

Vladimirs Davidko

Sillan kolmiulotteisen CAD-mallin integrointi Tekla Structures BIM -malliksi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

28.4.2015

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Vladimirs Davidko Sillan kolmiulotteisen CAD-mallin integrointi Tekla Structures BIM -malliksi 30 sivua 28.4.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Kehityspäällikkö Matti-Esko Järvenpää, WSP Group Oy Lehtori Mervi Toivonen, Metropolia
<p>Insinööritöiden tavoitteena oli tutkia, miten AutoCAD-ohjelmassa mallinnettu 3D-malli tuodaan Tekla Structures -ohjelmaan ja konvertoidaan Tekla-natiivimalliksi. Tämä insinööritö tehtiin WSP Finland Oy:lle, joka on mukana Kruunusillat-hankkeessa suunnittelijana. Työn päättävänä oli AutoCAD-ohjelmalla mallinnetun Kruunuvuorensilta-mallin integrointi Tekla-ohjelmaan. Lisäksi tavoitteena oli tutkia, miten sillan kansirakenteen pursotus onnistuu Teklan Beam Extruder -työkalulla.</p> <p>Tämä insinööritö oli käytännönläheinen, ja aluksi siinä haettiin tietoa tutkimalla ohjelmistojen tuki- ja tietomallintamista käsitteleviä sivustoja ja haastattelemalla kokeneempia WSP Finlandin työntekijöitä. Sen jälkeen haetun tiedon perusteella konvertoitiin Kruunusillan-hankkeen aineistoa. Tätä työtä tehdessä Tekla Structures -ohjelma tuli hyvin tutuksi.</p> <p>Tuloksena saatiin kaksi erilaista tapaa, joilla ulkoisia CAD-objekteja voidaan konvertoida natiiveiksi Tekla-objekteiksi. Vain yhdellä menetelmällä onnistuttiin konvertoimaan Kruunuvuorensillan CAD-mallin objektit. Kannen rakenteet pursotettiin käyttäen Beam Extruder -työkalua ja todettiin, että kansirakenteen pursotus onnistuu hyvin vaivattomasti. Kannen mallintamista voisi toteuttaa Tekla Structures -ohjelmalla jo varhaisissa suunnitteluvaiheissa ja malli voidaan viedä IFC-muotoon, jonka jälkeen se on käytettävissä muissa järjestelmissä.</p>	
Avainsanat	tietomallinnus, Tekla Structures, Kruunusillat

Author(s) Title	Vladimirs Davidko Integrating 3d Bridge Model into Tekla Structures BIM-model
Number of Pages Date	30 pages 28 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Matti-Esko Järvenpää, Development Manager, WSP Group Oy Mervi Toivonen, Senior Lecturer, Metropolia
<p>The aim of this thesis was to research the ways in which a three-dimensional bridge model made by using AutoCAD-software can be imported into Tekla Structures -software and later converted into a native Tekla model. This thesis was made for WSP Finland Oy, who is participating in the Kruunusillat-project as a construction engineer. The main objective was to integrate a model of the Kruunuvuorensilta-bridge, which was designed using AutoCAD software into Tekla-environment. Also, additional aim was to explore the possibilities of extruding a bridge deck using Tekla's Beam Extruder tool.</p> <p>This study was practical and at the beginning information was gathered from software support and BIM-modeling sites. As well by, interviewing colleagues from WSP Finland who are familiar with BIM-modeling. After that, Kruunusillat material was converted using the researched information. While doing this research Tekla Structures software became very familiar.</p> <p>As a result, two ways to convert objects into Tekla environment were discovered. Only one of these worked successfully for converting Kruunuvuorensilta-bridges CAD-model. In addition, the deck objects were extruded using the Beam Extruder tool. During that procedure it became clear that because modeling deck structure with this tool is so convenient, Tekla and Beam Extruder itself should already be used for modeling in the early stages of planning. Afterwards model made using Tekla Structures can be exported into IFC-format and used in other systems.</p>	
Keywords	BIM-modeling, Tekla Structures, Kruunusillat

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoite ja menetelmät	2
2	Hankkeen taustatieto – Kruunusillat	2
3	Hankkeen tietomallinnus	4
3.1	Esisuunnittelu	4
3.2	Yleissuunnittelu	4
3.3	Siltasuunnittelu	5
3.4	Rakennussuunnittelu	5
4	CAD-mallinnus	5
4.1	Solid modeling	6
4.2	Loft	6
4.3	Kannen mallinnus	7
5	Mallin tuonti Tekla Structuresiin	8
5.1	Objektin tuonti IFC-referenssin kautta	8
5.1.1	IFC	8
5.1.2	IFC-vienti	9
5.1.3	IFC-referenssimalli	10
5.1.4	IFC object converter	12
5.1.5	Soveltuvuus ja rajoitukset	14
5.2	Objektin tuonti <i>Shape Catalog</i> -työkalulla	16
5.2.1	CAD-kappaleen valmistelu	17
5.2.2	Shape Catalog	17
5.2.3	Importoidun objektin sijoittaminen TS-malliin	18
5.2.4	Soveltuvuus ja rajoitukset	19
5.3	Beam Extruder	22
5.3.1	Objektin pursotus	23
5.3.2	Poikkileikkausprofiilit	24
5.3.3	Soveltuvuus ja rajoitukset	25
5.4	Tuodun objektin integrointi tietomallimuotoon	26

6 Tulokset	27
7 Johtopäätökset	28
Lähteet	30

Lyhenteet ja käsitteet

AutoCAD Architecture

AutoCAD-versio, joka on tarkoitettu rakennussuunnitteluun.

AutoCAD Civil 3D

AutoCAD-versio, joka on tarkoitettu yhdyskuntasuunnitteluun ja dokumentointiin.

BIM *Building Information Model* eli tietomallinnus.

CAD *Computer-aided Design* eli tietokoneavusteinen suunnittelu.

dwg Tiedostomuoto, jota käytetään kaksi- ja kolmiulotteisten CAD-tietojen tallentamiseen.

GUID *Globally unique identifier* eli tietotekniikassa hyödynnetty ainutkertaiseksi tarkoitettu tunnusnumero. GUID on 128-bittinen satunnaisluku, joka esitetään yleensä 32:na heksalukuna yhdysmerkein ryhmiteltynä.

IFC *Industry Foundation Classes* eli kansainvälinen International Alliance for Interoperability -järjestön kehittämä avoin ISO-standardoitu oliopohjainen tiedostomuoto.

Loft AutoCAD-ohjelman komento, jolla luodaan 3D-solid-objektia tai pintaa yhdistämällä kahta tai useampaa poikkileikkausprofiilia.

Lokitiedosto Taustaohjelman tilasta ja tapahtumista kertova tekstitiedosto.

NURBS *Non-uniform rational basis spline* eli matemaattinen malli, jota käytetään käyrien ja pintojen luomiseen ja esittämiseen tietokonegrafiikassa.

RS *Revit Structures*, Autodeskin kehittämä tietomallinnusohjelma rakennussuunnittelijoille.

Solid Model Tilavuusmalli, solid model kuvaa kappaleen koko tilavuutta.

Spline Komento, jolla piirretään NURBS-käyriä, joita käytetään mm. vaativien 3D-mallien luonnissa.

Tietomalli Yleisnimitys kaikessa rakentamisessa käytettäville digitaalisille, tietoa sisältäville, malleille, jotka kuvaavat tietyn rakenteen tuotetietoa.

TS *Tekla Structures*, Tekla Oy:n kehittämä tietomallinnusohjelma.

Tuotemalli Rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tuotetietojen kokonaisuus.

Vinoköysisilta

Ulkonäöltään riippusiltaa muistuttava siltatyyppe, jossa ajoratana toimiva osa on ripustettu pylonista lähteviin vinossa asennossa oleviin köysiin.

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Tietomallintamisen käyttö on hyvin yleistä talo- ja teollisuushankkeissa Suomessa, mutta siltapuolella se on vielä suhteellisen nuori käytäntö. Vielä suurin osa siltasuunnitelmista tuotetaan perinteisellä CAD-teknologialla. Kuitenkin kiinnostus 3D-tietomallien käyttämiseen taitorakenteiden suunnittelussa on voimakasta ja yhä useampi yritys siirtyy vähitellen mallipohjaiseen suunnitteluun. Tietomallien yhteydessä käytetään englanninkielistä termiä BIM (*engl. Building Information Model*), joka tarkoittaa digitaalisessa muodossa olevaa rakennemallia, joka sisältää kolmiulotteisen muodon kuvauksen lisäksi objektien tietojen kuvauksen. Tietomallin avulla pyritään hallinnoimaan rakennuksen elinkaarta suunnittelusta toteutukseen ja ylläpidosta purkamiseen. Kaikki vaiheet tallentuvat digitaalisessa muodossa, jota projektin osallistujat voivat käyttää ja tieto siirtyy osapuolten välillä mallipohjaisesti. Tietomallintamisen tavoitteena on laatia kolmiulotteisen tarkastelun avulla mahdollisimman virheettömiä suunnitelmia, jolloin suunnitteluvirheet voidaan huomata jo hankkeen alkuvaiheessa.

Suomessa työkaluna on useimmiten käytetty Tekla Structures -ohjelmistoa, joka sopii siltatietomallintamisen varsin hyvin. TS:n mahdollisuuksista ja ominaisuuksista siltojen tietomallintamisessa on tehty paljon tutkimuksia. Tekla Oyj tekee yhteistyötä suunnittelijoiden kanssa ja sen vuoksi ohjelmaan tulee jatkuvasti lukuisia parannuksia.

Työn toimeksiantaja on WSP Group Oy suunnittelutoimisto, joka on kehittänyt tietomallintamista jo monen vuoden ajan. Konsernin siltayksikkö on ollut suunnittelijana useassa tietomallihankkeessa, joista tähän asti merkittävin ja haastavin on ollut Crusellin silta. Vuonna 2013 WSP Finland voitti Helsingin kaupungin järjestämän suunnittelukilpailun siltayhteydestä Laajasalon Kruunuvuorenrannasta kantakaupunkiin. Kruunuvuorenselän ylittävä siltayhteys muodostuu kahdesta sillasta, josta pisin on Kruunuvuorensilta, jonka pituus on 1,2 kilometriä ja toteutuessaan sillasta tulee Suomen pisin. Siltayhteys on tarkoitettu raitiovaunuille, kevyelle liikenteelle ja hälytysajoneuvoille.

Kruunuvuorensilta on rakenteeltaan kaareva vinoköysisilta. Sillan rakenne on geometrisesti haastava. Siitä on tuotettu 3D-malli AutoCAD Civil 3D -ohjelmassa. Mallia ei mallinnettu Tekla Structures -ohjelmalla heti, koska mallintamisen alkuvaiheessa testat-

tiin erilaisia sillan geometrisia vaihtoehtoja. Näin suuren ja geometrisesti vaikean mallin tekemistä Tekla Structures -ohjelmassa pidettiin liian monimutkaisena. Seuraavassa vaiheessa malli siirretään Tekla Structures -ohjelmaan, jossa 3D-objekteille lisätään tietomalliominaisuudet. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin, miten siirto onnistuu ja millä tavalla kolmiulotteisesta geometriamallista, joka sisältää suuria ja geometrisesti monimutkaisia objekteja, päästään tietomalliin, jonka objekteilla ja osilla on tietojen kuvaus.

1.2 Tutkimuksen tavoite ja menetelmät

Tämän opinnäytetyön pääasiallisena tavoitteena on tutkia erilaisia tapoja, joilla geometriamallin siirto tietomallimuotoon onnistuu sekä kartoittaa mahdollisia ongelmia, joita voi esiintyä mallin integroinnissa AutoCAD-ohjelmasta TS-ohjelmaan. Työssä tutkitaan myös, miten sillan kansirakenteen pursotus onnistuu Teklan Beam Extruder -työkalulla. Samaten selvitetään, mitkä asiat pitäisi ottaa huomioon jo CAD-mallinnusvaiheessa. Tietoa haetaan haastattelemalla kokeneimpia tietomallintamiseen perehtyneitä WSP Groupin työntekijöitä, tutkimalla internetissä ohjelmistojen virallisia tukisivustoja sekä CAD:in ja Teklan nettiyhteisöjä. Saatua tietoa sovelletaan Kruunuvuorensilta-projektissa. Tuloksena on tarkoitus saada onnistuneesti integroitu malli, jonka avulla siltasuunnittelua ja myöhemmin rakennesuunnittelua voidaan jatkaa Tekla-ohjelmassa.

2 Hankkeen taustatieto – Kruunusillat

Vuonna 2012 Helsingin kaupunki järjesti Kruunusilloista kansainvälisen suunnittelukilpailun. Kilpailun tarkoituksena oli löytää kaikin puolin paras siltaratkaisu, joka yhdistäisi kantakaupungin ja Kruunuvuorenrannalle tulevat uudet asuinalueet. Kilpailun kohde on kaupunkikuvallisesti erittäin merkittävä, toiminnallisesti monipuolinen sekä siltapaikkana poikkeuksellisen vaativa. 18 kesäkuuta 2013 julkistettiin siltakilpailun voittajat, ensimmäisen sijan sai WSP Finlandin ”Gemma Regalis” ehdotus, jonka pääarkkitehti on Martin Knight.

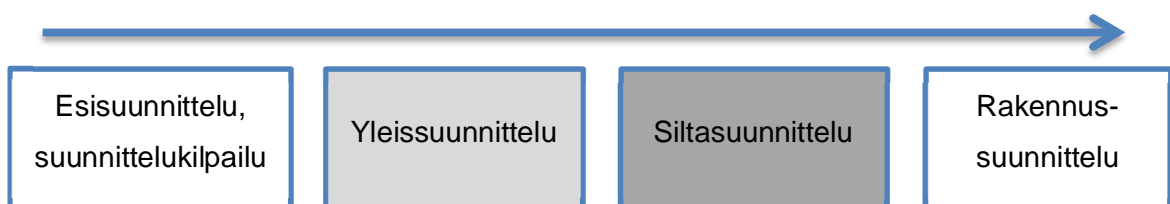
Suunnittelualue jakautuu kolmeen erilliseen osaan, jotka ovat: siltayhteys Nihdistä Korkeasaareen - Finkensilta, Korkeasaaren pohjoisosaan rakennettava kulkuyhteys tarvittavine lähialueineen sekä siltayhteys Korkeasaaresta Kruunuvuorenrantaan - Kruunu-

vuorensilta, joka on yksipylyninen liittorakenteinen vinoköysisilta ja tulosillat ovat liittorakenteisia palkkisilloja.



Kuva 1. Asemakaavan havainnekuva (1).

Kaavassa silta on varattu joukkoliikenteelle eli raitiovaunuille ja pyöräilijöille sekä jalkakulkijoille. Pelastusajoneuvot saavat käyttää siltaa tarvittaessa.



Kuva 2. Sillan suunnitteluvaiheet (2).

Kuvassa 2 on esitetty siltojen suunnitteluvaiheet. Tämä tutkimus kattaa projektin yleissuunnitteluvaiheen, jossa tuotetaan siltojen kolmiulotteiset AutoCAD-mallit, ja osan siltasuunnitteluvaihetta, jonka suunnitelmat laaditaan tietomallipohjaisesti.

3 Hankkeen tietomallinnus

Kruunuvuorensilta on merkityksellinen ja haastava suunnittelukohde. Tietomallinnusta ei ole aiemmin käytetty missään näin mittavassa infrarakenteessa. Hankkeen arvioidaan kestävään useita vuosia, mikä luo erityisiä haasteita tietomallinnukselle. Tietomallia tullaan hyödyntämään koko projektin ajan sekä suunnittelussa että rakentamisessa. Tietomallia käytetään hyväksi myös kohteen valmistumisen jälkeen käytön ja ylläpidon vaiheissa. Tässä luvussa kartoitetaan sillan suunnitteluvaiheet ja tietomalleille asetetut tavoitteet. Taulukossa 1 on lyhyesti esitetty jokaisen suunnitteluvaiheen tietomallitavoitteet.

Taulukko 1. Suunnitteluvaiheet ja tietomallitavoitteet (2, s. 3).

ESI- JA YLEISSUUNNITTELUVAIHE	SILTASUUNNITTELUVAIHE	RAKENNUSSUUNNITTELUVAIHE
Havainnemateriaalin tuottaminen	Yhteensovittaminen ympäristön ja muun suunnittelun kanssa	Virheettömät toteutussuunnitelmat, määrät, yhteensovittaminen

3.1 Esisuunnittelu

Esisuunnitteluvaiheessa mallintamisen tarkkuus on luonnostelun tarkkuudella, jolloin mallin avulla voidaan havainnollisemmin vertailla vaihtoehtoisia ratkaisuja. Tarkkuudeksi riittää sillan näkyvien pintojen esittäminen. Objekteilta ei vaadita tilavuus- ja materiaaliominaisuuksia. Esisuunnittelun mallinnuksen ohjelmistona käytettiin AutoCAD Civil 3D 2014. (3, s. 19.)

3.2 Yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheen tietomallinnuksen päämäärä on hankkeen kattava havainnollistaminen. Sillasta mallinnetaan näkyvissä olevat rakenteet ja varusteet sekä siltaan liittyvät maastorakenteet. Piiloon jääviä rakenneosia ei mallinneta eikä objekteilta vaadita tilavuusominaisuuksia. Suunnitteluvaiheen lopputuotteena tuotetaan eri suunnittelualo-

jen havainneaineistoa. Yleissuunnittelun mallinnuksen pääasiallinen ohjelmisto on AutoCAD Civil 3D 2014. (3, s. 20.)

3.3 Siltasuunnittelu

Siltasuunnitteluvaiheessa näkyvien osien lisäksi mallinnetaan perustukset kokonaisuudessaan sopivalla tarkkuudella. Rakenteet mallinnetaan tietomalliobjekteina. Tietoa siirrettäessä objektien nimi, sijainti, tyyppi ja geometria siirtyvät rakenneosan mukana. Rakenneosat mallinnetaan tilavuusobjekteina, jolloin määrät luetaan suoraan mallista. AutoCAD Civil 2014 -ohjelmiston lisäksi siltasuunnittelussa käytetään Tekla Structures 20 -ohjelmistoa. (3, s. 21.)

3.4 Rakennussuunnittelu

Rakennussuunnitteluvaiheessa tuotetaan virheettömät ja mittatarkat toteutussuunnitelmat. Silta mallinnetaan kokonaisuudessaan varusteineen, laitteineen, raudoituksiineen, määrätietoineen ja immateriaalitietoineen. Rakennussuunnittelussa laaditaan siltapaikasta yhdistelmämalli. Rakenneosat ja -järjestelmät mallinnetaan niin, että niistä voidaan tunnistaa niiden merkitys ja tyyppi. Tietoa siirrettäessä objektien sijainti, nimi, tyyppi ja geometria siirtyvät rakennusosan mukana. Rakennussuunnittelun mallinnuksen pääasiallinen ohjelmisto on Tekla Structures 20. (3, s. 23.)

4 CAD-mallinnus

Kruunuvuorensillan mallintamisen haastavin ja vaativin vaihe on kannen mallin tuottaminen. Tässä luvussa käydään läpi tekniikkaa, jota käytetään pitkän ja geometrisesti monimutkaisen rakenteen mallintamisessa. Yleissuunnitteluvaiheesta AutoCAD-ohjelmassa mallinnetaan geometriamalli varusteineen. Tässä vaiheessa on jo suunniteltu mittalinja, jota siltarakenne seuraa sekä poikkileikkauksen kuvio on selvä. Ennen kuin voidaan aloittaa mallintaminen, lasketaan sillan ohjauslinjan koordinaatit avaruudessa.

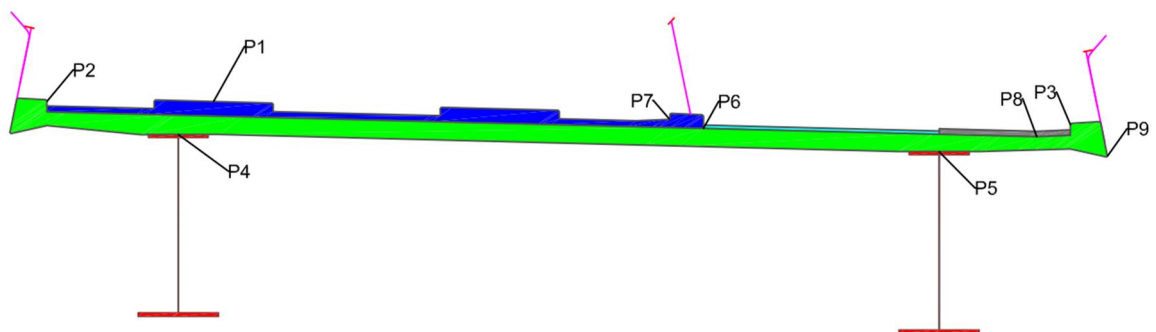
4.1 Solid modeling

Mallinnettaessa on käytettävä työkaluja, joilla luodaan sellaisia objekteja, joita on mahdollista tuoda TS-ohjelmaan ja konvertoida tietomallimuotoon. Vaikka tässä vaiheessa ei objekteilta vaadita tilavuusominaisuuksia, on tarpeen tehdä malli käyttäen tilavuusmallinnusta. Tilavuusmalli eli solid model kuvaa kappaleen koko tilavuutta. Siirtyessään Tekla-ohjelmaan solid-objektit säilyttävät muotonsa ja niitä voidaan muokata rajoitetusti. Objekteille on mahdollista lisätä lisäominaisuuksia.

Jotta mallin kaarevat muodot eivät vääristy projektin myöhemmässä IFC-vienti vaiheessa, CAD-mallissa kannattaa heti alusta käyttää yksikkönä millimetrejä.

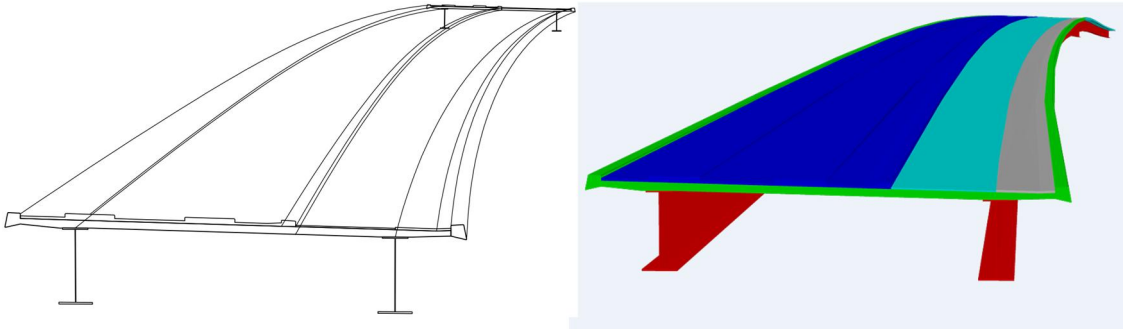
4.2 Loft

Sillan kansi ja päällysteet mallinnetaan Loft-komentoa käyttäen. Loft-komennolla luodaan 3D-solid-objektia tai pintaa yhdistämällä kahta tai useampaa poikkileikkausprofiilia. Poikkileikkausprofiilit määrittävät objektin muodon. Loft-objektin oikean muodon määrittämiseksi voidaan käyttää apuviivoja. Apuviivoina käytetään ohjausviivoja, jotka alkavat tietyistä pisteistä ensimmäisestä poikkileikkausprofiilista ja päättyvät tiettyyn pisteeseen viimeisellä poikkileikkausprofiililla. Ohjausviivana käytetään sillan mittalinjaa ja se piirretään spline-viivalla, joka on jatkuva useamman pisteen kautta kulkeva käyrä. On mahdollista käyttää useita ohjausviivoja, jotka yhdistävät poikkileikkausprofiiliin eri pisteet. Tapauksissa, joissa on monimutkainen poikkileikkausprofiili ja polku, suositellaan käytettäväksi useampaa apuviivaa, jolloin varmistetaan, että malli ei vääristy. Kuvasssa 3 nähdään sillan poikkileikkaus, johon on merkattu apupisteiden sijainnit, joiden kautta apuviivat kulkevat.



Kuva 3. Kruunuvuorensillan poikkileikkausprofiili ja apupisteet, väreillä on merkattu sillan eri osat, jotka kaikki mallinnetaan erillisinä kappaleina.

Kuvassa 4 on esitetty alku- ja loppupoikkileikkausprofiilit sekä ohjausviivoja joista *loft*-komentennolla pursotetaan kannen solid-mallia.

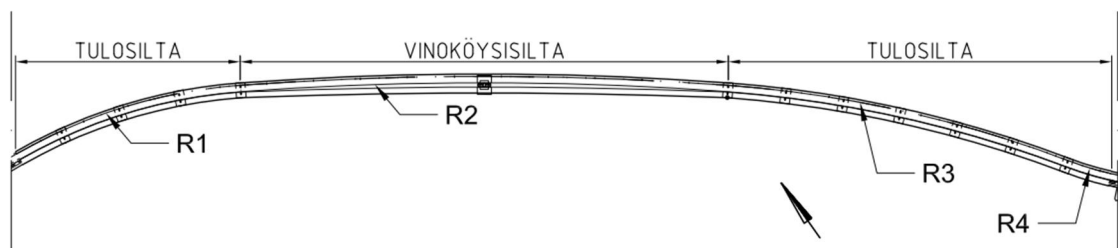


Kuva 4. Vasemmassa kuvassa näkyy kannen alku- ja loppupoikkileikkausprofiilit sekä ohjauslinjat, oikealla on näistä objekteista loft-komennolla pursotettu malli.

Loft-toiminnon herkkyyden takia varsinkin isot pursotukset kannattaa jakaa osiin sekä varmistaa, että polkujen alku- ja loppupisteet ovat kiinni poikkileikkausprofiileissa täydellisesti. Myöhemmin solid-objektit voi yhdistää union-komennolla.

4.3 Kannen mallinnus

Kuvasta 5 nähdään, että Kruunuvuorensilta jakautuu kolmeen osaan: vinoköysisilta ja kaksi tulosilta, sekä että sillan mittalinja koostuu neljästä kaaresta. Tulosiltojen poikkileikkausprofiili ei muutu matkan varrella. Vinoköysisillan poikkileikkauksen alku- ja loppupoikkileikkausprofiili on samanlainen kuin tulosillalla, mutta se levenee tasaisesti pylonia kohti.



Kuva 5. Kruunuvuorensillan tasopiirustus.

Teoriassa sillan osat on mahdollista pursottaa koko matkalle asettamalla kannen poikkileikkausprofiilit tulosiltojen alku- ja loppupisteille, leveämpi poikkileikkausprofiili pylönin kohdalle ja piirtämällä splinella ohjausviivoja niiden väliin. Koska loft-komento on herkkä, mallinnettaessa kappaleet vääristyvät tai niissä ei voi hyödyntää ohjausviivoja. Kruunusillan oikeanmuotoisen mallin luomiseksi loft-pursotukset jaetaan viiteen osaan. Vasen tulosilta pursotetaan yhdellä kappaleella. Vaihtuvan poikkileikkausprofiilin takia vinoköysisilta pursotetaan kahdesta kappaleesta. Oikea tulosilta kasataan kahdesta kappaleesta, koska sillan mittalinja koostuu kahdesta kaaresta.

5 Mallin tuonti Tekla Structures -ohjelmaan

Tässä luvussa käydään läpi tapoja tuoda ulkoinen malli TS-ohjelmaan. Käsitellään, mihin tarkoituksiin nämä menetelmät sopivat ja minkälaisia rajoituksia näillä menetelmillä on. Lisäksi pohditaan, miten ne toimivat Kruunuvuorensillan mallinnusprojektissa. Tässä vaiheessa varaudutaan siihen, ettei objektin siirto tule onnistumaan täydellisesti, ja siksi selvitetään, miten TS:llä pursotetaan kannen muoto käyttäen Beam Extruder -työkalua. Lopuksi tutkitaan, miten tuoduille objekteille saadaan lisättyä tietomalliominaisuudet.

5.1 Objektin tuonti IFC-referenssin kautta

Teklaan on mahdollista importoida IFC-referenssimalli. Ensin CAD-malli tallennetaan IFC-muotoon, jonka jälkeen se tuodaan Tekla-malliin referenssinä. Tuotuja malleja voi käyttää esimerkiksi törmäystarkastelussa, raportoinnissa sekä aikataulutustehtävissä. Tuodun IFC-mallin sisäiset objektit voidaan konvertoida natiiveiksi TS-objekteiksi IFC object converter -työkalulla. (4)

5.1.1 IFC

IFC (*engl. Industry Foundation Classes*) on kansainvälisen buildingSMART (aiemmin tunnettu nimellä International Alliance for Interoperability) -järjestön kehittämä avoin ISO/PAS 16739 -standardoitu oliopohjainen tiedostomuoto, joka mahdollistaa tietojen siirron tietokonejärjestelmästä toiseen. IFC-tiedonsiirtoa käytetään tuotemalliperusteisessa rakennussuunnittelussa. IFC-standardin välityksellä tuotemallitietoa voidaan

siirtää eri CAD-järjestelmien välillä sekä myös suunnitteluohjelmistosta erilaisiin analyysi-, tuotanto- ja tuotetieto-ohjelmistoihin. IFC- tiedostoformaatin välityksellä siirretään 3D-geometria ja parametreja. Standardi ei tue piirustusmuotoista siirtoa. (5.)

5.1.2 IFC-vienti

Tällä hetkellä hyvin monessa suunnittelu- ja mallinnusohjelmistossa on mahdollista tallentaa malli IFC-formaattiin. Tässä tutkimuksessa IFC-export on tehty AutoCAD Architecture 2015 ja Revit Structure 2014 -ohjelmissa.

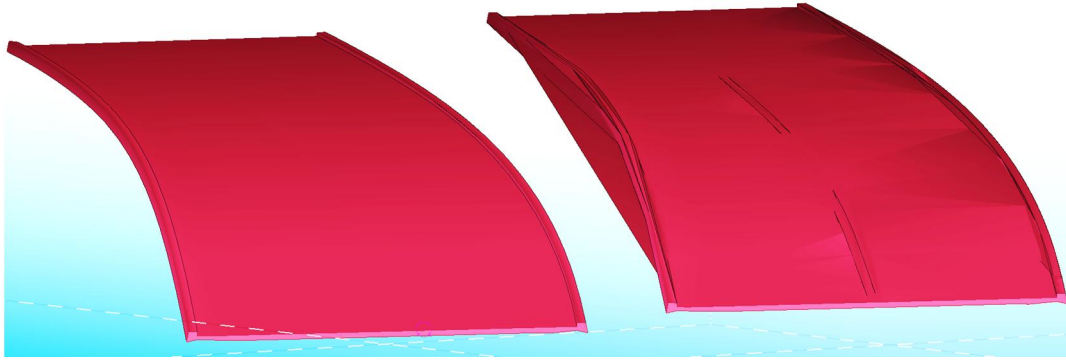
AutoCAD Architecturessa, IFC-export-komennon käynnistämiseksi valitaan AutoCAD näppäin > Export > IFC. Autodesk Revit Structuressa valitaan Revit näppäin > Export > IFC

Vain aktiivinen, luontihetkellä auki oleva piirustus voidaan viedä IFC-tiedostoon. Vienti-prosessissa syntyy kaksi tiedostoa:

- IFC-tiedosto, joka sisältää 3D-mallin sekä hankkeeseen liittyvää tietoa, kuten projektinumero ja nimi, tiedoston polku ja mahdolliset referenssinä liitetyt mallit.
- Lokitiedosto (*engl. log file*), joka sisältää tietoa mallissa olevista objekteista ja niiden sijainnista koordinaatistossa. Tämä tiedosto tallentuu samaan paikkaan kuin IFC-tiedosto.

IFC-tiedostoon viedyn mallin objektit sisältävät 3D-geometrisen tiedon lisäksi objektin ominaisuuksia kuten objektin tyyppi-, nimi-, materiaali-, taso- ja tyylitietoa. Mallin objektit viedään IFC-tiedostoon riippumatta siitä, onko yksittäiset objektit piilotettu pois näkyvästä tai onko tasot kytketty pois.

On tärkeää, että CAD-mallissa yksikkönä on käytetty millimetrejä, sillä muuten IFC-viennissä kaarevat muodot suoristuvat. Kuvassa 6 on esitetty kaksi samanlaista IFC-formaattiin vietyä kappaletta. Vasemman kappaleen yksiköt ovat millimetrejä ja oikean kappaleen metrejä.



Kuva 6. Kuvakaappaus IFC-tiedostoon viedyistä kappaleista.

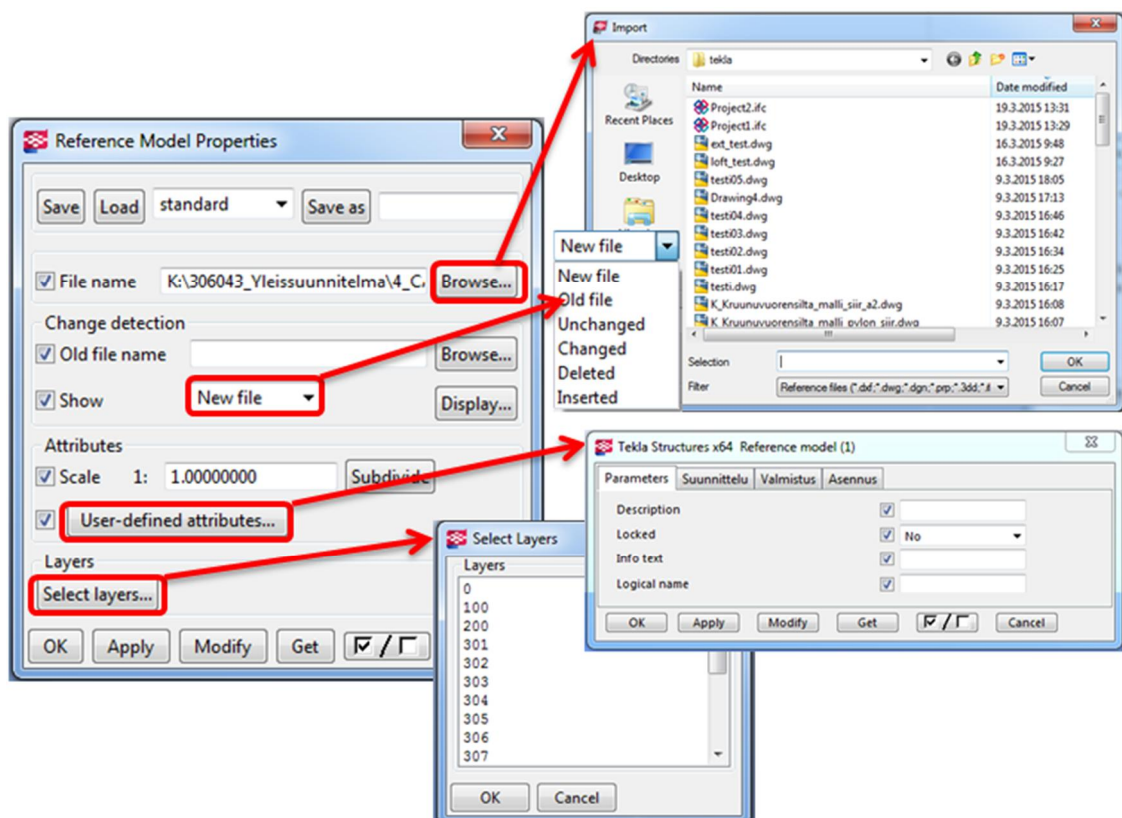
Kruunuvuorensillan malli sijaitsee globaalkoordinaatistossa ja on kaukana origosta. TS-ohjelmassa työskentelyn helpottamiseksi, ennen kuin tehdään IFC-vienti, CAD-malli siirretään lähemmäs origoa ja siirto dokumentoidaan.

5.1.3 IFC-referenssimalli

Referenssimalli on tiedosto, jota käytetään avuksi TS-mallinnuksessa. Referenssimalli voi olla TS-ohjelmalla luotu malli tai toisella ohjelmistolla luotu ja TS-ohjelmaan importoitu referenssi 2D-piirustus tai 3D-malli. TS tukee seuraavat tiedostoformaattit (6):

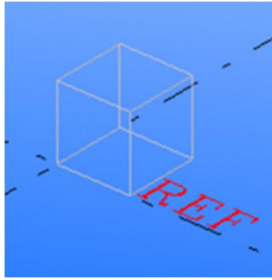
- AutoCAD *.dwg
- AutoCAD *.dxf
- MicroStation *.dgn, *.prp
- Cadmatic-mallit *.3dd
- IFC-tiedostot *.IFC
- IGES-tiedostot *.igs, *.iges
- STEP-tiedostot *.stp, *.STEP
- PDF-tiedostot *.pdf

TS:ssa referenssimalli tuodaan painamalla File > Insert Reference Model -painiketta. Tällöin aukeaa kuvassa 7 esitetty Reference Model Properties -valintaikkuna, missä File name -sarakeessa Browse-painiketta painamalla valitaan halutun referenssitiedoston sijainti. Change detection -kohdassa voidaan valita referenssimallin vanhempi versio, jonka avulla tarkistetaan referenssimallissa tapahtuneet muutokset. Attributes-kohdassa voidaan tarvittaessa muuttaa mallin skaalausta sekä täytetään vientitiedoston projektikohtaisia tietoja ja kommentteja. Layers-kohdassa voidaan valita mallin tasot, jotka halutaan tuoda.



Kuva 7. Reference Model Properties -valintaikkuna.

Kun tiedoston sijainti ja muut parametrit on määritetty, painetaan Apply-painiketta ja valitaan piste, mihin referenssimalli sijoitetaan. Valittu piste määrittelee referenssimallin origon. Jos lisätty malli on työalueen ulkopuolella tai se ei ole kokonaan tai lainkaan näkyvissä, TS näyttää Objects outside the work area (Objektit ovat työalueen ulkopuolella) -varoituksen. Tällöin työalueen laajentamiseksi klikataan Expand-painiketta.




Kuva 8. Oletusreferenssimallisymboli.

Jos referenssimallin tiedosto ei ole valittuna tai Apply-painiketta ei ole klikattu mallin valinnan jälkeen, TS näyttää kuvassa 8 esitetyn oletusreferenssimallisymbolin. Symboli voi myös ilmoittaa, että referenssimallia ei voitu näyttää, koska siinä ei ole näkyviä objekteja tiedostossa, tiedosto on vioittunut tai TS ei tue kyseistä tiedostomuotoa.

Painamalla File > Reference Model List -painiketta avataan Reference Models -valintaikkuna, jossa nähdään tällä hetkellä ladattuina olevat mallit. Mallit voidaan piilottaa, poistaa tai päivittää.

5.1.4 IFC object converter

Teklassa referenssinä tuodut IFC-objektit konvertoidaan IFC object converter -työkalulla, joka voi muuntaa lineaariset IFC-objektit kuten pilarit, palkit, anturat, lattia- ja kattolaatat sekä seinät natiiveiksi TS-objekteiksi.

Aluksi valitaan objekti tai objektit, jotka halutaan konvertoida. IFC-referenssimallin yksittäiset objektit valitaan painamalla  (Select objects in components) -painiketta TS ruudun alapuolella.

Seuraavaksi valitaan Tools > Convert IFC objects. Konvertoimiseksi valitaan Convert, jonka jälkeen TS muuntaa objektin natiiviobjektiksi.

Klikkaamalla Settings-painiketta avataan IFC object converter settings -valintaikkuna, jossa päästään muokkaamaan muunnoksen asetuksia.

Primary profile mapping -kohdasta voidaan valita, millä tavalla TS tulee tunnistaa objektien profiilit. Kuvasta 9 nähdään, että TS voi kartoittaa profiileja kahdella eri tavalla (7):

- Jotta profiileja kartoitettaisiin ensisijaisesti vertaamalla profiilin nimeä IFC-mallin ja TS profiililuettelon kesken, valitaan Profile name -vaihtoehto.
- Jotta profiileja kartoitettaisiin ensisijaisesti vertaamalla objektien mittoja, valitaan Dimensions -vaihtoehto. Tarvittaessa voidaan vaihtaa profiilin kartoituksessa käytettävää mittatoleranssia.

The screenshot shows a software interface for 'Primary profile mapping'. On the left, there are two radio buttons: 'Profile name' (selected) and 'Dimensions'. On the right, there is a 'Tolerance' section with five input fields: h (1), b (1), t (1), s (1), and r (5). To the right of these fields are two diagrams: the top one shows an I-beam profile with dimensions h (height), b (width), t (thickness), and s (web thickness), and the bottom one shows a rectangular profile with dimensions h (height), b (width), t (thickness), and r (radius).

Kuva 9. Primary profile mapping -kohta.

Jos IFC object converter ei voi tunnistaa profiileja valitulla menetelmällä, käytetään toista tapaa tunnistamiseen.

Ennen kuin suoritetaan IFC-objektin konvertointi natiiviksi TS-objektiksi, voidaan tarkastella profiileja tai materiaaleja, joita TS ei tunnista. Niille on mahdollista valita profiili tai materiaali TS:n omasta luettelosta. Kun IFC object converter settings -valintaikkunan alapuolella klikataan Check-painiketta, aukeaa Missing Mapping -valintaikkuna, jossa on kaksi välilehteä: Missing Profiles (puuttuvat profiilit) ja Missing materials (puuttuvat materiaalit). Molemmissa välilehdissä on vasemmassa sarakkeessa lueteltu IFC-objektin profiilit tai materiaalit, joita TS ei tunnista, ja oikeassa sarakkeessa puuttuvalle profiilille tai materiaalille voidaan valita profiili tai materiaali TS-luettelosta.

Kappaleen konvertoinnin jälkeen Tekla-ohjelmassa voidaan luoda raportti konvertoituista IFC-objekteista. Raportin luomiseksi klikataan Report-painiketta Convert IFC objects -valintaikkunassa tai TS luo raportin automaattisesti jokaisen konvertoinnin jälkeen, kun IFC object convertor settings -valintaikkunassa on ruksattu Create report after conversion -valintaruutu.

```

-----
TEKLA STRUCTURES Converted Parts
-----

```

ID	Name	Profile	Initial profile	Class
Id: 4086	PANEL	3000*200	GENERIC-200MM	990
Id: 4146	COLUMN	HEA300	HE300A	990
Id: 4139	PANEL	3000*200	GENERIC-200MM	992
Id: 4093	PANEL	3000*200	GENERIC-200MM	992
Id: 4052	PANEL	3000*240	WALL STANDARD(3	992
Id: 4079	COLUMN	COLUMNS7	COLUMNS7	992
Id: 4153	COLUMN	COLUMNS666	COLUMNS666	992

```

-----

```

Kuva 10. Raportti konvertoituneista objekteista.

Kuvassa 10 on esitetty raportti, jossa on listattu konvertoituneiden objektien tietoja: ID-numero, nimi, profiili, alkuperäinen profiili ja luokka. Luokka on numero 990-995 välillä, joka kuvaa konvertoituneen objektin tilaa. Silloin kun raportilta valitaan jokin rivi, niin kyseisellä rivillä oleva kappale tulee mallista valituksi.

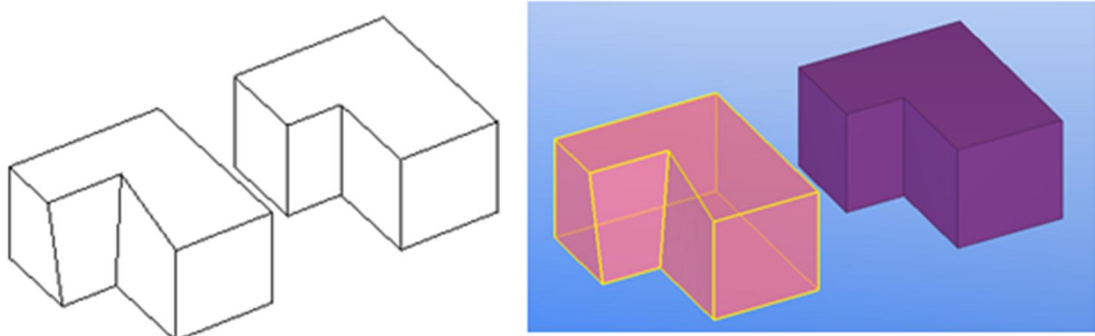
5.1.5 Soveltuvuus ja rajoitukset

Ulkoisen mallin konvertointi IFC-referenssin kautta on toimiva tapa, jolla objektit saa tuotua TS-ohjelmaan. Tässä menetelmässä on kuitenkin omia ehtoja, jotka rajasivat sen hyödyllisyyttä varsinkin, kun yritettiin konvertoida Kruunuvuorensilta-projektin aineistoa. Revit Structures - ja AutoCAD-ohjelmissa tehdyt IFC-exportit käyttäytyivät eri tavalla.

Tämä johtuu siitä, että IFC Object converter ei voi konvertoida vapaamuoto-objekteja, vaan ainoastaan AutoCAD Architecture -ohjelman työkalulla mallinnettuja seinä-, pilari-, palkki- tai laattaobjekteja. Ikkunat, ovet ja aukot TS konvertoi antimateriaiksi eli aukkoobjektiksi, joka leikkaa seinäpinnan. Portaat, rampit, vesikatot ja muut objektit siirtyvät

IFC-exporttiin vapaamuoto-objekteina eikä niitä ole mahdollista konvertoida TS-ohjelmaan. Myös Autocad Architecturen sisällä seiniksi tai laatoiksi muutetut solid-kappaleet siirtyvät TS-ohjelmaan vapaamuoto-objekteina eikä konvertointi natiiviobjekteiksi onnistu.

Konvertoitaessa Revit Structures -ohjelmassa luotuja objekteja seinä-, pilari-, palkki- ja laattaobjektien lisäksi IFC Object converter tunnistaa muitakin objekteja kuten portaat ja rampit sekä vesikatot. Myös vapaamuoto-objekteista luotuja komponentteja voidaan konvertoida TS-natiiviobjektiksi, kuitenkin vähänkin monimutkaisemmat muodot eivät siirry TS-ohjelmaan. Kuvassa 11 on mustavalkoinen kuvakaappaus RS-ohjelmasta. Oikealla puolella näkyy IFC-referensina tuodut samat kappaleet TS-ohjelmassa. Läpinäkyvää vaaleanpunaista objektia ei saatu konvertoitua TS-ohjelmaan kappaleen muodon monimutkaisuuden takia.



Kuva 11. Vasemmalla RS-ohjelmassa vapaamuoto-objektina mallinnetut kappaleet. Oikealla samat kappaleet TS-ohjelmassa.

Oikeanpuolinen kappale on pursotettu (kappaleen profiili säilyy samanlaisena) komponentti, jonka TS tunnistaa ja pystyy konvertoimaan. Vasenpuolinen kappale on hieman geometrisesti monimutkaisempi (pohjan ja huipun profiili on erilainen), jota TS ei tunnista. Esimerkiksi harjakattoista vesikattoa ei ole mahdollista konvertoida, kun taas tasokattoisen katon konvertointi onnistuu. Kun konvertoidaan porraskappale tai rampi, kaikki objektin kappaleet räjähtävät osiksi ja TS tunnistaa niitä eri palkkikappaleina (BEAM). Lisäksi tässä tutkimuksessa RS-ohjelmassa on kokeiltu tuoda solid-kappaleita CAD-mallista, mutta näitä kappaleita voi käyttää vain viitteenä tai apuna mallinnettaessa RS-ohjelmassa, eivätkä ne siirry exportissa IFC-tiedostoon.

Vaikka tämä menetelmä osoittautui toimivaksi tavaksi konvertoida objekteja TS-ohjelmaan, se jää hyödyttömäksi Kruunuvuorensillan projektissa, koska kaikki objektit oli alun perin mallinnettu 3d-solid objekteina, ja kuten aiemmin on mainittu, objektin konvertointi seinäksi tai laataksi AutoCAD Architecture -ohjelman sisällä ei tuo mitään muutoksia lopputulokseen. Siirto Revit Structures -ohjelmasta antaa enemmän mahdollisuuksia, mutta koska TS ei tunnista vähänkään monimutkaisempia RS-ohjelmassa luotuja muotoja eikä RS-ohjelmassa pystytä täysin hyödyntämään CAD-tiedostosta importoituja solid-kappaleita, tätä menetelmää ei voida hyödyntää Kruunuvuorensillan projektissa.

5.2 Objektin tuonti *Shape Catalog* -työkalulla

Versiossa 20.0 TS-ohjelmaan on lisätty uusi Shape Catalog -työkalu, jolla TS:ssa on mahdollista tuoda, viedä tai katsella toisella ohjelmistolla luotuja 3d-kappaleita. TS:n Shape Catalog tukee seuraavat tiedostomuodot:

- *.skp
- *.dgn
- *.dxf, *.dwg
- *.ifc, *.ifcZIP, *.ifcXML
- *.igs, *.iges
- *.stp, *.step
- *.tsc

Kaikki Shape Catalog -luetteloon tuodut kappaleet tallentuvat mallikansioon. TS luo kaksi *.xml-tiedostoa, yhdessä on objektin määritteet kuten nimi ja GUID-numero (ai-nutkertainen tunnusnumero), toisessa on objektin geometriset ominaisuudet kuten kappaleen koordinaatit. (8)

5.2.1 CAD-kappaleen valmistelu

Tässä tutkimuksessa Shape Catalog -työkalulla on tuotu 3D-kappaleita *.dwg- ja *.ifc-tiedostomuodosta. IFC-tiedostomuodosta ja IFC-export-prosessista on kerrottu tarkemmin luvulla 5.1.1 ja 5.1.2.

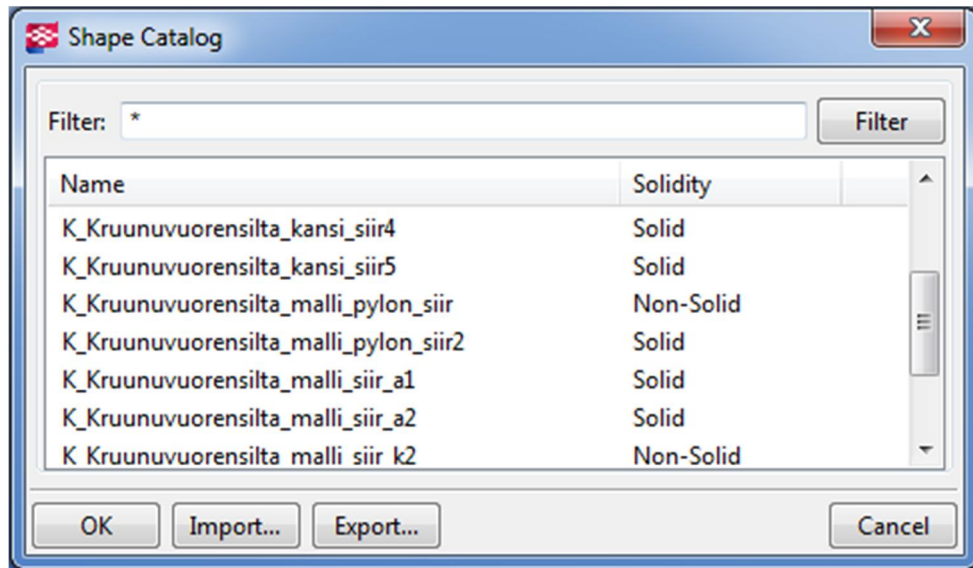
Ennen kuin kappaleet importoidaan TS:ssa, on syytä huomioida seuraavat asiat:

- Yhdessä dwg- tai IFC-tiedostossa pitää olla vain yksi objekti, sillä muuten TS importoi kaikki tiedoston sisällä olevat kappaleet yhdeksi objektiksi.
- Isot kappaleet (esimerkiksi pitkät sillan kannet) kannattaa jakaa osiin, sillä muuten kappaleen tuonti epäonnistuu.
- TS:n työskentelyn helpottamiseksi Kruunuvuorensillan mallin kappaleet siirretään lähemmäs origoa. Siirto dokumentoidaan.

5.2.2 Shape Catalog

Shape Catalog -valintaikkunan (kuva 12) avaamiseksi valitaan Modeling > Shape Catalog. Kappaleita päästään importoimaan klikkaamalla Import-paikiketta ja seuraavaksi valitaan importoitava tiedosto. Isokokoisien tiedoston tuonti saattaa kestää muutaman minuutin. Importin tuloksena on kolme vaihtoehtoa (9):



- Import epäonnistuu. TS näyttää varoituksen epäonnistuneesta importista eikä kappale näky Shape Catalog -luettelossa. Tämä tapahtuu jos esimerkiksi kappaleen muoto on liian monimutkainen tai kappale on liian suuri.
- Kappale tuodaan Solid-kappaleena. Shape Catalog -luettelossa tiedoston nimen vieressä lukee Solid (kuva 12). Kappale on vesitiivis tilavuusmalli. Kappale on täysin muokattavissa ja kappaleella on tilavuustietoja.
- Kappale tuodaan Non-Solid-kappaleena. Shape Catalog -luettelossa tiedoston nimen vieressä lukee Non-Solid (kuva 12). Kappale ei ole vesitiivis, jolloin objektissa saattaa esimerkiksi olla reikiä tai jotain reunoja ja pintoja puuttuu. Kappaleella ei tällöin pääse muokkaamaan eikä kappaleella ole tilavuustietoja.





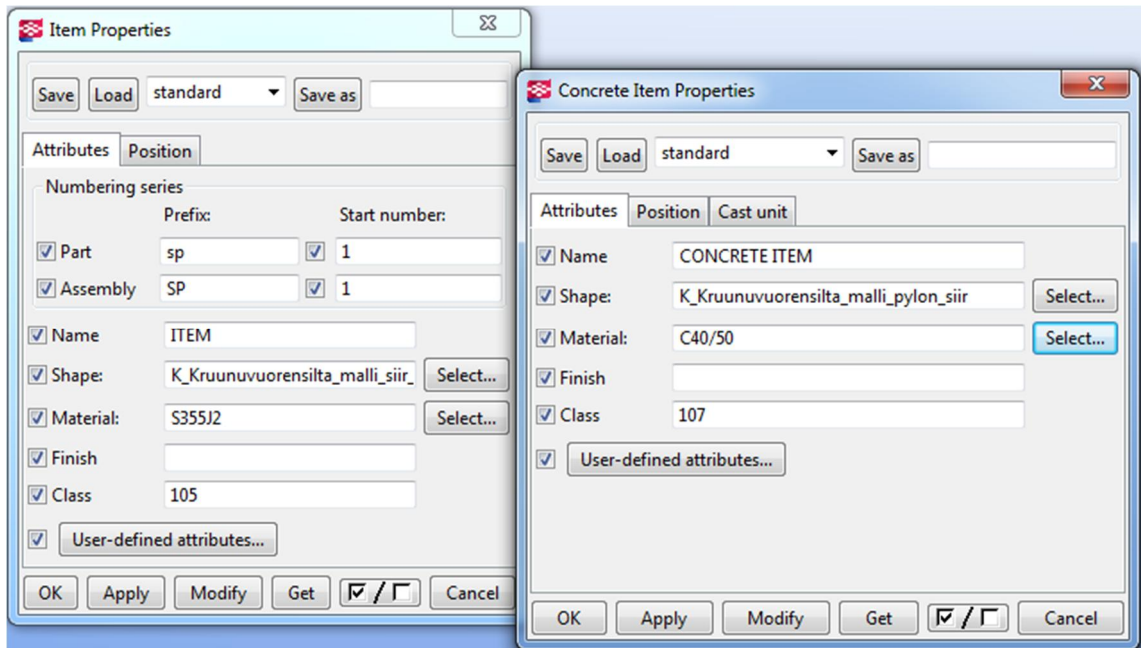
Kuva 12. *Shape Catalog* -valintaikkuna.

Importointiprosessin kulusta ja sen aikana mahdollisesti sattuneista virheistä saa lisätietoa istunnon historian lokitiedostosta klikkaamalla Tools > Display Log File > Session History -painiketta.

5.2.3 Importoidun objektin sijoittaminen TS-malliin

Shape Catalog -luetteloon tuotujen kappaleiden työalueelle sijoittaminen tapahtuu kappaleen materiaalista riippuen käyttäen joko  (Create Item) - tai  (Create Concrete Item) -työkalua. Nämä työkalut aktivoidaan joko valitsemalla Modeling > Create Steel part > Item tai Modeling > Create Concrete part > Item.

Painamalla - tai -painiketta hiiren tuplapainalluksella aukeaa kuvassa 13 esitetty Item Properties - tai Concrete Item Properties -valikko, josta voidaan valita työalueelle sijoitettava kappale ja muokata sen ominaisuuksia.



Kuva 13. Item- ja Concrete Item Properties -valintaikkunat.

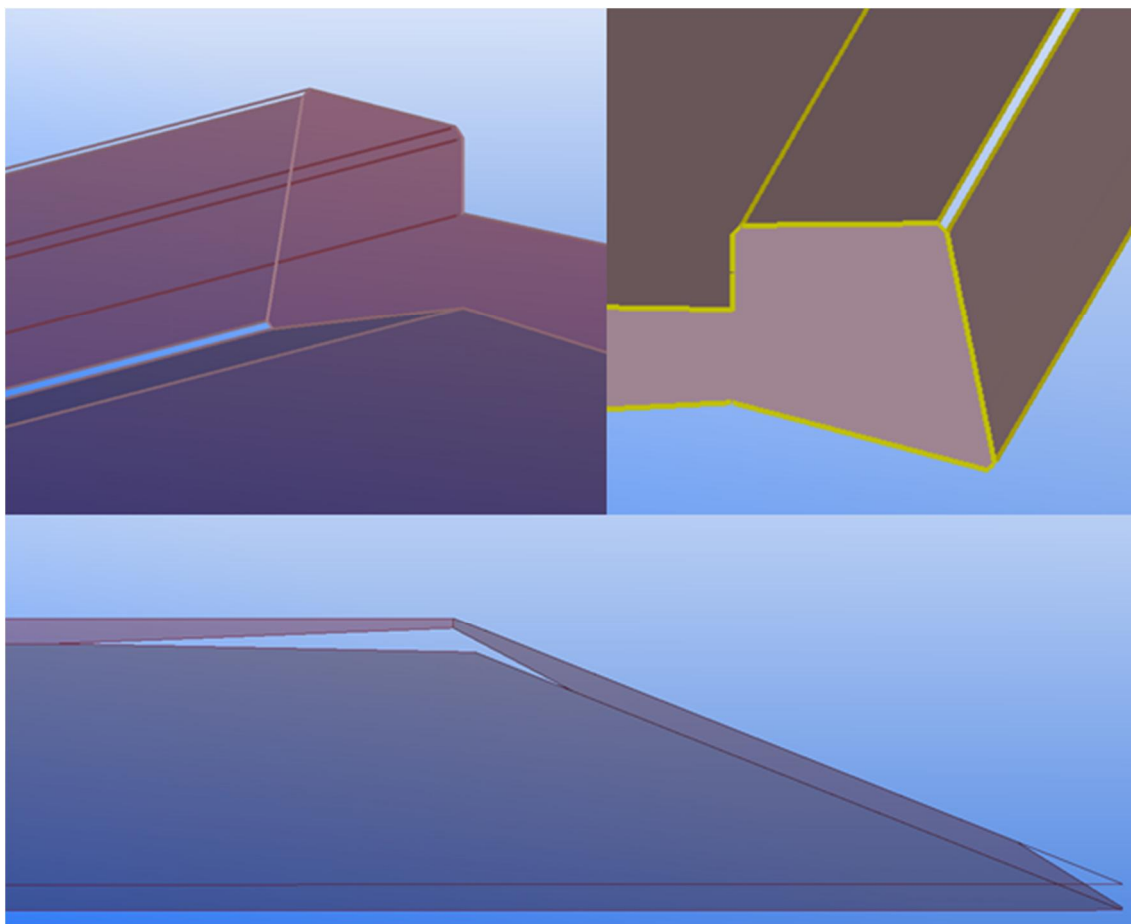
Kappale valitaan Shape-kohdassa olevan Select-valikon kautta. Shape Catalog -luettelo aukeaa ja sieltä valitaan tuotu kappale. Kun klikataan Apply-painiketta ja valitaan kaksi pistettä, TS luo kappaleen valittujen pisteiden välillä alkaen ensimmäisestä pisteestä kohti toista pistettä. Position-välilehdessä voidaan muokata kappaleen asentoa ja määrittää sen alku- ja loppupiste suhteessa sen ankkurointipisteeseen.

5.2.4 Soveltuvuus ja rajoitukset

Tässä luvussa esitetty tapa konvertoida objekteja on todettu toimivaksi ja antaa huomattavasti enemmän mahdollisuuksia konvertoida Kruunuvuorensilta-projektin aineistoa, mutta samoin kuin edellisen 5.1-luvun menetelmällä, tälläkin menetelmällä on omia ehtoja ja rajoituksia.

Aluksi Shape Catalog -luetteloon tuotiin kappaleet, jotka ovat dwg-muodossa. Sen jälkeen samat kappaleet tuotiin TS-ohjelmaan IFC-muodossa. Importoitaessa dwg-muotoon tallennettuja kappaleita Shape Catalog -työkalu ei pysty tunnistamaan geometrisesti vaikeita muotoja solid-kappaleina. Esimerkiksi yhtäkään Kruunuvuorensillan kannen kaarevasta osasta ei tunnistettu tilavuusmallina. Istunnon historian lokitiedostosta selviää, että näistä kappaleista puuttuu pintoja. Joskus puuttuvat pinnat nähdään

tutkimalla TS-ohjelmaan tuotuja objekteja. Muissa tapauksissa kohdat, joista puuttuu pintoja ovat niin pieniä, ettei niitä nähdä silmällä tutkimalla. Lokitiedostossa näkyvät puuttuvien pintojen koordinaatit. Kuvassa 14 on esitetty esimerkkejä puuttuvista pinnoista.



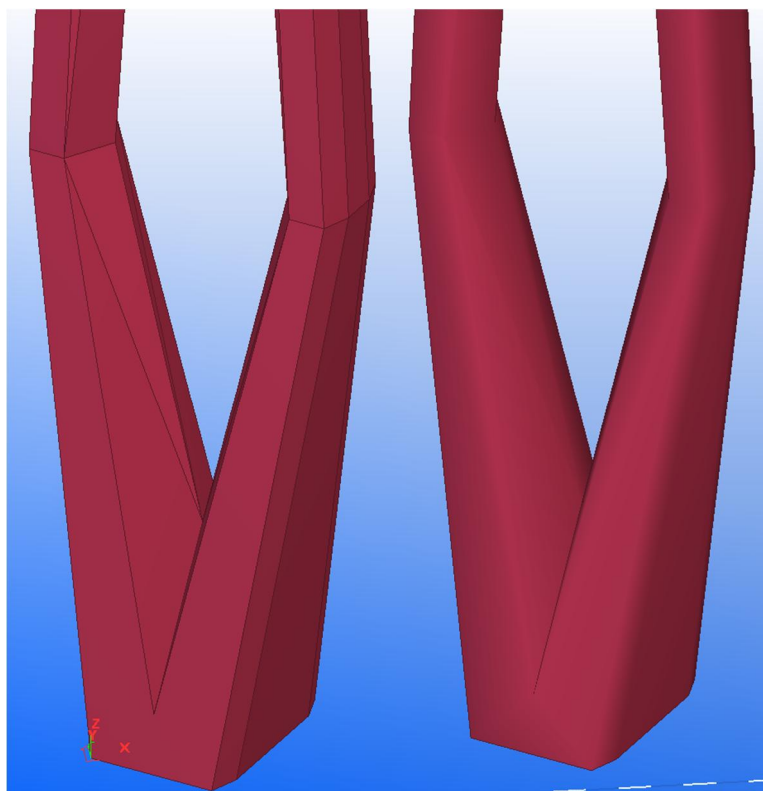
Kuva 14. Shape Catalog -työkalulla tuodut dwg-kappaleet, joissa näkyy puuttuvat pinnat.

Tutkimuksessa saatiin selville, että jos importoitu kappale on tallennettu dwg-tiedostomuotoon, ei sillan kannen mallia pysty tuomaan TS-ohjelmaan tilavuusmallina.

Geometrisesti vähemmän haastavat objektit kuten maa- ja välitukirakenteet, jotka on tallennettu dwg-muotoon, tuodaan TS-ohjelmaan vaihtelevalla menestyksellä. Siirto tapahtuu hyvin epävakaasti, ja on tapauksia, jolloin joku kappale ei siirry solidina. Mutta jos sama kappale siirretään lähelle origon nollapistettä ja peilataan tai kierretään, kappale siirtyy solid-kappaleena. Lokitiedostossa nähdään, että yhdeltä objektilta puuttuu pintoja ja toinen taas siirtyy ongelmitta. Tällä tavalla on onnistuttu tuomaan suurin osa

Kruunuvuorensillan tukirakenteista solid-kappaleina, mutta osa niistä piti siirtää lähelle origon nollapistettä tai niiden alkuperäistä sijaintia piti muuttaa, mikä tarkoittaa sitä, että kappaleet joudutaan sijoittamaan oikeisiin paikkoihin käsiin.

Kaikki IFC-formaattiin tallennetut sekä yksinkertaiset että hyvin monimutkaiset objektit tuodaan onnistuneesti TS-ohjelmaan. Osa objekteista ei siirry sellaisenaan, vaan ne on jaettava osiin. IFC-vientiä suorittaessa objektin muotoja hiotaan. TS-ohjelmaan tuoduista kappaleista ei puutu pintoja eikä niissä esiinny muita geometrisia virheitä, jotka estävät objektin importoinnin tilavuuskappaleena. Dwg- ja IFC-pohjaiset objektit näyttävät erilaisilta tuotuna TS-ohjelmaan, koska IFC-tiedostosta tuoduista objekteista puuttuu muotojen ääriivivoja.



Kuva 15. Vasemmalla on dwg- ja oikealla on IFC-muodossa Shape Catalog -työkalulla tuodut objektit.

Kuvassa 15 on esitetty kaksi samanlaista kappaletta, vasemmalla on dwg- ja oikealla on IFC-tiedostosta tuodut objektit. Taulukossa 2 nähdään, että molemmilla objekteilla on samat mitat ja tilavuudet. Painossa on alle 200 gramman ero ja pinta-alalla alle 1

cm² ero. Sen perusteella voidaan todeta, että kuvassa 15 esitetyt kappaleet ovat ominaisuuksiltaan samanlaisia.

Taulukko 2. Kuvassa 15 esitettyjen kappaleiden ominaisuudet.

	dwg	IFC
Net length	12679.6 mm	12679.6 mm
Gross length	12679.6 mm	12679.6 mm
Weight	7898749.65 kg	7898749.47 kg
Weight(Net)	7898749.65 kg	7898749.47 kg
Weight(Gross)	7898749.65 kg	7898749.47 kg
Volume	3159.500 m ³	3159.500 m ³
Area	32388733.76 cm ²	32388733.68 cm ²
Name	CONCRETE ITEM	CONCRETE ITEM
Material	C30/37	C30/37

Tässä luvussa käsitelty menetelmä on täysin toimiva. Sen avulla on saatu konvertoitua kaikki Kruunuvuorensillan mallin objektit. Kuten on jo aiemmin mainittu, CAD-mallinnusvaiheessa on käytettävä yksikkönä millimetrejä. Vaikka AutoCAD Architecturella voidaan vaihtaa yksiköt, jonka jälkeen malli skaalautuu oikeaan kokoon automaattisesti, objektin muodot vääristyvät saman verran kuin mallissa, jonka yksiköt ovat olleet alunperinkin metreinä.

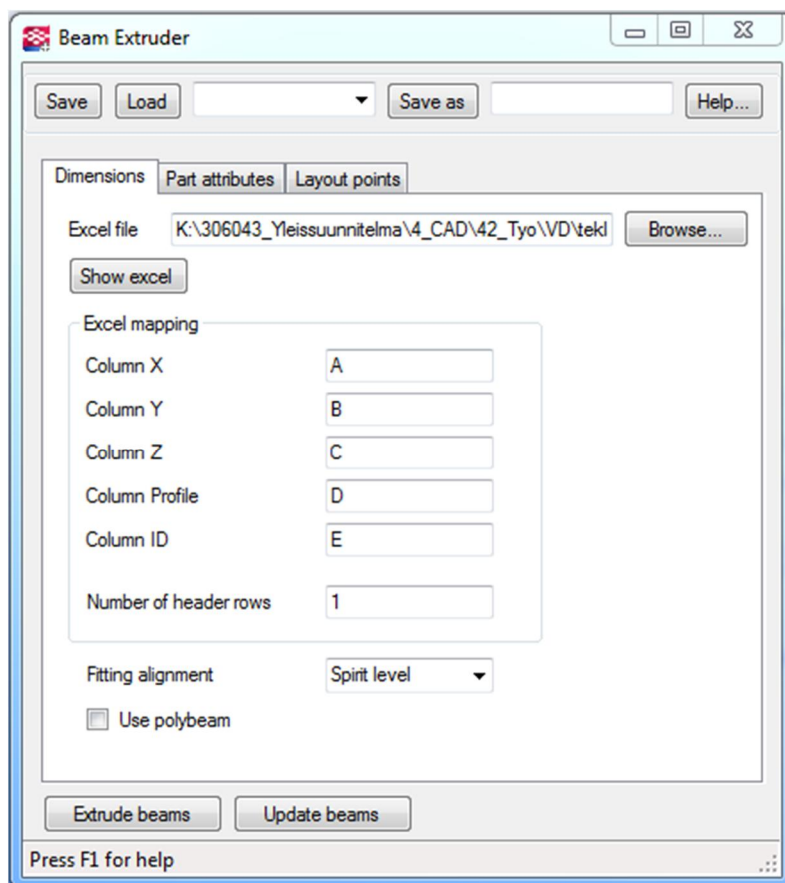
5.3 Beam Extruder

Beam Extruder on siltamallinnuksessa usein käytetty TS:n lisätyökalu, joka luo peräkkäisiä palkkeja millä tahansa poikkileikkausprofiililla. Rakenteita mallinnetaan käyttäen avuksi ulkoista Excel-tiedostoa, joka sisältää profiilin x-, y-, z-koordinaatteja sekä profiilin nimen, jota kunkin palkin kohdalla käytetään. Lisäksi Beam Extruderilla voidaan mallintaa palkkeja, jonka poikkileikkausprofiilit ovat muuttuvia ja joissa on vaihtelevat alkua ja loppupoikkileikkausprofiilit. (10.)

Lisätyökalu on ladattavissa Teklan Extranetista osoitteesta: <https://extranet.tekla.com/BC/tekla-structures-en/extensions/beam-extruder/Pages/Default.aspx>. Työkalu on asennettavissa Teklan 16.1-20.1 versioille. (10.)

5.3.1 Objektin pursotus

Beam Extruder -työkalun asennuksen jälkeen käynnistetään TS ja valitaan Tools > Marcos. Macros-valikosta valitaan Beam Extruder ja klikataan Run-painiketta. Tällöin aukeaa kuvassa 16 esitetty Beam Extruder -valintaikkuna.



Kuva 16. Beam Extruder -valintaikkuna.

Excel file -dialogille syötetään Excel-dokumentin tiedostopolku. Excel mapping -kohdassa dialogeille kartoitetaan Excel-sarakkeiden nimet ja määritetään otsikkorivien määrä. Kuten kuvasta 17 näkyy, Excel-arkissa on oltava x-, y- ja z-koordinaattien sarakkeet ja sarake, jossa lukee profiilin nimi, ja sarake, joka sisältää kappaleen GUID-numeron. Kun poikkileikkauksesta halutaan muuttuva, profile-sarakkeeseen on kirjattava jokaiselle muuttuvan poikkileikkauksen osalle oma mittansa.

Profiilin nimi sekä x-, y- ja z-koordinaatit käyttäjä syöttää itse ja GUID-numero päivittyy automaattisesti Excel-tiedostoon sen jälkeen, kun Beam Extruder on luonut objekteja.

GUID-numerolla Tekla pystyy tunnistamaan luodut kappaleet ja ne voidaan muokata sen sijaan, että luodaan uusia.

Taulukko 3. Excel-taulukko, jota Beam Extruder käyttää palkin luontiin.

	A	B	C	D	E
1	Position X	Position Y	Position Z	Profile	GUID
2	244	2463	-259	rp-2	552cd735-0000-1cf8-3134-323930303238
3	5231	1970	-67	rp-2	552cd735-0000-1cfe-3134-323930303238
4	10224	1430	125	rp-2	552cd735-0000-1d06-3134-323930303238
5	15212	846	317	rp-2	552cd735-0000-1d0e-3134-323930303238
6	20195	218	509	rp-2	552cd735-0000-1d16-3134-323930303238
7	25172	-455	701	rp-2	552cd735-0000-1d1e-3134-323930303238
8	30142	-1172	892	rp-2	552cd735-0000-1d26-3134-323930303238
9	35106	-1934	1084	rp-2	552cd735-0000-1d2e-3134-323930303238

Objektit mallinnetaan painamalla Extrude beams -painiketta. GUID-numerot eivät päivitty, jos objektin luonti on epäonnistunut. Jo luodut kappaleet päivitetään klikkaamalla Update beams. Jos peräkkäisten objektien sijaan halutaan luoda yhtenäistä objektia, ruksataan Use polybeam -valintaruutu.

5.3.2 Poikkileikkausprofiilit

Poikkileikkausprofiilina käytetään joko jo olemassa olevaa profiilia TS:n profiililuettelosta tai luodaan uusi profiili.

Kiinteät poikkileikkausprofiilit määritetään:

- Piirtämällä poikkileikkauksen muoto TS:n mallissa (*Modeling > Profiles > Defining a cross section using polygon*).
- Käyttämällä *Contour plate* -levyä (*Modeling > Profiles > Defining a cross section using a plate*).
- Käyttämällä ulkoista dwg-tiedostoa, jossa on poikkileikkauksen muoto (*Modeling > Profiles > Defining a cross section using a dwg file*).

Muuttuvat poikkileikkausprofiilit luodaan käyttämällä Sketch Editor -työkalua (*Modeling > Profiles > Define Cross Section in Sketch Editor*).

Profiilit, joissa on vaihtelevat alku- ja loppupoikkileikkaukset, luodaan Define Profile With Variable Cross Section -työkalulla (*Modeling > Profiles > Define Cross Section in Sketch Editor*). Ensin Define Profile With Variable Cross Section -valintaikkunassa valitaan Sketch Editorilla määritetty poikkileikkaus ja sen jälkeen Profile Editor -valintaikkunassa määritetään, miten profiilin alku- ja loppupoikkileikkaukset vaihtelevat.

5.3.3 Soveltuvuus ja rajoitukset

Beam Extruder on melkein korvaamaton työkalu siltamallinnuksessa, varsinkin isoissa geometrisesti haastavissa kohteissa. Se osoittautui todella toimivaksi välineeksi pursottaa vaikeita ja monimutkaisia objekteja. Vaihtelevien poikkileikkausprofiilien ansiosta Kruunuvuorensillan kannen, palkkien ja päällysteiden pursotus onnistui täysin. Kuvasta 17 nähdään pätkä sillasta, jossa kannen rakenne levenee.



Kuva 17. Pätkä Kruunuvuorensillan vinoköysisillasta, jossa näkyy miten kannen poikkileikkausprofiili vaihtelee.

Koko malli voidaan pursottaa käyttämällä yhden tai kahden ohjausviivan koordinaatteja. CAD-mallinnukseen verrattuna kappaleiden pursotus TS-ohjelmassa Beam Extruderilla on huomattavasti vakaampi ja tuloksena on heti käyttövalmis tietomalli. Lisäksi Teklan uusimmassa 21 versiossa Beam Extruderilla luodut kappaleet voidaan jakaa Split-komennolla (*Edit > Split*), jaetut kappaleet yhdistetään Combine-komennolla

(Edit > Combine). Koska Beam Extruder on niin kätevä työkalu siltarakenteiden purso-
tuksessa, sitä olisi suotavaa käyttää jo esisuunnitteluvaiheessa, kun poikkileikkauksen
kuvio ja sillan mittaviiva on suunnilleen selvä. Kannen mallinnus AutoCADissa on sel-
västi työläämpi, ja mallinnuksen jälkeen kappaleet on konvertoitava tietomalliobjektiksi.
Sen jälkeen kun kannen rakenteet on pursotettu Teklassa, malli eksportoidaan IFC-
muotoon, jonka jälkeen se voidaan viedä eteenpäin muihin ohjelmiin tai sitä voidaan
käyttää referenssinä yhdistelmämalleissa.

5.4 Tuodun objektin integrointi tietomallimuotoon

Tämän tutkimustyön alkaessa Kruunuvuorensillan projekti oli yleissuunnitteluvaihees-
sa, jolloin kaikki objektit olivat geometriamalleja eikä objekteille oltu asetettu tietomalli-
vaatimuksia. Yleissuunnitteluvaiheen jälkeen seuraa siltasuunnitteluvaihe. Tässä lu-
vussa käsitellään, mitä objekteja ja objektien parametreja on esitettävä siltasuunnittelu-
vaiheessa ja miten TS-ohjelmaan tuoduille objekteille lisätään tarvittavaa tietoa. Taulu-
kossa 4 on esitetty tiedot, jotka on oltava siltasuunnitteluvaiheen tietomallissa.

Taulukko 4. Rakenneosat ja niiden tarkkuus (3, s. 22).

Materiaalitieto	Mallin rakenneosien tulee sisältää tiedot sillan raken- neosien materiaaleista (betoni, teräs, puu).
Raudoitus	Raudoitus annetaan määrätietona rakennusosille (raudoitus-kg/ betoni-m ³).
Jänteet	Jänneteräksen määrä annetaan määrätietona raken- nusosille (raudoitus-kg/ betoni-m ³).
Köydet	Mallinnetaan niin, että köysien lukumäärä ja sijainti näkyvät mallissa.
Kiinnitysosat	Ei mallinneta.
Eristykset ja pintara- kenteet	Pintarakenteiden ylin pinta mallinnetaan.
Maalaukset ja suojaus	Ei mallinneta.
Varusteet ja laitteet	Merkittävimmät varusteet mallinnetaan (kaiteet ja laakerit).
Geotekniset rakenteet	Merkittävimmät rakenteet mallinnetaan (massanvaihi- to ja antureiden alusteiden alustäytöt).

Mallinnettavan tai mallinnetun kappaleen materiaalia vaihdetaan objektin properties-valintaikkunassa, jossa Material-dialogille syötetään materiaalin nimi tai klikkaamalla Select-painiketta haetaan materiaali TS:n materiaaliluettelosta. Raudoituksen ja jänneteräksen määrä syötetään Finish-dialogille objektin properties-valintaikkunassa. Köydet ja geotekniset rakenteet tuodaan IFC-referenssinä CAD-mallista ja sen jälkeen ne mallinnetaan oikeanlaisina objekteina TS:ssa. Kaiteet tuodaan CAD-mallista Shape Catalog -työkalulla. Tuoduista kappaleista selviää kaiteen muoto ja sijainti. Laakereita ei mallinnettu yleissuunnitteluvaiheessa, joten ne mallinnetaan Teklassa.

6 Tulokset

Tässä työssä tutustuttiin sillan suunnitteluvaiheisiin. Aluksi kartoitettiin, mitä vaatimuksia on asetettu tietomallille eri suunnitteluvaiheissa ja mitä tietoa näissä vaiheissa esitetään. Lisäksi käytiin läpi, mitä työkaluja on käytettävä CAD-mallin tuottamisessa, jotta jälkepäin nämä objektit saadaan vietyä eteenpäin Teklaan. Sen jälkeen tutkittiin, millä tavalla CAD-objekteja saa tuotua Teklaan ja miten ne konvertoidaan TS-natiiviobjekteiksi. Lisäksi käytiin läpi, miten rakenteet pursotetaan Teklan Beam Extruder -lisätyökalulla. Lopuksi tutkittiin, mitä tietoa ja millä tavalla sitä lisätään Tekla-ohjelmaan tuoduille objekteille.

Jotta AutoCAD-ohjelmassa mallinnettuja objekteja saisi vietyä Teklaan, ne on mallinnettava tilavuusobjekteina eli solid-kappaleina. CAD-kappaleet voidaan tuoda Tekla-ohjelmaan IFC-referenssinä, jonka jälkeen objektit konvertoidaan natiiveiksi TS-objekteiksi Convert IFC objects -työkalulla. Koska AutoCAD Civil 3D -ohjelmassa eksportointi IFC-tiedostoformaattiin ei onnistu, mallin viennit suoritettiin AutoCAD Architecture - ja Revit Structure -ohjelmissa. AutoCAD Architecturella tehdystä IFC-tiedostosta saatiin konvertoitua vain AutoCAD Architecturen työkalulla mallinnettuja seinä-, pilari-, palkki- ja laattaobjekteja. AutoCAD Architecturen sisällä solid-kappaleiden konvertointi seinä- tai laattaobjektiksi ei vaikuttanut mitenkään Teklassa tehtyyn konvertointiin. Revit Structures -ohjelmassa tehdystä IFC-tiedostosta saa konvertoitua seinä-, pilari-, palkki-, laatta-, porras- ja vesikatto-objektien lisäksi RS-ohjelmassa tehtyjä vapaamuoto-objekteja. Jos kappaleella on vähänkään monimutkaisempi muoto, niin sitä ei saada konvertoitua Tekla-objektiksi. Vaikka tällä menetelmällä yleensä saadaan IFC-tiedostossa tuodut kappaleet konvertoitua Tekla-natiiviobjekteiksi, ei mitään Kruunu-

vuorensiltamallin objekteja saatu onnistuneesti konvertoitua, koska ne olivat mallinnettu vapaamuoto-objekteina.

Toinen tapa, jolla CAD-objektit saadaan TS-malliin tuotua, on TS:n Shape Catalog -työkalu, jolla yksittäiset objektit importoidaan Shape Catalog -luetteloon, jonka jälkeen kappaleet sijoitetaan TS-malliin. Tässä työssä Shape Catalog -luetteloon importoitui dwg-muotoon tallennetut objektit sekä samat dwg-muodosta IFC-muotoon viedyt objektit. Kaikki Kruunuvuorensilta-mallin CAD-objektit saatiin onnistuneesti importoitua Shape Catalog -luetteloon ja sijoitettua oikeisiin paikkoihin Tekla-malliin. Kuitenkin dwg-muodossa tuoduista objekteista vain osa importoitui Shape Catalog -luetteloon vesitiiviinä solid-objekteina. Geometrisesti vaikeiden objektien importoinnissa tapahtui useita virheitä. Kannen osista yhtään kappaletta ei saatu tuotua solid-objektina. Suurin osa sillan tukirakenteista on importoinut solid-kappaleina. Toisaalta kaikki IFC-muodossa importoidut kappaleet tuotiin onnistuneesti solid-objekteina. Vaikka tämä tapa on työläs ja kaikki objektit joudutaan tallentamaan yskitellen, jonka jälkeen ne viedään IFC-muotoon, sen avulla kaikki mallin kappaleet on saatu tuotua Tekla-ohjelmaan natiiviobjekteina. Objektit ovat muokattavissa ja niillä on tilavuustietoa.

Sen jälkeen kun kaikki dwg-mallista tuodut objektit saatiin konvertoitua Teklaan Shape Catalog -työkalulla, kannen rakenteet luotiin TS:n Beam Extruder -lisätyökalulla, joka pursottaa peräkkäiset palkit millä tahansa poikkileikkausprofiililla. Beam Extruder käyttää mallinnuksessa Excel-tiedostoa, josta luetaan profiilin tietoa ja sijaintia. Pursotuksessa voi käyttää vaihtelevia poikkileikkausprofiileja, jonka ansiosta kaikki Kruunuvuorensillan kannen objektit on saatu pursotettua melko pienellä vaivalla.

7 Johtopäätökset

Opinnäytetyön tehtävät on suoritettu onnistuneesti ja kaikki CAD-mallin objektit on saatu integroitua TS-natiiviobjekteiksi. Kuitenkaan kaikki tutkitut menetelmät eivät sopineet Kruunuvuorensillan objektien konvertoimiseksi. Työn aikana Tekla Structures ja sen ominaisuudet ovat tulleet hyvin tutuksi ja on opittu, kuinka korvaamaton IFC-tiedostomuoto on tietojen siirrossa tietokonejärjestelmästä toiseen. Jotta AutoCAD-ohjelmassa mallinnettujen objektien muoto ei vääristy IFC-exporttia tehdessä, CAD-mallinnuksessa on käytettävä yksikkönä millimetrejä metrien sijaan. Beam Extruder -työkalu osoittautui todella käteväksi tavaksi kannen mallintamisessa. Tässä vaiheessa

voidaan todeta, että vaikka alussa kansirakenteiden pursotusta Tekla-ohjelmassa jo yleissuunnitteluvaiheessa pidettiin tarpeettomana ja monimutkaisena, kävi ilmi, että Beam Extruder -työkalulla kannen pursotus tapahtuu kätevämmiin kuin AutoCAD-ohjelmassa. Ja jos suunnitelmiin on tullut muutoksia, Beam Extruderilla mallinnettuja objekteja on melko helppo muokata vaihtamalla pursotettujen objektien parametreja Excel-tilukossa. Mallinnetut kappaleet voidaan tallentaa IFC-muotoon ja ne ovat avattavissa muissa tietokonejärjestelmissä.

Lähteet

- 1 Kuitunen Ulla, Heinänen Jouni. 2014. Asemakaavaehdotus nro 12305. Saatavissa: [http://www.hel.fi/hel2/ksv/Aineistot/uutiset/2014/siltailta_asebakaava_251114 .pdf](http://www.hel.fi/hel2/ksv/Aineistot/uutiset/2014/siltailta_asebakaava_251114.pdf). Luettu 1.3.2015.
- 2 WSP Group. 4.4.2014. Kruunusillat BIM-strategia. WSP Groupin sisäinen dokumentti.
- 3 Liikennevirasto. 1.3.2014. Siltojen tietomalliohje. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-06_siltojen_tietomalliohje_web.pdf. Luettu 1.3.2015.
- 4 Tekla Supportin kotisivu. 17.2.2014. Nettisivu. Saatavissa: http://teklastructures.support.tekla.com/200/en/int_ifc_object_converter. Luettu: 7.3.2015.
- 5 Buildingsmart-tech kotisivu. 2015. Nettisivu. Saatavissa: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview> . Luettu:7.3.2015.
- 6 Tekla Support kotisivu. 17.2.2014. Nettisivu. Saatavissa: http://teklastructures.support.tekla.com/200/en/int_reference_models. Luettu: 7.3.2015.
- 7 Tekla Support kotisivu. 17.2.2014. Nettisivu. Saatavissa: http://teklastructures.support.tekla.com/200/en/int_defining_profile_mapping_settings_of_ifc. Luettu: 8.3.2015.
- 8 Tekla Support kotisivu. 17.2.2014. Nettisivu. Saatavissa: http://teklastructures.support.tekla.com/200/en/rel_200_mod_new_shape_catalog. Luettu 10.3.2015
- 9 Tekla Support kotisivu. 21.1.2015. Nettisivu. Saatavissa: <http://teklastructures.support.tekla.com/en/support-articles/import-item-explanations-different-types-importing-error-messages>. Luettu 12.3.2015
- 10 Tekla Extranet kotisivu. 2015. Nettisivu. Saatavissa: <https://extranet.tekla.com/BC/tekla-structures-en/extensions/beam-extruder/Pages/Default.aspx>. Luettu 9.4.2015

