

Arkkitehtimallien soveltuvuus algoritmiseen mallintamiseen

LAB-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
2022
Natalia Verdonen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Verdonen, Natalia	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2022
	Sivumäärä 22	
Työn nimi Arkkitehtimallien soveltuvuus algoritmisen mallintamiseen		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) Andrey Polyanin, FEM-asiantuntija, Sitowise Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä tutkittiin arkkitehtimallien soveltuvuutta algoritmisen mallintamiseen laskentamallien luomista varten. Työn tavoitteena oli tehdä muutoksia natiivimallin geometriaan ja muutetun geometrian siirtäminen FEM-ohjelmaan Etabs. Tutkimuksen tarkoituksena oli myös laskentamallien luominen nopeutetusti ja stabiiliteettianalyysin optimointi.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin Archicad-natiivimalleja ja tulosten vertailua varten käytettiin Revit-natiivimalleja. Tutkimus jaettiin viiteen tapaukseen, jossa tutkittiin geometrian muokkaamista Rhino Grasshopper-ohjelman ja siihen liittyvien apuohjelmistojen avulla. Lisäksi tutkittiin arkkitehtimallin geometrian käsiteltävyyttä Etabs-ohjelman avulla.</p> <p>Tutkimuksen perusteella Archicad- ja Revit-natiivimallit eivät sovellu algoritmisen mallintamisen käsittelyyn eikä niitä kannata käyttää laskentamallin pohjana.</p>		
Asiasanat Arkkitehtimalli, algoritmisen mallintaminen, Rhino		

Abstract

Author(s) Verdonen, Natalia	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 22	
Title of Publication Applicability of architectural models to algorithmic modelling		
Degree and field of study Engineer (UAS), Civil and Construction Engineering		
Name, title and organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Andrey Polyinin, FEM-expert, Sitowise Oy		
Abstract <p>The propose of this study was to explore applicability of architectural models to algorithmic modelling for the following use while calculation models creating. The scope of this work was to make alterations to native model geometry and to transfer this modified geometry to the Etabs program. Prompt creation of calculation model and optimization of the stability analysis was also a part of the present study.</p> <p>In this work, Archicad native models were studied and for comparison, we took Revit native models. The study was divided into 5 cases when changes in geometry were analyzed by a algorithmic modelling program Rhino Grasshopper and through related plugins. Also, architectural model geometry processing was investigated through the Etabs program.</p> <p>As a result, was found that models neither from Archicad nor from Revit can be used for algorithmic modelling and they should not be used as a basis for calculation models.</p>		
Keywords Architectural model, algorithmic modelling, Rhino		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Algoritminen mallintaminen.....	3
3	Käytettävät ohjelmat.....	7
4	Tutkittavat vaihtoehdot.....	9
4.1	Tapaus 1: Archicad to Rhino suora export to .3dm.....	9
4.2	Tapaus 2: Archicad live connection.....	10
4.3	Tapaus 3: Rhino inside Revit.....	12
4.4	Tapaus 4: Archicad to Revit to RhinoInsideRevit.....	13
4.5	Tapaus 5: Archicad to Revit to IFC to Rhino GeometryGym Etabs.....	16
5	Yhteenveto ja pohdinta.....	21
	Lähteet.....	22

Käsitteet

Natiivimalli – tietomallinnusohjelman omatiedostomuoto.

Arkkitehtimalli – arkkitehdin laatima natiivimalli.

Objekti – Tiettyä asiaa kuvaavien tietojen kooste, jota käytetään sovelluksissa yhtenä kokonaisuutena esimerkiksi seinä, pilari, ikkuna jne.

Tietomallintaminen, 3D-mallintaminen, 3D-mallinnus – tietokoneella tehty kolmiulotteinen suunnittelu, jonka tuloksena saadaan tietomalli.

3D malli, tietomalli – kolmiulotteinen rakennuksen digitaalinen prototyyppi.

Runkorakenne - rakennuksen painon kantava ja ulkopuolisia rasituksia kestävä tukirakenne.

OpenBIM (avoin tietomallinnus) – menetelmä, jonka tarkoituksena on tietomallien avoimuus sekä tietomallien yhteensopivuus rakennushankkeen aikana käytettyjen ohjelmistojen välillä. Nykyaikana toteutetaan käyttämällä IFC-tiedostomuotoa.

IFC (Industry Foundation Classes) - rakennusalan tiedonsiirtostandardi tietomallipohjaisten ohjelmistojen välillä.

Algoritminen mallintaminen– prosessi, jossa suunnitteluun liittyvät tavoitteet kirjoitetaan algoritmiin ja rakenteen ominaisuuksia muokataan parametreilla, jonka arvot määritetty joko käsin tai tietyillä säännöillä.

NURBS (Non-Uniform Rational B-spline) - Matemaattinen malli käyrien luomiseen ja esittämiseen.

GUID (Globally unique identifier) – tietomalliin luodun objektin ainutkertainen tunnus.

FEM (Finite Element Method) – elementtimenetelmä, joka käytetään lujuuslaskennassa ja jonka avulla suoritetaan rakenteen stabiiliteettianalyysejä.

1 Johdanto

Rakennesuunnittelun alalla suunniteltujen kohteiden monimuotoisuus ja töiden ajoituksen vaatimukset kasvavat vuosittain, kun taas samalla tilaajat toivovat saavansa laadukkaan suunnittelun pienillä kustannuksilla. Rakennesuunnittelussa kustannusten pienentäminen merkitsee säästöä suunnitteluun varatuissa tunneissa, minkä johdosta rakennesuunnittelijoilla ei ole aikaa luoda muutamia laskentamalleja etsiäkseen parhaimpia suunnitteluvaihtoehtoja.

Laskentamallin luominen on olennainen osa rakenteiden suunnittelua, jonka avulla analysoidaan jäykistävien rakenteiden kestävyyttä ja muodonmuutosta, sekä tutkitaan rakennusta kaatavan momentin voimaa ja selvitetään rakenteen stabiiliteetti. Laskentamallin tulee sisältää suuria määriä tietoa, minkä vuoksi laskentamallin luominen vie paljon aikaa, ja lisäksi jokainen geometrian muutos vaatii ajankäyttöä, jota on hyvin rajallinen määrä käytössä.

Työn perusajatuksena on käyttää arkkitehtimalleja apuna kantavien rakenteiden perusgeometrian rakentamisessa. Opinnäytetyön tavoitteena on optimoida laskentamallin luomis- ja muokkausprosessia vähentämällä geometrian luomiseen ja muokkaamiseen käytettyä aikaa. Ajan lyhentämiseksi on tarkoitus käyttää algoritmista mallintamista, jonka avulla voidaan lyhyessä ajassa rakentaa koko rakennuksen geometrian sekä tehdä geometriamuutoksia, kuten kerrosten korkeuden ja lukumäärän muutoksia, rakennuksen runkotyyppin vaihtoa, seinien, sekä ovi- ja ikkuna-aukkojen siirtoa, lisäystä ja poistoa.

Työssä tutkitaan Archicad-mallien soveltuvuus algoritmisen mallintamisen käsittelyyn ja mahdollisuus käyttää niitä laskentamallin geometrian luomiseen, sekä tutkitaan muutetun geometrian nopeaa siirtomahdollisuutta Etabs-ohjelmassa luotuun laskentamalliin. Prosessin kulku tässä tilanteessa olisi seuraava:

1. arkkitehtimallin avaus Archicad-ohjelmassa,
2. mallin liittäminen Rhino Grasshopperiin Archicad-pluginin avulla,
3. geometrian saamiseen ja muokkaamiseen tarkoitetun algoritmin luominen Grasshopperilla,
4. Archicad-mallin rakenteiden geometrian muutos Grasshopperin algoritmin ja Archicadiin liittyvän pluginin kautta,
5. saadut geometrian ja/tai tehdyt muutokset viedään Rhinoon Archicad-pluginin avulla ja tuodaan FEM-ohjelmaan IFC-tiedostona jatkokäsittelyä varten.

Tutkimuksessa tarkastellaan tiedonsiirron kulkua Archicad, Rhinon ja Etabs-ohjelmien välissä tapauksessa, jossa arkkitehtimallia ei ole luotu, vaan se on saatu toiselta yritykseltä, eli arkkitehtimallin muutosten tekijä on eri kuin arkkitehtimallin omistaja. Ennen opinnäytetyöhön ryhtymistä oli tutkittu tiedonsiirrot Archicadin ja Rhinon sekä Rhinon ja Etabs-ohjelman välissä erikseen. Molemmat tapaukset todettu toimivana tapauksessa, jossa arkkitehtimallin omistajana ja muutosten tekijänä on sama henkilö.

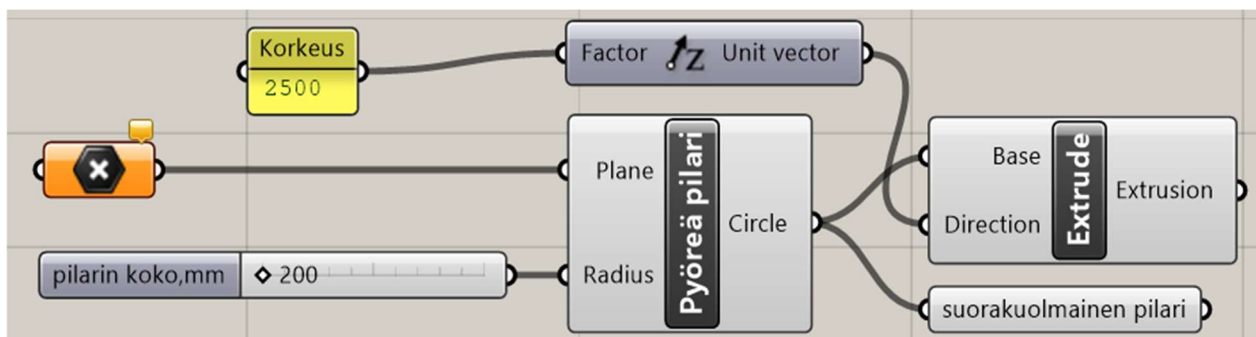
Tilaajan vaatiman salassapidon vuoksi tässä työssä mainitaan käytettävät mallit numeroilla nimen sijasta. Myös kaikki tutkittavat prosessit esitetään lyhyesti, ilman koko prosessin selkeää kuvausta salassapitovelvollisuuden takia.

Työn toimeksiantajana toimii Sitowise Oy, joka on pohjoismainen suunnittelu- ja konsultti-toimisto. Firma työllistää yli 2000 asiantuntijaa Suomessa, Ruotsissa, Virossa ja Latviassa. Sitowise Oy on perustettu vuonna 2018 Sito Oy:n ja Wise Group Finland Oy:n fuusioituessa toisiinsa. (Sitowise Oy.)

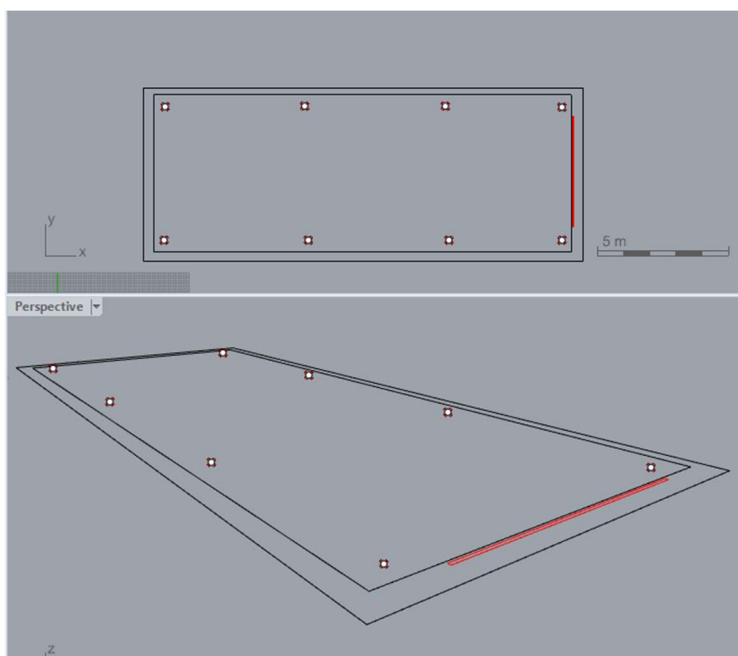
2 Algoritminen mallintaminen

Algoritminen mallintaminen on algoritmiin perustuva 3D-mallintaminen, jossa mallille asetetaan sääntöjä ja muokattavia parametreja. Nämä parametrit kirjataan jatkuvaan algoritmiketjuun, jonka osia muokkaamalla pystytään vaikuttamaan rakenneosan parametreihin. Algoritmiketjuja voi olla lukuisia riippuen rakennuksen muodosta ja tutkittavien rakenneosien määrästä.

Kuvassa 1 on esitetty lyhyt algoritmiketju pilarin poikkileikkauksen muuntamisesta. Algoritmiketjua luodessa siteiden avulla määritetään ne rakenneosat, joita tämä ketju koskee. Määrääminen tapahtuu pisteiden avulla (kuva 2), jotka kohdistetaan tarvittaviin rakenneosiin. Ko. algoritmiketjun koostumus on esitetty taulukossa 1.

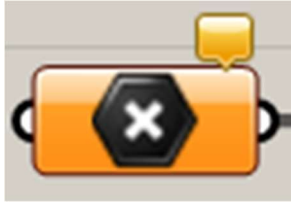
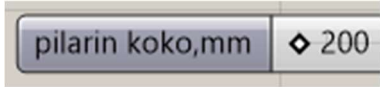







Kuva 1. Luodun algoritmin esimerkki.

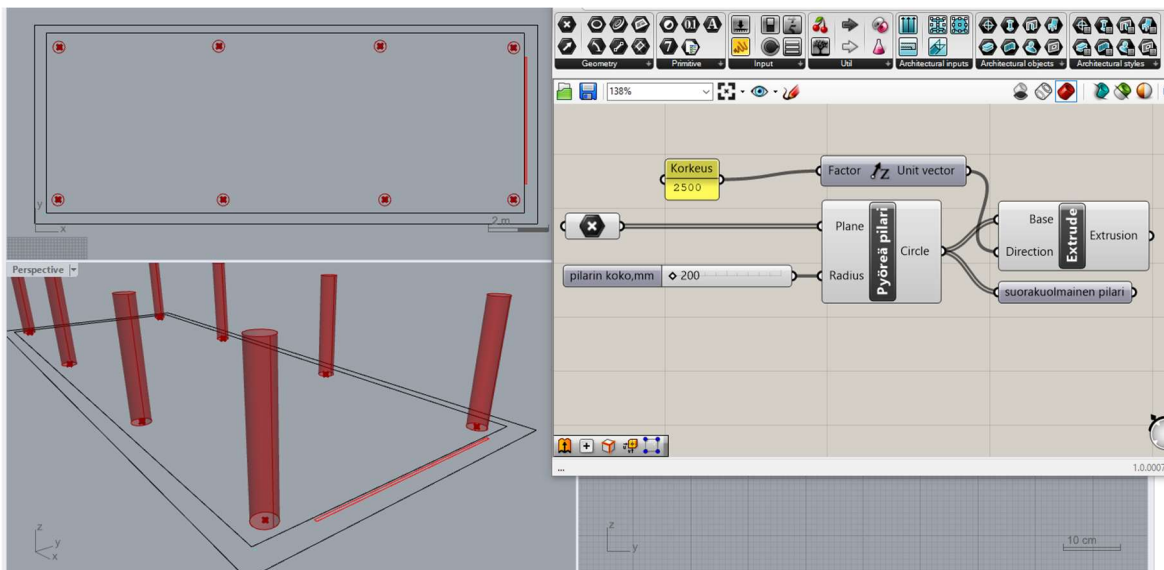


Kuva 2. Rhino-ohjelman näkymät. Näkymissä määrätään pisteet, joiden mukaan luodaan pilareita. Ko. pisteet sidotaan Point parameter-komponenttiin.

Taulukko 1. Algoritmiketjun komponentit ja niiden tehtävät.

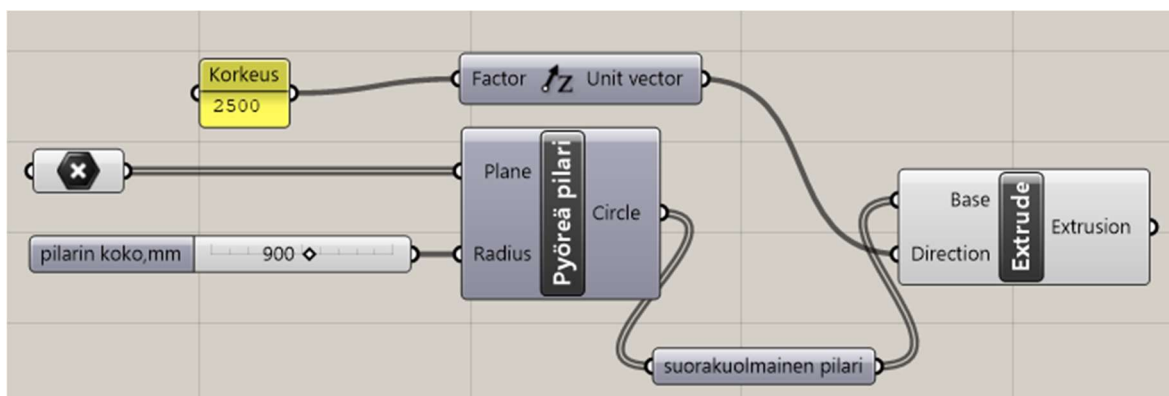
Komponentin kuva ja nimi	Komponentin tehtävä	Komponentin tehtävä
	Point parameter	Tämä komponentti tallentaa 3D-pisteiden koordinaatit. Komponentin väri on oranssi, kunnes se on sidottu pisteisiin. Komponentille voidaan määrittää yksi piste (Set one Point-toiminnolla) tai monta pistettä (Set multiple Points-toiminnolla).
	Number slider	Komponentti mahdollistaa yksittäisten numeeristen arvojen nopean asettamisen valitulle rakenneosalle. Kuvassa 1 esitetyssä algoritmossa tämä komponentti säättää pilarin kokoa.
	Circle	Tämä komponentti luo ympyrän tiettyihin paikkoihin asetetulla säteellä.
	Extrude	Tämä komponentti "puristaa" käyriä ja pintoja pitkin vektoria.
	Vector parameter	Kuvassa 1 esitetyssä algoritmossa tämä komponentti käytetään pilarin korkeuden säätämiseen.
	Text Panel	Tämä komponentti tallentaa määritetyn tekstin ja/tai numerosarjan jatkokäsittelyä varten. Kuvassa 1 esitetyssä algoritmossa komponentti tallentaa tietoa pilarin korkeudesta.
	Box parameter	Tämä komponentti luo suorakulmaisen laatikon tiettyihin paikkoihin. Circle-komponenttiin kytkettynä se muodostaa neliön.

Pilareiden sijainnin määrittämisen jälkeen algoritmiketjussa ja Rhino-näkymässä tapahtuneet muutokset on esitetty kuvassa 3.

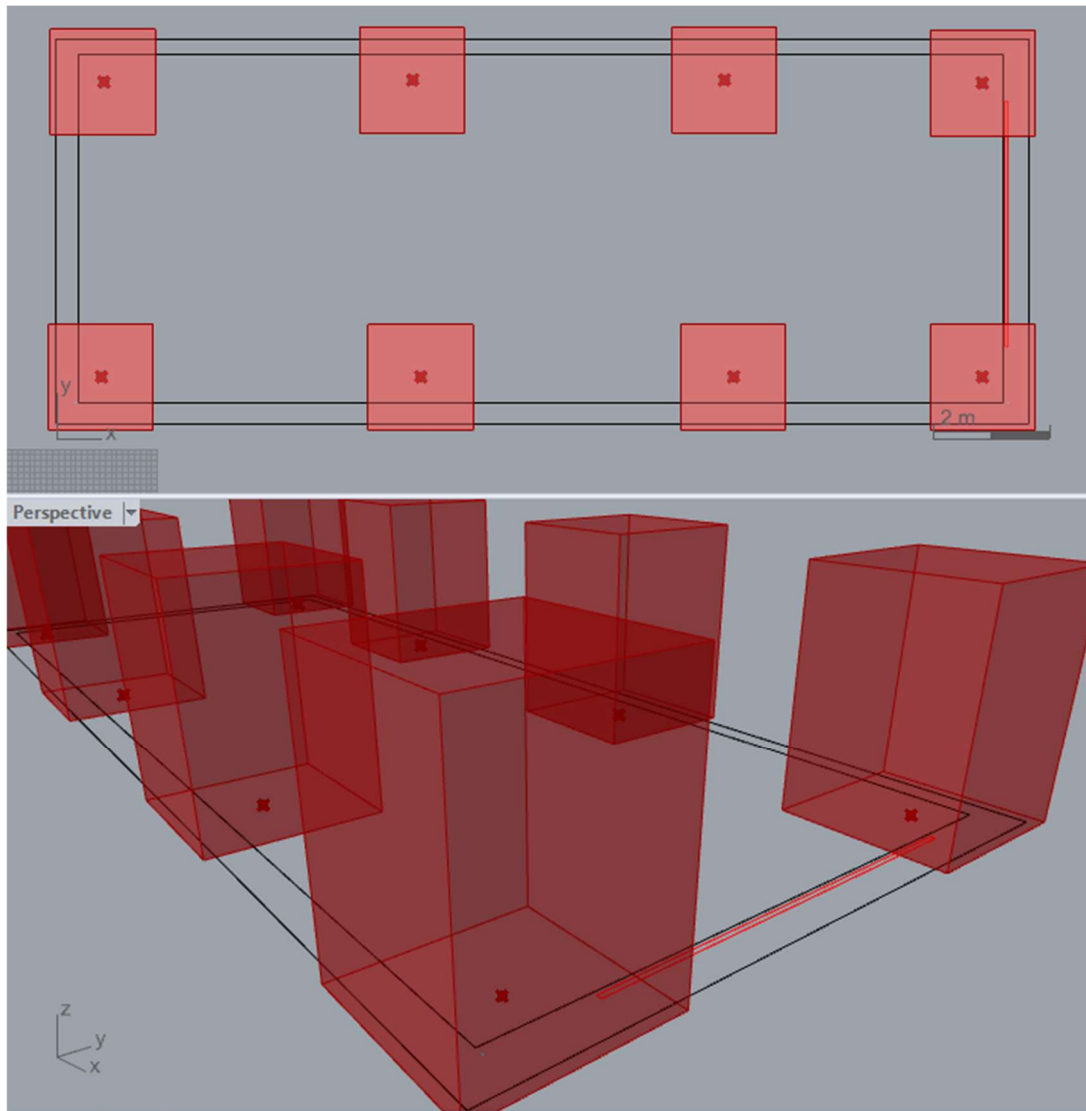


Kuva 3. Tapahtuneet muutokset pilareiden sijainnin määrittämisen jälkeen. Point Parametri ei ole enää oranssin värinen, koska Point-komponentti nyt sisältää pisteiden koordinaatit. Rhinon näkymään on ilmestynyt pyöreitä pilareita niille määritettyihin paikkoihin.

Pilareiden muotoa voidaan muuttaa säätämällä yhtä parametria eli kytkemällä päälle tai pois päältä Circle -komponentti (pyöreä pilari) tai Box parameter -komponentti (suorakulmainen pilari), näin saadaan suorakulmaisesta pilarista pyöreän pilarin. Tällä yksinkertaisella toimenpiteellä saadaan automaattisesti muutettua kaikki ne pilarit, jotka on liitetty tähän algoritmiketjuun (kuva 3). Toisena muunneltavana parametrina on pilarin koko, jota pystytään muuttamaan Number slider -komponentin avulla (pilarin koko,mm). Kuvilla 4 ja 5 esitetään algoritmiketjuun tehdyt muutokset ja muutosten vaikutus Rhino-näkymään.



Kuva 4. Muutettu algoritmiketju. Suorakuolmainen pilari -komponentin toinen pää on nyt kytetty Extrude -komponenttiin sekä Number slider -komponentin arvo on muutettu 200 mm:sta 900 mm:ksi. Pilarin kooksi valittu arvo käytetään vain esittääkseen tehdyt muutokset.



Kuva 5. Rhinon näkymässä olevien pilareiden muutetut muoto ja koko.

Pilareiden sijainnin määrittäminen sekä niiden muodon ja koon muutos on kestänyt alle yhden minuutin. Algoritmista mallintamista käyttäen voidaan nopeasti, tarkasti ja helposti luoda haluttu geometria 3D-malliin, varsinkin, jos mallinnuksen kohteena on monimutkaisen geometrian omaava rakenne/rakennus.

3 Käytettävät ohjelmat

ArchiCAD

ArchiCAD on Graphtisoftin rakennussuunnitteluohjelmisto, joka on kehitetty arkkitehtisuunnittelua varten ja on arkkitehtien suosituin 3D-mallinnusohjelma. Archicadin avulla voidaan suunnitella, visualisoida ja dokumentoida suunniteltavan kohteen. Archicad tukee IFC-tiedonsiirtomuotoa. (Graphisoft SE.)

Työn alussa käytetty versiota Archicad 21 ja 22, työn edetessä on saatu myös 23, 24 ja 25 versiot käyttöön.

Revit

Revit on Autodeskin tuottama ohjelmisto rakennuksen tietomallinnusta varten. Revit tarjoaa työkaluja, niin arkkitehteille, rakenne- ja talotekniikkasuunnittelijoille ja se tukee tapaa, jolla kaikki projektitiimit työskentelevät yhdessä samalla alustalla. Revit tukee myös yleistä IFC-tiedonsiirtomuotoa. (Autodesk, Inc.)

Tässä työssä käytetty versiota Revit 2022.

Rhinoceros 3D ja Grasshopper

Rhinoceros 3D (lyhennetty Rhino tai Rhino 3D) on Robert McNeel & Associatesin kehittämä 3D-mallinnusohjelma, joka on erikoistunut NURBS-mallinnukseen. Rhinon avulla voidaan helposti luoda monimutkaisia kolmiulotteisia muotoja riippumatta niiden koosta. Rhinon suosio perustuu sen monipuoliseen toiminnalliseen soveltuvuuteen. Rhino käytetään pääasiassa teollisessa suunnittelussa, arkkitehtuurissa, laivasuunnittelussa, koru- ja autosuunnittelussa, nopeassa prototyyppien valmistuksessa, sekä graafisessa suunnittelussa. Rhino tukee noin 30 erilaista tiedostotyyppiä. (Robert McNeel & Associates.)

Opinnäytetyössä käytetty Rhino 6 ja 7 versioita.

ETABS

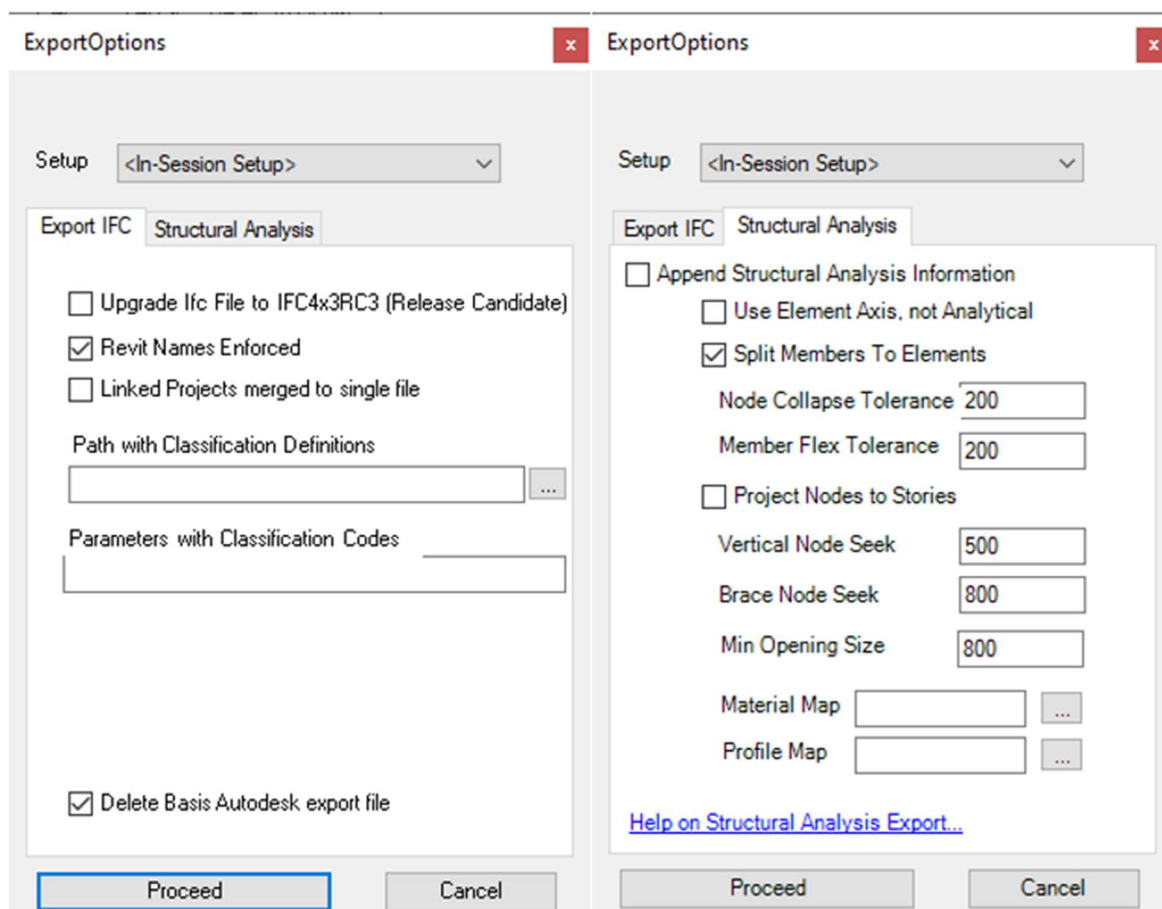
Etabs on amerikkalaisen yrityksen Computers and Structures Inc kehittämä ohjelmistopaketti rakennusten rakenneanalyysiin ja suunnitteluun. Etabs käytetään korkeiden rakennusten analyysiin. (Computers and Structures, Inc.) Tilaajalla on saatavilla Etabs 19 ja 20 versiot.

Geometry Gym liitännäiset

Vuonna 2009 australialainen rakennusinsinööri Jon Mirschin perusti yrityksen nimeltään GeometryGym. Yrityksen tavoitteena on luoda rakenneanalyysimalleja monimutkaisista

arkkitehtonisista muodoista käyttämällä IFC:tä ja OpenBIM:ä tietojen siirtomekanismina. GeometryGym aktiivisesti kehittää liitännäisiä algoritmista mallintamista varten, ja ne tukevat erityisesti BuildingSMART IFC-standardin parantamista. (Geometry Gym Pty Ltd.)

Geometry Gym on kehittänyt IFC Enhanced Export-liitännäisen Revit-mallia varten, mikä lyhentää IFC-tiedoston vientiajan määrittelemällä Revit-objekteille uuden, lyhennetyn GUID-nimen. Lisäksi IFC Enhanced Export:n avulla pystytään kirjoittamaan IFC-tiedostoon Revitin määrittelemä analyttinen malli ja samalla helpotetaan mallin siirtoa FEM-ohjelmiin. Kuvassa 8 on esitetty IFC Enhanced Export:n koko IFC-tiedostoa koskevat asetukset ja erilliset asetukset rakenneanalyysia varten.



Kuva 8. IFC Enhanced Export - asetukset

Tässä työssä käytetään GeometryGym:n Rhino-Etabs- ja RevitIFC -liitännäisiä.

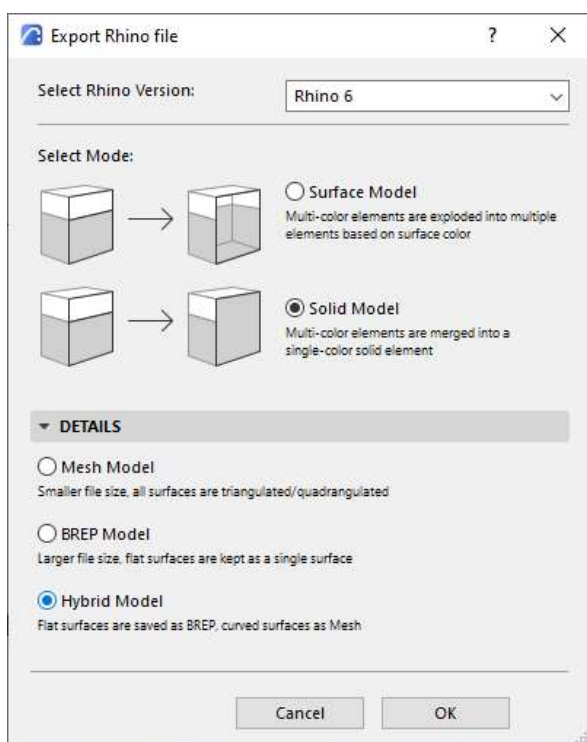
4 Tutkittavat vaihtoehdot

4.1 Tapaus 1: Archicad to Rhino suora export to .3dm

Archicad, kuten myös Revit tarjoaa mahdollisuuden tallentaa koko projektin Rhinon tiedostona, jonka formaatti on 3dm. 3dm -formaatti osaa tutkia ainoastaan elementtien geometriaa, mutta kaikki muut tiedot, kuten elementtien määrät, ominaisuudet, taulukot ja muut ei-geometriset tiedot eivät siirry Rhinon.

Tätä vaihetta tutkittiin käyttämällä ohjelmia Archicad 21 ja 22, sekä Rhino 6.

Ainoaksi vaikeudeksi mallin vientiprosessissa on osoittautunut tarve määrittellä tarkasti, kuinka malli tulee tallentaa. Archicad tarjoaa kaksi mallin vientivaihtoehtoa, joissa molempiin sisältyy lisäasetuksia.



Kuva 9. Archicad-mallin Rhinon viennin asetukset

Geometrian vienti voidaan tehdä pintojen vientinä ”Surface model”, eli Rhinon viety malli sisältää alkuperäiset Archicad-värit, jotka ovat määritetty objektin eri pinnoille. Toinen vaihtoehto mallin tallentamiseen on kiinteä objekti eli Solid Model. Tässä tapauksessa Rhino ei näytä objektien värejä, vaan välittää ainoastaan niiden muodon. Tässä työssä värien näyttäminen ei ole tärkeää, mutta lisävientiasetukset ovat mielestäni kiinnostavampia. Lisäasetukset voidaan jättää käyttämättä, jolloin Archicad päättää, kuinka geometria parhaiten

tallentuu. Kun lisäasetukset mahdollistavat jokaisen geometrian tulkintatavan optimoinnin, kiinnitämme niihin myös huomiota.

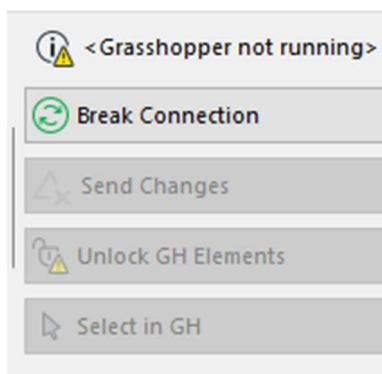
Rhino toimii sekä pintojen, että käyrien kanssa, lisäasetuksissa voimme määrittää kohteille välittömästi, joko "Käyrä", tai "Verkko" -tyyppiä, tai antaa Archicadin yhdistää molemmat tulkintatavat. Geometrian viennissä käytetty tulkintatyyppi vaikuttaa edelleen tapaan työkennellä Rhinon kanssa. Joten, jos geometria tulkitaan käyräksi, niin Rhinossa on tarpeen säätää algoritmi toimimaan käyrän kanssa, myös, jos verkkotyyppi on valittuna, algoritmin on oltava sovitettu toimimaan verkon kanssa. Tässä tutkimuksen vaiheessa tutkittiin vain mallia numero yksi. Vientitavasta ja käytetyistä lisäasetuksista huolimatta ei pystytty saavuttamaan geometrian näyttöä Rhinossa. (Graphisoft SE.)

Opinnäytetyön tilaajalle ilmoitettiin Archicad-geometrian viennin ongelmasta, minkä jälkeen toinen työntekijä toisella tietokoneella vei geometrian Archicadista Rhinoon ja tulos oli identtinen.

Seuraava askel oli mallin sopivuuden tutkiminen Rhino Archicad Live Connectionin kautta.

4.2 Tapaus 2: Archicad live connection

Graphisoft tukee algoritmisen mallintamisen käyttöä, joten ollakseen vuorovaikutuksessa Rhinon kanssa, ym. yritykset julkaisivat apuohjelman Live Connection, joka suorittaa suoran vuorovaikutuksen Rhino Grasshopperin ja Archicadin välillä. Tässä on syytä huomata, että aluksi minun koneelleni asennettiin Archicadin versiot 21 ja 22, jotka toimivat vain Rhinon versioiden 5 ja 6 kanssa. Tämän ohjelman asennuksen jälkeen yhteys näytti toimivan, sillä ohjelma ilmoitti Archicad-mallin onnistuneesta liittämisestä Rhinoon, mutta jatkoyhteydet epäonnistuivat - ohjelmat eivät nähneet toisiaan.



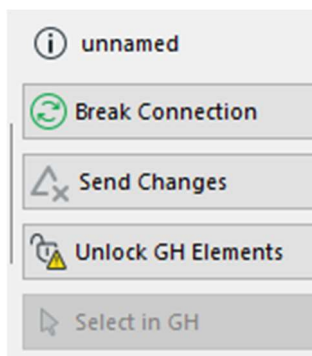
Kuva 10. Archicad Live Connectionin odottamassa yhteyttä Grasshopperiin.

Vaikka tutkimuksen aikana yritettiin lukuisia kertoja yhdistää ohjelmia automaattisesti, niiden toimivuutta jouduttiin lopulta säätämään manuaalisesti. Onnistuneen manuaalisen

yhteyden asennuksen jälkeen Grasshopper komponenteille yritettiin määrittää Archicad-objekti. Määrittäminen tehtiin valitsemalla komponentti Grasshopperissa, valitsemalla Set one -toiminto ja valitsemalla sitten haluttu kohde Archicadista. Objektin määrittäminen onnistui, mutta tuntemattomasta syystä objekti ei näkynyt Rhinon esikatselmuksessa. Esikatselu Rhinossa on pakollinen jatkotoimenpide. Komponentin ja objektin valinnan vaihtoista huolimatta esikatselu ei tullut näkyviin.

Tapausta testattiin myös toisella tietokoneella samoilla ohjelmien versioilla, ja tulos oli identtinen. Lisäksi tässä tapauksessa kävi ilmi, että Rhino 6:n käyttö oli mahdotonta, koska siitä puuttuivat tarvitsemamme komponentit. Tämän lisäksi, Graphicsoft-yhteisön sivujen mukaan, Rhino 6:n ja Archicad 22:n yhdistelmä on erittäin ongelmallinen ja paras vaihtoehto on käyttää ohjelmien uusimpia versioita.

IT:tä pyydettiin asentamaan uusimmat Sitowise:lla saatavilla olevat ohjelmistoversiot, joten asensimme Archicadin version 24 ja vastaavan Live Connection -version Grasshopper Rhino 7:lle. Vuorovaikutusasetuksissa ei ollut ongelmia näiden ohjelmistoversioiden kanssa, vuorovaikutus konfiguroitiin automaattisesti muutamassa sekunnissa.



Kuva 11. Archicad Live Connection onnistunut yhteys.

Ohjelmistopäivitysten jälkeen Grasshopper-komponenteille määritettiin Archicadin objectit, mutta valitettavasti tulos osoittautui samanlaiseksi kuin edellä - esikatselussa ei ollut esitystä. Tämän jälkeen asennettiin versio 25 ja yhteys päivitettiin, mutta tulos oli sama.

Mielenkiinnon vuoksi päätetty tarkistaa, kuinka samaan malliin luotu uusi mallinnettu objekti käyttäytyisi. Äskettäin luodulle objektille määritettiin komponentti Grasshopperilla ja se ilmestyi välittömästi esikatselussa. Tilanteen analysoinnin jälkeen saatiin muutama edelleen ratkaisematon kysymys:

- Miksi se toimii äskettäin luodun objektin kanssa, mutta ei toimi muiden aiemmin luotujen objektien kanssa?
- Onko malliin asennettu suoja, joka estää valmiiden mallien muuttamisen?

- Syiden selvittämiseksi ja tilastojen keräämiseksi testattujen mallien määrä nousi 6:een ensimmäisen tutkitun lisäksi.

Tilannetta tutkitaan edelleen.

Kolme ensimmäistä mallia omistaa yritys X, viimeiset kolme omistaa yritys Y. Näiden yritysten luomat mallit valittiin useista syistä:

- Aiemmissa projekteissa, joissa mallin omisti yritys X, suunnittelijat kohtasivat jo ongelmia Archicad-mallien viennissä FEM-ohjelmiin, joten olisi hyvä löytää ongelmien syy, tai kerätä tietoa ongelmista ja ongelmien ilmenemisajasta.
- Toisen yrityksen mallit valittiin siksi, että yritys on ollut asiakkaamme pitkään ja suurin osa malleista tulee sieltä.

Kaikki kuusi mallia yhdistettiin vuorotellen Grasshopperiin aiemmin kuvatulla menetelmällä. Tulokset olivat seuraavat:

- Yrityksen X malleja ei saatu yhdistettyä Grasshopperiin ollenkaan, jokainen liittymisen aiheutti Archicadin sulkemisen.
- Yrityksen Y mallit saatiin liitettyä Grasshopperiin melkein välittömästi, mutta mallien esikatselu ei onnistunut Rhinon esikatseluikkunassa.

Koska ei saatu lupaa käyttää muita Archicad-malleja, päätettiin kokeilla Revit-malleja.

4.3 Tapaus 3: Rhino inside Revit

Revit, kuten Archicad, tukee mahdollisuutta käyttää algoritmista mallintamista malleissaan. Revit vaatii lisäohjelmiston asentamisen, joka toimii siltana Revitin ja Rhinon välillä. Tämän lisäohjelman nimi on Rhino Inside Revit. Ohjelman toimintaperiaate vastaa täysin sen nimeä. Mallin käsittely Rhinossa suoritetaan suoraan käynnissä olevan Revitin kautta. Revit-mallien käyttösopivuuden testaamista varten Grasshopperiin luotiin pieni algoritmi, jonka tarkoituksena oli näyttää vain rakennuksen seinät. Tämän tutkimuksen tulosten mukaan rakennuksen kaikki seinät pystyttiin esittelemään kokonaisuutena. Esitystestin onnistuttua tehtiin pieni tarkastusalgoritmi muutosten mahdollisuuden tarkistamiseksi. Tämä kokeilu myös onnistui.

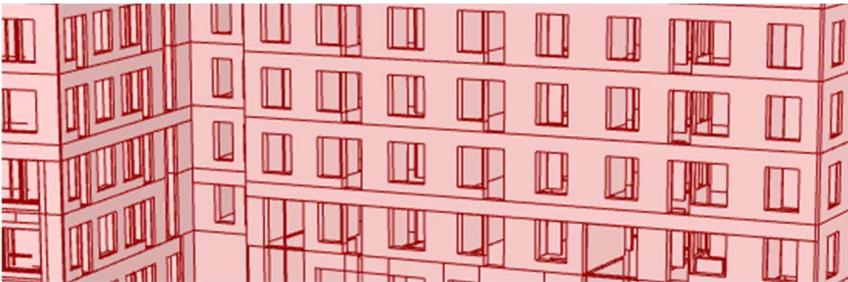
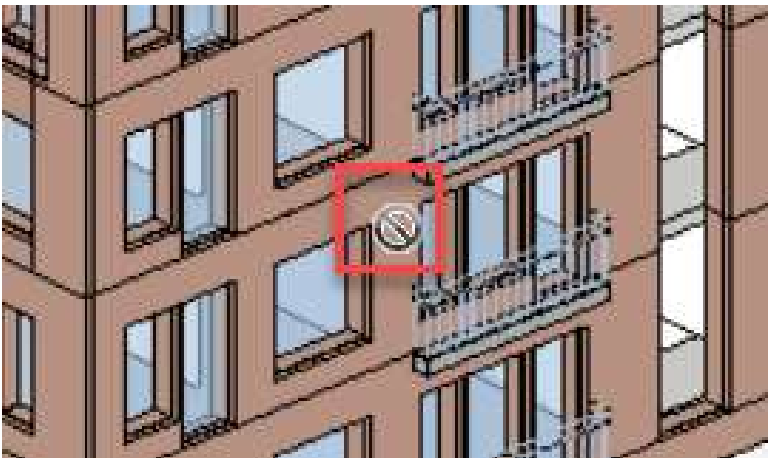
Johtuen siitä, että Revitin ja Rhinon yhteys on toiminut hyvin ja molempien algoritmien kokeilu onnistunut, päätettiin kokeilla seuraavaa varmennusvaihtoehtoa. Tallennettiin Archicad-malli Revit-malliksi ja yritettiin tämän jälkeen vaihtaa Archicad -mallin objektit Revitissä Rhinon kautta. Tulokset on esitetty alla tapauksena 4.


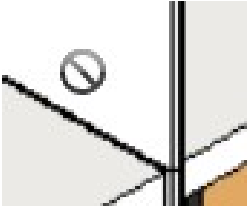

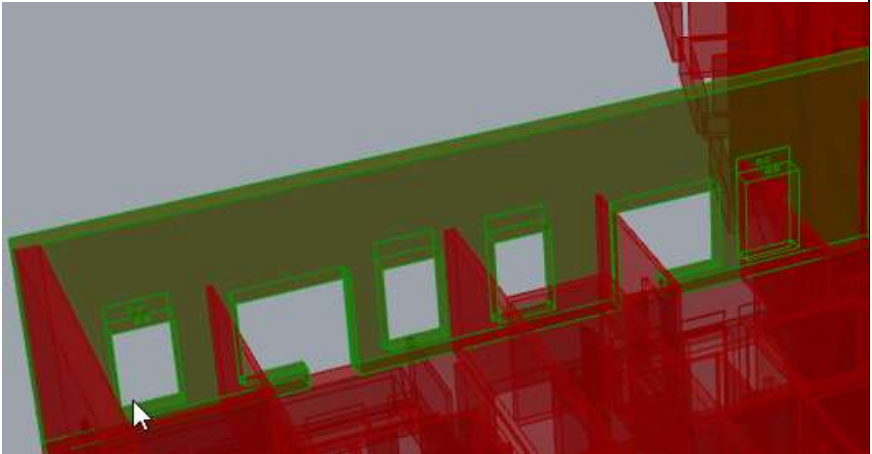
4.4 Tapaus 4: Archicad to Revit to RhinoInsideRevit

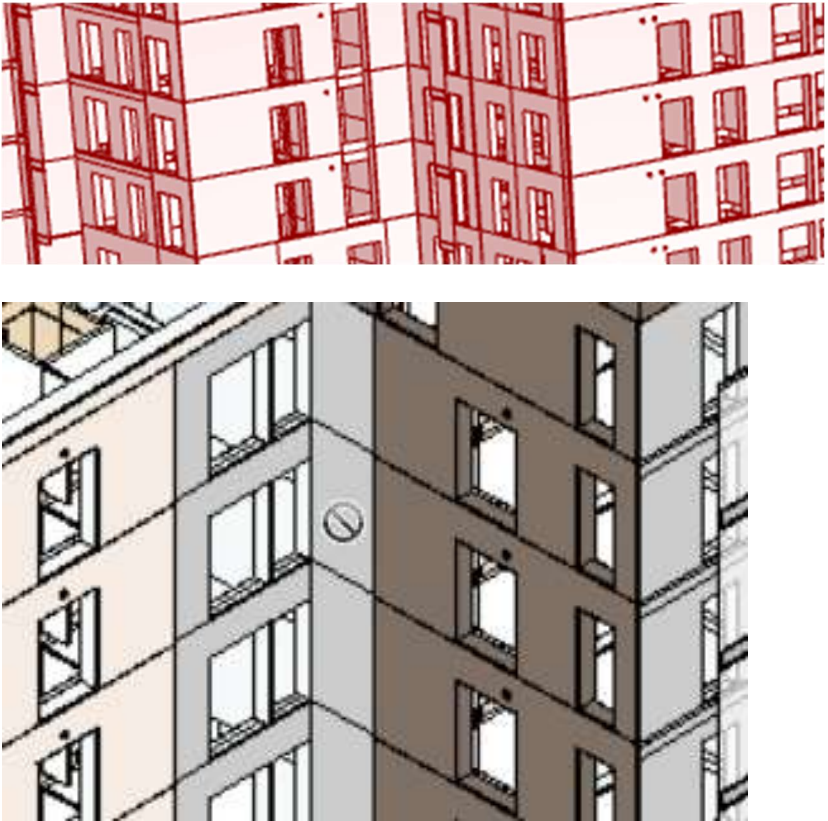
Kaikki ArchiCAD-mallit tallennettiin Revit-malleina, minkä jälkeen ne yhdistettiin Rhinoon RhinoInsideRevitin avulla. Testin seuraava vaihe oli sama kuin edellinen - esikatselun ja muutosten testaus. Valitettavasti tämä vaihe ei onnistunut. Pystyttiin esikatselamaan kaikkien rakennusten kaikki seinät, mutta muutosvaiheessa ei pystytty määrittämään Revitin seinä Grasshopperin seinäkomponentteihin. Sen jälkeen algoritmin seinäkomponentti korvattiin laattakomponentilla, mutta tulos oli sama. Revit ei yksinkertaisesti sallinut valita mitään objektia.

Taulukossa 2 verrataan kahden muunteluprosessin tuloksia eli Archicad-natiivimallien käsittely Archicad Live Connection ja RevitInsideRevit liitäntöjen avulla (tapaukset 3 ja 4).

Taulukko 2. Archicad Live Connection ja RevitInsideRevit liitäntöjen toiminta

Malli	Archicad-Rhino Live connection	Revit Inside Rhino (Archicad-malli exportattuna Revit-ohjelmaan)
1	<p>Kun käynnistetään Archicad-Grasshopper yhteys, Archicad lopettaa toimintansa.</p> <p>Yhden kerran malli on saatu avatuksi, mutta silloin Rhinon esikatseluikkunaan ei tullut mitään.</p>	<p>Malli ilmestyi Rhinon esikatseluikkunaan välittömästi:</p>  <p>Kuitenkin Revit ei salli valita muutettavia seinä Grasshopperin kautta. Kielto-merkki koskee koko mallia:</p> 

2	Malli ei tullut esille esikatselussa.	Esikatselu toimii, mutta objektien valinta ei onnistu.  
3	Alkuperäinen Revit-malli.	Esikatselu toimii, objektien valinta onnistuu.  

4	Archicad-Grasshopper-yhteys ei toimi.	<p>Esikatselu toimii, objektien valinta ei onnistu.</p> 
5	Archicad-Grasshopper-yhteys ei toimi.	<p>Esikatselu toimii, objektien valinta ei onnistu.</p> 

Näin ollen arkkitehtimallien editoinnissa ei ole vielä saavutettu tuloksia, minkä vuoksi on toistaiseksi mahdotonta optimoida rakenneanalyysin prosessia algoritmisen mallintamisen avulla. Kaikkien mallitarkastusten tulosten perusteella laadittiin raportti tietyistä ongelma-alueista ja raportti toimitettiin työn tilaajalle.

Archicad-malleihin liittyvän ongelman ratkaisua on etsitty myös McNeil-yhteisöstä (yhteisö, jossa keskustellaan Rhinoon liittyvistä ongelmista), jossa ehdotettu tallentamaan Archicad-malli Revit-tiedostona ja viedä se sitten IFC-muotoon. Näin monet käyttäjät ovat saaneet omat Archicad-mallit toimimaan Rhinon kanssa.

4.5 Tapaus 5: Archicad to Revit to IFC to Rhino GeometryGym Etabs

GeometryGym:n liitännäisten käyttö on ilmaista 30 päivää. Saadakseen ilmaisen lisenssin on otettava yhteyttä Geometry Gym:n kehittäjään ja omistajaan Jon Mirtchiniin, minkä jälkeen hän lähettää koekäyttöoikeustiedoston. Jon on Australian BIM-organisaation jäsen, ja hänellä on yli vuosikymmenen kokemus algoritmipohjaisesta mallintamisesta ja Rhino-laajennusten kehittämisestä.

Saatuani GeometryGym:lta koekäyttöluvan, kysyin Jonilta neuvoa rakenneanalyysin optimointiin ja melkein täydellisen mallin saamiseen Etabs:ssa. Jon ehdotti seuraavaa ratkaisua ongelmaan:

- Revit-mallissa määritetään runkorakenteille rakenteellisen toiminnon (kantava tai ei-kantava rakenne)
- Tallennetaan Revit-malli IFC-tiedostona GG-RevitIFC-liitännäistä käyttäen
- Avataan IFC-tiedosto Etabs-ohjelmalla
- Muutetaan rakenteet Rhino-ohjelmalla GG-RhinoEtabs-liitännäistä käyttäen.


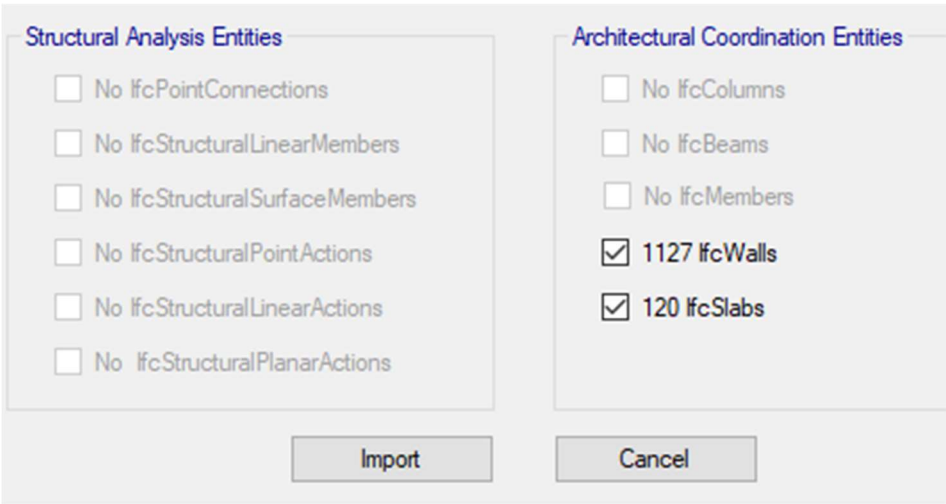
Näin ollen tässä vaiheessa tutkitaan neljä prosessia:

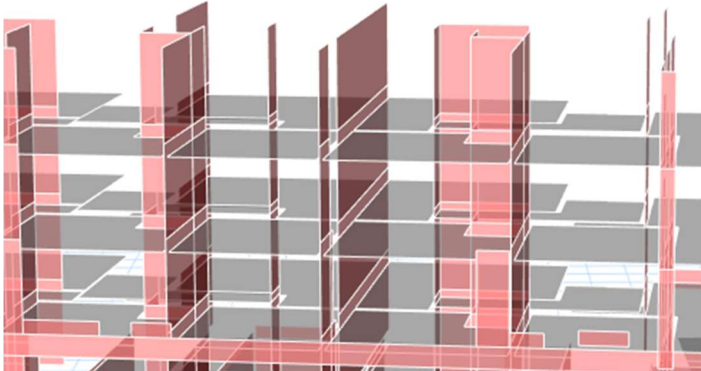
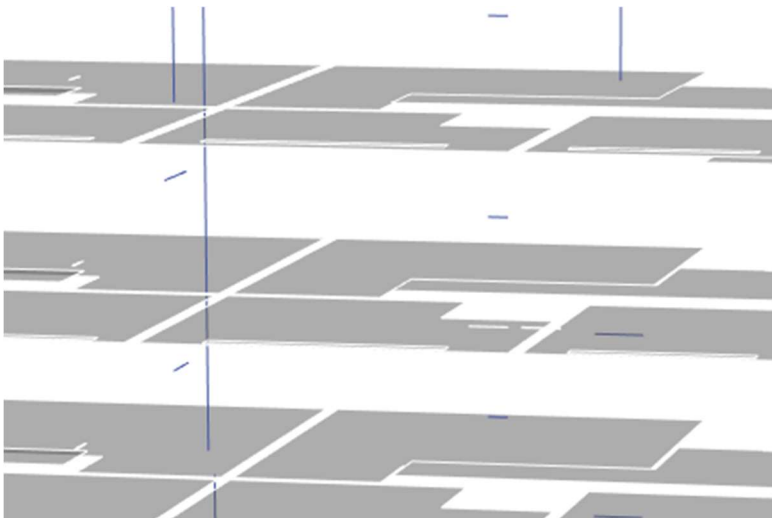
1. Archicad - malli tallennetaan IFC-tiedostona, avataan IFC-tiedosto Etabs-ohjelmassa ja tehdään halutut geometria muutokset GG-RhinoEtabs-liitännäisen kautta.
2. Archicad – malli tallennetaan Revit tiedostona, avataan Revit-ohjelmassa, josta tallennetaan IFC-tiedostona – avataan IFC Etabs-ohjelmassa ja tehdään muutokset RhinoEtabs-liitännäisen avulla.
3. Archicad – malli tallennetaan Revit tiedostona, avataan Revit-ohjelmassa, tallennetaan Revit-malli IFC-tiedostona GG-RevitIFC-liitännäistä käyttäen, avataan IFC Etabs-ohjelmassa ja tehdään muutokset RhinoEtabs-liitännäisen avulla.

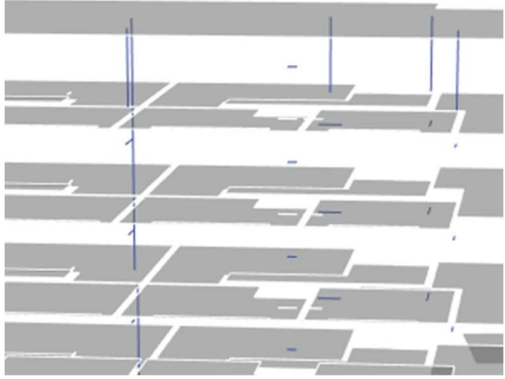
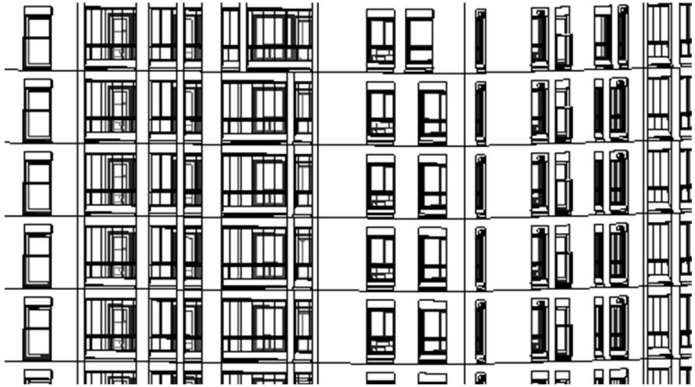
4. Vertailua varten tallennetaan alkuperäinen Revit-malli IFC-tiedostona, sekä tavallisesella tavalla, että GeometryGym:n RevitIFC-liitännäinen avataan ja muokataan Etabs-ohjelmassa RhinoEtabs-liitännäisen avulla.

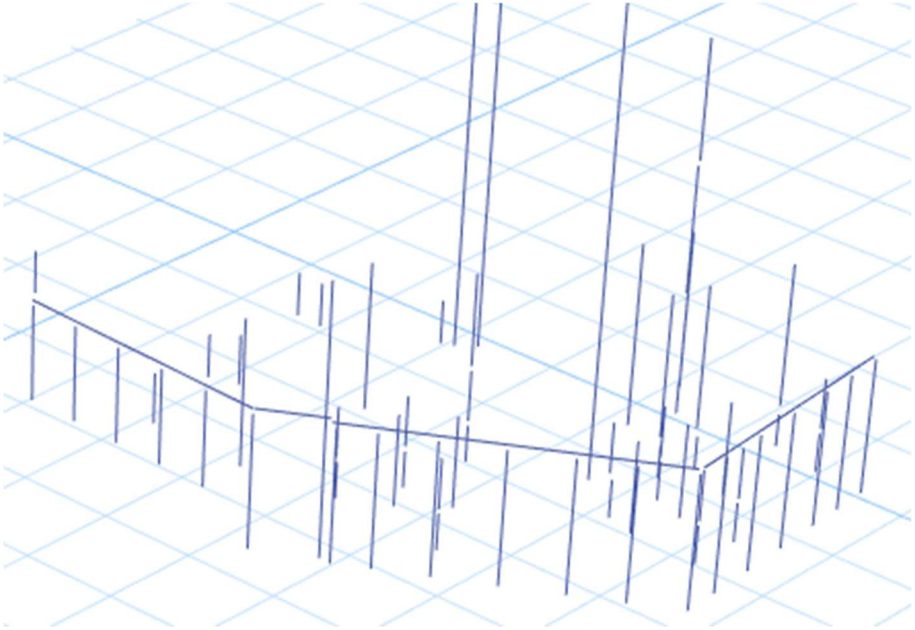
Tässä vaiheessa käytetään yhtä Archicad-mallia ja yhtä Revit-mallia tulosten vertailua varten. Tutkimuksen tulokset esitetään taulukossa 3.

Taulukko 3. Archicad- ja Revit mallien vienti Etabs-ohjelmaan

Archicad-malli	
Alkuperäinen näkymä Archicad-ohjelmassa	<p>Kaikki seinät ja laatat on määriteltty kantavana rakenteena.</p> 
Archicad – IFC - Etabs	<p>Vaikka kaikille seinille ja laatoille määritettiin kantavuus, IFC-tiedoston avaessa Etabs ei tunnistanut rakenteellista toimintoa, vaikka tunnisti arkkitehtiobjektit:</p> 

	<p>Etabs-näkyvistä puuttuvat ulkoseinät ja muutama laattaa:</p> 
<p>Archicad – Revit – IFC - Etabs</p>	<p>Myös tässä vaiheessa Etabs ei tunnistanut rakennetta:</p> <div data-bbox="486 750 1364 1220"> <p>Structural Analysis Entities</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> No IfcPointConnections <input type="checkbox"/> No IfcStructuralLinearMembers <input type="checkbox"/> No IfcStructuralSurfaceMembers <input type="checkbox"/> No IfcStructuralPointActions <input type="checkbox"/> No IfcStructuralLinearActions <input type="checkbox"/> No IfcStructuralPlanarActions <p>Architectural Coordination Entities</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 152 IfcColumns <input type="checkbox"/> No IfcBeams <input type="checkbox"/> No IfcMembers <input checked="" type="checkbox"/> 1129 IfcWalls <input checked="" type="checkbox"/> 251 IfcSlabs <p>Import Cancel</p> </div> <p>Etabs-ohjelmaan importoitu geometria on edelleen puutteellinen, seinät puuttuvat kokonaan näkyviltä:</p> 

<p>Archicad – Revit – GG-RevitIFC - Etabs</p>	<p>Tässä vaiheessa käynnistettiin GG-RevitIFC-liitännäinen testaten sen vaikutusta rakenteiden esitelämään Etabs-ohjelmassa. IFC-tiedoston vienti kesti kaksi tuntia ja lopputulos on hyvin samanlainen, kuten ennen:</p> 
<p>Revit-malli</p>	
<p>Alkuperäinen näkö Revit- ohjelmassa</p>	<p>Kaikki seinät ja laatat on määritelty kantavana rakenteena.</p> 
<p>Revit – IFC - Etabs</p>	<p>Etabs ei myöskään pystynyt tunnistamaan Revit-mallin objekteja:</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>Structural Analysis Entities</p> <p><input type="checkbox"/> No IfcPointConnections</p> <p><input type="checkbox"/> No IfcStructuralLinearMembers</p> <p><input type="checkbox"/> No IfcStructuralSurfaceMembers</p> <p><input type="checkbox"/> No IfcStructuralPointActions</p> <p><input type="checkbox"/> No IfcStructuralLinearActions</p> <p><input type="checkbox"/> No IfcStructuralPlanarActions</p> </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>Architectural Coordination Entities</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 124 IfcColumns</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 4 IfcBeams</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 2 IfcMembers</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 3150 IfcWalls</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 177 IfcSlabs</p> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <input type="button" value="Import"/> <input type="button" value="Cancel"/> </p>

	<p>Revit-rakenteiden esitys Etabs-ohjelmassa on pahin – näkyville on tullut vain muutama linja:</p> 
Revit – GG-RevitIFC - Etabs	<p>Tässä vaiheessa on saatu samanlainen tulos, eli voidaan todeta, että GG-RevitIFC ei millään tavalla vaikuttaa arkkitehtimalleihin.</p>

5 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, voidaanko olemassa olevia natiiviarkkitehtimalleja soveltaa algoritmiseen mallintamiseen. Tavoitteena oli niiden nopea muokkaus ja saatujen muutosten siirto rakenneanalyysiohjelmiin. Työssä tutkittiin Archicad-mallinnusohjelmalla luotuja arkkitehtimalleja ja vertailua varten käytettiin myös Revit-malleja.

Tutkimuksen alussa oli käytössä ohjelmistoversiot Archicad 21 ja 22, sekä Rhino 6, ja mallien testaus on tehty näillä versioilla. Mallien testausta ei kuitenkaan ole suoritettu uudelleen uusilla Archicad ja Rhino -versioilla, joten jatkossa olisi hyvä tarkistaa geometrian vienti ja käsiteltävyys myös näillä tuoreilla ohjelmaversioilla.

Opinnäytetyön tulosten perusteella voidaan päätellä, että Revit-ohjelmalla luodut mallit soveltuvat Archicad-malleja paremmin algoritmiseen mallintamiseen. Archicad-malleissa on lukuisia ongelmia, niin yhteyksien muodostamisessa, kuin valittujen objektien esittelyssä algoritmisen mallintamisen ohjelmistolla. Tästä huolimatta Archicad-, ja Revit-mallit eivät pystyneet täydellisesti esittämään kaikkea tarvittavaa geometriaa. Todetun perusteella arkkitehtimallien tallennusta Rhino-tiedostoina ei aloitettu tutkimaan uutena kokonaisuutena eikä pystytty rakentamaan laskentamallia.

Toimeksiantajan antama tehtävä on suoritettu. Voidaan todetta, että arkkitehtimallit eivät vielä sovellu käytettäväksi algoritmipohjaiseen mallintamiseen Rhino-ohjelmassa, eikä niitä voida käyttää tässä tapauksessa laskentamallien pohjana.

Lähteet

Archicad 24 Working With Rhino. Viitattu 29.7.2022. Saatavissa https://helpcenter.graphisoft.com/user-guide-chapter/86625/#XREF_73903_Working_With_Rhino

Grasshopper-ohjelman tutoriaalit. Viitattu 10.8.2022. Saatavilla <https://www.rhino3d.com/learn/?query=kind:%20grasshopper&modal=null>

Grasshopper-ohjelman tutoriaalit. Viitattu 10.8.2022. Saatavilla <https://www.grasshopper3d.com/page/tutorials-1>

Grasshopper-ohjelman tutoriaalit. Viitattu 10.8.2022. Saatavilla <https://www.structuredparametrics.com/tutorials>

Rhino-ohjelman tutoriaalit. Viitattu 12.8.2022. Saatavilla <https://howtorhino.com/tutorials/>

Etabs-ohjelman esite. Viitattu 20.8.2022. Saatavissa <https://www.csiamerica.com/products/etabs/>

Rhinoceros Forum. Viitattu 28.8.2022. Saatavissa <https://discourse.mcneel.com/>

Rhino-ohjelman liitännät. Viitattu 1.9.2022. Saatavilla <https://www.food4rhino.com/en>

GeometryGym Rhino-Etabs liitäntä. Viitattu 2.9.2022. Saatavilla <https://technical.geometrygym.com/rhino-grasshopper/structuralanalysis/etabs>

GeometryGym Rhino-IFC liitäntä. Viitattu 2.9.2022. Saatavilla <https://technical.geometrygym.com/rhino-grasshopper/ifc>