

Opinnäytetyö AMK

Konetekniikka, tuotekehitys

2021

Jenni Kallio

BETONIPORTAIDEN KAITEIDEN SUUNNITTELUN SIIRTÄMINEN 2D- SUUNNITTELUSTA 3D- SUUNNITTELUUN

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikka, tuotekehitys

11/2021 | 28 sivua

Jenni Kallio

BETONIPORTAIDEN KAITEIDEN SUUNNITTELUN SIIRTÄMINEN 2D-SUUNNITTELUSTA 3D-SUUNNITTELUUN

Tämä opinnäytetyö tehtiin Combiporras Oy:n toimeksiannosta.

Aiheena oli betoniportaiden kaiteiden suunnittelun tuominen 2D-suunnittelusta 3D-suunnitteluun. Suunnittelun transiitio juontui yrityksen halusta automatisoida suunnitteluprosessin toistuvia työvaiheita, ja täten tehostaa suunnitteluprosessikokonaisuutta.

Työn tavoitteena oli luoda yrityksen PDM-kirjastoon SolidWorks 3D-suunnitteluohjelmistolla parametrisen mallisto yleisimmistä yrityksessä suunniteltavista betoniportaiden kaiteista, sisältäen hyväksymiskuvien ja työkuvien rungot, ja käyttää näitä luotuja parametrisia malleja oikeaan projektiin. Tätä kautta malliston toimivuutta, rakennetta ja logiikkaa päästiin heti testaamaan ja kohentamaan todellisessa suunnitteluympäristössä ja kontekstissa.

Opinnäytetyön lopuksi 3D-suunnittelulla saavutettuja hyötyjä vertailtiin 2D-suunnitteluun, jolla yrityksen suunnittelijat ovat tähän asti kyseessä olevia kaiteita suunnitelleet. Vertailun tuloksena todettiin 3D-suunnittelun olevan ajankäytöllisesti tehokkaampaa, sekä huomattavasti vähemmän virhealtista kuin 2D-suunnittelu.

ASIASANAT:

3D-mallinnus, parametrisen suunnittelu, porras- ja kaidesuunnittelu

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering, Product Development

11/2021 | 28 pages

Jenni Kallio

TRANSITION OF CONCRETE STAIR RAILINGS' DESIGN FROM 2D DESIGN TO 3D DESIGN

The topic of this thesis was the transition of concrete stair railings' design from 2D design to 3D design. It stemmed from the commissioning company's (Combiporras Oy) desire to automate the repetitive aspects of the design process, thus enhancing it.

The objective of this thesis was to create a parametric model-family into the company's PDM-vault, using the SolidWorks 3D-design program. This model-family included the commonly designed concrete stair railings in the company, including the skeletons of their review drawings and manufacturing drawings. The model-family was then used in a real customer project to test its functionality, structure and logic in a real-life design environment and context.

Finally, the benefits gained from using 3D-design were compared to that of 2D-design, which was how the design of these railings had previously been done.

KEYWORDS:

3D-modeling, parametric design, design of stairs and railings

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
1.1 Aiheen kuvaus ja työn tavoite	1
1.2 Yrityksen esittely	1
1.3 Porrassuunnittelun työnkaari yrityksessä	1
2 YLEISKATSAUS 2D- JA 3D-SUUNNITTELUUN	3
2.1 Mitä on CAD	3
2.2 2D-suunnittelu	3
2.3 3D-suunnittelu	4
2.3.1 Rautalankamalli	4
2.3.2 Pintamalli	4
2.3.3 Tilavuusmalli	5
3 PORTAIDEN SUUNNITTELU	6
3.1 Porraskäsitteitä	6
3.2 Porrastyypit	7
3.3 Oleellisimmat säädökset portaiden suunnittelussa	8
4 PARAMETRINEN SUUNNITTELU	11
4.1 Parametri	11
4.2 Objekti-orientaatio	11
4.3 Parametrinen 3D-mallinnus yleisesti	12
4.4 Parametrisen 3D-mallinnuksen hyödyt portaiden suunnittelussa	14
4.5 Konfiguraatioiden käyttö	16
5 OPINNÄYTETYÖN TAUSTOITUSTA	18
5.1 Opinnäytetyön alustus ja alkuasetelma	18
5.2 Porrassuunnitteluprojektin 3D-suunnittelun työnkulku yrityksessä yleisesti	18
6 OPINNÄYTETYÖN TEKEMINEN	20
6.1 Puuttuvan mallin mallinnus	20
6.2 Hyväksymiskuvien ja työkuvienv runkojen teko	22
6.3 Asiakasprojektin 3D-mallin mallintaminen ja hyväksymiskuvien teko	22
6.4 Asiakasprojektin työkuvienv, eli tehtaalle menevien 2D-valmistuspiirustuksien teko	25

7 SUUNNITTELUTAPOJEN VERTAILU	26
8 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	29

KUVAT

Kuva 1. Esimerkki PDM-kirjaston pohjasta asiakkaalle menevästä hyväksymiskuvasta (1/2).	2
Kuva 2. Esimerkki PDM-kirjaston pohjasta asiakkaalle menevästä hyväksymiskuvasta (2/2).	2
Kuva 3. Yksinkertainen (rauta)lankamalli.	4
Kuva 4. Yksinkertainen pintamalli.	5
Kuva 5. Yksinkertainen tilavuusmalli.	5
Kuva 6. Porraskäsitteitä (RT 103027 Portaat ja liuskat 2019, 1).	6
Kuva 7. Esimerkkejä suorasyökyisistä portaista (RT 103027 Portaat ja liuskat 2019, 2).	7
Kuva 8. Portaan nousu ja etenemä sekä kaiteen korkeus (RT 103027 Portaat ja liuskat 2019, 2).	8
Kuva 9. Kaidekorkeudet (RT 103027 Portaat ja liuskat 2019, 10).	9
Kuva 10. Käsijohteet (RT 103027 Portaat ja liuskat 2019, 10).	10
Kuva 11. Kaiteen mitoitusta (RT 103027 Portaat ja liuskat 2019, 10).	10
Kuva 12. Yksinkertainen parametrinen malli.	12
Kuva 13. Mallin parametrit.	13
Kuva 14. Esimerkki 3D-mallin taustalla vaikuttavista parametreista.	14
Kuva 15. Opinnäytetyön aiheena olleen projektin kohdetila 3D-mallinnettuna.	15
Kuva 16. Esimerkki kahdesta eri konfiguraatiosta.	17
Kuva 17. Välitankokiinnike, konfiguraatio 1.	20
Kuva 18. Välitankokiinnike, konfiguraatio 2.	21
Kuva 19. Välitankokiinnike, konfiguraatio 3.	21
Kuva 20. Esimerkkikuva 2D-suunnittelun puolella, jossa projektin kuvat voivat rönseyllä piirustusarkin ulkopuolelle.	24
Kuva 21. Esimerkki hyväksymiskuvien Detail View:stä.	24
Kuva 22. Tuplakäsijohteet.	25

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

2D	Kaksiulotteinen
3D	Kolmiulotteinen
CAD	Computer Aided Design
DWG	AutoCADin tiedostomuoto (Drawing)
FEM	Finite Element Method, elementtimenetelmä. Analysoitava kappale jaetaan äärelliseen määrään elementtejä. Käytetään esimerkiksi lujuuslaskennassa
FEA	Finite Element Analysis. Elementtimenetelmää hyödyntävä analyysi
Hyväksymiskuvat	Yrityksen asiakkaalle lähettämät 2D-piirustukset suunnitelmasta portaasta/portaista osaluetteloiheen
PDM	Product Data Management, Tuotetiedon hallintajärjestelmä
R30	Rakenteellinen paloluokka, 30min palonkesto
Skeletonmalli	Sketcheistä rakentuva kokoonpanon hahmotelma
Sketch	SolidWorks-termi viivoista tehdylle mallille
Relaatio	SolidWorks-termi sketchien, osien ja kokoonpanojen välisille suhteille
Työkuvat	Portaan/portaiden 2D-valmistuskuvat, jotka lähetetään yrityksen tehtaalle

1 JOHDANTO

1.1 Aiheen kuvaus ja työn tavoite

Opinnäytetyön aiheena on betoniportaiden kaiteiden suunnittelun tuominen 2D-suunnittelusta 3D-suunnitteluun. Aihe valikoitui toimeksiantavan yrityksen omasta halusta automatisoida suunnitteluprosessin toistuvia työvaiheita 3D-suunnittelun avulla ja täten tehostaa suunnitteluprosessikokonaisuutta.

Yrityksellä on porrassuunnittelun 3D-työkaluna Solidworks-ohjelmisto jo entuudestaan. Työn tavoitteena on luoda SolidWorksilla parametrinen mallisto yleisimmistä betoniportaista ja niiden kaiteista, ja käyttää luotua mallistoa oikeaan projektiin. Lopuksi 3D-suunnittelulla saavutettuja hyötyjä vertaillaan 2D-suunnitteluun.

1.2 Yrityksen esittely

Combiporras Oy on vuonna 2006 perustettu monipuolinen porrassuunnitteluyritys. Palveluihin kuuluvat teräsportaiden suunnittelu, valmistus, asennus ja myynti. Tuotevalikoimaan sisältyy kierreportaat, suorat portaavat, porrastornit, R30-portaavat, sisustusportaavat, kaiteet ja porrassuunnittelut. Asiakkaita yrityksellä ovat rakennusliikkeet ja isot julkiset toimijat.

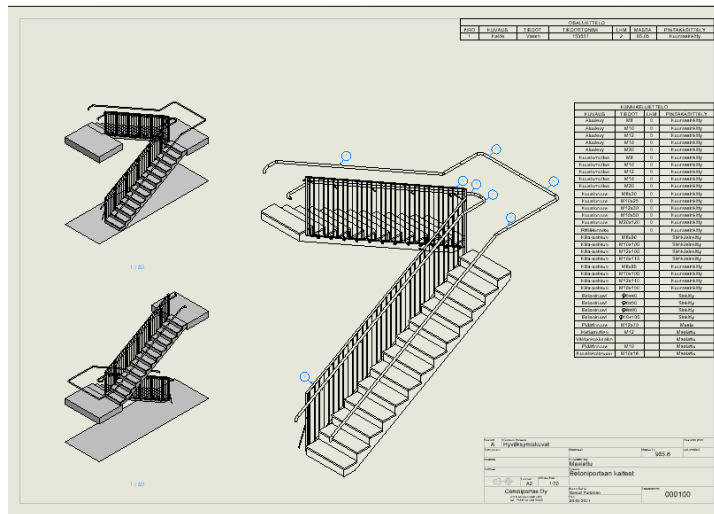
Yrityksellä on kaksi tehdasta, jotka sijaitsevat Kaarinassa ja Taivassalossa. Kaarinan tehtaalla yhteydessä toimii myös yrityksen pääasiainen toimisto. Yritys työllistää yhteensä 36 henkilöä, joista 6 on toimihenkilöitä ja 30 tuotannon työntekijöitä.

1.3 Porrassuunnittelun työnkaari yrityksessä

Porrassuunnittelun työnkaari on Combiporras Oy:llä aina samanlainen.

Projektin alussa suunnittelija tekee olemassa olevan materiaalin pohjalta (arkkitehdin kuvat, rakennuskuvat, mahdolliset tarkemmittaukset ja valokuvat työmaalta) 2D-hyväksymiskuvat portaasta/portaista (kuvat 1 ja 2). 2D-hyväksymiskuvien pohjalla on 3D-malli, joka on mallinnettu edellä mainitun annetun tiedon perusteella. Hyväksymiskuvat hyväksytetään asiakkaalla, jonka jälkeen portaasta tehdään 2D-valmistuskuvat, jotka lähetetään yrityksen omalle tehtaalle tuotantoon. Mikäli portaaseen on tullut muutoksia

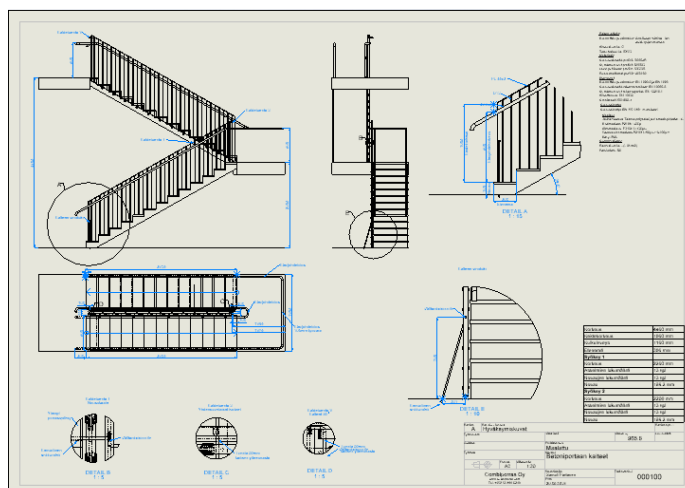
asiakkaan toimesta hyväksymisvaiheessa, muutokset päivitetään 3D-malliin ja 2D-kuviin ennen työkuvienv lähettämistä eteenpäin.



Kuva 1. Esimerkki PDM-kirjaston pohjasta asiakkaalle menevästä hyväksymiskuvasta (1/2).

Hyväksymiskuvista ilmenevät:

- portaan/kaiteiden sijainti kohdeympäristössään
- portaan korkeus, etenemä ja nousu
- kaiteiden korkeudet ja niissä käytetyt profiilit
- portaan/kaiteiden kiinnitys ympäristöönsä.



Kuva 2. Esimerkki PDM-kirjaston pohjasta asiakkaalle menevästä hyväksymiskuvasta (2/2).

2 YLEISKATSAUS 2D- JA 3D-SUUNNITTELUUN

Koska 2D- ja 3D-suunnitteluun perehtyviä töitä on olemassa niin paljon, tässä työssä kuvataan hyvin lyhyesti nämä kaksi eri suunnittelutapaa, ja perehdytään yleisesti niiden vahvuuksiin, heikkouksiin ja eroihin.

2.1 Mitä on CAD

CAD on lyhenne englanninkielisistä sanoista Computer-Aided Design, eli tietokoneavusteinen suunnittelu. Se tarkoittaa suunnitteluprosessin tukemista tietokoneella sen eri vaiheissa. (Pere 2012, 2-11.)

Tietokoneita on käytetty suunnittelun apuna jo 1920-luvun puolivälistä asti. Termiä ”Computer Aided Design” (CAD) alettiin käyttämään 1950-luvulla, ja termin keksijänä pidetään Douglas Rossia, tietojenkäsittelytieteilijää MIT:ltä.

2.2 2D-suunnittelu

2D-suunnittelu eli 2-ulotteinen suunnittelu tarkoittaa kappaleiden piirtämistä kaksiulotteisesti. Kaksiulotteisessa suunnittelussa luodaan deskriptiivistä geometriaa, eli pyritään kuvaamaan kolmiulotteista kappaletta yhdessä tasossa (Pere 2012, 1-14).

Koska kaksiulotteisessa suunnittelussa kappale esitetään tasossa, sen täydellinen hahmottaminen vaatii usean eri projektion käyttämistä. Täten suunnittelijan ammattitaito määrittää sen, kuinka helposti tieto välittyy kuvista katsojalle.

Konseptuaalisesti ajatellen 2D-suunnittelu muistuttaa paljon perinteistä paperille piirtämistä kynän kanssa. Mutta toisin kuin paperille piirrettäessä, 2D-suunnittelussa muutoksien tekeminen on helppoa ja vaivatonta, sillä kaikki tapahtuu virtuaalisesti.

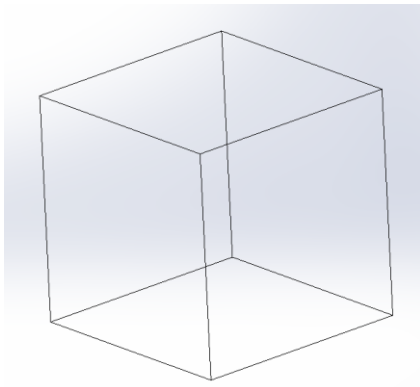
Osassa suunnitteluprojekteja on edelleen perusteltua käyttää 2D-suunnittelua, mikäli suunnittelun laajuus ja luonne eivät vaadi monimutkaisemman 3D-suunnittelun käyttöä.

2.3 3D-suunnittelu

3D-suunnittelussa tehdään suunnittelutyötä kolmiulotteisten kappaleiden ja mallien avulla. 3D-malli voi olla tyypiltään lanka-, pinta-, tai tilavuusmalli (Pere 2012, 2-18).

2.3.1 Rautalankamalli

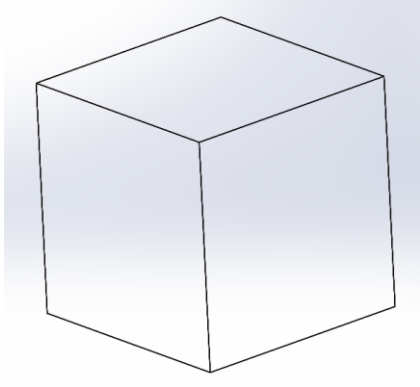
Lanka- tai toiselta nimeltään rautalankamalli (kuva 3) kuvaa kappaletta sen särmien kautta. Se on rajoittunut tapa kuvata kappaletta, eikä sen avulla voi laskea esimerkiksi kappaleen tilavuutta, mutta ajoittain siitä on hyötyä suunnitteluprosessin aikana. On esimerkiksi perusteltua tarkastella kappaletta/kokoonpanoa sen rautalankamallin avulla, kun kahden päällekkäin menevän osan kokoonpanossa on todennettava, meneekö reikä koko osan läpi, vaiko vain ulomman osan, joka näkyy tarkastelussa.



Kuva 3. Yksinkertainen (rauta)lankamalli.

2.3.2 Pintamalli

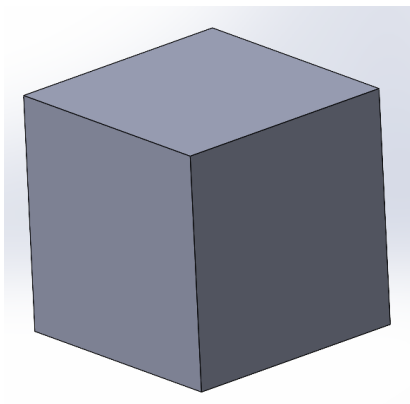
Pintamallissa (kuva 4) on kappaleen särmien lisäksi määritetty myös kappaleen muoto särmien välillä, mikä helpottaa mallin hahmottamista kokonaisuudessaan. Pintamallista voidaan laskea pinta-ala, mutta ei massaa ja tilavuutta.



Kuva 4. Yksinkertainen pintamalli.

2.3.3 Tilavuusmalli

Yleisin ja eniten tieto antava malli on tilavuusmalli (kuva 5). Se kuvaa kappaleen muodon tarkasti ja siitä pystytään laskemaan sekä massa, tilavuus että pinta-ala. Sitä pystytään myös käyttämään kaikissa mallin/kokoonpanon kannalta oleellisissa tarkasteluissa, kuten esimerkiksi FEA:ssa, aerodynamiikkasimulaatioissa ja törmäystarkasteluissa.



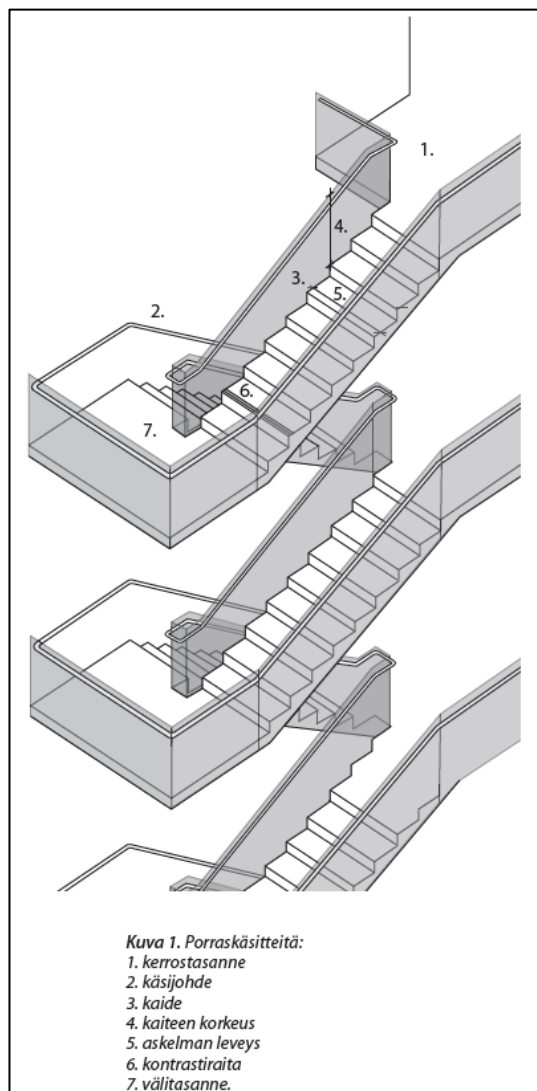
Kuva 5. Yksinkertainen tilavuusmalli.

3 PORTAIDEN SUUNNITTELU

3.1 Porraskäsitteitä

Tässä kappaleessa perehdytään portaiden suunnittelua ohjaaviin sääntöihin, määräykseen ja ohjeisiin, jotka on antanut Ympäristöministeriö (*Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta*- dokumentti) ja RT-kortisto (RT 103027 PORTAAT JA LUISKAT).

Alla olevassa kuvassa (kuva 6), esitetään portaaseen liittyviä peruskäsitteitä.

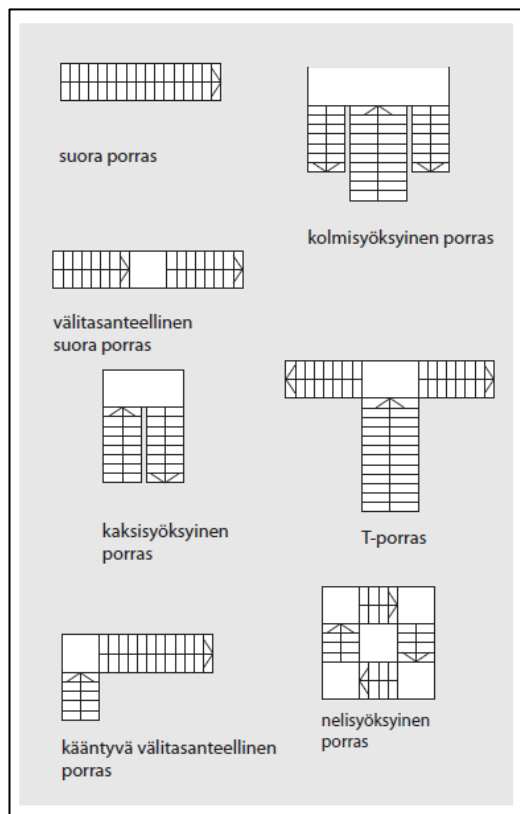


Kuva 6. Porraskäsitteitä (RT 103027 Portaات ja liuskat 2019, 1).

3.2 Porrastyypit

Portaat voidaan jakaa muodon perusteella suoriin ja kiertäviin portaisiin. Suorat portaat voidaan edelleen jakaa (kuva 7):

- suora porras
- kolmisyöksyinen porras
- välitasanteellinen suora porras
- kaksisyöksyinen porras
- T-porras
- kääntyvä välitasanteellinen porras
- nelisyöksyinen porras.



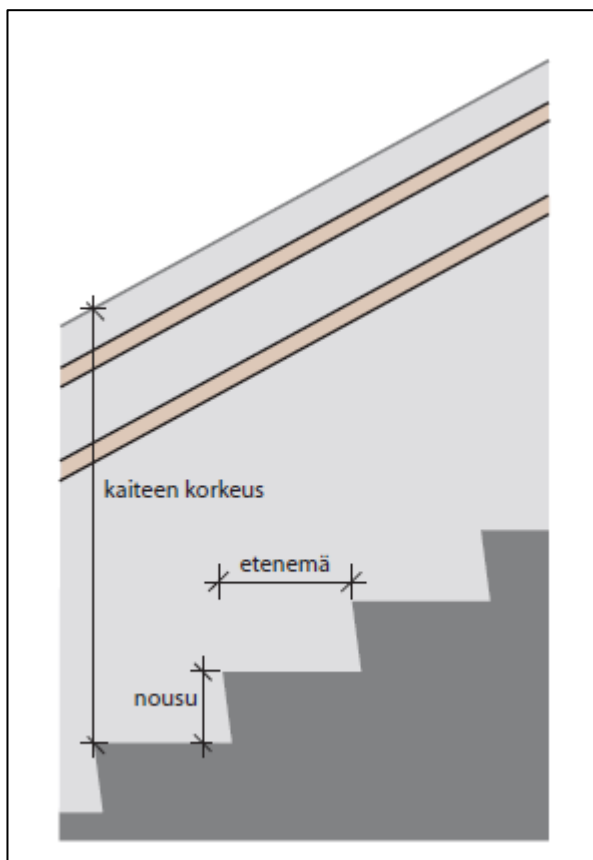
Kuva 7. Esimerkkejä suorasyöksyisistä portaista (RT 103027 Portaat ja liuskat 2019, 2).

Opinnäytetyön aiheena ollut projekti oli porrashuone, jossa oli neljä päällekkäistä kaksisyöksyistä porrasta.

3.3 Oleellisimmat säädökset portaiden suunnittelussa

Porras on suunniteltava ja mitoitettava niin, että se on helppokulkuinen. Jokaiselta poistumisalueelta on oltava mahdollista kuljettaa uloskäytävän kautta liikkumiskyvytön henkilö paareilla. Portaan askelman nousuksi suositellaan noin 150 mm ja etenemäksi noin 320 mm. Nousun ja etenemän mitoittamisessa käytetään kaavaa: $2 \times \text{nousu} + \text{etenemä} = 630 \text{ mm}$, sisätiloissa 620...640 mm ja ulkotiloissa enintään 660 mm. (RT 103027 Portaatt ja liuskat 2019, 3.)

Kuvassa 8 on esitetty portaan nousun, etenemän ja kaidekorkeuden mitoituspaiikat.



Kuva 8. Portaan nousu ja etenemä sekä kaiteen korkeus (RT 103027 Portaatt ja liuskat 2019, 2).

Suosittelua on, että askelmat toteutetaan umpinaisina, mutta jos askelmat ovat avoaskelmia, niiden välistä saa mahtua enintään 100 mm:n kokoinen kuutio. Betoniportaissa askelmat toteutetaan aina umpinaisina.

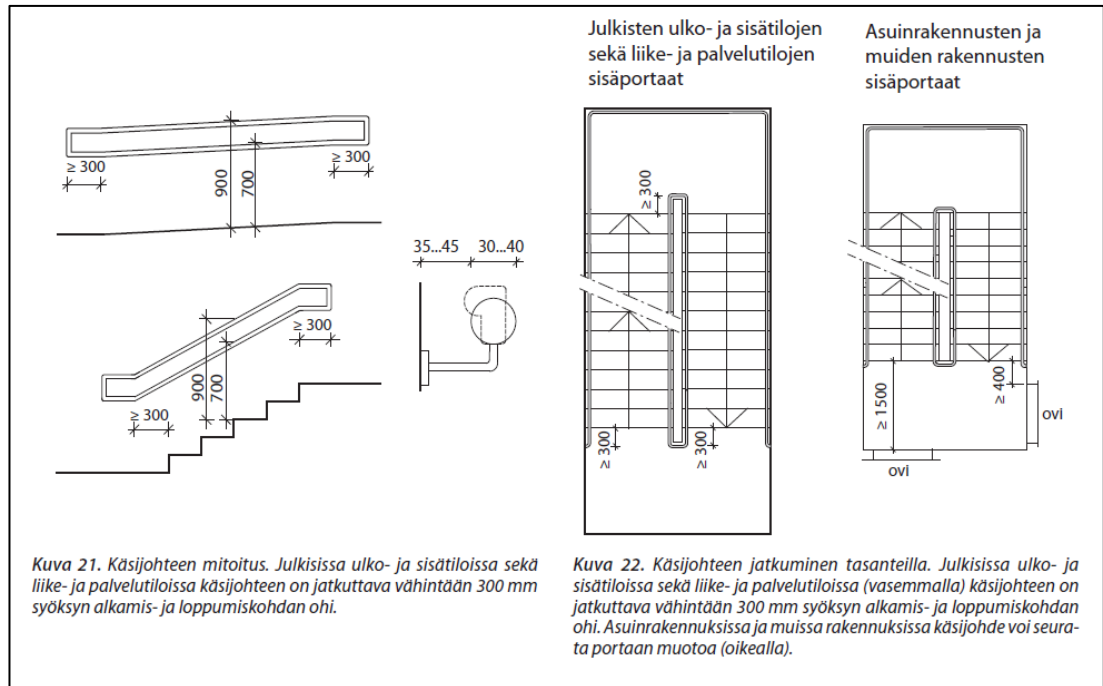
Käyttöturvallisuusasetuksen mukaan portaassa ja luiskassa koko sen pituudella molemmilla puolilla on oltava käsijohde (RT 103027 Portaat ja liuskat 2019, 9). Käsijohde sijoitetaan 900 mm korkeudelle, ja sen seinäkiinnitykset pitää toteuttaa niin, että käsi pystyy liukumaan esteettä sen yläpinnalla.

Käyttöturvallisuusasetuksen mukaan rakennuksessa tai sen lähiympäristössä on oltava kaide, kun putoamiskorkeus ylittää 0,5 metriä ja putoamisen tai harhaan astumisen vaara on olemassa, eikä toiminnan luonne edellytä kaiteettomuutta. Kaiteen on oltava turvallinen ja kestävä siihen kohdistuvat kuormat. Kaide voi olla suojakaide tai avokaide. (RT 103027 Portaat ja liuskat 2019, 10.)

Kaiteen korkeus määräytyy putoamiskorkeuden mukaan kuvan 9 osoittamalla tavalla, ja käsijohteen mitoitus on havainnollistettu kuvassa 10.

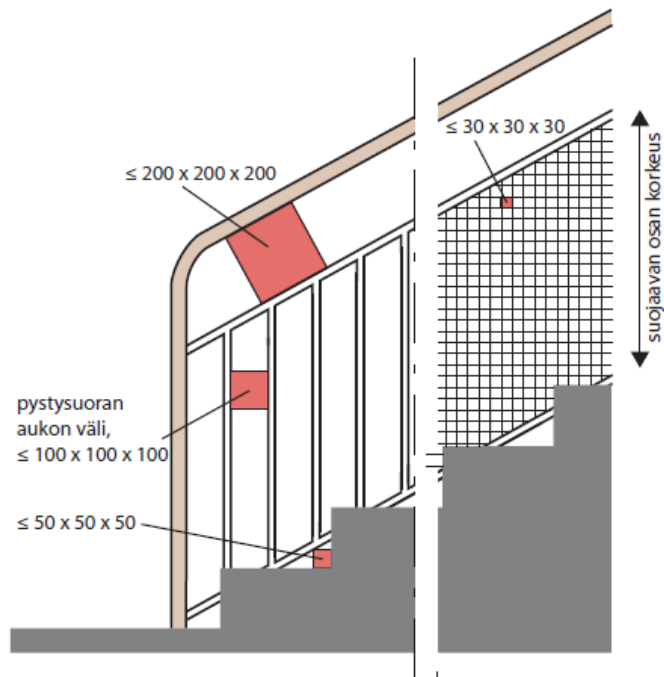
Putoamiskorkeus (mm)	Kaiteen koko korkeus (mm)
enintään 6000	vähintään 1000
yli 6000	vähintään 1200
Asuinhuoneiston sisäinen porras ja tasanne, kun putoamiskorkeus on alle kolme metriä.	vähintään 900

Kuva 9. Kaidekorkeudet (RT 103027 Portaat ja liuskat 2019, 10).



Kuva 10. Käsijohteet (RT 103027 Portaat ja liuskat 2019, 10).

Kuvassa 11 on havainnollistettu muita kaiteen suunnittelua ohjaavia määräyksiä, jotka vaikuttavat kaiteen turvallisuuteen.



Kuva 11. Kaiteen mitoitusta (RT 103027 Portaat ja liuskat 2019, 10).

4 PARAMETRINEN SUUNNITTELU

4.1 Parametri

Sana parametri juontuu kreikan sanoista *para* (sijasta) ja *metron* (mitta), eli se tarkoittaa termiä, joka määrittää toisen mitan, tai jota käytetään toisen mitan sijaan. Parametri ei ole sama asia kuin muuttuja, sillä se on eksaktimpi käsite. Matematiikassa parametri määritellään yhtälössä muuttujaksi, joka määrittelee yhtälön tarkan muodon mutta ei sen yleistä luonnetta.

Parametrisessa 3D-mallinnuksessa parametri tarkoittaa yleensä muuttujaa yhtälöissä, jotka määrittävät muita arvoja. Toisin kuin vakiolla, parametrilla voi olla monia eri arvoja.

4.2 Objekti-orientaatio

Moderni parametrinen ohjelmisto käyttää yleensä objektiorientoitunutta lähestymistapaa: käyttäjä luo ja muokkaa objekteja, esimerkiksi ympyröitä ja viivoja, ja jokaisella objektilla on arvoja, jotka määrittävät sen ominaisuudet. Esimerkiksi ympyrällä on aina ainakin halkaisijalle jokin arvo, ja suorakulmalla sen sivujen pituudet. Selkeyden vuoksi on lähes aina myöskin perusteltua nimetä objektit tunnistettavasti.

Nämä objektien arvot voivat olla joko vakioita tai funktioita, joiden lopullinen arvo on laskettava erikseen. Funktioiden hyöty olla arvona juontuu siitä, että funktio voi ottaa arvonsa toisista ominaisuuksista, jotka kuuluvat toisille objekteille. Seuraavassa hypoteettinen funktio ympyrän (Y) säteelle:

$$Y.Säde = välimatka(PisteA, PisteB)$$

Lauseke määrittää, että ympyrän säde ei ole vakio numeerinen arvo, vaan säteen arvo määräytyy pisteiden A ja B välimatkan mukaan. *Y.Säde* on tässä tilanteessa *riippuva muuttuja*, sillä se riippuu toisista arvoista.

Tällaisia konstruktioita voi kuvata myös nimellä assosiatiivinen geometria. Parametrien assosiaatio antaa mahdollisuuden derivoida tuntemattomia

kokonaisuuksia tunnetuista. Yllä olevassa esimerkissä mikäli välimatka pisteiden välillä muuttuu, ympyrän säde muuttuu myös.

Tätä yhden objektin arvon muuttumista muiden objektien muutosten mukaan kutsutaan propagaatioksi. Suuremmissa yhteen liitettyjen arvojen kokonaisuudessa muutos yhdessä tai muutamassa parametrissa propagoituu koko järjestelmän läpi. Tämä propagaatio muokkaa attribuuttien arvoja, ja sitä kautta koko kokonaisuuden lopputulosta.

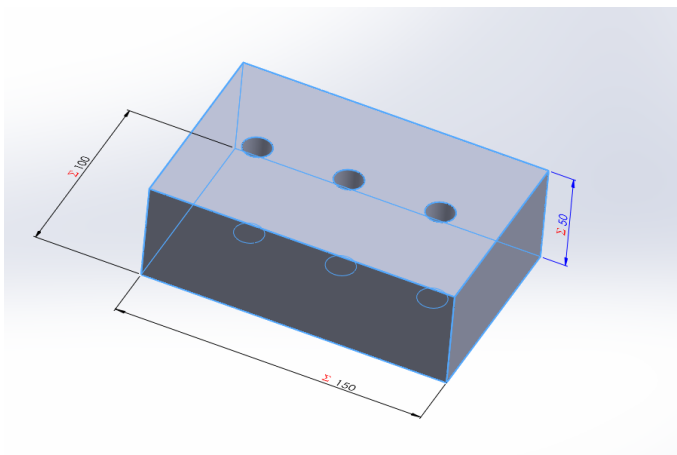
Yksinkertainen esimerkki assosioituneista arvoista ja propagaatiosta voisi olla vaikka seuraavanlainen:

Hypoteettisessa portaan 3D-mallin tasokaiteessa kaiteen pituus määräytyy yhden ohjaavan sketchin avulla. Tähän yksinkertaiseen viivaan ja sen pituuteen on sidottu sketch kaiteen suorakulmaisesta muodosta. Tämän kaiteen muotosketchin sisälle on luotu piirre kuvaamaan kaiteen pinnoja, joita on tullava tietty määrä tietyin, määrätyin välimatkoin (100 mm).

Kun tasokaiteen malli perustuu parametriaan, pelkästään kaiteen ohjaavan sketchin pituutta muuttamalla pintojen lukumäärä muuttuu myös automaattisesti, eli pituuden muutos propagoituu tasokaiteen mallin arvojen assosiaatioiden kautta koko 3D-mallin lävitse.

4.3 Parametrinen 3D-mallinnus yleisesti

Esimerkki yksinkertaisesta parametrisesta 3D-mallista voisi olla kuvan 12 kaltainen.



Kuva 12. Yksinkertainen parametrinen malli.

Kuvassa 13 havainnollistetaan kuvan 12 parametrinen 3D-mallin taustalla olevia yhtä-
löitä, jotka tässä tapauksessa ovat verrattain yksinkertaiset.

e	Value / Equation	Evaluates to
Global Variables		
"pituus"	= 300	300
"leveys"	= "pituus" * 1.5	450
"korkeus"	= "pituus" / 2	150
"reikäväli"	= 50	50
"reian halkaisij"	= 14	14
<i>Ada global vari</i>		
eatures		
<i>Ada feature sup</i>		
uations		
"D1@Boss-Extr"	= "korkeus"	150mm
"D2@Sketch2"	= "pituus" / 2	150mm
"D3@Sketch2"	= "reian halkaisija"	14mm
"D3@LPattern"	= "reikäväli" + "reian halkaisija"	64mm
"D1@muoto"	= "pituus"	300mm
"D2@muoto"	= "leveys"	450mm
"D1@LPattern"	= IIF ("leveys" - ("reikäväli" + "reian halkaisija") > ("reikäväli" + "reian halkaisija") > "reikäväli", int ("leveys" / ("reikäväli" + "reian halkaisija")) + 1, int ("leveys" / ("reikäväli" + "reian halkaisija"))) / 7	7

Kuva 13. Mallin parametrit.

Mallissa "pituus" on parametri jonkin luvun sijaan, ja määrettä muuttamalla koko kappaleen dimensiot muuttuvat automaattisesti.

Kuvassa 13 viimeisellä rivillä näkyvä kommentorivi liittyy reikien lukumäärään suhteessa kappaleen leveyteen. Mikäli leveys on annetun arvon yläpuolella, eli mikäli leveys on suurempi kuin reikäväli, reikiä on kommentorivillä lukeva määrä. Mikäli leveys on annetun arvon alapuolella, ohjelmointikieli käskee mallia palauttamaan toisen määrän reikiä malliin.

Opinnäytetyön tilanneella yrityksellä on käytössään verrattain riisuttu ohjelmointikielilogiikka mallien parametrin rakentamiseen. Yhtälöissä käytetään pääosin "jos"->"muuten" logiikkaa, mikä toimii hyvin mallien luonteen takia eikä rasita liikaa järjestelmiä. Pääosin mallit rakentuvat juuri edellä mainitulla tavalla, eli kommentoriville on ohjelmoitu esimerkiksi seuraavanlainen lauseke:

"Jos (parametri)leveys on suurempi kuin 100, reikien lukumäärä on 5, muuten reikien lukumäärä on 3."

Tällainen ehdollinen joko/tai rakenne toimii porrassuunnittelun yhteydessä, sillä eri vaihtoehtoja ei ole hirveän montaa johtuen portaisiin liittyvistä säädöksistä ja määräyksistä.

Parametrisessa mallinnuksessa pitää tasapainoilla mallin keveyden ja helppokäyttöisyyden, mutta toisaalta myös mahdollisimman hyvän kattavuuden välillä. Jos parametrisista funktioista ja relaatioista tekee liian monimutkaisia, mallista itsestään tulee raskas tietokoneen käyttöä. Tämä vie tehokasta työaika, koska muutosten päivittyminen 3D-malliin

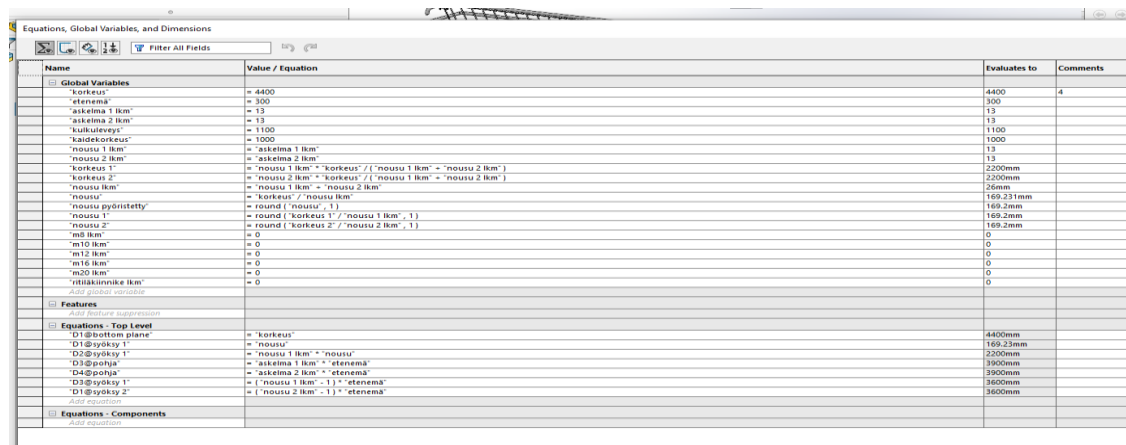
saattaa tapauksesta ja raskaudesta riippuen kestää jopa minuutteja. Myöskin jos parametriset komennot ovat liian yksityiskohtaisia ja monimutkaisia, niitä ei muut kuin parametrin luonut henkilö kykene helposti ja luontevasti ilman ohjausta käyttämään ja muokkaamaan. Esimerkiksi opinnäytetyön tilanteen yrityksen kohdalla on tärkeää, että mallien parametreja on suhteellisen helppo ymmärtää ja muokata, jotta muutkin kuin vain ne luonut henkilö kykenevät niitä käyttämään.

4.4 Parametrin 3D-mallinnuksen hyödyt portaiden suunnittelussa

Kuten aiemmassa kappaleessa jo todettiin, portaiden suunnitteluun liittyy paljon sääntöjä, määräyksiä ja suosituksia. Tämän takia parametrinen mallinnus hyödyttää suuresti 3D-suunnitteluprosessia, sillä perustasoltaan ja -logiikaltaan kaikki suunniteltavat portaat ovat hyvin samankaltaisia keskenään.

Eri projekteihin voi portaasta muuttua (esimerkiksi suoraa porrasta tarkastellessa) muun muassa kaidekorkeus, askelmien lukumäärä, nousu ja etenemä. Portaan perusrakenne pysyy kuitenkin samanlaisena, eli syöksy lähtee joltain määrättyltä sijainnilta ja päättyy johonkin määrättyyn sijaintiin, ja näiden kahden pisteen väli on helposti laskettavissa nousua ja etenemää käyttäen.

Kuvassa 14 esitellään suorasyöksyisen portaan 3D-mallin taustalla vaikuttavasta yksinkertaisesta parametriasta.

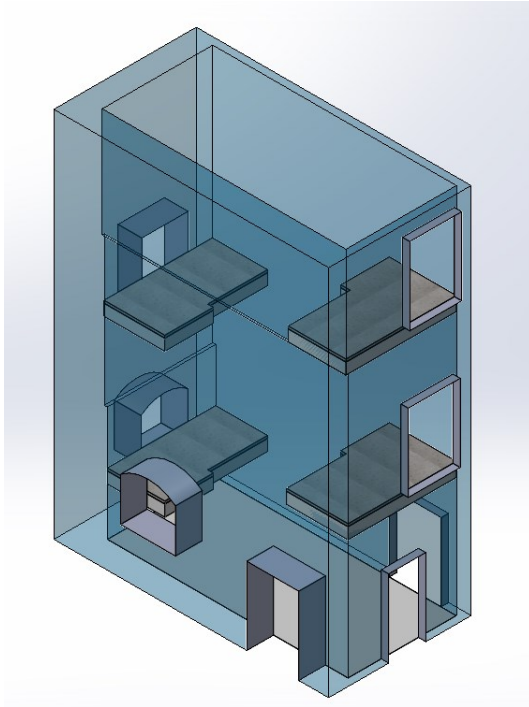


Name	Value / Equation	Evaluates to	Comments
Global Variables			
"korkeus"	= 4400	4400	4
"etenema"	= 390	390	
"askelma 1 ikm"	= 13	13	
"askelma 2 ikm"	= 13	13	
"kulkuleveys"	= 1100	1100	
"kaidekorkeus"	= 1000	1000	
"nousu 1 ikm"	= "askelma 1 ikm"	13	
"nousu 2 ikm"	= "askelma 2 ikm"	13	
"korkeus 1"	= "nousu 1 ikm" * "korkeus" / ("nousu 1 ikm" + "nousu 2 ikm")	2200mm	
"korkeus 2"	= "nousu 2 ikm" * "korkeus" / ("nousu 1 ikm" + "nousu 2 ikm")	2200mm	
"nousu ikm"	= "nousu 1 ikm" + "nousu 2 ikm"	26mm	
"nousu"	= "korkeus" / "nousu ikm"	169.231mm	
"nousu pyöristetty"	= round ("nousu", 1)	169.2mm	
"nousu 1"	= round ("korkeus 1" / "nousu 1 ikm", 1)	169.2mm	
"nousu 2"	= round ("korkeus 2" / "nousu 2 ikm", 1)	0	
"m8 ikm"	= 0	0	
"m10 ikm"	= 0	0	
"m12 ikm"	= 0	0	
"m16 ikm"	= 0	0	
"m20 ikm"	= 0	0	
"m24 ikm"	= 0	0	
Equations - Top Level			
"D1@bottom plane"	= "korkeus"	4400mm	
"D2@syöksy 1"	= "nousu"	169.23mm	
"D3@syöksy 1"	= "nousu 1 ikm" * "nousu"	2200mm	
"D4@pöytä"	= "askelma 1 ikm" * "etenema"	3900mm	
"D5@pöytä"	= "askelma 2 ikm" * "etenema"	3900mm	
"D6@syöksy 1"	= ("nousu 1 ikm" - 1) * "etenema"	3600mm	
"D7@syöksy 2"	= ("nousu 2 ikm" - 1) * "etenema"	3600mm	

Kuva 14. Esimerkki 3D-mallin taustalla vaikuttavista parametreista.

Kun mallit perustuvat parametriaan, projektikohtaiset arvot (portaan korkeus, kulkuleveys, nousu, etenemä, kaidekorkeus) syötetään malliin, joka muokkaantuu halutun

laiseksi. Jäljelle jää hienosäätöisemmät muokkaukset, sekä ympäristön (esimerkiksi kuvan 15 kaltainen) muokkaus. Ympäristö mallinnetaan 3D-malliin aina mukaan, jotta nähdään, sopiiko porras/kaiteet sille annettuun tilaan hyvin, ja pitääkö tehdä muutoksia, jotta määräykset täyttyvät.



Kuva 15. Opinnäytetyön aiheena olleen projektin kohdetila 3D-mallinnettuna.

Kuvassa 15 on havainnollistettuna, miten kohdetila voi olla esimerkiksi porrashuone. Ympäristö voi myös olla esimerkiksi rakennuksen kylki, johon portas sijoittuu. Kun tämä seinä on mallinnettu, saatetaan todeta, että porrasta ei voi laittaa aivan seinään kiinni, sillä rakennuksen seinäpinta tulee ulommaksi kuin itse sokkeli, johon portas kiinnitetään. Myös voidaan esimerkiksi todeta, että arkkitehdin määrittämä sijainti portaalle arkkitehtikuvissa ei ole suoraan säädösten mukainen, sillä oviaukon ja syöksyn alun väliin ei jää määräysten mukaista 400 mm. Erinäiset pilarit ynnä muut tukirakenteet kohdetilassa voivat myös rajoittaa portaan sijoittelua tavoilla, joita ei suoraan havaitse 2D-arkkitehti- ja rakennuskuvista.

Parametrinen mallinnus helpottaa myös jälkikäteen tehtävien muutoksien tekemistä. On erinäisiä tilanteita, joiden takia jo valmiita malleja pitää muokata jälkeinpäin tulleen tiedon perusteella (yleensä työmaalta tulleet mittojen muutokset, tai harvinaisemmissa tapauksissa itse portaan geometriaan tai ulkomuotoon liittyviä suurempia muutoksia, jotka

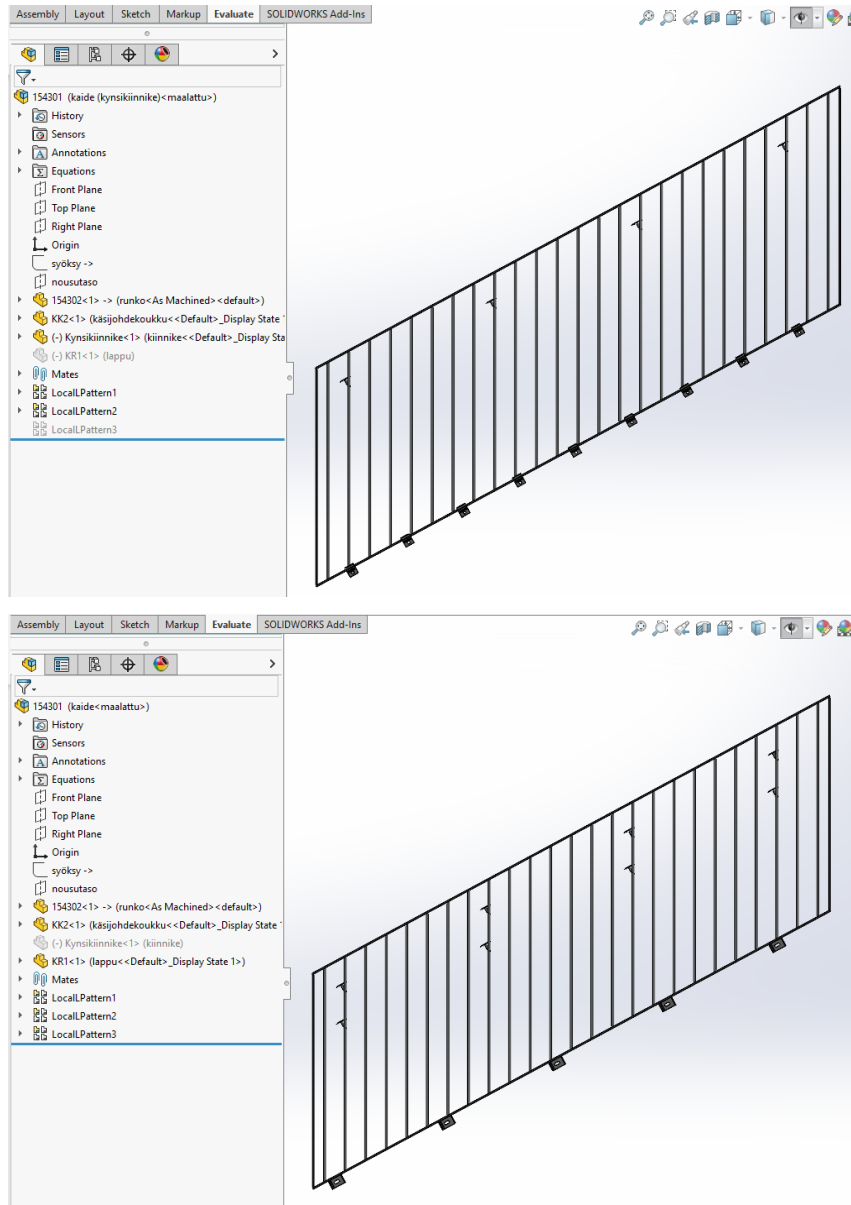
tulevat asiakkaalta hyväksymiskuvien tekemisen jälkeen). Mallien ollessa parametrisia, muokkaukset käyvät nopeasti ja mallin sisäisten parametrusten linkityksien kautta muutokset päivittyvät kaikkiin asianosaisiin osiin välittömästi. Ei-parametrisella mallinnusmenetelmällä rakennetut kokoonpanot vaativat jokaisen muutoksesta vaikuttuneen osan muokkaamisen erikseen yksilöllisesti, mikä voi viedä paljon työaikaa, mikäli kokoonpano on suuri ja muuttuvia osia paljon. Jokaisen osan erikseen muokkaaminen vaatisi myös huomattavan määrän tietoa siitä, mitkä kaikki osat mallissa tulevat muutoksen takia muuttumaan.

4.5 Konfiguraatioiden käyttö

Parametrinen mallinnus portaiden suunnittelussa hyödyntää myös konfiguraatioiden käyttöä. Konfiguraatioiden käyttö on mallinnustapa, jossa osan tai kokoonpanon sisälle tehdään kaksi tai useampi variaatio samasta osasta tai kokoonpanosta. Eri konfiguraatioissa voi muuttua esimerkiksi jokin mitta, tai kaiteen malli.

Konfiguraatioiden käyttö keventää ja helpottaa mallinnusta, sillä jokaiselle eri osalle ei tarvitse olla täysin omaa tiedostonimikettään, vaan näitä saman osan eri vaihtoehtoja pystyy muokkaamaan osan sisältä käsin. Tämä helpottaa myös PDM-järjestelmään kohdistuvaa kuormaa, sillä saman osan sisällä olevat melkein samankaltaiset osat ovat kaikki kuitenkin yhden osan tiedostonimikkeen alla PDM:ssä, eikä jokaisella hivenen erilaisella osalla ole kaikilla oma tiedostonsa.

Kuvan 16 esimerkeissä on kaksi nousukaidetta, jotka ovat muuten samanlaisia, mutta kaiteen kiinnitykset porrassyöksyyn ovat erilaiset, ja käsijohdekoukkuja on eri määrät. Sen sijaan, että PDM:ää kuormitettaisiin kahdella eri tiedostonumeron omaavalla osalla, jotka ovat muuten näin lähellä toisiaan, nämä kaksi eri vaihtoehtoa on mallinnettu saman tiedostonimen sisälle eri konfiguraatioiksi. Kun tätä kaiteen mallia käytetään projektissa, suunnittelija voi yksinkertaisesti poistaa sen konfiguraation, joka siinä kyseisessä työssä on turha.



Kuva 16 Esimerkki kahdesta eri konfiguraatiosta.

5 OPINNÄYTETYÖN TAUSTOITUSTA

5.1 Opinnäytetyön alustus ja alkuasetelma

Betoniportaiden kaiteiden kaikki mallit, piirustukset ja työkuvat olivat 2D-CAD puolella AutoCAD:illa tehtyinä.

Opinnäytetyön laajuus huomioon ottaen todettiin olevan ajankäytöllisesti tehokkainta, että parametrisia malleja jo kolme vuotta luonut, yrityksessä myös työskentelevä kollega tekee alustustyön opinnäytetyölle luomalla uudet parametriset 3D-mallit yleisimmille yrityksessä valmistettaville betoniportaiden kaiteille.

Opinnäytetyön tekijälle jäi tehtäväksi parametristen 3D-mallien osalta kaikkien osien työkuvioiden teko, ja yhden puuttuvan mallin mallintaminen ja PDM-kirjastoon lisääminen. Näiden toimenpiteiden jälkeen betoniportaiden kaiteiden 3D-suunnittelulle oleelliset perustat oli luotu.

Perusajatuksena oli, että kun tämä pohjatyö on tehty ja kunnossa, voi lähteä tekemään oikeaa asiakasprojektia parametristen 3D-mallien kanssa. Alun perin oli suunnitelmana, että opinnäytetyön alaisessa projektissa tulee olemaan neljä eri porrasta, ja tarkoitus oli jokaisen portaan aikana ja jälkeen läpikäydä parametristen mallien toimivuutta ja helpokäyttöisyyttä, ja muokata malleja työn ohessa kohti optimaalisempaa käyttöasetusta.

Todellisuudessa asiakasprojekti, joka tehtiin tämän opinnäytetyön alla, oli yksi porrashuone. Porrashuoneessa oli neljä syöksyä ja niissä nousukaiteet ja tuplakäsijohteet, ja seinää kiersivät myös tuplakäsijohteet.

5.2 Porrassuunnitteluprojektin 3D-suunnittelun työnkulku yrityksessä yleisesti

Suunnitteluprojektin 3D-suunnittelun kulku yrityksessä etenee seuraavanlaisesti. Tarpeelliset dokumentit, mitat ja tiedot saatuaan uuden projektin alussa suunnittelijalla on kaksi vaihtoehtoa:

1. Suunnittelija voi hakea PDM:stä asianomaista projektia muistuttavan aikaisemman työn, kopioida tämän työn uuden työnumeron alle uuteen kansioon PDM:ään, ja tehdä tarpeelliset muutokset 3D-malliin
2. Suunnittelija voi hakea PDM:stä kyseisen portaан kirjastomallin, kopioida sen uuden työnumeron alle, ja tehdä kaikki muokkaukset malliin alusta asti

Vaihtoehto 1 on kokonaisuudessaan nopeampi ja tehokkaampi tapa toimia, sillä portaан/portaiden 3D-malli on valmiiksi siistityimmässä asussa edellisen projektin jäljiltä. Sieltä on poistettu kaikki turhat konfiguraatiot, ja hyväksymiskuvatkin ovat vähemmällä muokkauksella valmiit, koska niitä on jo aiemmin käsitelty ja siistitty. Myös työkuvat ovat lähtökohtaisesti pidemmälti valmiit, sillä niistä on aikaisempaan projektiin siistitty turhat sivut pois, ja mitoitus on luultavasti pysynyt paremmin kohdillaan.

Vaihtoehto 2:ssa 3D-malliin tehdään muokkaukset alusta asti, eli poistetaan turhat konfiguraatiot, ja mallia ja ympäristöä muokataan muutenkin rajummin. Tämä vaihtoehto on parempi siinä tilanteessa, ettei työn alla olevan projektin kaltaista porrasta löydy jo tehtynä PDM:stä. Tämä vaihtoehto on kuitenkin myös hitaampi ja työläämpi, sillä kirjaston mallissa portaан sisällä on monesta osasta monta eri konfiguraatiota, joista on kaikki turhat poistettava. Myös työkuvissa on monta poistettavaa sivua ylimääräisten konfiguraatioiden myötä, ja suurimmassa osassa tapauksista työkuvat täytyy myös mitoittaa alusta asti uudestaan, sillä mitat ovat nyrjähtäneet pois sijoiltaan.

PDM:n kirjastomallit ovat siis tarkoituksella vain puolivalmiita runkoja. Niitä on tarkoituksella muokata jälkeenpäin, jotta ne sopivat aina kulloiseenkin työn alla olevaan projektiin.

6 OPINNÄYTETYÖN TEKEMINEN

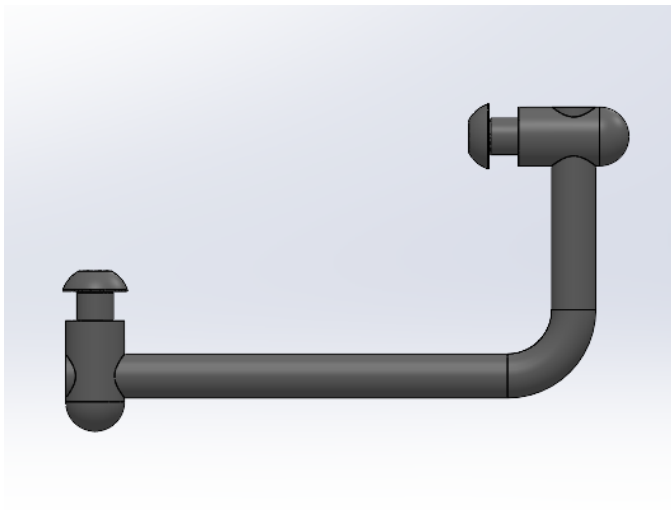
6.1 Puuttuvan mallin mallinnus

Opinnäytetyön käytännön osuus tekijän osalta alkoi yhden puuttuvan 3D-mallin mallintamisella PDM:ään: välitankokiinnike, joka sitoo joko kaiteita toisiinsa, kaidetta vieressä kulkevaan syöksyyn tai kaiteen lähdön lattiaan.

Välitankokiinnikemallin tarpeelliset mitat, ja mallin sijoitus betoniportaiden kaiteiden koonpanoon ohjeistui aikaisempien, 2D-suunnittelulla tehtyjen DWG-tiedostojen avulla, jotka oli annettu allekirjoittaneen käyttöön opinnäytetyötä varten.

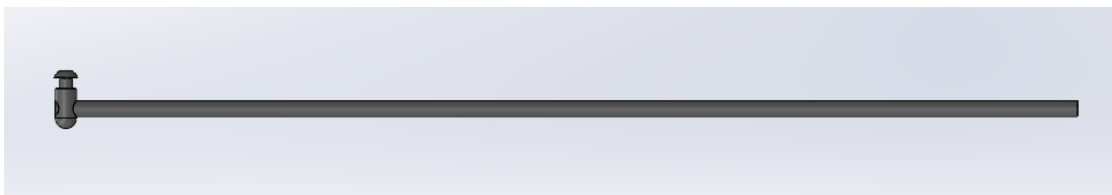
Välitankokiinnikkeitä tarvitaan betoniportaiden kaiteiden kiinnitykseen kolmea erilaista.

Konfiguraatio 1:n kiinnikettä tarvitaan silloin, kun kaiteet ovat toisiinsa nähden 90° kulmassa (kuva 17).



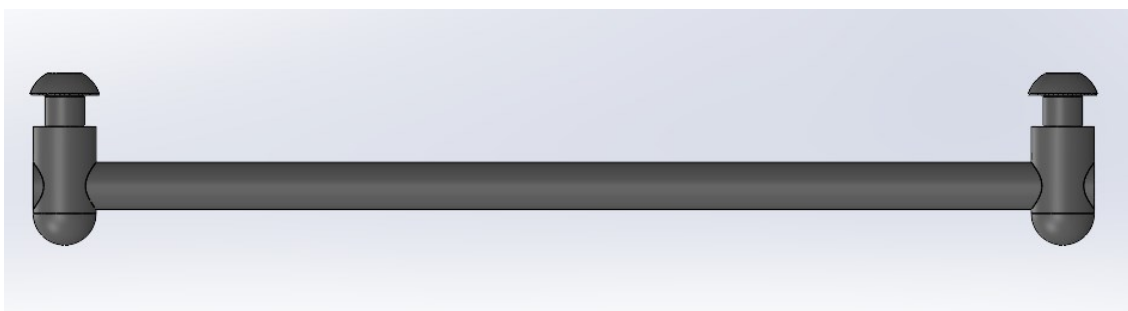
Kuva 17. Välitankokiinnike, konfiguraatio 1.

Konfiguraatio 2:lla kiinnitetään nousukaide vieressään olevaan syöksyyn vähintään kaksisyöksyisessä portaassa, tai kaiteen lähtö maahan (kuva 18).



Kuva 18. Välitankokiinnike, konfiguraatio 2.

Konfiguraatio 3:n avulla kiinnitetään nousukaiteet toisiinsa, kun ne ovat samansuuntaiset (kuva 19).



Kuva 19. Välitankokiinnike, konfiguraatio 3.

Puuttuvan mallin mallinnuksessa käytettiin konfiguraatioita saman osan sisällä sen sijaan, että jokaiselle osalle olisi lähdetty tekemään omaa osaansa, omalla tiedostonimikkeellään. Tämä olisi ollut mahdollista, mutta kokonaisuuden kannalta epäoptimaalista ja aikaa vievää osan loppukäyttöä ajatellen; siinä tapauksessa, että kaikki välitankokiinnikkeet olisivat olleet omat osansa, se olisi luonut turhaa kuormaa PDM-järjestelmään, ja myöskin vienyt turhaan aikaa suunnittelijalta, jonka olisi joka projektiin aina manuaalisesti ollut tuotava nämä eri osat tarpeen mukaan. Kuten aiemmin todettiin, kun kaikki osan eri variaatiot ovat alun perin saman osan sisällä, se säästää paljon aikaa ja vaivaa.

Välitankokiinnikkeestä tehtiin myös työkuva, johon osoitettiin välitankokiinnikkeen eri konfiguraatiot, sekä tarpeelliset mitat valmistusta varten.

Puuttuvan mallin mallintamisen jälkeen seuraavana oli PDM:ssä olevan betoniportaiden kaiteiden kirjastomallien hyväksymis- ja työkuvienv runkojen teko.

6.2 Hyväksymiskuvien ja työkuvienv runkojen teko

Betoniportaiden kaiteiden hyväksymiskuvien rungon tekemiseen ei mennyt paljoa aikaa, sillä niihin ei tullut hirveästi sisältöä. Kuten alussa todettiin, asiakasta kiinnostaa hyväksymiskuvissa portaan/kaiteiden oleelliset projektiot, joista näkee mahdollisimman yksiselitteisesti ja selkeästi kaikki rakenteet, ja esimerkiksi portaan sijainnin oveen nähden. Kuviin tulee myös merkintä portaan noususta, etenemästä ja kaidekorkeudesta, sekä otanta tasokaiteesta, jos sellainen on, jotta siihen voi osoittaa kaiteen mitat, pinnavälit ja profiilit.

Betoniportaiden kaiteiden työkuvienv runkojen tekemiseen käytettiin apuna ja mallina muiden PDM-kirjastosta löytyvien, samankaltaisten mallien työkuvia, 2D-suunnittelussa käytettyjä DWG-tiedostoja, sekä Aimo Pere:n kirjaa Koneensuunnittelu 1&2. PDM-kirjastosta löytyvien työkuvamallien, sekä 2D-DWG- kuvien perusteella saatiin kokonaiskuva siitä, mitä kaikkia mittoja tehdas pitää oleellisina valmistuksen helppouden kannalta. Aimo Pere:n kirjan luvun 7. pohjalta haettiin selkeyttä ja systemaattisuutta mittojen esittämistapaan ja sijainteihin.

6.3 Asiakasprojektin 3D-mallin mallintaminen ja hyväksymiskuvien teko

Opinnäytetyön tekeminen jatkui asiakasprojektin hyväksymiskuvien tekemisellä, eli 3D-malli ja siitä tehdyt 2D-kuvat. Tässä vaiheessa kaiken tähän asti luodun toimivuutta päästiin testaamaan oikeassa työympäristössä, oikeaan projektiin.

PDM-kirjastossa oleva malli kopioitiin uuden työnumeron alle, ja mallia lähdettiin muokkaamaan arkkitehtikuvien, rakennuskuvien ja työmaalta otettujen kuvien ja tarkemittojen pohjalta.

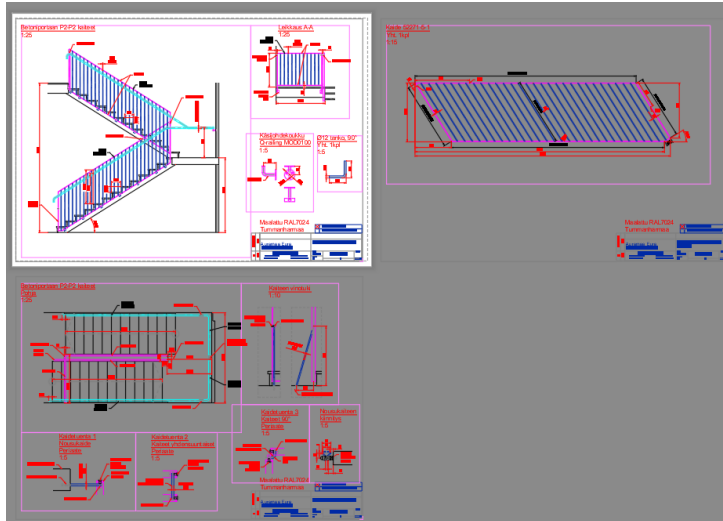
Suurimmaksi haasteeksi muotoutui tarve sitoa ristiin 3D-mallin pohjalla olevia sketchejä, johtuen tavasta, jolla kaiteisiin liittyvät tarkemitat oli otettu työmaalla.

Tähän kyseiseen projektiin otetut tarkemitat oli otettu tavalla, joka palvelee 2D-puolella tapahtuvaa suunnittelua. 2D-suunnittelussa ei tarvitse samalla tavalla huomioida projektin kohdetilan mahdollisesti muuttuvia geometrioita, sillä 2D-mallit piirretään jokainen erikseen, eivätkä ne ole ketjutettu toisiinsa samalla tavalla kuin 3D-suunnittelun puolella. Täten jokainen kaide voidaan piirtää erikseen juuri niillä mitoilla, kun on tarpeen. 3D-

mallinnuksessa taas käytetään erilaisia ohjaussketchejä, eli skeletonmalleja, joihin mallit sidotaan ja joiden mukaan 3D-malli rakentuu. Nämä ohjaussketchit eivät ymmärrä, eivätkä pidä sisällään saman kyseisen ohjaussketchin sisällä mahdollisesti tapahtuvaa mittojen muutosta. Mikäli mitat muuttuvat, on tarpeen luoda tälle erilaiselle instanssille oma ohjaussketchinsä. Ongelmaksi tämä muodostuu siinä vaiheessa, jos erilaisia instansseja alkaa olla lukuisia, ja täten ohjaussketchejäkin alkaa olla lukuisia, sillä se tekee mallista sekavan ja monimutkaisen käyttää. Tällöin sketchien välistä hierarkiaa voi myös olla hankala tulkita kenenkään muun kuin sen henkilön, ketä sketchit on luonut.

Kohdeprojektissa tämä 2D-suunnittelua palveleva mitoitustapa loi ongelman siinä, että porrashuone ei ollut alhaalta ylös asti täysin symmetrinen, eikä ylempien kerroksien eriäviä mittoja ollut mitoitettu tarkemittoihin tarpeeksi tarkasti, jotta ne palvelisivat 3D-mallinnusta paremmin. Seinää kiertävä käsijohde oli rakennettu sketchille, joka loi mallille ohjeen kulkea tietyllä symmetrisellä tavalla alhaalta ylös asti. Koska porrashuone ei todellisuudessa ollut symmetrinen alhaalta ylös asti, vaan leveni ylöspäin, tämä loi virheen käsijohteen ja seinän etäisyyteen toisistaan ylemmässä kerroksessa. Tämä ratkaistiin reiluilla työvaroilla käsijohteiden liitoskohtiin, mutta todettiin että jatkossa olisi perusteltua ottaa työmaalla mitat hieman eri tavalla, jotta projektia tehdessä ei tarvitsisi laisinkaan arvailla kaiteiden sopivuutta kohdetilaan.

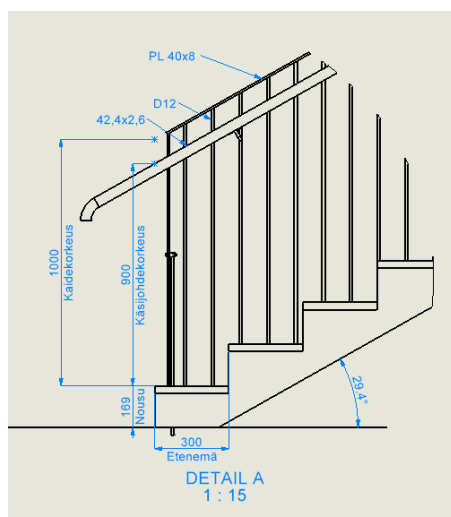
3D-mallin valmistuttua hyväksymiskuvien laatimisessa haastetta tuotti kaiken oleellisen tiedon tuominen kuviin niin, että ne olivat vielä selkeät ja ymmärrettävät. 2D-puolella saman tiedon tuominen kuviin on helpompaa, sillä siellä tila ei ole rajattu yhteen arkkiin, vaan tiedot voi levittää arkista joka suuntaan, kunnes kaikki oleellinen tieto on sisällytetty tiedostoon (kuva 20).



Kuva 20. Esimerkkikuva 2D-suunnittelun puolella, jossa projektin kuvat voivat rönstyillä piirustusarkin ulkopuolelle.

3D-mallista tehty 2D hyväksymiskuva ei voi noudattaa tätä samaa logiikkaa, vaan kaiken on mahduttava yhteen piirustusarkkiin. Mittakaavaa ei myöskään voi laittaa liian pieneksi, koska silloin selkeys kärsii.

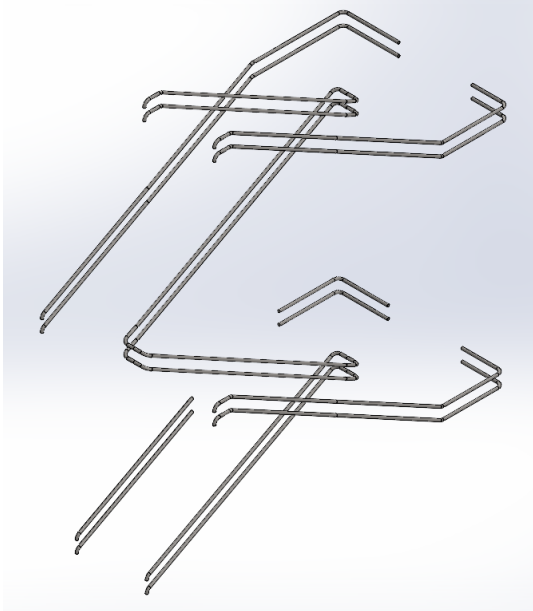
Ratkaisuna käytettiin A2-kokoisia arkkeja, ja mietittiin tarkkaan projektoiden ja detail view:ien mittakaavaa ja sijoittelua (kuva 21), jotta kuvissa oli mahdollisimman paljon informaatioita mutta mahdollisimman selkeästi jäsenneilynä.



Kuva 21. Esimerkki hyväksymiskuvien Detail View:stä.

6.4 Asiakasprojektin työkuvien, eli tehtaalle menevien 2D-valmistuspiirustuksien teko

Työkuvien teko aloitettiin seiniä kiertävistä tuplakäsijohteista (kuva 22).



Kuva 22. Tuplakäsijohteet.

Nämä kyseiset käsijohteet olivat tavanomaista monimutkaisemmat, sillä tavallisuudesta poiketen pienet pätkät niistä olivat kiinni erillisissä ikkunakaiteissa, jotka olivat seinistä irrotettavat. Tämä oli hieman epätavanomainen, mutta projektin kohdetilaan ainoa so-piva ratkaisu.

Ratkaisu tuotti hieman enemmän työtä työkuvia tehtäessä, mutta itse kuvat olivat suhteellisen helpot tehdä olemassa olevan työkuvan rungon avulla.

Nousukaiteiden työkuvia tehtäessä huomattiin, että joko mitat oli kuitenkin mitoitettu epä-sopivista paikoista, tai sitten kaiteen työkuviissa mitat vain nyrjähtävät, kun kaiteen geo-metriaan tuleva muutos on tarpeeksi suuri. Asialle suodaan lisätarkastelua seuraavaa betoniportaiden kaiteiden projektia tehdessä. Kuvat oli kuitenkin helppo mitoittaa uudel-leen ottamalla mallia 2D-DWG kuvista.

Muiden kaiteiden työkuvien mitoitus ja valmiiksi saattaminen oli suhteellisen suoraviivai-nen prosessi, sillä niissä mitat olivat pysyneet paremmin paikoillaan.

7 SUUNNITTELUTAPOJEN VERTAILU

Tässä luvussa vertaillaan 2D-suunnittelua ja 3D-suunnittelua porrassuunnittelun näkökulmasta, pohjautuen pitkälti haastatteluun, jonka antoi Combiportaalla pitkään työskennellyt ja molempia suunnittelutapoja paljon käyttänyt kollega.

3D-suunnittelu on helpompaa, nopeampaa ja vaivattomammin deskriptiivisempää kuin 2D-suunnittelu. Oleelliset asiat pystytään näyttämään helpommin 3D-mallin avulla kuin 2D-kuvilla ja projektiolla, ja virheiden todennäköisyys pienenee, kun esimerkiksi osan/kokoonpanon projektiot on luotu ohjelman kautta, eikä suunnittelijan manuaalisesti piirtäminä.

Mahdollisten muokkauksien tekeminen jälkikäteen on joutuisampaa ja huomattavasti vähemmän virheherkkää, sillä parametrisessa 3D-mallinnuksessa kaikki muutoksista vaikuttavat osat muokkautuvat automaattisesti.

Suurin ja ainoa havaittu etu 2D-suunnittelulla on 3D-suunnitteluun siinä, että koska 2D-suunnittelussa kaikki kuvat piirretään erikseen omana kokonaisuutenaan, niissä ei ole samanlaisia riippuvuussuhteita ja hierarkioita kuin 3D-malleissa ja kokoonpanoissa. Tällöin kohdetilan muuttuvat geometriat eivät vaikuta niin syvästi suunnittelun kulkuun ja kuormittavuuteen, sillä jokainen kerrosväli, kaide ynnä muu osa piirretään joka tapauksessa erikseen manuaalisesti.

2D-suunnittelun käyttäminen on myös silloin perusteltua, mikäli tiedetään että:

- 1) kyseisen projektin kaltaista työtä ei suurella todennäköisyydellä tulla valmistamaan toista kertaa, ja täten resurssien uhraaminen toimivan 3D-mallin rakentamiseen olisi turhaa
- 2) kyseisen projektin geometria on niin erikoinen ja haastava, että on ajankäytöllisesti nopeampaa piirtää siitä suoraan 2D-kuvat, eikä tuhata aikaa ja suunnitteluresursseja monimutkaisen 3D-mallin rakentamiselle

3D-suunnittelun ehdottomiin etuihin kuuluu mahdollisuus kopioida ja muokata jo olemassa olevia osia ja kokoonpanoja, jotka löytyvät PDM:stä. Jokaista projektia ei siis tarvitse aloittaa aivan alusta täysin puhtaalta pöydältä, niin kuin 2D-suunnittelussa.

Ajankäytöllisesti 3D-suunnittelu on paljon joutuisampaa, sillä tiettyjä asioita ei tarvitse suunnitteluvaiheessa tehdä aina uudelleen, ja mitä paremmaksi ja kattavammaksi

mallikirjasto laajenee, sen vähemmän aikaa suunnittelijan tarvitsee käyttää itse osien/koonpanojen mallintamiseen.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tuloksena tuotettiin parametrisoitu 3D-mallikirjasto yleisimmistä betoniportaiden kaiteista, sekä rungot niiden hyväksymiskuville ja työkuville. Opinnäytetyön kohteena ollut asiakasprojekti antoi toteutuksensa aikana hyvää palautetta 3D-mallien ja 2D-kuvien toimivuudesta, mikä edesauttoi jo projektia tehtäessä mallikirjaston parantamista. Täten opinnäytetyölle asetetut vaatimukset täytettiin jouhevasti.

Luotua 3D-mallikirjastoa tullaan jatkossa kehittämään, täsmentämään ja täydentämään edelleen, jotta se palvelisi yhä paremmin yrityksen tarpeita betoniportaiden kaiteiden 3D-suunnittelussa. Kun yritykselle tulee tulevaisuudessa lisää betoniportaiden kaiteiden projekteja, PDM-kirjasto laajenee kattamaan vielä paremmin yleisimmin suunniteltavia kokonaisuuksia, mikä jouduttaa projektien läpimenoaikaa huomattavasti.

Lopuksi todettakoon, että opinnäytetyötä seuraavan betoniportaiden kaiteiden projektin kohdalla havaittiin jo uusia toimintatapoja ja -menetelmiä, joilla esimerkiksi sketchien ristiin sitomista pystytään välttämään, ja kohdetilan mahdollisen epäsymmetrian aiheuttamia 3D-mallinnusvaikeuksia lieventämään. Projektidatan karttuessa 3D-mallit kohentuvat edelleen, ja niiden sujuva käyttö harjaantuu entisestään.

LÄHTEET

Combiporras Oy:n nettisivut.

Viitattu 08.09.2021. <https://www.combiporras.fi/>

Creative Mechanisms Blog. The History of Design, Model making and CAD.

Viitattu 04.07.2021. <https://www.creativemechanisms.com/blog/the-history-of-design-model-making-and-cad>

Jabi, Wassim. 2013. Parametric Design for Architecture.

Viitattu 9.6.2021. https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=I_UgEAAAQ-BAJ&oi=fnd&pg=PT9&dq=parametric+design&ots=pnH54N13Mz&sig=HKqemL-UPzc4n1mlUBM-4e-mYKY&redir_esc=y#v=onepage&q=parametric%20design&f=false .

Kitachev, Aleksandr. Suunnittelija (Insinööri, DI). Combiporras Oy. Asessorinkatu 13B, 20780 Kaarina. Haastattelu 4.10.2021.

RT 103027, Portaat ja liuskat. 2019. Viitattu 14.06.2021.

Tanska, T. & Österlund, T. 2014. Algoritmit puurakenteissa.

Viitattu 9.6.2021. <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789526204567.pdf>