

Opinnäytetyö AMK

Konetekniikan insinööri

2024

Petteri Kvist

Talomodiuulin parametrinen layout-malli



Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2024 | 27 sivua

Petteri Kvist

Talomoduulin parametrinen layout-malli

Tässä opinnäytetyössä tehtiin talomoduulin 3D-mallintamista avustava parametrinen layout-malli, jonka avulla saadaan varmistettua mallin eri osien päämittojen oikeanmittaisuus ja sijainti mallissa helposti ja mallin muista osista riippumatta. Mallin avulla talomoduulien mallintamisesta saadaan nopeampaa ja vähemmän virhealtista, sillä nyt osien paikoitus kokoonpanossa ei ole riippuvainen kokoonpanon muista osista ja niiden geometrioista.

Layout-mallin lisäksi työssä toteutettiin generaattori, jonka avulla saadaan alkuarvojen perusteella generoitua moduulin teräsrungon ja lattian 3D-mallin kiinteät vakio-osat, jolloin niitä ei tarvitse mallintaa käsin erikseen jokaisen uuden moduulin mallinnuksen alussa.

Työn suunnittelun yhtenä lähtökohtana oli, että layout-malli olisi mahdollisimman yksinkertainen käyttää, eikä käyttäjältä edellytettäisi ohjelmointiosaamista. Lisäksi layout-mallista pitää saada käyttöön sellaisia tietoja, kuten huoneiden sijainnit ja tilavuudet, joiden avulla esimerkiksi suunnittelijoiden ja arkkitehtien välinen kommunikaatio ja yhteistyö helpottuu.

Projektin tavoitteisiin päästiin hyvin ja layout-malli saatiin testikäyttöön opinnäytetyöprojektin päätteeksi. Joitakin kehityskohteita ja ideoita jäi vielä työstettäväksi, mutta ne toteutetaan erillisinä projekteina myöhemmin.

Asiasanat:

3D-mallinnus, suunnittelu, parametri

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2024 | 27 pages

Petteri Kvist

Parametric Layout Model of Building Unit

The target of this thesis was to design a parametric layout model to help the 3D modeling of a building unit produced by a company. With a layout model it is easy to model the parts of the building unit to its correct dimensions and straight to its correct position without a dependency of other parts and their geometry.

Another requirement for the project was to model a generator which, with the given parameters, generates a basic steel frame of the building unit containing the constant parts of the structure assembly. With the generated frame there is no need to model from scratch every time a new type of module is started.

One starting point for designing the layout model was that it should be as easy to use as possible without any knowledge of programming. Another goal was that it should give important positions and dimensions of room positions and volumes, so communication and information sharing between designers and architects would be easy.

The objectives were reached, and the layout model and the frame generator were taken in pilot usage after the thesis project. Some development ideas were found during the project and those will be developed in separate projects in the future.

Keywords:

3D modeling, design, parameter

Sisältö

| | |
|----------------------------------------------|-----------|
| Käytetyt lyhenteet tai sanasto | 6 |
| 1 Johdanto | 7 |
| 2 Tehdasvalmisteiset moduulitalot | 8 |
| 2.1 Moduulitalon periaate | 8 |
| 2.2 Talomoduli | 8 |
| 2.3 Nykytilanne ja suunnittelun ongelmat | 9 |
| 2.4 Käytössä olevat ohjelmistot | 10 |
| 3 Opinnäytetyön rajaus | 11 |
| 4 Mallin osat | 12 |
| 4.1 Layout-mallin periaate | 12 |
| 4.2 Moduulin kiinteät osat | 12 |
| 4.3 Moduulin muuttuvat osat | 12 |
| 4.4 Origot | 13 |
| 4.4.1 Moduulin origo | 13 |
| 4.4.2 Rakennuksen origo | 14 |
| 4.5 Moduulin rakenne | 15 |
| 4.5.1 Moduulin koko | 15 |
| 4.5.2 Moduulin lattia | 16 |
| 4.5.3 Moduulin seinät | 16 |
| 5 Parametrinen mallinnus NX:llä | 17 |
| 5.1 NX:n lausekkeet | 17 |
| 5.2 NX Journaling | 18 |
| 5.3 NXOpen | 19 |
| 5.4 Toteutustavan valinta | 19 |
| 6 Konfiguraattorin toteutus ja käyttö | 20 |
| 6.1 Käyttöliittymä | 20 |
| 6.2 Käyttö | 21 |

| | |
|-------------------------|-----------|
| 6.3 Layout-malli | 21 |
| 6.4 Teräsrunko | 24 |
| 7 Johtopäätökset | 26 |
| Lähteet | 27 |

Kuvat

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Kuva 1. Moduulin teräsrunko. | 9 |
| Kuva 2. Moduulin origo ylhäältä katsoen. | 13 |
| Kuva 3. Moduulin origo sivusta katsoen. | 14 |
| Kuva 4. Koko rakennuksen origo. | 15 |
| Kuva 5. NX:n Expressions-dialogi. | 18 |
| Kuva 6. Konfiguraattorin käyttöliittymä. | 20 |
| Kuva 7. Moduulin sisäpintojen mallinnuksen apukoordinaatistot. | 22 |
| Kuva 8. Ensimmäisen huonetilavuuden pintamalli. | 23 |
| Kuva 9. Koko moduulin pintamalli. | 24 |
| Kuva 10. Layout-mallin ympärille generoidun teräsrungon periaatekuva. | 25 |

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

| | |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| API | Application Programming Interface, ohjelmointirajapinta |
| BIM | Building Information Model, rakennuksen tuotetietomalli |
| C# | Ohjelmointikieli, jolla NX:ää voidaan ohjelmoida |
| Datum CSYS | Käyttäjän lisäämä koordinaatisto NX:ssä |
| PLM | Product lifecycle management, tuotteen elinkaaren hallinta |
| STEP | Standard for the exchange of product model data, standardi tiedostomuoto CAD-tiedostojen siirtämiseen ohjelmien välillä |

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Admares Group Oy:lle parametrinen layout-malli yrityksessä suunniteltavien, moduuleista rakentuvien talojen 3D-mallintamisen pohjaksi. Lisäksi malli generoisi moduulin rungon kiinteät osat annettujen päämittojen perusteella.

Generoidun mallin pintojen, pisteiden sekä rungon generoinnin tuloksena saadaan talomoduulille kiinteät tilavuudet ja kiintopisteet, joita hyödyntämällä moduulin 3D-mallintaminen esimerkiksi seinien ja lattioiden osalta voidaan tehdä oikeille paikoilleen muista osista riippumatta ja arkkitehti voi tehdä huoneiden suunnittelun juuri kyseiseen tilaan sopivaksi.

Rakennuksen 3D-mallintaminen on yrityksessä tehty aiemmin ilman mallinnusta ohjaavaa keskitettyä mallia käyttäen eri osien paikoittamiseen pelkästään suunnitteluohjelmiston rajoitteita (constraints), minkä takia työssä on ajoittain ollut ongelmia kappaleiden muuttuessa tuotekehityksen aikana, jolloin esimerkiksi rajoitteiden mittoihin on tullut muutoksia. Pahimmillaan rajoitteissa käytetyt pinnat ovat poistuneet mallista kokonaan, mikä on aiheuttanut ns. mallin räjähtämisen, eli osat ovat siirtyneet täysin väärin paikkoihin tai asentoihin. Näiden virheiden korjaamiseen kuluu paljon aikaa, joka olisi järkevämpää käyttää varsinaiseen suunnittelutyöhön. Layout-mallin avulla osat saadaan paikoitettua riippumatta muista osista, jolloin niihin tehtävät muutokset eivät vaikuta toisiin osiin.

Tarve layout-mallille oli yrityksessä tunnistettu ja siitä oli puhetta heti aloitettuani työt yrityksessä. Mallista haluttiin parametrinen ja helposti muokattava, sillä tuotteen kehitys on vielä melko varhaisessa vaiheessa ja muutoksia varmasti tulee. Rungon kiinteiden osien generointi puolestaan säästää paljon aikaa, kun vakio-osat saadaan malliin suoraan päämitat antamalla. Kaikki tämä tuntui minusta erittäin mielenkiintoiselta haasteelta ja otin parametrisen layout-mallin ja runkogeneraattorin kehittämisen lopputyöni aiheeksi erittäin mielelläni. Työ onnistui hyvin, se otettiin heti koekäyttöön yrityksessä ja sitä jatkokehitetään opinnäytetyöstä saatujen kokemusten pohjalta.

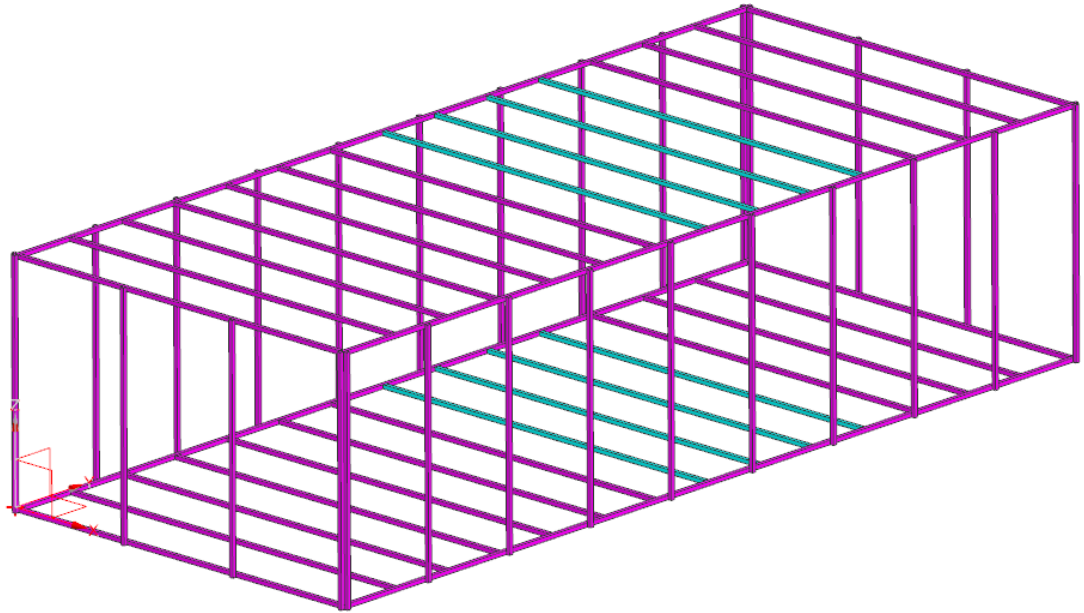
2 Tehdasvalmisteiset moduulitalot

2.1 Moduulitalon periaate

Admares Group Oy suunnittelee taloja, jotka valmistetaan massatuotantona tehdasolosuhteissa moduuleina. Tehdasvalmistuksen etu perinteiseen rakentamiseen verrattuna on pitkälle viedyn automaation lisäksi mahdollisuus optimoida materiaalien käyttöä, jolloin hävikistä johtuvaa hukkaa saadaan minimoitua. Merkittävä etu on myös, että kokoonpanon työntekijöiltä ei vaadita rakennusalan ammattitaitoa. (Admares 2024)

2.2 Talomoduli

Moduulilla on annettujen parametrien mukainen vakiomittainen teräsrunko, minkä lisäksi moduuli koostuu esikokoonpanoista kuten väliseinät ja kylpyhuone, ja ne pitävät sisällään myös kaikki kyseiseen moduuliin sisältyvät rakennuksen kiinteät kalusteet. Moduulin teräsrakenteeseen (kuva 1) sisältyy myös lattia omana kokoonpanonaan. Kuvassa 1 nähdään yksinkertaistettu esitys moduulin teräsrungosta. Teräsrunkoa ei opinnäytetyössä esitetä tarkasti, koska yksityiskohdat ovat toimeksiantajan liikesalaisuuksia. Kuvan 1 moduuliin sisältyy kylpyhuone, joka rakennetaan omana kokoonpanonaan ja asennetaan omalle paikalleen talomodulin sisälle talomodulin kokoonpanovaiheen aikana. Kylpyhuone on kuvassa esitetty erivärisenä muuhun runkoon nähden.



Kuva 1. Moduulin teräsrunko.

Kokoonpanon jälkeen moduulit kuljetetaan rakennuspaikalle ja kootaan kokonaiseksi rakennukseksi.

2.3 Nykytilanne ja suunnittelun ongelmat

Yrityksen aikaisemmat tuotteet on suunniteltu perinteiseen tapaan työläjikohtaisten BIM-tietomallien ja 2D-kuvien avulla ja ne on rakennettu käsityönä. Siirtyminen automatisoituun tehdastuotantoon vaatii kuitenkin tarkan 3D-mallin ja automatisoidun tuotetiedon hallinnan koko rakennuksesta, sillä kokoonpanon pitää aina toistua täsmälleen samalla tavalla samassa järjestyksessä. Robotti ei osaa soveltaa, vaan tekee työtään juuri niin kuin se on ohjelmoitu tekemään.

Moduuleista rakentuvan talon 3D-suunnittelu on yritykselle uusi toiminto, eikä 3D-mallintamiseenkaan ole vielä muodostunut kaikilta osin tehokkaita käytäntöjä. 3D-mallia tehdessä yrityksessä on huomattu, että käytäntöjen puuttumisen ja suunnittelijoiden erilaisten työtapojen takia malliin on tullut ongelmia, joiden korjaamiseen on jouduttu käyttämään liikaa työaika.

Yhtenä suurena ongelmana on ollut, että osia ja alikokoonpanoja on kiinnitetty pääkokoonpanoon niiden geometrisista pinnoista, jolloin osan geometrian muuttuessa se on saattanut siirtyä väärään paikkaan. Monesti siirtymät ovat olleet hyvin pieniä, jolloin niitä ei ole välttämättä huomattu tuoreeltaan ja niiden korjaaminen myöhemmin on ollut vaikeaa ja aikaa vievää.

2.4 Käytössä olevat ohjelmistot

3D-mallintaminen yrityksessä tapahtuu käyttäen Siemens NX:ää, joka on laajasti käytetty tehokas mallinnusohjelma suurten tuotteiden tuotekehityksen eri tarpeisiin. NX sisältää solidi- ja pintamallinnustyökalujen lisäksi työkalut putkien ja johtojen reititykseen, piirustusten tekemiseen, sekä paljon muita ominaisuuksia, joita rakennuksen mallintamisessa voidaan hyödyntää. (Siemens 2024)

PLM-järjestelmänä yrityksessä on käytössä Siemens Teamcenter. Teamcenteriä voivat suunnittelijoiden lisäksi käyttää mm. yrityksen hankintaosasto, sillä Teamcenteristä saadaan haettua rakennuksen tai sen osien osaluettelot, joiden avulla tiedetään hankittavat materiaalit ja niiden menekit. (Siemens 2024)

3D-mallin eri revisioiden hallinnan lisäksi Teamcenter sisältää kaikkien talomallin osien attribuuttitiedot, joita ovat esimerkiksi käytetyt materiaalit ja osto-osien kohdalla tiedot toimittajasta. Näin jokaisella toimitetulla talolla on olemassa täydellinen varaosaluettelo kaikista toimitukseen sisältyneistä osista, jolloin varaosien tilaaminen huollon yhteydessä on helppoa.

3 Opinnäytetyön rajaus

Jotta kokonaisuus ei kasvaisi tarpeettoman suureksi, opinnäytetyö päätettiin rajata kahteen toisistaan erilliseen osaan. Ensisijaisesti haluttaisiin toteuttaa layout-malli, josta saadaan moduulirungon kiintopisteet ja parametrien mukaiset äärimitat.

Toisena tavoitteena oli em. mallin ympärille automaattisesti generoituva teräsrunkorakenne. Koska yrityksessä käytettävän osakirjaston laatiminen on vielä kesken, nähtiin riittäväksi mallintaa runko oikeista osista muodostuvan kokoonpanon sijaan pursottamalla osat solideina yhteen osatiedostoon. Tälläkin tavalla pystytään tutkimaan mallinnusohjelman tarjoamia automatisointimahdollisuuksia riittävän hyvin tämänhetkisiin tarpeisiin nähden. Myöhemmin osakirjaston valmistuttua ja runkorakenteen saatua lopulliset muotonsa ja mittavaihtoehtonsa, on opinnäytetyössä saadun osaamisen pohjalta helppo toteuttaa generaattori, joka tekee oikeista osista kulloinkin tarvitun rungon kokoonpanon.

Opinnäytetyössä tehtyä konfiguraattoria ei käytetä rungon mitoittamiseen, vaan se toimii vain nopeana lähtöpisteenä uuden talomallin mallintamisen aloittamiselle.

4 Mallin osat

4.1 Layout-mallin periaate

Layout-mallista saadaan pintapursotettu 3D-malli, joka pitää sisällään tilavuudet huonesuunnittelua varten. Sisäseinien rakenne voi vaihdella talomallien kesken ja myös lattian paksuus vaihtelee tilanteen mukaan, mistä syystä sisäseinien ja lattian levytyksen viemä tilavuus sisältyy layout-mallin huonetilavuuteen.

4.2 Moduulin kiinteät osat

Talosuunnitelman mukaiset rakenteet, jotka eivät muutu talosta toiseen ovat

- Rungon
 - o Pilarit
 - o Ylä- ja alatuett pilareiden välissä
- Lattiarungon profiilit

4.3 Moduulin muuttuvat osat

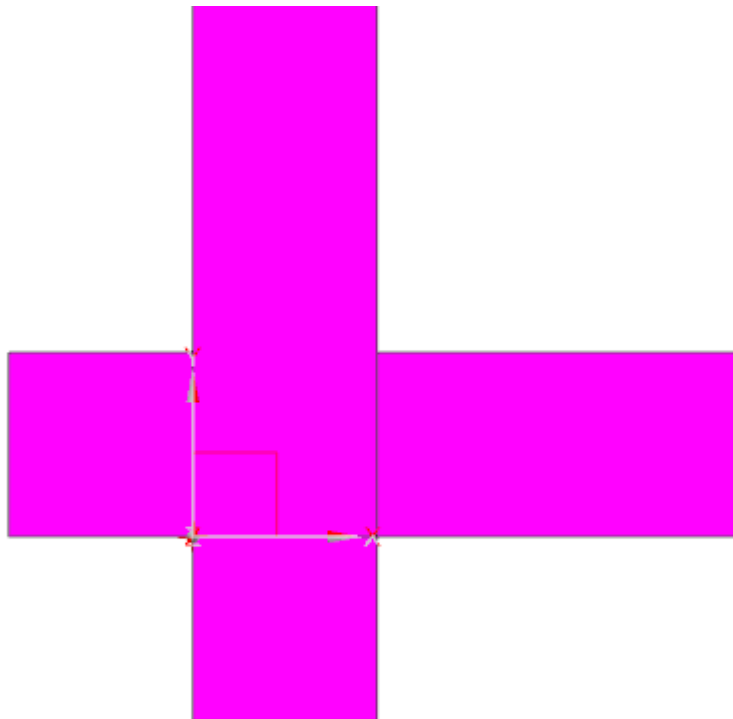
Talosuunnitelman mukaiset rakenteet, jotka voivat vaihdella talojen välillä ovat:

- Ovien ja ikkunoiden koko sekä paikat
- Seinien ja katon jäykisteet
- Lattian profiilien pituus
- Sisäseinien rakenne
- Lattian rakenne

4.4 Origot

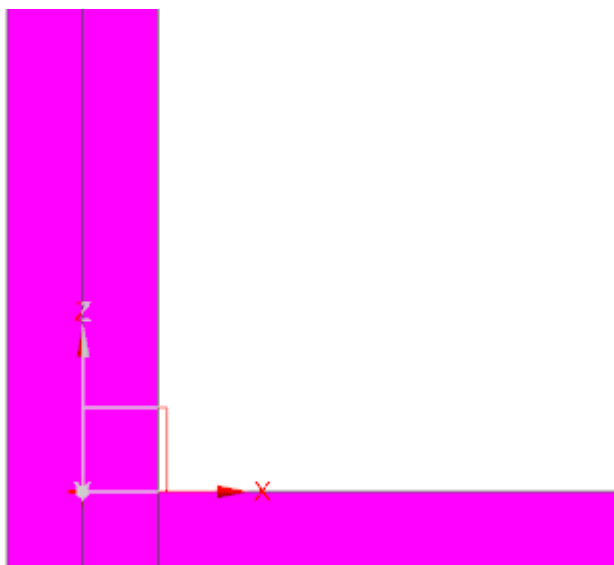
4.4.1 Moduulin origo

Moduulin oma origo sijaitsee talorungon pilareiden sisäreunojen muodostamien tasojen risteyskohdassa kuvan 2 mukaisessa paikassa. Origosta x- ja y-akselien positiiviseen suuntaan sijaitsevat lattiarungon palkit. Negatiivisella puolella x- ja y-akseleita sijaitsevat seinäpilarit.



Kuva 2. Moduulin origo ylhäältä katsoen.

Korkeussuunnassa moduulin origo sijaitsee pitkittäisen alajuoksun yläreunan tasolla kuvan 3 mukaisesti.

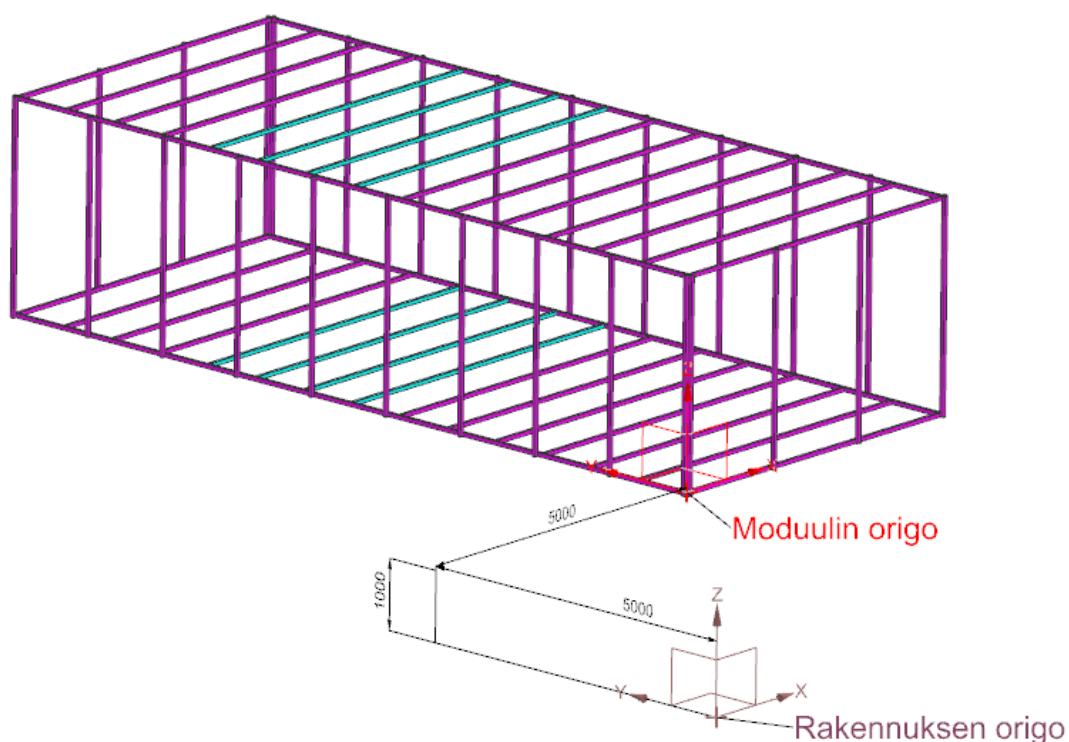


Kuva 3. Moduulin origo sivusta katsoen.

Näin valittuna origo ei ole riippuvainen rungon osien mitoista. Jos esimerkiksi moduulin pilareiden koko tai lattiapalkkien korkeus muuttuu, muutos tapahtuu huonetilavuuden ulkopuolella origosta pois päin tai kohti origoa, mutta muutos ei vaikuta moduulin sisäpuolisiin mittoihin. Moduuli paikoitetaan rakennuksen koordinaatistoon tämän origon mukaan ja kaikki moduulin sisältämät osat sidotaan tähän origoon. Näin toimien osat ovat riippumattomia toistensa geometrioista, jolloin muutokset geometrioihin eivät pääse rikkomaan mallin muotoa.

4.4.2 Rakennuksen origo

Kokonaisella rakennuksella on rakennuksen ulkopuolinen origo (kuva 4), joka on yhteinen niin rakennesuunnittelijoiden, arkkitehtien, kuin yksittäisen talomoduulin 3D-suunnittelijoidenkin kanssa. Rakennuksen origon sijainti ei vaikuta moduulin mallintamiseen.



Kuva 4. Koko rakennuksen origo.

Useammasta moduulista koostuvan rakennuksen yksi moduuli paikoitetaan em. tavalla koko rakennuksen origoon ja rakennuksen loput moduulit paikoitetaan suhteessa tämän ensimmäisen moduulin origoon. Moduuleja voidaan myös laittaa päällekkäin, jolloin on mahdollista tehdä useampikerroksinen rakennus.

4.5 Moduulin rakenne

4.5.1 Moduulin koko

Tärkeimpiä suunnittelua ohjaavia muuttujia ovat moduulin ulkomitat, joita voi olla kolme eri pituutta ja kaksi eri leveyttä, eli yhteensä kuusi erikokoista pohjaratkaisua ja moduulin korkeus on aina sama.

Moduuli voi sisältää kylpyhuoneen, joita on erikokoisia ja niiden sijainti moduulin sisällä voi vaihdella.

4.5.2 Moduulin lattia

Lattian kantavat palkit asennetaan tasavälein poikittain moduulin pituussuuntaan nähden pitkittäisten palkkien väliin. Runkogeneraattori generoi palkit valittujen mittojen mukaisesti.

4.5.3 Moduulin seinät

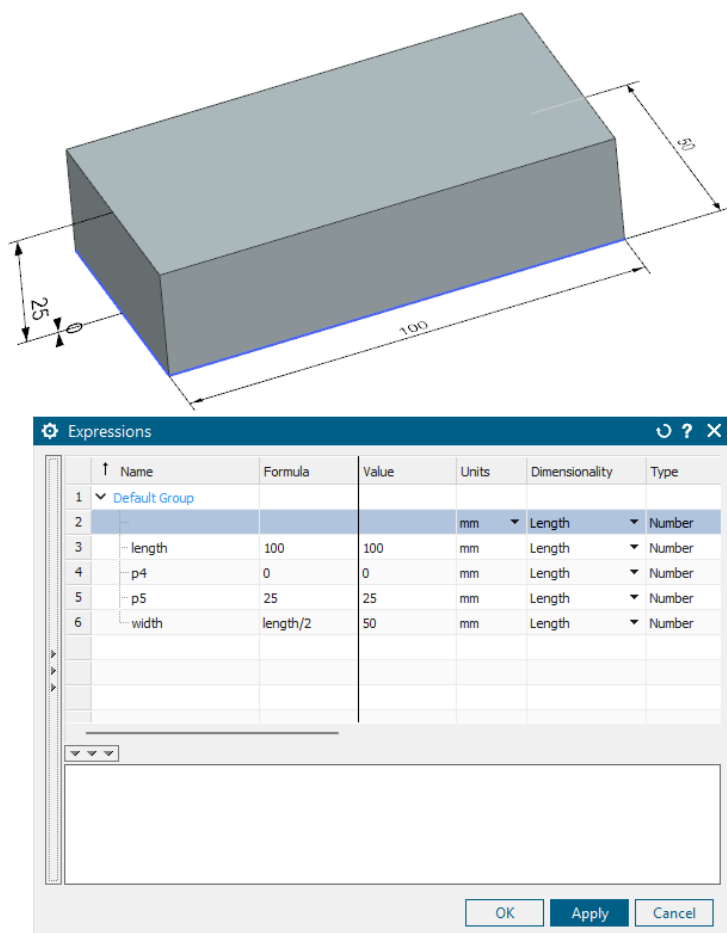
Runkogeneraattori generoi rungon vakioteräsosat, joita ovat pilarit ja niiden väliset ylä- ja alaosan vaakatuuet. Seinään mahdollisesti lisättäviä jäykisteristikoita ei generoida, koska jäykisteet riippuvat rakennuspaikasta ja sen ympäristön kuormituksista (esim. tuulikuormitus). Myöskään seinään tulevien ovien ja ikkunoiden vaatimia tukirakenteita ei generoida, koska ne vaihtelevat aukkojen kokojen mukaan ja mahdollisia kokovaihtoehtoja ei ole vielä lyöty lopullisesti lukkoon.

5 Parametrinen mallinnus NX:llä

Moduulin layout-malli on kaikessa yksinkertaisuudessaan vain parametrinen 3D-pintamalli, joka muodostuu annettujen alkuarvojen perusteella. Parametrisia malleja voidaan NX:llä mallintaa useilla eri tavoilla, joista esitellään tässä NX:n sisäiset lausekkeet, Journaling, sekä NXOpen.

5.1 NX:n lausekkeet

NX:llä voidaan mallintaa helposti parametrisia malleja käyttäen ohjelman lausekkeitä (expressions). NX tekee automaattisesti jokaiselle käyttäjän antamalle mitalle oman muuttujan lausekelistalle, jolloin kyseiseen mittaan voidaan viitata sen nimellä. Käyttäjä voi luoda omia muuttujiaan omien tarpeidensa mukaan ja muuttujien avulla voidaan tehdä monimutkaisiakin asioita sisäänrakennettujen funktioiden avulla. Kuvassa 5 on esitetty esimerkkikappale ja sen lausekkeet Expressions-ikkunassa, josta lausekkeitä voidaan hallita. Lausekkeille voidaan myös tehdä loogisia operaatioita, mutta ohjelmointikielistä tuttuja silmukkarakenteita ne eivät sisällä. Lausekkeet ovat helppo tapa muuttaa mallia yksinkertaisten sääntöjen perusteella ilman, että käyttäjällä tarvitsee olla osaamista ohjelmoinnista. (Siemens 2022)



Kuva 5. NX:n Expressions-dialogi.

Kuvassa 5 muuttujat length ja width ovat käyttäjän itsensä määrittämiä, kun taas p4 ja p5 ovat NX:n sisäisiä muuttujia. Vaihtamalla length-muuttujan arvoa kappaleen leveys muuttuu samassa suhteessa, mutta korkeutta muuttaakseen käyttäjän pitää muuttaa se itse joko muuttujaan p5, tai muokkaamalla pursotuspiirrettä, jolla kappaleen korkeus on luotu.

Muuttuja voi olla myös listatyyppinen ja sitä voidaan käyttää alasvetovalikon avulla, jolloin muuttujalle voidaan antaa vain joku ennalta määrättyistä arvoista

5.2 NX Journaling

Journaling on menetelmä, jolla käyttäjä voi tallentaa tekemänsä toiminnot myöhemmin ajettaviksi automaattisiksi operaatioiksi, jolloin samanlaisena

tapahtuvat toiminnot voidaan suorittaa yhdellä hiiren klikkauksella. Journal vastaa NX:n makrojen tallentamista, sillä erotuksella, että tallennettu toimintasekvenssi tallentuu ohjelmakoodiksi, jota osaava käyttäjä voi myöhemmin muokata NX:n sisäisellä editorilla. Mahdollisia käytettäviä ohjelmointikieliä ovat esimerkiksi Visual Basic, C#, ja Python. Journaling tarjoaa siten erittäin tehokkaan tavan tehdä automaattista mallintamista NX:llä. (Journaling 2024)

5.3 NXOpen

NXOpen API on ohjelmointirajapinta, joka mahdollistaa kirjoittaa ohjelmia NX:n kustomointiin ja laajentamiseen omilla toiminnoilla. API mahdollistaa useiden eri ohjelmointikielten käyttämisen ja Journalista poiketen ohjelmia voidaan kirjoittaa käyttäen NX:n ulkopuolisia editoreita, jolloin saadaan hyötyä niiden kehittyneistä toiminnoista. (Siemens 2019)

Journalilla tehdyt ohjelmat tulkitaan ajon aikana, kun taas NXOpenilla kirjoitetut ohjelmat käännetään itsenäiseksi ohjelmaksi luontivaiheessa, minkä takia Journal-ohjelmat ovat hitaampia suorittaa.

5.4 Toteutustavan valinta

Opinnäytetyössä kehitettävän mallin yhtenä tavoitteena oli helppokäyttöisyys ja se, että käyttäjältä ei edellytetä ohjelmointiosaamista. Tästä syystä malli päätettiin toteuttaa käyttäen NX:n lausekkeita, jotka riittävät mallin tarpeisiin.

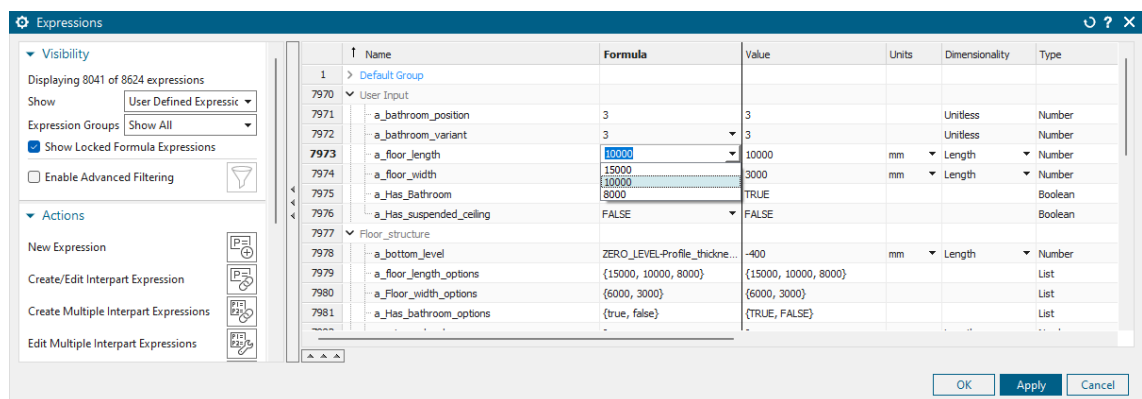
Ei myöskään nähty tarpeelliseksi tehdä erityistä käyttöliittymää konfigurointia varten, sillä yleisesti muutettavia mittoja hyvin vähäinen määrä. Lausekkeiden selkeällä nimeämisellä toimintansa tai edustamansa mitan mukaisesti konfiguraattorista saatiin selkeä ja itsensä hyvin dokumentoiva.

6 Konfiguraattorin toteutus ja käyttö

6.1 Käyttöliittymä

NX mahdollistaa käyttöliittymien tekemisen Block UI Styler –sovelluksen avulla, mutta koska sen lisenssi ei sisälly yrityksessä käytössä olevaan lisenssiin ja koska kofiguraattorissa on hyvin vähän sitä käytettäessä vaihtuvia parametreja, todettiin Expressions-dialogin käyttöliittymä täysin riittäväksi konfiguraattorin käyttöliittymäksi.

Käyttöliittymässä valitaan tarvittaville parametreille halutut arvot, jonka jälkeen NX laskee muutokset ja generoi oikeanlaisen mallin. Kuvassa 6 nähdään, miten käyttäjän muutettavaksi tarkoitetut lausekkeet on ryhmitelty omaan User Input –nimiseen ryhmäänsä. Muut lausekkeet on sijoitettu omiin tarkoituksenmukaisiin ryhmiinsä, joista kuvassa näkyy osa ryhmästä Floor_structure.



Kuva 6. Konfiguraattorin käyttöliittymä.

Kuvasta 6 nähdään myös, miten NX:llä voidaan tehdä alasvetovalikko vaihtoehtoisia lausekkeen arvoja varten nimeämällä listatyyppinen lauseke samalla nimellä, kuin vaihtoehtoisia arvoja saava lauseke ja lisäämällä nimen loppuun _options. Esimerkiksi lista a_floor_length_options sisältää arvot {15000, 1000, 8000}, jotka ovat valittavissa lausekkeen a_floor_length arvoksi.

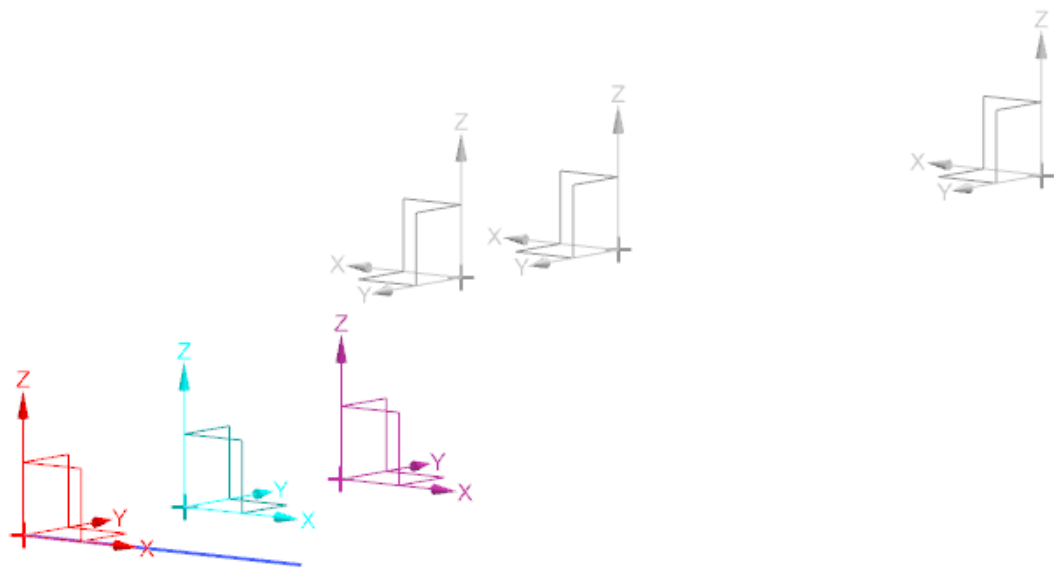
6.2 Käyttö

Kun haluttu runko on generoitu, se tallennetaan uudelle nimelle ja se tuodaan NX:ssä referenssiosaksi uuden moduulin kokoonpanoon, johon kyseinen moduuli mallinnetaan. Layout-mallin origoa ja tasoja voidaan käyttää muiden osien sitomiseen kokoonpanossa.

Tarvittaessa layout-mallista voidaan tallentaa STEP-malli, joka voidaan toimittaa suunnittelutyön muille osapuolille, joilla ei ole NX:ää käytössään.

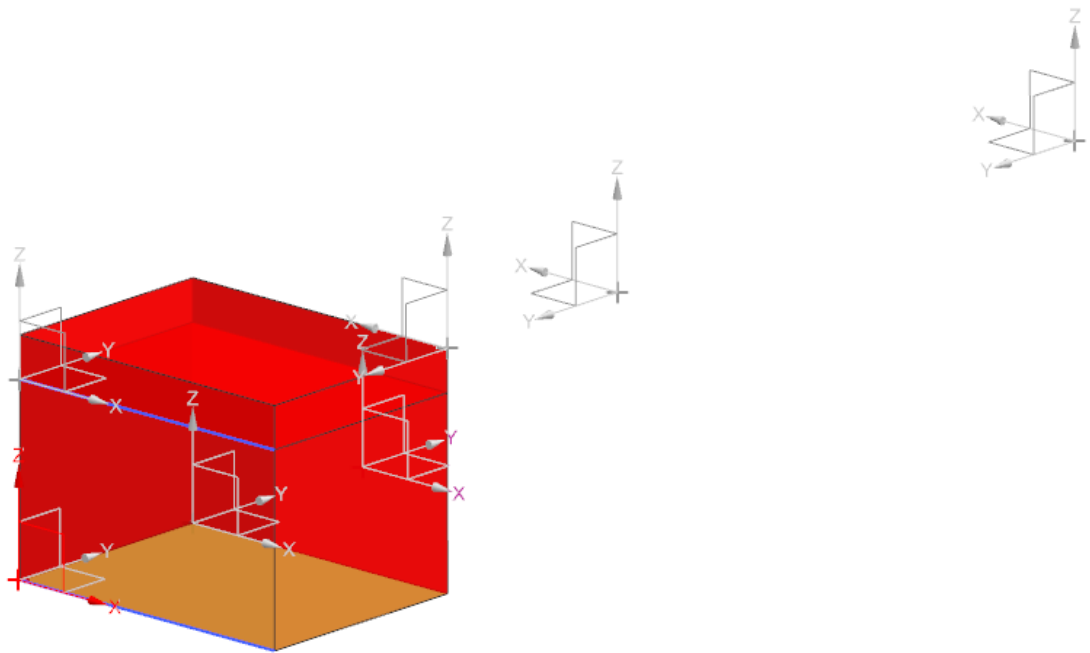
6.3 Layout-malli

Konfiguraattori on yksi osatiedosto, johon parametrisuus toteutetaan käyttäen NX:n lausekkeita edellä luvussa 6 kerrotulla tavalla. Ensimmäisen huonetilavuuden ensimmäinen alanurkka kiinnittyy origoon eli pisteeseen (0,0,0), kuten luvussa 5.4 on kerrottu ja käyttäjän valitsemien moduulin leveyden ja kylpyhuoneen sijainnin mukaan lasketaan huonetilavuuden vastapäisen ylänurkan sijainti pisteessä (leveys, pituus_ennen_kylpyhuonetta, korkeus), johon asetetaan uusi datum csys, eli koordinaatisto, jonka paikka vaihtelee käyttäjän antamien parametrien mukaan. Tästä koordinaatistosta saadaan tasot, joiden mukaan tilavuus voidaan mallintaa. Mikäli moduuliin ei tule kylpyhuonetta, tämä piste on myös koko moduulin sisäosien origoa vastakkainen ylänurkka, piste (leveys, pituus, korkeus). Mikäli moduuliin tulee kylpyhuone, lasketaan seuraavaksi koordinaatit kylpyhuoneen etuseinän lattiatason alanurkalle, piste (0, kylpyhuoneen_sijainti, 0) ja siitä edelleen kylpyhuoneen vastakkaiselle ylänurkalle, joka sijaitsee pisteessä (leveys, kylpyhuoneen_takaseinä, korkeus). Molempiin pisteisiin asetetaan taas koordinaatisto tulevia pursotuksia varten. Edelleen, mikäli kylpyhuoneen jälkeen tulee vielä kuiva tila, sille lasketaan vastaavat ala- ja ylänurkat, joihin asetetaan koordinaatistot. Lopputuloksena saadaan kuvan 7 esittämä kokoelma koordinaatistoja, jossa värilliset koordinaatistot kuvaavat huonetilavuuksien lattiatason etunurkkaa ja harmaat koordinaatistot ovat tilavuuksien kattotason takaylänurkat.



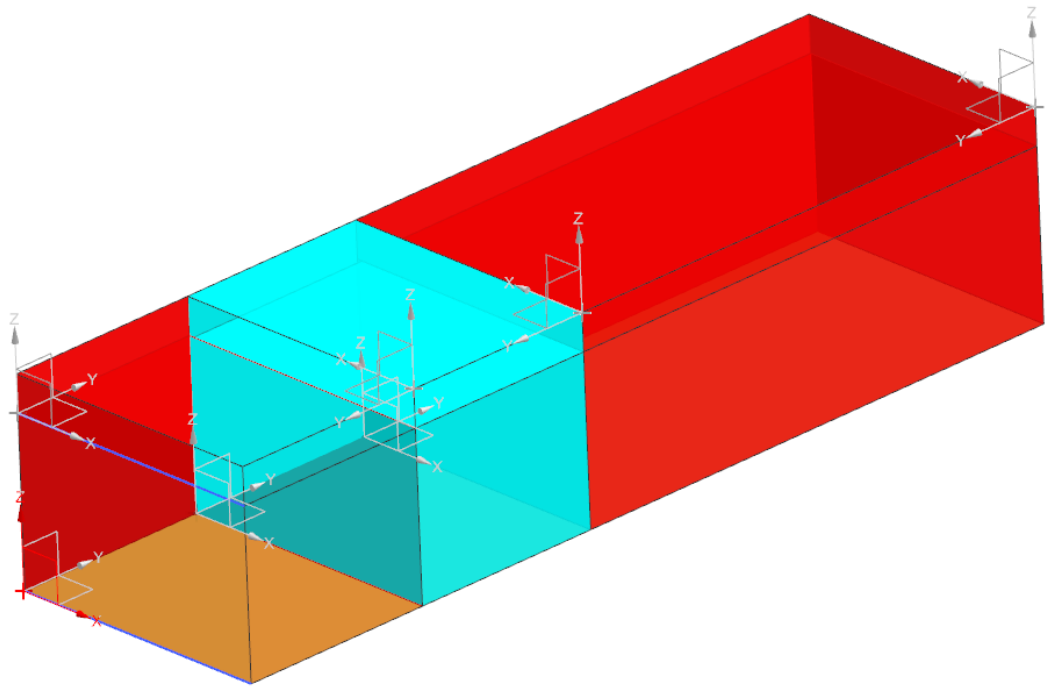
Kuva 7. Moduulin sisäpintojen mallinnuksen apukoordinaatistot.

Kuvassa 7 nähdään myös moduulin origosta lähtevä XY-tasolle piirretty sininen luonnosviiva, jonka pituus määräytyy kattokoordinaatistojen YZ-tasolle pisteeseen (leveys, 0, 0). Tästä viivasta saadaan pursotettua ensimmäisen huonetilavuuden ensimmäinen seinä pintapursotuksena kattokoordinaatistojen XY-tasolle asti. Pursotetun seinän reunasta pursotetaan toinen seinä ja siitä edelleen vastaavasti kolmas ja neljäs seinä. Sketsiviiva pursotetaan seuraavaksi vastakkaiseen seinään, jolloin muodostuu lattiatason pinta ja etuseinän yläreuna voidaan pursottaa takaseinään, mistä saadaan kattotason pinta. Alas laskettua kattoa varten lasketaan korkeus ja tälle korkeudelle piirretään luonnosviiva, josta tämä voidaan pursottaa. Pursotusten jälkeen valmiina on ensimmäisen huonetilavuuden pintamalli, joka näyttää kuvan 8 mukaiselta.



Kuva 8. Ensimmäisen huonetilavuuden pintamalli.

Kun loputkin huonetilavuudet pursotetaan, saadaan moduulin pintamalli valmiiksi ja se näyttää kuvan 9 mukaiselta. Pintamallissa punaiset seinät kuvaavat kuivien tilojen seiniä ja kylpyhuoneen seinät ovat magentan väriset.

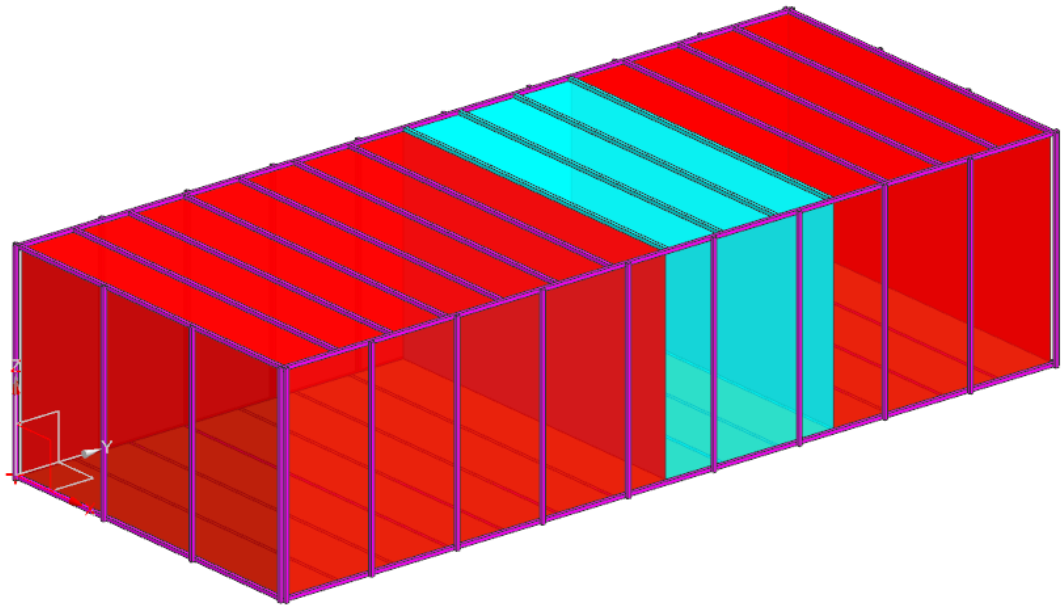


Kuva 9. Koko moduulin pintamalli.

Tästä pintamallista saadaan tasot, joita käyttäen voidaan tehdä moduulin sisäpuolisten osien 3D-mallintaminen.

6.4 Teräsrunko

Teräsrungon pilarit ja ylä- ja alaosan vaakatuuet, sekä lattia generoituvat layout-mallin ympärille kuvan 10 mukaisesti.



Kuva 10. Layout-mallin ympärille generoidun teräsrungon periaatekuva.

Liikesalaisuuksien johdosta opinnäytetyössä ei esitetä rungon oikeaa rakennetta, vaan pelkästään yksinkertaistettu periaatekuva. Todellisessa mallissa kaikki rungon osat ovat parametrisesti mallinnettu ja niiden kokoa ja muotoa voidaan tarpeen mukaan muokata NX:n lausekkeiden avulla.

7 Johtopäätökset

Alkuperäisenä tavoitteena opinnäytetyölle oli tehdä talomoduulin 3D-mallintamista ja muutoksia ohjaava kontrollimalli, joka sisältäisi tasoja sisäseinille, lattialle ja monille muille rakennuksen kiinteille osille. Työtä tehdessä kuitenkin huomattiin, että tuotteen kehitys on vielä hyvin varhaisessa vaiheessa ja näihin tulee varmasti vielä muutoksia. Niiden mukaanotto tässä vaiheessa tekisi konfiguraattorista turhan monimutkaisen ja siihen saattaisi tulla paljon tarpeetontakin sisältöä. Moduuli on myös hyvin staattinen tuote rakenteensa osalta ja kunhan yrityksen tuotevalikoima ajan myötä vakiintuu, tässä työssä saatujen kokemusten perusteella on helppo lähteä rakentamaan konfiguraattoreita moduulin eri osien konfigurointia varten.

Vaikka lopulliseen versioon päätyikin verrattain vähän ominaisuuksia, kaikki käytetyt mitat ovat tehty muuttujien avulla ilman kovakoodattuja numeroita, jolloin uusien tasojen lisääminen malliin on myöhemmin helppoa, eikä vaikuta aiemman toiminnallisuuden toimintaan. Uusia ominaisuuksia konfiguraattoriin lisätään myöhemmin sitä mukaa, kun ymmärrys tuotteesta lisääntyy yrityksessä.

Ennen kuin konfigurointia lähdetään jatkokehittämään, voisi olla hyödyllistä perehtyä tarkemmin NXOpenin tuomiin mahdollisuuksiin käyttää ohjelmointityökaluja automaation toteuttamiseksi. NX:n lausekkeiden avulla pystyy toteuttamaan hyvinkin monimutkaisia ohjelmia, mutta ne eivät mahdollista samanlaista joustavuutta ja ennen kaikkea ylläpidettävyyttä, kuin oikean ohjelmointikielen käyttö mahdollistaa.

Lähteet

Admares 2024. Viitattu 06.04.2024 <https://admares.com>

Journaling 2024. Viitattu 20.04.2024 <https://www.nxjournaling.com/>

Siemens 2019, Getting Started with NXOpen. Viitattu 20.04.2024
https://docs.plm.automation.siemens.com/data_services/resources/nx/1899/nx_api/custom/en_US/gs_nx_open/NXOpen_Getting_Started.pdf

Siemens 2022, Viitattu 20.04.2024 https://docs.sw.siemens.com/en-US/doc/209349590/PL20200605195244930.modeling/expressions_exp_ov

Siemens 2024. Viitattu 14.05.2024 <https://plm.sw.siemens.com/en-US/>