

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto

Joonas Kallio

## **3D-mallien hyödyntäminen tuotannon aikatauluissa**

Opinnäytetyö 2016

## Tiivistelmä

Joonas Kallio

3D-mallien hyödyntäminen tuotannon aikatauluissa, 26 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2016

Ohjaajat: Timo Lehtoviita, lehtori, Saimaan ammattikorkeakoulu, Timo Markkanen, työpäällikkö, Skanska Talonrakennus Oy

Työn tavoitteena oli tutkia 3D-mallien hyödyntämistä tuotannon aikatauluissa. Työn tilaajana toimi Skanska Talonrakennus Oy. Työssä oli tarkoitus tutkia työmaan näkökulmasta, mitä hyötyä aikataulun visualisoinnista on ja kuinka sitä voitaisiin kehittää. Työ perustuu Iso-Kristiinan kauppakeskuksen työmaan käyttökokemuksiin.

Työssä käydään läpi tietomalleja yleisesti sekä aikataulutietojen lisäämistä tietomalliin. Työssä myös käydään läpi työmaalla tehtyjä 4D-aikatauluja ja kuinka ne tehtiin. Työ keskittyy tietomallien hyödyntämiseen työmaan näkökulmasta ja pohditaan, kuinka työmaakäyttöä voitaisiin tehostaa. Työssä käydään myös läpi työmaalla aikataulun visualisoinnista saadut hyödyt.

Työn tuloksena on ohjemateriaali aikataulujen visualisoinnin käytöstä työmaalla. Työ tuo esille aikataulun visualisoinnin hyödyt ja haitat. Työssä tuodaan myös esille mahdollisia parannuksia ja ehdotuksia, joilla voitaisiin tehostaa visualisoinnin käyttöä.

Asiasanat: tietomalli, 4D-aikataulu, rakennustyömaa

## **Abstract**

Joonas Kallio

Utilization of 3D- models in construction site timetables, 26 pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Specialisation in Building Production

Bachelor's Thesis 2016

Instructors: Mr Timo Lehtoviita, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Timo Markkanen, Project manager, Skanska Talonrakennus Oy

The purpose of this study was to examine the utilization of 3D- models in construction site timetables. It was commissioned by Skanska Construction Ltd. Thesis is based on user experience of 4D- schedules at Iso- Kristiina's construction site. This thesis will examine the benefits of 3D- visualization from the construction point of view.

The objective of this thesis is to review the usage of building information models and examine the linking of timetables and building information models. Thesis reviews the 4D- models made at construction site and how they were made. The study concentrates on the benefits of the models at the worksite. The study reviews the benefits of timetable visualization at the work site and what could be done better.

The outcome of the study is to produce a guide material for timetable visualization. The thesis reviews advantages and disadvantages of the visualization. The study also points out what could possibly make the usage of timetable visualization more efficient.

Keywords: building information model, 4D- schedule, construction site

# Sisällys

1	Johdanto.....	5
1.1	Skanska.....	5
1.2	Iso-Kristiinan työmaa.....	6
2	Tietomalli lyhyesti.....	6
2.1	Tietomallin päätavoitteet.....	8
2.2	Tietomallin vaatimukset.....	8
2.3	Tietomallien käyttö työmaalla.....	9
2.3.1	Arkkitehtimalli.....	9
2.3.2	Rakennemalli.....	9
2.3.3	Yhdistelmämalli ja talotekniikka.....	10
2.3.4	Tietomallin hyödyt työmaakäytössä.....	10
3	Aikataulun liittäminen 3D-malliin.....	11
3.1	Erilaiset tietomallit.....	12
3.2	Tekla Structures.....	13
3.3	4D-mallin luominen Teklan avulla.....	14
3.4	Hyödyntäminen logistiikassa.....	16
4	Käyttö kohteessa.....	17
4.1	Suunnitellun aikataulun visualisointi.....	18
4.2	Suunnitellun aikataulun seuranta.....	22
5	Yhteenveto ja pohdinta.....	23
	Kuvat.....	25
	Lähteet.....	26

# 1 Johdanto

Rakennusten tietomallinnus ei ole käsitteenä uusi, sillä ensimmäiset virtuaalimallit tehtiin jo 1980-luvulla. Silti vasta 2000-luvun alkupuolella otettiin ensimmäiset suuret askeleet kohti tietomallien kehittämistä. Tämän jälkeen tietomallinnus on yleistynyt ja se on otettu jokapäiväiseksi työkaluksi rakennusprojekteissa. Tietomallit tuovat uusia lähestymistapoja rakennushankkeisiin, ja niiden on todettu vähentävän suunnitteluvirheitä.

Tämä työ tehdään Skanska Talonrakennus Oy:lle. Työn keskeisenä tavoitteena on tutkia, miten 3D-malli ja aikataulu voidaan yhdistää, ja miten tämä edistää rakennusprojektin visualisointia. Työssä pohditaan myös, kuinka tätä visualisointia voitaisiin parantaa ja miten aikataulun esittäminen 3D-mallin avulla edistää rakennusprojektia ja sen eri osapuolia. Opinnäytetyö rajaantuu työmaakäyttöön tietomallien ja aikataulun yhdistämisestä.

Työ perustuu sähköiseen aineistoon aiheesta sekä omakohtaisiin kokemuksiin Skanska Talonrakennus Oy:n Iso Kristiinan työmaalla, jossa työskentelin työnohjohtoharjoittelijana kesällä 2014.

## 1.1 Skanska

Vuonna 1887 perustettu, koristeellisia betonituotteita valmistava yhtiö, siirsi liiketoimintansa muutamassa vuodessa rakennusurakointiin. Ensimmäinen kansainvälinen projekti tehtiin Britannian kansalliselle puhelinyhtiölle vuonna 1897. Nykypäivänä Skanskalla on henkilökuntaa 48 500, joista Suomessa toimii noin 2100 ihmistä. Suomessa Skanska aloitti toimintansa vuonna 1994. (1.)

Skanska on yksi maailman suurimmista rakennusyhtiöistä, ja se löytyy myös Fortune 500 listalta, eli se kuuluu maailman 500 isoimman yhtiön joukkoon. Skanska AB:n liikevaihto oli 16,5 miljardia vuonna 2015, Tukholman pörssissä. Skanska osallistuu vuosittain noin 12 000 hankkeen toteuttamiseen. (1.)

Skanskalla on neljä toimialaa, joihin se on jakautunut. Nämä toimialat ovat rakentamispalvelut sekä asuntojen, toimitilojen ja infrastruktuurin projektinkehitys. Skanska AB:n Suomessa toimiva tytäryhtiö on nimeltään Skanska Oy, ja se

jakaantuu kolmeen eri osa-alueeseen: Talonrakentaminen (Skanska Talonrakennus Oy), Maa- ja ympäristörakentaminen (Skanska Infra Oy ja Skanska Asfaltti Oy), sekä Toimitilaprojektikehitys (Skanska CDF Oy). (1.)

Tietomallinnus on yksi Skanskan kehitystoiminnan tärkeimpiä painopistealueita. Mallinnusta käytetään suunnittelussa ja rakentamisessa, ja sen avulla tuotetaan laadukas ja kustannustehokas lopputulos. Skanskan kohteissa tietomallinnusta on käytetty esimerkiksi toimistotalo Manskun Rastissa, kauppakeskus Puuvillassa sekä infrahanke Crusselinsillassa. Kauppakeskus Puuvilla palkittiin vuonna 2013 maailman parhaaksi tietomallinnuskohteeksi Global Tekla BIM Awards -kilpailun sarjassa, jossa valittiin kokonaisvaltaisesti parhaiten tietomallintamista hyödyntävä rakennushanke. (2.)

## **1.2 Iso-Kristiinan työmaa**

Kauppakeskus Iso-Kristiinan perusteellinen uudistus- ja laajennushanke aloitettiin vuonna 2013 ja se saatiin päätökseen syksyllä 2015. Hankkeessa saneerattiin vanha Iso-Kristiinan rakennus ja yhdistettiin se uudisrakennukseen. Hankkeen tilaajina toimivat Citycon Oy sekä Eläkevakuutusyhtiö Ilmarinen. Citycon Oy ja Eläkevastuuyhtiö Ilmarinen omistavat molemmat 50 prosenttia kauppakeskuksesta. (3.)

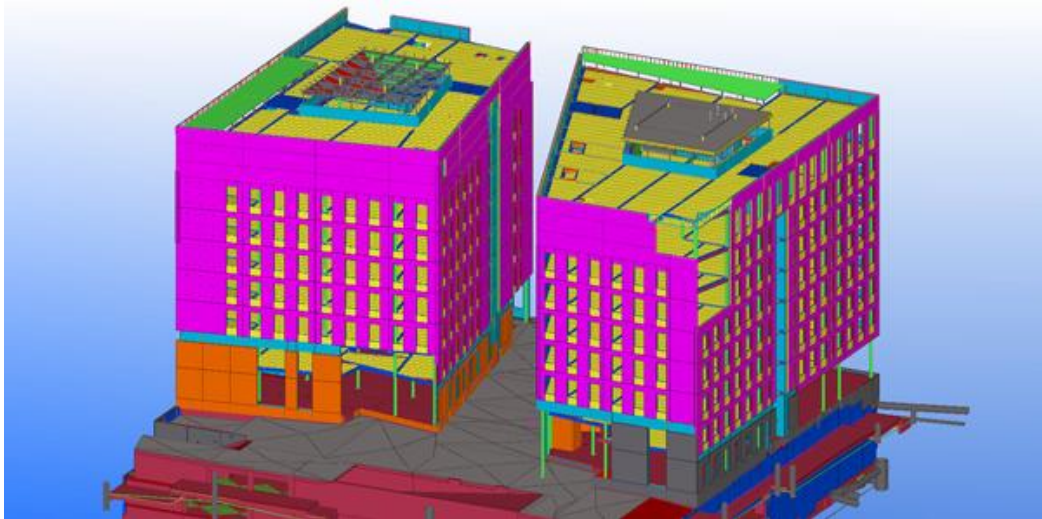
Kauppakeskushankkeen kokonaisinvestointi oli noin 110 miljoonaa euroa. Iso-Kristiinan vuokrattava pinta-ala kasvoi laajennushankkeen ansiosta 18 000 neliömetristä, 34 000 neliömetriin. (3.)

## **2 Tietomalli lyhyesti**

Tietomalli mielletään yleisesti rakennuksen kolmeulotteiseksi kuvaksi. Geometrian ja graafisen ulkoasun esittäminen ovat tietomallin tärkeimmät tehtävät, mutta se kuitenkin nimensä mukaisesti sisältää myös tietoa rakennuksen jokaisesta osasta. (4.)

Tietomalli on rakennuksen tai infrakohteen rakennusprosessin kokonaisuus digitaalisessa muodossa esitettynä, ja se sisältää koko elinkaaren aikaiset tiedot rakennusprosessista. Kolmiulotteisen tietokonemallin päätarkoitus on koota

kaikki tarvittava tieto yhteen, jotta tiedon hyödyntäminen olisi mahdollisimman helppoa (Kuva 1). Yksittäinen tieto tallennetaan kerran, ja sen jälkeen sitä on mahdollista hyödyntää suunnittelu- ja toteutusketjusta aina ylläpitoon saakka. Erilaisten analyysien ja simulointien teko mahdollistuu jo hankkeen varhaisessa vaiheessa mallin avulla. Tämä edesauttaa rakennettävien kohteiden suunnittelua. (4.)



Kuva 1. Tietomalli Skanskan kohteesta Manskun Rasti.

Toisin kun perinteisessä dokumenttipohjaisessa toimintatavassa, tietomallissa hankkeen tiedot eivät ole hajallaan eri piirustuksissa ja raporteissa, vaan ne ovat tulostettavissa yhdestä paikasta. Käyttäjän tarpeita mukailleen voidaan dokumenttien tietosisältö sovittaa tarpeiden mukaan. Tietomallin avulla erilaiset havainnekuvat ovat helposti tulostettavissa. Työvaihekohtaiset kuvat on helpompi ottaa riisutummalla tietosisällöllä kuin perinteiset piirustukset, ja tämä nopeuttaa niiden tulkintaa ja käyttöä. (4.)

Malli varmistaa sen, etteivät siitä tuotetut dokumentit ole keskenään ristiriidassa. Tarvittavat dokumentit voidaan tuottaa automaattisesti tai puoliautomaattisesti. Yhdistämällä eri suunnittelualojen mallit yhdistelmämalliksi saadaan varmistettua eri suunnittelualojen mallien yhteensopivuus. Tietomalleja on mahdollista tehdä ja tuottaa eri suunnitteluohjelmilla, ja tämän takia tarvitaan yhteinen tiedostoformaatti. Talonrakennuksessa on käytössä IFC -formaatti, joka sisältää tiedot rakennusosien muodoista ja ominaisuuksista. Infrapuolella vastaava formaatti on nimeltään LandXML-formaatti. (4.)

## 2.1 Tietomallin päätavoitteet

Tietomallilla voidaan määrittää rakennuksen geometriaa ja visualisoida selkeästi miltä rakennuksen lopputulos tulee näyttämään. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 määrittelee päätavoitteet seuraavasti. *Kiinteistöjen ja rakennuksien mallinnuksen tavoite on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävän kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen. Tietomalleja hyödynnetään koko rakennuksen elinkaaren ajan, lähtien suunnittelun alusta ja jatkuen vielä rakennusprojektin jälkeenkin käytön ja ylläpidon aikana.* (5.)

Malleille ja mallien hyödyntämiselle on mallinnuksen onnistumiseksi määriteltävä hankekohtaiset painopistealueet ja tavoitteet. Tavoitteiden sekä yleisten tietomallivaatimusten pohjalta määritetään ja dokumentoidaan projektikohtaiset vaatimukset. (5.)

## 2.2 Tietomallin vaatimukset

Käytettäessä työmaalla malleja ja niitä tilattaessa on otettava huomioon niiden vaatimukset. Yleisen tietomallivaatimuksien mukaiset vähimmäisvaatimukset on määritetty mallinnukselle ja mallien tietosisällölle. Nämä vähimmäisvaatimukset ovat tarkoitettu noudatettaviksi kaikissa rakennushankkeissa, joissa näitä vaatimuksia halutaan käyttää. Julkisissa hankkeissa on sallittua käyttää kaikkia vähintään IFC 2x3 sertifioituja mallinnusohjelmia. IFC eli Industry Foundation Classes on kansainvälinen standardi rakennusalan oliopohjaisen tiedon siirtoon tietokonejärjestelmistä toiseen. Hankekohtaisesti voidaan määrittää myös erityisvaatimuksia IFC-version ja erityisominaisuuksien suhteen. (6.)

Suunnittelijat ilmoittavat tarjouksissaan käyttämänsä mallinnusohjelman ja sen version sekä sen tukeman IFC-version. Jos projektin aikana tulee tarvetta vaihtaa versiosta toiseen, tulee osapuolien yhdessä sopia tästä. Tilaajalle luovutetaan kaikki mallit työn aikana, työn vaatimassa laajuudessa. Mallien jakelutapa sovitaan projektikohtaisesti. Tilaajalle luovutetaan myös projektin päättyessä kaikki mallit ja sähköiset dokumentit. (5.)



Jokaisessa hankkeessa, jossa käytetään tietomallia, on oltava myös tietomallikoordinaattori. Tietomallikoordinaattorin tehtävänä on hallita projektia ja ohjata eri suunnitteluosapuolia. Tietomallikoordinaattori vastaa siitä, että jokaisella osapuolella on selkeä kuva tehtävistä, vastuualueista sekä velvollisuuksista. Koordinaattori pitää huolen eri suunnittelijoiden työalueesta ja ohjaa suunnittelijoita, jotta tietomallista saadaan mahdollisimman yhtenäinen. (5.)

### **2.3 Tietomallien käyttö työmaalla**

Tietomallin tärkein tehtävä työmaalla on visualisoida työtehtävää ja lopputulosta. Työmaalla käytettävien 2D-suunnitelmien havainnollisuus paranee huomattavasti, kun sama asia voidaan katsoa myös tietomallista. Tietomallista on tullut päivittäinen apu työmaille, ja sen kehittyessä voidaan siitä saada vieläkin enemmän dataa ulos.

Kehittyvä teknologia mahdollistaa tietomallien käytön yhä monipuolisemmin. Työnjohtajan apuna toimivat tablet-tietokoneet ovat hyvä esimerkki siitä, miten tietomallia voidaan hyödyntää työmaalla. Tablet-tietokoneen käyttö työmaalla on helppoa ja sen avulla voidaan nopeasti katsoa tietyn rakennusosan tiedot.

#### **2.3.1 Arkkitehtimalli**

Arkkitehti toteuttaa tarveselvitysvaiheessa asiakkaan vaatimukset vaatimusmalliin. Vaatimusmalli sisältää asiakkaan tietomallille asettamien vaatimusten lisäksi oleellimmat viranomaisvaatimukset. Vaatimusmallin pohjalta arkkitehti luo alustavan tilaryhmämallin, jonka avulla yksittäisestä rakennuksesta luodaan tilamalli. (7.)

Tilamalli sisältää rakennuksen tilat ja tätä mallia täydennetään vaiheittain suunnittelun edetessä. Arkkitehti luo oman arkkitehtimallinsa tilamallin perusteella. Arkkitehtimalli toimii pohjatietona muiden mallien suunnittelijoille. (7.)

#### **2.3.2 Rakennemalli**

Rakennesuunnittelija luo arkkitehdin rakennusosamallin pohjalta oman mallinsa jota kutsutaan rakennemalliksi. Rakennusosamallissa rakennusosat on määritelty yleisesti, eikä niissä ole lopullisia tuotemäärittäyksiä. Rakennesuunnittelija

lisää rakennemalliin kuormitukset rakenteille sekä oleelliset rakenteelliset vaatimukset. (8.)

### 2.3.3 Yhdistelmämalli ja talotekniikka

Talotekniset suunnittelijat luovat omat mallinsa arkkitehtimallin pohjalta. Näihin malleihin suunnitellaan myös talotekniikalle tarvittavat varaukset. Eri malleista voidaan sen jälkeen tehdä yhdistelmämalli, jossa tarkastellaan mahdollisia virheitä ja ongelmakohtia. Mahdolliset törmäyskohdat on mahdollista huomata etukäteen mallista, ja tämä helpottaa suunnittelua ja toteutusta. (5.)

### 2.3.4 Tietomallin hyödyt työmaakäytössä

Tietomalleja hyödynnetään pääosin visuaalisuuden takia, mutta niillä on käyttöä monessa eri rakennusvaiheessa ja tehtävässä. Tietomalli on hyödyllinen suunnittelukokouksissa, kun on tarve sovittaa yhteen eri suunnitelmia. Tietomalli toimii myös kommunikoinnin apuvälineenä ja sitä voi hyödyntää visuaalisessa ja sääntöpohjaisessa törmäystarkastelussa. Törmäystarkastelu auttaa löytämään mahdolliset suunnitteluvirheet jo aikaisessa vaiheessa, ja tällä vältetään myöhemmät ongelmat. (9.)

Yleiset tietomallivaatimukset osa 13 listaa tietomalleille seuraavat hyödyt rakentamis- ja valmisteluvaiheessa (9):

*-kohteeseen ja sen suunnitelmiin perehtyminen ja tiedonhaku tarjousvaiheessa, hankinnoissa ja työmaatoteutuksessa*

*-määrien laskenta tarjouslaskentavaiheessa sekä rakentamisaikana hankintoja ja tuotannonsuunnittelua varten*

*-yleinen rakentamisen aikainen toimintojen koordinointi ja tiedonvaihto*

*-tuotannon 4D-aikataulutusta ja työjärjestysten suunnittelu sekä toteutumatilanteen havainnollistaminen*

*-eri suunnittelualueiden mallien yhdistäminen mm. talotekniikan asennusjärjestysten ohjaamista varten ja rakennettavuustarkasteluihin*

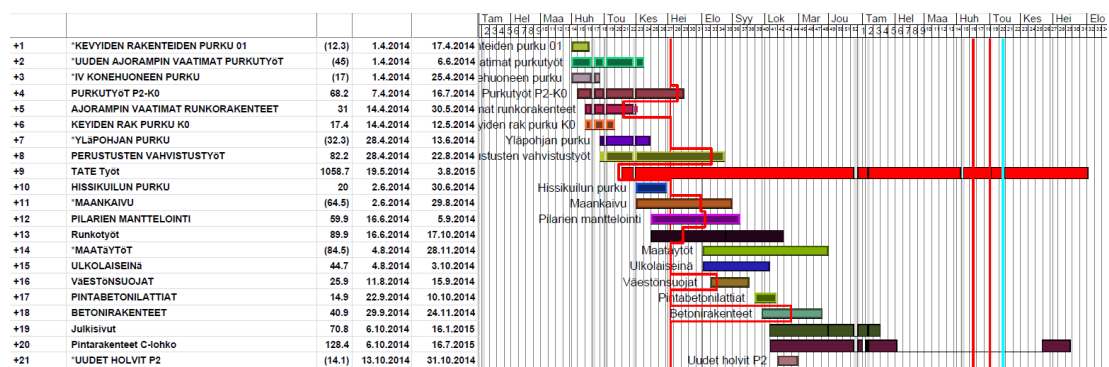
*-rakenteiden sijaintitiedon siirto mittalaitteisiin*

*-työmaa-alueen käytön suunnittelu ja turvallisuussuunnittelu, kuten esim. puutoamissuojauksien suunnittelu.*

Hankintavaiheessa ei aina ole tarkkaa tietoa määrälaskentatoimistolta. Tilanteessa, jossa tätä tietoa ei ole ehditty saada, on malli tarpeeksi tarkka määrien laskemiseen. Urakkaneuvotteluissa malli auttaa hahmottamaan, kuinka isoista urakoista puhutaan, eikä väärinkäsityksiä synny. Kaikki osapuolet ja urakoitsijat saavat nopeasti tarkan käsityksen kohteen suuruudesta. Aikataulusuunnittelussa ja aikataulun valvonnassa tietomallit ovat visuaalinen apu. Tietomalleihin lisätään tietoa aikatauluista, minkä avulla toteumatilanne voidaan havainnollistaa. (10.)

### 3 Aikataulun liittäminen 3D-malliin

Hyvä suunnittelu on rakentamisprojektissa tärkeää onnistumisen kannalta. Ilman hyviä suunnitelmia on vaikea tehdä onnistunutta toteutusta. Yksi hyvän suunnittelun tärkeä osa on hyvin suunniteltu aikataulu, sillä aikataulu asettaa rakennushankkeen toteutukselle tavoitteet. Aikatauluja laaditaan eri käyttötarkoituksiin, mutta tyypillisin aikataulu on niin sanottu yleisaikataulu, joka kuvataan janakaaviona (Kuva 2). Yleisaikataulua voidaan nimittää myös rakennusaikatauluksi. Rakennusaikataulu toteutussuunnitelma, joka on laadittu käytävissä olevan ajan ja työvaiheiden keskinäisen riippuvuuden perusteella. Aikataulua pyritään noudattamaan, sillä aikataulusta myöhästyminen aiheuttaa rahallisia tappioita. (11.)



Kuva 2. Aikataulun janakaavio

Työvaiheille, jotka vaativat erityistä suunnittelua toteutuksen kannalta, voidaan tehdä myös rakennusvaiheaikataulu. Rakennusvaiheaikataulu on tarkempi selvitys aikataulullisesta toteuttamisesta, ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi run-

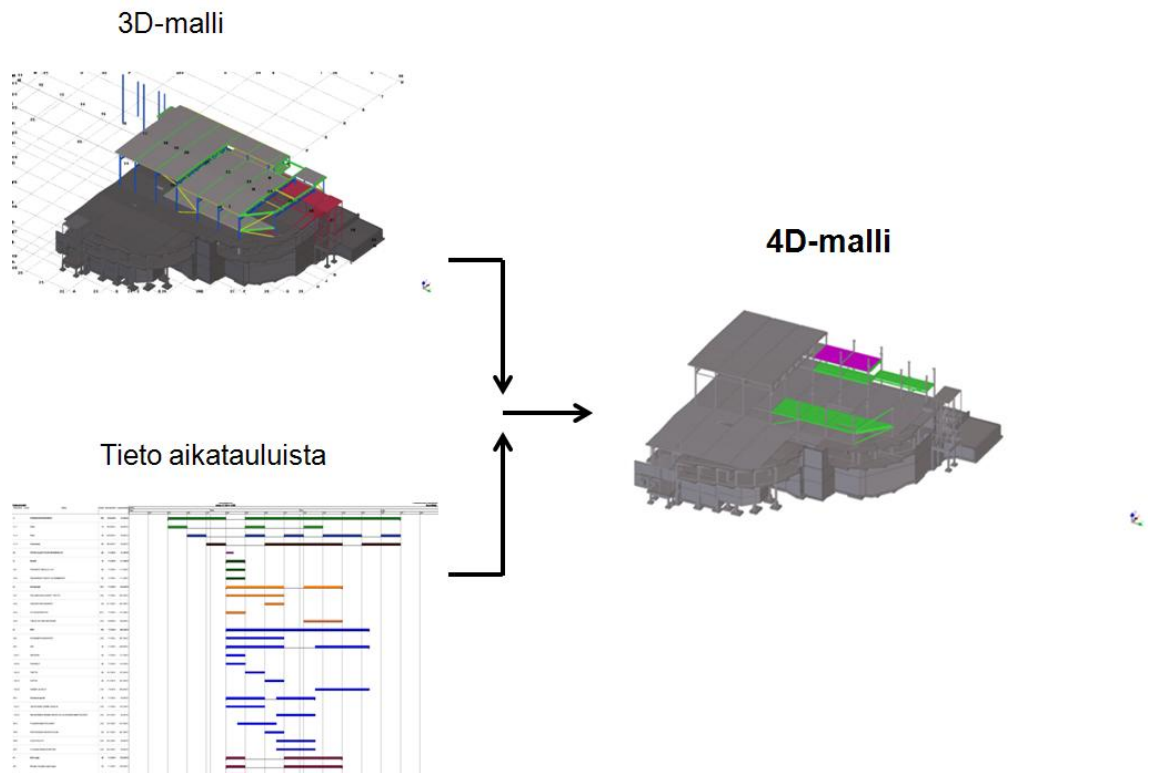
gon rakentamisvaiheessa. Jos työmaalle tuodaan ja asennetaan ontelolaattoja, teräspalkkeja tai muita isoja objekteja, on tärkeää että työ sujuu mahdollisimman jouhevasti. Asennus vaatii erityiskalustoa, työt suoritetaan tietyinä ajankohdina ja ylimääräinen säilyttäminen on hankalaa. (11.)

Rakennusvaihe aikataulun laatii yleensä työvaiheen työnjohtaja, tai se voidaan tehdä yhdessä muun työmaan tai työryhmän kanssa. Sen tarkoitus on jo ennen työvaiheen alkua luoda kaikille yhteinen näkemys, kuinka työvaihe suoritetaan. Asentavan työryhmän kanssa toteutettu ja suunniteltu aikataulu varmistaa sen, että aikataulu on realistinen. (11.)

### **3.1 Erilaiset tietomallit**

Rakennusprojektissa tietomallilla on monta käyttötarkoitusta, ja se on todella hyödyllinen työkalu. Tietomallien käyttö on yleistynyt paljon, ja sen mukana myös suunnittelun työkalut ovat kehittyneet. Kehittyneempi suunnittelu mahdollistaa erilaisia ja uusia toimintatapoja, joista yritetään saada kaikki mahdollinen irti.

Tietomallien käytön kehittyessä myös erilaisen datan lisääminen tietomalliin kehittyi. Tavallisesta 3D-mallista saadaan 4D-malli (Kuva 3) lisäämällä siihen aikataulutusta, jolloin malli on vieläkin havainnollistavampi. Aikataululliset tavoitteet esitetään visuaalisesti, mikä helpottaa rakennusprojektin seuranta.



Kuva 3. 4D-mallin muodostaminen aikataulutietojen ja rakennemallin avulla

Vastaavasti jos malliin lisätään aikataulutus sekä kustannusohjaus, muodostuu 5D-malli (Kuva 4).



Kuva 4. Tietomallin eri dimensiot

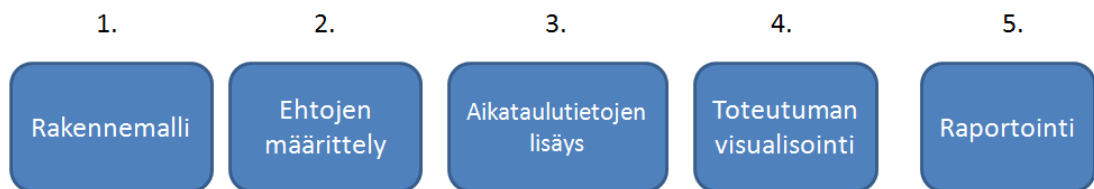
### 3.2 Tekla Structures

Tekla Structures on suomalainen rakennussuunnitteluohjelmisto, joka pystyy mallintamaan rakenteita, jotka sisältävät erilaisia rakennusmateriaaleja, kuten terästä ja betonia. Teklan avulla arkkitehdit voivat suunnitella rakennuksen ja sen osat 3D-mallintamalla. Vuonna 2004 lanseerattu Tekla Structures oli aikaisemmin tunnettu nimellä Xsteel, ja ohjelma on kehitetty sen pohjalta. (12.)

Ohjelmalla on mahdollista tehdä tarkka, luotettava ja yksityiskohtainen malli, jota tarvitaan onnistuneeseen rakentamisen tietomallinnukseen ja toteutukseen. Tekla Structures -ohjelmistoa käytetään monimutkaisissa rakenteissa, ja se toimii kaikkien materiaalien kanssa. Ohjelmalla on suunniteltu ja rakennettu muun muassa urheiluareenoita, öljynporauslauttoja, tehtaita, laitoksia, asuinrakennuksia, siltoja ja pilvenpiirtäjiä. (12.)

### 3.3 4D-mallin luominen Teklan avulla

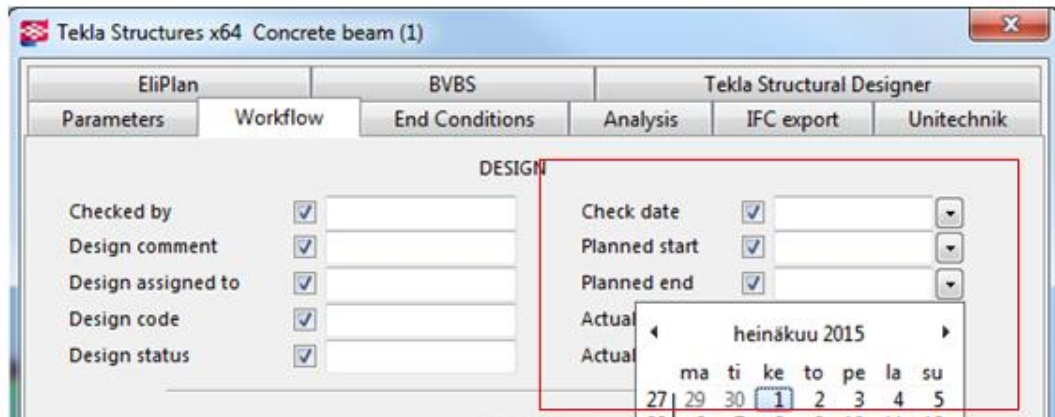
Tekla Structures ohjelmiston avulla voidaan aikataululliset tiedot liittää olemassa oleviin rakennemallin osiin. Aikataulullinen visualisointi on vaiheellinen prosessi, joka alkaa rakennemallin vastaanottamisella ja loppuu raportointiin toteutumisesta (Kuva 5).



Kuva 5. Eri vaiheet visualisoidun aikataulun luonnissa

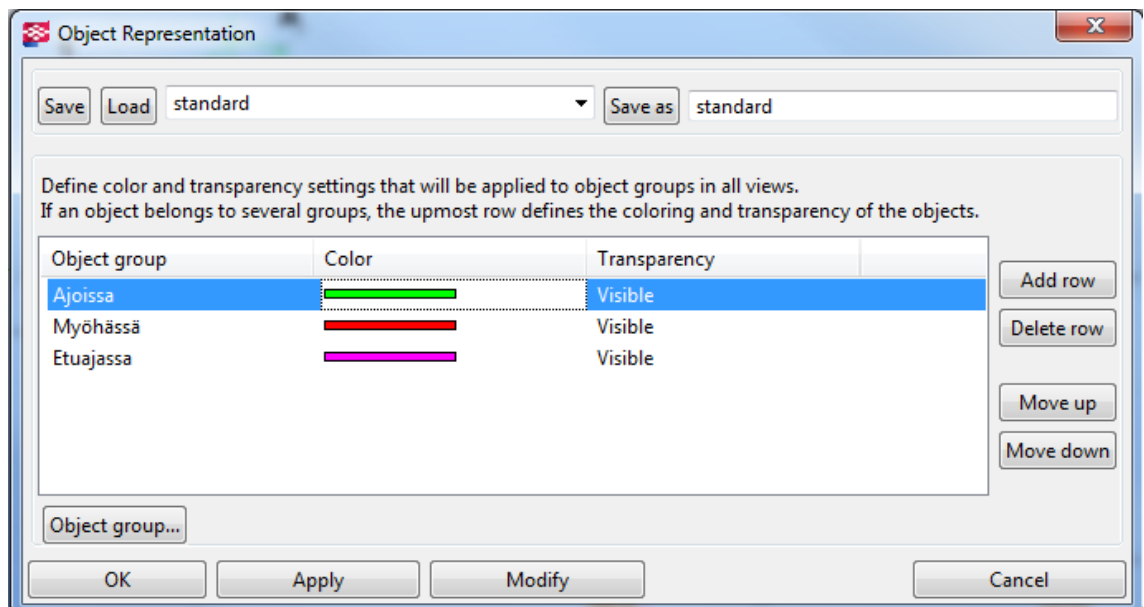
Mallinnettuihin osiin kirjataan niiden suunnitellut päivämäärät, ja myöhemmin seurantaan tehtäessä niiden toteutuneet päivämäärät (Kuva 6). Ohjelmistossa on mahdollista kuvata eri mallinnettuja osia eri väreillä, ja tällä työkalulla onkin hyvä havainnollistaa aikataululliset onnistumiset.

4D-mallin luominen vaatii olemassa olevan rakennemallin jostain rakennuskohteesta. 4D-aikataulun visualisoinnin voi tehdä pelkästään olemassa oleviin mallinnettuihin rakenneosiin.



Kuva 6. Ohjelmalla syötetään tarvittavat aikataulutiedot rakenneosaan

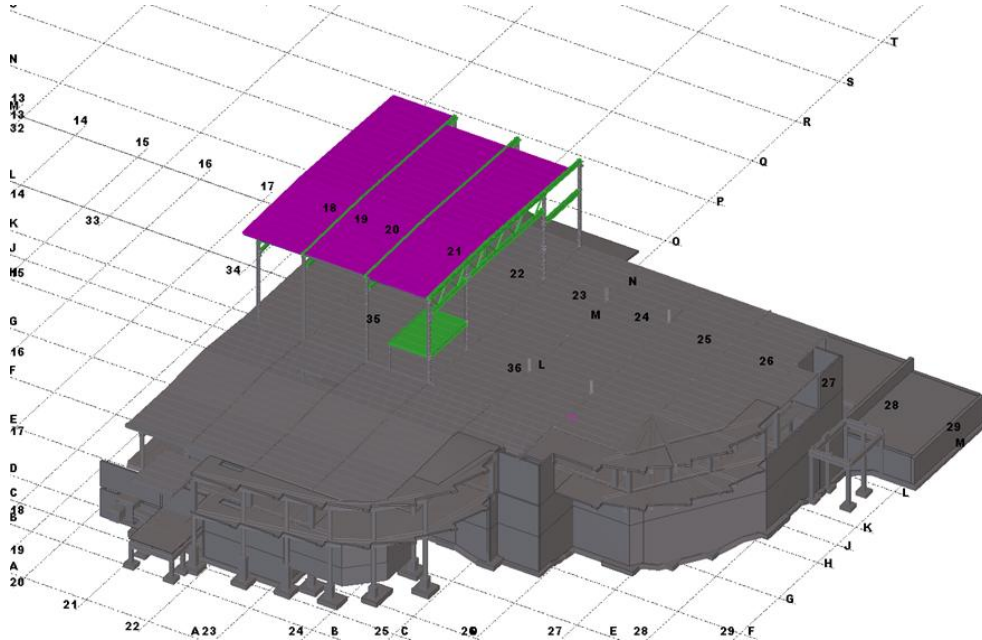
Ohjelman työkaluilla määritetään ehdot, jonka mukaan väritoteumat toteutuvat. Rakennuksen eri osiin määritellyt päivämäärät tarkistetaan ohjelman avulla, ja riippuen siitä ovatko ne toteutuneet niille suunnitellussa ajassa vai eivät, ohjelma visualisoi rakennusosat eri väreillä. (Kuva 7). Tästä voimme suoraan nähdä, miten projekti on edennyt tietyn viikon tai ajanjakson aikana.



Kuva 7. Eri väreillä kuvataan erilaisia toteutumisia

Kuvassa 8 on näkyvillä yhden viikon toteuma teräsrungon ja ontelolaattojen asennuksessa. Kuvasta voidaan heti nähdä, mitkä osat ovat toteutuneet aikataulussa ja mitkä eivät. Ehtojen mukaisesti violetti väri kuvaa töitä, jotka ovat

valmistuneet etuajassa aikatauluun nähden. Vihreät alueet ovat valmistuneet niille suunniteltujen aikamääritteiden puitteissa.

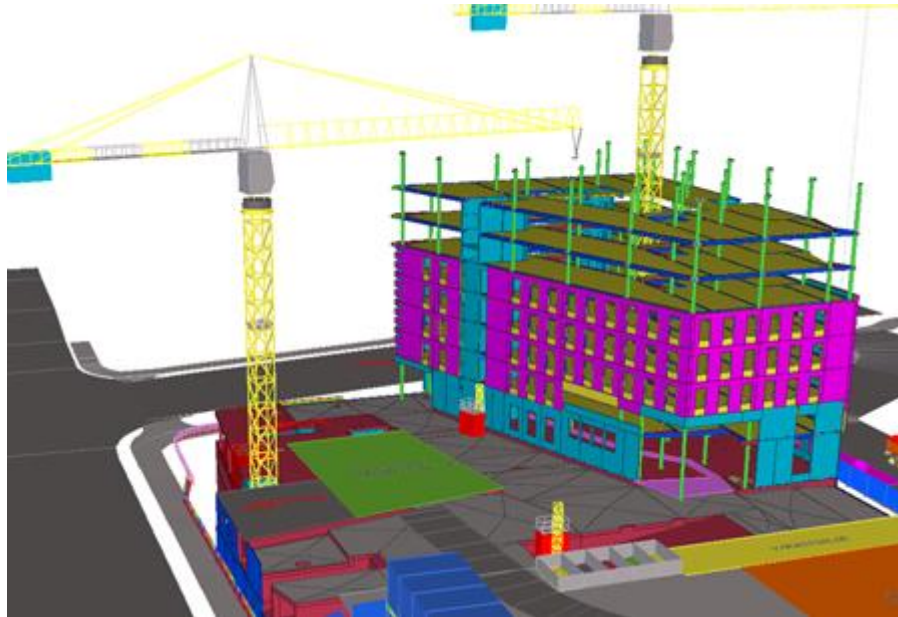


Kuva 8. Yhden viikon toteuman kuvaus Tekla Structures -ohjelmiston avulla

### 3.4 Hyödyntäminen logistiikassa

Tietomallit ovat hyvä apu logistiseen suunnitteluun, sillä tilankäytön visualisointi on niiden avulla helpompaa (Kuva 9). Useissa isoissa projekteissa on huomattu hyödylliseksi käyttää 3D- ja 4D-malleja, koska ne vähentävät riskejä ja virheitä. Niiden on myös todettu tehostavan työskentelyä. (13.)





Kuva 9. Skanskan Manskun Rasti, työmaajärjestyksen kuvaus mallilla

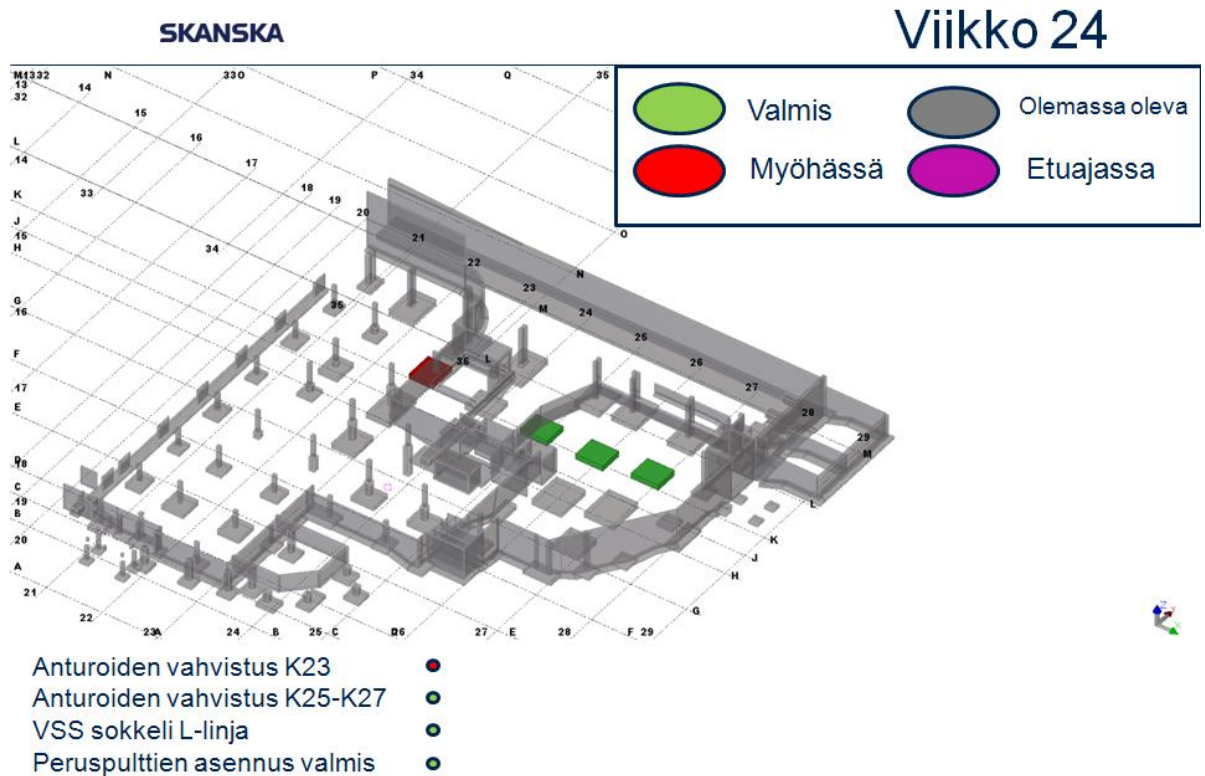
Varsinkin isoissa tie- ja siltarakennushankkeissa on tärkeää saada suunniteltua käytettävissä olevat kulkuväylät. Liikenteen ohjautuessa eri väylille eri viikoittain, on tietomallilla hyvä visualisoida, mitä linjoja milloinkin käytetään. 4D-malli mahdollistaa visuaalisen esityksen, esimerkiksi käytössä olevista tavarankuljetusreiteistä ja kiertoteistä. (13.)

#### **4 Käyttö kohteessa**

Iso-Kristiinan työmaa oli kooltaan melko suuri, varsinkin Lappeenrannan mittakaavassa. Isolla työmaalla, joka sisältää paljon työntekijöitä, on tärkeä suunnitella kaikki mahdollisimman tarkasti ja selkeästi. Tämän takia 3D-mallit olivat hyvä apu työmaalle. Tietomallien avulla voitiin asioita ennakoida ja arvioida paremmin, ja työn lopputulos oli selkeämpi visualisoinnin ansiosta.

Iso-Kristiinan työmaa sisälsi saneerauspuolen sekä uudispuolen, ja nämä molemmat osat olivat mallinnettu. Tekla Structruses -ohjelmistoa käytettiin uudispuolen ja saneerauspuolen uuden runkorakenteen kuvaamiseen. Runkorakenteiden edistymistä seurattiin 4D-aikataulujen avulla. Aikatauluseurantaa täytettiin ja seurattiin viikoittain.

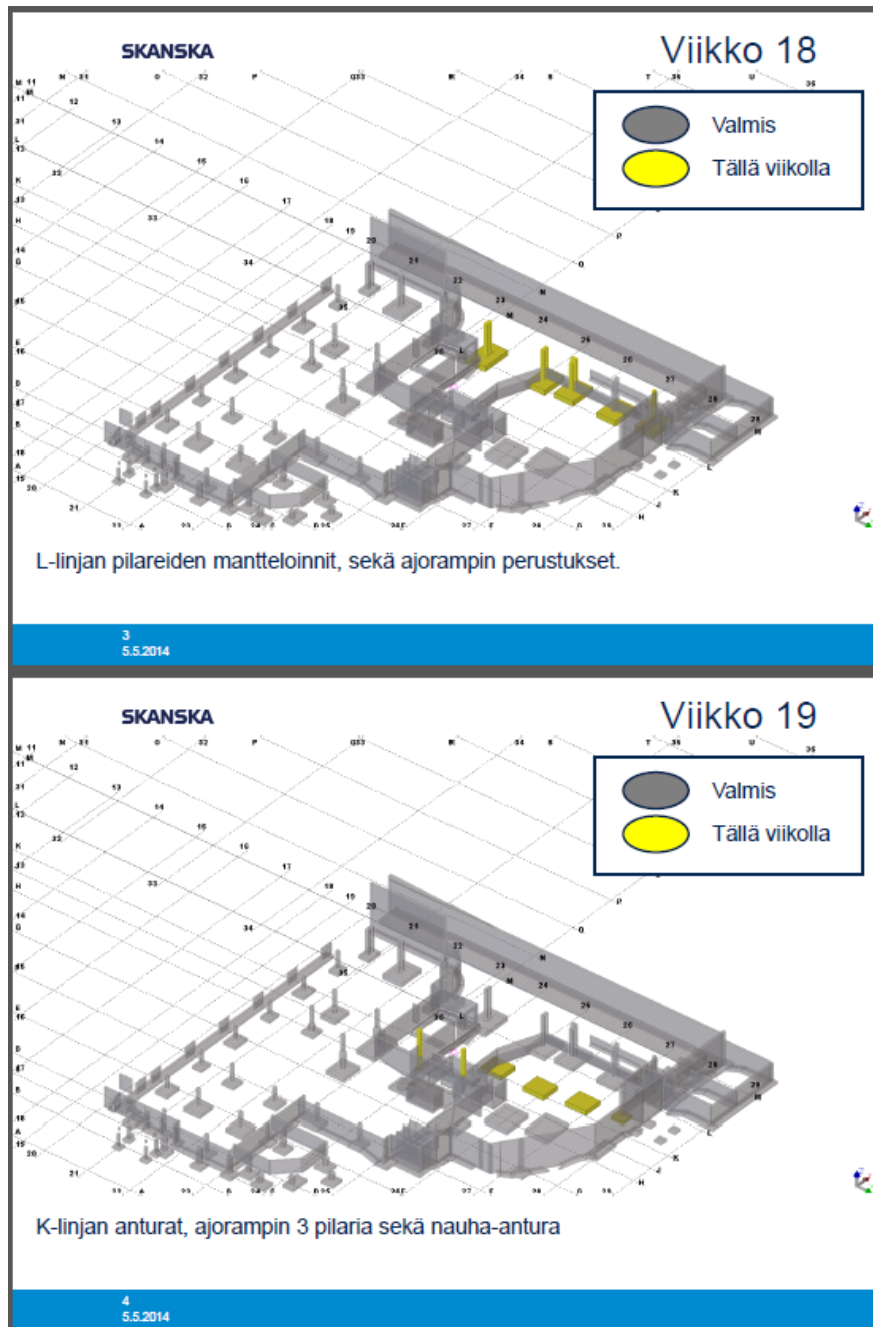
Saneerauspuolen pilareiden ja anturoiden vahvistettavien osien aikataulu visualisoitiin mallin kautta (Kuva 10). Vahvistuksista tehtiin viikoittainen suunnitelma, jossa kerrottiin viikon tavoite, sekä visualisoitiin se. Myös uudesta teräsrunosta ja ontelolaatoista tehtiin samanlainen suunnitelma. Myöhemmin näistä tehtiin yhtenäinen viikkosuunnitelma, jota seurattiin ja täytettiin viikoittain. Onnistumiset ja aikataulusta jäämiset merkittiin seurantaan ja visualisoitiin eri väreillä.



Kuva 10. Vahvistustöiden onnistumisen kuvaus mallin avulla

#### 4.1 Suunnittelun aikataulun visualisointi

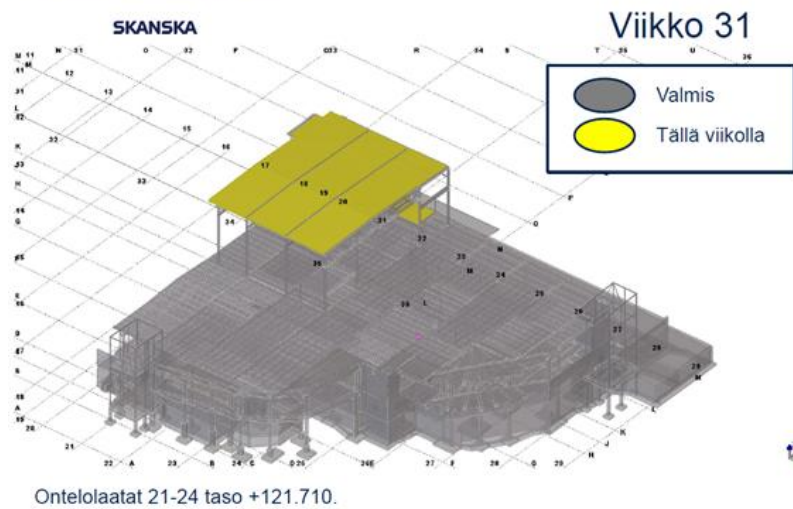
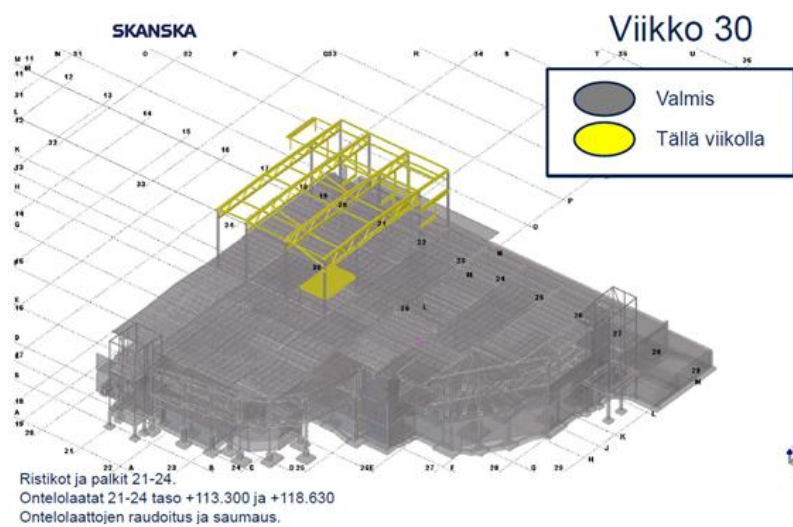
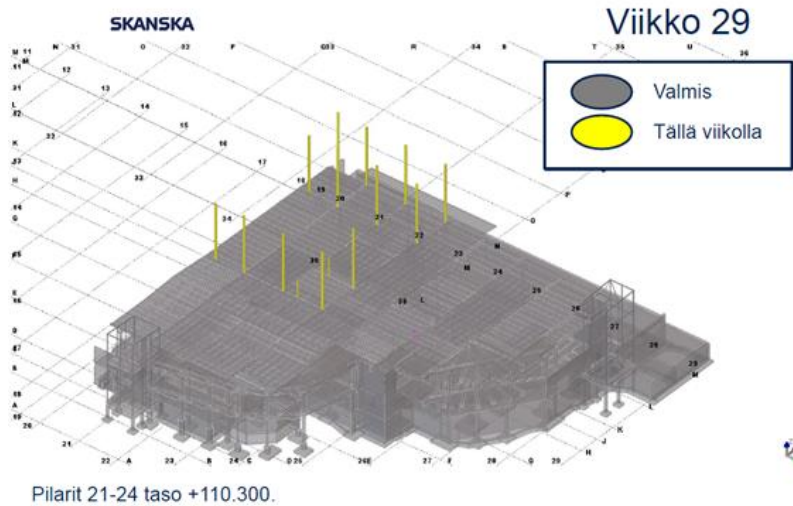
Saneerauspuolen C-osa koki ulkoisesti suurimman muutoksen, sillä osan korkeus nousi selkeästi vanhaa rakennusta ylemmäksi. Vanhoja rakenteita purettiin ja tilalle tuli uusi teräsrunko. Teräsrunkoa varten C-osan pilareita ja pilarian-turoita jouduttiin vahvistamaan lisäpainon takia. Vahvistusten tuli olla valmiina ennen teräsrunгон kasauksen aloittamista, joten muotti ja valutöistä tehtiin rakennusvaihe aikataulu. Tämä rakennusvaihe aikataulu visualisoitiin myös 3D-mallin avulla. Suunniteltu vahvistusaikataulu käytiin työstä vastaavan urakoitsijan kanssa läpi, ja siihen sitouduttiin (Kuva 11).



Kuva 11. Vahvistusten suunnitelma mallissa esitettyinä

Teräsrunkoa varten tehtyjen vahvistusten jälkeen päästiin kasaamaan itse teräsrunkoa. Teräsrungon kasauksesta vastaava urakoitsija antoi työstä alustavan aikataulun, jonka perusteella tehtiin myös tästä työvaiheesta rakennusvaiheikataulu. Myös tässä vaiheessa päädyttiin tekemään 4D-aikataulu työvaiheesta, ja yhdessä teräsrungon asennusryhmän kanssa tätä aikataulua sitouduttiin noudattamaan (Kuva 12). 4D-aikataulun avulla urakka oli selkeä, ja esimerkiksi sen perusteella tilattiin C-osan ontelolaattatoimitukset.

Viikoittain käydyissä palavereissa oli helppo tarkistaa, oltiin vielä aikataulussa, ja mitä osia on jo tehty. Kaikille osapuolille oli selkeää, mitkä ovat tavoitteet ja mihin aikataulullisesti pyritään. Myös rakennuttajalle oli helppo esittää, millaisessa aikataulussa runkoa lähdetään kasaamaan ja miten siinä edettiin.

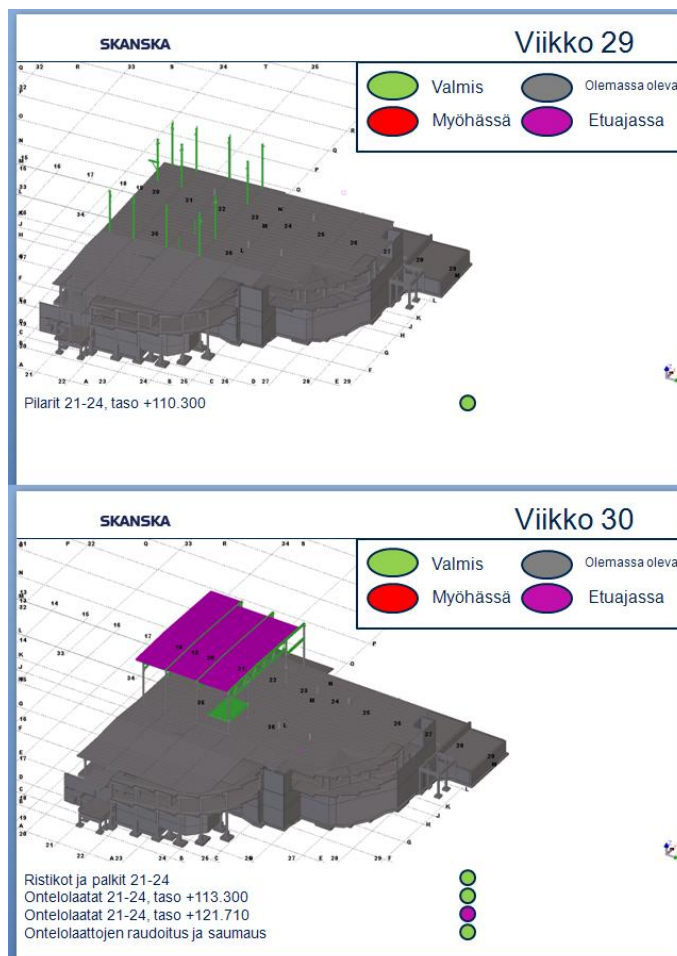


Kuva 12. Suunniteltu aikataulu havainnollistettuna mallilla

## 4.2 Suunnitellun aikataulun seuranta

Anturoiden ja pilareiden vahvistusurakasta sekä teräsrunгон ja ontelolaattojen kasauksesta pidettiin seuranta-aikataulun avulla. Aikaisemmin tehdyille suunnitelluille päivämäärille lisättiin niitä vastaavat toteutumispäivämäärät. Mallista otettiin ulos kuvia, joilla sen jälkeen visualisoitiin työvaiheiden toteuma. Näistä kuvista tehtiin PowerPoint-esitys johon kuvien lisäksi kirjattiin ylös mitä työvaiheita oli käynnissä ja mitä niistä oli toteutunut (Kuva 13). Eri väreillä symboloitiin rakennusosien joko aikataulullista onnistumista tai epäonnistumista.

Urakoitsijoiden kanssa käydyissä palavereissa oli hyvä hyödyntää olemassa olevaa 4D-mallia, ja sen avulla voitiin helposti visualisoida ongelmakohta, tai jos aikataulussa oltiin jäljessä. Nopealla vilauksella näki hetkessä, oltiinko urakassa jäljessä vai ei.



Kuva 13. Toteuman viikoittainen onnistuminen esitettyinä

## 5 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia 3D-mallien käyttöä tuotannon aikatauluissa ja analysoida, miten niitä hyödynnetään. Työn perusteena toimivat omakohtaiset kokemukset 3D-mallien käytöstä Lappeenrannan Iso-Kristiinan työmaalla, sekä verkkoaineisto aiheesta. Tavoitteena oli myös tutkia ja pohtia, kuinka 3D-malleja voisi käyttää vieläkin tehokkaammin aikatauluissa, ja mitä hyötyä ja haittoja niiden käytössä esiintyy. Opinnäytetyössäni halusin esittää työmaalla käytettyjä menetelmiä ja niiden vaikutusta.

Rakennusprojektissa on tärkeää pysyä aikataulussa. Mitä paremmin aikataulut on suunniteltu, sitä varmemmin toteutus tulee onnistumaan. Skanskalla oli kokemusta 3D-mallien käytöstä aikaisemmissa projekteissa, ja ne haluttiin tuoda myös Iso-Kristiinan työmaalle. Aikataulun lisääminen 3D-malliin onkin todella hyvä tapa tuoda esille rakennusprosessin kulku visuaalisesti. 3D-mallien suurin hyöty on nimenomaan visuaalisuus, ja siitä kannattaa ottaa kaikki mahdollinen irti.

Tilaaajalle aikataulun seuraaminen ja siinä pysyminen ovat yksi tärkeimpiä asioita rakennusprojektissa. 4D-aikataulun selkeä visualisointi auttaa tilaajaa pysymään ajan tasalla, ja sitä on helpompi seurata kuin esimerkiksi normaalia aikataulua. Tietomallin avulla visualisoitu aikataulu havainnoi rakennusvaiheen kulun ja toteuman todella hyvin. Se antaa kaikille mallin katsojille kuvan siitä, miten projekti etenee, rakennusteknisestä tietämyksestä tai osaamisesta riippumatta. Se yhdistää kaksi asiaa yhdeksi selkeäksi kokonaisuudeksi.

Vaikka tietomallin avulla kuvattu aikataulu on projektia johtavalle urakoitsijalle oiva tapa kuvata projektin onnistumista, näyttää se myös aikataulusta jälkeen jäämisen todella selkeästi. Aikatauluissa tulee välillä myöhästymisiä, ja eri rakennusosat saatetaan myös tehdä eri järjestyksessä kuin alun perin oli suunniteltu. Tällöin 4D-aikataulussa näkyvät myöhästymiset saattavat aiheuttaa kysymyksiä.

4D-aikataulut mahdollistavat tietynlaisen animaation tai kuvasarjan tekemisen rakennusprosessin kulusta. Ne voivat olla hyvinkin yksityiskohtaisia, riippuen käytössä olevasta mallista. Tietomallipohjainen 4D-aikataulun visualisointi voi-

daan esittää vain mallinnettujen rakenteiden osalta. Saneerauskohteessa tämä aiheutti sen, että visualisoinnissa jouduttiin hieman soveltamaan, sillä malliin oli mallinnettu vain olemassa olevat vanhat rakenteet eikä niihin tulevia vahvistuksia ollenkaan. Mallissa oli myös näkyvillä rakenteita, jotka oli tarkoitus purkaa pois kokonaan. Vaikka runkotöiden visuaalisessa kuvaamisessa joutuisi vähän soveltamaan mallin puutteiden takia, on se silti todella hyvä visuaalinen apu työvaiheille.

Mitä enemmän uutta tekniikkaa ja tietomalleja pystytään tuomaan jokapäiväiseen työmaa käyttöön, sitä enemmän niistä opitaan ottamaan irti. Ongelmia tuottaa tietomallien rajallinen käyttäjämäärä, sillä ne harvemmin ovat kaikkien käytössä. Myöskään kaikki eivät osaa käyttää näitä ohjelmistoja tai pyörittellä malleja. Tietomallien käytön lisääntyessä ja kehittyessä saadaan ongelmakohtia ennakoitua ja ratkottua entistä paremmin. Nykyisin käytössä olevat törmäystarkastelut ovat esimerkiksi hyvä tapa ennakoida suunnitteluvirheitä.

Tietomalli ja sen avulla tehty 4D-aikataulu ovat mielestäni tällä hetkellä hyvä työkalu runkorakenteiden kuvaamiseen, jossa ne ovat todella visualisoiva työapu, rakennusprojektiin. Tietomallien ja työohjelmistojen kehittyessä, myös muissa vaiheissa olisi varmasti käyttöä 4D-aikatauluille. Mitä enemmän rakennuksen osia saadaan mallinnettua, sitä tarkempia aikatauluja voidaan tehdä, ja sitä helpompi on havainnollistaa rakentamisen eri vaiheet. Vanhat 2D-piirustukset ja jana-aikataulut ovat tuskin jäämässä vielä moneen vuoteen historiaan, sillä ne ovat varma ja tuttu työkalu. Silti jos vanhat tekniikat pystyttäisiin korvaamaan sillä, että kaikki samat tiedot löytyisivät tietomallista, olisi tieto paljon helpommin käsillä sen löytyessä yhdestä paikasta. Huono tiedonkulku aiheuttaa yleensä virheitä ja viivästyksiä, mutta jos mahdollisimman paljon tietoa rakentamisvaiheista ja aikatauluista saataisiin lisättyä tietomalliin, joka olisi mahdollisimman monen urakoitsijan käytettävissä, ei tietokatkoksia välttämättä olisi niin paljon.



## Kuvat

- Kuva 1. Tietomalli Skanskan kohteesta Manskun Rasti <http://news.cision.com/>, s. 7
- Kuva 2. Aikataulun janakaavio, s. 11
- Kuva 3. 4D-mallin muodostaminen aikataulutietojen ja rakennemallin avulla, s.13
- Kuva 4. Tietomallin eri dimensiot, s. 13
- Kuva 5. Eri vaiheet visualisoidun aikataulun luonnissa, s.14
- Kuva 6. Ohjelmalla syötetään tarvittavat aikataulutiedot rakenneosaan, s. 15
- Kuva 7. Eri väreillä kuvataan erilaisia toteutumisia, s. 15
- Kuva 8. Yhden viikon toteuman kuvaus Tekla Structures -ohjelmiston avulla, s. 16
- Kuva 9. Skanskan Manskun Rasti, työmaajärjestyksen kuvaus mallilla <http://www.skanska.fi/fi/Tietoa-Skanskasta/Kehitystoiminta/Tietomallintaminen/>, s. 15
- Kuva 10. Vahvistustöiden onnistumisen kuvaus mallin avulla, s. 18
- Kuva 11. Vahvistusten suunnitelma mallissa esitettynä, s. 19
- Kuva 12. Suunniteltu aikataulu havainnollistettuna mallilla, s. 21
- Kuva 13. Toteuman viikoittainen onnistuminen esitettynä, s. 22

## Lähteet

1. Skanska. Tietoa Skanskasta <http://www.skanska.fi/fi/Tietoa-Skanskasta/> Luettu 7.4.2016
2. Skanska. Tietomallinnus. <http://www.skanska.fi/fi/Tietoa-Skanskasta/Kehitystoiminta/Tietomaillintaminen/> Luettu 29.4.2016
3. Skanska. Projektit Iso-Kristiina. <http://www.skanska.fi/fi/projektit/projekti/?pid=9806> Luettu 1.2.2016
4. Tietomallinnus. <http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html> Luettu 1.3.2016
5. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 1 Yleinen osuus <http://www.buildingsmart.fi/8> Luettu 3.3.2016
6. IFC. <https://fi.wikipedia.org/wiki/IFC> Luettu 20.2.2016
7. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 3 Arkkitehtisuunnittelu <http://www.buildingsmart.fi/8> Luettu 1.2.2016
8. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 5 Rakennesuunnittelu <http://www.buildingsmart.fi/8> Luettu 1.2.2016
9. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 13 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa <http://www.buildingsmart.fi/8> Luettu 1.2.2016
10. Skanska. Kauppakeskus Puuvilla. <http://blogit.skanska.fi/2013/12/kauppakeskus-puuvillaa-rakennetaan-tietomallintamisen-avulla/> Luettu 24.3.2016
11. Rakentaja.fi. [http://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=/kuluttaja/Suorakanava/rakennustoidenai\\_kataulutus.htm](http://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=/kuluttaja/Suorakanava/rakennustoidenai_kataulutus.htm) Luettu 24.3.2016
12. Tekla Structures. [https://en.wikipedia.org/wiki/Tekla\\_Structures](https://en.wikipedia.org/wiki/Tekla_Structures) Luettu 21.2.2016
13. Virtual design and construction of transportation projects. [http://cenews.com/article/9398/virtual\\_design\\_and\\_construction\\_of\\_transportation\\_projects](http://cenews.com/article/9398/virtual_design_and_construction_of_transportation_projects) Luettu 10.10.2015