks-kokoonpano. Lisää Excel-taulukko valikosta: Insert > Tables > Design Table (Kuva 26).



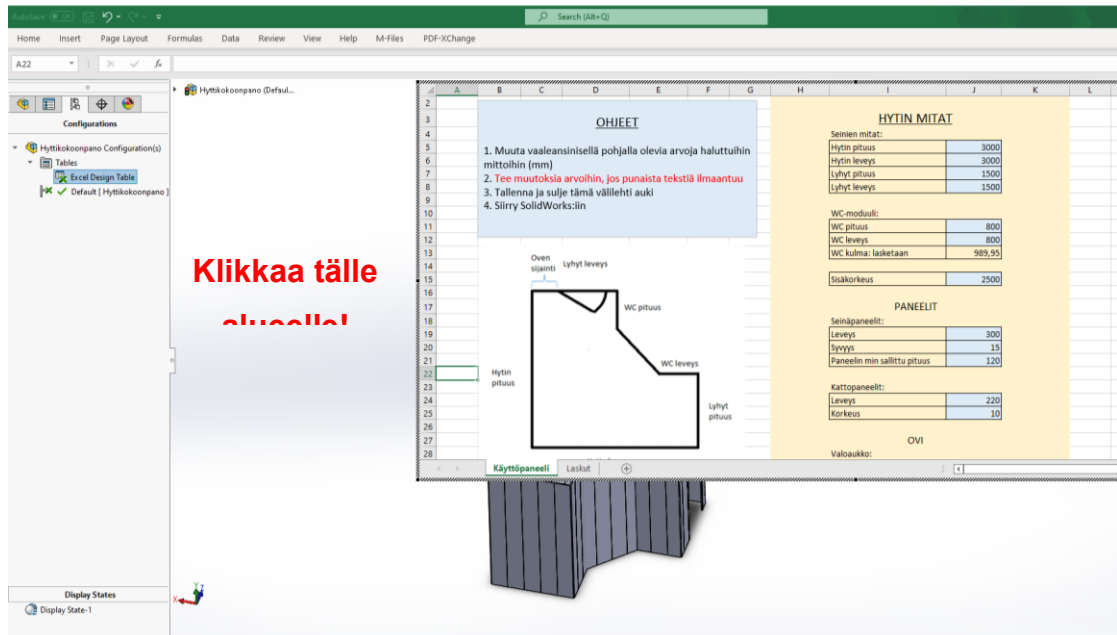
Kuva 26. Desing table löytyminen valikosta.

Valitse From file (1.) ja klikkaa Browse (2.) ja etsi Excel-tiedosto (Kuva 27).
Klikkaa vihreää check-merkkiä (3.).



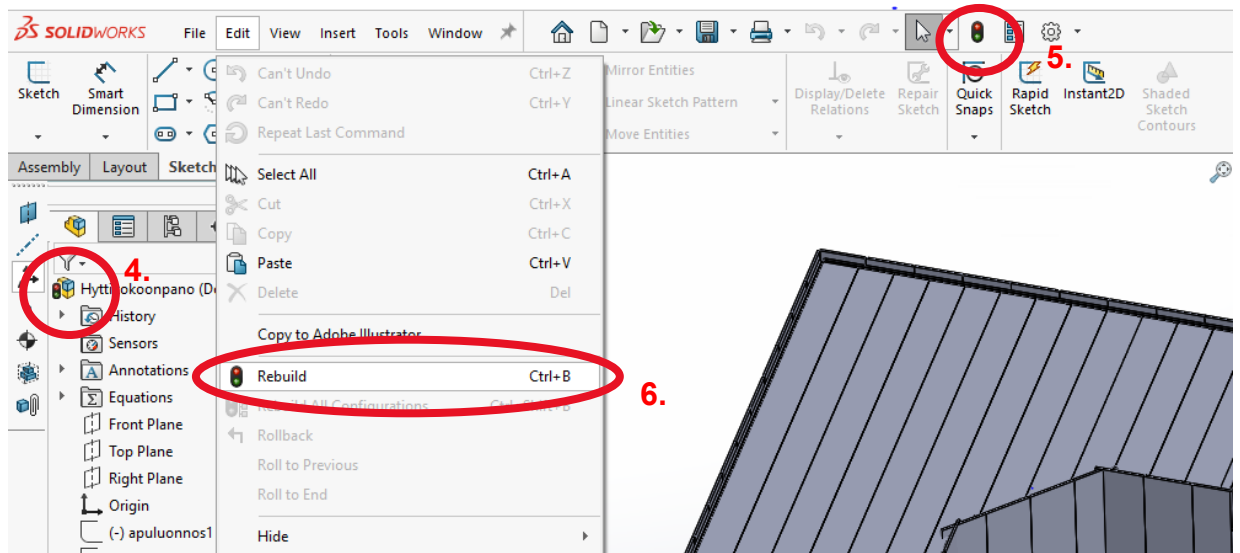
Kuva 27. Excel Design Table valikko.

Taulukko ilmestyy grafiikka-alueelle (Kuva 28). Varmista, että käyttöpaneelivälisivu on näkyvillä ja klikkaa taulukon ohi grafiikka-alueelle, missä kokoonpano näkyy. Kokoonpano muodostuu uudelleen, johon voi mennä hetki.



Kuva 28. Design Table auki SolidWorksissa.

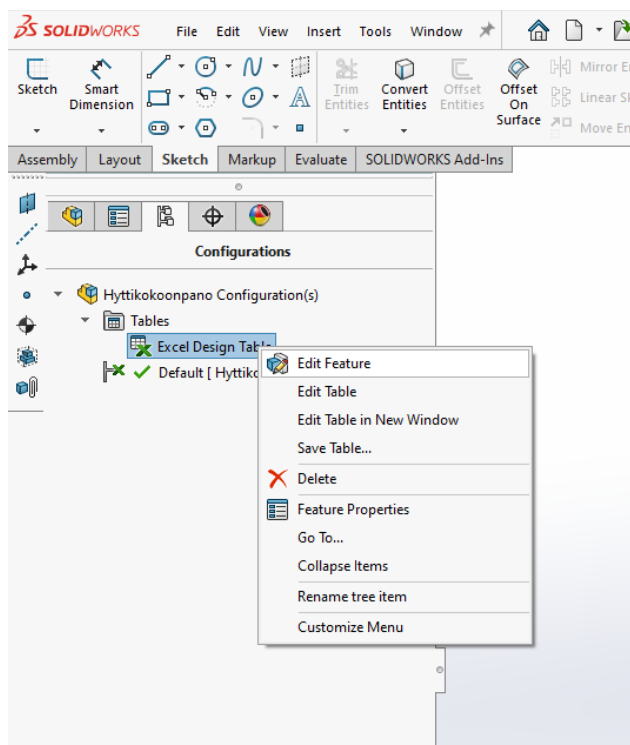
Jos piirrepuuhun ilmestyy liikennevalon näköinen kuvake (4.) kuten kuvasta 29 näkyy, paina valikkopalkista samannäköisellä symbolilla varustettua Rebuild-nappia (5.) tai etsi valikosta: Edit > Rebuild (6.).



Kuva 29. Rebuild.

Jos jokin piirteistä ei muokkaannu toivotulla tavalla, voi auttaa, jos kyseinen piirre etsitään piirrepuusta, aukaistaan piirre oikea klikkaamalla ja valitsemalla Edit Feature. Paina vihreää check-merkkiä.

Jos haluat vielä tehdä uusia muutoksia suunnittelutaulukkoon kokoonpanon ollessa auki, valitse Configuration Manager-välilehdeltä Tables ja oikea klikkaamalla Design Table voit valita joko Edit Table (suunnittelutaulukko aukeaa kuten edellä grafiikka-alueelle) tai Edit Table in New Window (suunnittelutaulukko aukeaa SolidWorksista erilliselle Excel-välilehdelle) (Kuva 30). Hyväksy kaikki mahdollisesti aukeavat ikkunat. Tee haluamasi muutokset. Jos aukaisit suunnittelutaulukon Edit Table -käskyllä, kokoonpano saa mittansa taulukosta grafiikka-alueella klikkaamalla. Jos Edit Table in New Window, kokoonpano muokkaantuu kun suljet välilehden.



Kuva 30. Edit Table.

Vaikka kokoonpanoa on testattu ja sen myötä esille tulleita virheitä korjattu, voi suunnitteluvirheitä silti ilmaantua. Kokoonpano voi käyttäytyä odottamattomasti, vaikka sitä olisi ohjeistusten mukaisesti muokattu. Välillä automaatin

käyttämisen aloittaminen uudelleen auttaa tilanteeseen. Sulje kokoonpano tallentamatta sitä ja aloita ohjeitten mukaan alusta.