

Risteilijäaluksen WC-tilojen suunnittelutyökä- lun kehitys ja toteutus

Tiivistelmä

Tekijä(t)	Julkaisun laji	Valmistumisaika
Joona-Matias Ahovaara	Opinnäytetyö, AMK	2025
	Sivumäärä	
	28	
Työn nimi		
Risteilijäaluksen WC-tilojen suunnittelutyökalun kehitys ja toteutus		
Tutkinto ja koulutusala		
Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja)		
Technology Design and Engineering Eng'nD Oy		
Tiivistelmä		
<p>Työn aiheena oli luoda moduuleita julkisten WC-tilojen suunnittelemiseen. Työn tarkoituksena on tehdä työkalu, joka nopeuttaa ja tehostaa julkisten WC-tilojen mallintamisprosessia tulevaisuudessa.</p> <p>Työ toteutettiin käyttämällä Catia V6 -suunnitteluohjelmistoa ja luomalla sen avulla moduulimallit valmiiksi olemassa olevien piirustusten pohjalta hyödyntäen parametriseen mallintamiseen perustuvia menetelmiä, kuten esimerkiksi skeleton-rakennetta. Näiden avulla saatiin luotua rakenne, joka mahdollistaa eri osien yhteensopivuuden sekä kattavan muokattavuuden.</p> <p>Lopputuloksena syntyi modulaarinen työkalu, joka vähentää merkittävästi manuaalista työkentelyä ja nopeuttaa laivanrakennusprosessia ja tuo tehokkuutta sekä luotettavuutta toistuvien rakenteiden mallintamiseen.</p>		
Asiasanat		
laivanrakennus, modulointi, risteilijäalus		

Abstract

Author(s)	Type of Publication	Published
Joona-Matias Ahovaara	Thesis, UAS	2025
	Number of Pages	
	28	
Title of Publication		
Development and implementation of a modular design tool for cruise ship public restroom facilities		
Degree, Field of Study		
Engineer (UAS), Mechanical Engineering		
Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party)		
Technology Design and Engineering Eng'nD Oy		
Abstract		
<p>The objective of this thesis was to develop modular components for the design of public restroom facilities. The goal was to create a tool that streamlines and accelerates the 3D modeling process of such facilities in future projects.</p> <p>The work was carried out using the CATIA V6 design software, by creating modular models based on existing technical drawings. The process utilizes methods based on parametric modeling, such as the skeleton structure, to establish a framework that ensures compatibility between components and allows for flexible customization.</p> <p>The outcome was a modular design tool that significantly reduces manual modeling work, enhances the efficiency of the ship design process, and improves the reliability and repeatability of modeling recurring structures.</p>		
Keywords		
shipbuilding, modulation, cruise ship		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Toimeksiantaja	2
2.1	ENGnD Oy	2
2.2	Meyer Group	2
3	Laivan suunnitteluprosessi.....	3
3.1	Laivan suunnitteluprosessin vaiheet.....	3
3.2	Perussuunnittelu.....	3
3.3	Valmistussuunnittelu.....	4
4	Laivan varustelu.....	5
4.1	Laivan varusteluprosessi nykypäivänä	5
4.2	Varustelun osa-alueet.....	5
5	CATIA-OHJELMISTO	7
5.1	Dassault Systèmes.....	7
5.2	Catia.....	7
6	Modulointi	8
6.1	Modulaarinen rakenne.....	8
6.2	Rajapinnat	8
6.3	Moduloinnin hyödyt	9
7	Parametrinen 3D-mallinnus	10
7.1	Parametrisuus	10
7.2	Hyödyt.....	10
7.3	Haitat.....	10
8	Suunnittelun rakenteellinen hallinta.....	11
8.1	Konfiguroitavuus.....	11
8.2	Skeleton-rakenne	11
9	Projektin suunnittelu	12
9.1	Tavoitteet	12
9.2	Lähtökohdat	12
10	Projektin toteutus	13
10.1	Osien mallintaminen	13
10.2	WC-istuinmoduuli	14
10.3	Muut moduulit.....	15
11	Piirrepuu	17

11.1	Adapter.....	18
11.2	Parametrit.....	19
11.3	Input- ja Outputgeometriat.....	21
11.4	Skeleton-rakenne moduuleissa	22
11.5	Tuotteiden sijoittelu ja rajapinnat	22
12	Testaaminen.....	23
13	Kokoonpano	24
13.1	Kokoonpanon luominen.....	24
13.2	Työkalulla luotu kokoonpano	25
14	Piirustukset.....	26
15	Yhteenveto	27
	Lähteet	28

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ja kehittää Catia 3d-mallinnusohjelmaan modulaarinen malli julkisesta WC-tilasta, jota voidaan hyödyntää myöhemmin laivan suunnittelu-prosessissa. Ensin syvennymme hieman laivan rakennusprosessiin teoriapuolelta ja tutkimme julkisen vessan modulointia ja moduulien valmistusta. Samalla käymme hieman läpi Meyer Groupin historiaa, saavutuksia ajan saatossa sekä tutustumme myös Dassault Systèmesiin.

Toimeksiantajan puolelta oli tavoitteena luoda jo valmiiksi mallinnettujen WC-tilojen piirustusten pohjalta modulaarinen ratkaisu, jonka avulla voidaan suunnitella WC-tiloja huomattavasti tehokkaammin ja nopeammin verrattuna manuaalisiin mallinnusmenetelmiin. Opinnäytetyössä toteutettua työkalua tullaan käyttämään tulevaisuudessa risteilijäalusten suunnittelussa sekä sitä tullaan kehittämään ja laajentamaan huomattavasti tulevaisuudessa.

2 Toimeksiantaja

2.1 ENGN D Oy

Raumalainen ENGN D on Meyer Turun omistuksessa oleva tytäryhtiö, joka tarjoaa suunnittelu- ja insinööripalveluita erityisesti laivanrakennus-, offshore- ja prosessiteollisuuden tarpeisiin. Suurin osa ENGN D:n meriteollisuuden tehtävistä tulevat risteilijöistä, lautoista ja laivahankkeista. Yrityksen päätoimisto sijaitsee Raumalla ja yrityksellä on sivutoimisto Porissa, joissa se työllistää noin kuuttakymmentä suunnitteluammattilaista ja insinööriä. Laajan verkostonsa kautta se työllistää yli 200 asiantuntijaa eri projekteissa. (Technology Design and Engineering Eng'nD Oy.)

Yritys on toiminut eri aloilla jo vuodesta 1982 lähtien, mutta nykyisellä nimellään yritys on toiminut vuodesta 2009, jolloin Meyer Turku osti liiketoiminnan. Asiakaskuntaan kuuluu muun muassa kansainvälisiä varustamoita, kuten Royal Caribbean ja TUI Cruises, mikä kertoo vahvasta asemasta kansainvälisillä markkinoilla. (Technology Design and Engineering Eng'nD Oy.)

2.2 Meyer Group

Meyer Turku on suomalainen telakka, joka kuuluu saksalaisen Meyer-konsernin omistukseen. Konsernin emoyhtiö Meyer Werft toimii Papenburgissa, Saksassa. Meyer Turku on erikoistunut risteilyalusten rakentamiseen. Rostockissa sijaitseva Neptun Werft on kolmas konserniin kuuluva telakka. Nämä kolme yhdessä muodostavat Meyer Groupin. Meyer Turun tilauskanta ulottuu vuoteen 2026 ja sen osuus risteilijärakennusmarkkinoilla on 15 %. Suurimmat asiakkaat ovat Royal Caribbean International, Carnival Cruise Lines, TUI Cruises sekä Rajavartiolaitos. (Meyer Turku.)

Tytäryhtiöitä Meyer Turulla on kolme. Noin 150 henkilöä työllistävä, hyttien valmistamiseen keskittynyt Piikkiö Works Oy on perustettu vuonna 1982. Lisäksi konserniin kuuluu vuonna 2009 perustettu Ship Building Completion Oy, joka työllistää noin 50 henkilöä ja keskittyy laivan yleisten tilojen kokonaistoimituksiin. Kolmas tytäryhtiö on Raumalla toimiva suunnittelualan yritys ENGN D Oy, joka tarjoaa laivanrakennus- ja offshore-alan palveluja. (Meyer Turku.)

3 Laivan suunnitteluprosessi

3.1 Laivan suunnitteluprosessin vaiheet

Laivan suunnitteluprosessi voidaan jakaa useaan vaihteeseen, jotka ovat myyntivaihe, perussuunnittelu, valmistussuunnittelu, rakennusvaihe, luovutusvaihe sekä takuu aika. Ensimmäinen näistä on myyntivaihe, jossa tuotetaan laivasopimus sekä erittely liitteineen. Tämän jälkeen tulevat perussuunnittelu- sekä valmistussuunnitteluvaiheet. (Meyer Turku.)

Laivan suunnittelu voidaan jakaa kahteen päälohkoon: runkosuunnitteluun ja varustelusuunnitteluun. Runkosuunnittelussa keskitytään runkototeräkseen, kun taas varustelusuunnitteluun kuuluu kaikki muu, kuten sähkö-, LVI- ja sisustussuunnittelu. (Meyer Turku.)

Laivan suunnittelussa käytetään apuvälineenä suunnittelusyklejä kuvaavaa spiraalia. Tämä tarkoittaa sitä, että alussa tehdään erittäin karkeat suunnitelmat ja suunnittelun edetessä kierretään spiraalia ja kehitellään suunnitelmaa niin kauan kunnes tarvittavat aineistot ovat kasassa. (Meyer Turku.)

3.2 Perussuunnittelu

Perussuunnitteluvaiheessa otetaan myyntivaiheessa laadittuja dokumentteja ja yhteensovitetaan ne parhaalla mahdollisella tavalla. Suunnitelmien hyväksyminen on olennainen osa perussuunnitteluprosessia, sillä tuotettujen aineistojen pohjalta haetaan tarvittavat hyväksynyt viranomiasilta, tilaajalta sekä luokituslaitokselta. Perussuunnitteluvaihe kestää muutamia kuukausia. (Räisänen 2000, 35-1.)

Perussuunnittelussa on omat osastonsa tila-, alue-, järjestelmä- sekä rakennesuunnittelulle ja suunnittelu on organisoitu ammattiryhmäkohtaisesti, teräs-, kone- sähkö-, ja varustelu- puolelle on omat ryhmänsä. Tämä helpottaa ja selkeyttää suunnittelua. (Räisänen 2000, 35-1.)

3.3 Valmistussuunnittelu

Valmistussuunnitteluvaihe alkaa välittömästi perussuunnitteluvaiheen jälkeen ja sen ideana on toteuttaa valmiit valmistusdokumentit perussuunnittelun pohjalta siten, että tuotanto alkaa sujuvasti ja oikea-aikaisesti. Valmistussuunnittelun keskeisimmät tuotteet ovat työpiirustukset, osaluettelot sekä hankintaimpulssit niistä materiaaleista, joita ei perussuunnitteluvaiheessa olla hankittu. Samalla perussuunnitteluaineistoa päivitetään niin, että se vastaa tuotannon tarpeita entistä paremmin. (Räisänen 2000, 35-1.)

Lähtötietoina valmistussuunnitteluvaiheessa on perussuunnitteluvaiheessa tuotettuja dokumentteja, kuten rakennustapaselvitykset, rungon luokitusaineisto, materiaalin tekniset tiedot sekä arkkitehtisuunnittelun aineistot. (Räisänen 2000, 35-1.)

Suunnitteluvaihe on tiiviissä yhteydessä tuotannonsuunnitteluun, erityisesti varustelun näkökulmasta, sillä esimerkiksi lohkovarustelu vaatii tarkkaa osatietoa ja aikataulutusta. Toisinaan valmistussuunnittelu aloitetaan jo ennen kuin perussuunnitteluvaihe on tehty, koska tietyt tuotannon osa-alueet, kuten moduulien tai erikoisosien valmistus edellyttävät ennakkoivaa suunnittelua, tässä tapauksessa suunnitteluvaiheista on aloitettava jo useita viikkoja etuajassa. (Räisänen 2000, 35-1.)

4 Laivan varustelu

4.1 Laivan varusteluprosessi nykypäivänä

Nykyaikainen laivanrakennusprosessi on kehittynyt huomattavasti viime vuosikymmenten aikana. Aiemmin telakka vastasi itse lähes kaikista työvaiheista aina osien valmistuksesta aluksen käyttöönottoon saakka. (Räisänen 2000, 39-1.)

Nykyään telakka toimii enemmänkin vain kokoonpanopaikkana, jossa työ jaetaan telakan henkilöstön, toimittajien sekä alihankkijoiden kesken ja telakan painopiste on siirtynyt projektin hallintaan ja tuotannon ohjaukseen. (Räisänen 2000, 39-1.)

4.2 Varustelun osa-alueet

Laivan varustelu jaetaan useisiin osa-alueisiin, joista oleellimmat ovat lohkovarustelu, konevarustelu, sähkövarustelu sekä sisustusvarustelu. Nämä osa-alueet muodostavat aluksen toiminnallisen kokonaisuuden. (Räisänen 2000, 39-4.)

Sisustusvarustelu

Laivan sisustusvarustelussa pyritään hyödyntämään mahdollisimman paljon esivalmisteita, esimerkiksi WC- ja hyttimoduuleita, hissejä, teknisiä yksiköitä ynnä muuta. Nämä esivalmisteet pyritään valmistamaan konepajoilla jo ennen laivaan nostamista, jolloin valmistusprosessiin menevä työ vähenee ja laatu paranee. (Räisänen 2000, 39-6.)

Konevarustelu

Konevarustelussa työ painottuu erityisesti konehuoneeseen ja muihin teknisiin tiloihin. Työ tapahtuu pääosin laivan allas- ja laiturivaiheessa ja siihen sisältyy myös testauksia ja käyttöönoton valmistelua. (Räisänen 2000, 39-6.)

Sähkövarustelu

Sähkövarustelu kattaa sähkö- ja automaatiojärjestelmien asennukset, kytkennät, mittaukset ja käyttöönotot. Niissä noudatetaan luokituslaitosten määräyksiä, ja työn tulokset dokumentoidaan huolellisesti. (Räisänen 2000, 39-8.)

Lohkovarustelu

Laivan lohkovarusteluun kuuluu esimerkiksi kaapelireittien, putkien ja kiinnikkeiden asentaminen lohkoihin. Tavoitteena on saavuttaa mahdollisimman korkea varusteluvalmius jo ennen runkovaihetta. Laivan lohkovarustelua tehdään jo ennen kuin lohkot nostetaan runkoon. Tämän tarkoituksena on parantaa laatua, lyhentää tuotantoaikaa ja muuttaa työskentelyä ergonomisemmaksi. (Räisänen 2000, 39-2.)

5 CATIA-OHJELMISTO

5.1 Dassault Systèmes

Dassault Systèmes on ranskalainen, vuonna 1981 perustettu tietokoneavusteisen suunnittelun ohjelmistoihin erikoistunut ohjelmistoyritys. Perustamishetkellä Dassault Systèmes työllisti kahtakymmentä insinööriä ja sen pääteollisuus oli ilmailuteollisuus Catia brändin alla. Yrityksen tunnetuimpia brändejä ovat muun muassa CATIA, SOLIDWORKS, DELMIA, ENOVIA ja SIMULIA, jotka yrityksen 3DEXPERIENCE-alusta yhdistää yhdeksi kokonaisuudeksi. Nämä työkalut palvelevat asiakkaita eri toimialoilla, kuten ilmailu- ja autoteollisuudessa, terveydenhuollossa, rakennusalalla ja kulutustavaroiden valmistuksessa. (Dassault Systèmes.)

Nykyään Dassault Systèmesin pääkonttori sijaitsee Ranskan Vélizy-Villacoublayssa, ja sillä on toimistoja ympäri maailmaa. Yritys työllistää yli 22 500 henkilöä ja edustaa kahtatoista brändiä lukuisissa eri teollisuuksissa. (Dassault Systèmes.)

5.2 Catia

Catia on Dassault Systemesin kehittämä monipuolinen 3d-suunnitteluohjelmisto, joka kattaa tietokoneavusteisen suunnittelun ja valmistuksen toiminnot. Catia on laajasti käytössä monessa eri teollisuudessa mukaan lukien ilmailu- laivanrakennus sekä autoteollisuudessa. Ohjelman avulla on mahdollista yhdistää tuotekehityksen eri vaiheet yhteen työympäristöön sekä tarjoaa kattavat työkalut 3d-suunnitteluun, valmistusprosessien määrittelyyn sekä simulointiin. (Dassault Systèmes.)

Catian uusin versio tuo mukanaan uusia rooleja ja parannuksia suunnittelijoille, insinööreille, järjestelmäinsinööreille ja rakennusalan ammattilaisille. Ohjelmisto on saatavilla sekä paikallisesti, että pilvipalveluna. (Dassault Systèmes.)

6 Modulointi

6.1 Modulaarinen rakenne

Moduloinnissa tuote jaotellaan useampaan eri itsenäiseen kokonaisuuteen, eli moduuleihin. Näille moduuleille on määritely etukäteen tarkat rajapinnat, jotka mahdollistavat niiden yhdistettävyyden ja vaihdettavuuden niin, ettei koko tuotetta tarvitse muuttaa. Modulointi ei kuitenkaan tarkoita ainoastaan tuotteen jakamista pienempiin osiin, vaan myös sitä, että niitä voidaan hyödyntää useammassa eri tuotteessa, mikä mahdollistaa hyvän muokattavuuden sekä sen, ettei jokaista moduulia tarvitse erikseen mallintaa vaan samaa moduulia voidaan käyttää useaan kertaan suunnitteluvaiheessa. (Meyer Turku.)

Modulointi helpottaa myös työtä valmistusvaiheessa, sillä moduulit voidaan kasata etukäteen tuotantotiloissa ja ottaa vasta myöhemmin käyttöön kohteessa. Tämä helpottaa moduulien valmistusta, sillä valmistusympäristö on parempi ja valmiiksi kasatut moduulit vähentävät tavaraliikennettä sekä työskentelyn tarvetta lopullisessa kohteessa. Moduuleja voi kuitenkin kasata vain sen verran ja siinä koossa, kun kohteeseen mahtuu haalaamaan. Modulaarisen rakenteen luominen ei kuitenkaan synny sattumalta, vaan se vaatii tarkkaa suunnittelutyötä sekä yrityksen strategioiden ja asiakkaan tarpeiden huomioimista. (Meyer Turku.)

6.2 Rajapinnat

Rajapinnat, eli liitynnät ovat tärkeitä menetelmiä, joilla määritetään moduulien väliset liitynnät ja varmistetaan moduulien välinen yhteensopivuus. Rajapinnat ovat vakiona pysyviä rajoja moduulien välillä, ja ne mahdollistavat tuotteiden tehokkaan liittämisen toisiinsa, sekä laivan järjestelmiin. Selkeät rajapinnat nopeuttavat moduulien liittämistä, kun tarvittavat toiminnot ja mitoitukset on tehty huolellisesti. Hyvin suunnitellut rajapinnat myös mahdollistavat moduulin vaihdettavuuden ja päivitettävyyden ilman suuria muutoksia. (Meyer Turku.)

Rajapinnat määritellään malleihin vasta suunnitteluvaiheen lopussa, kun moduulien rakenne ja sijoittelu ovat tarkentuneet. Tällöin suunnittelijat laativat tarkat kuvaukset siitä, miten moduulit liittyvät toisiinsa. Tällä varmistetaan moduulien yhteensopivuus sekä muokattavuus. (Meyer Turku.)

6.3 Moduloinnin hyödyt

Modulointi tuo tehokkuutta suunnitteluvaiheessa, koska moduulit ovat ennalta suunniteltuja sekä standardoituja eikä jokaista osaa tarvitse erikseen mallintaa. Sen sijaan suunnittelija voi yksinkertaisesti vain lisätä ennalta mallinnetut moduulit malliin ja samoja moduuleita voidaan käyttää uudelleen monessa paikassa, mikä nopeuttaa huomattavasti suunnittelu-prosessia sekä takaa tehokkaan suunnittelun ja tasaisen laadun. (Meyer Turku.)

Valmistusvaiheessa modulaarinen rakentaminen mahdollistaa tuotteen kasaamisen ja valmistuksen valvotuissa tehdasolosuhteissa ennen kohteeseen siirtämistä. Tämä siirtää moduulien rakentamisen pois varsinaiselta rakennuspaikalta, mikä nopeuttaa valmistusprosessia ja vähentää aluksen sisällä tapahtuvaa työtä sekä tavaraliikennettä. Tehdasolosuhteet tarjoavat paremman laadunvalvonnan sekä turvallisemman työskentelyn moduulien parissa ja minimoi virheet, koska ne voidaan testata ja varustella ennen kuljetusta rakennuspaikalle. (Meyer Turku.)

Modulaarinen rakentaminen mahdollistaa myös rakennusmateriaalien optimaalisemman käytön, joka vähentää rakennusjätettä. Tämä tekee modulaarisesta rakentamisesta ympäristöystävällisemmän vaihtoehdon. (Meyer Turku.)

7 Parametrinen 3D-mallinnus

7.1 Parametrisuus

Parametrisellä 3d-mallinnuksella tarkoitetaan suunnittelumenetelmää, jossa 3d-mallit luodaan määrittämällä parametreja, suhteita ja rajoitteita. Tämä mahdollistaa sen, että mallin piirteisiin, kuten mittoihin ja muotoihin, voidaan tehdä suoraan muutoksia vaihtamalla eri muuttujien arvoja. Parametrisiä malleja hyödynnetään yleensä suunnittelutehtävissä ja sen päätarkoitus on tehdä 3D-suunnittelusta joustavampaa ja tehokkaampaa. Parametrit ovat muuttujia, joilla voidaan ohjata mallin mittoja, osien sijaintia, olemassaoloa, ominaisuuksia ja piirteitä. Lisäksi parametrit mahdollistavat monia muita toimintoja, esimerkiksi erinäisiä automaatioita. (Adobe.)

7.2 Hyödyt

Parametrinen 3D-mallinnus antaa mallille helpon muokattavuuden. Parametrien avulla suunnittelijat voivat tehdä muutoksia nopeasti ja nähdä niiden vaikutukset välittömästi. Lisäksi rajoitteiden ja suhteiden määrittäminen 3d-malliin mahdollistaa suunnitteluprosessin osittaisen automatisoinnin. Tämä vähentää manuaalista työtä ja virheiden määrää. Parametrinen lähestymistapa myös tukee suunnittelun interaktiivisuutta, joka mahdollistaa sen, että eri vaihtoehtoja voidaan tutkia ja optimoida tehokkaasti. (Adobe.)

7.3 Haitat

Haittapuolina parametriselle 3d-mallinukselle ovat joustavuutta rajoittavien rajoitteiden ja suhteiden lisäksi syvällisen ymmärtämisen tarve parametreista ja rajoitteista, joka voi tehdä parametrisestä suunnittelusta vaikeaa aloittelijalle. Myös suuret ja monimutkaiset mallit voivat sisältää lukuisia parametreja, jotka voivat tehdä mallin hallinnasta ja ylläpidosta vaikeaa. (Adobe.)

8 Suunnittelun rakenteellinen hallinta

8.1 Konfiguroitavuus

Konfiguroitavuudella mahdollistetaan se, että tuotetta muokata erilaisiin tarpeisiin ilman, että sitä tarvitsee mallintaa uudelleen alusta asti. Tämä tarkoittaa sitä, että muuttamalla tiettyjä parametrejä, esimerkiksi mittoja tai muotoja, koko malli päivittyy uusien parametrien mukaisesti. Tämä tekee suunnitteluprosessista tehokkaampaa sekä vähentää virheiden syntymistä. (Juuti & Lehtonen 2006.)

Konfiguroitavuus tuo myös joustavuutta mallintamiseen, sillä samaa perusmallia voidaan muokata moneen eri käyttötarkoitukseen parametrejä muuttamalla, joka mahdollistaa myös yksilöllisten tuotteiden valmistuksen ilman merkittäviä lisäkustannuksia. Konfiguroitavuutta käytetään erityisesti teollisessa suunnittelussa, koneenrakennuksessa, tuotemuotoilussa ja arkkitehtuurissa, joissa on mahdollista käyttää samaa perusmallia. (Juuti & Lehtonen 2006.)

8.2 Skeleton-rakenne

Skeleton-rakenne on olennainen osa moduulimallien toteutuksessa. Sen avulla voidaan ohjata moduulimallin eri osia tarkasti ja sen avulla voidaan varmistaa moduulin eri osien yhteensopivuus sekä se, että osat liittyvät toisiinsa oikein. Tämä mahdollistaa sen, että muutokset yhdessä osassa voidaan automaattisesti välittää muihin osiin ilman ylimääräistä säätöä, esimerkiksi jos moduulin korkeutta muutetaan, heijastuu muutokset myös moduulin muihin osiin. Skeleton-rakenne koostuu erinäisistä akseleista, pisteistä, viivoista sekä tasoisista. Nämä luovat moduulille rungon, johon moduulin erinäiset osat perustuvat. Skeleton-rakenne ei itsessään ole fyysinen osa lopullisessa mallissa, vaan se toimii mallin taustalla määrittäen moduulin rakenteen. (Dassault Systèmes.)

Skeleton-metodologiaa käytetään yleisesti ottaen silloin, kun halutaan luoda modulaarisia ja parametrisesti ohjattuja malleja. Se myös takaa tarkan ja hallitun suunnittelun, jossa muutokset voidaan toteuttaa tehokkaasti ja nopeasti vähentäen huomattavasti muutosten tuomaa virhealttiutta. Lisäksi sen avulla voidaan helposti luoda monia eri variaatioita samasta tuotteesta, mikä lisää joustavuutta ja nopeutta suunnitteluvaiheessa. (Dassault Systèmes.)

9 Projektin suunnittelu

9.1 Tavoitteet

Projektin tavoitteena oli kehittää Catia 3d -mallinnusohjelmaan työkalu, jonka avulla voitaisiin suunnitella ja toteuttaa nopeasti ja tehokkaasti julkisten WC-tilojen 3d-malleja hyödyntämällä ennakkoon luotuja parametrisiä 3d-malleja. Suunnitteluprosessi tulee perustumaan siihen, että käyttäjä syöttää lähtötiedot työkalulle, jonka pohjalta työkalu luo automaattisesti osat WC-tiloja varten.

Keskeisimpänä etuna tässä on se, että suunnittelijan ei tarvitse mallintaa jokaista osaa erikseen tyhjästä, vaan työhön voidaan käyttää ennalta suunniteltuja moduulimalleja, joita voidaan helposti sovittaa kokonaismalliin muuttelemalla niiden parametrejä. Tämä vähentää huomattavasti suunnitteluun kuluvaan aikaa ja vaivaa. Lisäksi jokaisesta moduulimallista tulaa valmistamaan valmiit piirustukset, mikä nopeuttaa valmistusprosessin aloittamista.

9.2 Lähtökohdat

Moduulimallin suunnittelu aloitettiin jo valmiina olevien piirustusten pohjalta, jotka tarjoavat hyvän lähtökohdan moduulimallien suunnittelulle. Jaoin lähtökohtana olevan WC-tilan viiteen eri osaan, joista loin jokaiselle oman parametrisen moduulimallin.

Tavoitteena oli tehdä yksi osa tuotetta, jonka rakennetta, kokoa ja määrää voi muokata parametrien avulla. Osan perään tulee rajapinta, joka mahdollistaa seuraavan tuotteen liittämisen edelliseen. Näiden rajapintojen avulla tuotteet yhdistetään toisiinsa, ja tämä mahdollistaa sen, että rakenne pysyy yhtenäisenä ja on helposti muokattavissa ilman, että kokoonpanoa tarvitsee koota uudelleen.

10 Projektin toteutus

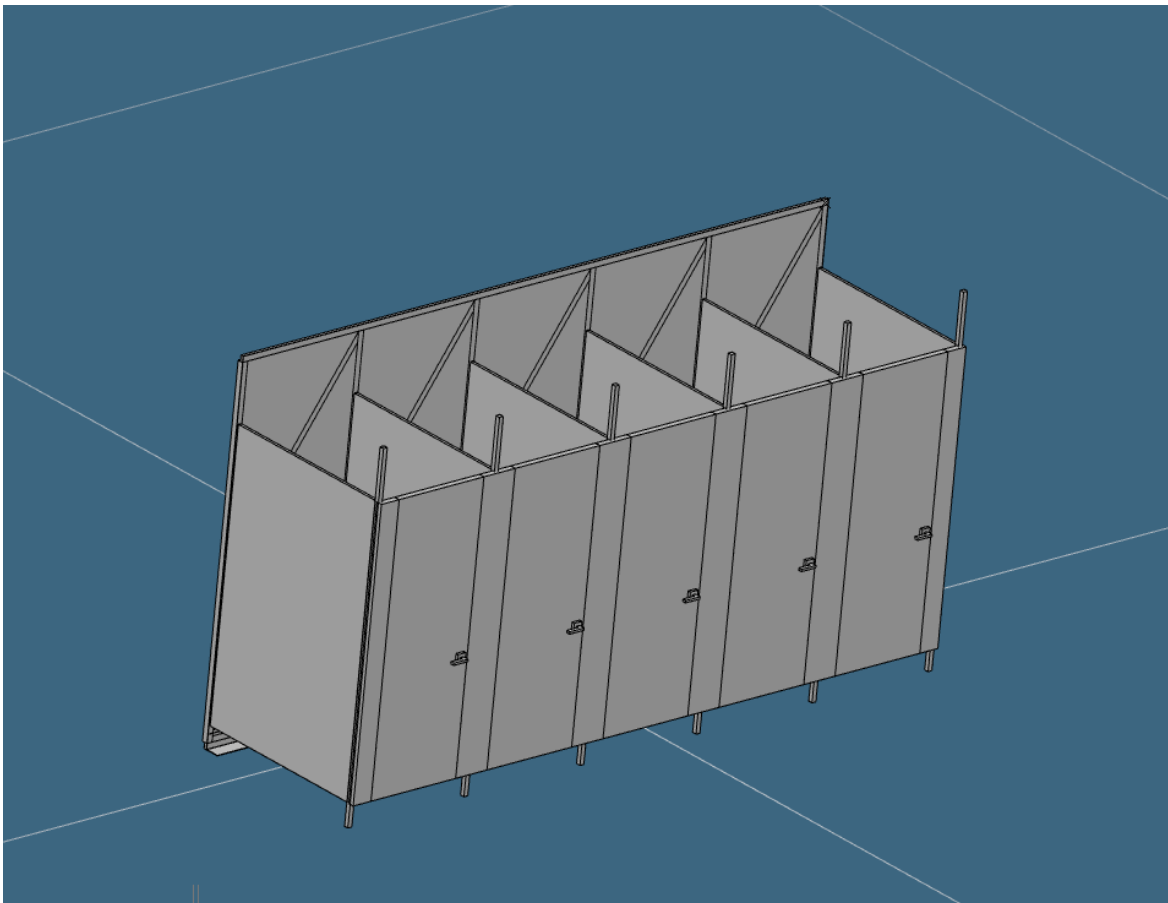
10.1 Osien mallintaminen

Projektin toteutusvaiheessa aloitin osien 3d-mallintamisen hyödyntämällä jo aiemmin manuaalisesti mallinnetuista WC-tiloista laadittuja piirustuksia. Näiden piirustusten pohjalta oli hyvä lähteä toteuttamaan projektia, sillä kyseiset tilat olivat jo todettu toimiviksi tuotannossa. Vaikka piirustukset eivät olleet suoraan sovellettavissa, niistä saatiin arvokasta tietoa komponenttien sijoittelusta sekä mitoituksista, jotka ohjasivat uusien moduulimallien ratkaisun suunnittelua.

Piirustusten perusteella jaoin yleisen WC-tilan viiteen erilliseen moduuliin, jotka määrittyivät tilan rakenteellisen ja toiminnallisen jaottelun perusteella ja lähdin näitä mallintamaan Catia 3d-mallinnusohjelmalla.

10.2 WC-istuinmoduuli

WC-istuinmoduulissa on luotu seinät, jossa on kiinnityskohdat WC-istuimille. Lisäksi moduulissa on täysin parametreillä muokattavissa olevat seinäkkeet. (Kuva 1.)

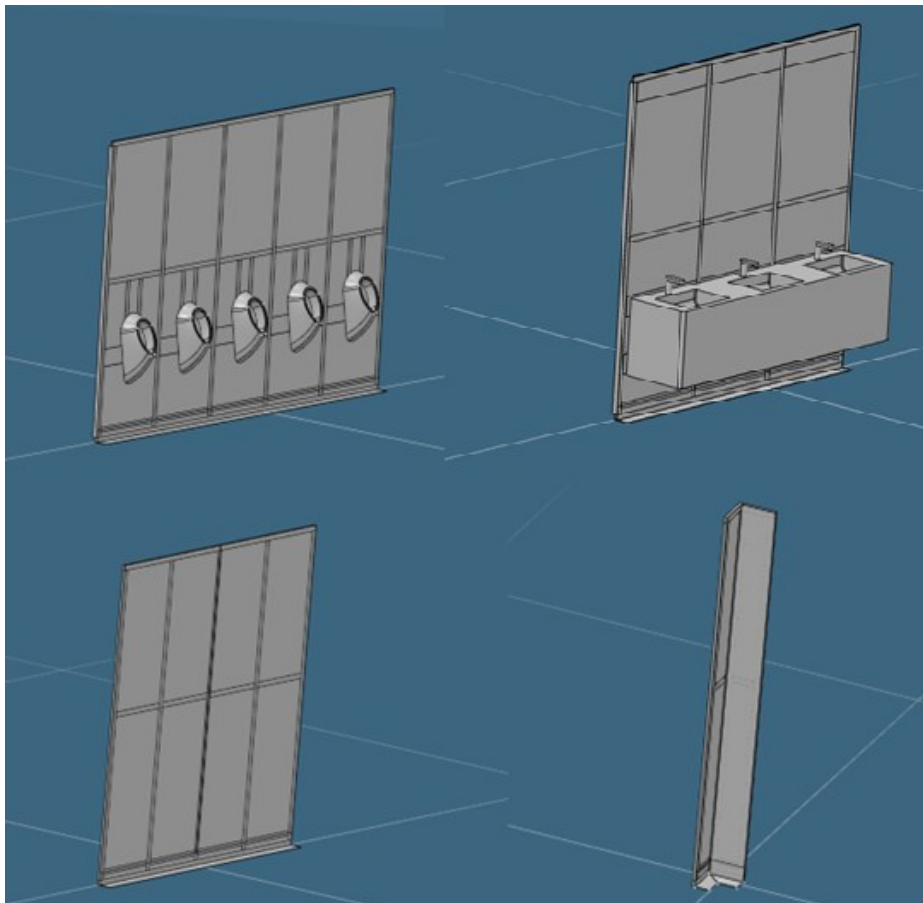


Kuva 1. WC-istuinmoduuli

WC-istuinmoduuli on suunniteltu toimimaan osana yleisen WC-tilan kokonaisuutta, ja sen rakenteet on mallinnettu siten, että se tukee teknistä toteutettavuutta sekä muunneltavuutta eri kohteisiin. Moduulin pituutta ja ominaisuuksia voidaan muokata tarpeiden mukaisiksi parametrejä muuttelemalla. Tämä mahdollistaa moduulin joustavan soveltamisen erinäisiin tarpeisiin.

10.3 Muut moduulit

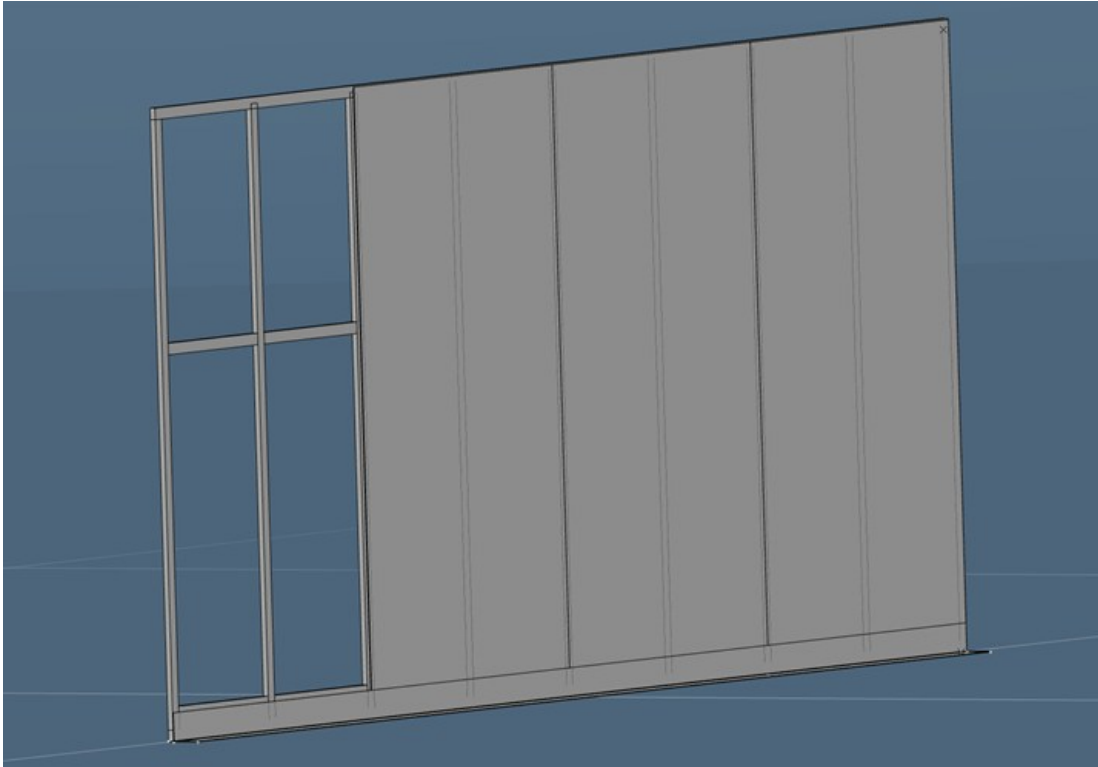
WC-istuinmoduulin lisäksi moduulikokoelmaan kuuluu myös urinaali- allas, seinä- ja kulma- moduulit (Kuva 2).



Kuva 2. Muut moduulit

Jokaiselle moduulityypille on määritelty omat parametrit, jotka on räätälöity vastaamaan tukemaan kyseisen moduulimallin käyttötarkoitusta ja tarpeita. Esimerkiksi seinämoduulin pituus on määriteltävissä vakiovälein, kun taas kulmamoduulia voidaan säätää millimetrin tarkkuudella oikeaan kokoonsa.

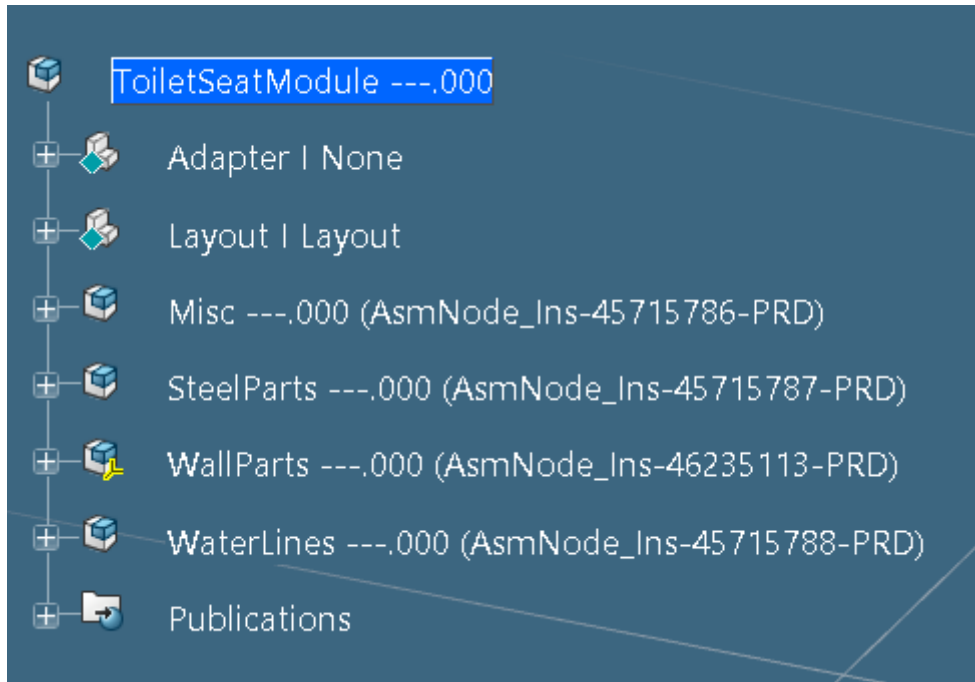
Seinämoduulin vakiovälit on määritetty tuotannossa käytettävien materiaalien pohjalta. (kuva 3) Tämä tehostaa tuotantoa ja vähentää hävikkiä, koska levyjä ei tarvitse erikseen leikata tiettyihin mittoihin ja täten ei jää ylijäämää. Samaa pyritään hyödyntämään muissakin rakenteissa.



Kuva 3. Seinämoduulin levyjako.

11 Piirrepuu

Piirrepuu sisältää kaikki mallissa käytetyt osat sekä adapter- ja layout-noodit. Kuvassa 4 on esimerkkinä WC-istuinmoduulin piirrepuu.

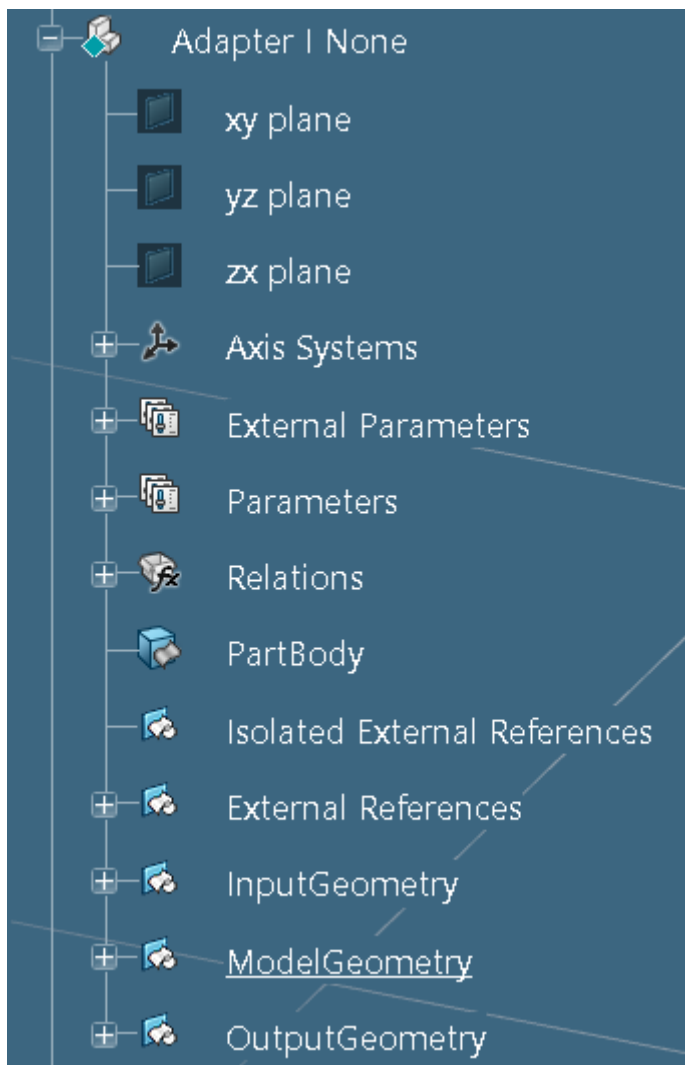


Kuva 4. WC-istuinmoduulin Piirrepuu.

Moduulin osat on jaettu useampaan noodiin, tämä helpottaa moduulimallin luomista, muokkaamista sekä mahdollista vianhakua. Publications-nodi helpottaa työkalun käyttäjää tuomalla kaikki tarpeelliset parametrit helpommin saataville, ilman että niitä tarvitsee hakea erikseen syvältä piirrepuusta.

11.1 Adapter

Adapter-node (kuva 5) toimii moduulimallin keskeisenä hallintapisteenä, johon on keskitetty kaikki tärkeimmät elementit moduulin hallintaan. Noden sisälle on koottu mallin liikuteltavat rakenteelliset osat, kuten akselistot sekä input-, model- ja outputgeometriat.

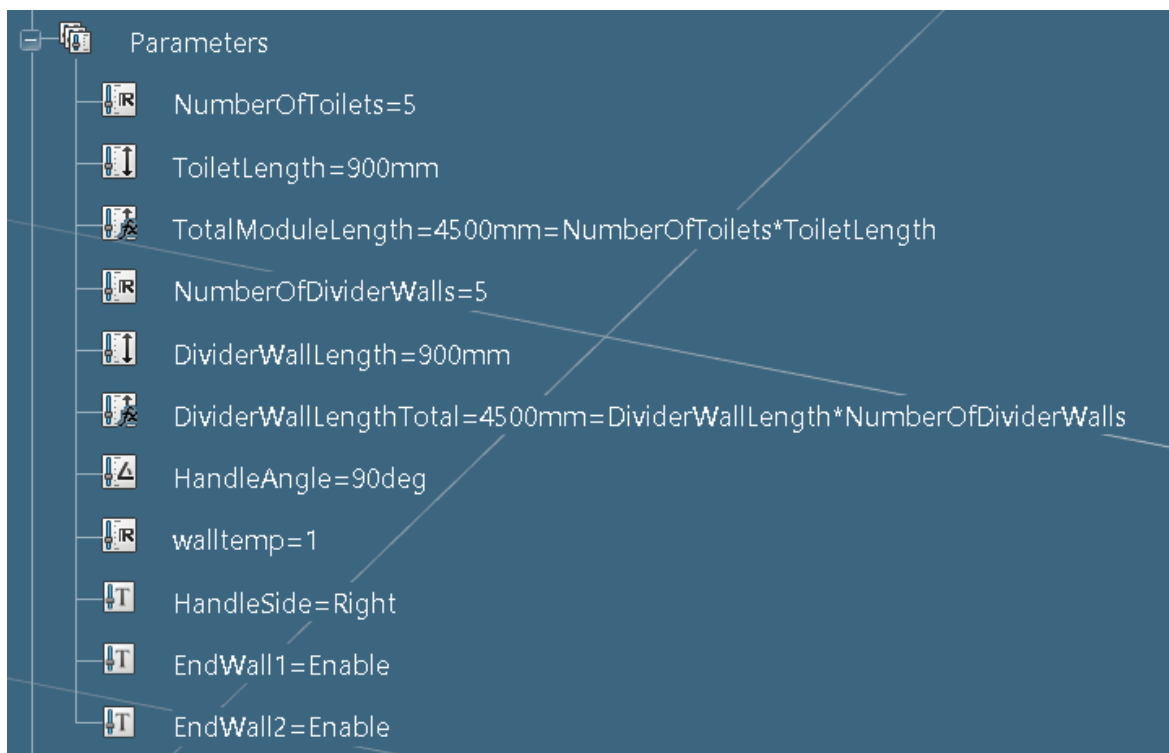


Kuva 5. Adapter-node

Adapter-noodissa olevat external parametrit ovat toisesta CATIA-mallista tai komponentista tuotuja parametrejä, niiden avulla voidaan käyttää muiden komponenttien arvoja ilman manuaalista kopiointia. External referencet ovat vastaavalla tavalla toisesta CATIA-mallista tuleviin geometrisiin tai parametrisiin viittauksiin, kun taas isolated external reference on sama asia, mutta ilman aktiivista linkitystä alkuperäiseen lähteeseen.

11.2 Parametrit

Kuvassa 6 näkyy WC-istuinmoduulin manuaaliset- sekä automaattiset parametrit. Parametrit ovat sijoitettu Adapter-noodin alle.



Kuva 6. WC-istuinmoduulin parametrit.

Manuaaliset parametrit

WC-istuinmoduulissa on luotu manuaaliset parametrit seinien määrälle, väliseinien määrälle, oven kätisyydelle sekä malliin on luotu mahdollisuus päättää, onko rivistön päädyssä seinää. Näitä parametrejä pääsee käyttäjä itse määrittämään saadakseen tehtyä mallin tarpeisiin sopivaksi. Eri osien parametrit eroavat hieman toisistaan, esimerkiksi kulmamoduulin sivujen pituus on hienosäädettävissä, kun taas seinämoduulissa koolausväli on tuotannollisista syistä vakio.

Automaattiset parametrit

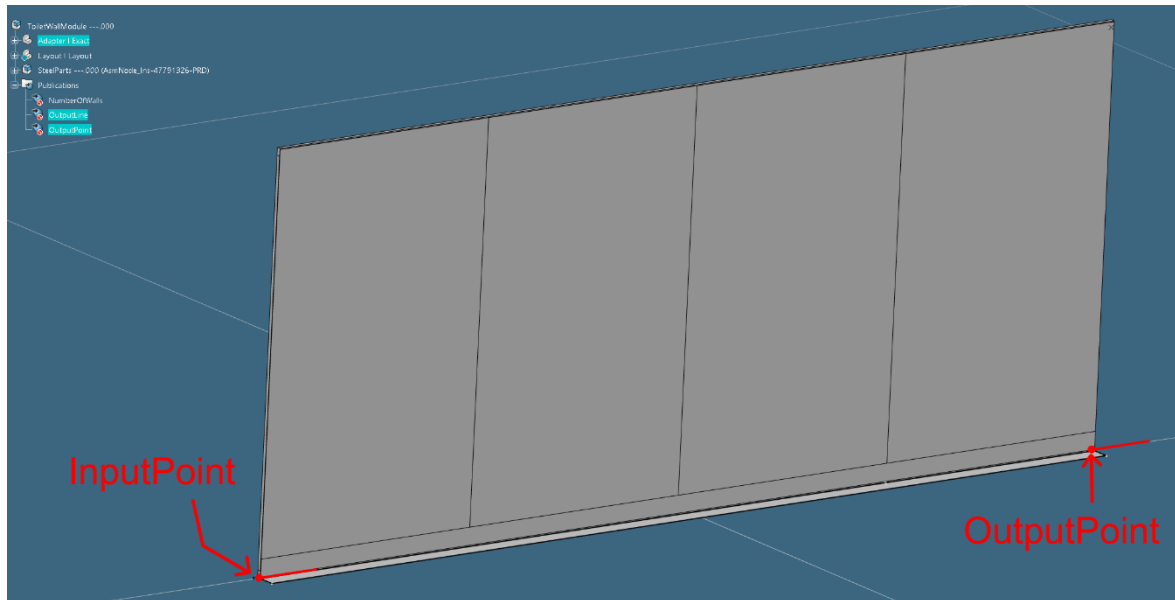
Manuaalisten parametrien lisäksi moduulissa on myös automaattisia parametrejä, joita käyttäjän ei tule muokata. Nämä parametrit määräytyvät työkalun sisäisten laskentojen perusteella ja liittyvät pääosin moduulien yhteensopivuuksiin sekä rakenteellisiin ratkaisuihin. Nämä parametrit varmistavat, että osien sijainnit sekä mitat suhteutuvat toisiinsa automaattisesti ilman ylimääräistä säätämistä.

Parametrien roolit

Automaattiset parametrit muodostavat modulointityökalun ydinlogiikan. Nämä varmistavat sen, että rakenne mukautuu automaattisesti käyttäjän tekemien valintojen perusteella, kun taas manuaaliset parametrit toimivat tietynlaisena käyttöliittymänä suunnittelijan ja mallin välillä. Niiden kautta suunnittelija syöttää tarvittavat tiedot, joiden pohjalta automaattiset parametrit päivittävät mallia.

11.3 Input- ja Outputgeometriat

Input- sekä outputgeometriat ovat tärkeä osa työkalun toimintaa, sillä niiden avulla määritetään moduulien tarkka sijainti ja asento suhteessa muuhun malliin. Kuvassa 7 on osoitettu WC-istuinmoduulin input- sekä outputpisteiden sijainnit.

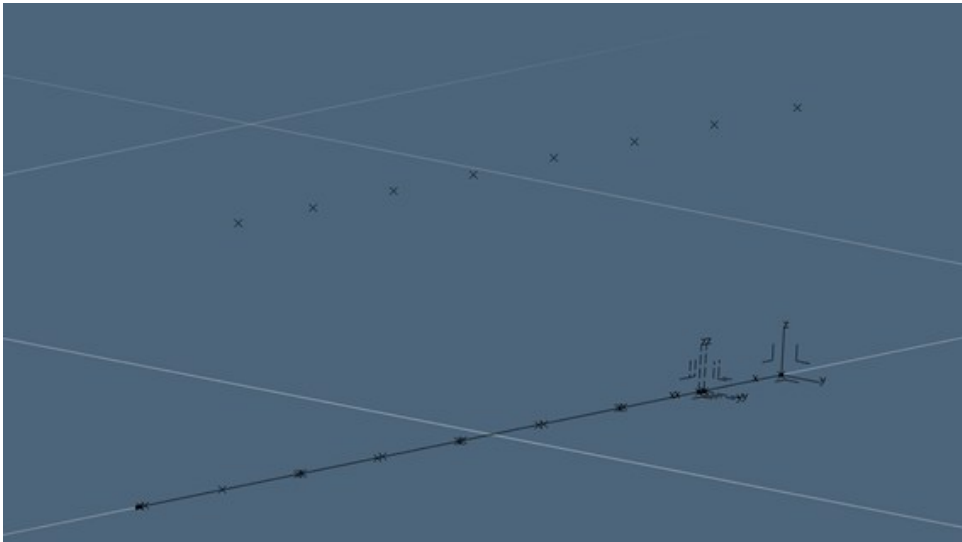


Kuva 7. Input- ja outputgeometriat.

Inputgeometriassa käytetään erilaisia referenssipisteitä, viivoja sekä tasoja, joiden avulla osat asemituvat sekä liittyvät oikein suhteessa muuhun malliin. Outputgeometria puolestaan tarjoaa seuraaville moduuleille tarpeelliset viitteet seuraavia moduuleita varten.

11.4 Skeleton-rakenne moduuleissa

Moduulien rakenteellinen joustavuus ja parametrinen hallinta perustuu niin sanottuun skeleton-rakenteeseen, eli yksinkertaistettuun geometriseen runkoon, joka toimii moduulin sisäisenä ohjausrakenteena. Kuvassa 8 näkyy seinämoduulin skeleton-rakenne.



Kuva 8. Seinämoduulin skeleton-rakenne.

Jokaisessa moduulissa moduulin osat ja komponentit ovat sidottu suoraan skeleton-rakenteeseen. Tämä mahdollistaa, sen että moduulimalleihin voidaan tehdä rakenteellisia muutoksia sekä muokata geometriaa ilman että sidokset tai liitokset rikkoutuvat.

Tämän rakenteen ansiosta moduulimallien käsittely sekä muunneltavuus erinäisiin kokonaisuuksiin on helppoa ja vaivatonta.

11.5 Tuotteiden sijoittelu ja rajapinnat

Input-pisteen sekä Baseline ideana on määrittää moduulille sijainti ja suunta kokonaismallissa. Nämä toimivat ikään kuin sidontapisteinä moduuleille, joiden avulla moduuli asennoituu oikein suhteessa muihin rakenteisiin.

Output-piste sijaitsee taas moduulin loppupäässä ja tämän tarkoituksena on luoda moduulin loppuun rajapinta, johon seuraavan moduulin voi lisätä käyttäen input pistettä. Näin moduuli napsahtaa oikealle paikalle automaattisesti ilman ylimääräistä sijoittelua. Output piste on parametrisoitu niin, että moduulin suunnasta ja koosta huolimatta se on aina moduulin loppupäässä.

12 Testaaminen

Työkalun testaus sujui pääosin ilman merkittäviä ongelmia. Testauksen aikana havaittiin kuitenkin joitain yksittäisiä haasteita, erityisesti kulmamoduulin parametrien käyttäytymisessä. Tietyillä syötetyillä arvoilla ohjelma antoi parametritulokseksi nollan, mikä johti tilanteeseen, jossa tietyt arvot käyttäytyivät odottamattomasti muuttaen positiivisena pysyvän arvon negatiiviseksi. Tähän ei keksitty mitään tiettyä syytä, mutta ongelma saatiin ratkaistua muuttamalla parametrien laskentakaavoja ja säätämällä yksittäisiä ehtoja.

Lisäksi havaittiin, joidenkin elementtien suuntaaminen ei toiminut odotetusti. Tämä johtui siitä, että kaikki skeleton-rakenteen viivat eivät olleet sidottu asianmukaisesti akselistoon. Kun akselistojen ja referenssien sidonnat korjattiin, moduulien asemointi saatiin toimimaan moitteettomasti. Näiden suhteellisen helposti korjattavien seikkojen lisäksi työkalun ja moduulimallien toiminta oli vakaata ja testikokoonpanojen luominen sujui ongelmitta.

13 Kokoonpano

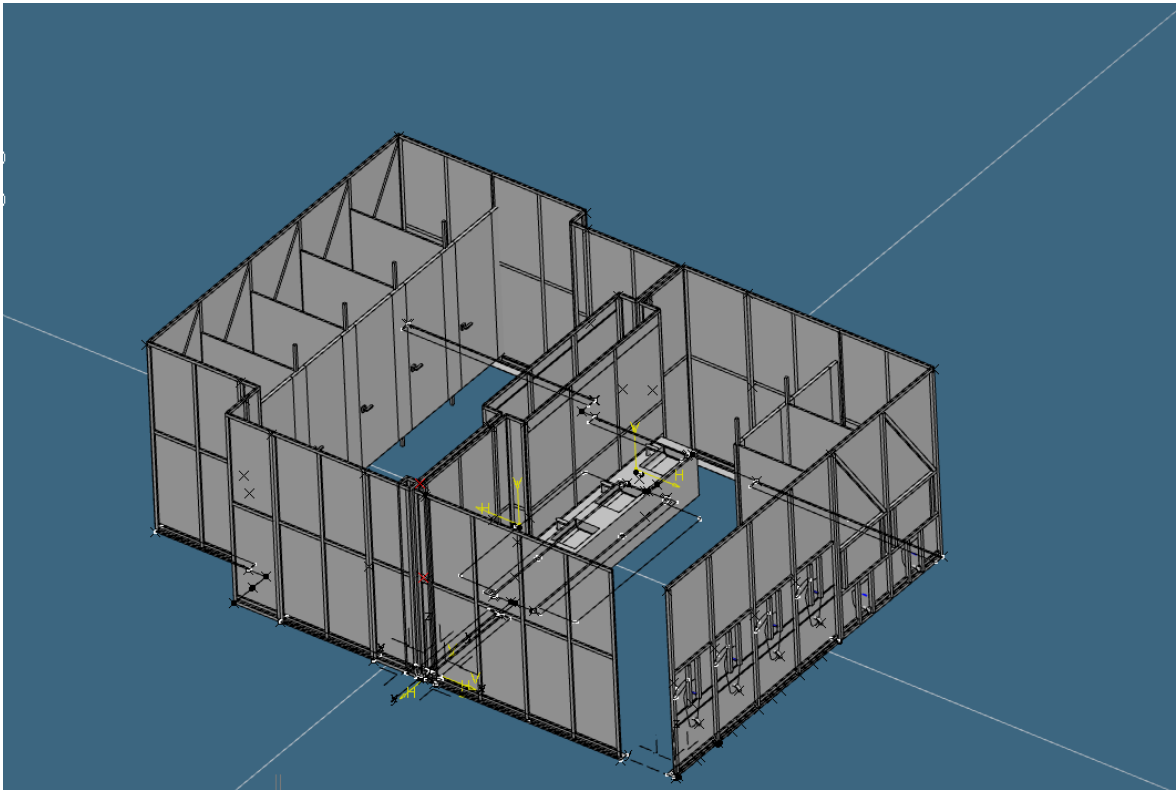
13.1 Kokoonpanon luominen

Moduulien lisääminen malliin tapahtuu Engineering Templates -työkalun avulla, johon tarvitaan Catia Template Designer -lisenssi. Ensimmäiselle moduulille annetaan referenssiksi piste ja viiva, jotka luodaan malliin ennen moduulin lisäämistä. Näiden avulla ohjelma tietää tarkalleen mihin ja miten päin ensimmäinen moduuli sijoittuu.

Seuraavien moduulien kohdalla voidaan hyödyntää moduuleissa olevaa outputgeometriaa referensseinä. Kun Template-työkalulle on määritelty tarvittavat tiedot, voidaan moduuli lisätä malliin, jolloin se asettuu oikeaan paikkaan.

13.2 Työkalulla luotu kokoonpano

Kuvan 8 kokoonpano on luotu ainoastaan valmiita moduulimalleja käyttäen. Osat ovat yhdistetty toisiinsa input- ja output-geometrioita käyttäen. Tämän mahdollistaa moduulien helpon muokattavuuden ja mahdollistaa moduulien vaihtamisen ilman suurempia säätöjä.



Kuva 8. WC-tilat

Loput osat, esimerkiksi oviaukot, lattia, katto, tulee suunnittelijan vielä tässä vaiheessa työkalun kehitystä mallintaa manuaalisesti. Lisäksi vesilinjat, sähköt ynnä muut mallinnetaan erikseen.

14 Piirustukset

Jokaiselle yksittäiselle moduulille on laadittu omat valmistuspiirustuksensa, joiden avulla tuotanto saadaan nopeasti käyntiin. Piirustukset on eriytetty kokoonpanojen ja variaatioiden mukaan, jolloin ne tukevat suoraan tuotantoprosessin eri vaiheita.

Eriyistä huomiota vaativat hienosäädettävät moduulit, kuten kulmamoduulit, joiden mitoitus riippuu tarkasta asennuskohteesta sekä ympäröivistä rakenteista. Näissä tapauksissa lopulliset mitat määritellään ja dokumentoidaan suunnitteluvaiheen loppupuolella, kun tarvittava tieto on saatavilla.

15 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoite oli luoda työkalu, jolla helpottaa ja nopeuttaa suunnittelijoiden työtä sekä laivan valmistusprosessia. Tämän toteutin luomalla modulaariset mallit julkisen WC-tilan eri osista. Näiden avulla esimerkkikokoonpanon luomiseen meni 20 minuuttia, johon tietenkin tulee vielä manuaalisen mallinnuksen osuus päälle, mutta jo tässä vaiheessa, jos verrataan alusta saakka manuaalisesti mallinnettuun WC-tilaan, ajansäästö on jo huomattava.

Mielestäni työ on jo nyt onnistunut, kun vertaa ajansäästöä, mutta vaatii kuitenkin vielä kehittämistä ja parantelua, jotta työkalusta saadaan maksimaalinen hyöty irti.

Tulevaisuudessa työkalua pyritään kehittämään siten, että mahdollisimman suuri osa tilojen rakenteista ja järjestelmistä voidaan tuottaa valmiilla moduuleilla. Tavoitteena on, että moduulipohjaisesti voidaan jatkossa mallintaa myös lattia- ja kattorakenteet sekä järjestelmien osia, kuten putkistoja ja sähköasennuksia.

Lähteet

Adobe. Viitattu 7.3.2025. Saatavissa <https://www.adobe.com/fi/products/substance3d/discover/parametric-modeling.html>

Alba, M. (2018). What's the difference between parametric and direct modeling? Viitattu 19.1.2025. Saatavissa <https://www.engineering.com/story/whats-the-difference-between-parametric-and-direct-modeling?postID=15510>

Dassault Systemes. Viitattu 25.04.2024. Saatavissa www.3ds.com

Dassault Systèmes. (2019). CATIA Assembly Design 3DEXPERIENCE R2019x. Wichita State University.

Juuti, T., & Lehtonen, T. (2006). Using Multiple Modular Structures in Delivering Complex Products. Proceedings of NordDesign 2006. Reykjavik

Meyer Turku. a. Laivansuunnitteluopas. Yrityksen sisäinen dokumentti. Ei saatavissa.

Meyer Turku. b. Modularisointi Laivanrakennuksessa. Yrityksen sisäinen dokumentti. Ei saatavissa.

Meyer Turku. c. Viitattu 30.4.2024. Saatavissa www.meyerturku.fi

Räisänen, P. 2000. Laivatekniikka – modernin laivanrakennuksen käsikirja. Helsinki: WSOY.

Technology Design and Engineering Eng'nD Oy. Viitattu 30.04.2024. Saatavissa www.engnd.com