

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma / rakennetekniikka

Simo Vainio

TIETOMALLIN KÄYTTÖ VESIRAKENTEIDEN KUNNOSSAPIDOSSA

Opinnäytetyö 2013

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

VAINIO, SIMO

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Toukokuu 2013

Avainsanat

Tietomallin käyttö vesirakenteiden kunnossapidossa

45 sivua + 3 liitesivua

lehtori Juha Karvonen, lehtori Sirpa Laakso

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu Oy

tietomalli, kunnossapito, vesirakenteet

Tämä opinnäytetyö on osa Kymenlaakson ammattikorkeakoulun VEBETER-hanketta. Työn tavoitteena oli selvittää ja kehittää ratkaisuja, joiden avulla tietomalleja voitaisiin käyttää vesirakenteiden kunnossapidossa. Tavoitteena oli myös tarkastella kehitystarpeita ohjelmistoille, jotta tietomallipohjainen kunnossapito olisi tulevaisuudessa kannattavaa.

Opinnäytetyössä haastateltiin siltojen ja satamien hallinnon kunnossapitopäälliköitä, suunnittelijoita, kuntotutkijoita sekä muita alan ammattilaisia. Opinnäytetyössä oli tavoitteena saada mahdollisimman paljon erilaisia näkemyksiä tietomallien tarpeellisuudesta ja soveltuvuudesta kunnossapidon tarkoituksiin. Haastatteluista saatujen tietojen pohjalta pyrittiin luomaan selkeä käsitys tietomalliohjelmistojen kehitystarpeista.

Työhön on kerätty perustietoa tietomalleista ja tarkasteltu niiden nykyistä käyttöä rakentamisessa. Lisäksi työssä on kerrottu kunnonhallintajärjestelmistä, rakenteiden seurannasta ja rakenteiden kuntotarkastuksista.

Ohjelmistojen kehittyessä tietomallipohjainen kunnonhallinta tuo havainnollisuutta, lähtötiedot rakenteista ovat saatavilla suoraan tietomallista sekä tutkimustulosten tarkka paikantaminen malliin, josta niiden todellinen paikka on helppo hahmottaa. Tulevaisuudessa on tarvetta tietomallipohjaiselle kunnonhallintajärjestelmälle, johon voidaan arkistoida kunnossapitohistoria sekä uudet tutkimustulokset paikkatietoineen.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

VAINIO, SIMO

Use of Building Information Modeling in Maintenance of
Water Structures

Bachelor's Thesis

45 pages + 3 pages of appendices

Supervisor

Juha Karvonen, Senior Lecturer

Sirpa Laakso, Senior Lecturer

Commissioned by

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu

May 2013

Keywords

building information model, maintenance, water structures

The present thesis is part of VEBETER project of Kymenlaakso University of Applied Sciences. The goal of the thesis was to define and develop solutions for use of building information modeling of maintenance of water structures and to examine development requirements for softwares in order to have Building Information Modeling (BIM) based maintenance worthwhile in the future.

Managers of maintenance, designers, scientists and professionals were interviewed in the thesis. The goal of the interviews was to get many different views of necessity and suitability of BIM for maintenance purposes. Information received from interviews was used to create a summary of BIM development requirements.

The thesis contains base information of BIM and examines present use of BIM in construction. In addition, condition management systems and condition inspections are superficially examined in thesis.

While software is improving BIM based condition management brings clarity, basic information of structures is available directly from model and actual place for accurate localization of investigation results is easy to understand. In the future, there is need for BIM based condition management system, where it is possible to insert maintenance history as well as new investigation results to exact location.

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Kymenlaakson ammattikorkeakoululle. Työ on aloitettu tammikuussa 2013 ja työ valmistui toukokuussa 2013.

Haluan kiittää ohjaajiani Juha Karvosta ja Sirpa Laaksoa sekä kaikkia kyselyyn vastanneita osapuolia.

Kotkassa

28.3.2013

Simo Vainio

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tavoite ja rajaus	7
1.2	VEBETER–hanke	7
2	TIETOMALLI	9
2.1	Käsitteistö	9
2.2	Mitä on tietomallintaminen?	11
2.3	Tuotemallipohjaisen suunnittelun tavoitteet	13
2.4	Ohjelmistoja	14
2.4.1	Tekla Structures	14
2.4.2	Tekla BIMsight	14
2.4.3	Solibri Model Viewer	15
2.4.4	Navisworks	15
3	TIETOMALLIEN KÄYTTÖ RAKENTAMISESSA	15
3.1	Rakennesuunnittelun lähtötiedot tuotemallinnuksessa	16
3.2	Eri hankevaiheiden tuotemallien tietosisällöt	17
3.3	Numerointi ja nimeäminen	18
3.4	Rakennesuunnittelijan mallintamistapa ja tarkkuus	18
3.5	Määrälaskenta	19
3.6	Liitosten mallintaminen	20
3.6.1	Detaljit	21
3.6.2	Liitokset	22
3.6.3	Saumaliitokset	23
3.7	Tietomallista tuotettavat asiakirjat	23
4	RAKENTEIDEN SEURANTA JA KUNNOSSAPITO	25
4.1	Kunnonhallintajärjestelmä	25

4.2	Tietokanta	26
4.3	Tarkastuksen periaatteet ja järjestelmä	26
4.3.1	Yleistarkastukset	27
4.3.2	Erikoistarkastukset	28
4.3.3	Vuositarkastukset ja jatkuva tarkkailu	29
4.3.4	Vauriokartoitukset	29
4.3.5	Vedenalaiset tarkastukset	29
4.4	Kuntotarkastuksen toteutus	31
4.4.1	Tarkastuksen ajankohdan määrittäminen	31
4.4.2	Tarkastusmenetelmän valinta	32
5	TIETOMALLIEN KÄYTTÖ KUNNOSSAPIDOSSA	33
5.1	Tietomallin muodostaminen	33
5.2	Olemassa olevat rakenteet	35
5.3	Mallintamistarkkuus ja tietomallin sisältö	36
5.4	Paikkatieto ja tietosisältö	37
5.5	Haasteet	38
6	KYSELYTUTKIMUS	39
6.1	Tiedonhaku	39
6.2	Tulokset	39
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	41
	LÄHTEET	43
	LIITTEET	46
	Liite 1. Saate	
	Liite 2. Kyselylomake tietomallien soveltuvuudesta kunnossapidon tarkoituksiin	

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoite ja rajaus

Opinnäytetyö kuuluu Kymenlaakson ammattikorkeakoulun VEBETER-hankkeeseen. Hankkeessa selvitetään ja kehitetään vedenalaisten betonirakenteiden tutkimusmenetelmiä ja siihen osallistuu Kymenlaakson ammattikorkeakoulun lisäksi muita osapuolia satamayhtiöistä, urakoitsijoilta ja muita toimijoita. Opinnäytetyössä pyrittiin kehittämään ratkaisuja, siten kuinka tietomalleja pystyttäisiin hyödyntämään rakenteiden kunnossapidossa. Työssä oli tavoitteena tarkastella ohjelmistojen kehitystarpeita, jotta tietomallipohjainen kunnossapito olisi kannattavaa. Työssä on tarkasteltu tutkimustulosten paikantamista tietomalliin, mikä helpottaa korjaustoimenpiteiden päätöksentekoa. Lisäksi työssä on tarkasteltu mallintamistarkkuutta ja mallinnettavia osia jotta tietomallin tuoma havainnollisuus olisi mahdollisimman hyvä.

Opinnäytetyö on rajattu satama- ja siltarakenteisiin, koska tietomallien käyttö infrarakenteiden uudis- ja korjausrakennuskohteissa on yleistymässä. Tietomallin käyttöä kiinteistön ylläpidossa on tutkittu aikaisemmin, mutta infrarakennuspuolella ylläpito painottuu enemmän rakenteiden seurantaan talotekniikan sijaan, joten käyttökohteiden välinen ero on merkittävä. Kuitenkin uusista infrarakenteista tuotetaan suunnittelun yhteydessä yleensä tietomalli, miksi siis jo tuotettua tietomallia ei voisi hyödyntää rakenteen kunnossapidossa.

1.2 VEBETER–hanke

VEBETER- hanke liittyy vedenalaisten rakenteiden kunnossapitoon. Hankkeessa tutkitaan vedenalaisten betonirakenteiden tutkimuksen nykykäytäntöjä Suomessa ja pyritään kehittää siihen soveltuvia ja tarvittavia uusia menetelmiä. Rakenteiden kunnossapito edellyttää tietoa tulevien toimenpiteiden valitsemiseksi, myös veden alta.

Suomessa on runsaasti eri-ikäisiä vedenalaisia betonirakenteita esimerkiksi satamissa, silloissa ja voimalaitoksissa. Rakenteet kyseisissä kohteissa ovat edellytys liikenteelle, lastaukselle ym. toiminnalle. On selvää, että rakenteiden tulee olla käyttökuntoisia ja kestää niille kohdistuvat kuormitukset. Esimerkiksi satamarakenteita rasittaa alusliikenteen ja ympäristön aiheuttamat kuormat sisältäen muun muassa potkurivirtaukset, alusten nojaus- ja törmäyskuormia, jääkuormia, vedenpaine- ja aaltokuormia, suola- ja

pakkasrasituksia jne. Näiden rasitusten vuoksi rakenteet pitkällä aikavälillä vaurioituvat ja on niiden toiminnan edellyttämä kunto ylläpidettävä. Vedenalaisten rakenteiden kuntoa on kuitenkin harvoissa kohteissa systemaattisesti tutkittu. Päätös korjaus- ja kunnossapitotoimista on usein tehty vain rakenteen aistinvaraisen tarkastelun perusteella. Korjaaminen on myös mahdollisesti jätetty tekemättä, on korjattu tarvetta kalliimmalla vaihtoehdolla tai on mahdollisesti korjattu turhaan. Tästä syystä korjauspäätöksen tulisi perustua tarkkoihin tutkimuksiin, sillä vedenalaisten rakenteiden korjaaminen nostaa kustannukset suhteellisen korkeiksi. Kuvassa 1 on esitetty vanha laituri-rakenne, mistä voidaan havaita vaurioita etenkin vesirajassa. (Karvonen & Laakso 2012, 53.)



Kuva 1. Vanhempi teräsbetoninen laituri-rakenne, joka on vaurioitunut vesirajasta (Karvonen & Laakso 2012.)

2 TIETOMALLI

Tietomalli sisältää rakenteen geometrian digitaalisessa formaatissa kolmiulotteisessa muodossa. Geometrian lisäksi tietomalli voi sisältää tai siitä voidaan tuottaa kaksiulotteisia piirustuksia, paikkatietoa, rakentamisen aikaisia asiakirjoja, tutkimusraportteja ja muita asiakirjoja.

2.1 Käsitteistö

Ohessa on esitetty tietomallien peruskäsitteistöä (Karstila 2004, 4-14):

2D	Kaksiulotteinen malli (XY-koordinaatisto)
3D-malli	Kolmiulotteinen tietomalli (XYZ-koordinaatisto)
DWG	Lyhenne sanasta Drawing, Yleisesti CAD -ohjelmistossa käytetty tiedostotyyppi. Formaattia käytetään tallennettaessa kaksi tai kolmiulotteisia suunnitelmia.
DXF	On lyhenne sanoista Drawing interchange format. Autodeskin kehittämä piirustuksen tiedonsiirtoformaatti, jota käytetään eri CAD-ohjelmien välisessä tiedonsiirrossa.
BIM	Tarkoittaa rakennuksen tietomallia ja se tulee englanninkielisistä sanoista building information modeling. Tietomallilla tarkoitetaan rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutta digitaalisessa muodossa. Tietomalliin sisältyy myös rakennuksen geometrian määrittäminen ja esittäminen kolmiulotteisesti.
IFC	On kansainvälinen tiedonsiirtostandardi ja tulee englanninkielisistä sanoista industry foundation classes. IFC on kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistön ylläpidon tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön. IFC-standardin ansiosta eri sovellusten välinen tiedonsiirto on mahdollista sisällön muuttumatta.

Attribuutti	Attribuutit kuvaavat objektien ominaisuuksia. Esimerkiksi Rakennusosa-objektien luokan määrittelemiä attribuutteja voivat olla nimi, Pituus, Paino, jne.
Rakennusosamalli	Rakennuksen tuotemallin tietosisällön vaiheistus, joka sisältää rakennusosat ja niiden tuoterakenteen niin, että lopullisia päätöksiä rakennustuotteista ei ole vielä tehty.
Tuotetietomalli	Tuotetietomallilla tarkoitetaan tuotetietoja määrittelevää käsitemallia, jossa määritellään tuotetietojen tietosisältö. Esimerkiksi IFC-objektimalli on rakentamisen ja kiinteistönpidon tiedonsiirtoa varten määritelty tuotetietomalli.
Objekti/Olio	Tiettyjä asioita kuvaavien tietojen kooste, jota sovelluksissa käsitellään kokonaisuutena. Oliopohjaisessa mallintamisessa asioita kuvataan oliolla, joilla on erilaisia ominaisuuksia, sekä yhteyksiä toisiin olioihin. Rakennuksen rakennusosat mallinnetaan tietokonesovelluksilla käyttäen rakennusosa-olioita, joilla on ominaisuutensa sekä yhteyksiä rakennuksen tuotemallin muihin olioihin.
Rakennetyyppi	Määrittely, josta selviää rakennusosien koostumus ja niiden ominaisuudet. Rakennetyyppi tarkoittaa rakennusosien ominaisuuksia, joka voi olla samanlaista usealla eri rakennusosalla.

2.2 Mitä on tietomallintaminen?

Aikaisemmin rakennusten kolmiulotteisesta mallista käytettiin nimitystä tuotemalli, mutta viime vuosina nimitys tietomalli on yleistynyt. Se on käsitteenä tuotemallia laajempi ja voi koostua useiden eri suunnittelualojen malleista. Betonielementtien suunnittelua ja valmistamista varten luotua mallia voidaan kutsua myös tuotemalliksi. (Elementtisuunnittelu.)

Tuotemallintaminen on kokonaisvaltainen menetelmä hallita rakennushankkeen tietoja digitaalisessa muodossa. Tuotemalli mahdollistaa rakennusten suunnittelussa, toteuttamisessa, käytössä ja ylläpidossa tarvittavan tiedon hallinnan paremmin kuin perinteisiä piirustuksia käyttämällä. Piirustukset on tarkoitettu ihmisten tulkittaviksi. Tuotemallimuotoinen tieto on tarkoitettu ihmisten lisäksi myös tietokoneohjelmien sekä järjestelmien tulkittavaksi. Kuvassa 2 on esitetty tietomallinnuksen kulku koko prosessin läpi. (Penttilä, Nissinen & Niemioja 2006, 8.)

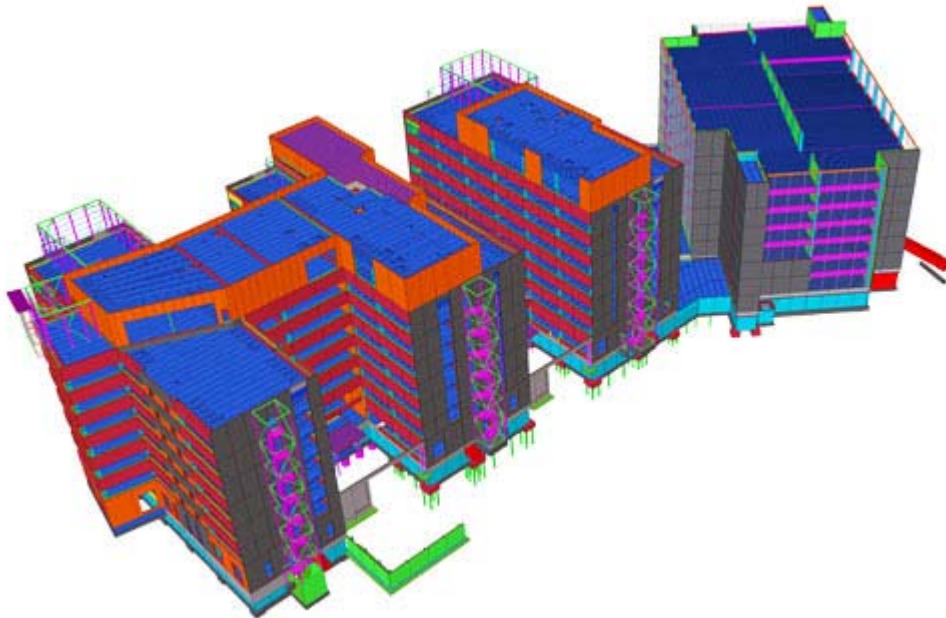


Kuva 2. Mitä on tietomallinnus (Savisalo)

Tuotemalliin tallennetaan ja sieltä saadaan tietoa esimerkiksi rakennuksen tiloista, rakenteista, rakenteiden ominaisuuksista, mitoista ja määristä. Tuotemallin avulla tiedon tallennus ja siirto osapuolten välillä on luotettavampaa sekä monikäyttöisempää perinteisiin menetelmiin verrattuna. (Valjus, Varis, Penttilä & Nissinen 2006, 8.)

Syy miksi tuotemallipohjaisen suunnittelun käyttöönotto ja lisääntyminen on tuotemallisuunnittelun tuottama lisäarvo koko suunnittelu sekä rakentamisprosessille. Lisäarvoa tuottaa erityisesti kokonaisuuden parantuneen hallinnan kautta. (Penttilä ym. 2006, 9.)

Kuvassa 3 on esitetty valmis tietomalli, joka on tuotettu Tekla Structures -ohjelmistolla. Kuvassa nähdään vain rakennuksen geometria, mutta tietomalli sisältää todellisuudessa paljon muutakin. 2D-piirustukset sisältyvät myös tietomalliin, jokaisesta elementistä on olemassa piirustus, jonka pohjalta elementti valmistetaan. Mallista saadaan myös tuotettua luetteloja jotka helpottavat logistiikan ja tuotannon suunnittelussa sekä siitä voidaan tuottaa kuvia jotka helpottavat asennustöitä. Tietomalli ja tuotemalli tarkoittavat käytännössä samaa asiaa mutta menevät usein keskenään sekaisin. Toisaalta käytetty termi ei ole tärkeä, vaan mallin sisältö ja soveltuvuus käyttötarkoitukseen.



Kuva 3. Valmis tietomalli Derby Business Parkista (Tekla 2013)

Tuotemallipohjaista rakennuksen mallintamista käytettäessä suunnittelusta saadaan mahdollisimman suuri hyöty, joka jakautuu kaikille hankkeen osapuolille (Penttilä ym. 2006, 10):

- Suunnittelun lopputulos ja suunnitelmien tietosisältö tarkentuu ja monipuolistuu.
- Suunnitteluvirheet havainnoidaan aikaisemmassa vaiheessa.
- Suunnitelmien havainnollisuus on parempi.
- Eri suunnittelijoiden luomien mallien yhteensovittaminen on mahdollista ja ristiriitojen tarkastelu helpottuu.
- Vaihtoehtoisten ratkaisujen tarkastelu helpottuu.
- Tuotemallin sisältämän tiedon jatkohyödyntäminen paranee.

2.3 Tuotemallipohjaisen suunnittelun tavoitteet

Tuotemallipohjaisen suunnittelun tavoite on tehostaa suunnittelua, parantaa rakentamisen laatua ja tuottavuutta. Tuotemallipohjaisissa hankkeissa rakennuksen elinkaaren aikana tarvittava tieto on esitetty malleissa digitaalisessa muodossa. (Valjus ym. 2006, 10.)

Keskeisiä tavoitteita tuotemallipohjaiselle suunnittelulle (Penttilä ym. 2006, 11):

- Tuottaa täsmällisempää tietoa ja vähentää suunnitteluvirheitä, parantaa suunnitelmien yhteensopivuutta ja kehittää eri suunnittelijoiden välistä yhteistyötä.
- Tuottaa monipuolisempaa tietoa hyödynnettäväksi tuotannosuunnitteluun, kustannus- ja aikatauluhallintaan sekä rakennustuotteiden valmistukseen ja hankintaan.
- Tuottaa hyödyllistä ja havainnollistavaa tietoa päätöksenteon tueksi ja vertailemalla vaihtoehtoja toiminnallisesti ja kustannuksellisesti.

Tuotemalleista on tuotettavissa esimerkiksi tarvittavat piirustukset ja muut suunnitelmadokumentit, kuten mitta- ja määrätiedot. Tuotemallin avulla suunnittelutietoja voidaan siirtää tehokkaasti ja helposti osapuolten välillä, mikä parantaa ja nopeuttaa suunnitteluprosessia. (Valjus ym 2006, 10.)

2.4 Ohjelmistoja

Mallinnusohjelmistoista tarkastellaan tässä vain Tekla Structuresia, koska Vebeter hankkeessa tähän mennessä tuotetut tietomallit on tuotettu sillä. Lisäksi seuraavassa osiossa tarkastellaan pintapuolisesti kolmea eri tietomallin katseluohjelmistoa ja kerrotaan niiden perusominaisuuksista lyhyesti.

2.4.1 Tekla Structures

Tekla structures on rakennuksen tietomallinnus ohjelmisto, jolla on luotavissa ja hallittavissa tarkasti detaljoituja, rakentamisen prosesseja tukevia kolmi- ja neliulotteisia rakennemalleja. Tekla-mallia voi hyödyntää rakennusprosessin jokaisessa vaiheessa luonnossuunnittelusta valmistukseen, pystytykseen ja rakentamisen hallintaan. Teklan eri ohjelmistokokoonpanot on esitetty kuvassa 4. (Tekla BIM.)



Kuva 4. Teklan ohjelmistokokoonpanot (Tekla BIM)

2.4.2 Tekla BIMsight

Tekla BIMsight on tietomallisovellus mallipohjaiseen projektiyhteistyöhön. Tekla BIMsightin avulla voi katsella rakennushankkeen kaikkien osapuolten tuottamia malleja. Tekla BIMsight on yhteistyökalu, joka mahdollistaa mallipohjaisen viestinnän kaikkien toimijoiden kanssa, ei pelkästään Tekla Structures –käyttäjien tai muiden tietomalliasiantuntijoiden kanssa. (Tekla BIM.)

Tekla BIMsightilla voi lisätä tietomalliin eri tyyppisiä dokumentteja ja on myös mahdollista liittää dokumentit mallinnettuihin objekteihin. Lisäksi sillä voidaan mitata etäisyyksiä tai tehdä omia merkintöjä tietomalliin. Sillä on mahdollista lisätä myös eri malleja rinnakkain ja piilottaa toinen malleista kokonaan.

2.4.3 Solibri Model Viewer

Solibri Model Vieweriä käytetään IFC-tiedostojen ja SMC tiedostojen tarkastelemiseen. Ohjelman avulla voidaan tietomalli jakaa kaikkien suunnitteluosapuolten, omistajan ja tulevien käyttäjien välillä. Solibri Model Viewer tuo BIM-tiedostot kaikista IFC-yhteensopivista tiedostoista yhteen ympäristöön. (Solibri Model Viewer - Getting started.)

Ohjelma on tarkoitettu pääosin mallin tarkasteluun. Sen lisäksi sillä voidaan mitata etäisyyksiä tietomallista. Tarkastelun helpottamiseksi sillä voidaan myös piilottaa objekteja.

2.4.4 Navisworks

Navisworks-ohjelmistot sisältävät työkaluja projektien hallintaan ja koordinointiin. Ohjelmistoilla on mahdollista yhdistää tietomallit yhdeksi kokonaisuudeksi. Yhdistetyn mallin avulla koordinointi, tarkastelu ja yhteistyö tehostuvat osapuolten välillä. Navisworks Manage ja Simulate -ohjelmistoilla voidaan yhdistää eri osapuolten mallit yhdeksi malliksi. Malliin on tuotavissa tietoa useista eri ohjelmistoista 3D-tietona. Navisworks Freedom on kevyempi versio Navisworks Managesta ja se on tarkoitettu vain mallin tarkasteluun. (Navisworks ohjelmisto projektinhallintaan.)

Ohjelmiston tärkeimpiä ominaisuuksia on törmäystarkastelujen teko. Sillä tarkoitetaan työkalua, joka automaattisesti laskee törmäyksiä tietomallin rakenteiden välillä. Freedomilla voidaan etsiä objekteja erilaisella työkalulla, tarkastelun helpottamiseksi sillä voidaan piilottaa objekteja. Lisäksi objekteihin voidaan lisätä linkkejä ja kommentteja.

3 TIETOMALLIEN KÄYTTÖ RAKENTAMISESSA

Tietomallintaminen on lisääntynyt huomattavasti viime vuosina rakentamisessa ja erityisesti rakenteiden suunnittelussa. Suurimmat syyt mallintamisen käyttöönotolle ovat havainnollisuus, joka näkyy suunnitteluvirheiden havaitsemisena, käyttökelpoisemman tiedon tuottaminen tuotannon-, logistiikan- ja asennustyön suunnitteluun ja kokonaisuusien parempi yhteensovitus. Seuraavassa luvussa on kuvattu tietomallien käyttöä rakennesuunnittelussa.

3.1 Rakennesuunnittelun lähtötiedot tuotemallinnuksessa

Lähtötiedot suunnittelun pohjana ja niiden oikeellisuus on perusta koko suunnitteluketjun onnistumiselle. Lähtötietojen määrittämiseksi tulee käyttää sovittuja tiedonsiirtotapoja. (Valjus ym. 2006, 16.)

Tuotemallipohjaisessa suunnittelussa pääsuunnittelijan tulee varmistua, että eri osapuolet ovat siirtäneet tuotemallinnusohjeessa määritellyt tiedot yhteiseen malliin, tietovarastoon tai välittäneet ne jollakin muulla yhteisesti sovitulla tavalla. Lisäksi pääsuunnittelijan on valvottava, että eri osapuolien lisäämä tieto tuotemallissa ei ole ristiriitaista. (Valjus ym. 2006, 16.)

Tilaaajan toimittamat lähtötiedot

Tilaaajan on varmistettava, että hankkeeseen laaditaan tuotemalliohje projektikohtaisesti. Ohjeen laadinta tulee määritellä selvästi myös suunnittelusopimuksessa. Tilaaajan on vastattava, että eri osapuolet saavat tarvittavat lähtötiedot aikataulussa ja ohjeessa mainitussa tiedonsiirtoformaattissa. Eri suunnittelijat tarvitsevat hyvin erilaisia lähtötietoja oman suunnittelunsa pohjaksi. (Valjus ym. 2006, 17.)

Käyttäjän toimittamat lähtötiedot

Pääsuunnittelijan ja tilaaajan tulee varmistua, että käyttäjän määrittämät lähtötiedot ja mahdolliset suunnitelmanmuutokset siirtyvät suunnitteluketjussa eteenpäin. Muutoksista on ilmoitettava kaikille eri suunnitteluosapuolille ja on varmistuttava, että muutostieto huomioidaan viimeisimmissä suunnitelmissa. (Valjus ym. 2006, 17.)

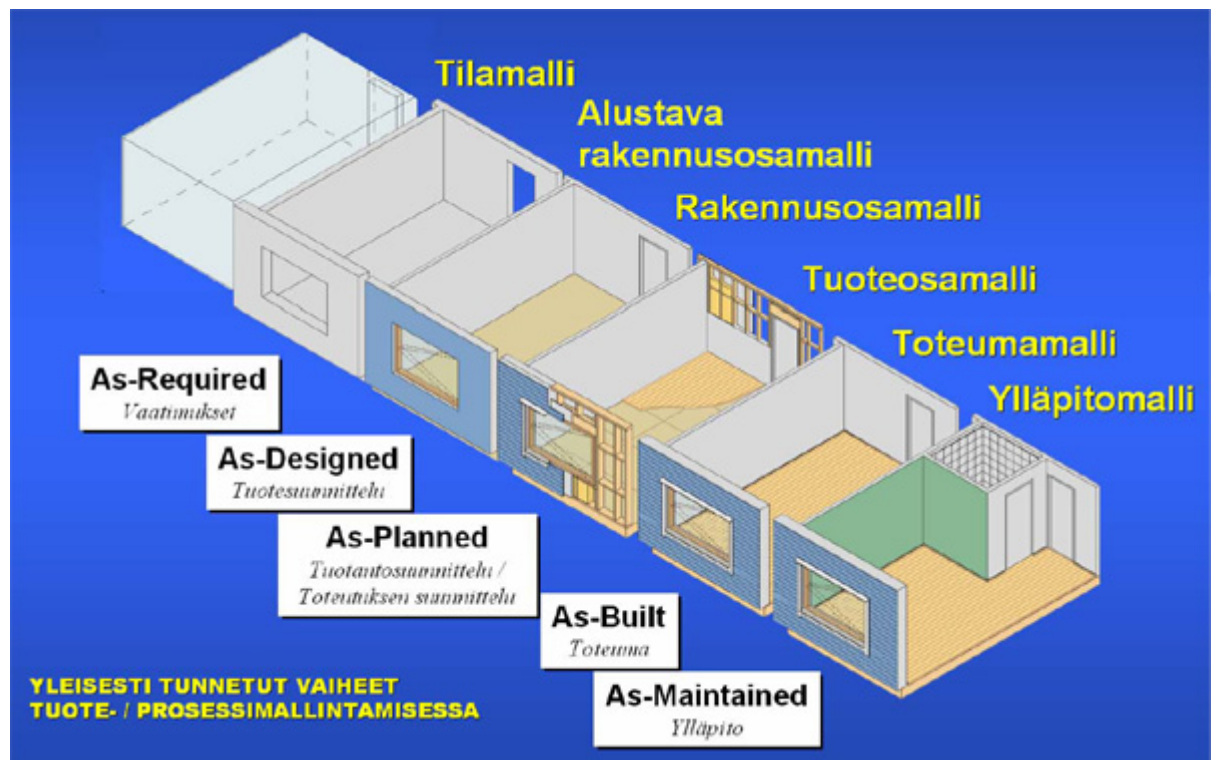
Muiden suunnittelijoiden lähtötiedot

Eri suunnittelijoiden suunnitelmat voivat olla toisten suunnittelijoiden lähtötietoja. Suunnittelijoiden tulee esittää omat suunnitelmat ohjeistettujen tuotemallimäärittelyjen mukaisella tavalla. Suunnittelijoiden tulee siirtäessään omia tietoja yhteiseen malliin varmistua siitä, että määrittelyt on tehty noudattaen suunnitteluohjetta. Pääsuunnittelijan velvollisuuksiin kuuluu varmistua suunnitelmien yhteensopivuudesta. (Valjus ym. 2006, 17.)

3.2 Eri hankevaiheiden tuotemallien tietosisällöt

Oman tuotemallinsa luomista varten suunnittelijat tarvitsevat lähtötiedoksi eri tarkkuustason tietoa. Tarkkuustasoon vaikuttaa esimerkiksi suunnitteluvaihe ja tuotemallin käyttötarkoitus. Arkkitehti ei esimerkiksi tarvitse tietoa raudoituksesta, mutta sen sijaan liitoksien muodolla voi olla vaikutusta myös arkkitehdin suunnitelmiin, joten sellaiset tiedot on kyettävä siirtämään arkkitehtimalliin. (Valjus ym. 2006, 27.)

Tuoteosamallin geometrian tarkkuuden täytyy olla alustavasta rakennusosamallista lähtien tarkka. Jokaisen suunnittelijan tuoteosamalli toimii yleensä muiden suunnittelijoiden lähtötietona, joten mahdollinen virhe voi siis kertaantua ja hankaloittaa rakentamista. Eri hankevaiheiden tuotemallien tietosisällöt on esitetty kuvassa 5 (Valjus ym. 2006, 27.)



Kuva 5. Suunnittelun eri mallintamistapavaiheet (Niemiöja, S 2005)

Rakennusosamallissa tulee olla mallinnettu todelliset sovitussvarat eli nimellismittojen käyttö ei ole siinä vaiheessa sallittua. Kaikki osat tulee olla mallinnettu todellisilla mitoilla. Tontin malli, inventointi-, alustava rakennusosa-, rakennusosa-, rakenne- ja järjestelmämallit mallinnetaan mahdollisimman tarkkoina. Näissä malleissa noudatetaan kuitenkin tarkoituksenmukaisuuden periaatetta, esimerkiksi inventointimalleissa abso-

luuttinen tarkkuus tekee malleista vaikeasti käytettäviä ja siksi rakennustöissä hyväksytyt toleranssit sallitaan mallissa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012a, 3.)

Rakennesuunnittelija mallintaa kaikki kantavat rakenteet ja ei-kantavat betonirakenteet. Lisäksi tietomalliin mallinnetaan sellaiset tilaa vievät rakennustuotteet, jotka vaikuttavat sijainnilla ja koolla muiden suunnittelijoiden suunnitelmiin. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012b, 2.)

3.3 Numerointi ja nimeäminen

Mallinnusohjelmistot numeroivat jokaisen osan yksilöllisesti, jotta ne pystytään tunnistamaan tarpeen mukaan läpi koko hankkeen valmistuksesta asennukseen asti. Tunnisteet tulee säilyttää mahdollisuuksien mukaisesti muokkaamalla jo luotuja rakennusosia niiden tuhoamisen ja uusien osien luomisen sijaan. Automaattisen numeroinnin lisäksi tulee rakenteet nimetä ja numeroida loogisesti hankkeessa yhteisesti sovitulla ja tilaajan hyväksymällä tavalla, jotta osat ovat tunnistettavissa määrälaskennassa ja logistiikassa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012b, 3.)

Nykyaikana rakennusprosesseissa toteutussuunnittelu, rakenteiden valmistus ja varsinainen rakentaminen limittyvät suhteellisen paljon ja se aiheuttaa eri osapuolille kiirettä. Elementtivalmistaja tarvitsee tietoa elementeistä suunnitellessa tuotantoa ja rakentaja suunnitellessa asennusta, elementtisuunnittelijan työn ollessa vielä kesken. Elementtien sarjatuotannossa on tärkeää, että samanlaisista elementeistä on vain yksi valmistuspiirustus mistä selviää lukumäärä. Se vähentää myös suunnittelijan työtä kun kyseisistä elementeistä piirustuksia tarvitaan vain yksi. Toteutuksen suunnittelua helpottaa kun jokaiselle elementille annetaan oma yksilöllinen tunnus. (Elementtisuunnittelu.)

3.4 Rakennesuunnittelijan mallintamistapa ja tarkkuus

Tuotemallinnusohjeessa on määriteltävä projektikohtaisesti mallinnustarkkuus ja mallien sisältö. Mallintamisessa on noudatettava yleisiä suunnitteluohjeita sovellettuna mallinnukseen. Malli tulee jakaa tarkoituksenmukaisiin osakokonaisuuksiin hankkeen mallinnustavoitteiden perusteella. Rakennesuunnittelija voi toimittaa muille suunnittelijoille esimerkiksi geometriatiedot kantavasta rungosta. (Valjus ym. 2006, 28.)

Tärkeää mallinnuksessa on, että rakenneosat mallinnetaan hankkeessa yhteisesti määritetyllä tavalla. Yleensä osat tulee mallintaa rakenneosan tekemiseen tarkoitettulla työkalulla, kuten palkki palkkityökalulla. Joitakin rakenneosia kuten perustukset voidaan mallintaa eri työkaluilla, esimerkiksi antura-, seinä- ja pilarityökaluilla. (Valjus ym. 2006, 29.)

Rakennus- ja tuoteosien geometriatiedot on mallinnettava oikein, jotta liittyvät rakenteet on mahdollista suunnitella oikein. Mallintamistavasta ja toteutuksesta päätettäessä on määritettävä myös käytettävät ohjelmistot sekä niiden keskinäinen yhteensopivuus. Myös mallista tuotettavat tulosteet voivat asettaa vaatimuksia mallintamistavalle, esimerkiksi tuoteosatunnusten lukusuunta voi olla mallintamistavasta riippuvainen. (Valjus ym. 2006, 29.)

Rakennesuunnittelijan rakennusosat usein mallinnetaan suunnitteluprosessin aikana yleensä kerroksellisina rakenteina sekä niihin liittyvinä objekteina esimerkiksi liitokset ja raudoitukset. Mallien jatkokäytön takia on tärkeää, että rakennusosia voidaan käsitellä myös todellisina kokonaisuuksina kuten kokonaisina sandwich-elementteinä. (Valjus ym. 2006, 29.)

Etu elementtirakentamisessa on, että rakenteisiin tulevat reiät voidaan jo tehdä valmiiksi elementtitehtaalla. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa reiät asettuvat paikoilleen kun runko ja talotekniset järjestelmät tarkentuvat suunnittelun edetessä. Törmäystarkastelut voidaan suunnitteluprosessin aikana tehdä visuaalisesti tarkastelemalla eri suunnittelijoiden luomia tietomalleja. Törmäystarkastelut on myös mahdollista tehdä koneellisesti käyttäen ohjelmistoja, kuten Autodesk Navisworks tai Solibri Model Checkeriä. (Elementtisuunnittelu.)

3.5 Määrälaskenta

Nimikkeistöjen käytöstä sovitaan aina projektikohtaisesti. Rakennus- ja tekniikkaosatyypit on täsmennettävä nimikkeistöä käytettäessä julkisella tyyppitunnuksella, hankekohtaisella tyyppitunnuksella tai yrityskohtaisella tyyppitunnuksella. Esimerkiksi Talo 200 hankenimikkeistössä on esitetty seuraavasti kuvassa 6. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012c, 4.)

Rakennusosa	Tyyppi	Kuvaus
1232	V5401	Teräsbetoniseinä 180 mm
1241	US 409	Betonielementtiseinä, klinkerilaattapinta 320 mm

Kuva 6. Talo 2000 -hankenimikkeistön mukainen tyyppitunnus määrittely. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012c.)

Tietomallista lasketaan määriä mallinnettujen rakennus- ja tekniikkaosien perusteella, kuten kantavien seinien ja erilaisten välipohjien määrät. Perinteinen rakennusosamääräluettelo muodostuu objektien lasketuista määristä. Määräluetteloa voidaan hyödyntää muun muassa määrä muutosten selvittämiseen, kustannusarviointiin suunnittelunohjaamiseksi sekä alustavan rakennusaikataulun ja tuotantoratkaisujen arviointiin. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012c, 5.)

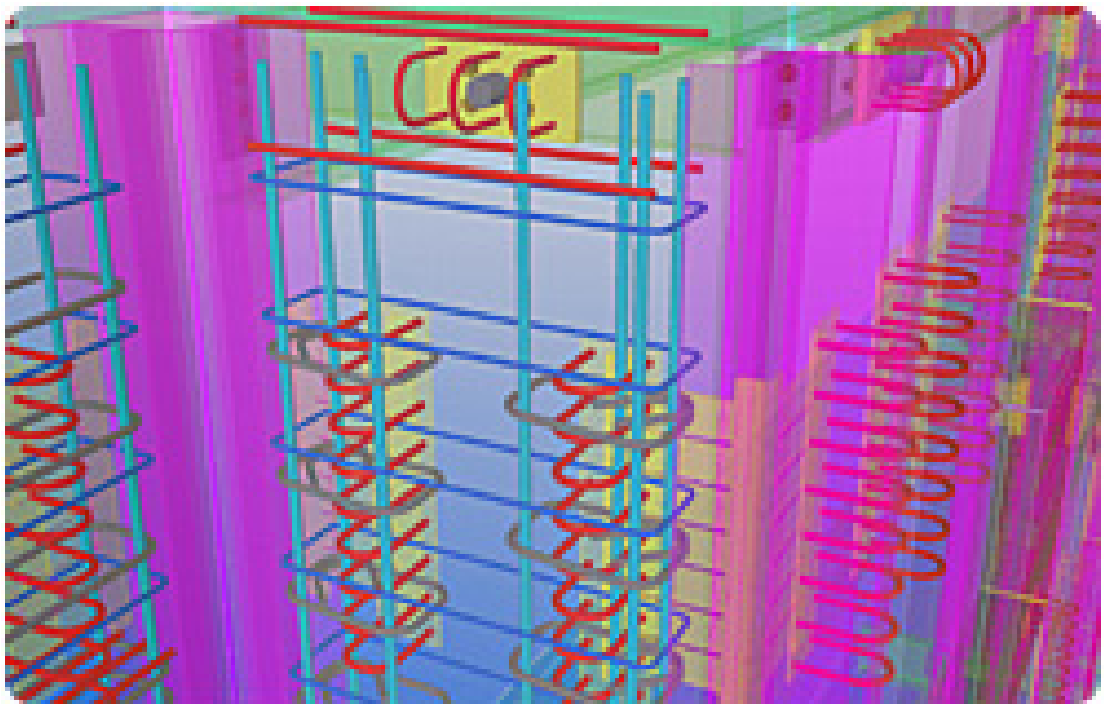
3.6 Liitosten mallintaminen

Liitosten mallintamisen perusta on, että koko liitos on mallinnettu kokonaisuena objektina eikä liitos koostu yksittäisistä osista. Näin mallista voidaan tuottaa erilaisten liitoksien määrätiedot. Liitosobjekti on mahdollista asettaa näkymään yhteisessä mallissa vain viitetietona. Liitosobjekti ei näin ollen tarpeettomasti kasvata yhteisen mallin kokoa. (Valjus ym. 2006, 32.)

Liitosten määrätiedot ovat erityisen tärkeitä teräsrakennepuolella. Samanlaisiin liitoksiin tarvittavat liitososat tilataan numeroinnin ja määrien perusteella. Määrätiedon laskenta edellyttää, että jokainen osa on täysin samanlainen. Tietomalliohjelmisto erottaa toleranssit ylittävät mittavirheet ja numeroi samankaltaiseksi tarkoitettut osat mahdollisesti eri tavalla. Käyttämällä kuitenkin vakioituja liitoskomponentteja voidaan varmistua, että jokainen liitos on samanlainen. Tietomalliohjelmitot sisältävät yleensä kirjaston, jossa on useita erilaisia liitoskomponentteja.

3.6.1 Detaljit

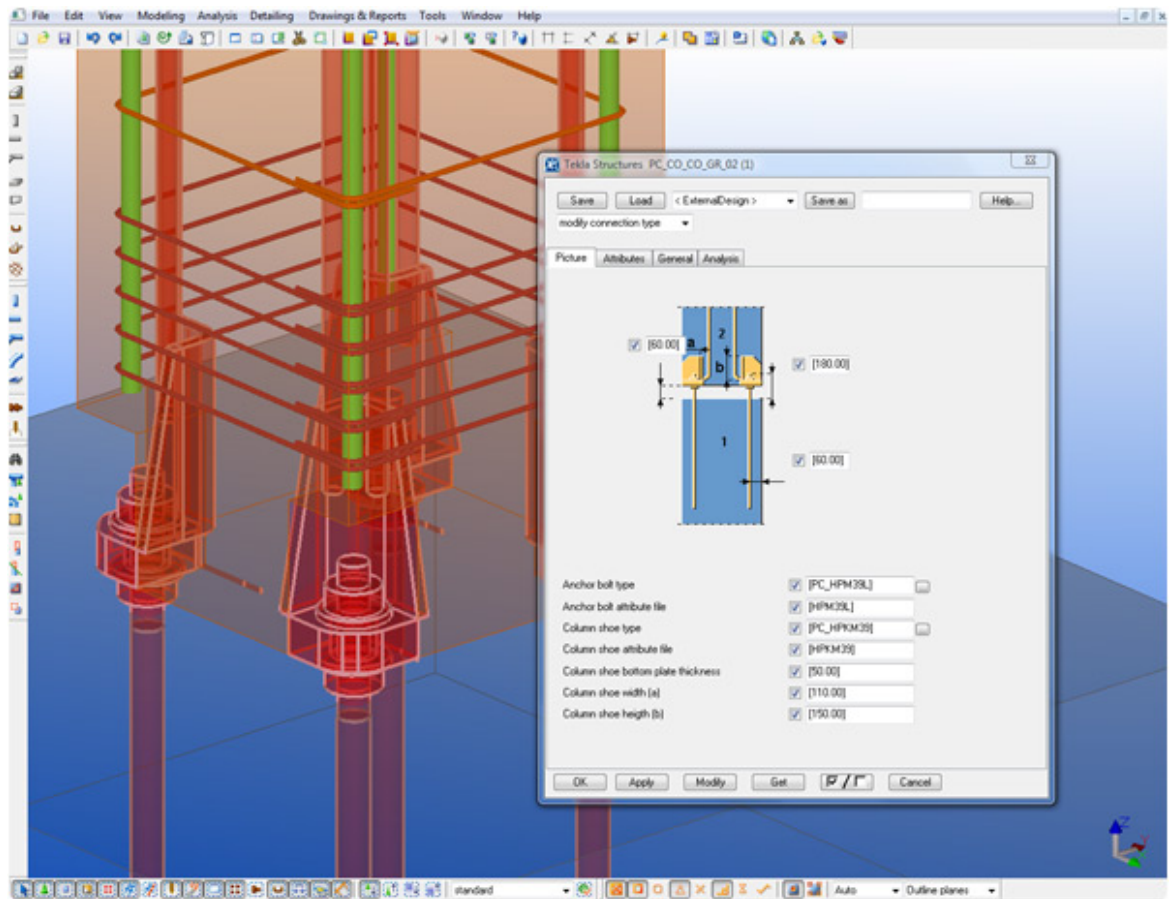
Detalji-työkaluilla voi luoda esimerkiksi mukautuvia raudoituksia, jotka liittyvät elementteihin. Mahdollisia esimerkkejä voisivat olla pilarin, palkin ja seinän pääraudoitus ja haat. Jos detaljien luomiseen tarvitaan enemmän suunnittelua, tulee niiden luomisessa käyttää ohjelmointirajapintaa. Esimerkki tällaisesta toiminnosta voisi olla nostolenkit paikalleen laskeva ja sijoittava toiminto. Kuvassa 7 on esitetty Tekla Structuresilla mallinnettu detalji raudoituksista. (Valjus ym. 2006, 33.)



Kuva 7. Tekla Structuresilla mallinnettu Detalji raudoituksista. (Luonnos- ja yleissuunnittelu.)

3.6.2 Liitokset

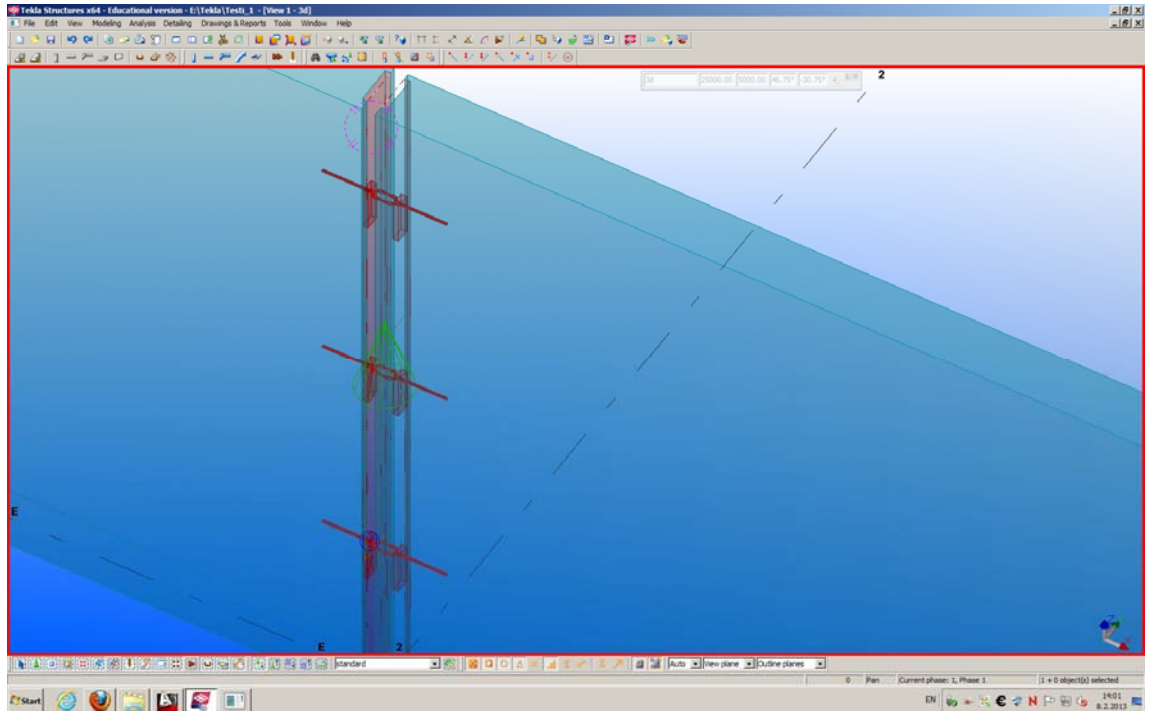
Liitoksilla voidaan luoda esimerkiksi palkin ja pilarien välinen liitos. Liitos-työkalua tulisi kehittää siten, että sillä voidaan luoda erilaisia uusia liitoksia ja tehdä muutoksia samanaikaisesti useille liitoksille. Muuttamalla liitoksen parametreja tulisi olla mahdollista muuttaa myös liittyvien objektien sekä liitoksen osien parametreja. Esimerkiksi pilarikenkien parametreja tulisi olla mahdollista muuttaa pilarin perustusliitoksen kautta. Kuvassa 8 on esitetty Tekla structuresilla mallinnettu pilarikenkä liitos. (Valjus ym 2006, 33.)



Kuva 8. Tekla structuresilla mallinnettu pilarikenkä liitos (Betonelementtien detailointi.)

3.6.3 Saumaliitokset

Saumaliitos-työkalulla pitäisi olla mahdollista tehdä esimerkiksi ontelolaattojen saumavalut ja elementtien vaakasaumat raudoituksineen. Parametristen saumaliitosten tulisi myös muuttaa liittyvien rakennusosien lisäosia tai geometriaa, esimerkiksi jo mallinnetut pieliraudoitukset muokkautuisivat elementin ulkomittojen mukaisesti. Kuvassa 9 on esitetty elementtien saumaliitos. (Valjus ym. 2006, 33.)



Kuva 9. Tekla Structuresilla mallinnettu elementtien saumaliitos

3.7 Tietomallista tuotettavat asiakirjat

Tietomallista saadaan muun muassa tuotettua riippuen rakennettavasta kohteesta erilaisia 2D-kuvia, kuten elementtien valmistuskuvia betonirakentamiseen ja vastaavasti konepajalle osa- sekä kokoonpanokuvia teräsrakenteista. Tekla Structures-ohjelmalla tuotettu elementtipiirustuksen ensimmäinen sivu on esitetty kuvassa 10, kuvasta voidaan havaita elementtiin liittyvät osat, raudoitus, paino sekä elementin tunnus. Tietomallista tuotettu 3D-havainnekuva tuo havainnollisuutta rakenteesta, mutta ei ole valmistuksen kannalta olennainen asia. Kuvassa 11 on esitetty toinen sivu elementin valmistuskuvasta, josta nähdään tarkemmin elementin valmistusmitat, raudoituksen sijainti sekä eri osien sijainti. Muita rakentamisessa tarvittavia 2D-piirustuksia ovat erilaiset elementtikaaviot, jotka helpottavat asennustöiden suunnittelua ja toteutusta.

Tietomallista voidaan myös tuottaa erilaisia luetteloja helpottamaan logistiikan ja asennustöiden suunnittelua. Esimerkkejä luetteloista ovat elementtiluettelo, mistä voidaan havaita elementtien tunnukset, paino, määrä ja mitat. Teräsrakenne kohteissa yleensä tuotetaan työmaalle vietäväksi luettelo kokoonpanoista kun taas konepajalle tuotetaan lista asennustyöhön tarvittavista ruuvien määristä, jotta ne voidaan tilata työmaalle.

4 RAKENTEIDEN SEURANTA JA KUNNOSSAPITO

Rakenteiden seuranta ja kunnossapitoa tehdään siksi, että rakenteiden kunto ja mahdolliset vauriot yms. selviäisivät. Kunnossapidon tarkoituksena on pitää rakenteet käyttökunnossa ja myös huolehtia niiden kelpoisuudesta koko käyttöiän. Rakenteiden kunto on pystyttävä pitämään riittävällä tasolla, jotta alueella työskentely ja rakenteiden käyttö olisi turvallista. Kunnossapitoa kaikki rakenteet kuuluvat ne sitten rakennuksiin tai infran rakenteisiin kuten satamiin tai siltoihin.

4.1 Kunnonhallintajärjestelmä

Kunnonhallintajärjestelmä on rakenteiden ylläpidon suunnitteluun ja seurantaan tarkoitettu väline. Sillä on mahdollista ennakoida, optimoida, suunnitella ja organisoida kaikki rakenteiden ylläpitoon liittyvät toiminnot. Kunnossapito, korjaaminen, perusparannus, purkaminen ja uusiminen ovat toimenpiteitä, joita kunnonhallintajärjestelmällä pyritään hallitsemaan. (Satamalaitureiden kunnonhallinta 2006, 105.)

Verkkotason järjestelmä

Omistajaorganisaation johdolle tarkoitettu suunnittelun ja seurannan väline, jolla voidaan tehdä koko rakennekantaa koskevia kunto- ja kustannus selvityksiä ja suunnittelua. Järjestelmän avulla on mahdollista tehdä tulevien resurssitarpeiden arviointeja ja optimointeja. (Satamalaitureiden kunnonhallinta 2006, 105.)

Rakennetason järjestelmä

Työkalu joka on suunnattu kunnossapito- ja korjaustöiden suunnittelijoille ja toteuttajille. Sillä voidaan tehdä alustavia kunnossapito- ja korjaussuunnitelmia rakenteiden

tarkastustietojen pohjalta. Siinä määritellään ja ajoitetaan rakenneosien toimenpiteet sekä annetaan perustiedot hankesuunnitelmien sekä koko laiturikantaa koskevien verkkotason pitkän aikavälin resurssisuunnitelmien ja vuosittaisten korjaus- ja kunnossapitosuunnitelmien laatimiseen. (Satamalaitureiden kunnonhallinta 2006, 105.)

Perimmäinen tavoite rakennetason järjestelmässä on luoda pohja päätöksenteolle, joka tarvitaan rakenteiden tarkastuksen ja kunnossapito- ja korjaushankkeiden välillä. Järjestelmästä selviää, mitkä rakenteet tulisi korjata, mitä menetelmiä korjauksissa tulisi käyttää ja milloin korjaukset tulisi toteuttaa. (Satamalaitureiden kunnonhallinta 2006, 106.)

4.2 Tietokanta

Kunnonhallintajärjestelmän keskustietovarastoa kutsutaan tietokannaksi. Tietoa käytetään jokaisella suunnittelun tasoilla toimenpide-, hanke ja resurssisuunnittelussa.

Mappia tai kortistoja on käytetty pienemmissä satamissa tietovarastona tietokonepohjaisen tietokannan sijaan. Tietokonepohjaisesta tietokannasta on saatavana merkittäviä hyötyjä paperijärjestelmään verrattuna. Sen kautta on mahdollista varastoida suurempiakin tietomääriä, mukaan lukien valokuvien tallennuksen. Kunnonhallintajärjestelmässä ei pyritä ainoastaan määrittämään nykykuntoa, vaan lisäksi kunnon ennustamiseen pitkällä tähtäyksellä sekä korjaus- ja kunnossapitotarpeiden ja näistä johtuvien kustannusten ennakkointiin. (Satamalaitureiden kunnonhallinta 2006, 113.)

Kunnonhallintajärjestelmän tietokannan tulee sisältää rakenteisiin liittyvinä tietoina esimerkiksi, identifiointi-, sijainti-, materiaali-, rakenteelliset tiedot sekä uudisrakentamisessa selvitettyjen tietojen lisäksi peruskorjauksessa tehdyt muutokset. (Satamalaitureiden kunnonhallinta 2006, 114.)

4.3 Tarkastuksen periaatteet ja järjestelmä

Tarkastustietoja tarvitaan kunnonhallintajärjestelmässä rakenteiden kunnon arviointiin, rakenneosakohtaisen rappeutumismopeuden arviointiin, rappeutumismallien päivittämiseen ja parantamiseen sekä rakenteen riskien arviointiin. (Satamalaitureiden kunnonhallinta 2006, 129.)

Kunnonhallintajärjestelmä perustuu pääosin yleistarkastuksiin ja erikoistarkastuksiin. Silloille ja satamarakenteille on kehitetty omia tarkastusjärjestelmiä, joissa nimikkeistö on melko samanlainen. Seuraavissa luvuissa on esitetty otteita molemmista pääperiaatteineen.

4.3.1 Yleistarkastukset

Yleistarkastuksen tarkoituksena on rakenteiden kunnon seuranta ja arviointi siten, että hallitsematon rappeutuminen vältetään oikeaan aikaan tehtävillä hoito- ja kunnostustoimenpiteillä. Yleistarkastusta tehdessä rakenteet tarkastetaan systemaattisesti ja kirjataan kunto- ja vauriotiedot. (Sillantarkastusohje 2004, 36.)

Yleistarkastuksessa kaikki rakenneosat käydään järjestelmällisesti läpi. Tarkastus on pääosin silmämääräinen, mutta sitä voidaan täydentää mittauksin sekä yksinkertaisilla kokeilla. Huomattavimmista vaurioista otetaan myös valokuvia. Vauriot luokitellaan ja kirjataan lomakkeisiin. Myös kohteen päärakenneosien kunto ja kokonaisuuden yleiskunto arvioidaan. (Sillantarkastusohje 2004, 36.)

Yleistarkastukset tehdään yleensä säännöllisesti, esimerkiksi 3-5:n vuoden välein. Yleistarkastukset perustuvat yleensä silmämääräiseen havaintoon. Silmämääräisessä tarkastuksessa havaittavissa olevaa betonin rapautumaa on esitetty kuvassa 12. (Satamalaitureiden kunnonhallinta 2006, 129.)



Kuva 12. Betonin lohkeilua, rapautumaa ja terästen korroosiota, jota ilmenee laiturin reunamuurissa.

4.3.2 Erikoistarkastukset

Erikoistarkastukset tehdään tarpeen vaatiessa. Erikoistarkastusten avulla voidaan selvittää rakenteen kunto perusteellisesti esimerkiksi edeltäen laajaa korjaustyötä. Erikoistarkastuksissa tehdään silmämääräisten havaintojen lisäksi kokeita kohteessa tai kohteesta voidaan ottaa rakenteista näytteitä laboratoriotutkimuksia varten. Tutkimuksista saatavia tietoja käytetään kunnonhallintajärjestelmän tietojen ja mallien päivittämiseen. Päivitetyt tutkimustulokset edesauttavat hankesuunnitelman laatimista. Erikoistarkastuksilla voidaan päivittää ja tarkentaa kunnonhallintajärjestelmään toimenpidemäärittelyjä ja ajoituksia, jotka normaalisti perustuvat yleistarkastuksesta saatuihin tuloksiin. (Satamalaitureiden kunnonhallinta 2006, 129.)

Erikoistarkastuksissa on tärkeää, että syy vaurion syntyyn saadaan selville. Tutkimuksissa pyritään käyttämään menetelmiä, jotka eivät vahingoita ainetta. Varsinkin beto-

nirakenteista joudutaan poramaan näytteitä, jotta sen säilyvyyteen vaikuttavista tekijöistä saadaan riittävästi käsitystä. (Sillantarkastusohje 2004, 43.)

4.3.3 Vuositarkastukset ja jatkuva tarkkailu

Tarkoituksena jatkuvassa tarkkailussa on havaita esimerkiksi liikenneturvallisuutta vaarantavia tai liikenteen sujuvuutta haittaavia tekijöitä. Vuositarkastuksissa kirjataan tarvittavat hoito- ja kunnostustoimenpiteet. Vuositarkastukset täydentävät myös yleis- tarkastuksia. (Sillantarkastusohje 2004, 35.)

4.3.4 Vauriokartoitukset

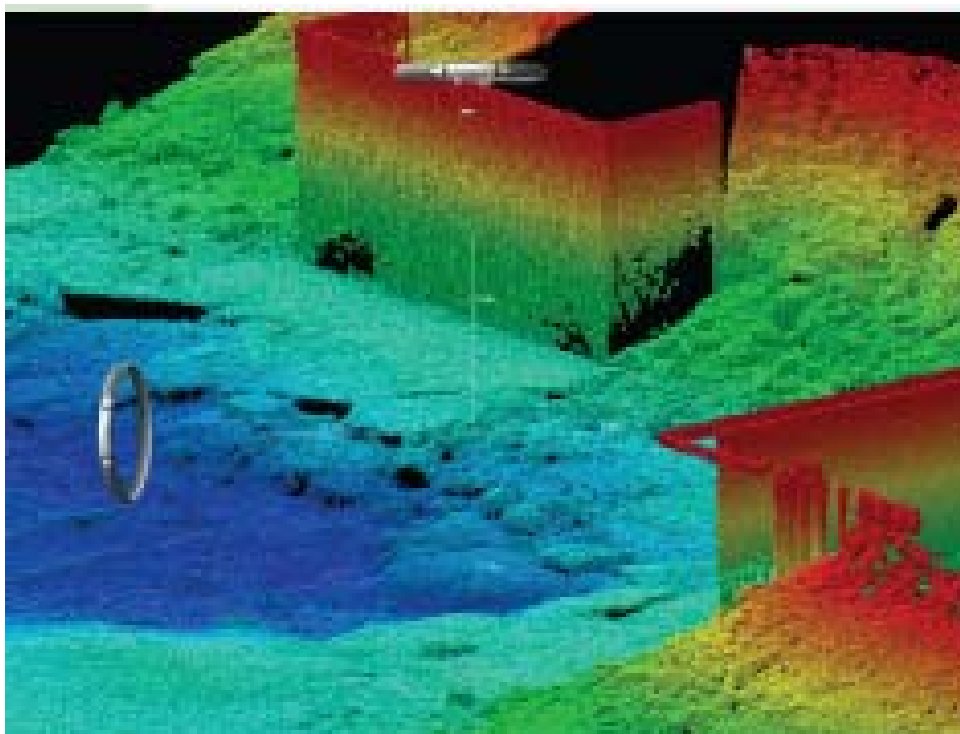
Perinteinen tarkastusmenetelmä, joka ei perustu varsinaiseen rakenteiden seurantajärjestelmään. Vauriokartoitus tehdään tilaajan toimeksiannosta, mikäli uskotaan olevan tarvetta selvittää rakenteiden nykykunto tai niissä mahdollisesti esiintyviä vakavia vaurioita. Kartoituksen laajuus määritellään asiasta sovittaessa ja se voi kattaa täydellisen kartoituksen, sisältäen muun muassa vedenalaisten rakenteiden tarkastuksen.

Kartoituksesta laaditaan tehtyjen tarkastusten jälkeen kattava raportti, mistä selviää rakenteiden lähtötiedot sekä kartoitukset vaurioista tarvittavine valokuvineen. Raportissa otetaan kantaa myös vaurioiden korjaamiseen ja kiireellisyyteen. Esimerkiksi kantavuuteen vaikuttavat vauriot tulevat tässä esille.

4.3.5 Vedenalaiset tarkastukset

Vedenalaiset tarkastukset ovat suuri haaste rakenteiden seurannassa. Yleensä liikenne sekä vuodenaajat hankaloittavat tarkastusten ajankohdan määrittämisessä sekä tarkastusten toteutuksesta aiheutuu lisäkustannuksia. Virtaavassa vedessä sukeltajien käyttö voi olla jossain kohteissa mahdotonta.

Monikeilaamalla voidaan tutkia vedenalaisia rakenteita. Mittausdatasta suoritetaan 3D-pistepilvi, joka muodostaa kuvan mistä voidaan tarkasti nähdä rakenteet, eroosio, vauriot sekä siirtymät ja painumat. Mittausdata (x,y,z) on mahdollista siirtää suunnitteluohjelmiin ja siitä on tuotettavissa tutkitun rakenteen pintamalli korjaustöiden suunnittelua varten. Kuvassa 13 on esitetty monikeilaamalla tuotettu pistepilvi mistä voidaan havaita eroosiota laiturin edustalta. (Meritaito.)



Kuva 13. Monikeilaamalla tuotettu pistepilvi kotkan satamasta (Meritaito.)

Betonirakenteista näytteet otetaan käyttämällä lieriöporaa (timanttipora). Näytteen halkaisijan tulee olla noin 100 mm. Poranäytteistä tutkitaan usein puristuslujuus, betonin mikrorakennetutkimus sekä mahdollisesti niistä tutkitaan myös kloridipitoisuus. (Siltojen sukellustarkastusohje 2009, 18.)

Kimmo- ja värähtelymittausten laajuus on määritelty tutkittavien rakenneseosien ja testauskohtien lukumääränä. Yhdellä testauskohdalla tarkoitetaan halkaisijaltaan noin 300-500mm:n aluetta, josta määritetään vähintään 10 yksittäistä arvoa. Testausulos määritetään laskemalla keskiarvo. Veden alla toimiva kimmo- ja värähtelymittaustila on kehitteillä (Siltojen sukellustarkastusohje 2009, 18.)

Vedenpinnan alapuolella tehtävillä mittauksilla määritetään vaurioiden sijainti ja laajuus sekä tarvittaessa voidaan tarkistaa rakenteiden mittoja. Mittatanko ja teleskoopipimmit ovat yleisimmät käsimittauslaitteet, joita käytetään vedenpinnan alapuolella. (Siltojen sukellustarkastusohje 2009, 15.)

Vesirajassa sijaitsevat suojaamattomat teräsrakenteet altistuvat korroosiolle minkä vuoksi niiden ainevahvuus heikkenee ajan saatossa. Tämän takia on teräsrakenteiden ainevahvuus mitattava, jotta pystytään toteamaan rakenne kestävänsä sille tarkoitettujen rasitukset. Ultraäänellä toimivilla ainevahvuusmittareilla pystytään rakenteen olemas-

sa oleva paksuus mittamaan ja vertaamalla sitä alkuperäiseen vahvuuteen, voidaan siitä määrittää korroosion vaikutus. Kuvassa 14 on esitetty teräksisiä paaluja, joista voidaan havaita korroosiota vesirajassa.



Kuva 14. Teräspaalujen korroosiota vesirajassa (Karvonen 2013)

4.4 Kuntotarkastuksen toteutus

4.4.1 Tarkastuksen ajankohdan määrittäminen

Rakenteiden kuntotarkastuksen ajankohta määräytyy kunnonhallintajärjestelmän mukaan useimmiten määrävuositarkastuksena. Kunnonhallintajärjestelmän rakennekoh- taiseen tietokantaan lisätään tiedot aikaisemmista kuntotarkastuksista sekä aiempien tarkastusten perusteella määritetään seuraavan tarkastuksen aika ja tapa. Äkillisissä vauriotapauksissa tarkastus suoritetaan tapauskohtainen vauriokartoitus tai analyysi välittömästi vaurion huomaamisen jälkeen tai muuten sopivana ajankohtana. Tarkas- tuksesta saatujen tietojen perusteella tehdään päätös tarvitaanko erikoistarkastusta. (Satamalaitureiden kunnonhallinta 2006, 133.)

Jatkuva tehostettu tarkkailu aloitetaan, jos kuntotarkastuksissa havaitaan rakenteen tai rakenneosan kantavuuden merkittävää heikentymistä joko vaurioitumisen tai rappeu- tumisen seurauksena. Jatkuvalla tarkkailulla pyritään varmistamaan, että rakenteen kantavuus on riittävä eikä rakenteiden vaurioitumis- tai rappeutumisprosessi johda äkilliseen kantavuuden menettämiseen. Tarvittaessa on käynnistettävä rakenteiden

korjaustyö tai kuormituksia on rajoitettava. (Satamalaitureiden kunnonhallinta 2006, 133.)

Yleistarkastus tehdään keskimääräisesti viiden vuoden välein. Tarkastuksen suorittaja määrittää seuraavan tarkastuksen ajankohdan rakenteen iän ja kunnon perusteella. Erikoistarkastuksia tehdään myös päätöksenteon helpottamiseksi tai ennen korjaussuunnitelmien laatimista. (Sillantarkastusohje 2004, 42.)

4.4.2 Tarkastusmenetelmän valinta

Kuntotarkastuksessa käytettävä menetelmä tulee valita kulloisenkin tarkastustyyppin vaatimusten mukaisesti. Silmämääräinen tarkastus tehdään yleensä laiturirakenteen kannelta tai maan pinnalta, kansirakenteiden ala- ja etupuolelta voidaan tarkastaa veneestä tai sukeltajan avulla voidaan tarkastaa vedenpinnan alapuolelta tai vesirajasta. (Satamalaitureiden kunnonhallinta 2006, 134.)

Erikoistarkastus tulee valita silloin, kun rakenteen kunto halutaan selvittää perusteellisesti. Erikoistarkastukset soveltuvat sekä vedenpinnan ylä- että alapuolisiin rakenteisiin. Erikoistarkastukseen kuuluvat tarvittavat kohteessa tehtävät mittaukset ja kokeet. Erikoistarkastukseen kuuluvat myös laboratoriossa näytteistä tehtävät määritykset, jotka valitaan sen mukaan mitä tietoja kohteesta halutaan. Tyypillisiä erikoistarkastuksessa tehtäviä tutkimuksia ovat, teräsrakenteiden ainepaksuusmittaukset, puurakenteiden lahovaurioiden selvittäminen, betonirakenteiden karbonatisoituminen, kloridipitoisuuden mittaaminen, pakkasrapautuminen ja lujuuden määritykset, peitepaksuusmittaukset, halkeamien mittaukset ja rakenteiden syöpymis- ja kulumismittaukset. (Satamalaitureiden kunnonhallinta 2006, 134.)

5 TIETOMALLIEN KÄYTTÖ KUNNOSSAPIDOSSA

Kun tietomalli on vaadittu sen suunnitteluvaiheessa tai myöhemmin tehty, voidaan sitä hyödyntää sekä rakentamisen aikana että myöhemmin rakenteen koko elinkaaren aikana. Tietomallin pohjalle voidaan myös tulevaisuudessa perustaa rakenteiden seuranta ja kunnossapito.

Tavoite on että kertaalleen suunniteltu tai mallinnettu tieto siirtyy hankkeen koko elinkaaren aikana suunnitteluvaiheesta kunnossapitovaiheeseen ilman, että mallista katoaa tietoa tai sitä on muokattava järjestelmään sopivaan formaattiin. Lisäksi tulevaisuudessa on tärkeää pystyä lisäämään ja arkistomaan uutta informaatiota tietomalliin. Kuvassa 15 on esitetty, kuinka tietomäärä kasvaa kunnossapitovaiheeseen siirtyessä.



Kuva 15. Kaavio tietomallinnuksen tulevaisuuden tavoitteista. (Liikennevirasto 2013.)

5.1 Tietomallin muodostaminen

Esisuunnittelu

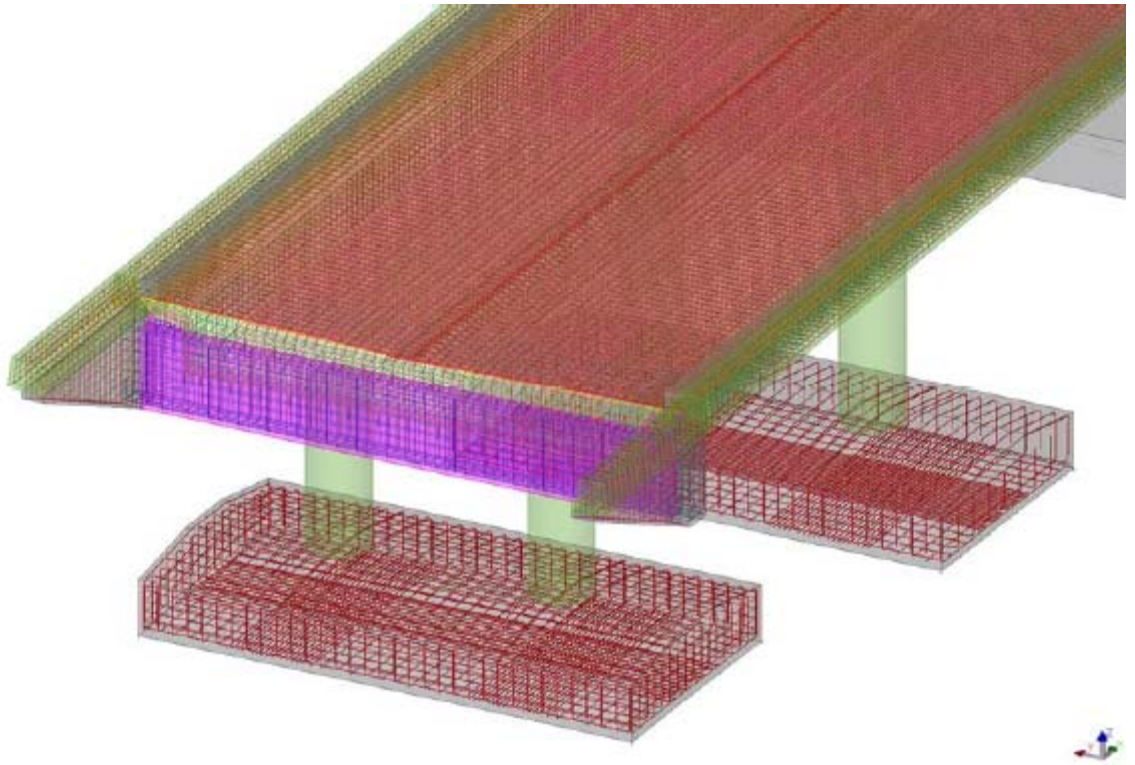
Esisuunnittelu on tarveselvitykseen liittyvä suunnitteluvaihe. Esisuunnitteluvaiheen tarkoitus on selvittää eri periaateratkaisujen ja vaihtoehtoihin kuuluvien rakenteiden rakentamista ja niiden ympäristövaikutuksia. Esisuunnitteluvaiheessa tuotettu aineisto vaihtelee tapauskohtaisesti tarpeiden mukaisesti. 3D-mallintamista ja havainnekuvia tehdään yleensä vain merkittävässä kohteissa esisuunnitteluvaiheessa. Esisuunnitteluvaiheessa tehtyjen mallien avulla voidaan vaihtoehtoisia ratkaisua vertailla havainnollisesti. (Siltojen tietomalliohje 2011, 9.)

Yleissuunnittelu

Yleissuunnittelussa tutkitaan lähtötietojen pohjalta paikalle sopivia vaihtoehtoja ja laaditaan vaihtoehtoisia luonnoksia esittelyä varten. Rakenteen 3D-mallista saadaan tuotettua muun muassa perspektiivitulosteita ja havainnekuvia liittymisestä ympäristöön. Yleissuunnitteluvaiheessa yleensä mallinnetaan vähintään näkyvissä olevat pinnat, kuten varusteet ja kaiteet. Raudoituksia tai muita piiloon jääviä rakenneosia ei pääsääntöisesti mallinneta. Alusrakenteet ja päätyrakenteet yleensä mallinnetaan jopa piiloon jääviltä osiltaan, mallin havainnollisuuden säilymiseksi. (Siltojen tietomalliohje 2011, 9.)

Rakennussuunnitelma

Yleissuunnitelman pohjalta voidaan laatia rakennussuunnitelma, jonka mukaan rakennustyöt ovat toteutettavissa. Siinä on otettu huomioon yleissuunnitelmassa olevat ratkaisut ja hyväksytyt liikennetekniset mitat. Rakennussuunnitelmassa esitetään rakenteet siten, kuin ne on tarkoitus toteuttaa. Rakennussuunnitteluvaiheessa kohteesta tehdään tuotemalli sekä malliselostus hankekohtaisesti. Rakenteen tietomallin tulee sisältää varusteet, laitteet, raudoitukset, maaperätiedot ja detaljit. Kuvassa 16 on esitetty rakennussuunnitelmavaiheen tietomallin sisältö. (Siltojen tietomalliohje 2011, 10.)



Kuva 16. Ratasillan tietomalli, johon on suodatettu raudoitukset näkyviin (Siltojen tietomalliohje, 2011.)

Korjaussuunnitelma

Korjaushankkeissa rakenteiden ja myös ympäröivän maaston laserkeilaus helpottaa lähtötietojen kartoittamisessa, mikäli lähtötiedot ovat puutteelliset. Luotaaminen on myös mahdollista vedenalaisissa rakenteissa. Esimerkiksi kannen vahvistaminen tai leventäminen ovat esimerkkejä korjaushankkeista joissa laserkeilauksella tuotetut lähtötiedot olemassa olevista rakenteista helpottaa korjaustöiden suunnittelua sekä toteutussuunnittelua. Korjaushankkeiden mallintamisesta on sovittava hankekohtaisesti huomioiden korjauksen tyyppi ja saatavilla olevat lähtötiedot. (Siltojen tietomalliohje 2011, 11.)

5.2 Olemassa olevat rakenteet

Tietomallin luominen vanhojen 2D-piirrosten pohjalta on työlästä ja kallista. Mallinnusta nopeuttaa huomattavasti jos piirroksista on saatavilla sähköiset piirrokset, jotka voidaan lisätä tietomalliin referensseinä mallinnuksen helpottamiseksi. Jos vanhoja piirroksia ei ole sähköisesti saatavilla, on dimensiot mitattava piirroksista, jolloin virheiden mahdollisuus kasvaa. Epäselvissä kohdissa on mahdollista suorittaa tarkemmit-

taus, millä saadaan rakenteen todelliset mitat tarkasti mallintamisen tueksi. Tarkemmitaus on esimerkiksi rakenteiden korkeusaseman kartoituksessa hyödyllinen menetelmä.

Lähtötiedot tietomallin luomiseksi vedenalaisista rakenteista voidaan tuottaa käyttämällä monikeilainta tai kuvaavaa kaikuluotainta profilointipäällä. Molemmat menetelmistä tuottavat käyttökelpoisen pistepilven, mistä jatkojalostamalla saadaan maastomalli tai muuta tietoa yhdistämällä karkea tuotemalli vedenpinnan alapuolelta. (Kjellman 2012, 53.)

5.3 Mallintamistarkkuus ja tietomallin sisältö

Mallinnuksessa tulee käyttää ohjelmistokohtaisia objekteja siten, että jokaisesta mallinnetuista rakennusosista ja järjestelmistä on tunnistettavissa niiden merkitys ja tyyppi. Seinä, laatta, palkki ja pilari ovat käytettäviä rakennusosia. Rakennusosat on mallinnettava siten, että siirrettäessä tietoa sijainti, tyyppi, nimi ja geometria siirtyvät rakennusosan mukana. Rakennussuunnitteluvaiheessa tietomallin täytyy olla mittatarkka, tästä poikkeamat on ilmoitettava malliselosteessa. Yleisesti rakenteen tietomalli sisältää puu-, betoni- ja teräsrakenteet. (Siltojen tietomalliohje 2011, 14)

Tuotemallin tulee sijaita hankkeen virallisessa koordinaatti- ja korkeusjärjestelmässä sekä käytettävä mittayksikkö on metri. Mikäli se ei ole mahdollista käytettävässä ohjelmistossa, on hankkeen koordinaatistoon siirtymiseen tarvittava koordinaatisto- ja yksikkömuunnos ilmoittaa. Käytettävä koordinaatisto ja tarvittavat koordinaatistomuunnokset tulee ilmoittaa lähtötietona hankekohtaisesti. (Siltojen tietomalliohje 2011, 15)

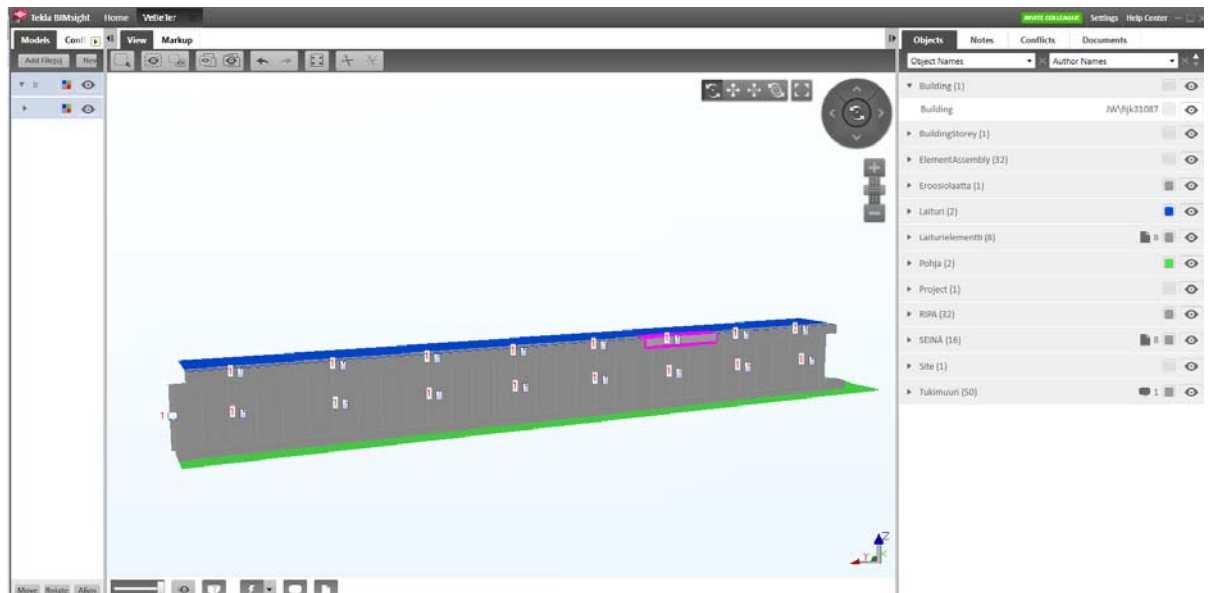
Tuotemallintamisohjelmistot toimivat yleensä origokeskeisesti ja käyttävät millimetriä mallintamisen mittayksikkönä. Väyläsuunnitteluohjelmistot sekä työmaiden mittamaailmat sekä yleisesti käytössä olevat geometriset mittaustekniikat toimivat kuitenkin geodeettisissa taso- ja korkeuskoordinaatistoissa käyttäen metriä mittayksikkönä. (Siltojen tietomalliohje 2011, 15)

5.4 Paikkatieto ja tietosisältö

Tietomalliin lisättäviin dokumentteihin tulee pystyä lisäämään paikkatieto (x,y,z – koordinaatit). Paikkatiedon tulee perustua alueella käytössä olevaan koordinaattijärjestelmään. Edellytys paikkatiedon toimivuudelle on, että tietomallin sijainti perustuu rakenteen realistiseen sijaintiin koordinaattijärjestelmässä.

Kuntotutkijat voivat tehdä määrätyt tarkastukset ja tallentaa tarkka paikkatieto käyttäen esimerkiksi GPS:stä saatua koordinaattia. Tehdyt tutkimustulokset voidaan paikantaa tietomalliin GPS–koordinaatin pohjalta, mikäli tietomallin ja GPS-laitteen koordinaattijärjestelmä on sama.

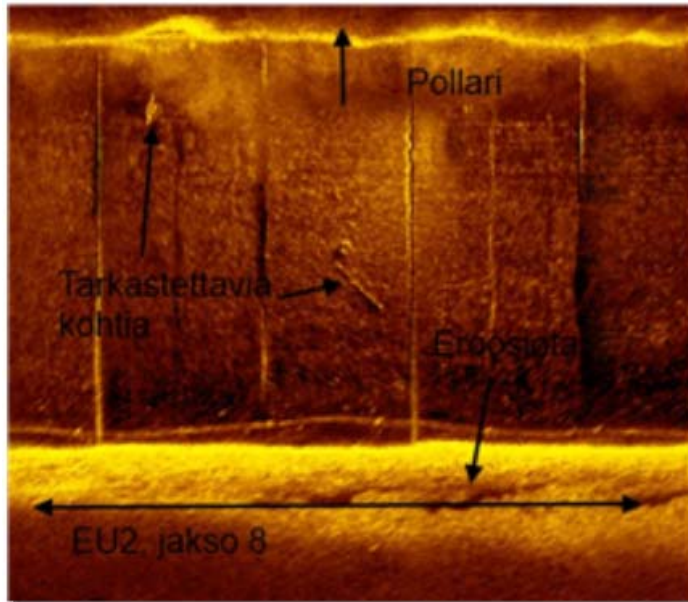
Vedenalaisissa rakenteissa on paljon erilaisia vaurioita, ja siksi niistä otetaan tarkastuksen yhteydessä näytteitä, valokuvia ja videoita. Vaurioista laadittuihin raportteihin ja valokuviiin tulee olla mahdollista lisätä paikkatieto, jotta ne voidaan jatkossa paikantaa luotettavasti. Lisätty informaatio helpottaa korjaustoimenpiteisiin liittyvässä päätöksenteossa. Kuvassa 17 on esitetty satamalaiturin tietomalli Tekla BIMsightissa, johon on lisätty paikkatietoihin kuvia. Kuvassa 18 on esitetty valokuva vedenalaisista rakenteista, jotka on liitetty tietomalliin.



Kuva 17. Satamalaiturin tietomalli Tekla BIMsight:ssa. (WSP 2013)

Tällä hetkellä Tekla BIMsightissa pystyttiin liittämään dokumentteja suoraan objekteihin. Tarkempaa dokumenttien liittämistä varten on tietomalliin lisättävä Tekla Structures -ohjelmalla uusia objekteja haluttuihin paikkoihin, jotta paikkatieto saatiin

kohdistettua tarkasti. Tietomalliin on mahdollista lisätä mallin tueksi myös 2D-kuvia, kuten asemapiirroksia tai leikkauskuvia. 2D-kuvia ei kuitenkaan saatu näkymään yhdessä tietomallin kanssa.



Kuva 18. Tekla BIMsightiin lisätty kuva vedenalaisista rakenteista. (WSP 2013)

5.5 Haasteet

Keskeisiä haasteita tietomallien käytölle vesirakenteiden kunnossapidon tarkoituksissa ovat:

- nimikkeistö
- tarkastus- ja seurantaohjelmistot
- mallinnusosaaminen
- tulevaisuuden arkistointi, rinnalle tarvitaan vielä 2D-kuvia
- koko elinkaaren hallinta tietomallipohjaisesti
- paikkatieto
- koordinaattijärjestelmät, usein maalla ja vesialueella on käytössä eri koordinaattijärjestelmät
- Vedenalaisten rakenteiden tarkemittaukset
- Kustannukset.

6 KYSELYTUTKIMUS

6.1 Tiedonhaku

Opinnäytetyön tiedonhaku suoritettiin lähettämällä kyselylomake saatekirjeen kanssa kuuden eri sataman kunnossapitopäällikölle tai vastaavalle päättäjälle. Lisäksi kyselylomake on lähetettiin myös kahdelletoista muulle rakennusalan asiantuntijalle koostuen kunnossapito urakoitsijoista, suunnittelijoista ja erikoisasiantuntijoista. Kyselyyn vastasi satamayhtiöistä 3 henkilöä ja muista osapuolista yhteensä 6 henkilöä. Kyselylomake on esitetty opinnäytetyön liitteenä n:o 2 ja sen saatekirje liitteenä n:o 1.

Opinnäytetyössä haastateltiin useita eri asiantuntijoita, jotta saataisiin paljon erilaisia ajatuksia tietomallien kehitystarpeista sekä odotuksia tietomallin käytöstä kunnossapidon tarkoituksissa. Kyselytutkimuksessa pyrittiin myös selvittämään vastaajien aiempia kokemuksia tietomalleihin ja asenteisiin liittyen.

6.2 Tulokset

Tietomallien tuntemus

Kyselytutkimuksessa pyrittiin aluksi selvittämään vastaajien aiempaa kokemusta tietomalleista. Tulokset vaihtelivat erittäin paljon vähäisen tuntemuksen ja laajan tuntemuksen välillä.

Tietomallipohjaiselta kunnonhallinnalta odotetut hyödyt

Tietomallipohjaiselta kunnonhallinnalta odotetut hyödyt vaihtelivat melko paljon riippuen vastaajan toimenkuvasta. Rakenteiden kunnosta vastaavien vastaajien keskeisimmät odotukset liittyivät pääosin tutkimusten ja tulosten tarkempaan kohdistamiseen, reaaliaikaisen tiedon päivytyksen tietomalliin ja kustannustehokkuuteen. Lisäksi odotettiin, että jo olemassa oleva informaatio tämänhetkisestä järjestelmästä olisi mahdollista siirtää tietomallipohjaiseen järjestelmään ilman suurempia ongelmia. Tietomallipohjainen kunnossapitojärjestelmä toimisi yhtenä ohjelmistokokonaisuutena, eikä rinnalle tarvittaisi erillistä ohjelmaa arkistointia varten.

Kuntotutkijat, suunnittelijat ja muut osapuolet odottivat pääosin helpotusta korjaustöiden suunnitteluun sekä lähtötietojen saamiseen. Moni vastaajista piti tietomallin tuomaa selkeyttä ja havainnollisuutta rakenteesta tärkeänä asiana.

Paikkatiedon tarkkuus

Paikkatiedon merkitys tietomallien käyttöönotossa kunnonhallinnan tarkoituksissa on ensiarvoisen tärkeää. Paikkatieto tulee olla mahdollista lisätä tietomalliin kyllin tarkasti, jotta sama sijainti pystytään paikantamaan luotettavasti myöhemmin. Paikkatietoa voi lisätä kohteesta esimerkiksi GPS-koordinaattien perusteella. Mikäli tietomalli on luotu hyvin ja sisältää helposti tunnistettavia pisteitä kuten esimerkiksi laiturissa pollarit, voidaan sijainti paikantaa pelkästään mallia katsomalla.

Paikkatiedon sisältö ja liittäminen

Dokumentteihin kuten, kuvat, videot, tutkimustulokset ja muut asiakirjat tulee niihin olla mahdollista lisätä tieto sijainnista, jotta ne pystytään tulevaisuudessa paikantamaan tulevien jatkotoimenpiteiden takia. Dokumenttien sisällöstä ilmenee vaurioiden laajuus, sijainti ja tyyppi. Dokumentit mihin on lisätty paikkatieto auttavat päättäjiä korjaustarpeen päätöksenteossa sekä helpottavat määrittämään tulevien tarkastusten ja korjaustoimenpiteiden sijainti.

Tietomallin sisältö eri ajankohdilta

Samaan tietomalliin, ylläpitomalliin tulee pystyä sisällyttämään rakenteen koko kunnonapitohistoria. Siitä tulee olla helposti selvitettävissä tehdyt tarkastukset sekä niiden paikat. Myös tulevien korjaustoimenpiteiden paikat ja ajankohdat tulee olla lisätävissä tietomalliin. Tietomalliin tehdyt lisäykset kuten korjaustyöt tulee olla asetettuina eri tasoille, mikä helpottaa mallin käyttöä ja lisää havainnollisuutta.

Tietomallipohjaiseen kunnonhallintaan panostus

Suurien kohteiden kohdalla katsottiin, että tietomallipohjaiseen kunnonhallintaan panostaminen on järkevää. Mallin tuottaminen pintapuolisesti on nykyisillä menetelmillä nopeaa ja eikä aiheuta suurta vaivaa. Pienemmissä kohteissa koettiin panostaminen

järkeväksi, mikäli kohteen korjaussuunnittelun takia tietomallin luominen oli tarpeellista.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

On hyvä, että tietomallien käyttö vesirakenteiden suunnittelussa on yleistymässä ja näin ollen monista uudisrakenteista malli tuotetaan jo suunnittelun yhteydessä. Sen sijaan useimmista vanhoista rakenteista tietomallin luominen vaatii panostamista ja lähtötietojen selvitystä. Pienemmissä kohteissa tietomallin tuottaminen pelkän kunnossapidon tarkoituksiin ei ole todennäköisesti kannattavaa. Vesirakenteiden mallintamisesta on laadittu jo teoksia kuten esimerkiksi siltojen tietomalliohje, jonka mukaan rakenteet voidaan mallintaa.

Vedenalaisista rakenteista tarketietojen hankkiminen on aina ollut hankalaa. Laittevalmistajat ovat kehittäneet kuitenkin jo kustannustehokkaampia menetelmiä rakenteiden kartoitukseen, eikä 3D-tietomallin luominen ole enää mahdotonta. Tietomallipohjainen kunnonhallinta vaativat organisaatiolta halua ja resursseja panostaa siihen. Tarvittaessa työntekijöille tulee hankkia lisäkoulutusta ohjelmistojen käytössä.

Nykyiset tietomalliohjelmistot ovat pääsääntöisesti suunnattu suunnittelun ja projektinhallinnan tarkoituksiin. Ohjelmistoja ei ole tarkoitettu rakenteiden kunnossapitoon. Rakenteiden kunnosta vastaavilla osapuolilla on halua ja mielenkiintoa tietomallien tuomista mahdollisuuksista kunnossapidossa. Miksi ei siis jo tuotettua mallia voisi hyödyntää kunnossapidossa?

Tietomallien kehitystarpeita

Vesirakenteissa on rakenteesta riippuen paljon erilaisia vaurioita. Rakenteiden kunnon selvittämiseksi niihin tehdään paljon erilaisia tarkastuksia. Tutkimustuloksiin on luonnollisesti liitettävä tarkka paikkatieto x,y,z-koordinaatti.

Pitkällä aikavälillä tietoa kerääntyy arkistoon erittäin paljon. Tästä syystä ohjelmistosta tulisi pystyä hakemaan tietoa eri tavoin esimerkiksi ajankohdan tai tarkastuspaikan perusteella.

Yhteiset ohjeet tietomallien tuottamiseen infrarakenteista on hyvä pohja, minkä mukaan tietomalli tulee mallintaa. Sen mukaan mallista saadaan havainnollistava kokonaisuus kohteesta ja siihen liittyvistä osista. Tulevaisuudessa kattavasta tietomallista saadaan muun muassa lähtötiedot korjaussuunnittelua varten sekä arkistoinnin kehitystä helpottavat tutkimustulosten paikannukset seuraavien kuntotutkimusten ajankohdan ja tutkimuspaikan määrittämisessä. Mikäli kohde on mallinnettu tarkasti ja se sisältää detaljitietoa, ei sellaista tietoa välttämättä tarvitse erikseen etsiä 2D-piirustuksista. Kuitenkin kohteesta riippuen tulisi olla mahdollista lisätä ns. referenssi-kuva malliin, mikäli kuva helpottaa mallin tulkitsemista.

Ohjelmistojen kehittyessä tietomallipohjainen kunnossapito tulee yleistymään myös vesirakenteisiin liittyen. Jatkossa tietomallintaminen ja mallin käyttö rakentamisen eri vaiheissa suunnittelusta ylläpitoon tulee olemaan itsestään selvää. On syytä korostaa, että tämä vaatii meiltä kaikilta perehtymistä tietomalleihin ja kouluttautumista sekä positiivista asennetta.

LÄHTEET

Betonielementtien detaljointi. Tekla. Saatavissa:

<http://www.tekla.com/fi/solutions/building-construction/precast-fabricators-detailers/detailing/Pages/Default.aspx> [Viitattu 25.3.2013]

Karstila, K. 2004. Rakennusten tuotemallintamisen sanasto. Saatavissa:

http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_sanasto_v10.pdf [Viitattu 25.3.2013].

Karvonen, J & Laakso, S. 2012. Vedenalaisten betonirakenteiden kunnan seuranta ja käyttöään pidentäminen eli VEBETER. Teoksessa: Sidos 2012. Saatavissa:

http://www.kyamk.fi/KyAMK/Kirjasto-%20ja%20oppimisteknologiapalvelut/Julkaisutoiminta/Julkaisusarjat/B-sarja/Sidos%202012_esittely/ [Viitattu 12.4.2013].

Kjellman, J. 2012. Vedenalaisten rakenteiden tutkimusmenetelmät ja niiden käyttö suunnittelun lähtötietojen tuottamisessa. Diplomityö. Oulun yliopiston konetekniikan osasto.

Luonnos- ja yleissuunnittelu. Tekla. Saatavissa:

<http://www.tekla.com/fi/solutions/building-construction/structural-engineers/conceptual-general-design/Pages/Default.aspx> [Viitattu 25.3.2013]

Mallintava suunnittelu. Elementtisuunnittelu. Saatavissa:

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/mallintava-suunnittelu> [Viitattu 9.4.2013].

Mallipiirustukset. Elementtisuunnittelu. Saatavissa:

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23887/V-1.pdf> [Viitattu 25.3.2013]

Navisworks Ohjelmisto projektienhallintaan. Autodesk. Saatavissa:

http://www.profox.com/pdf/nwebsite_rakennus.pdf#!navisworks/cqsy [Viitattu 26.3.2013].

Niemioja, S. 2005. Arkkitehdin tuotemallisuunnittelu. Saatavissa:

http://arkit.tkk.fi/kurssit/A91181/tuotemallintamisen_periaatteet.htm [Viitattu 25.3.2013].

Penttilä, H. Nissinen, S. & Niemioja, S. 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa - yleiset periaatteet. Tampere: Tammer-Paino Oy

Satamalaitureiden kunnonhallinta. 2006. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry. RIL 236-2006.

Savisalo, A. Tietomallinnus. Saatavissa:

http://www.kuntamarkkinat.fi/portals/2/Savisalo%20Anssi_Tietomallinnus_kuma_1309.pdf [Viitattu 24.4.2013].

Siltojen tarkastusohje. 2004. Liikennevirasto. Saatavissa:

alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/sillantarkastusohje2004.pdf [Viitattu 12.4.2013].

Siltojen sukellustarkastusohje. 2009. Liikennevirasto. Saatavissa

http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/sukellustarkastusohje_2009.pdf [Viitattu 16.4.2013].

Siltojen tietomalliohje. 2012. Liikennevirasto. Saatavissa:

http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2011-08_siltojen_tietomalliohje_web.pdf [Viitattu 12.3.2013].

Solibri Model Viewer – Getting Started. Solibri. Saatavissa:

<http://www.solibri.com/home/solibri-model-viewer/solibri-model-viewer-getting-started/download.html> [Viitattu 25.3.2013]

Tekla. 2013. Derby Business Park, Suomi. Saatavissa:

<http://www.tekla.com/fi/solutions/references/Pages/Derby-Business-Park.aspx> [Viitattu 25.3.2013].

Tekla BIM. Tekla. Saatavissa: <http://www.tekla.com/FI/PRODUCTS/TEKLA-STRUCTURES/Pages/Default.aspx> [Viitattu 8.3.2013]

Valjus, J. Varis, M. Penttilä, H. & Nissinen, S. 2007. Tuotemallintaminen rakennesuunnittelussa Tampere: Tammer-Paino Oy

Vebeter-hankkeeseen tuotettu tietomalli. 2012. WSP Finland.

Vedenalaisten kohteiden tutkimukset. Meritaito. Saatavissa:
<http://www.meritaito.fi/www/fi/index.php> [Viitattu 12.4.2013].

Yleiset tietomallivaatimukset. 2012a. Osa 1. RT 10-11066 Yleinen osuus. Rakennustieto. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/108093.html.stx> [Viitattu 8.4.2013].

Yleiset tietomallivaatimukset. 2012b. Osa 5. RT 10-11070 Rakennesuunnittelu. Rakennustieto. Saatavilla: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/108097.html.stx> [Viitattu 8.4.2013]

Yleiset tietomallivaatimukset. 2012c. Osa 7. RT 10-11072. Määrälaskenta. Rakennustieto. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/108099.html.stx> [Viitattu 9.4.2013].

Hei!

Olen neljännen vuosikurssin rakennusinsinööriopiskelija Kotkasta. Teen opinnäytetyötä Kymenlaakson ammattikorkeakoulun VEBETER-hankkeeseen aiheena, Tietomallin käyttö vesirakenteiden kunnossapidossa. Opinnäytetyöni tarkoituksena on perehtyä miten tietomalleja käytetään tällä hetkellä ja voitaisiin tulevaisuudessa käyttää hyödyksi satama- tai siltarakenteiden kunnossapidossa.

Tämän vuoksi lähestyn Teitä ja laitan tämän sähköpostin liitteeksi kyselylomakkeen, jonka täyttämiseen menee noin 10 minuuttia. Lomakkeessa on kysymyksistä liittyen tietomallien kehitystarpeisiin sekä mielipidepohjaisia kysymyksiä koskien tietomallien tuomaa käyttöänoton edellyttämää panostusta ja niiden tuomia mahdollisuuksia.

Saatus tietoa ja mielipiteitä on tarkoitus käsitellä opinnäytetyössä vain anonymisti. Toivon ,että vastaatte kyselyyn 22.3.2013 mennessä

Ystävällisin terveisin

Simo Vainio
Simo.vainio@student.kyamk.fi
Kymenlaakson ammattikorkeakoulu

Vastaajan nimi	
Vastaajan työn kuvaus: 1. Kiinteistön/Rakenteen kunnossapidosta vastaava 2. Suunnittelija/Toteuttaja 3. Kuntotutkija/Tutkimuslaitos 4. Muu, Mikä?	
Organisaatio	
Tehtävä organisaatiossa	
Paikka	
Aika	

1. Onko tietomallit teille entuudestaan tuttuja? Asteikolla 1-5 (1 Ei juurikaan tuttuja) (5 Todella tuttuja)

2. Hyödynnättekö tällä hetkellä tietomalleja rakenteiden kunnossapidossa tai muissa tarkoituksissa?

3. Lähtökohtaisesti tietomallit tulevat laaja-alaisesti käyttöön uudisrakentamisessa ja jatkossa myös rakenteiden kunnossapidossa.
Mitä hyötyjä odotatte tietomallipohjaiselta kunnonhallinnalta?

4. Tietomalleja voidaan hyödyntää myös olemassa olevien rakenteiden kunnossapidossa, tällöin tietomalli on tuotettava erikseen ja se vaatii resursseja. (Kustannukset, työ)
Onko teidän mielestänne tietomallipohjaiseen kunnonhallintaan panostaminen järkevää?

5. Miten paljon panostetaan ja kannattaisi panostaa vedenalaisten rakenteiden kuntotarkastuksiin?

6. Mikä on tavanomainen vedenalaisten rakenteiden tarkastusväli?

7. Minkälaisia tutkimusmenetelmiä käytätte/ kannattaisi käyttää vedenalaisten rakenteiden tutkimukseen?

8. Mikä on teidän näkemyksenne nykyaikaisten tietomallien ja ohjelmistojen soveltuvuudesta kiinteistön/ rakenteiden kunnossapidon hallintaan?

9. Kuinka tärkeänä pidätte ominaisuutta lisätä tietoa (kuvia, videoita, tutkimustuloksia) tietomalliin?

10. Kuinka tarkasti teidän mielestä olisi tarpeellista saada paikannettua tutkimustulokset tietomalliin?

11. Onko mielestänne tarpeellista sisällyttää samaan tietomalliin eri vuosina kerättyä tietoa?

12. Onko teille tai organisaatiossa valmiuksia hankkia lisäkoulutusta liittyen tietomallien käyttöön?

13. Vapaa sana, Muille kommenteille ja ideoille aiheeseen liittyen