

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TIETOMALLIPOHJAISEN TAITORAKENTEEN RAKENTAMISSUUNNITELMAN TARKASTAMINEN

TEKIJÄ: Oskari Vuokila

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Oskari Vuokila			
Työn nimi Tietomallipohjaisen taitorakenteen rakentamissuunnitelman tarkastaminen			
Päiväys	2.3.2023	Sivumäärä/Liitteet	45/22
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Sitowise Oy, Väylävirasto, Helsingin kaupunki, Espoon kaupunki, Vantaan kaupunki			
Tiivistelmä Tietomallipohjaisen suunnittelun lisääntyessä kasvaa tietomallipohjaisten suunnitelmien laadunvarmistus tärkeämmäksi. Erityisesti tietomallipohjaisten suunnitelmien siirtyessä hankkeiden määrääviksi suunnitelmiksi, tulee tietomallit ja niiden sisältö tarkastaa yhtä kattavasti kuin perinteiset dokumenttipohjaiset suunnitelmat. Tietomallipohjaisten suunnitelmien tarkastamiseen ei ole vielä olemassa selkeitä ja kattavia ohjeita. Opinnäytetyössä oli tarkoitus tutkia, miten siltojen rakentamissuunnitelmat voidaan tarkastaa ja hyväksyä tietomallipohjaisena. Opinnäytetyö toteutettiin projektityyppisenä kehittämishankkeena. Tietomallipohjaisen rakentamissuunnitelman hyväksymis- ja tarkastusprosessin suunnittelua varten perustettiin ohjausryhmä, joka koostui Väyläviraston, Helsingin kaupungin, Espoon kaupungin, Vantaan kaupungin ja Sitowisen taitorakenteiden tarkastus- ja hyväksymisprosessissa toimineista silta-asiantuntijoista ja muista siltainsinööreistä. Tarkastusprosessin läpiviennissä käytettiin Trimble Connect -ohjelmaa, jonka avulla suunnitelmat tarkastettiin. Opinnäytetyössä muodostettiin prosessikuvaus tarkastus- ja hyväksymisprosessin läpiviennistä taitorakenteen tietomallipohjaisille rakentamissuunnitelmille. Prosessikuvaus antaa tilaajaorganisaatioille kuvauksen siitä, miten tarkastus- ja hyväksymisprosessi voidaan viedä läpi tietomallipohjaisilla suunnitelmilla. Prosessikuvaus palvelee tarkastamisen toteutuksessa sekä konsulttitoimiston omaa että ulkoista tarkastamista. Lisäksi opinnäytetyö antaa ideoita tarkastusprosessin ja siinä käytettävien ohjelmien kehittämiseen. Tietomallipohjaisten suunnitelmien tarkastamista voidaan tulevaisuudessa tehostaa hyödyntämällä automaattisia tarkastusohjelmia sekä rikastamalla tarkastamiseen käytettäviä IFC-malleja. Jatkotutkimusta tehtäessä olisi hyvä tarkastella muiden ohjelmien käyttöä ja kehitystä tarkastus- ja hyväksymisprosessin läpiviemiseksi. Lisäksi nykyisen tarkastuslistan tarkempi rajaaminen ja kehittäminen tällä hetkellä käytettävien tietomallien tietosisällön mukaan olisi tarpeen.			
Avainsanat silta, siltasuunnittelu, taitorakenne, Taitorakennerekisteri, rakentamissuunnitelma, rakentamissuunnitelman tarkastus, tietomallipohjainen rakentamissuunnitelma, tietomalli, inframalli, Trimble Connect			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author Oskari Vuokila	
Title of Thesis Checking the Construction Plan for an Information Model-Based Bridge Structure	
Date 2 March 2023	Pages/Appendices 45/22
Client Organisation /Partners Sitowise Ltd, Finnish Transport Infrastructure Agency, City of Helsinki, City of Espoo, City of Vantaa	
Abstract As the use of information modeling in design increases, ensuring the quality of information model-based designs becomes more important. Especially as information model-based designs become the dominant plans for projects, the models and their content should be reviewed as comprehensively as traditional document-based plans. There are currently no clear and comprehensive guidelines for reviewing information model-based designs. The aim of this thesis was to investigate how bridge construction plans can be reviewed and approved in an information model-based manner. The thesis was carried out as a project-type development project. For the planning of the approval and review process of the information model-based construction plan, a steering group was established, consisting of bridge experts and other bridge engineers who have worked in the approval and review process for Sitowise's structural designs, as well as representatives from the Finnish Transport Infrastructure Agency, the City of Helsinki, the City of Espoo, and the City of Vantaa. The review process was carried out using the Trimble Connect program, which was used to review the plans. The thesis produced a process description of the approval and review process for information model-based construction plans for structural designs. The process description provides client organizations with a description of how the approval and review process can be carried out with information model-based designs. The process description serves the implementation of the review process as well as the internal and external review of the consultant. In addition, the thesis provides ideas for the development of the review process and the programs used in it. In the future, the review of information model-based designs can be improved by utilizing automatic review programs and enriching the IFC models used for review. Further research should examine the use and development of other programs to carry out the approval and review process. Additionally, it would be necessary to further refine and develop the current review checklist based on the content of the currently used information models.	
Keywords bridge, bridge design, truss structure, Truss Structure Registry, construction plan, construction plan review, information model-based construction plan, information model, infrastructure model, Trimble Connect	

ESIPUHE

Opinnäytetyöni on toteutettu yhteistyössä Väyläviraston, Helsingin kaupungin, Espoon kaupungin, Vantaan kaupungin ja työnantajani Sitowise Oy:n kanssa. Työn alkuvaiheessa en osannut aavistaa, kuinka haastavaksi opinnäytetyöni aihe osoittautuu, erityisesti kun tietomallipohjaisen suunnittelun rooli ja merkitys on kasvamassa jatkuvasti suuremmaksi. Opinnäytetyön puolivälissä julkaistu uusi siltojen inframalliohje vaikutti työni suuntaan merkittävästi ja konkretisoi opinnäytetyöni ajankohtaisuuden. Opinnäytetyöskentelyn aikana olen päässyt haastattelemaan useita rautaisia ammattilaisia ja saanut heiltä ideoita tietomallipohjaisten suunnitelmien tarkastamiseen. Ohjausryhmässä minua ovat tukeneet kokeneet silta-asiantuntijat ja siltainsinöörit.

Haluankin kiittää kaikkia, jotka ovat tukeneet ja ohjanneet työskentelyäni. Erityisesti haluan kiittää ohjausryhmääni, johon kuuluivat Väyläviraston Heikki Lilja, Simo Nykänen, Timo Tirkkonen, Jari Niki, Mikko Peltomaa ja Tuomas Kaira sekä Helsingin kaupungin Olli-Pekka Aaltoa ja Ville Alajokea, Espoon kaupungin Tomi Sundgrenia ja Vesa Röntyä, Vantaan kaupungin Ville Mikanderia sekä erityisesti Sitowisen ohjaajaani Jani Valokoskea. Lisäksi haluan antaa kiitokset Sitowisen Jukka Karenniemelle sekä Destian Kimmo Kuuselalle avusta ja tuesta. Kiitän myös ohjaavaa lehtoria Jussi Hämäläistä tuesta ja hyvästä ohjaamisesta opinnäytetyön aikana. Kiitos teille kaikille arvokkaasta ja ammattitaitoisesta ohjauksestanne ja avustanne.

Kiitokseni kuuluvat myös ystäville, läheisille sekä työ- ja koulukavereille tuesta opinnäytetyön ja opintojen aikana. Isoimman kiitoksen haluan osoittaa vaimolleni Mikaelalle tuesta ja kärsivällisyydestä. Tästä on hyvä jatkaa tulevien haasteiden pariin.

Kuopiossa 2.3.2023

Oskari Vuokila

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	SILLAN RAKENTAMISSUUNNITTELU.....	7
2.1	Sillan rakentamissuunnitelma.....	9
2.2	Sillan rakentamissuunnitelman tarkastaminen	10
2.3	Sillan rakentamissuunnitelman tarkastus ja hyväksyntä	13
3	SILLAN TIETOMALLI ELI INFRAMALLI	15
3.1	Inframallinnuksen toimintalinja	17
3.2	Inframalliohjeet	18
3.3	Inframallivaatimukset.....	19
3.4	Inframallin elinkaari Väyläviraston inframallintamisessa	20
3.5	Inframallit eri suunnitteluvaiheissa	22
3.6	Sillan rakentamissuunnitelma tietomallipohjaisena	22
3.7	Inframallien tarkkuustaso	24
3.8	Trimble Connect	25
4	TAITORAKENNEREKISTERI	28
5	TIETOMALLIPOHJAISEN RAKENTAMISSUUNNITELMAN TARKASTAMINEN	29
5.1	Tarkastusprosessi yleisesti.....	30
5.2	Tarkastustapojen muutokset.....	31
5.3	Nykyiset ohjeet tietomallipohjaisesta tarkastuksesta.....	32
5.4	Tarkastusprosessi Trimble Connectin avulla	34
5.5	Tarkastuslista tarkastuksen tukena.....	35
5.6	Suunnitelmien tarkastuskokous	36
5.7	Suunnitelmien vienti Taitorakennerekisteriin	36
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	39
7	POHDINTA.....	42
	LÄHTEET	44
	LIITE 1: INFRAMALLIN TARKASTUSLOMAKE.....	46
	LIITE 2: CASE-TARKASTUS TRIMBLE CONNECTILLA.....	56

1 JOHDANTO

Tietomalli on edistysellinen tapa esittää suunnitelmia ja tietoa, ja sitä otetaan koko ajan laajemmin käyttöön infra-alalla Suomessa. Rakentamissuunnitelmat voidaan toteuttaa tietomallipohjaisina, mutta niiden edistysellinen käyttäminen rakentamisessa ja sen jälkeisessä ylläpidossa on vielä kehitysvaiheessa, eikä tietomallipohjaisille rakentamissuunnitelmille ole olemassa tarkastusohjeita. Suomessa taitorakenteita tilaavat lähinnä Väylävirasto, ELY-keskukset ja isot kaupungit, jotka usein velvoittavat tietomallien tekemistä dokumenttipohjaisten piirustusten lisäksi. Tietomallia on vähitellen alettu hyödyntää myös työmailla toteutusvaiheessa, ja sillä pyritään tulevaisuudessa korvaamaan perinteisiä dokumenttipohjaisia suunnitelmia.

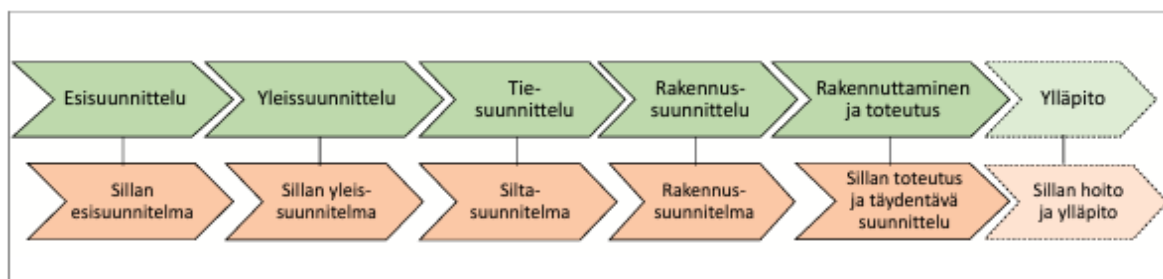
Tietomallin käytön on todettu tuovan selkeitä etuja suunnittelussa ja toteutuksessa, kuten ST-urakoissa se on lyhentänyt huomattavasti suunnittelu-aikaa, säästänyt kustannuksia ja tuottanut yleisesti laadukkaampia suunnitelmia. Yksi suurin Suomessa tietomallipohjaisesti toteutettu infra-alan ST-urakka on Nelostien uudistaminen Jyväskylän Kirristä Tikkakoskelle. Urakka sisälsi 29 uutta rakennettavaa siltaa ja yhden korjattavan sillan sekä 16 kilometriä moottoritietä. Tietomallintamisen avulla projektissa säästettiin suunnittelu-aikaa kuusi kuukautta ja 11 prosenttia betonimassojen käytössä. (Sweco julkaisuaika tuntematon.) Suurin silta, joka on toteutettu ilman perinteisiä piirustuksia, on Norjassa sijaitseva Randselvan silta. Se on 634 metriä pitkä ja sen tietomalli sisälsi yli 200 000 raudoitetta ja 250 jälkijännityskiristyskaapelia. Tietomallin käyttö säästi aikaa ja kustannuksia sekä paransi projektin hallintaa. (Tekla julkaisuaika tuntematon.) Yleisesti ottaen laadukas tietomallipohjainen suunnittelu vie enemmän aikaa, mutta parantaa suunnittelun laatua ja siten myös tuotettuja suunnitelmia ja rakentamista.

Opinnäytetyössä tutkitaan, miten siltojen tietomallipohjaiset rakentamissuunnitelmat voidaan tarkastaa ja hyväksyä. Opinnäytetyössä tarkastellaan tarkastus- ja hyväksymisprosessin läpiviientä ja siihen liittyviä haasteita. Prosessin läpiviennin apuna käytetään Trimble Connectia, jossa tietomallipohjaiset rakentamissuunnitelmat jaetaan suunnittelijan ja tilaajan käyttöön tarkastusta varten.

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa suuntaa antava kuvaus tarkastus- ja hyväksymisprosessin läpiviemisestä sekä antaa ehdotuksia prosessin kehittämisestä. Lisäksi tavoitteena on tuoda esiin tietomallin etuja ja haittoja siirryttäessä kohti laajempaa tietomallipohjaista suunnittelua ja rakentamista. Tietomallin on tarkoitus tulevaisuudessa toimia hankkeiden määräävänä suunnitelmana, ja se lisää tietomallin laadunvarmistuksen roolia. Tietomalli määräävänä suunnitelmana lisää työtä suunnitteluvaiheessa, mutta mahdollistaa paremman laadun koko hankkeen aikana. Opinnäytetyön teoriasältö pohjautuu Väyläviraston ja Helsingin kaupungin tietomallinnus- ja suunnitteluohjeisiin, yleisiin tietomallinnusvaatimuksiin, yleisiin inframallivaatimuksiin sekä aiheesta tehtyihin opinnäytetöihin ja väitöskirjaan. Opinnäytetyön tilaajina toimivat Väylävirasto, Helsingin kaupunki, Espoon kaupunki, Vantaan kaupunki sekä Sitowise Oy.

2 SILLAN RAKENTAMISSUUNNITTELU

Sillan suunnittelu lähtee liikkeelle esisuunnittelusta ja etenee rakentamissuunnitteluvaiheeseen, jossa sillasta ja taitorakenteista laaditaan yksityiskohtaiset rakentamissuunnitelmat (RIL 179-2018. Sillat 2018, 67–71; kuva 1). Rakentamissuunnittelu alkaa edellisten suunnitteluvaiheiden pohjalta, ja lähtötietoina toimivat edellisen suunnitteluvaiheen suunnitelmat. Rakentamissuunnittelussa tarvitaan muun muassa väylän geometria siltapaikan osalta, sillan liikennetekniset mitat, pohjaolosuhteet sekä kuormitukset, jotta suunnittelu voidaan toteuttaa. (Taitorakenteiden suunnitteluohje 2021, 33.) Noeskosken (2021, 97) mukaan rakentamissuunnitteluprosessi voidaan jakaa viiteen vaiheeseen: lähtötietojen hallinta, geometrian suunnittelu, rakenteiden mitoitus, eri suunnitelmien yhdistäminen ja toteutussuunnitelman muodostaminen.



KUVA 1. Rakentamissuunnittelu osana tie- ja siltahankkeen toteuttamista. (RIL 179-2018. Sillat 2018, 67)

Suomessa taitorakenteiden rakentamissuunnittelua kantavien rakenteiden osalta ovat ohjanneet vuodesta 2010 alkaen eurokoodit, joista pääasiassa käytetään standardeja SFS-EN 1990...1999. Muita suunnittelua ohjaavia vaatimuksia ovat liikenteen turvallisuusviraston määräykset, lait ja asetukset (YTE), hanke- ja projektikohtaiset suunnitteluperusteet, Väyläviraston ja kaupunkien ohjeet tai muiden viiteryhmiä ohjeet, kuten RIL:n eurokoodi ohjeet. (RIL 179-2018. Sillat 2018, 133.)

Eurokoodin osa EN 1990 käsittelee suunnitteluperusteita ja kuormitusyhdistelmiä. Osa EN 1991 käsittelee puolestaan kuormia. Osat EN 1992-5 käsittelevät materiaaliikohtaisia ohjeita, joihin kuuluu betoni-, teräs-, liitto- ja puurakenteet. Osa EN 1997 käsittää geotekniikan suunnittelua. Eurokoodien käyttöä on Suomessa helpottamassa Väyläviraston laatima Eurokoodien soveltamisohje NCCI-sarja. Sen tarkoitus on selventää eurokoodien käyttöä siltasuunnittelussa niin pienemmissä kuin suuremmissa silloissa. Eurokoodin soveltamisohjeet kokoavat myös riippumattomat ja hyväksi havaitut suunnitteluperusteet sekä rakenteelliset vaatimukset yhteen. (RIL 179-2018. Sillat 2018, 131–133.) Suomessa taitorakenteiden suunnitteluun erilliset ohjeet ovat laatineet Väylävirasto ja Helsingin kaupunki. Molemmat ovat ohjeissaan määrittäneet suunnittelua ohjaavien määräysten ja ohjeiden pätemisjärjestykset.

Väyläviraston taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohjeen mukaan suunnittelua ohjaavien määräysten ja ohjeiden pätemisjärjestys on seuraava:

1. Liikenne- ja viestintäviraston (Traficom) määräykset
2. Väyläviraston antamat hankekohtaiset suunnitteluperusteet
3. Eurokoodit ja niiden kansalliset liitteet (LVM)
4. Väyläviraston eurokoodien soveltamisohjeet (NCCI-sarja)
5. Väyläviraston siltojen suunnitelmien sisältöä ja laajuutta käsittelevät ohjeet
 - a. Siltojen suunnitelmat
 - b. Siltojen tietomalliohje
 - c. Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohje
6. Väyläviraston muut ohjeet (esim. Siltojen geotekninen suunnittelu, Betonisiltojen korjaussuunnitteluohje, SILKO-ohjeet, RATO 8 Sillat, tyyppipiirustukset). (Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohje 2014, 10.)

Helsingin kaupungin taitorakenteiden suunnitteluohjeen mukaan suunnittelua ohjaavien määräysten ja ohjeiden pätemisjärjestys on seuraava:

1. Liikenne- ja viestintäviraston (Traficom) määräykset
2. Helsingin kaupungin antamat hankekohtaiset suunnitteluperusteet
3. Eurokoodit ja niiden kansalliset liitteet (LVM)
4. Helsingin kaupungin rakenteiden suunnitteluohjeet
 - a. Taitorakenteiden suunnitteluohje
 - b. Taitorakenteiden tietomallinnusohje, suunnitteluohje
 - c. Sillan erikoistarkastus ja korjaussuunnittelu, suunnitteluohje (korjauskohteet)
5. Väyläviraston eurokoodien soveltamisohjeet (NCCI-sarja)
6. Muut ohjeet (Väylävirasto, RIL, Helsingin kaupunki, jne). (Taitorakenteiden suunnitteluohje 2021, 7.)

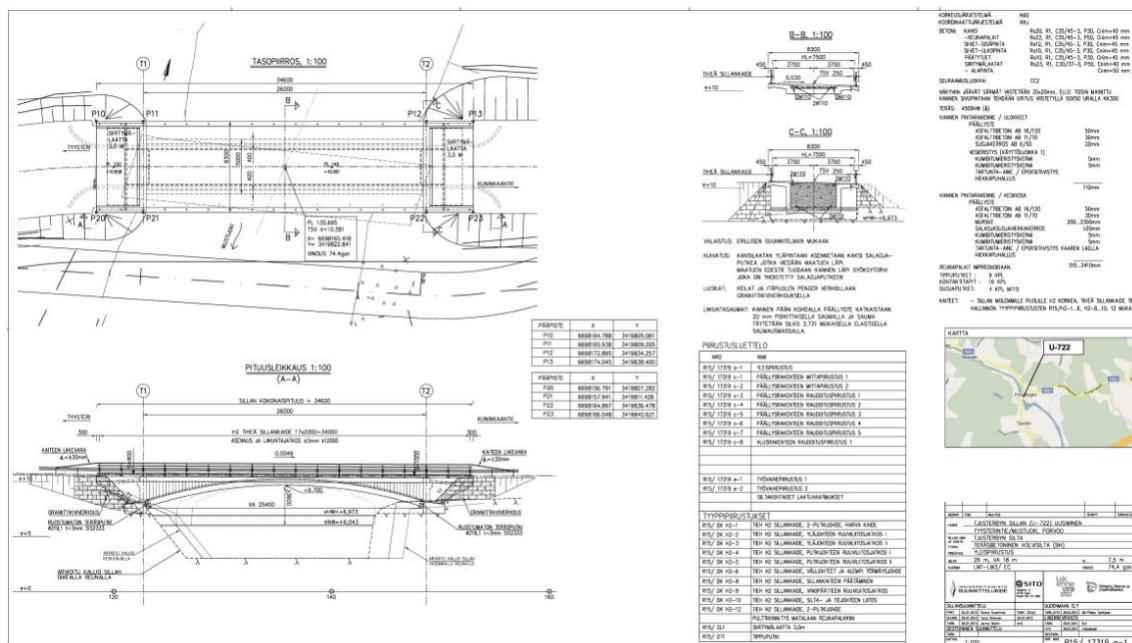
Myös rakenteiden suunnittelijoille on omat vaatimuksensa, jotka määrittää maankäyttö- ja rakennuslaki (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 120 §). Ympäristöministeriön laatima ohje rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta määrittää tarkemmat kriteerit rakenteiden suunnittelijoiden kelpoisuusvaatimuksista. Kelpoisuusvaatimukset jakautuvat vähäisen, tavanomaisen, vaativan ja poikkeuksellisen vaativan suunnittelutehtävän mukaan. Kantavien rakenteiden suunnittelussa vaikuttaa, ovatko suunniteltavat rakenteet betoni-, teräs-, alumiini-, puu-, muurattuja vai liittorakenteita. (Ympäristöministeriön ohje rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta 2015, 3–6.) Suunnittelijoiden kelpoisuuspätevyiksiä myöntää maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti Fise Oy, joka on lakiin, täydentäviin asetuksiin sekä ohjeisiin perustuva henkilöpätevyyspalvelu. Yleisesti ottaen silta- ja infrarakennushankkeissa ei sovelleta maankäyttö- ja rakennuslakia. Fise Oy:n määrittämiä pätevyiksiä, kuten betonirakenteiden-, teräsrakenteiden- ja puurakenteiden suunnittelijan pätevyiksiä voidaan kuitenkin hyödyntää silta- ja infrarakentamisessa. Fise Oy jakaa pätevyysluokat tavanomaiseen, vaativaan (V ja V+) ja poikkeuksellisen vaativaan luokkaan. Lisäksi pätevyyteen vaikuttaa, onko hanke uudisrakentamista (U) vai korjaus- ja muutostyötä (K). (Fise julkaisuaika tuntematon.)

2.1 Sillan rakentamissuunnitelma

Sillan rakentamissuunnitelma on yksityiskohtainen asiakirja, jonka mukaan tie ja silta voidaan toteuttaa. Käytännössä se sisältää kaikki rakennustyön sisältöä, laatua ja toteutusta koskevat asiakirjat. Rakentamissuunnitelman tarkoitus on palvella niin rakennuttajaa kuin urakoitsijaa. (RIL 179-2018. Sillat 2018, 71.) Rakentamissuunnitelma laaditaan hyväksytyn siltasuunnitelman tai yleissuunnitelman pohjalta. Rakentamissuunnitelmaa laadittaessa on tärkeää noudattaa voimassa olevia suunnitteluperusteita, joita ovat Eurokoodit ja niistä tehdyt NCCI-sarjan soveltamisohjeet.

Rakentamissuunnitelma rakentuu alustavasta rakentamissuunnitelmasta, joka sisältää rakenneratkaisut, ainemenekit ja toteutustavan. Alustavaa rakentamissuunnitelmaa käytetään usein isojen siltojen urakkatarjousvaiheen pohjana. Lopullisissa rakentamissuunnitelmissa kaikki rakenteet tulee esittää niin kuin ne tullaan toteuttamaan. (Tiehallinto 2000, 13.) Rakentamissuunnitelmat laaditaan noudattamalla InfraRYL:n infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset -ohjeistoa, -nimikkeistöä tai muuta tilaajaorganisaation määrittämää ohjeistusta. (RIL 179-2018. Sillat 2018, 71.)

Alustavaan rakentamissuunnitelman tulee sisällyttää seuraavat asiakirjat: alustava yleispiirustus, työtapaehtotukset, alustavat rakennepiirustukset ja osaluettelo, alustavat määräluettelot, alustava kustannusarvio, siltakohtaiset vaatimukset tai siltakohtainen työselitys. Lopulliseen rakentamissuunnitelmaan on sisällyttävä seuraavat asiakirjat: yleispiirustus, rakennepiirustukset, siltakohtaiset laatuvaatimukset, määräluettelo, kustannusarvio, työtapaehtotukset, riskitarkastelu ja erityisrakenteiden suunnitelmat, kuten maadoitus-, koneisto-, ja sähkösuunnitelmat. (Tiehallinto 2000, 13–14.)



KUVA 2. Sillan yleispiirustus (Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohje 2014, 15)

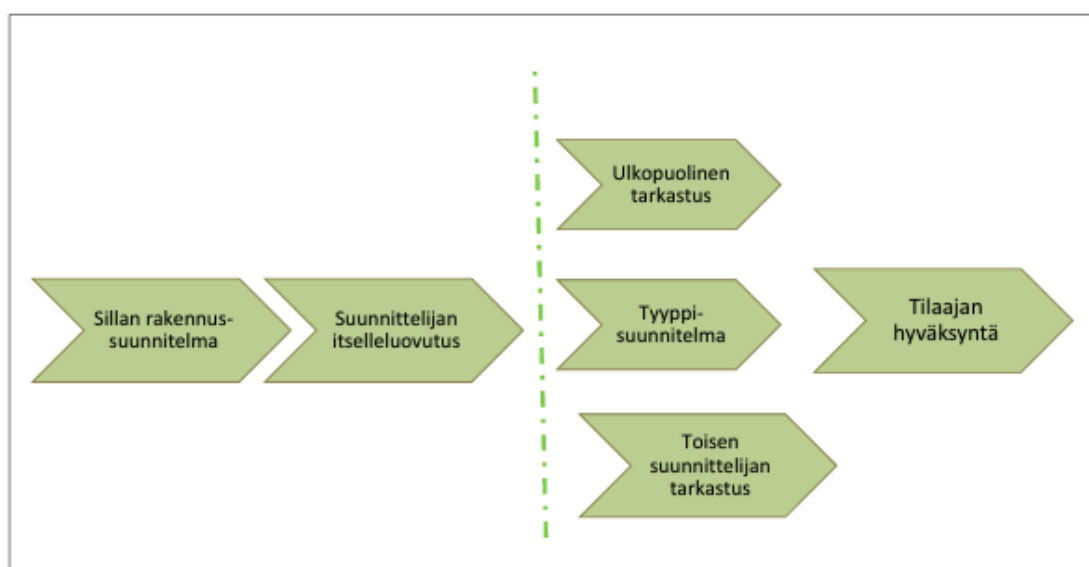
Rakentamissuunnitteluvaiheessa piirrettävän yleispiirustuksen tarkoitus on esittää sillan ulkonäkö, sijainti, geometria, päämitat, perustaminen ja rakenteelliset pääasiat (kuva 2). Rakennepiirustukset esittävät sillan tarkempia suunnitteluratkaisuita, kuten muotoja, rakennusmateriaaleja, mittoja, työtapoja ja osien kokoonpanonkuvia. Rakennepiirustuksia ovat muun muassa alusrakennepiirustukset,

päällysrakennepiirustukset, mittapiirustukset, raudoituspiirustukset, jännepiirustukset, elementtirakenteiden piirustukset, rakenneosapiirustukset, osapiirustukset, laakerointipiirustukset, liikunta-
saumapiirustukset, koneisto- ja sähköpiirustukset, maadoituspiirustukset sekä muiden varusteiden ja
laitteiden piirustukset. (Tiehallinto 2000, 16–23.) Noeskosken (2021, 103) mukaan tavanomainen
sillan rakentamissuunnitelma sisältävää 10–15 piirustusta riippuen siltatyypistä, perustamistavasta ja
sillan kokoluokasta.

2.2 Sillan rakentamissuunnitelman tarkastaminen

Suunnitelmien tarkastuksen päätavoite on selvittää, onko suunniteltu rakenne turvallinen käyttää. Sillan rakentamissuunnitelman tarkastamisella pyritään selvittämään täyttääkö suunniteltu rakenne sitä koskevia määräyksiä, ohjeita ja tuotevaatimuksia sekä suunnitteluperusteiden mukaan asetettuja hankekohtaisia vaatimuksia. Lisäksi tarkastamisen kautta selviää rakenteen käyttö- ja korjauskustannusten taloudellisuus ja onko rakenne halutun käyttöiän sekä muiden hoidon ja ylläpidon asettamien vaatimusten mukainen. Tarpeellista on myös tarkastaa se, miten rakentaminen on mahdollista toteuttaa turvallisesti ja ympäristöä vaarantamatta. (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje 2014, 15.)

Sillan rakentamissuunnitelmien tarkastus on osa suunnitelmien laadunvarmistusta. Suunnittelun laadunvarmistus alkaa jo suunnittelun toimeksiannossa, jossa tulee määrittää tarpeeksi selkeästi suunnittelun pääsisältö ja tavoitteet. Tavoitteet koostuvat suunnittelukohteen kustannus- ja laatutavoitteista, suunnittelun aikataulusta ja vastuista. Suunnittelijalta tulee vaatia projektisuunnitelman laatiminen. Projektisuunnitelman tulee sisältää suunnitelmien, työn läpiviennin ja laadunvarmistuksen menettelytavat. Suunnittelu tulisi toteuttaa projektisuunnitelman mukaisesti, ja työn etenemästä on raportoitava tilaajalle säännöllisesti. Varsinainen suunnitelmien laadunvarmistus tapahtuu suunnittelijan oman työn tarkastuksessa eli itselle luovutuksessa, toisen suunnittelijan tarkastuksessa, ulkoisessa tarkastuksessa ja tilaajan tarkastuksessa. (RIL 179-2018. Sillat 2018, 110–112; kuva 3.)



KUVA 3. Suunnitelmien laadunvarmistus (RIL 179-2018. Sillat 2018, 112)

Siltojen laatu koostuu monesta eri kokonaisuudesta, tehdyistä päätöksistä sekä laadunvarmistus- ja valvontamenetelmistä. Yleisesti rakenteiden suunnitteluperusteiden olettamuksena pidetään sitä, että suunnittelutoimistoissa, tuotantolaitoksissa ja työmaalla käytetään riittävää laadunvalvontaa ja ylläpidetään laadunvarmistusta työtä tehdessä. Jotta suunniteltu silta on halutun mukainen ja vastaa vaatimuksia, on käytettävä riittäviä laadunhallintatoimenpiteitä. Tilaajan näkökulmasta niitä ovat laatuvaatimusten määrittely sekä valvontatoimet suunnittelu-, toteutus-, käyttö- ja ylläpitovaiheissa. (RIL 179-2018. Sillat 2018, 110). Sillan laatuprosessia sillan elinkaaren aikana havainnollistaa kuva 4.



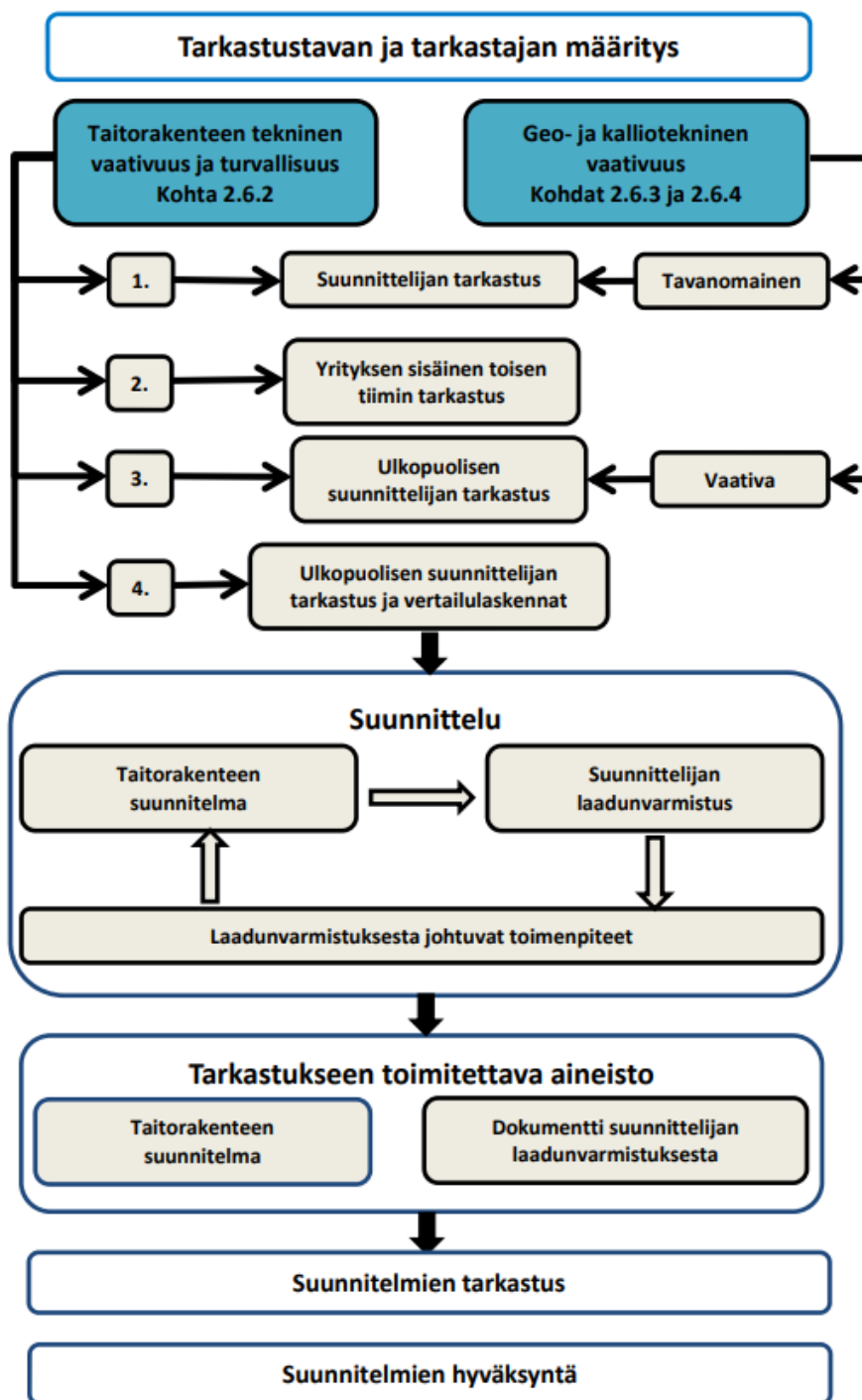
KUVA 4. Sillan laatuprosessi sillan elinkaaren aikana (RIL 179-2018. Sillat 2018, 111)

Siltojen rakentamissuunnitelmien tarkastamisessa tulee noudattaa sitä koskevia ohjeita ja määräyksiä. Väyläviraston 2014 julkaisemassa taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohjeessa on esitetty kattavasti, kuinka taitorakenteiden rakentamissuunnitelmat tulisi tarkistaa. Ohjetta käytetään Väyläviraston taitorakenteiden ja valtioavusteisten yksityistiesiltojen rakentamissuunnitelmien tarkastamisessa. Tarkastusohje kattaa tarkastamis- ja hyväksymisprosessin, vastuukysymykset, suunnittelijan laadunvarmistuksen ja -tarkastuksen sekä ulkopuolisen tarkastuksen. (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje 2014, 4.)

Helsingin kaupungin taitorakenteille suunnattu taitorakenteiden suunnitteluohje määrittää Helsingin kaupungin tilaamien taitorakenteiden suunnittelun vaatimuksia ja ohjeita. Helsingin kaupungin tilaamien hankkeiden rakentamissuunnitelmien tarkastamisessa noudatetaan myös Väyläviraston taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohjetta, huomioiden kuitenkin taitorakenteiden suunnitteluohjeen mukaiset täydennykset. (Taitorakenteiden suunnitteluohje 2021, 9.) Siltojen rakentamissuunnitelmien tarkastaminen pohjautuu eurokoodin standardiin SFS-EN 1990, suunnittelijoiden ammattitaitoon ja -ylpeyteen sekä suunnittelutoimistojen oman työn laadulliseen ja toiminnalliseen tarkastamiseen (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje 2014, 4).

Siltojen tarkastusprojektit jaetaan yleensä kolmeen luokkaan projektin koon ja suunnittelutavan mukaan. Pienessä luokassa on projekti, joka sisältää enintään neljä tarkastettavaa siltaa tai muuta taitorakenteen suunnitelmaa. Normaaliin luokkaan kuuluvassa projektissa on 5–10 tarkastettavaa siltaa tai muuta taitorakenteen suunnitelmaa. Laajaan luokkaan kuuluu ulkopuoliselle tarkastajalle menevät suunnitelmat, joissa on vähintään kymmenen siltaa tai muuta taitorakenteen suunnitelmaa. (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje 2014, 44.)

Varsinainen rakennussuunnitelmien tarkastus jakautuu rakenteiden vaativuuden mukaan. Suunnitelman voi tarkastaa suunnittelija itse, saman suunnittelutoimiston toinen suunnittelija tai ulkopuolinen tarkastaja, riippuen aina rakenteiden vaativuudesta. Vaativuusluokat jakautuvat neljään luokkaan eli RS 1-4. Vaativuus määräytyy enimmäkseen sillan jännemitan arvon ja pääkannattajien materiaalin mukaan. Muita vaativuuteen vaikuttavia parametrejä ovat putkisillan halkaisija, muissa taitorakenteissa korkeus, tunneleiden osalta vapaa-aukko ja avattavien siltojen osalta pituus. (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje 2014, 16.) Taitorakenteiden rakentamissuunnitelmien tarkastus- ja hyväksymisprosessia havainnollistaa kuva 5.



KUVA 5. Taitorakenteen suunnitelman tarkastamis- ja hyväksymisprosessi (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje 2014, 13)

2.3 Sillan rakentamissuunnitelman tarkastus ja hyväksyntä

Valmiit rakentamissuunnitelmat toimitetaan yhdessä dokumentoidun suunnittelijan laadunvarmistuksen kanssa suunnitelman teettäjän tarkastukseen ja hyväksyttäväksi. Dokumentoitu laadunvarmistus pitää sisällään laatu- ja toimintajärjestelmän mukaisen laadunvarmistuksen ja sen mukaiset täydennykset ja korjaukset. Dokumentti tulee liittää suunnitelmien mukaan allekirjoitettuna. (Taitorakenteiden suunnitteluohje 2021, 45–46.)

Väyläviraston tarkastukseen toimitetut sillan rakentamissuunnitelmat tarkastaa ja hyväksyy RS 1:tä lukuun ottamatta Väyläviraston asiantuntija. RS 1 -luokkaan kuuluvien tiesiltojen ja muiden tieympäristöön kuuluvien suunnitelmat hyväksyy ELY-keskuksen siltainsinööri ja vesiväylien suunnitelmat Väyläviraston asiantuntija. Tarkastus voidaan toteuttaa Väyläviraston asiantuntijan tarkastuksen, ELY-keskuksen siltainsinöörin tarkastuksen, suunnittelijan oman tarkastuksen tai ulkopuolisen tarkastajan lausunnon tai näiden yhdistelmän avulla. (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje 2014, 17–20, 45–46; kuva 6) Poikkeuksen muodostavat kuntien tilaamat hankkeet, joissa rakentamissuunnitelmat tarkastaa ja hyväksyy kunnan edustaja.

RS-luokka	RS 1	RS 2
Suunnitelmien luokitus pääkannattajan materiaalin mukaan.	Teräs - Putkisiltojen halkaisija ≥ 6 m Betoni - Tyypisillat (esim. Blk II) - Muiden siltojen jännemitta ≥ 5 m Puu - Tyypisillat - Muiden siltojen jännemitta ≥ 5 m	Teräs - Siltojen jännemitta ≤ 15 m - Putkisiltojen halkaisija 6 - 8 m Betoni - Siltojen jännemitta 5 - 20 m Puu - Siltojen jännemitta 5 - 12 m
Tarkastaja	Suunnittelutoimiston laatu- tai toimintajärjestelmän mukainen tarkastus.	Suunnittelevan toimiston eri suunnittelutiimin tarkastus tai saman konsernin eri yrityksen tekemä tarkastus.
Hyväksyjä	ELY-keskuksen siltainsinöörin hyväksyntä.	Väyläviraston tai kaupungin silta-asiantuntijan hyväksyntä.
Tarkastuksen dokumentointi	Dokumentti suunnittelijan laadunvarmistuksesta (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje, liite 1).	Dokumentti laadunvarmistuksesta ja tarkastuksesta (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje, liite 1 ja 2).
RS-luokka	RS 3	RS 4
Suunnitelmien luokitus pääkannattajan materiaalin mukaan.	Teräs - Siltojen jännemitta 15-45 m - Putkisiltojen halkaisija > 8 m Betoni - Siltojen jännemitta 20 - 55 m Puu - Siltojen jännemitta 12 - 25 m Avattavat sillat - Aukeava osuus ≤ 20 m	Teräs - Siltojen jännemitta > 45 m Betoni - Siltojen jännemitta > 45 m Puu - Siltojen jännemitta > 25 m Avattavat sillat - Aukeava osuus > 20 m
Tarkastaja	Ulkopuolinen tarkastus suunnitelmiin perustuen.	Ulkopuolinen tarkastus ja tarvittaessa vertailulaskelmat riittävässä laajuudessa (sovitaan erikseen).
Hyväksyjä	Väyläviraston tai kaupungin silta-asiantuntijan hyväksyntä.	Väyläviraston tai kaupungin silta-asiantuntijan hyväksyntä.
Tarkastuksen dokumentointi	Dokumentti laadunvarmistuksesta ja tarkastuksesta (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje, liite 1 ja 2). Tarkastajan tarkastusraportti.	Dokumentti laadunvarmistuksesta ja tarkastuksesta (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje, liite 1 ja 2). Tarkastajan tarkastusraportti ja vertailulaskelmat, sekä tarkastuksen loppuraportti.

KUVA 6. Tiesiltojen rakennetekniset tarkastusluokitukset (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje 2014, 17–20)

Tarkastuksen jälkeen tarkastaja laatii tarkastuksesta raportin ja esittää siinä tarvittavat toimenpideehdotukset. Kun suunnitelmat on korjattu toimenpideehdotusten mukaisesti ja tarvittaessa uudelleen tarkastettu, voi Väyläviraston tai kaupungin hyväksynnästä vastaava asiantuntija hyväksyä suunnitelmat. Selkeissä tapauksissa tarkastaja voi hyväksyä suunnitelmat ehdollisena myös ilman uusintatarkastusta. Tällöin tarkastusraporttiin voidaan kirjata esimerkiksi: suunnitelmat voidaan hyväksyä, kun tarkastusraportissa esitetyt tarkastuskommentit on huomioitu ja korjattu suunnitelmiin esimerkin mukaan. Suunnittelijan tulee kuitenkin vahvistaa muutokset vähintään sähköpostilla. (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje 2014, 12.)

Suunnitelmien teettäjä ilmoittaa hyväksytystä suunnitelmasta erillisellä sähköpostiviestillä, johon on liitetty taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohjeen liite 4. Tarkastusohje liitetään osaksi suunnitelmia. Tarkastuksen hyväksyjä lähettää sähköpostiviestin suunnitelman tarkastajalle ja suunnittelijalle. He ovat vastuussa suunnitelmien välittämisestä ja niiden hyväksynnän ilmoittamisesta niistä kuuluville tahoille eli tilaajalle, konsulteille, urakoitsijalle, valvojille sekä muille hankkeessa toimiville osapuolille. (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje 2014, 12.) Pääsääntöisesti tarkastamiskäytännöt perustuvat suunnittelijoiden ammattitaitoon ja -ylpeyteen sekä siihen, että suunnittelutoimistojen omat laatu- ja toimintajärjestelmät ovat oman työn laadunvarmistamiseksi ajan tasalla ja niitä kehitetään sekä käytetään tehokkaasti (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje 2014, 4).

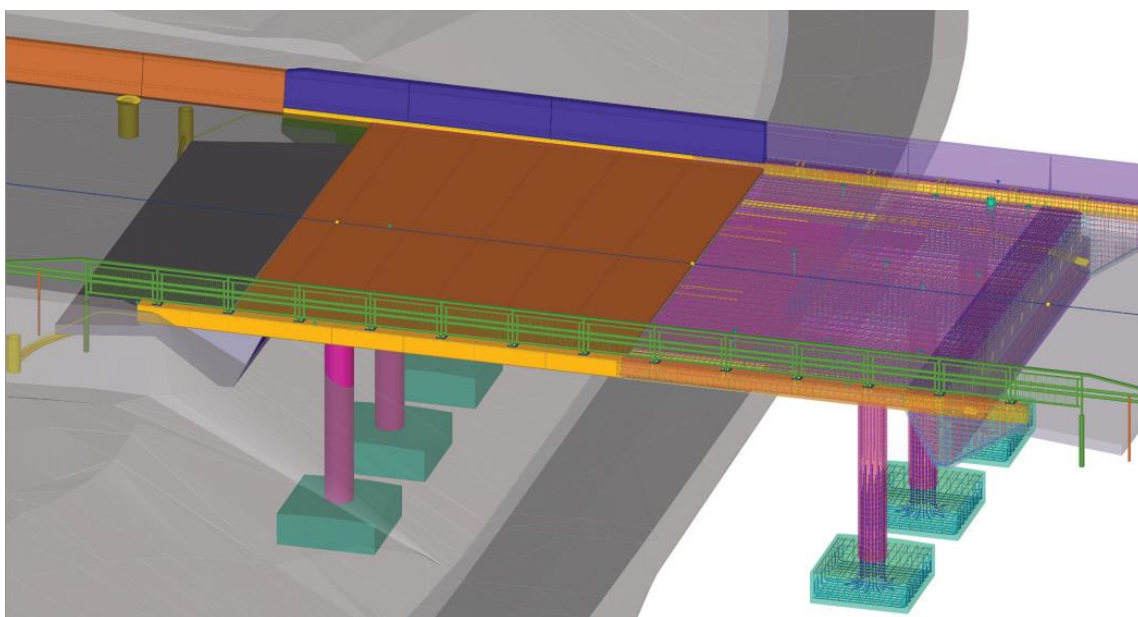
Käytännössä rakentamissuunnitelmista tulee tarkastaa materiaalit ja niiden määrittelyt eli esimerkiksi betoniluokka ja P-luku sekä muut määräyksissä ja ohjeissa vaaditut asiat. Mittaussuunnitelmista tulee tarkastaa rakenteiden mittojen ja muotojen vastaavuus laskelmien kanssa. Mittojen paikkaansa pitävyyttä ei kuitenkaan tarkasteta lähtötiedoista. Raudoitus- ja jännesuunnitelmat tulee tarkastaa, että ne vastaavat laskelmia ja sisältävät esimerkiksi tarvittavat raudoituksen järjestelyt, jatko- ja ankkurointipituudet sekä valauknot. Suunnitelmien tarkastuksen tukena voidaan käyttää suunnittelu-toimiston laatujärjestelmän mukaisia sisäisen tarkastuksen raportteja. Raportit pitää kuitenkin tarkastaa ja niiden avulla voidaan tehdä vertailevia tarkistuksia suunnitelma-asiakirjoihin. Rakentamissuunnitelmien tarkastaminen ja hyväksyminen voidaan tehdä myös tietomallipohjaisesti. Suunnittelija vastaa tietomallipohjaisen suunnitelman ja tietomalliselostuksen osalta siitä, että se on laadittu hankekohtaisesti määrätyn tietomalliohjeen mukaan. (Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje 2014, 36.)

3 SILLAN TIETOMALLI ELI INFRAMALLI

Tietomalli eli BIM on rakennuskohteen ja sen ominaisuustietojen esittämistä digitaalisesti kolmiulotteisessa muodossa. Sana BIM on kansainvälinen termi tietomallille, se tulee englannin kielen sanoista Building Information Model. Siltojen tietomallista käytetään yleisesti myös lyhennettä BriM eli Bridge Information Model. Väyläviraston infra-alan suunnittelussa sillan tietomallia kutsutaan sillan inframalliksi. Inframallin tarkoitus on esittää sillan rakennelmaa ja sen ominaisuustietoja digitaalisessa kolmiulotteisessa muodossa. Sen tavoitteena on esittää yhden tietomallin avulla koko sillan elinkaari suunnittelusta toteutukseen ja ylläpitoon. (Väylä 2020.)

Tietomallintaminen ja tietomallien hyödyntäminen ovat lisääntyneet huomasti viimeisten vuosien aikana. Tietomallia voidaan hyödyntää infrarakentamisessa esimerkiksi eri tekniikkalajien yhteensovittamisessa, olemassa olevien rakenteiden ja suunniteltavien rakenteiden yhteensovittamisessa, visualisoinnissa, kuten hankkeen sisäisessä kommunikoinnissa, tiedonvaihdossa sekä päätöksenteon tukena ja kommunikoinnissa ulkopuolisten sidosryhmien kanssa. Lisäksi Inframallia voidaan käyttää rakentamisen toteutuksessa mallipohjaisesti tuotannonsuunnittelussa ja -ohjauksessa, rakentamisen laadun todentamisessa, kustannushallinnassa ja määrälaskennassa, hankintojen laadun parantamisessa, elinkaaren aikaisessa tiedonhallinnassa sekä omaisuudenhallinnassa. (Yleiset inframallivaatimukset 2022, 14.)

Tietomallin selkeitä etuja suunnittelussa ovat sillan geometrian ja raudoitteiden määrien parempi hahmottaminen, sillan sovittaminen ympäristöön sekä muiden tekniikka-alojen suunnitelmien yhteensovittaminen. Kuva 8 on havainnekuva teräsbetonisen ulokelaattasillan tietomallista, jossa oikea puoli sillasta on laitettu läpinäkyväksi, jolloin rakenteiden sisällä olevat osat, kuten raudoitukset tulevat näkyviin.



KUVA 8. Teräsbetonisen ulokelaattasillan tietomalli (Teräsbetoninen ulokelaattasilta (Bul) 2017, 1)

Tietomallin rooli suunnittelussa ja rakentamisessa on kasvanut merkittävästi. Tietomallin päätehtävät tietomallipohjaisissa infrahankkeissa voidaan lajitella: lähtöaineiston hankintaan ja harmonisointiin, suunnitteluun ja tekniikka-alojen yhteensovitukseen, vuorovaikutukseen ja yhteistyöhön, laadunvarmistukseen, rakentamiseen sekä ohjaukseen ja koordinointiin. Tietomallipohjaisissa hankkeissa roolit jakautuvat tilaajan, palvelutuottajan projektinjohdon, pääsuunnittelijan, suunnittelun tietomallikoordinaattorin, tuotannon tietomallikoordinaattorin, suunnittelijoiden, mittaaajien ja työkooneen kuljettajien kesken (kuva 9). Tietomallipohjaisen suunnittelun laadunvarmistuksen kannalta on erittäin tärkeää, että hankkeelle on määrätty tietomallikoordinaattorit, jotka vastaavat projektin tietomallinnussuunnitelman laatimisesta, mallien vaatimusten mukaisuudesta, mallien laadunvarmistuksesta, yhdistelmämallien kasaamisesta ja ylläpidosta sekä tietomalliselostuksien sisällöstä. (Yleiset inframallivaatimukset 2022, 21–23.)



KUVA 9. Tietomallinnuksen päätehtävät infrahankkeissa (Yleiset inframallivaatimukset 2022, 21)

Tietomallipohjaisissa hankkeissa on erityisen tärkeää laatia tiedonhallintasuunnitelma, jossa kuvataan mallinnuksen tavoitteet, toteutus ja aineiston hallinta. Tiedonhallintasuunnitelma sisältää tietomallipohjaisen hankkeen prosessin sisällön, vaiheet ja aikataulun sekä hankkeen osapuolten vastuut ja roolit. Siinä tulee kuvata myös mallien käyttötarkoitukset ja tarkkuustasot sekä hankekohtaiset poikkeukset ja tarkennukset. Tiedonhallintasuunnitelman sisällön on oltava yleisten inframallivaatimusten mukainen. (Yleiset inframallivaatimukset 2022, 24–26.)

3.1 Inframallinnuksen toimintalinja

Heidi Kotirannan Väylävirastolle tekemässä tutkimuksessa ”Inframallinnuksen toimintalinja” kuvataan hyvin kypsyysmatriisin muodossa inframallinnuksen kehitys tasoittain (kuva 10). Matriisin nollataso kuvaa tilannetta ennen tietomallinnuksen käyttöönottoa ja taso yksi kuvaa yksinkertaista tietomallintamista. Tasolla kaksi tietomallintaminen on pääsääntöinen toimintapa ja tasolla kolme tietomallintaminen on jo ensisijainen suunnittelun ja tiedostojenhallinnan menetelmä. Tasolla neljä siirrytään tulevaisuuden ideaaliin tietomallintamiseen, jossa tietomalleihin liitetään kaikki suunnitteluun, toteutukseen ja ylläpitoon tarvittava tieto. Matriisin vaakariveillä määrittävät parametrit ovat sisältö, digitalisointi, yhteensovitus, yhteistyö, toimitustapa ja kustannusarvio (Inframallinnuksen toimintalinja, 6).

	Taso 0		Taso 1	Taso 2	Taso 3		Taso 4
Sisältö	Linjoja ja tekstiä tussilla/kynällä.	Digitaaliset linjat, tekstit, lohkot ja symbolit 2D:nä.	Yksinkertaiset 3D objektit.	3D rakennusobjektit ilman tarkkoja tietovaatimuksia.	3D rakennusobjektit vaatimuksilla omaisuustiedoista & ominaisuuksista.	3D objektit <i>valmistajalta</i> , sis. Tietoja toiminnasta ja kunnossapidosta.	Kaikki projekti ja O&K dokumentit linkitettyinä mallin objekteihin.
Digitalisointi	Piirustukset kalkkipaperille tai piirustuspöytää apuna käyttäen paperille.	2D piirustukset tietokoneella (CAD).	Piirustukset käyttäen 3D CAD/BIM.	Piirustuksia / näkymiä BIM:stä.	Piirustuksia/ näkymiä BIM:stä strimattuna mobiililaitteisiin. Rajoitettu paperin käyttö.	Avoin BIM mitoituksella, strimattuna mobiililaitteisiin.	Avoin BIM kaikella operatiivisella- ja historiatiedolla strimattuna mobiililaitteisiin.
Yhteensovitus	Piirustukset muiden vaiheiden piirrosten läpinäkyvästä kopiosta.	Työskentely 2D CAD:lla (DWG, DXF), käyttäen muita työtapoja taustana.	Työskentely 3D DWG:llä, käyttäen muita työtapoja/malleja taustana.	Data yhteisessä palvelimessa. Tiedostopohjainen jakaminen.	Palvelin pohjainen avoin BIM jakaminen (IFC/inframodel) & jatkuva mallintarkastus.	Palvelin pohjainen viestintä ja konfliktien hallinta, kaikki linkitettyä BIM-objekteihin.	Mallien ja toiminnallisten järjestelmien välinen viestintä. Anturi rikastuttavat malleja suoraan.
Yhteistyö	Koordinaointi suunnittelu- ja rakennuskokouksissa.	Systemaattinen digitaalisten työvälineiden välinen kontrolli.	3D -visualisointi ja visuaalinen ohjaus mallinnustyökaluissa.	Mallien järjestelmällinen koordinaointi, törmäystarkastelu.	BIM käyttöliittymä, kehittyneet simulaatiot. Integroitu projektin hallinta.	Malleissa on kaikki tarvittava tieto rakentamiseen. Malliohjautuva tuotanto ja kokoaminen.	Mallit ovat kaikkien osapuolten ja sidosryhmien käytössä.
Toimitustapa	Piirustukset paperilla.	PDF/TIFF muodossa tai paperilla.	PDF/TIFF muodossa tai paperilla.	Tiedostopohjainen avoin BIM jakaminen (IFC/inframodel). PDF ja paperi.	Tiedostopohjainen avoin BIM jakaminen (IFC/inframodel). Koontimallien jakaminen.	Automaattinen datansiirto vaiheesta toiseen, esim. rakentamisesta kunnossapitoon.	Jatkuva sähköinen tiedonsiirto kaikissa liiketoimintatehtävissä.
Kustannusarvio	Arvioitu perinteisin menetelmin.	Kustannusarvio ei linkity malliin.	Yksinkertaiset dataraportit, kuten massamäärät.	Kustannusarvio tietokanta.	Elinkaarikustannusten laskeminen mallista.	Malleissa on kaikki tarvittava kustannustieto, joka linkittyy muihin toimintoihin.	Kustannusarvio on vides selkeä dimensio (3D + 4D aika + 5D).

KUVA 10. Kypsyysmatriisi inframallinnuksen kehityksestä tasoittain (Inframallinnuksen toimintalinja, liite 1)

Tutkimuksessa Väyläviraston tietomallinnuksen taso vuonna 2019 oli 1 ja 2 välillä, joten laskennallisesti tasoksi voidaan määrittää 1.5. Matriisin mukaan tutkimuksen aikainen tietomallinnuksen käyttö oli keskimääräisesti hyvällä tasolla. Tutkimuksen tavoitteena oli inframallinnuksen tason nouseminen vuoden 2021 loppuun mennessä tasojen 2 ja 3 välille. Tason korotuksen edellytyksenä oli prosessin, toimintatapojen ja teknologian kehittyminen. (Inframallinnuksen toimintalinja, 6–7.) Nykyistä tasoa on vaikeaa määrittää ilman tarkempaa tutkimusta, mutta inframallintamisen nykytason arvioisin saavuttaneen tasojen 2 ja 3 välisen rajapyykin. Kotirannan tutkimus kuvaa, kuinka tietomallipohjainen suunnittelu kehittyy jatkuvasti, ja tämän opinnäytetyön prosessikuvaus tietomallipohjaisen rakentamissuunnitelmien tarkastamisesta auttaa inframallintamista ottamaan rakentamissuunnitelmat tietomallipohjaisesti laajemmin käyttöön. Tietomallipohjaisen rakentamissuunnitelman voidaankin sanoa poistavan kaksinkertaista työtä suunnittelusta, kun voidaan luopua piirustusten tuottamisesta dokumenttipohjaisesti ja voidaan keskittyä vain tietomallin sisältöön.

3.2 Inframalliohjeet

Taitorakenteiden tietomallinnusohjeita Suomessa ovat Väyläviraston uusi siltojen inframalliohje, Helsingin kaupungin taitorakenteiden tietomallinnusohje sekä YIV:n tietomallinnusohjeet. Väyläviraston siltojen inframalliohje koskee kaikkia Väyläviraston tilaamia, uusien ja korjattavien siltojen tietomalleja sekä soveltaen muita taitorakenteiden tietomalleja kuten paalulaattoja ja tukimuureja (Siltojen inframalliohje 2022, 4). Helsingin kaupungin taitorakenteiden tietomallinnusohje koskee puolestaan kaikkia Helsingin kaupungin tilaamia taitorakenteita (Taitorakenteiden tietomallinnusohje 2014). Väyläviraston ja Helsingin kaupungin tietomalliohjeet pohjautuvat YIV:n vaatimuksiin ja ohjeisiin. YIV:n ohjeita käyttävät suoraan myös kaupungit ja organisaatiot, jotka eivät ole laatineet erillistä tietomallinnusohjetta.

Uusin ja tarkin tietomallinnusohje on Väyläviraston siltojen inframalliohje. Väylävirasto toimii Suomessa infra-alan tietomallipohjaisen toimintatavan edelläkävijänä. Uusi inframalliohje määrittää huomattavasti tarkemmat asetukset tietomallien sisällölle ja rakenteelle verrattuna aikaisempaan 2014 tuotettuun Väyläviraston siltojen tietomalliohjeeseen, jonka tämä uusi siltojen inframalliohje korvasi 1.1.2023. Uuden ohjeen suurimmat erot edelliseen ovat tietomallin rakenneosien tietosisällön muuttuminen Taitorakennerekisterin asettaman hierarkian mukaisesti. Lisäksi muutosta tulee mm. rakenneosien ryhmittelyyn, tietomallinen nimitykseen, geometriamalliin ja mallien koordinaatistoon. Ohje myös lisää tietomallien tarkkuutta ja sisältöä merkittävästi. (Siltojen inframalliohje 2022, 4.) Käytännössä uusi ohje määrittää tietomalleille tarkemmat vaatimukset, jotta ne läpäisevät Taitorakennerekisterin rajapinnan ja ovat siten paremmin hyödynnettävissä.

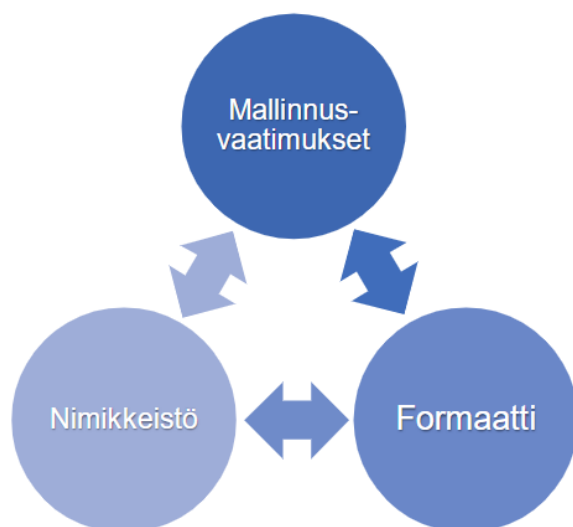
Väyläviraston siltojen inframalliohje tarkentaa infrarakentamisen mallinnusvaatimuksia, yhtenäistää tietomallinnusta ja siihen liittyviä toimintatapoja. Ohjeen tarkoitus on ohjata tietomallipohjaista suunnittelua palvelemaan myös rakenteiden omaisuudenhallintaa ja ylläpitoa niiden asettamien vaatimusten mukaisesti sekä yhtenäistää tietomallipohjaisesti tuotettua sisältöä. Ohjeen tavoitteena on varmistaa yhteneväiset tietomallipohjaiset suunnitelmat jokaisessa suunnitteluvaiheessa, jotta tietomallipohjaisten suunnitelmien käyttöä suunnittelussa, toteutuksessa ja ylläpidossa voidaan kehittää ja hyödyntää tehokkaammin. (Siltojen inframalliohje 2022).

Helsingin kaupungin taitorakenteiden tietomallinnusohje esittää rajauksia, ohjeita ja määrittelyitä taitorakenteiden tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Tietomalliohje antaa ohjeet Helsingin kaupungin kaupunkiympäristö -toimialan taitorakenteiden tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Ohjeen tavoitteena on yhtenäistää ja tarkentaa Helsingin kaupungin tilaamia tietomallipohjaisia suunnitelmia. Ohje kuvaa, miten tietomallien suunnitteluprosessi etenee ja missä formaatissa tietomallit tehdään ja nimitään. Ohje ei kuitenkaan aseta varsinaisia vaatimuksia tietomallin ulkonäölle ja esitystavalle. (Taitorakenteiden tietomallinnusohje 2014, 3.) Ohje on tällä hetkellä jo aika vanha ja vaatii tulevaisuudessa päivitystä uuden siltojen inframalliohjeen mukaisesti.

3.3 Inframallivaatimukset

Suomessa taitorakenteiden tietomallintamista ohjaa tietomalliohjeiden lisäksi YTV eli yleiset tietomallinnusvaatimukset ja YIV eli yleiset inframallivaatimukset. Yleiset tietomallinnusvaatimukset määrittävää nimensä mukaan yleisesti vaatimuksia ja ohjeita tietomallintamiselle. Infralle suunnattu yleiset inframallivaatimukset määrittävät tarkemmin inframalleille kohdistuvia vaatimuksia ja ohjeita. Tietomallinnusvaatimukset Suomessa on määrittänyt rakennustietosäätöön erikoispäätoimikunta BuildingSMART Finland, joka on avoimen tietomallintamisen yhteistyö- ja osaajaverkosto. Heidän jäsenistönsä koostuu omistajista, suunnittelijoista, rakentajista, kouluttajista ja kehittäjistä niin yksityisellä kuin julkisella sektorilla. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 6.)

Tietomallien vaatimukset linkittyvät infrarakentamisessa käytettävän InfraBIM-nimikkeistön ja tiedonsiirtoformaatin kanssa. Ne muodostavat yhdessä niin kutsutun tiedonhallinnan kolmikannan (kuva 11). Tiedonhallinnan toimivuuden kannalta on erittäin tärkeää, että ne kaikki ovat kunnossa ja yhteneväiset. Yleiset inframallinnusvaatimukset (YIV) asettaa vaatimuksia koko sillan elinkaaren ajalle. Vaatimukset koskevat lähtöaineistoja, suunnittelua eri suunnitteluvaiheissa, rakentamista, rakentamisen todentamista ja sen jälkeistä käyttöä ja ylläpitoa. Tavoitteena on ohjata, kehittää ja yhdenmukaistaa mallinnuskäytäntöjä. YIV asettaa mallintamiselle vähimmäisvaatimukset, jotka ovat todettu hyväksi sekä ohjeita käytäntöjen toteutukseen. Ohjeet eivät ole välttämättömiä vähimmäisvaatimuksia. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 6.)

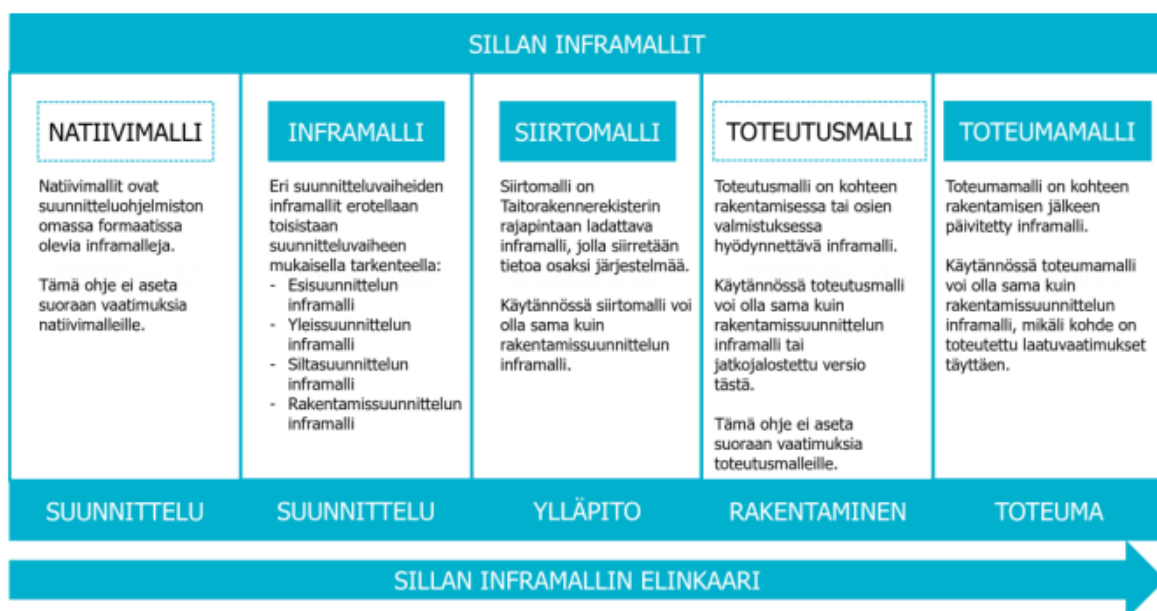


KUVA 11. Tiedonhallinnan "kolmikanta": Yleiset inframallivaatimukset, InfraBIM-nimikkeistö ja tiedonsiirtoformaattien määrittelyt. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 6)

Yleiset inframallivaatimukset (YIV) asettaa vaatimuksia rakentamissuunnitteluvaiheessa tietomallille, luovutettavalle aineistolle ja tiedostonhallinnalle. Aineistovaatimukset koskevat maastomallia, maa- ja kallioperän aineistoja, rakenteita ja järjestelmiä, temaattisia aineistoja sekä viiteaineistoja. Vaatimusten mukaan rakentamissuunnitelman kaikilla rakenteilla, alueilla, järjestelmillä sekä varusteilla ja niitä kuvaavilla objekteilla, taiteviivoilla, pisteillä ja pinnoilla tulee olla infraBIM-nimikkeistön mukaiset tunnuksien, vaaditut ominaisuustiedot ja geometriatiedot. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 86.)

3.4 Inframallin elinkaari Väyläviraston inframallintamisessa

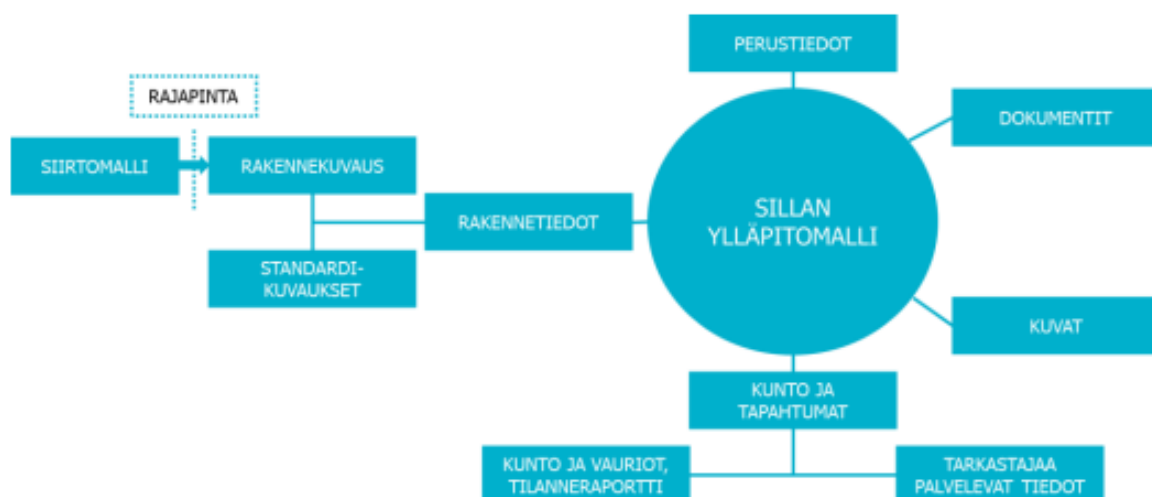
Väyläviraston inframallintamisessa sillan inframallien elinkaari toteutuu suunnitteluvaiheen natiivimallista toteumavaiheen toteumamalliin (kuva 12). Sillan natiivimalli on suunnitteluohjelmiston omassa formaatissa oleva tietomalli. Tällöin tietomallin voidaan sanoa olevan natiiviformaatissa. Sillan inframalli on puolestaan natiivimallista luotu tietomalli, joka on IFC-formaatissa ja se sisältää kaiken siltapaikan laajuudessa. Siirryttäessä suunnittelusta ylläpitoon tehdään inframallista sillan siirtomalli, joka viedään Taitorakennerekisterin rajapintaan. Siirtomalli voi olla myös sisällöltään sama kuin inframalli, jos se täyttää siirtomallia koskevat vaatimukset. Siirtomallin formaatti on kuitenkin natiivi- ja inframallista poiketen IFC-formaatissa, eli sen geometrian sisältö ei ole muokattavissa. (Siltojen inframalliohje 2022, 20.)



KUVA 12. Sillan inframallien elinkaari (Siltojen inframalliohje 2022, 20)

Sillan rakentamisessa käytetään toteutusmallia, joka on sillan rakentamisessa ja sen osien valmistuksessa käytettävä sillan inframalli. Toteutusmalli voi olla sisällöltään sama kuin inframalli tai siitä jatkojalostettu versio. Toteutusmalliin voidaan sisällyttää esimerkiksi rakentamisen tehtäviä, esikohoituksia, resursseja ja ajoituksia. Sitä voidaan käyttää myös jatkojalostettuna työkonien koneohjausmallina ja mittauksia varten paikalleenmittausmallina. Rakentamisen jälkeen sillan inframallista päivitetään sillan toteutumamalli, jossa kuvataan rakenteet niin kuin ne ovat laatuvaatimukset huomioiden toteutuneet. Se voidaan tehdä päivittämällä tai täydentämällä rakentamissuunnitteluvaiheen inframallia. Jos silta on toteutunut laatuvaatimukset täyttäen, vastaa toteumamalli rakentamissuunnitteluvaiheen inframallia. (Siltojen inframalliohje 2022, 10.)

Sillan inframallin elinkaari on osa sillan ylläpitomallin elinkaarta. Sillan ylläpidon tietokantana on Taitorakennerekisteri, jossa ylläpitomallia voidaan hyödyntää mallin rakenteiden geometrian ja tiedon linkittämisessä. Se antaa mahdollisuuden edistää ylläpitoprosessia koko elinkaaren ajan. (Siltojen inframalliohje 2022, 13.) Sillan siirtomallin ja ylläpitomallin rajapintaa Taitorakennerekisterissä havainnollistaa kuva 13.



KUVA 13. Sillan ylläpitomalli Taitorakennerekisterissä (Siltojen inframalliohje 2022, 13)

Ylläpitomallin perustamisessa käytetään suunnitteluohjelmalla tehtyä natiivimallia, josta luodaan IFC-formaatissa oleva siirtomalli. Suunnitteluvaiheen jälkeen Taitorakennerekisteriin perustetun ylläpitomallin pitää sisältää kohteen yleistiedot, rakennekuvaukset, suunnitelma-asiakirjat ja suunnitteluvaiheen inframalli. Rakentamisen aikana päivitetyn ylläpitomallin pitää sisältää toteumatiedot ja rakentamisen asiakirjat. Ylläpitomallia päivitetään koko sillan elinkaaren ajan (kuva 14). Sillan varsinainen ylläpito alkaa, kun silta on valmistunut. Rakentamisen jälkeen ylläpitomallia käytetään tarkastusten, korjaussuunnittelun ja korjausrakentamisen apuna ja työkaluna. Tässä vaiheessa mallia voidaan kutsua sillan elinkaaren ylläpitomalliksi, joka pitää sisällään täydennetyt tiedot korjauksista ja muutoksista. Malli voi sisältää myös ylläpitoa ja seurantaan helpottavia tietoja. (Siltojen inframalliohje 2022, 21.)



KUVA 14. Sillan ylläpitomallin elinkaari (Siltojen inframalliohje 2022, 21)

3.5 Inframallit eri suunnitteluvaiheissa

Inframallit nimetään Väyläviraston inframalliohjeen mukaan aina kunkin suunnitteluvaiheen mukaan. Niitä kutsutaan esisuunnittelun inframalliksi, yleissuunnittelun inframalliksi, siltasuunnittelun inframalliksi ja rakentamissuunnittelun inframalliksi. Inframallin tarkkuustaso riippuu suunnitteluvaiheesta. Esisuunnitteluvaiheessa sillasta luodaan sillan inframalli, joka havainnollistaa sillan geometrian. Suurin osa rakenneosista mallinnetaan vain näkyviltä osin. Esisuunnitteluvaiheessa mallin käyttötarkoitus on sovittaa silta haluttuun ympäristöön yhdistelmämallin avulla. Yhdistelmämalli on kaikkien tekniikka-alojen osamalleista yhteen kasattu tietomalli. (Siltojen inframalliohje 2022, 26–28.)

Yleissuunnitteluvaiheessa sillan inframalli päivitetään yleissuunnitteluvaiheen tasolle. Myös yleissuunnitteluvaiheessa riittävä mallinnustarkkuus on näkyvien pintojen esittäminen. Yleissuunnitteluvaiheessa toteutetaan sillan tietomallin avulla tarkastelua olemassa oleviin rakenteisiin, ympäristöön ja muihin tekniikka-alojen suunnitelmiin. Suunnittelun tarkoitus on edellisen suunnitteluvaiheen avulla löytää siltapaikalle sopivin vaihtoehto ja laatia vaihtoehtoiset luonnokset muille vaihtoehdoille. (Siltojen inframalliohje 2022, 29.)

Siltasuunnitteluvaiheessa sillan inframallin rakenneosat mallinnetaan kokonaisuudessaan ja malliin lisätään myös raudoitusten määrätiedot ja muut sillan sisällä olevat rakenneosat. Siltasuunnitteluvaiheessa tietomallia käytetään sillan sovittamisessa ympäristöön ja olemassa oleviin rakenteisiin, määrä- ja kustannuslaskennassa sekä väylähankkeen lupaprosessien läpiviennissä. (Siltojen inframalliohje 2022, 30–31.)

Rakentamissuunnitteluvaiheessa sillan inframallin tulee sisältää kaikki rakenneosat ja raudoitukset sekä kaikki ohjeiden mukaiset tiedot. Rakentamissuunnitteluvaiheessa sillan inframallia käytetään sillan sovittamisessa ympäristöön ja olemassa oleviin rakenteisiin, määrä- ja kustannuslaskentaan, ylläpitomallin perustamiseen Taitorakennerekisteriin sekä sillan toteutukseen vaatimusten mukaisesti. Mallin avulla rakenneosat voidaan mitata paikoilleen, tilata raudoitukset ja valmistaa teräsosia konepajalla. (Siltojen inframalliohje 2022, 32–33.)

3.6 Sillan rakentamissuunnitelma tietomallipohjaisena

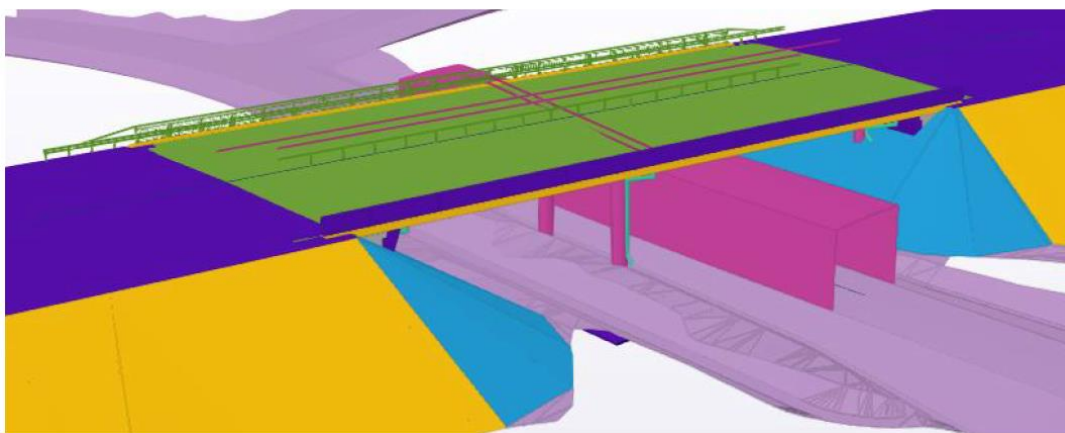
Sillan rakentamissuunnitelma voidaan toteuttaa tietomallipohjaisesti. Rakentamissuunnitteluvaiheessa luodaan aikaisempien suunnitteluvaiheiden mukaan rakentamissuunnitteluvaiheen sillan inframalli, joka tehdään dokumenttipohjaisten suunnitelmien rinnalle tai mahdollisesti korvaamaan ne. (Siltojen inframalliohje 2022, 32.) Helsingin kaupunki ja Väylävirasto ovat laatineet omat tietomalliohjeensa, jotka sisältävät tarkat ohjeet siitä, miten tietomallipohjainen rakentamissuunnitelma tulee mallintaa. Jotta rakentamissuunnitelma voidaan toteuttaa tietomallipohjaisesti, tulee tietomallin olla mittatarkka ja teoreettisesti täysin oikein sekä sen mittatarkkuuksien on noudatettava Infra RYL:n vaatimuksia. (Taitorakenteiden tietomallinnusohje 2014, 14.)

Tietomallipohjaisella suunnitelmalla voidaan korvata dokumenttipohjaisia piirustuksia ja siihen voidaan liittää sekä siitä voidaan tuottaa eri asiakirjoja ja suunnitelmia. Rakentamissuunnitteluvaiheessa on tavoitteena tuottaa yhteensovitettu, virheetön ja kattava rakentamissuunnitteluvaiheen tietomalli eli inframalli. Lisäksi eri suunnittelun tekniikkalajit tuottavat omat tietomallit, joista kootaan yhdistelmämalli. Inframallin tulee sisältää kaikki rakentamisessa tarvittavat rakenteet, rakenneosat

ja rakennekerrokset tarpeeksi yksityiskohtaisesti. Inframalli tukee sillan ja sen ympäristön havainnollistamista, suunnitelmien yhteen sovittamista, määrä- ja kustannuslaskentaa sekä toteutuksessa aikataulun, laadunvarmistuksen, mittaus toiminnan ja koneautomaation toimintaa. (Yleiset inframallivaatimukset 2022, 17.)

Väyläviraston siltojen inframalliohjeen mukaan rakentamissuunnitteluvaiheessa laaditaan sillan inframallin ja tietomalliselostuksen lisäksi tietomallit myös nykytila-aineistosta, edellisistä suunnitteluvaiheista, muista liittyvistä tekniikkalajeista sekä sillan siirtomalli ja yhdistelmämalli, joka sisältää kaikki hankkeen osamallit yhdistettynä (kuva 7). Lisäksi inframallista voidaan jalostaa myös hankkeen niin vaatiessa esimerkiksi erilliset konepajamallit, raudoitemallit ja mittausmallit. Ohjeen mukaan tietomallipohjaista rakentamissuunnitelmaa käytetään sillan sovittamisessa ympäristöön ja olemassa oleviin rakenteisiin, määrä- ja kustannuslaskennassa, ylläpitomallin perustamisessa taitorakennerekisteriin, sillan toteutuksessa vaatimusten mukaisesti eli rakenneosien paikalleen mitoittamisessa, raudoitusten tilaamisessa ja teräsosien valmistuksessa konepajalla. (Siltöjen inframalliohje 2022, 32.)

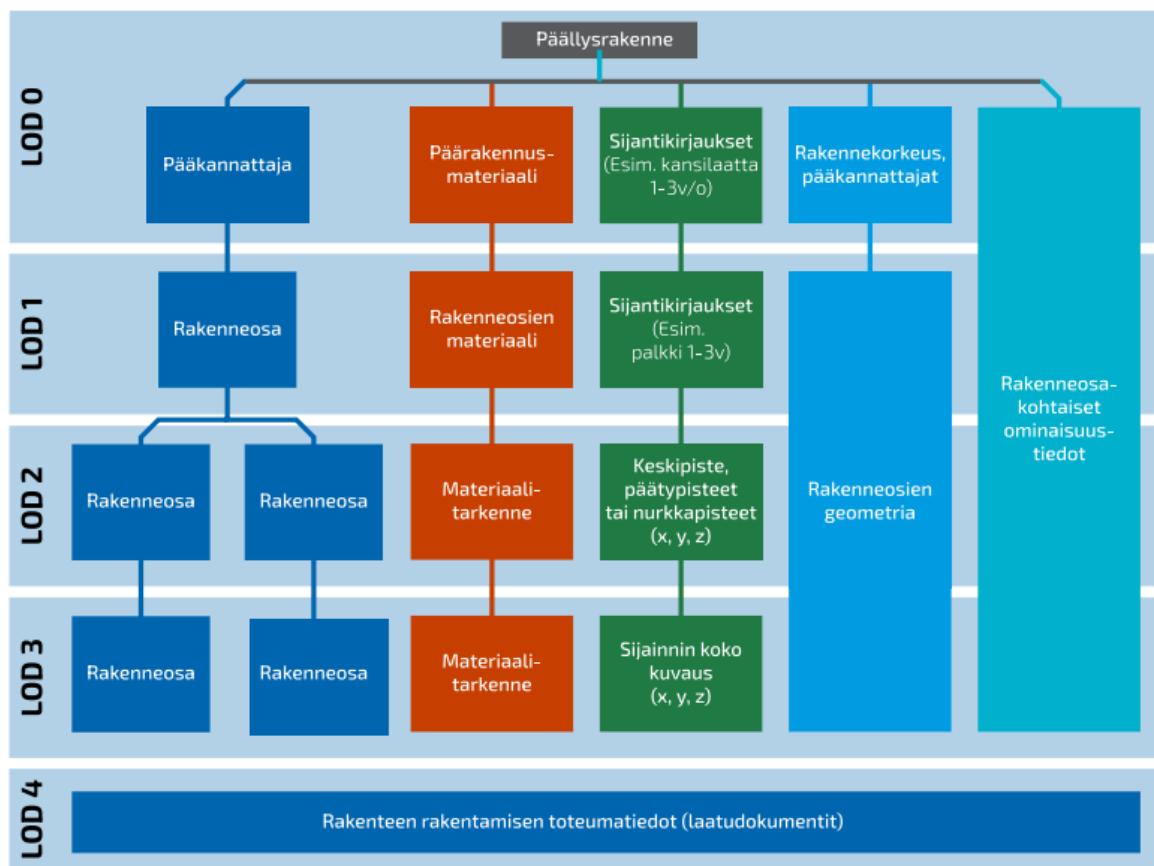
Kaikki Helsingin kaupungin sillat ja taitorakenteet mallinnetaan Helsingin kaupungin taitorakenteiden tietomallinnusohjeen mukaisesti. Ohjeen mukaan tietomalli laaditaan jokaisessa suunnitteluvaiheessa, ellei hankekohtaisesti muuta ole sovittu. Sen mukaan tietomallin tulisi vastata yleispiirustusta ja sisältää kaikki siinä esitettävät asiat sekä muiden tekniikka-alojen tiedot yhdistelmämallina. (Taitorakenteiden suunnitteluohje 2021, 8–9.) Ohjeen mukaan rakentamissuunnittelussa sillan tietomallin ja tietomalliselostuksen lisäksi voidaan laatia erikseen myös yksityiskohtaisempia malleja, joita ovat esimerkiksi konepajamalli, raudoitemalli, mittausmalli, telinemalli ja geometriamalli (Taitorakenteiden tietomallinnusohje 2014, 14–15).



KUVA 7. Sillan tietomalli eli inframalli (Siltöjen inframalliohje 2022, Liite 3)

3.7 Inframallien tarkkuustaso

Hankkeissa, joissa käytetään tietomallipohjaista suunnittelua, tulee määrittää tietomallien tarkkuustaso. Inframallien tarkkuustason esittämisessä voidaan käyttää yleisten tietomallivaatimusten mukaista LoD-luokittelua eli Level of Development -luokittelua, joka tarkoittaa tietomallin kehitystasoa. (Tekla julkaisuaika tuntematon.) LoD-luokittelun käyttö hankkeen mallinnusvaatimuksena vaatii aina tilaajan päätöksen. LoD-luokittelu havainnollistaa, miten eri tarkkuustason tietomallit palvelevat suunnittelua, toteutusta ja ylläpitoa koko sillan elinkaaren ajan (kuva 15). Luokituksen avulla voidaan kuvata tarkemmin tietomallin sisällön tarkkuustason kehittymistä koko prosessin aikana. LoD-luokittelua voidaan esimerkiksi käyttää tietomallin tarkkuusvaatimusten sisällön määrittämisessä eri suunnitteluvaiheissa. (Siltojen inframalliohje 2022, 15.)

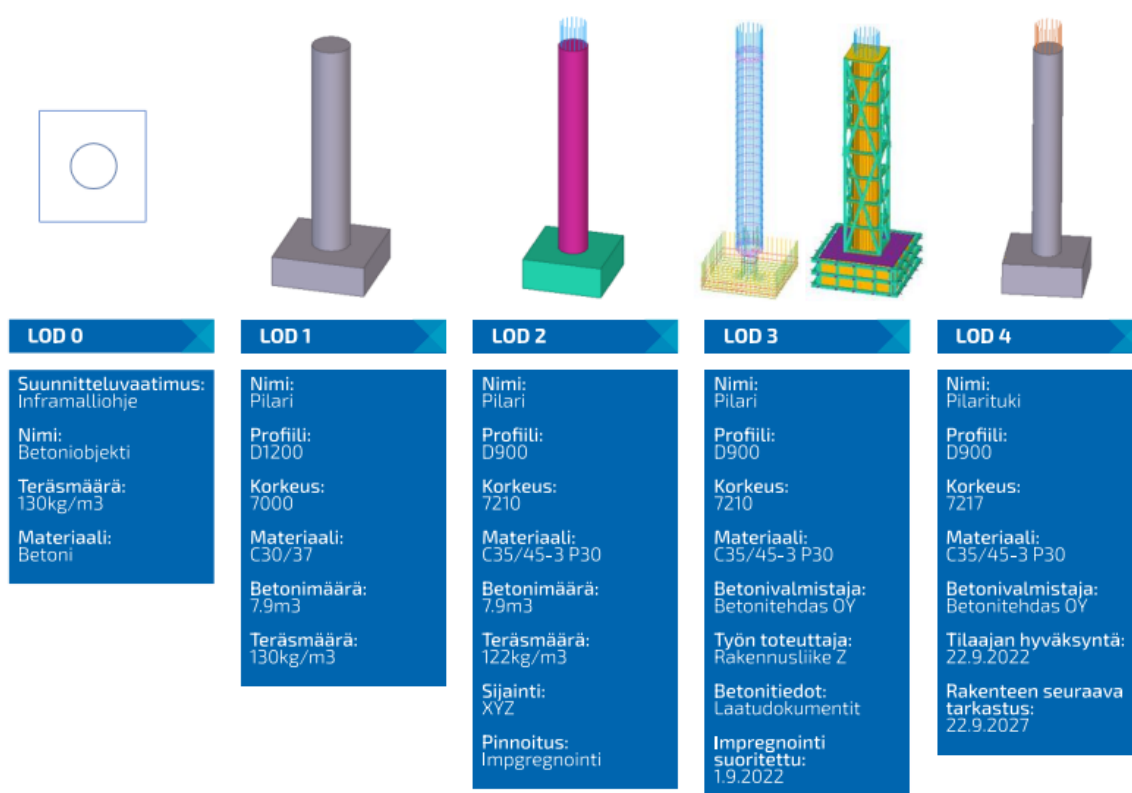


KUVA 15. Tietomallintamisen LoD-tarkkuustasot (Siltojen inframalliohje 2022, 15)

Tietomallin sisällön tarkkuustasoa on mahdollista tarkentaa kahdella tavalla. Ensimmäinen on sisällön geometrian tarkempi esitystapa, jossa voidaan tarkentaa jonkun rakenneosan sijaintia, geometriaa ja ulkonäköä. Toinen tapa on sisällyttää tietomallin rakenneosiin enemmän tietoa, joita voivat olla esimerkiksi rakenneosan materiaalit, määrät, vaatimukset, pinnoitukset ja valmistajat. (Siltojen inframalliohje 2022, 15.)

Väylävirasto ei esitä vaatimuksia LoD-luokittelun käytölle. Väyläviraston siltojen inframalliohje kuitenkin esittää tietomallin kehitystasojen jakautumista LoD-luokittelun avulla, asteikolla 0–4. Ohjeen mukaan LoD-luokittelun 0-taso esittää tietomallinnusta, johon ei kohdistu mitään mallinnusvaatimuksia. Mallinnus ja alustavat piirustukset tehdään 2D-muodossa. LoD:n 1-taso vastaa hyvin karkeaa

3D-mallia, joka sisältää alustavat tiedot määrästä ja kustannuksista. Kyseinen taso vastaa yleissuunnitteluvaihetta. LoD:n 2-taso vastaa tuotannon vaatimuksia palvelevaa tietomallia, joka sisältää enemmän tietoa rakenneosien materiaaleista ja vaatimuksista. Taso vastaa toteutussuunnittelua ja tietomallin on tarkoitus palvella tuotannon hankintaa ja määrälaskentaa. LoD:n 3-taso on toteutusvaiheen tietomalli, jota käytetään toteutuksessa, aikataulutuksessa, työ- ja asennusjärjestyksen suunnittelussa, työturvallisuuden ja työmaalogistiikan suunnittelussa. Toteumatieto pyritään integroimaan malliin. LoD:n 4-taso on ylläpitovaiheen mallin tarkkuustaso, joka pitää sisällään toteumatiedot ja sitä vastaavan tarkan geometrian. Tietomallin tavoite on palvella sillan ylläpitoa. Kuva 16 havainnollistaa hyvin LoD-tasojen tarkkuuseroja. (Sillan inframalliohje 2022, 17.)

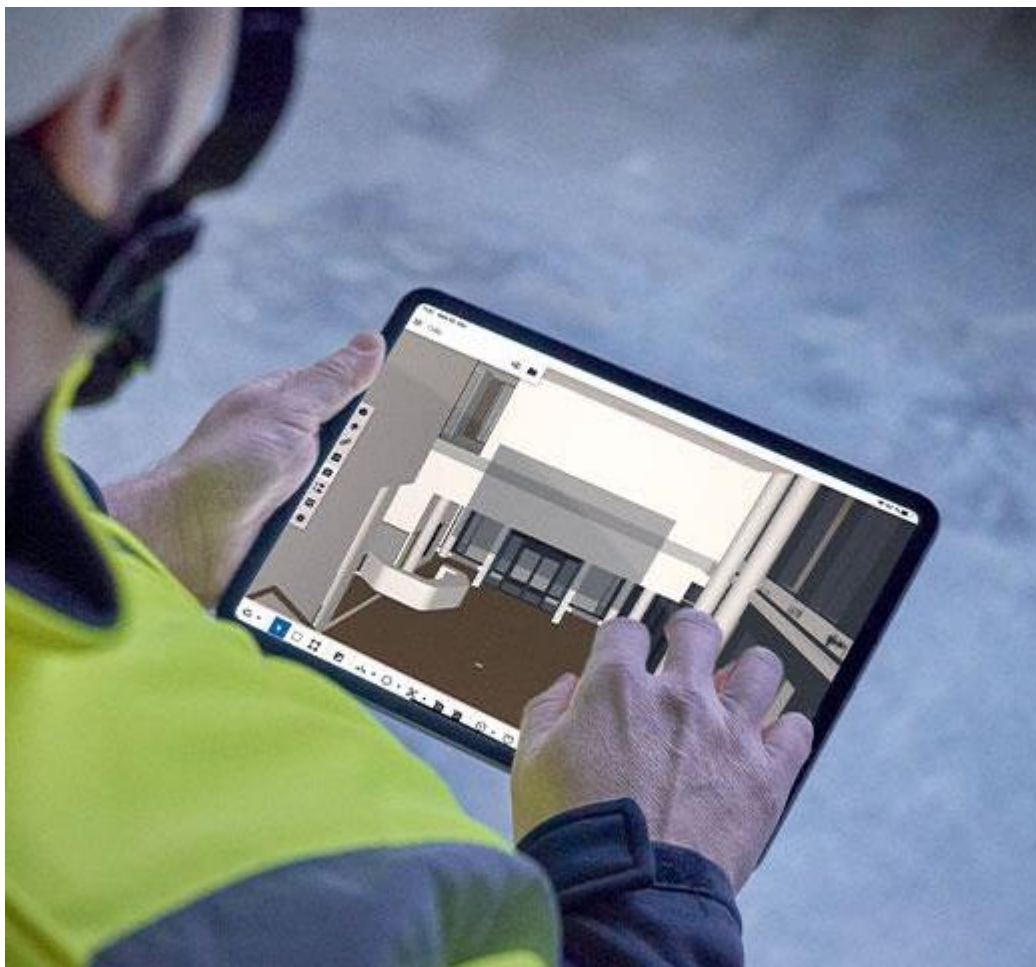


KUVA 16. Tietomallintamisen LoD-luokitukset sillan pilarissa (Sillan inframalliohje 2022, 16)

3.8 Trimble Connect

Tietomallin tarkastelulle on olemassa monia ohjelmia, joista yleisesti käytetyin on Trimble Connect. Trimble on yhdysvaltalainen teollisuusteknologiayritys, jonka palvelut yhdistävät fyysisen ja digitaalisen maailman. Trimblen tuotteita ovat Connectin lisäksi muun muassa suunnittelussa käytetyt Tekla Structures ja Revit. Trimble Connect on pilvipohjainen tiedonhallintatyökalu, jossa voidaan jakaa reaaliajassa projektin suunnitelmia kaikkien hankkeen osapuolien kesken. Trimble Connectissa on mahdollista jakaa helposti tietomalleja, yhdistelmämalleja, piirustuksia ja muita projektin asiakirjoja. Ohjelma mahdollistaa tietomallien yhdistämisen yhdistelmämalleiksi, tietomallien törmäystarkastelun, tiedostojen viittaamisen tietomallin rakenneosiin sekä suunnitelmien kommentoinnin. Ohjelmassa kommentoinnin voi toteuttaa ToDo-tehtävien avulla, jossa suunnittelija ja työmaa voivat kommunikoida vaivattomasti suunnittelumuutoksista. (Tekla julkaisuaika tuntematon.)

Trimble Connectia on mahdollista käyttää tietokoneella Windows- ja web -käyttöliittymissä ja työmaalla puhelimella/tabletilla mobiilikäyttöliittymissä. Tämä mahdollistaa aina ajantasaisten suunnitelmien siirtymisen suoraan työmaan käyttöön. (Trimble julkaisuaika tuntematon.) Kuvassa 17 käytetään tietomallia tabletilla.



KUVA 17. Tietomallin katselu Trimble Connectin mobiiliversiossa (Tekla julkaisuaika tuntematon)

Trimble Connect mahdollistaa rakenteiden katselun myös todellisessa mittakaavassa Trimble Connectin MR- ja AR -sovelluksilla. AR eli augmented reality tarkoittaa lisättyä tai rikastettua todellisuustympäristön täydentämisestä. MR eli mixed reality tarkoittaa tehostettua todellisuutta, jolla kuvataan lisättyä ja virtuaalista todellisuutta. Pääsääntöisesti laajennetusta todellisuudesta käytetään nimitystä XR eli extended reality, joka on yläkäsite virtuaalisen, yhdistetyn ja laajennetun todellisuuden teknologialle. (Siltojen inframalliohje 2022, 68–69.) Trimblen Connect MR on Trimble Connectin laajennussovellus, joka koostuu XR10-työmaaälykypärästä ja siihen liitetystä HoloLens 2 -laseista. Älykypärä yhdistettynä HoloLens 2 -laseihin avaa käyttäjälle tietomallin virtuaalisesti 3D-muodossa suoraan eteen (kuva 18). Sovellus vie tietomallin hyödyntämisen työmaalla uudelle käyttöasteelle, kun sovelluksesta voit tarkastella tietomallin rakenteiden asettumista olemassa olevien rakenteiden yhteyteen. Tämä helpottaa esimerkiksi teräsbetonisen sillan raudoitusten asentamista ja raudoitusmäärien tarkastamista.



KUVA 18. Trimble Connect MR-laajennussovelluksen XR10 -älykypärän ja HoloLens 2 -lasien käyttö. (Tekla julkaisuaika tuntematon)

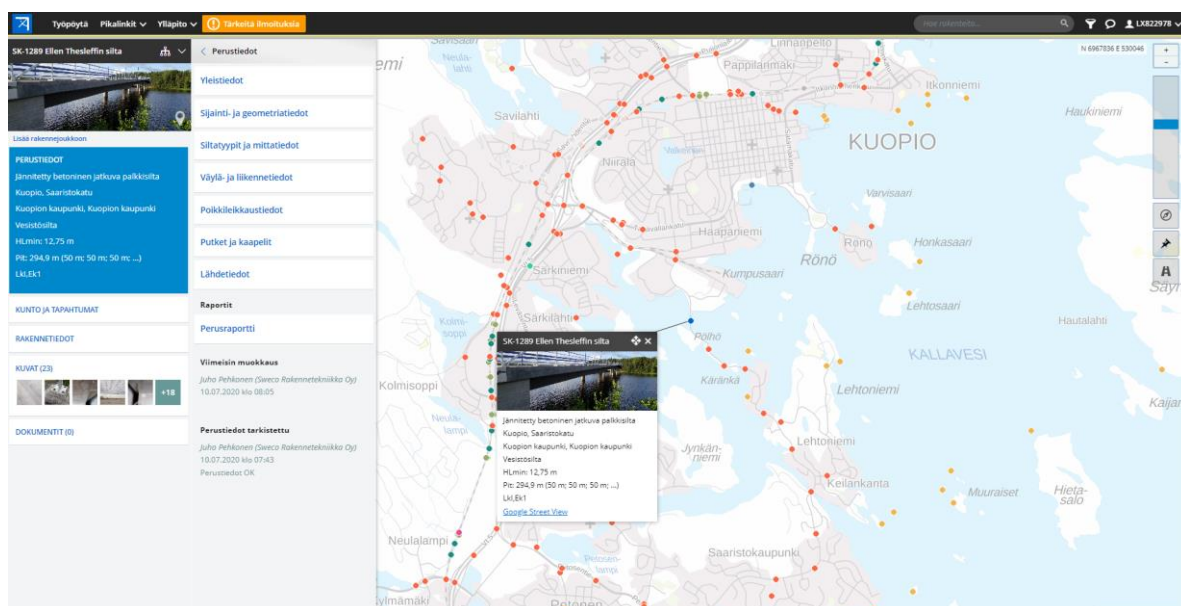
Trimble Connect AR -laajennussovellus on puolestaan tehty käytettäväksi puhelimella tai tabletilla. AR-sovellus on siksi huomattavasti edullisempi vaihtoehto, koska käyttöön ei tarvita kalliita lisävarusteita toisin kuin MR-sovelluksessa. AR-sovellus toimii samalla idealla kuin MR-sovellus. Käyttäjä voi katsoa tabletin näytöltä, kuinka tietomallin rakenteet asettuvat paikoilleen nykyiseen ympäristöön (kuva 19). Käyttäjän käyttämä laite kuvaa taustaa ja asettaa tietomallin olemassa olevien rakenteiden yhteyteen. Sovelluksen avulla voit kulkea ympäri työmaata ja katsoa, miten suunnitellut rakenteet sopivat paikoilleen jo rakennettuun ympäristöön ja kommentoida huomioitavia sekä korjattavia asioita.



KUVA 19. Trimble Connectin AR -laajennussovelluksen käyttö (building point Finland)

4 TAITORAKENNEREKISTERI

Taitorakennerekisteri eli TREX on Väyläviraston omaisuudenhallintajärjestelmä (kuva 20). Se otettiin käyttöön vuonna 2017, jolloin se korvasi edeltäjänsä siltarekisterin. Taitorakennerekisteri palvelee Väyläviraston, ELY-keskuksen ja kuntien asiantuntijoita ja palveluntuottajia. Järjestelmä sisältää hallinnollisia ja rakenteellisia tietoja sekä tietoja muun muassa vaurio- ja kuntotiedoista, silloista, tunneleista, rautatierummuista, tunneleista, merimerkeistä, tie- ja yhdysaluelaitureista sekä kanavarakenteista. Taitorakennerekisteri toimii kantakartan pohjalla, ja sieltä näkee nopeasti sillan sijainnin, yleistiedot, mitta- ja rakennetiedot sekä rakennekuvaukset. (Väylä 2022.)



KUVA 20. Sillan tiedot Taitorakennerekisterissä (Taitorakennerekisteri 2023)

Taitorakennerekisteriä käytetään Suomessa taitorakenteiden tiedon pääjärjestelmänä ja se toimii tietojen välittäjänä muihin järjestelmiin. Taitorakennerekisterin tietojen ylläpito ja muokkaaminen vaativat siihen tarkoitetun koulutuksen suorittamista hyväksytysti. Kaikki Taitorakennerekisteriin tuotu tietosisältö tulee tarkastaa, jotta tieto on oikeaa ja ajantasaista. Taitorakennerekisteriin voi saada pelkästään katseluoikeudet, mutta se vaatii Väyläviraston extranet-tunnukset. (Väylä 2022.)

Kaikki siltojen tietojen ylläpito tapahtuu Taitorakennerekisterin kautta. Kaikki siltojen tarkastetut ja hyväksytyt rakentamissuunnitelmat tallennetaan Taitorakennerekisteriin, jossa ne palvelevat siltojen ylläpitoa koko siltojen elinkaaren ajan. Suunnitelmien tallentamisesta vastaa suunnitellun kohteen siltasuunnittelija. Suunnitelmien tallentamisessa tulee noudattaa Väyläviraston määrittämiä ohjeita. (Väylä 2022.)

Taitorakennerekisteri asettaa uuden siltojen inframalliohjeen mukaan vaatimuksia sillan inframallin rakenneosien tietosisällölle ja hierarkialle. Taitorakennerekisterin merkitys omaisuudenhallintajärjestelmänä korostuu, kun inframallit toteutetaan Taitorakennerekisterin asettaman jaottelun mukaisesti. Jatkossa inframalleja voidaan hyödyntää koko sillan elinkaaren ajan Taitorakennerekisterin kautta. (Sillan inframalliohje 2022, 16.) Taitorakennerekisterin rajapinnan kehitystyötä jatketaan vasta vuonna 2024, joten suoraa inframallien hyödyntämistä ei voida vielä Taitorakennerekisterin avulla tehdä (Väyläviraston info 5.1.2023).

5 TIETOMALLIPOHJAISEN RAKENTAMISSUUNNITELMAN TARKASTAMINEN

Tietomallipohjaisen suunnittelun lisääntyessä tulee eteen suunnitelmien laadunvarmistus eli tietomallipohjaisten rakentamissuunnitelmien tarkastaminen. Tietomallipohjaisia suunnitelmia voidaan käyttää dokumenttipohjaisten suunnitelmien rinnalla tai kokonaan hankkeiden määräävinä suunnitelmina. Tietomallipohjaisen suunnitelman käyttö hankkeen määräävänä suunnitelmana on kuitenkin vielä murrosvaiheessa. Pääasiassa hankkeiden määräävinä suunnitelmina ovat toimineet dokumenttipohjaiset piirustukset. Ohjausryhmän mukaan hankkeissa, joissa tietomallipohjainen rakentamissuunnitelma on toiminut hankkeen määräävänä suunnitelmana, on tarvittu kuitenkin paljon dokumenttipohjaisten piirustusten tekemistä tietomallin tueksi. Piiraisen (2022, 52) mukaan piirustusteoksen toiminnan syitä ovat: piirustukset ovat pääsääntöisesti tilaajalle toimitettavaa luovutustietoa, tilaajalla ei ole riittävää osaamista ja ymmärrystä tietomallien käytöstä ja sen tietosisällöstä sekä urakoitsijan heikko tietomallinnusosaaminen.

Nurmimäen (2022, 47) mukaan tietomallipohjaisen rakentamissuunnitelman tarkastus voidaan toteuttaa visuaalisesti, tietomallinnusohjelman sisäisellä tarkastusohjelmalla tai erillisillä tarkastusohjelmilla. Noeskosken (2021, 84) mukaan tietomallipohjaisia suunnitelmia voidaan tarkastaa myös tietotekniikkaa hyväksikäyttäen puoliautomaattisesti tai lähes kokonaan automaattisesti.

Opinnäytetyö keskittyy pääasiassa suunnitelmien visuaaliseen ja suunnittelijan/tarkastajan itsenäiseen tarkastamiseen. Tietomallipohjaisesta suunnitelmasta tulee tarkastaa samat suunnittelutekniset asiat kuin dokumenttipohjaisesta suunnitelmasta ja lisäksi tietomallitekniset asiat. Tämän opinnäytetyön tavoite on selkeyttää tietomallin tietosisällön tarkastusta suunnitelmien teettäjän näkökulmasta. Toimeksiantajan tavoitteena on varmistaa suunnitelmien oikeellisuus, rakennettavuus ja turvallisuus.

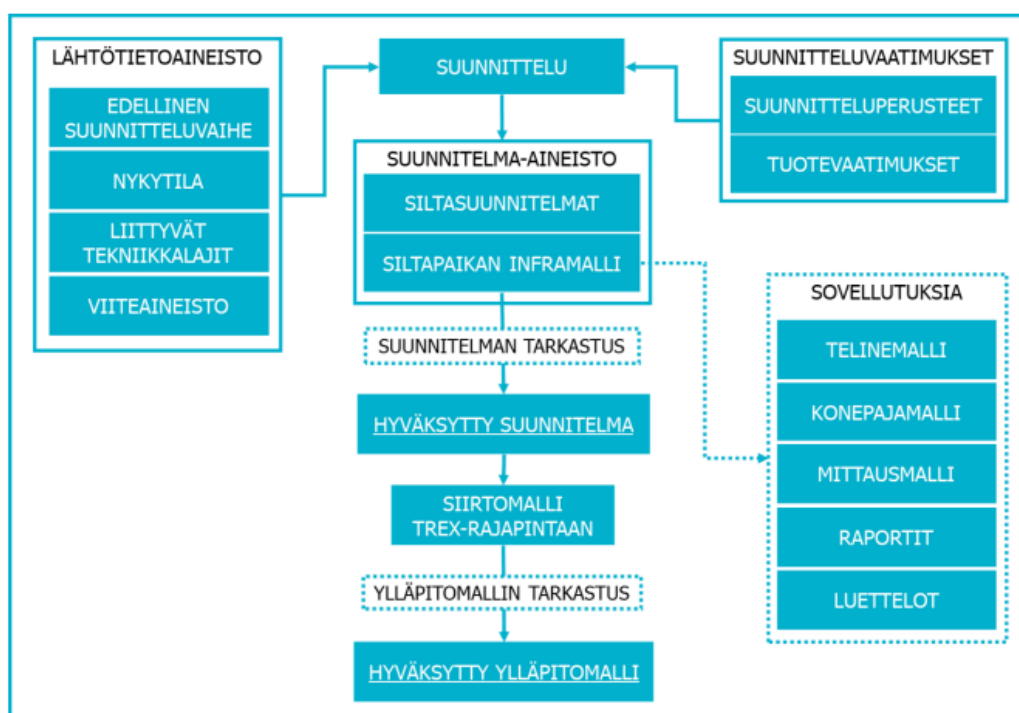
Noeskosken (2021, 80) mukaan tietomallinnuksen edelläkävijä on Iso-Britannia, jossa tarkat tietomallinnusohjeet ja vaatimukset ovat ajaneet julkisen sektorin tietomallien käyttöä tietomallipohjaisessa suunnittelussa ja toteutuksessa huomattavasti eteenpäin. Myös Norjassa, Suomessa, Ruotsissa, Singaporessa, Hong Kongissa, Etelä-Koreassa ja Australiassa julkinen sektori määrittää tietomallin käyttöä hankkeissaan. Suuria satsauksia tietomallin käyttöön on tehnyt Norja, joka pyrkii viemään koko hankeprosessin tietomallipohjaiseksi. Norjassa tietomallintamista ohjaa Norjan tiehallinnon Statens vegvesen -tietomallinnusohjeet, jotka kohdistuvat suunnitteluun ja pääurakointiin. (Statens vegvesen 2019.) Noeskosken (2021, 80) mukaan myös monen muun maan hallitukset ovat suosilleet tietomallien käyttöä ja ovat siten pyrkineet edistämään niiden käyttöä.

Dokumenttipohjaisten piirustusten korvaaminen tietomallipohjaisella rakentamissuunnitelmalla edellyttää, että pääurakoitsijalla on edellytykset toteuttaa hanke tietomallipohjaisesti. Lisäksi tilaajalla täytyy olla käytössään tarpeeksi tarkasti määritetyt tietomalliohjeet, joiden pohjalta tietomallipohjainen suunnitelma on toteutettavissa. Tietomallipohjaiseen suunnitelmaan pitää pystyä sisällyttämään yhtä paljon tietoa kuin dokumenttipohjaiseen suunnitelmaan. Voimassa olevia ohjeita tietomallintamiseen ovat Väyläviraston siltojen inframalliohje ja Helsingin kaupungin taitorakenteiden tietomallinnusohje sekä Yleiset inframallivaatimukset YIV 2021.

5.1 Tarkastusprosessi yleisesti

Tietomallipohjaisen rakentamissuunnitelman tarkastusprosessin tulee noudattaa osittain samaa kaavaa kuin dokumenttipohjaisesti tuotettujen suunnitelmien tarkastaminen. Ensin suunnitelmat menevät sisäiseen tai/ja ulkopuoliseen tarkastukseen kohteen vaativuuden mukaan. Suunnittelijan oma laadunvarmistus korostuu suunnitelmien siirtyessä tietomallipohjaisiksi. Suunnitelmien sisäisen ja ulkoisen tarkastuksen jälkeen suunnitelma toimitetaan suunnitelman teettäjän hyväksyttäväksi. Hyväksynnässä esim. maantiesiltojen osalta Väyläviraston silta-asiantuntija tai ELY-keskuksen insinööri ja katusiltojen osalta kaupungin edustaja tarkastaa ja hyväksyy suunnitelmat. Ohjausryhmän mukaan myös suunnitelman teettäjä voi käyttää omassa tarkastuksessaan apuna ulkopuolista tarkastusta, jota voidaan kutsua kolmannen osapuolen tarkastukseksi.

Suunnitelmien hyväksymisen jälkeen suunnitelmat siirretään Taitorakennerekisteriin. Suunnitelmien siirrossa käytetään apuna siirtomallia, joka viedään Taitorakennerekisteriin. Taitorakennerekisterissä sitä hyödynnetään sillan ylläpidossa koko sillan elinkaaren ajan. Myös tämä tuo lisää tarkastusvaiheita prosessiin, koska siirtomallista laadittu ylläpitomalli vaatii oman tarkastuksen. (Sillan inframalliohje 2022, 14). Suunnittelu- ja tarkastusprosessin kulkua Väyläviraston hankkeissa havainnollistaa kuva 21.



KUVA 21. Tietomallipohjaisen suunnitteluhankkeen kulku Väyläviraston hankkeissa (Siltojen inframalliohje 2022, 14)

Taitorakenteiden rakentamissuunnitelmien tarkastuksessa olisi hyvä noudattaa Väyläviraston taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohjetta. Väyläviraston hankkeissa tarkastusprosessia ohjaa siltojen inframalliohje, joka määrittää mallintamisen laajuuden ja tietomallipohjaisen rakentamissuunnitelman käytön tarkastus- ja hyväksymisprosessissa. Helsingin tilaamissa hankkeissa tarkastamisessa käytetään Helsingin kaupungin taitorakenteiden tietomallinnusohjetta. Yleisesti hankkeiden tarkastamisessa käytetään yleisiä inframallivaatimuksia (YIV). Muita prosessia hyödyttäviä ohjeita ovat Väyläviraston taitorakenteiden tiedonkäsittely - Tiedon syöttäminen Taitorakennerekisteriin ja

dokumenttien toimittamien arkistoon -ohje sekä Suunnittelu- ja toteutusprojektin aineiston hallinta Velho-järjestelmässä -ohje. Myöhemmin tullaan julkaisemaan lisäksi taitorakenteiden tiedonsiirto -ohje, joka tarkentaa siirtomallin sisältöä. Kaikissa tietomallipohjaista suunnittelua käyttävissä hankkeissa tulee tilaajan huolehtia, että suunnittelua ohjaavat ohjeet ja vaatimukset ovat yksiselitteisiä (Siltojen inframalliohje 2022, 14.)

5.2 Tarkastustapojen muutokset

Suurin muutos nykyisten dokumenttipohjaisten suunnitelmien tarkastuksessa käytettävään tarkastusprosessiin on se, ettei tarkastettavana ole dokumenttipohjainen piirustus, jossa kaikki selitykset ovat nopeasti luettavissa, vaan 3D-muodossa oleva tietomalli. Se tuo paljon etuja, mutta myös paljon uusia haasteita. Kaikkia asioita ei pystytäkään esittämään niin helposti luettavassa muodossa kuin dokumenttipohjaisessa suunnitelmassa.

Nykyinen dokumenttipohjainen rakentamissuunnitelma sisältää itse piirustuksen rakenteen geometriasta, joka tulisi vastata tietomallin geometriaa. Erona on toki se, että piirustuksessa geometria on yleensä esitetty 2D-muodossa. Tietomallissa haasteeksi tulee mittojen esittäminen nopeasti tarkastettavassa muodossa. Ratkaisuna tähän voidaan käyttää näkymiä, jotka vastaavat nykyisten piirustusten katselusuuntia tai info-objektien lisäämistä, joilla voidaan esittää tärkeimpiä mittoja ja tilavarauksia. Valmiisiin näkymiin voidaan lisätä tarvittavat mitat näkyviin, jotta suunnitelma olisi nopeampi tarkastaa. Valmiiksi tehtyjen näkymien ongelma on se, että ne eivät siirry tietomallin mukana, vaan ovat vain katseluohjelmassa käytössä ja näin jatkoohjodyntämisen kannalta myös toteuttajaorganisaation tulisi käyttää tietomallia saman katseluohjelman kautta.

Kaikki dokumenttipohjaisessa suunnitelmassa oleva tietoselostuksen sisältö, kuten laatutiedot, viittaukset ja liittyvät suunnitelmat, tulee sisällyttää tietomalliin. Suurin osa tiedosta voidaan sisällyttää tietomallin objekteihin eli sillan rakenneosiin. Rakenneosille voidaan määrittää muun muassa koordinaatit, tilavuus, materiaali, toteuttaja ja toteutustapa. Rakenneosaan voidaan liittää myös kyseistä rakennusosaa koskevat vaatimukset ja laskelmat. Kaiken tiedon sisällyttäminen malliin järkevästi on erittäin vaikeaa nykyisillä toimintatavoilla. Jatkossa tulee miettiä, kuinka rakentamisessa tarvittava tieto ja liittyvät suunnitelmat ovat paremmin ja nopeammin luettavissa.

Nurmimäen (2022, 49) mukaan kaikkia varusteita ei nykyisin kannata mallintaa, koska niistä on saatavilla Väyläviraston tyyppipiirustuksia, jotka voidaan linkittää malliin hyperlinkeillä. Varusteiden ollessa mallissa näköisobjekteina voidaan säästää aikaa suunnittelussa ja vähentää virheiden mahdollisuutta.

Nurmimäen (2022, 74) tekemässä opinnäytetyössä tutkittiin myös tietomallin laadunvarmistuksen kehittämisen kohteita. Kyselytutkimuksen mukaan eniten kehittämistä kaivattiin tarkastuksen ohjeistamiseen. Tutkimuksen vastaajien mukaan tarkastusohjeen tulisi määrittää ohjeet erikseen mallintajalle, tietomallikoordinaattorille ja projektipäällikölle. Ohjeen tulisi sisältää tarkastuksen toimintatavat ja tehtävät. Lisäksi oli toiveena, että ohje listaisi tarkastuksen pääpiirteet ja yksityiskohtaisen prosessikuvauksen.

Muita kehittämisen kohteita tarkastuksen ohjeistamisen lisäksi oli tärkeysjärjestyksessä tärkeimmästä vähäisimpään: tarkastuksen johtaminen, viestintä eri osapuolten välillä, tarkastuksen automatisointi, tarkastuksen raportointi, mallintaminen, tarkastusohjelmat, muu kehittäminen ja tarkastuksen arkistointi. Tutkimukseen oli vastannut 129 Swecon toimihenkilöä eri toimialoilta, jotka olivat tehneet tietomalleille sisäistä tai/ja ulkoista laadunvarmistusta. (Nurmimäki 2022, 62–74).

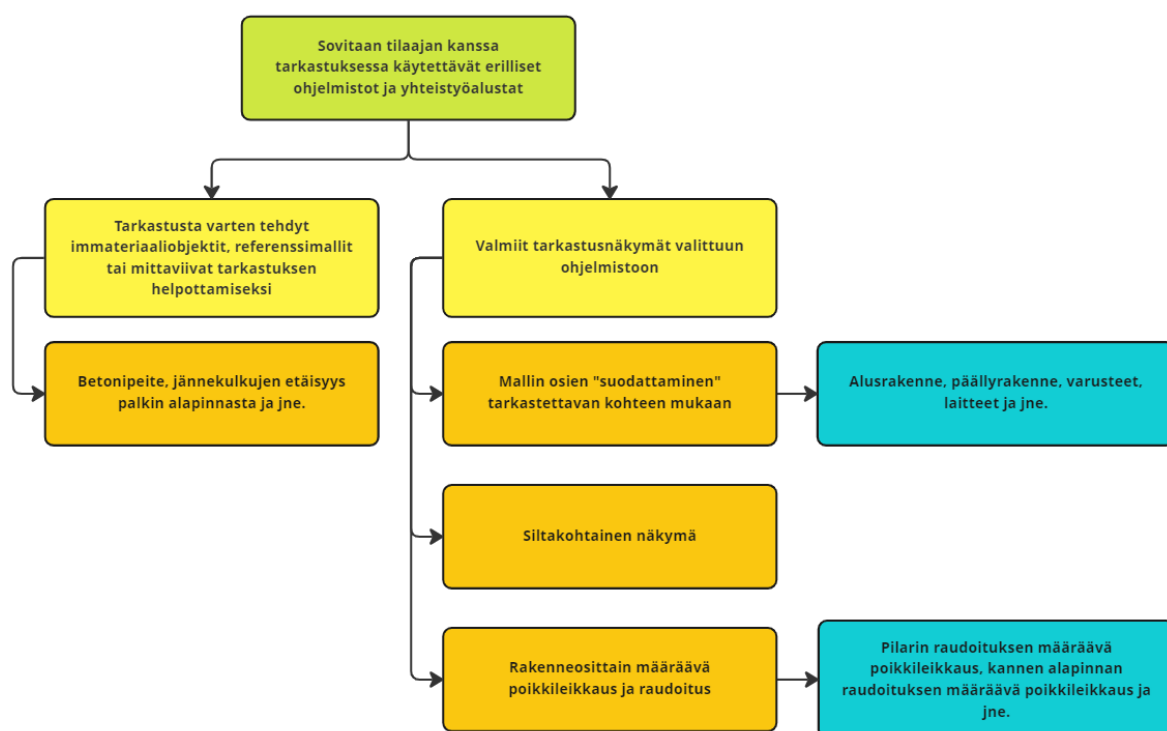
5.3 Nykyiset ohjeet tietomallipohjaisesta tarkastuksesta

Väyläviraston siltojen inframalliohje määrittää karkeasti suunnittelijan tarkastuksen laajuuden tietomallipohjaiseen suunnitelmaan ja tilaajan tarkastuksen toimintatapaehdotukset. Suunnittelijan tarkastuksen tulee sisältää geometrian ja tietosisällön tarkastus verrattuna lujuuslaskelmiin, hankekohdaisiin tuotevaatimuksiin ja hankekohteisesti määritettyihin ohjeisiin. Lisäksi kaikki vaatimusten poikkeamat tulee kirjata tietomalliselostukseen. (Siltöjen inframalliohje 2022, 61.) Kuva 22 havainnoi suunnittelijalle kohdistettua suunnitteluteknisen laadunvarmistuksen sisältöä.

Suunnitteluratkaisujen laadunvarmistus	
Geometrinen tarkastus	Tietosisällöllinen tarkastus
Rakenneosien mitat • Pituus • Korkeus • Jne. Törmäystarkastelut • Raudoituksien betonipeite • Pilareiden liitos kanteen • Jne. Yhteensovitus eri tekniikka-alojen inframallien kanssa • Silta • Geo • Väylä • Jne. Yhteensovitus siltapaikan nykytila-aineiston kanssa	Rakenneosien ominaisuustiedot • Nimi • Materiaali • P-luku • Jne. Määrälaskentaa tukevat tiedot • Tilavus • Massa • Jne. Rakenneosien hierarkian tarkastus
Tekninen laadunvarmistus	
Tekninen tiedonsisältö	Tiedonhallinta
Sallitut standardit • IFC • Inframodel • Jne.	Dokumentointi • Inframalliselostus • Itselletuovutusdokumentit • Jne. Tiedostojen nimeäminen ja kansiorakenteet

KUVA 22. Siltojen inframalliohjeen mukaan suunnittelijan tekemien suunnitteluratkaisuiden laadunvarmistuksen sisältö (Siltöjen inframalliohje 2022, 61–62)

Siltöjen inframalliohjeen mukaan tilaajan tarkastus voidaan toteuttaa myös tietomallipohjaisiin suunnitelmiin. Tilaaan tulee määrittää varsinainen suunnitelmien tarkastustapa hankeasiakirjoissa. Tilaaaja voi määrittää tarkastuksen toteutukselle ja inframallin esittämiselle erillisiä vaatimuksia, jotta tarkastus on mahdollista toteuttaa sujuvasti. (Siltöjen inframalliohje 2022, 61–62.) Tilaaajan tarkastuksen edellytyksiä esittää kuva 23.



KUVA 23. Siltojen inframalliohjeen mukaan tilaajan mallipohjaisen tarkastuksen edellytykset (Siltojen inframalliohje 2022, 62)

Siltojen inframalliohjeen lisäksi ohjeita tietomallipohjaisen suunnitelman tarkastamiseen antaa YIV eli yleiset inframallivaatimukset. YIV:n mukaan suunnittelija on vastuussa tuottamansa aineiston teknisestä laadusta ja suunnitelmien sisällöstä. Suunnittelija omassa laadunvarmistuksessaan tarkastaa tietomallin alkuperäisellä suunnitteluohjelmalla ja sen työkaluilla dokumentoidun itselle luovutuslomakkeen mukaisesti. Ristiintarkastuksen tulee suorittaa suunnittelutoimiston toinen suunnittelija tai laadunvarmistukseen erikoistunut asiantuntija. Lisäksi suunnittelijan tulee huomioida suunnittelu- alakohtaiset tehtäväluettelot, määräykset ja lait. Tietomallikoordinaattorin tarkastettavia asioita ovat mallien vaatimustenmukaisuus, koordinaatisto, mittayksiköt ja tiedonsiirtoformaatit. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 101–102.)

Yleiset inframallivaatimukset asettaa vaatimuksia niin, että tarkastukseen tulevat mallit tulee laatia hankkeessa sovittujen ohjeiden ja vaatimusten mukaisesti sekä aineisto tulee tuottaa avoimessa tiedonsiirtoformaatissa. Lisäksi tulee laatia vaadittu dokumentaatio ja itselleluovutus. Mallien laadunvarmistuksen tavoite on varmistaa, että tietomallit ovat laadittu määrättyjen ohjeiden ja vaatimusten mukaisesti ja että ne soveltuvat niiden käyttötarkoitukseen. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 103.)

Yleiset inframallivaatimukset (YIV) havainnollistaa laadunvarmistusprosessia neljän eri näkökulman kautta:

1. Inframallin laadun arviointi ja yhteensopivuus.

- Onko suunnitelmien kokonaisratkaisu toimiva ja toteutuskelpoinen?
- Onko tekniikka- ja osamallien yhteensovituksessa virheitä tai ristiriitoja?
- Ovatko kaikki mallit yhteensopivia?

2. Inframallin tietosisältö ja sen kattavuus.

- Onko kaikki vaadittava suunnittelu-, rakentamis- ja ylläpitovaiheen tieto sisällettynä mallissa?

3. Inframallin tekninen tietosisältö.

- Onko inframalli toteutettu vaaditun standardin ja nimikkeistön mukaisesti?

4. Tiedonhallinta.

- Onko tuotettu ja luovutettava suunnitelma-aineisto dokumentoitu ohjeessa esitettyjen hyvän tiedonhallinnan periaatteiden mukaisesti, sisältäen tietomalliselostukset, aineistoluettelot ja itselleluovutusdokumentit. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 102–103.)

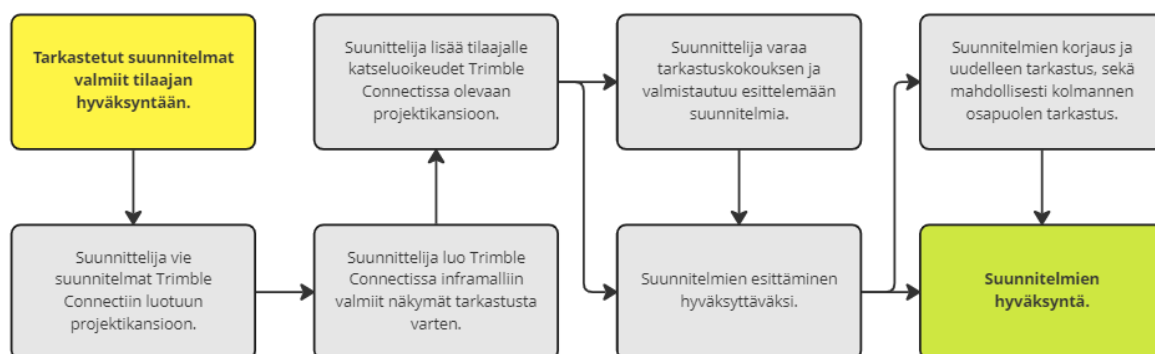
5.4 Tarkastusprosessi Trimble Connectin avulla

Tietomallipohjaisen rakentamissuunnitelman tarkastamisessa voidaan käyttää erilaisia tietomallin katseluohjelmia, joita ovat mm. Trimble Connect-, Solibri Model Wiewer- ja Dalux Build -ohjelmat. Opinnäytetyössä valitsin prosessin läpiviennin havainnollistamiseksi Trimble Connect -ohjelman, jonka avulla tarkastusprosessia lähdin suunnittelemaan. Trimble Connectin etuja on suunnittelijan ja tarkastajan hyvä viestintämahdollisuus, jolloin tarkastaja voi linkittää korjattavat tai tarkennettavat asiat suoraan tietomallin rakenneosaan tai tiedostoon. Trimble Connectia voidaan käyttää myös koko hankkeen tai itse tarkastuksen projektipankkina ja se on hyvä pilvipohjainen yhteistyöalusta. (Tekla julkaisuaika tuntematon)

Suunnitelmien hyväksymisprosessi Trimble Connectin avulla lähtee etenemään siitä, kun suunnittelija tekee Trimble Connectiin uuden projektikansion, johon hän lisää kaikki rakentamissuunnitelmat. Tässä prosessissa keskitytään varsinaisen inframallin tarkastamiseen ja tarkastamaan sillan yhteensopivuutta muiden tekniikka-alojen suunnitelmiin yhdistelmämallin avulla (kuva 24). Tämän jälkeen suunnittelija tekee Trimble Connectissa rakentamissuunnitelman inframalliin valmiit näkymät tärkeimmistä suunnista ja leikkauksista sekä tekee rakenneosakohtaisia näkymiä. Niihin hän suodattaa vain tarkastettavat rakenneosat näkyviin, kuten esimerkiksi alusrakenteet, päällysrakenteet, varusteet ja laitteet. Tämän tavoitteena on luoda malliin valmiita tarkastusnäkymiä, jolla voidaan nopeuttaa ja selkeyttää suunnitelman sisällön läpikäyntiä. Suunnitelman katselua voidaan tehostaa lisäämällä malliin immateriaaliobjekteja, referenssimalleja ja mittaviivoja. Nurmimäen (2022, 45) mukaan immateriaaliobjekteilla voidaan esimerkiksi kuvata mallissa jännemittoja, hyödyllisiä leveyksiä, mittapisteitä, paalulukuja, alikulkukorkeutta sekä tietoa rakenneosista ja varusteista info-objekteilla. Piiraisen (2021, 66) mukaan tutkituissa kansanvälisissä hankkeissa tietomalleihin oli määritetty projekti-kohtaisesti IFC-attribuutteja, jotka olivat mahdollistaneet tietomallin sisällön selkeämmän lukemisen eri osapuolten välillä.

Kun suunnitelmat ovat valmiita tarkastukseen, suunnittelija lisää tilaajalle katseluoikeudet projektikansioon ja varaa tarkastuskokouksen tilaajan kanssa sekä valmistautuu esittelemään suunnitelmia. Suunnitelmien tarkastus voidaan toteuttaa tarkastajan itsenäisenä työnä tai suositeltavan tarkastuskokouksen avustuksella. Tarkastuskokoukseen voidaan kutsua myös kohteen suunnittelijan lisäksi konsulttitoimistojen sisäisessä ja ulkoisessa tarkastuksessa olleita suunnittelijoita. Suunnitelmien teettäjä voi esittää suunnitelmat hyväksyttäväksi suoraan tai korjauskierroksen kautta.

Ohjausryhmän mukaan suunnitelman teettäjä voi käyttää myös kolmannen osapuolen tarkastusta apuna suunnitelmien hyväksynnässä, mikä on nykyisin tietomallien osalta yleistä.



KUVA 24. Tietomallipohjaisen rakentamissuunnitelman hyväksymisprosessi (Vuokila 2023)

Tarkastuksessa tarkastaja voi linkittää korjaus- ja tarkennusvaatimukset Trimble Connectissa suoraan tietomalliin joko kommenttityökalulla tai ToDo-tehtävälle. ToDo-tehtävän avulla suunnittelijan on helppo hahmottaa korjattavan asian laajuus. ToDo-tehtävä säilyy suunnittelijan ja tarkastajan näkyvillä, kunnes tarkastaja toteaa sen korjatuksi. ToDo-tehtävään tarkastaja voi kirjoittaa selostuksen korjattavista asioista ja suunnittelija selostuksen tekemästään korjauksesta. Kun suunnitelmat on korjattu ToDo-tehtävien ja kommenttien mukaan, voi tarkastaja hyväksyä suunnitelmat. Tarkastuksesta tulee tehdä dokumentoitu raportti, joka voidaan liittää osaksi suunnitelmia. Nurmimäen (2022, 54) mukaan ToDo-tehtävät voidaan kasata otsikoiden avulla Excel-taulukoksi ja liittää osaksi tarkastusraporttia.

5.5 Tarkastuslista tarkastuksen tukena

Tietomallipohjaisen rakentamissuunnitelman eli inframallin tarkastus voidaan toteuttaa joko käsin tai tietotekniikkaa hyödyntäen ja myös osittain automaattisesti. Tämä opinnäytetyö painottuu tietomallin käsin tarkastamiseen. Tietomallipohjaisesta suunnitelmasta tulee tarkastaa samoja asioita, joita tarkastetaan dokumenttipohjaisesta suunnitelmasta ja lisäksi voidaan suorittaa niin sanottuja pistotarkastuksia tärkeimpiin suunnittelukohtiin eli eniten tarkastelua vaativiin rakenteisiin. Ohjausryhmän mukaan näitä voivat olla esimerkiksi ankkuripään raudoitukset tai kannen raudoitusten jakautuminen.

Tarkastuksen tukena on hyvä käyttää erilaisia tarkastuslistoja, jolloin kaikki suunnittelutekniset ja tietomallinnustekniset asiat tulevat tarkistettua. Inframallin tarkastuksessa voidaan esimerkiksi käyttää YIV:n (liite 4.3) inframallien tarkastuslomaketta. Tarkastuslomake pohjautuu enemmän tietomallinnustekniseen tarkastukseen. Opinnäytetyön tuloksena syntyi tietomallipohjaisen taitorakenteen rakentamissuunnitelman tarkastuslomake (liite 2), jonka avulla on helpompi tarkastaa tietomallipohjainen suunnitelma niin suunnittelu-, kuin tietomallinnusteknisesti. Tarkastuslistan tarkoitus on auttaa suunnitelman tarkastajia ja hyväksyjä löytämään oikeat asiat tietomallista järjestelmällisesti. Tarkastuslistan sisältö on suuntaa antava, koska tarkka listaus tarkastettavista kohdista ja asioista vaatisi siltatyypikohtaiset luokittelut.

Pääasiassa suunnitelmien hyväksyjää kiinnostaa suunnitelmatekniset asiat, ei niinkään tietomallitekniset asiat, eli se onko kaikki objektit mallinnettu oikein. Tietomallitekniisten asioiden voidaankin olettaa olevan kunnossa tietomallin tullessa suunnitelman teettäjän tarkastukseen ja hyväksyttäväksi. Suunnitelmien nykyisessä tarkastus- ja hyväksymisprosessissa on noudatettu paljon tarkastajien omia käytäntöjä, yhteistä linjaa tarkastettavista asioista hyväksymisvaiheessa ei ole. Tarkastuksen tarkoitus on kuitenkin varmistaa suunnitelmien oikeellisuutta, turvallisuutta ja toteutettavuutta. Tavoitteena on siis tarkastaa rakenneteknisiä asioita, joita ovat esimerkiksi sillan päämitat, raudoituksen oikea määrä ja määräävä poikkileikkaus laskelmien mukaan, betonin p-luku, betonin lujuusluokka, betonipeitteen paksuus, rasitusluokat, varusteiden ja laakereiden tiedot sekä laakerointitilat.

5.6 Suunnitelmien tarkastuskokous

Suunnitelmien tarkastusprosessissa voidaan käyttää apuna suunnittelijan ja tilaajan välistä tarkastuskokousta, jossa suunnittelija esittelee suunnitelmia tilaajalle. Tarkastuskokouksen tarkoitus on helpottaa suunnitelmien hyväksyjän tarkastusta, koska tilaajan tietomalliosaaminen ei välttämättä ole riittävällä tasolla. Suunnitelmien hyväksyjä voi käyttää tukena myös kolmannen osapuolen tarkastusta, jotta suunnitelmien oikeellisuudesta voidaan varmistusta. Tarkastuskokouksen tukena voidaan käyttää opinnäytetyön (liite 1) mukaista tarkastuslomaketta. Tarkastuskokoukseen voidaan pyytää suunnitelmien sisäinen ja ulkoinen tarkastaja mukaan. Ohjausryhmän mukaan avoin keskustelu suunnitelmien sisällöstä ja suunnittelussa nousseissa ongelmista on tärkeää suunnitelmien hyväksyjälle. Näin myös suunnitteluratkaisujen syyt ja tulokset tulevat paremmin esiin.

Tarkastuskokouksessa kohteen suunnittelija esittelee suunnitelmia tietomallin avulla ja kertoo suunnitteluratkaisujen syyt ja tulokset laskelmien ja suunnittelua ohjanneiden lähtötietojen pohjalta. Ohjausryhmän mukaan tavoitteena on esittää esimerkiksi, miksi kannessa on tietyn verran raudoituksia ja mikä on syy valitun betonin lujuusluokalle.

5.7 Suunnitelmien vienti Taitorakennerekisteriin

Nykyisin kaikki rakentamissuunnitelmat pyritään viemään Taitorakennerekisteriin, jossa ne palvelevat sillan ylläpitoa. Näin tullaan toimimaan myös jatkossa, kun siirrytään laajempaan tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Nykyisin Taitorakennerekisteriin viedään suunnitelmat, joita ovat käytännössä piirustukset ja kohteesta laadittu tietomalli. Tietomallin sisällölle ei ole ollut tarkempaa vaatimusta kuin se, että tietomalli on mallinnettu olemassa olevien ohjeiden mukaan. Uuden siltojen inframalliohjeen mukaan tietomallin eli inframallin sisältöä määrittävät Taitorakennerekisterin luokitukset (kuva 26). Tietomallin sisällön täytyy olla jaoteltu siten, että Taitorakennerekisteri osaa lukea mallia. Suunnitelmien siirtämisessä käytetään siirtomallia, joka on nimitys siirrettävälle inframallille. (Siltojen inframalliohje 2022, 51).

inttest Työpöytä Pikalinkit Ylläpito Tarkasta ilmoituksia

Ylläpito

Rakenneosatyypin ylläpito

VERSIO: Inframalliohje 2019 SUODATA STANDARDISILAILLA: - valitse -

Suodata rakenneosatyypin nimellä tai sen osalla

Inframalliohje 2019 / kaikki rakenneosatyypit

- Alustaväli
- Etuloiska
- Hulevesiputki
- Kaapelikaivo
- Kaidepylväs Kokoonpanon osa
- Kansilaatta
- Keila
- Kiinnityslevy Kokoonpanon osa
- Kulutuskerros Kokoonpanon osa
- Laatta
- Peruslaatta
- Pilari
- Pulttikiinnitys Kokoonpanon osa
- Päätyrakenteen suojarakenne
- Päätyyste
- Päätypalkki
- Päätyviiste Kokoonpanon osa
- Reunapalkki

Rakenneosatyypin ylläpito

- Kaikki ominaisuudet
- Hyväksymättömät ominaisuudet
- Rautatierumpu
- Laituri
- Melueste
- Tunneli
- Tukimuuri
- Paalulaatta
- Kallioleikkaus
- Merimerkki
- Silta
- Sulut

Inframalliohje

- Silta

Koodistot

Standardikuvaukset

Mallirakenteet

Organisaatiot

Sopimussuhteet

Excel-viennit 60 päivän ajalta

KUVA 25. Rakenneosien luokittelu Taitorakennerekisterissä (Siltojen inframalliohje 2022, 47)

S-3000 Reunapalkki

Korkeus Dimensio, yksi arvo | m

Leveys Dimensio, yksi arvo | m

Pituus Dimensio, yksi arvo | m

Poikkileikkauksen pinta-ala Dimensio, yksi arvo | m²

Sijainti pituussuunnassa Suhteellinen sijainti

Sijainti poikittaissuunnassa Suhteellinen sijainti

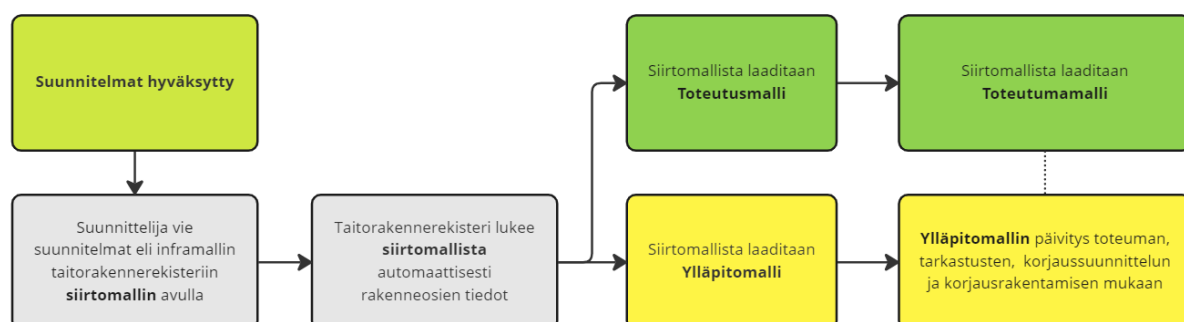
Suojausmenetelmä Useampi koodiston arvo | 14 arvoa ▾

- Epoksi
- Impregnointi
- Katodinen suojaus
- Kreosoottikyllästys
- Kuumasinkitys
- Lahosuojaus
- Lämpökäsittely
- Mäntyöljykyllästys
- Rasvapinnoite
- Suolakyllästys
- Suolapainekyllästys A
- Suolapainekyllästys AB
- Töherryksenestoaine
- Valu muottikangasta vasten

KUVA 26. Esimerkkinä reunapalkille syötettävät tai siirtomallista luettavat tiedot Taitorakennerekisterissä (Taitorakennerekisteri 2023)

Siirtomallin tavoite on siirtää suunnitelmien tiedot automaattisesti osaksi Taitorakennerekisterin järjestelmää. Siirtomalli siirretään Taitorakennerekisteriin IFC-formaatissa, ja sen tulee sisältää inframallin mukaan silta- ja ympäristö taitorakenteiden määräysten mukaan. Tärkeintä on, että kaikki rakenneosat on nimetty, jaoteltu ja numeroitu ohjeen mukaan oikein, jotta Taitorakennerekisteri osaa lukea siirtomallia (kuva 26). Suunnitelmat voidaan edelleen viedä Taitorakennerekisteriin myös ilman Taitorakennerekisterin mukaista jaottelua, mutta silloin suunnittelija joutuu manuaalisesti lisäämään kaikki tiedot, jotka Taitorakennerekisteri lukee siirtomallista automaattisesti. Tämä koskee kaikkia toimijoita, jotka eivät käytä Väyläviraston siltojen inframalliohjetta tai Taitorakennerekisterin luokitusten mukaan päivitettyä ohjetta. Tällä hetkellä esimerkiksi Helsingin kaupungin taitorakenteiden tietomallinnusohjeen mukaan tehdyt tietomallit eivät täytä siirtomallin vaatimuksia.

Suunnitelmien hyväksymisen jälkeen suunnittelija siirtää suunnitelmat Taitorakennerekisteriin siirtomallin avulla (kuva 27). Siirtomalli voi olla sisällöltään sama kuin hyväksytty inframalli. Siirtomallin sisältöä määrittää sillan siirtomalliohje, joka on vielä työn alla. Se on tavoitteena julkaista vuoden 2024 aikana. Siirtomalliohjeessa tarkoitus on esittää ohjeet uusista toimintatavoista, siitä miten uusiin vaatimuksiin voidaan päästä sekä mitkä kaikki asiat ovat muuttuneet. Taitorakennerekisterin kehittämistä jatketaan vasta vuonna 2024. Täten tämän opinnäytetyön kirjoitushetkellä eletään vielä siirtymävaihetta, ja on vielä oiva aika opetella uusia siltojen inframalliohjeen tuomia toimintatapoja.



KUVA 27. Inframallin hyödyntäminen Taitorakennerekisterissä (Vuokila 2023)

Siirryttäessä tietomallipohjaiseen rakentamiseen laaditaan siirtomallista toteutusmalli, jota voidaan käyttää suoraan rakentamiseen ja osien valmistukseen. Mallin on tavoite palvella toteutusta, ja se voi olla sisällöltään sama kuin inframalli tai siitä jatkojalostettu versio. Mallia voidaan esimerkiksi rikastaa toteutuksen vaatimilla tiedoilla. Toteutuksen jälkeen inframalli päivitetään toteumatiedolla, jolloin se palvelee myös sillan ylläpitoa. Sillasta laaditaan Taitorakennerekisteriin ylläpitomalli, jota päivitetään koko sillan elinkaaren ajan siihen tehtyjen tarkastusten ja korjausten perusteella. (Sillan inframalliohje 2022, 13).

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tietomallin käyttö hankkeen määräävänä suunnitelmana on vielä murrosvaiheessa. Rakentamissuunnitelma voidaan kyllä toteuttaa tehokkaasti tietomallipohjaisena, mutta sen tehokas käyttö työmaalla toteutuksessa ja ylläpidossa on vielä kehitysvaiheessa. Siksi dokumenttipohjaiset rakentamissuunnitelmat toimivat vielä pääsääntöisesti hankkeiden määräävinä suunnitelmina, ja ne tehdään perinteisellä dokumentilla eli 2D-muodossa piirrettynä tai tietomallista suoraan tuotettuina piirustuksina. Pääsääntöisesti nykyään kuitenkin pyritään tekemään piirustukset suoraan tietomallista. Tietomallin ja piirustusten täytyykin olla yhdenmukaiset, ja niiden välillä ei saa olla mitään ristiriitoja. Tietomallin paremmasta hyödyntämisestä työmaalla on olemassa jo useita sovelluksia ja innovaatioita, mutta niiden käyttöaste Suomessa on vielä vähäinen. Yksi niistä on Trimblen tuottama HoloLens-ohjelma ja AR-sovellus.

Rakentamissuunnitelmien muuttuminen tietomallipohjaisiksi tulee haastamaan rakentamissuunnitelmien tarkastajia ja hyväksyjä uudella tavalla. Tietomallipohjaisen rakentamissuunnitelman tarkastamiseksi tulee tarkastajalla ja hyväksyjällä olla hyvät perustaidot tietomallin käytöstä. Onneksi tietomallien katseluohjelmat kehittyvät jatkuvasti, eikä niiden käyttö vaadi niin paljoa osaamista kuin itse natiivimallin tarkastelu suunnitteluohjelmassa.

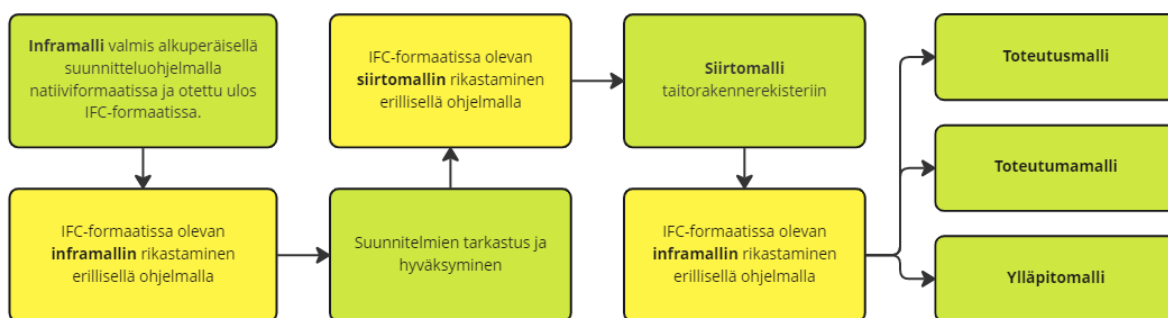
Opinnäytetyön prosessikuvaus tietomallipohjaisen rakentamissuunnitelman tarkastuksesta ja hyväksymisestä helpottaa tarkastus- ja hyväksymisprosessin läpivientiä ja antaa eväitä myös vähemmän tietomallinnuksen parissa olleille tarkastajille. Lisäksi prosessia voidaan helpottaa pitämällä suunnittelijan ja tarkastajan välinen tarkastuskokous, jossa kohteen suunnittelija voi esitellä tietomallipohjaista rakentamissuunnitelmaa opinnäytetyön liitteenä olevan tarkastuslistan ja tietomallipohjaisen rakentamissuunnitelman tarkastusprosessikuvauksen mukaan.

Tietomallin sisällön tarkastusta voidaan lähteä kehittämään automaattisten ja puoliautomaattisten tarkastusten avulla. Tietomallin automaattinen tarkastus vaatii myös sen, että tietomallit ovat laadittu tarkasti ja ohjeita noudattaen, sillä tarkastus perustuu aina aiemmin määrättyihin parametreihin. Automaattinen tarkastus perustuu enemmän tietomallitekniiseen tarkastamiseen, eli siihen onko sisältö jaoteltu oikein, onko geometria ehjä ja ovatko objektit päällekkäin eli niin kutsuttua törmäystarkastelua. Ideaalisessa automaattisessa tarkastuksessa tarkastusohjelma osaisi tarkastaa myös rakennetekniisiä asioita kuten raudoitusten määriä verrattuna laskelmiin. Tämä voi toteutua esimerkiksi silloin, jos laskelmat ovat Excel-muodossa ja ohjelma lukee mallista raudoitusten määrät sekä vertailee niitä Excelissä laskettuun määrään. Tämä ei poista käsin tarkastamista, mutta antaa tarkastajalle turvaa, jos jotain asiaa ei ole huomannut tarkastaa.

Tarkastusprosessin suurimmat ongelmat ovat tietomallin sisällön lukeminen nopeasti ja tietosisällön riittävä sisällyttäminen tietomalliin järkevästi. Suunnitelmien tarkastaminen on monella tarkastajalla perustunut rutiineihin ja kokemukseen. Kun suunnitelma muuttuu dokumenttipohjaisesta suunnitelmasta tietomalliksi, siinä ei saa tietoa yhtä nopealukaiseen muotoon kuin piirustuksissa. Opitut tavat tarkastaa suunnitelmia eivät enää toimi samalla tavalla kuin ennen. Mitat ja tiedot ovat tietomallissa näkyvillä eri tavalla, eikä tietosisältö aukea välttämättä ensimmäisellä silmäyksellä. Tästä on tullut

esimerkiksi sellaista palautetta, etteivät jotkut suunnitteluratkaisut tietomallissa kiinnitä samalla tavalla huomiota kuin perinteisessä piirustuksessa. Tietomalli antaa paljon uutta informaatiota sekä selkeyttää sillan geometrian ja raudoitteiden määrän hahmottamista. Tietomalli ei kuitenkaan näytä mittoja ja määriä yhtä nopeasti kuin piirustus. Tarkastusprosessin läpivienti tehokkaasti vaatii vielä myös tekniikan kehittymistä tietomallin tarkasteluohjelmilta, joissa tietomallia voidaan paremmin hyödyntää ja rikastaa.

Tietomallin tiedon sisällön rikastaminen voidaan tulevaisuudessa tehdä suunnitteluohjelmien lisäksi muilla ohjelmilla, esimerkiksi Simplebimillä (kuva 28). Opinnäytetyössä tutustuin myös Simplebimin ominaisuuksiin. Sen yksi hyvä ominaisuus on IFC-formaatissa olevan tietomallin sisällön muuttaminen ja rikastaminen, jotka eivät onnistu Trimble Connectissa. Tietomallin geometriaa ei kuitenkaan voi muokata tai lisätä sen kautta, mutta objekteja voidaan poistaa. Yksi vaihtoehto tietomallin geometrian muokkaamiselle on poistaa joku rakenneosa Simplebimissä, tehdä natiivimallissa muutos objektin geometriaan ja tehdä objektista erillinen IFC-malli. Tämä osa liitetään malliin yhdistämällä IFC-tiedostot. Näin muuttuneen objektin geometria korvataan uudella IFC-formaatissa olevalla objektilla. Näin toimimalla, esimerkiksi toteumamallia tehdessä, ei jouduta tekemään muutoksia inframalliin natiivimallissa, jolloin on se riski, että mallissa tapahtuu jotain muita muutoksia. Tämä on varsin yleistä nykyään, kun on alettu käyttämään parametristä suunnittelua. Eri suunnitteluohjelmien linkitys voi aiheuttaa muutoksia mallissa, ja koko sillan geometria voi vahingossa muuttua, kun muutos tehdään esimerkiksi vain reunapalkin raudoitukselle. Parametrisessä suunnitteluohjelmassa tehty muutos muuttaa rakenneosien tunnukset eli GUID:n myös varsinaisessa suunnitteluohjelmassa. Tämän takia ei voida varmistaa, onko muissa kuin muokatuissa rakenneosissa tapahtunut muutosta.



KUVA 28. Inframallin jatkoehdönnettävyys IFC-formaatissa (Vuokila 2023)

Tulevaisuudessa on tarkoitus ainoastaan rikastaa suunnittelun aikana tehtyä inframallia, joka on IFC-formaatissa. Näin ei tarvitse tehdä enää muutoksia sisältöön natiivimallin kautta, missä on riski tietosisällön muuttumiselle. Erillisten natiivimallien tekeminen esimerkiksi toteutusmallia tehdessä lisää sen riskiä, että malli ei vastaa sisältönsä inframallia, ja näin lisää mallien tarkastustarvetta mahdollisten virheiden takia. IFC-formaatin käyttö sillan elinkaaren aikaisessa toiminnassa mahdollistaa natiiviohjelmien käytön ainoastaan suunnittelussa. Natiivimallien jakaminen eri konsulttitoimistojen kesken ei ole mahdollista, koska suurin osa siltojen suunnittelusta tapahtuu parametriseen suunnittelun kautta. Yksikään konsulttitoimisto ei halua jakaa omia parametrisiä algoritmeja muiden käyttöön, koska niiden valmistelu vie konsulttitoimistolta paljon resursseja. Valmiiden parametrusten algoritmien avulla konsulttitoimisto pystyy mallintamaan samankaltaisen sillan puoliautomaattisesti, mikä nopeuttaa mallintamista huomattavasti.

Opinnäytetyön tarkastus- ja hyväksymisprosessin tueksi tehtiin inframallin tarkastuslomake (liite 1) ja case-tarkastus Trimble Connectilla (liite 2). Inframallin tarkastuslomakkeen tarkoitus on helpottaa suunnitelmien sisäistä ja ulkoista tarkastusta sekä tilaajan hyväksyntää. Inframallin tarkastuslomake perustuu suunnitelmien käsin tarkastamiseen. Siinä annetaan ohjeet, miten tarkastus voidaan toteuttaa ja mitä asioita suunnitelmista tulisi tarkastaa. Tarkastuslomakkeen käyttö perustuu siihen, että suunnitelmien sisäinen tai ulkoinen tarkastaja käy suunnitelmat läpi lomakkeen mukaisesti kohta kohdalta ja merkkää kommentit lomakkeessa oleviin kenttiin. Tämän jälkeen, kun suunnitelmat menevät tilaajan hyväksyttäväksi, käy hyväksyjä suunnitelmat läpi aikaisemmin tehtyjen tarkastusten avulla.

Tarkastuslomakkeen tarkastettavat kohdat otettiin Sitowisen siltasuunnitelmien tarkastuslistasta, joka perustuu piirustusten tarkastamiseen. Tarkastuslomakkeen sisällön rajaaminen osoittautui erittäin haasteelliseksi, ja lopulta päätimme, ettei tarkastuslistaa ruveta rajaamaan tässä opinnäytetyössä. Tarkastuslistan rajaamisen ongelmia olivat: nykyiset tietomallit eivät sisällä yhtä paljon tietoa kuin piirustukset, kaikkien tarkastettavien tietojen sisällyttäminen tietomalliin ei ole vielä suunniteltu, tilaajien suunnitelmien tarkastus on perustunut toimintatapoihin ja rutiineihin sekä ei ollut vielä tässä vaiheessa mahdollista saada käyttöön uuden siltöjen inframalliohjeen mukaan tehtyä sillan inframallia, jonka avulla olisin voinut verrata tarkemmin tarkastuslomakkeen kohtia.

Tarkastuslomakkeen tueksi tehtiin edellä mainittu case-tarkastus Trimble Connectilla. Tämän case-tarkastuksen tavoite on helpottaa inframallin tarkastuslomakkeen käyttöä ja havainnollistaa, miten tarkastus voidaan toteuttaa Trimble Connect -ohjelman avulla. Case-tarkastuksen toteutuksessa käytimme esimerkksiltana jännitettyä jatkuvaa ulokepalkkisiltaa, joka toimii ylikulkusiltana ja on perustettu kallionvaraisesti porapaaluille. Case-tarkastuksessa kävimme läpi esimerkksillan avulla Trimble Connectin työkaluja ja niiden hyödyntämistä tarkastuksessa. Tarkastuksessa pyrimme etsimään niitä keinoja, joiden avulla tarkastus voidaan toteuttaa mahdollisimman jouhevasti. Tarkastus toimii samalla niin sanottuna käyttöohjeena, miten tarkastus voidaan suorittaa. Tarkastusta valmistellessa joutuimme tutustumaan kattavasti ohjelman ominaisuuksiin, ja samalla vertailimme ohjelman toiminnallisuutta myös muihin ohjelmiin. Tarkastusta tehdessä haasteita aiheutti se, ettei tarkastuslomakkeen sisältöä voinut suoraan hyödyntää, koska kaikkia asioita ei ollut tietomalliin sisällytetty. Tarkastuksessa esille nousi vahvasti se, että kaikki mitta- ja toteutustiedot ovat vaikeasti saatavilla. Käsin tarkastaminen on hidasta ja oikea tiedon löytäminen on vaikeaa.

7 POHDINTA

Opinnäytetyö sai alkunsa kesällä 2022, kun Väyläviraston taitorakenteiden suunnitelmien yhtenä hyväksyjänä työskentelevä Heikki Lilja sai ajatuksen opinnäytetyön aiheesta ja ehdotti sitä työnantajaleni Sitowiselle. Opinnäytetyön aihe kuulosti minusta mielenkiintoiselta, ja sain valittua sen itselleni. Väyläviraston ja Sitowisen lisäksi myös Helsingin kaupunki, Espoon kaupunki ja Vantaan kaupunki lähtivät mukaan opinnäytetyön rahoitukseen. Opinnäytetyö lähti liikkeelle tutkimussuunnitelman tekemisellä, jossa kartoitettiin opinnäytetyön sisältö, laajuus ja aikataulu.

Opinnäytetyössä tutkittiin tietomallipohjaisen taitorakenteen rakentamissuunnitelman tarkastus- ja hyväksymisprosessia suunnitelman toimeksiantajan roolista, joita olivat tässä tapauksessa Väylävirasto, Helsingin kaupunki, Espoon kaupunki ja Vantaan kaupunki. Opinnäytetyön muoto oli projektityyppinen kehittämishanke. Perustimme opinnäytetyön läpiviemiseksi ohjausryhmän, jonka kanssa kävimme noin reilun puolen vuoden ajan kuukausittaisia palavereja projektin edistymisestä ja ideoimme, miten tietomallipohjaisen taitorakenteen rakentamissuunnitelman tarkastus voidaan toteuttaa. Ohjausryhmä koostui Väyläviraston, Helsingin kaupungin, Espoon kaupungin, Vantaan kaupungin ja Sitowisen taitorakenteiden suunnitelmien hyväksynnässä sekä uuden sillan inframalliohjeen parissa työskennelleistä silta-asiantuntijoista.

Toteutimme kokoon kutsumani ohjauspalaverit Teams-yhteyksien avulla. Esittelin niissä työn edistymistä, ja keskustelimme työn aikana nousseista kysymyksistä. Ohjausryhmän kanssa pidetyt yhteiset palaverit olivat antoisia, mutta opinnäytetyön sisällön kannalta jäivät aika pinnallisiksi. Olisin kaivannut opinnäytetyön aikana vielä suurempaa tukea työskentelyyni, ja tuntui, ettei ohjausryhmän henkilöillä ollut aikaa syventyä aiheeseen tarpeeksi. Syyt tähän olivat varmasti ohjausryhmän asiantuntijoiden työkiireet.

Opinnäytetyön tekemisen aloitin kesällä 2022 töiden ohella, jolloin pääosin ideoimme, miten opinnäytetyön suunnitelmien tarkastus- ja hyväksymisprosessia voidaan lähteä toteuttamaan. Opinnäytetyön tekemistä haastoivat syksyllä 2022 muut opinnot, ja aikaa opinnäytetyön tekemiselle oli rajallisesti. Pääpaino opinnäytetyön tekemiseen rajautui vuoden 2023 alkuun, jonka aikana kirjoitin opinnäytetyön viitekehysten loppuun sekä kirjoitin varsinaisen toteutusprosessin ja tulososuuden sekä valmistelin opinnäytetyön liitteet. Työ eteni suunnitellussa aikataulussa ja valmistui ajallaan.

Opinnäytetyön suurimpia haasteita oli itse opinnäytetyön kirjoittaminen, tiedon kerääminen, aiheen rajaaminen ja kokonaiskuvan sekä nykyisten tarkastuskäytäntöjen hahmottaminen. Opinnäytetyön tekijälle hieman tuntematon aihe haastoi erityisesti tiedon keräämisen osalta, ennen kuin hahmotti tarkastusprosessin kokonaiskuvan. Opinnäytetyön aihe oli niin monialainen ja aiheen rajaaminen oli vaikeaa, koska siihen liittyi vahvasti koko suunnittelun kulun ja toteutuksen toimintatapojen muuttaminen toimivammaksi ja edistyksellisemmäksi.

Erityisesti haasteena on se, että nykyiset tarkastuskäytännöt perustuvat tarkastajien omiin rutiineihin ja toimintatapoihin, eikä yhtenäistä linjaa tarkastettavien asioiden suhteen voinut vetää. Lisäksi haasteena on se, että tietomallipohjaisen suunnitelman käyttö hankkeiden määräävänä suunnitelmana on vasta murrosvaiheessa. Prosessissa on vielä paljon tekijöitä, jotka pitäisi ratkaista ennen

kuin tietomallipohjaisten suunnitelmien käyttö olisi tehokasta. Erityisesti tietomallipohjaisten suunnitelmien käyttö työmaalla tehokkaasti ei ole mahdollista, koska työmaaorganisaatioilla ei ole yleensä riittävää valmiutta sen käyttöön.

Vaikka todellista läpimurtoa ei opinnäytetyön tuloksena syntynyt, oli opinnäytetyö hyvä alku tietomallipohjaisten suunnitelmien tarkastus- ja hyväksymisprosessin edistämiseksi sekä tapa kerätä alan toimijat yhteen miettimään yhteisiä toimintatapoja. Opinnäytetyön jatkokehityksenä voisi rakentaa tietomalleista toteutusystävällisempiä ja ottaa käyttöön laajemmin ohjelmia, jolla tietomallin sisältöä voidaan rikastaa toteutusta vaativilla tiedoilla. Tietomallin sisältöä pitää miettiä erityisesti toteuttajan näkökulmasta, koska heitä varten suunnitelmat tehdään. Suunnittelun ja toteutuksen sitominen yhteen tietomallin katseluohjelmaan mahdollistaa ohjelmassa tietomalliin tehtyjen näkymien käyttöä myös toteutuksessa. Näin myös tietomallin sisällön tarkastettavuuden kehittämiseen voidaan sitoa lisää resursseja, kun se palvelee myös toteuttajaorganisaatiota. Tietomallin rikastaminen helpottaa myös tarkastus- ja hyväksymisprosessin läpivientiä, kun tietomalli sisältää tarkempaa suunnittelutietoa ja se on helpommin luettavissa. Lisäksi automaattisten tarkastusohjelmien käyttöä tulee lisätä ja kehittää jatkuvasti erityisesti tietomallien sisällön muuttuessa. Tietomallin tietosisällön validointi esimerkiksi Simplebimin ja Excel-taulukoiden avulla on erinomainen vaihtoehto. Myös laskelmien vertailu tietomalliin Simplebimin ja Excelin avulla mahdollistaisi, esimerkiksi raudoitteiden määrien vertailun helposti tietomallista. Automaattiset tarkastukset poistavat suunnitteluvirheitä ja parantavat suunnitelmien laatua.

Jatkokehitystä olisi hyvä suunnata myös opinnäytetyössä tehtyyn inframallin tarkastuslomakkeeseen. Tarkastuslistaa olisi hyvä lähteä tarkentamaan ja rajaamaan tällä hetkellä käytettävien tietomallien tietosisällön mukaan. Rajaamisen yhteydessä tulisi myös miettiä, miten puuttuvat asiat voidaan tulevaisuudessa sisällyttää tietomalliin. Yksi vaihtoehto siihen, on ottaa käyttöön enemmän tietosisältöä sisältäviä IFC versiota, kuten uusi IFC 4.3 -versio. Kattava ja käyttäjäystävällinen tarkastuslista edistää suunnitelmien laatua ja helpottaa suunnittelijoiden, tarkastajien ja hyväksyjien välistä kommunikointia. Jotta tarkastuslistasta tulee toimiva, on mietittävä myös tarkemmin, miten tietomallin luettavuutta voidaan parantaa. Rakennesista tarvittavat tiedot olisi hyvä olla nopeammin ja selkeämmin näkyvillä. Erityisesti Trimble Connectissa tieto hukkuu helposti muun turhan tiedon joukkoon. Tätä voidaan helpottaa myös immateriaaliobjektien määrän lisäämisellä, esimerkiksi laakereiden vaihtoa varten tunkkaustilan havainnollistaminen tilavarausobjektilla, jolloin kaikkea ei tietoa tarvitse alkaa mallista mittaamaan tai etsimään.

Tarkastusprosessia voisi kehittää myös jakamalla piirustukset rakennesittain pienempiin kokonaisuuksiin, esimerkiksi siipimuurin mitta- ja/tai raudoituspiirustuksiin. Näin kyseisen rakennesosan piirustus voidaan liittää tietomallissa siipimuurin rakennesosaan tiedostona tai hyperlinkillä. Toinen hyvä tapa esittää mittoja on viedä sillan piirustuksia, kuten yleispiirustus tai leikkauskuvat tietomallin taustalle, jolloin mitat olisivat helpommin nähtävissä. Yksi iso ongelma on myös rakenteiden kaltevuuksien ja toiminnallisuuden tarkastus. Esimerkiksi kannen ja muiden vinojen rakennesien kaltevuutta on erittäin vaikeaa mitata tietomallista. Ohjausryhmässä nousikin idea, että olisi hyvä, jos jokin ohjelma pystyisi simuloimaan esimerkiksi kannen kaltevuuden toimivuutta.

LÄHTEET

Anttila, Juhani ja Jussila, Kari 2016. SFS Mitä laatu on. Verkkojulkaisu. <https://sfs.fi/mita-laatu-on/>. Viitattu: 26.1.2023

Building Smart Finland 2012. Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012, Täydentävä liite Osa 5. Rakennesuunnittelu, mallinnustarkkuus ja tilaajan ohje. Verkkojulkaisu. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YTV2012_Taydentava_liite_RAK_Tilaajan_ohje.pdf. Viitattu 12.11.2022

Building Smart Finland 2018. InfraBIM-nimikkeistö. Verkkojulkaisu. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2018/06/InfraBIM_nimikkeist%C3%B6_v1_71.pdf. Viitattu 15.11.2022

Building Smart Finland 2019. Yleiset Infravaatimukset YIV 2019. Verkkojulkaisu. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/03/YIV_p%C3%A4ivitystiedosto_FINAL-hyv%C3%A4ksytty-versio_20190502.pdf. Viitattu 12.11.2022

Fise julkaisuaika tuntematon. Fise-pätevyys. Verkkojulkaisu. https://fise.fi/wp-content/uploads/2019/11/Fise_esite_100x210_8sivua_low.pdf. Viitattu 26.1.2023

Harkonen, Aino 2018. Trimble connenctin käyttö siltarakentamisessa. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Savonia-ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/157851/Harkonen_Aino.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 6.1.2022

Kotiranta, Heidi 2020. Inframallinnuksen toimintalinja. Väyläviraston julkaisuja 18/2020. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/176484/vj_2020-18_978-952-317-769-7.pdf?sequence=5. Viitattu 13.1.2023

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L17P120e>. Viitattu 21.2.2023

Mecklin, Leo 2020. Siltasuunnitelmien tarkastaminen ja hyväksyminen tietomallipohjaisesti Kirri-Tikkakoski-hankkeessa. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Savonia-ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/345621/Mecklin_Leo.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Viitattu 12.1.2022

Noeskoski, Juha 2021. Tietomallintamisella ja integroidulla rakentamisella kohti infra-alan yhteistoiminnallisuutta. Väitöskirja. Tampereen yliopiston väitöskirjat 446. Tampereen yliopisto. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/133317/978-952-03-2043-0.pdf?sequence=5&isAllowed=y>. Viitattu 26.1.2023

Nurmimäki, Timo 2022. Taitorakenteiden tietomallin laadunvarmistusprosessin kehittäminen – case Sweco. Ylemmän ammattikorkeakoulun opinnäytetyö. Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/752063/Nurmimaki_Timo.pdf?sequence=2. Viitattu 24.1.2023

Piirainen, Jari 2021. Siltahankkeen digitaalinen työnkulku. Ylemmän ammattikorkeakoulun opinnäytetyö. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Savonia-ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/497700/Piirainen_Jari.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Viitattu 2.2.2023

RIL 179-2018. Sillat – suunnittelu, toteutus ja ylläpito 2018. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin liitto RIL ry. Viitattu 5.1.2022

SFS-EN 1990 + A1 + AC: Eurokoodi 1. Rakenteiden suunnitteluperusteet 2010. Helsinki: Suomen Standarditoimistoliitto SFS. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/150857.html.stx>. Viitattu: 26.1.2023

Siltojen inframalliohje. Väyläviraston ohjeita 41/2022. Helsinki: Väylävirasto. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-41_siltojen_inframalliohje.pdf. Viitattu 5.1.2023

Siltojen suunnitelmat (TIEL2172067-2000). Helsinki: Tielaitos 2000. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Taitorakenteet/julkaisut/silsuu00.pdf>. Viitattu 5.1.2023

Sitowise julkaisuaika tuntematon. Tietomallinnus – BIM. Verkkojulkaisu. <https://www.sitowise.com/fi/digitaaliset-palvelut/teknologiat/tietomallinnus-bim>. Viitattu 31.1.2023

Stantens vegvensen. Modellbasert projekteringskontroll. Verkkojulkaisu. <https://www.vegvensen.no/fag/teknologi/bruer/kontroll-og-godkjenning/modellbasert-prosjektering/>. Viitattu 7.2.2023

Sweco julkaisuaika tuntematon. Nelostien uudistaminen Jyväskylän Kirristä Tikkakoskelle. Verkkojulkaisu. <https://www.sweco.fi/projektit/digitaalinen-tiedonhallinta-lyhensi-hankkeen-lapimenoaika-kuukausilla/>. Viitattu 8.9.2022

Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje. Liikenneviraston ohjeita 30/2014. Helsinki: Liikennevirasto. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2014-30_taitorakenteiden_rakennussuunnitelmien_web.pdf. Viitattu 15.9.2022

Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohje. Liikenneviraston ohjeita 21/2014. Helsinki: Liikennevirasto. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121604/lo_2014-21_978-952-255-469-7.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 26.1.2023

Taitorakenteiden suunnitteluohje. Helsingin kaupunki 2021. https://www.hel.fi/static/hkr/ohjeita_suunnittelijoille/taitorakenteiden_suunnitteluohje_20210308.pdf. Viitattu 5.1.2022

Taitorakenteiden tietomallinnusohje. Suunnitteluohje. Helsingin kaupungin rakennusvirasto 2014. Helsinki: Helsingin kaupunki. https://www.hel.fi/hel2/hkr/julkaisut/ohjeet/taitorakenteet_tietomallinnusohje.pdf. Viitattu 20.10.2022

Tekla julkaisuaika tuntematon. LOD (Level of Detail). Verkkojulkaisu. <https://www.tekla.com/fi/ajankohtaista/artikkelit/lo-d-level-of-detail>. Viitattu 1.2.2023

Tekla julkaisuaika tuntematon. Randselva Bridge. Verkkojulkaisu. <https://www.sweco.fi/projektit/digitaalinen-tiedonhallinta-lyhensi-hankkeen-lapimenoaika-kuukausilla/>. Viitattu 8.9.2022

Tekla julkaisuaika tuntematon. Trimble Connect. Verkkojulkaisu. <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/trimble-connect>. Viitattu 10.1.2023

Tietomallien yhteensovittaminen siltahankkeessa. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 26/2014. Helsinki: Liikennevirasto. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121699/lts_2014-26_978-952-255-464-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y Viitattu: 27.1.2023

Väylävirasto 2022. Taitorakennerekisteri. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/sillat/trex>. Viitattu 12.1.2023

Ympäristöministeriön ohje rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta. YM2/601/2015. Helsinki: Ympäristöministeriö. https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/YM_ohje_rakennusten_suunnittelijoiden_kelpoisuudesta_pai01042015.pdf Viitattu 21.2.2023

LIITE 1. Inframallin tarkastuslomake

Inframallin tarkastuslomakeen käyttö

Suunnitelman tarkastaja laatii aina tarkastuslistan, joka arkistoidaan kyseisen projektin asiakirjojen yhteyteen.

Tarkastuksessa tulee tarkastaa seuraavat asiakirjat ja tietomallit:

1. Inframalli ja yhdistelmämalli

Tarkastus suoritetaan IFC-formaatissa olevalle sillan inframallille ja yhdistelmämallille käyttäen apuna oheisia tarkastuslistoja, joihin tarkastaja merkitsee tarkastetut kohdat ja kommentit. Tarkastuskommentit voidaan liittää myös suoraan tietomalliin (Trimble Connectissa ToDo-tehtävät), josta ne voidaan dokumentoida. Tarkastuksessa on erityisesti kiinnitettävä huomiota sillan tärkeimpien mittojen ja korkeuslukujen oikeellisuuteen sekä mittojen ja betoniterästen yhteensopivuuteen. Lisäksi tarkastuksessa tulee huomioida, onko sillan inframalli mallinnettu tilaajan määräämän tietomalliohjeen mukaisesti.

Sillan inframallin lisäksi olisi hyvä tarkastaa myös tietomalliselostus, josta tulee kiinnittää huomioita seuraaviin asioihin:

- Yleistiedot
- tuotettu aineisto
- koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä
- tarkastus- ja hyväksyntä
- ohjeversiot
- lähtöaineistoluettelo
- mallin sisältö rakenneosittain
- muut huomiot

2. Laskelmat

Laskelmien tarkastuksen päähuomio kiinnitetään seuraaviin asioihin:

- *laskentamallin oikeellisuus, reunaehdot*
- *kuormien ja tukireaktioiden täsmääminen*
- *siirtymät*
- *atk-tulosten tulkinta ja oikeellisuus*
- *momenttihuippujen pyöristys*
- *vertailu käsinlaskumenetelmiin tai aikaisempiin kokemuksiin*
- *kuormitusten ja voimasuureiden yhteenvetotaulukot*

3. Laatuvaatimukset

Laatuvaatimuksia tarkastettaessa on kiinnitettävä huomiota siihen, että sillalle asetetut laatu- ja ikäkestävyystavotteet täyttyvät kyseisen sillan olosuhteissa. Inframallin ja laatuvaatimusten välillä ei saa olla ristiriitaisuuksia.

Tarkastuksessa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin asioihin:

- *rakennerratkaisut ovat asiakasorganisaation suunnitteluohjeiden ja käytännön mukaisia*
- *rakentamismääräykset on otettu huomioon*
- *massamenekit vastaavat aikaisemmin suunniteltujen samantapaisten kohteiden massamenekkejä.*

Inframallin tarkastuksen toteutus

Tämä tarkastuslomake on tarkoitettu suunnitelmien sisäisen ja ulkoisen tarkastuksen sekä tilaajan hyväksynnän tueksi. Tämän tarkastuslomakkeen tavoitteena on helpottaa suunnitelmien käsin tarkastamista.

Tarkastuksen voi toteuttaa tietomallista tarkastusnäköjen avulla. Tarkastuksen sisältö on lomakkeessa jaettu yhdistelmämallin tarkastukseen, inframallista päälyys- ja alusrakenteiden tarkastukseen sekä jänteiden, laakeroinnin ja liikuntasaumalaitteiden tarkastukseen. Valmiista näkymistä voidaan suodattaa näkyviin vain tarkastettavat rakenneosat.

Sisäinen tai ulkoinen tarkastus



Suunnitelmien sisäisen ja ulkoisen tarkastuksen tekijä merkitsee tarkastetut kohdat listaan otsikoiden alla oleviin valintaruutuihin (pienet mustat merkit) ja kirjoittaa kommentit listan alla oleviin kommenttikenttiin.

Tilaajan tarkastus ja hyväksyntä



Tilaajan tarkastus hyväksyntää varten on hyvin yleispätevä, eikä tarkempaa tarkastusta välttämättä tarvitse tehdä, ellei ole kyse tyyppipiirustuksesta. Tilaaja merkitsee lomakkeeseen tarkastetut kohdat otsikoiden vasemmalla puolella oleviin valintaruutuihin (**isot punaiset merkit**) sekä kirjoittaa kommentit alla oleviin kommenttikenttiin.

Tarkastuksen tehostus

Inframallin tarkastusta voidaan tehostaa myös immateriaaliobjekteilla. Niiden avulla voidaan helpottaa tietomallin lukua ja havainnoida mallin sisältöä paremmin.

Immateriaaliobjekteilla voidaan kuvata tietomallista mm.

- Mittoja ja linjoja
 - > Jännemitat
 - > Hyödyllinen leveys
 - > Mittalinjat
 - > Tukilinjat
- Aukkovaatimuksia
 - > Alikulkukorkeudet
- Linkkejä muihin suunnitelmiin
 - > Hyperlinkit (Piirustusten linkittäminen rakenneosiin)
- Yleistietoa Info-objekteilla
 - > Yleistietoa rakenteesta tai rakenneosasta
- Pisteitä
 - > Mittapisteet
 - > Pääpisteet
 - > Linjapisteet

INFRAMALLIN TARKASTUSLOMAKE

Hankeen nimi:

Sillan nimi ja numero:

Rakennesuunnittelija: (nimi ja yritys)

Geotekinen suunnittelija: (nimi ja yritys)

Mallintaja: (nimi ja yritys)

Suunnitteluohjelma: (ohjelma ja versio)

Yrityksen sisäinen laadunvarmistus / suunnitelmien ulkopuolinen tarkastus:

Rakennesuunnittelija: (nimi, yritys ja pvm)

Geotekinen suunnittelija: (nimi, yritys ja pvm.)

Tilaaajan tarkastus ja hyväksyntä:

Hyväksyjä: (nimi, organisaatio ja pvm)

Tarkastettavan tiedoston formaatti: (natiivi, IFC...)

Tarkastuskommentit: (Sisäinen tai ulkopuolinen tarkastaja)

Tarkastuskommentit: (Tilaaaja)



Tilaajan tarkastus ja hyväksyntä



Sisäinen tai ulkoinen tarkastus

Osa 1. Yhdistelmämallin/inframallin yleisnäkymästä tarkastettavat tiedot:

Vastaa yleispiirustuksen tarkastusta. Tarkastus voidaan tehdä tietomallista yleisnäkymällä.

(Tarvittaessa käyttäen apuna piirustuksia ja muita suunnitelmia.)

Sijainti ja yleistiedot:

Pääosien rakennusaine
Kiintopisteiden sijainti, korkeus ja käytettävä korkeusjärjestelmä (erokaava)
Pääpisteiden sijainti ja koordinaatit
Tsv:n/radan Kv-korkeudet
~~Maalattavan sillan värisävy~~
~~Vesioikeuden päätöksen nro~~
~~Maininta siltakohtaisista laatuvaatimuksista~~

Maaperä ja perustaminen:

Maanpinta tien keskilinjalla ja tarvittaessa sen ulkopuolella
Maalajit, -kerrokset ja kallionpinta
~~Pohjavedenpinnan korkeudet~~
Sillan perustamistapa
Perustusten paikat ja korkeudet
Paalutyypit, maininta kallio kärjestä, paalujen kaltevuudet ja arvioitunut tunkeutumistasot
Paalukuormat ja/tai pohjapaineet

Lisäksi rautatiesilloissa:

Tien valaistus
Tien luokka ja numero
ATU-kuvion ääriiviivat
Aukkojen todelliset vapaat korkeudet (yks kiskon selästä)
Aukkojen todelliset vapaat leveydet
Raidevälit
Silta-alueella olevat vaihteet
Suojakiskot
Kiskonliikuntalaitteet
Kiskonkiinnityksen periaate siltapaikalla
Maahan jäävät tukiseinät ja niiden katkaisutaso
Siirtymärakenteet, siirtymälaatta ja tausta-paalutukset
Kaaupelikanavat
Ratajohtopylväiden sijainti
Erotusjaksot
Kirstyslankojen sijainti
Opastinpylväiden sijainti
Radan levenemä sillan päissä ja missä normaali poikkileikkaus

Kommentit: (Sisäinen tai ulkopuolinen tarkastaja)

Mitat ja geometria:

Jännemitat, kokonaispituus
Hyödyllinen leveys
Silta-aukkojen vapaat leveydet, vesistösiltoissa myös HW:n tasolla
Silta-aukkojen vapaat alikulkukorkeudet
Muut silta-aukkojen määr. mitat
Tieosan päätepisteet
Rautatien pääteasemat ja km
Teiden vaaka- ja pystygeometria sillan kohdalla
Tien paalulukemat/radan km+m-luvut 20 m:n välein, kasvusuunta vasemmalta oikealle
Väylien keskilinjoiden leikkauspisteen paalulukemat ja risteyskulma
Kannen alareunan korkeudet tukilinjalla ja vapaan leveyden reunoilla
Ajoinojen ym. kaistojen leveydet ja sivukaltevuudet

Rakenteet ja varusteet:

Sillan kannen pintarakenteet, niiden laatu ja paksuus
Sillan pääosien rakennusaineiden laatuvaatimukset
Eristettävät betonipinnat
Betonipintojen käsittely
Routaeristeet
Kaiteiden tyyppi, jatkokset, liikevara ja pylväsjako
Pintavesien viemärointi
Valaistuslaitteet
Laakerointi
Liikuntasaumalaitteet
Siirtymälaatat
Panostilat
Putket, johdot, kaapelit yms.
Kosketussuojat ja maininta suojamaadoituksesta
Sillan kohdalle suunnitellut rakenteet
Hoitosilta
Keilojen ja luiskien verhoukset

Muut tiedot:

Sillan kohdalla olemassa olevat rakenteet
Tukien numerointi T1, T2 jne.
~~Pohjoisnuoli~~
~~Nimiö~~

Vesistötiedot:

Veden virtaussuunta
Vedenpinnan korkeudet HW, MW, NW ja W
Rantaviiva ja ympäristö
Suunniteltu perkauksen poikkileikkaus

Kommentit: (Tilaaja)

Osa 2. Alusrakenteista tarkastettavat tiedot:

Vastaa alusrakenteiden mitta- ja raudoituspiirustusten tarkastusta. Tarkastus voidaan tehdä leikkausnäkyymiin käyttäen apuna rakenneosien suodattamista sekä rakennelaskelmia. (Tarvittaessa käyttäen apuna piirustuksia ja muita suunnitelmia.)

Geometria ja mitat

Etäisyys mittalinjasta (tai tsv:stä)
Laakerilinjan paalu tai kilometrilukema
Pääpisteet
Anturoiden sivumitat
Anturoiden kulmien koordinaatit
Anturoiden alapinnan korot
Vinomittojen yksiselitteinen esitys
Rakenteiden paksuudet
Rakenteiden pystymitat
Yläpintojen korkomerkinnät
Kulmien viisteet
Suunnitellut työsaumat ja valujärjestys
Pilarin ja kannen työsauman korko (tarkistettava anturan alapinnasta sekä kannen tsv:stä)

Laakerialueet

Tsv:n korko ja paikka laakerilinjalla
Laakereiden sijainti mittalinjalta
Kannen alapinnan korko tsv-xxxx laakerin kohdalla
Laakerin alustavat mitat ja alusvalu
Alusvalun riittävä reunaetäisyys, varauskolo
Laakeritason kuivatus

Liikuntasaumalaite

Tarkastustila 600 mm
Varaus ja työsaumamerkintä
Korkomerkinnät (myös taitteet)

Siipimuurit

Korkomerkinnät
Kaiteiden pulttiryhmät
Reunapalkin betonin rajakohta

Betoni ja pinnoitukset

Betonin laatumerkinnät
Betonipintojen laatuluokat
Pinnoitukset
Kosteuseristyks

Kommentit: (Sisäinen tai ulkopuolinen tarkastaja)

Raudoitukset

Terästen litterointi
Terästen sijoitus rakenteeseen
Lukumäärät, halkaisijat, keskiövälit
Taivutusmitat ja katkaisupituudet
Betonipeitteen paksuus
Jatkospituudet
Jatkoskohtien todellinen raudoitustiheys
Kannen tartuntojen mitat
Tartuntojen sopiminen kannen raudoitukseen
Jännittämisen aikana sivuun taivutettavat teräkset vain toisesta päästä kiinni

Laakerialueiden raudoitukset

Laakerin paikallinen halkaisuraudoitus
Laakereiden välinen halkaisuraudoitus, johon tarvittaessa lisätty laakerin vaakavoiman vaatima raudoitus
Halkaisuterästen ankkurointipituus
Liikkeenrajoittimien ankkurointi
Laakereiden tartuntojen varauskolot
Tunkkausalueiden lisäraudoitteet

Seinämäiset rakenteet

Kutistumisraudoitus anturan työsaumassa
Välihaat pilareissa
Koverien pintojen terästen ankkurointitarve
Leikkaushaavat ripojen kohdalla (tarvittaessa)

Anturat

Leikkaushaavat (tarvittaessa)
Anturan yläpinnan kallistuksen huomioiminen
Anturan mittatoleranssien huomioiminen teräspituuksissa (ei liian pitkiä teräksiä)

Varusteet

Rakenteeseen asetettavat tartunnat
Liikuntasaumat
Kontaktitapit
Panoskiinnikkeet tai putket
Laakerin tunkkauskohta

Kommentit: (Tilaaja)

Osa 3. Päälylsrakenteista tarkastettavat tiedot: (1/2)

Vastaa kannen mitta- ja raudituspiirustusten tarkastusta. Tarkastus voidaan tehdä leikkausnäkyymiin käyttäen apuna rakenneosien suodattamista sekä rakennelaskemia. (Tarvittaessa käyttäen apuna piirustuksia ja muita suunnitelmia.)

Pääpisteet

Tukilinjat ja niiden numerointi, sekä paalulukemat
Koordinaatti- ja korkojärjestelmä

Rakenteen muoto ja mitoitus

Poikkileikkauksen mitoitus (TSV:n paikka, HL, mittalinjan paikka)
Poikkikallistukset ja niiden muutoskohdat (muista vastakallistus)
Reunapalkin detali (sivelyt, pinnoitteet ja saumamassat)
Liikuntasauaman detali (TSV:n korko, varauksen mitat)
Mittatiedot taulukoituna (poikkileikkauksen H-mitat, H1 korko kantta pitkin)
Kaarevilla silloilla x-, y-koordinaatti tai etäisyys mittasuoralle
Esikohotukset
Kannen alapinnan korko tuelle sekä mitta tsv-xxx
Puskupalkkien ja siipien kulmapisteiden korkomerkinnät
Varauksien mitoitus (jänteet, liikunta- saumalaite)
Laakerivalujen mitoitus
Tunkkauspaikka

Betoni

Betonin laatu ja luokkamerkinnät (esim ro22, R1, C35/45, P30, cnom 40mm (toleranssi 5mm)
Lisäainevaatimukset
P-lukualueen rajat reunapalkissa
Betonipintojen pinnoitteet
Betonipinnan laatuluokka
Suunnitellut työsaumat
Maininta viisteistä

Kaide

Kaiteen pulttiryhmien mitoitus
Kaiteen tyyppi
Verkot
Maalaus ja maalausjärjestelmä
Melukaide (tarkista pulttiryhmätyypin sopivuus)
Kosketussuojaseinä ja sen ulottuma

Kannen pintarakenteet

Kokonaispaksuus mittana poikkileikkauksessa
Päällystetyyppi
Eristyksen suojakerros
Eristysmateriaali
Eristysalustan käsittely (epoksi-/kumibitumi liuossiveli)
Päällysteen sauma

Kannen rauditukset

Terästen litterointi
Terästen sijoitus rakenteeseen
Lukumäärät, halkaisijat, keskiöväli
Kannen rauditukset mitoittavassa poikkileikkauksissa
Terästen ulosvedot, taivutusmitat ja katkaisupituudet
Jatkospituudet
Jatkoskohtien todellinen raudoitustiheys (tarkistettava piirtämällä, jos ei muuten selviä)
Oletetut työterästen dimensiot
Betonipeitteen paksuus

Laakerialueen rauditukset

Laakereiden paikallinen halkaisuraudoitus
Laakereiden välinen halkaisuraudoitus
Halkaisuterästen ankkurointipituus
Liikkeenrajoittimien ankkurointi
Tunkkausalueiden lisäraudoitteet

Kommentit: (Sisäinen tai ulkopuolinen tarkastaja)

Kommentit: (Tilaaja)

Osa 3. Päällysrakenteista tarkastettavat tiedot: (2/2)

Vastaa kannen mitta- ja raudituspiirustusten tarkastusta. Tarkastus voidaan tehdä leikkausnäkyymiin käyttäen apuna rakenneosien suodattamista sekä rakennelaskelmia. (Tarvittaessa käyttäen apuna piirustuksia ja muita suunnitelmia.)

Varusteet paikalleen mitoitettuna

- Tippuputket
- Ei alapuolisten väylien kohdalla
- Ei alapuolisten teräsrakenteiden kohdalla
- Ei alapuolisten esim. muurien kohdalla (valumajäljet)
- Liikuntasaumalaitteen viereen yksi putkirivi
- Pintavesiputket (riittävä etäisyys alusrakenteisiin)
- Paineentasausputket (kun paineentasauskermi tai verkko)
- Varusteiden kiinnikkeet
- Kanavointi (salaojat)
- Kolhaisusuojat
- Kontaktitapit
- Valaisinkonsolit ja/tai valaisin varaukset
- Varausputket (valaistus, muut)
- Kaapelihylyt
- Liikkeenrajaajat (liikevarat esitettävä kuten laakereissa)
- Maininta sinkittyjen osien riittävästä passivoitumisajasta

Muut huomioon otettavat asiat

- Kaiteiden pulttiryhmiä lisäteräksin (hakoja tiheys / lisälenkki ympäri ja ankurointi laatan puolelle)

Pääty- ja puskupalkit

- Päätypalkin ripustusteräksin
- Liikuntasaumalaitteiden tartunnat

Jänteiden ottaminen huomioon

- Paikallinen halkaisuraudoitus
- Rauditus jännevoiman jakamiseksi koko poikkileikkaukselle
- Puskupalkin raudituksen sijoittaminen (nippuun / sivulle taivutus / muvit)
- Jännittämisen aikana sivuun taivutettavat teräksin vain toisesta päästä kiinni
- Jänneankkureiden varauskolojen huomioiminen siipimuurien raudituksessa
- Ylös ankuroitaessa pääpalkin alapinnan lisäterästen tarve
- Törmäävätkö jänteet hakoja koukkuihin
- Vaakasunnassa liikkuvien jänteiden ja hakarivien mahdollinen risteäminen

Yksimittaiset teräksin tarkistettava laskemalla mitat

(Otettava huomioon betonipeite + toleranssi, työteräksin, rakenteen viisteet, ylempi vai alempi teräs, sivusuunnan muottitoleranssi)

- Palkin tai laatan haat
- Reunapalkin haat
- Muut yksimittaiset

Kommentit: (Sisäinen tai ulkopuolinen tarkastaja)

Kommentit: (Tilaaja)

Osa 4. Jäniteistä tarkastettavat tiedot:

Vastaa jännepiirustusten tarkastusta. Tarkastus voidaan tehdä leikkausnäkyymiin käyttäen apuna rakenneosien suodattamista sekä rakennelaskelmia. (Tarvittaessa käyttäen apuna piirustuksia ja muita suunnitelmia.)

Yleistiedot

Jännemenetelmä
Jänneteräslaatu (lujuus)
Jänneteräksen kimmokerroin
Jännetyyppi, punosmäärä ja punosten koko
Jänteen pinta-ala
Laskelmissa käytetty aaltoisuusluku, kitka-kerroin ja relaksaatio
Ankkurointiliukuma ja mahdollinen päästö
Suojaputken ulkohalkaisija
Ankkureiden sallittu keskiöväli
Ankkureiden sallittu reunaetäisyys
tyyppinumeroineen
Maininta: Jänneteräkseen epäkeskisyys
suojaputkeen nähden on otettava huomioon.
Maininta: Ankkurialueen lisäraudoitus
jännemenetelmän käyttöselosteen mukaan.
Maininta jännittämistöiden suunnitelmasta
Ohjeet jännittämisestä ja jännittämisjärjestyksestä (yleensä samalla kaapeleiden numerointijärjestys)
Jänteen suurin sallittu voima jännitettäessä

Laskelmat

Kokonaisjännevoimat välittömästi lukituksen jälkeen (tuilla ja kentissä)
Kokonaisjännevoimat kaikkien jännityshäviöiden jälkeen (tuilla ja kentissä)

Jänteiden painopisteiden asema tasavälein (2 m) pysty- ja vaakatasossa

Valmiit näkymät

Poikkileikkausnäkökymä ankkureiden sijaintimitoituksesta ja numeroinnista molemmissa päädyissä sekä väliankkureiden kohdalla.
Poikkileikkausnäkökymä kaapeleiden sijaintimitoituksesta ja numeroinnista kentässä ja tuella
Poikkileikkausnäkökymä vaakasuunnassa liikkuvien kaapeleiden sijainnista ja numeroinnista määräävissä kohdissa
Kaapeleiden lähtökulmat palkin päädyn pystypintaan nähden.
Kaapeleiden lähtökulmat vaakatasossa.

Huomioon otettavat asiat

Kaapeleiden vaakasuuntaiset liikkeet pyrittävä pitämään hakalinjojen välissä.
Pystymitat annettava pystymittana muotin pohjasta, jolloin mitta voidaan tarkistaa
Tarkistettava tunkin mahtuminen sivu ja pystysuunnassa varaukseen
Varausputkien sijoittuminen poikkileikkaukseen

Kommentit: (Sisäinen tai ulkopuolinen tarkastaja)

Kommentit: (Tilaaaja)

Osa 5. Laakeroinnista tarkastettavat tiedot:

Vastaa jännepiirustusten tarkastusta. Tarkastus voidaan tehdä leikkausnäkyymiin käyttäen apuna rakenneosien suodattamista sekä rakennelaskelmia. (Tarvittaessa käyttäen apuna piirustuksia ja muita suunnitelmia.)

Yleiset laatuvaatimukset

Laakerityyppi
Laakerikitka
Sijainti tukilinjalla
Vapaat liikesuunnat (tarvittaessa asteina tukilinjaan nähden)
Arvioitu laakerikoko ja sen vaatima varauskolo
Arvioidut laakereiden tartuntojen varauskolot
Kiinnitystapa kansirakenteeseen (teräs- ja puukannet)
Laakerilevyjen (=kiilalevyjen) mitat (teräs- ja puukannet)
Kahteen suuntaan vinojen pintojen ottaminen huomioon alusvalujen arvioiduissa mitoissa
Laakereiden alusvalujen raudoitus (mikäli ei ole esitetty alusrakenteen kuvassa)
Pakkasen ym. asettamat ehdot
Laakerointijärjestys
Asennusennakoiden suunta (miten siirretään ylälevyä alalevyn suhteen, kuva)
Mahdolliset kiinteiden laakereiden asennusennakot (kuva)

Laakerointitaulukko

Maininta käytetystä rajatilasta
Laakerikuormat
Kevyillä kansirakenteilla (teräs ja puukannet) riittävät tiedot eri kuormitustilanteista.
- Pysyvä pystykuorma
- Maksimi pystykuorma / vastaava vaakakuorma
- Minimi pystykuorma / vastaava vaakakuorma
- Maksimi vaakakuorma / vastaava pystykuorma
- Työnaikaiset tilanteet
Pienillä vaakakuormilla ja betonisilloilla riittää karkea varmallalla puolella oleva yksinkertaisempi esitys
Kokonaisliikevarat (siirtymät ja kiertymät)
Ennakot valmiiksi laskettuna esim. 10C asteen välein
Laakereiden ylä- ja alalevyjen minimikoot

Kommentit: (Sisäinen tai ulkopuolinen tarkastaja)

Kommentit: (Tilaaaja)

Osa 6. Liikuntasaumalaitteista tarkastettavat tiedot:

Vastaa liikuntasaumalaitteiden tarkastusta. Tarkastus voidaan tehdä leikkausnäkymin käyttäen apuna rakenneosien suodattamista sekä rakennelaskelmia. (Tarvittaessa käyttäen apuna piirustuksia ja muita suunnitelmia.)

Yleiset laatuvaatimukset

- Maininta: Liikuntasaumalaitteiden tulee olla tiehallinnon hyväksymää tyyppiä
- Maininta: Laitteiden tulee olla teräsrunkoisia, vesitiiviitä ja tartunnoilla valuun kiinnitettäviä
- Kumiprofiilien lukumäärä
- Yhden kumin sallittu liikevara
- Maininta: Laitteen runko ja kumiprofiili ulotetaan 100mm ja teräsprofiili 50mm reunapalkin yli. Rungon alalaippa leikataan pois 40mm ennen reunapalkin reunaa (+kuva).
- Tukikaista A tai B vaihtoehto
- Kokonaisliikevara
- Asennusennakot taulukoituna eri lämpötiloille.
- Yksiselitteisesti kerrottu mitä ennakolla tarkoitetaan
- Korot
 - TSV:n kohta
 - Jokainen taitepiste
 - Reunapalkin sisälinja
- Suurilla pituuskallistuksilla ja monikumisilla liikuntasaumalaitteilla korot tukilinjalta, kannelta ja maatuelt
- Poikkikallistukset
- Liikuntasaumalaitteen kokonaismitta ja osamitat
- Kannen kokonaisleveys
- Liikuntasaumalaitteiden mitat ja jälkivalujen muotoilut
- Kannen eristeen ja lähimpien tippuputkien liittyminen liikuntasaumalaitteeseen
- Reunapalkin muotoilu (1-kumisella viisteet)
- Reunapalkin suojapellit (useampikumiset laitteet)
- Liikuntasaumalaitteen kuormituskaavio

Kommentit: (Sisäinen tai ulkopuolinen tarkastaja)

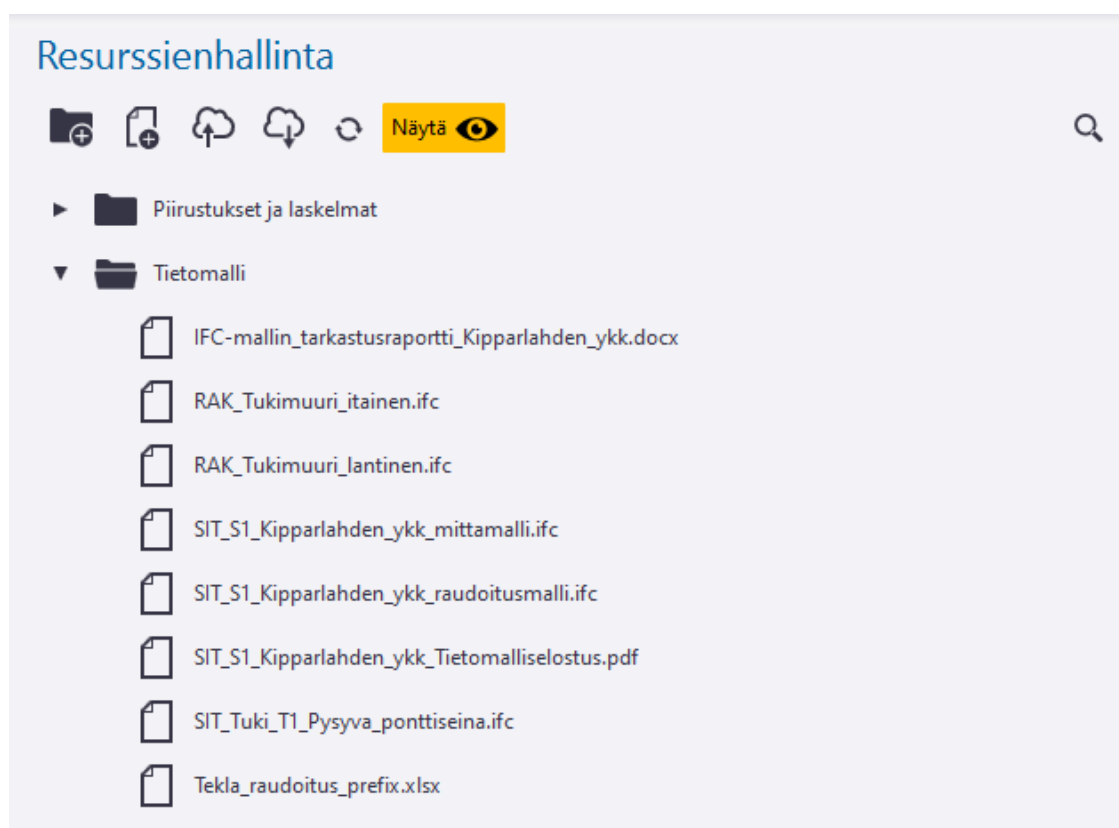
Kommentit: (Tilaaja)

LIITE 2. Case-tarkastus Trimble Connectilla

Tämä case-tarkastus esittelee, kuinka tarkastus voidaan toteuttaa Trimble Connectin avulla.

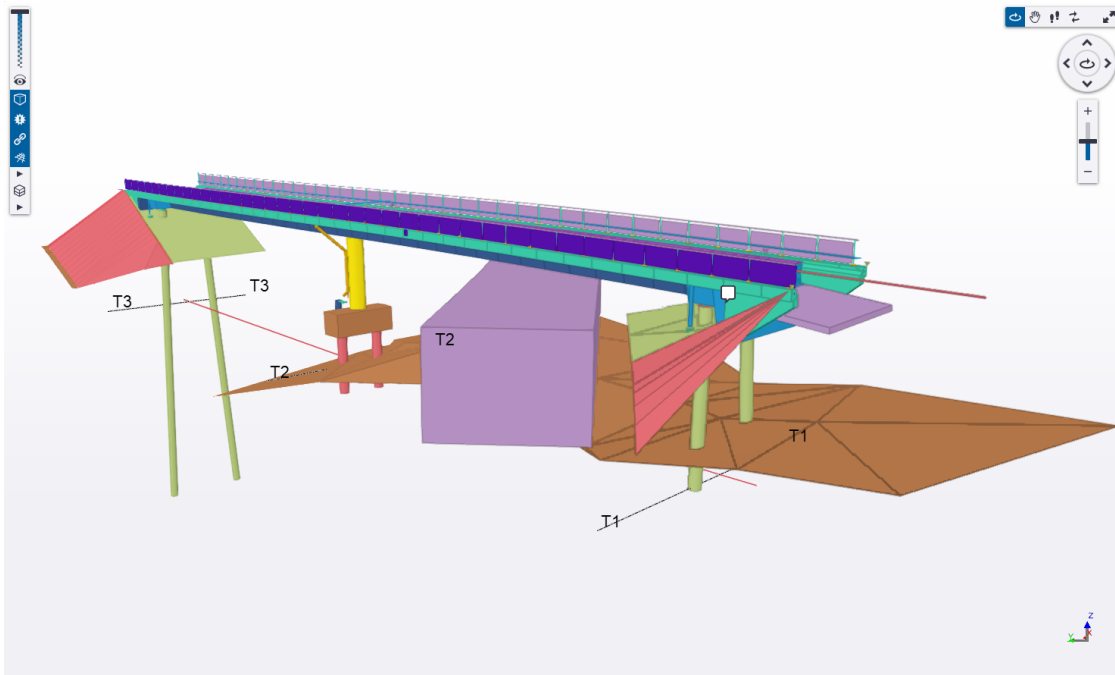
Esimerkkitarkastuksen kohteena on jännitetty betoninen jatkuva ulokepalkkisilta (jBjup), johon kuuluu sillan lisäksi kaksi tukimuuria ja yksi pysyvä ponttiseinä. Kyseinen silta toimii ylikulkukäytävänä ja on perustettu kallionvaraisesti porapaaluille. Toinen tukimuureista on perustettu maanvaraisen peruslaatan varaan ja toinen tuettu lyöntipaaluilla. Tarkastus suoritettiin Trimble Connectin tietokoneversiolla. Tässä esimerkkitarkastuksessa käytetty tietomalli ei vastaa uuden siltojen inframalliohjeen vaatimuksia. Tarkastuksen tekohetkellä ei vielä ollut saatavissa uuden siltojen inframalliohjeen mukaan tehtyä tietomallia.

Tarkastuksen aloitus edellyttää rakentamissuunnitelma-aineiston lataamista Trimble Connectiin. Tämän jälkeen on hyödyllistä luoda valmiita tarkastusnäkymiä, joiden avulla tarkastusta voidaan helpottaa ja nopeuttaa. Tarkastusnäkymät voivat olla esimerkiksi leikkauksia rakenteesta tai tiettyjen rakenneosien suodattamalla tehtyjä näkymiä, jotta tarkasteltavaa aluetta voidaan rajata. Tarkastusnäkymistä on hyvä päästä tarkastamaan inframallin tarkastuslomakkeen mukaiset kohdat (ks. LIITE 1). Tarkastuslomakkeessa tarkastus on jaoteltu yhdistelmämallin tarkastukseen sekä sillan inframallista alusrakenteiden, päällysrakenteiden, jänteiden, laakereiden ja liikuntasaumalaitteen tarkastukseen. Tässä esimerkkikohteessa yhdistelmämallia ei ollut saatavilla, joten sillan liittymistä ympäröivään maastoon ja muihin tekniikka-alojen suunnitelmiin ei voitu havainnoida sen avulla.

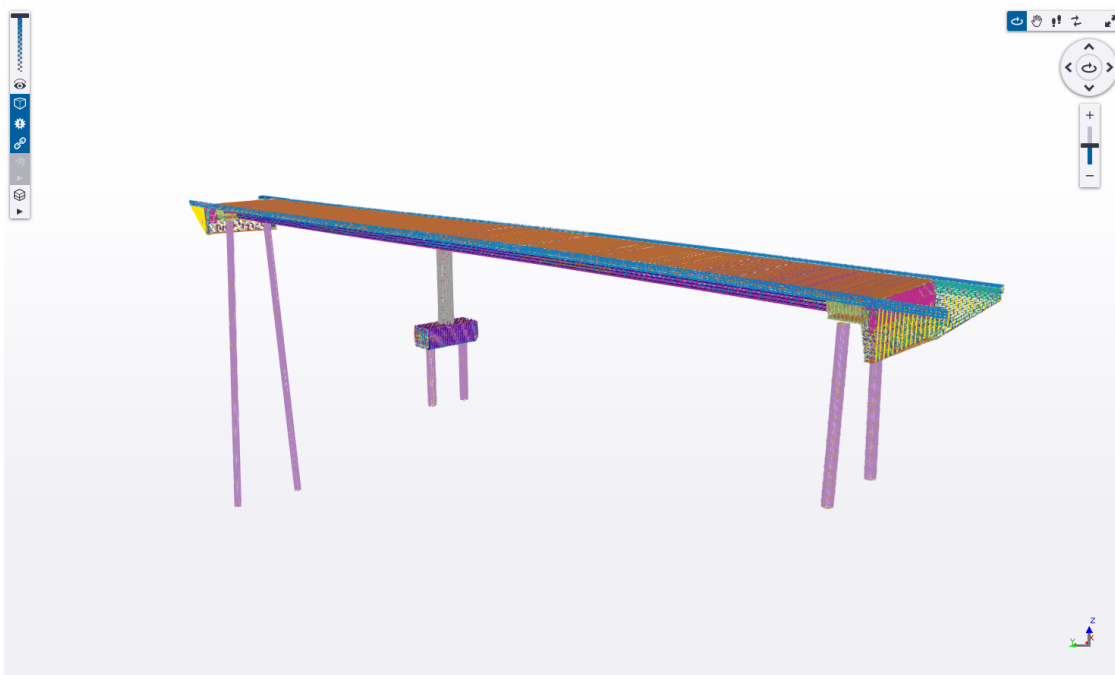


Kohteen rakentamissuunnitelma-aineisto ladattuna Trimble Connectiin. Voit ladata Trimble Connectiin myös kohteen piirustukset ja laskelmat.

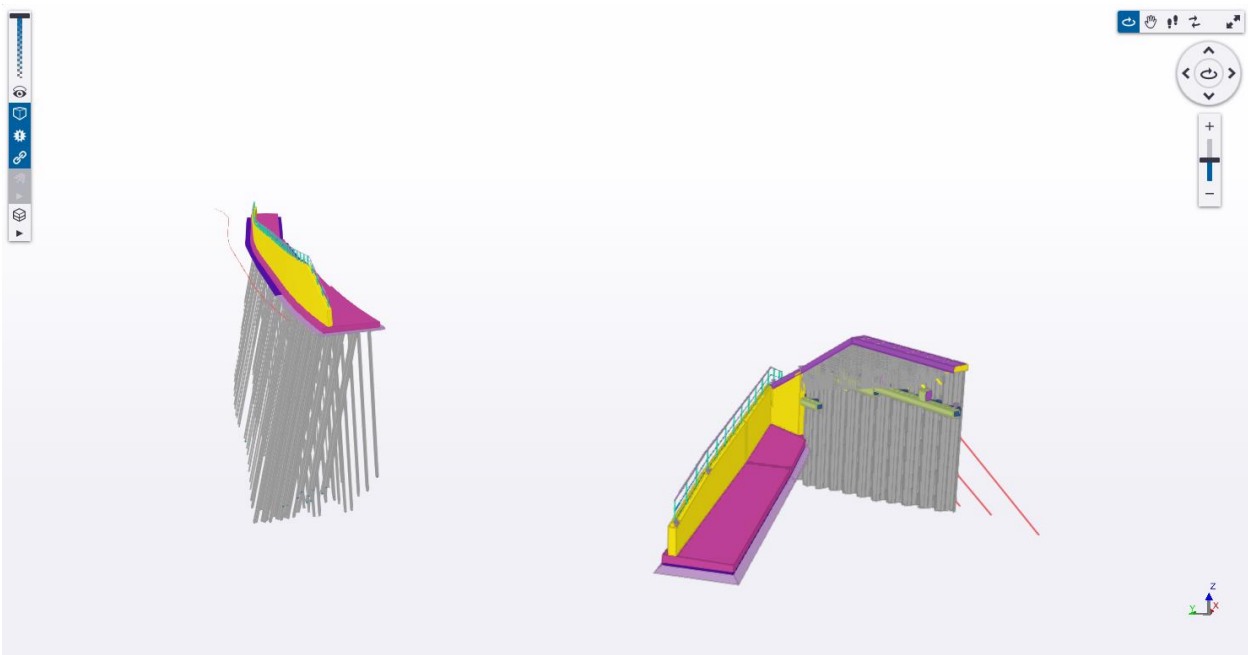
Osa 1. Yhdistelmämallin/sillan inframallin tarkastus



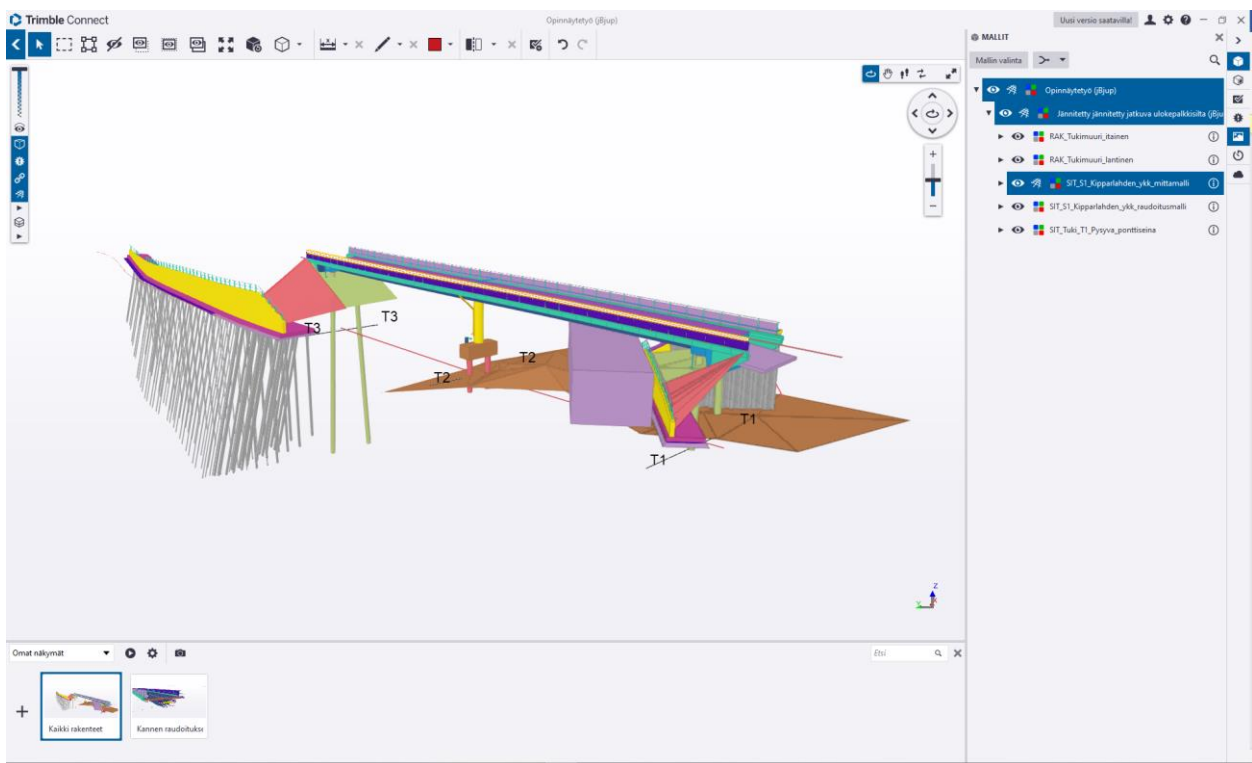
Sillan mittamalli. Näkymästä voi tarkastaa mm. sillan geometriaa, päämittoja, koordinaatteja, pääpisteitä, materiaaleja, varusteita, kallionpintaa, yhteensovitusta, jne. Sillan päämittojen ja pisteiden tarkastusta ovat helpottamassa mittalinjat, mittapistet, linjapistet, pääpisteet sekä tukilinjat, jännemitta- ja hyötyleveys objektit.



Sillan raudoitusmalli. Näkymä hahmottaa raudoituksen määrää rakenteiden sisällä. Näkymän avulla on nopeaa nähdä silmämääräisesti, onko raudoitukset mallinnettu oikein.

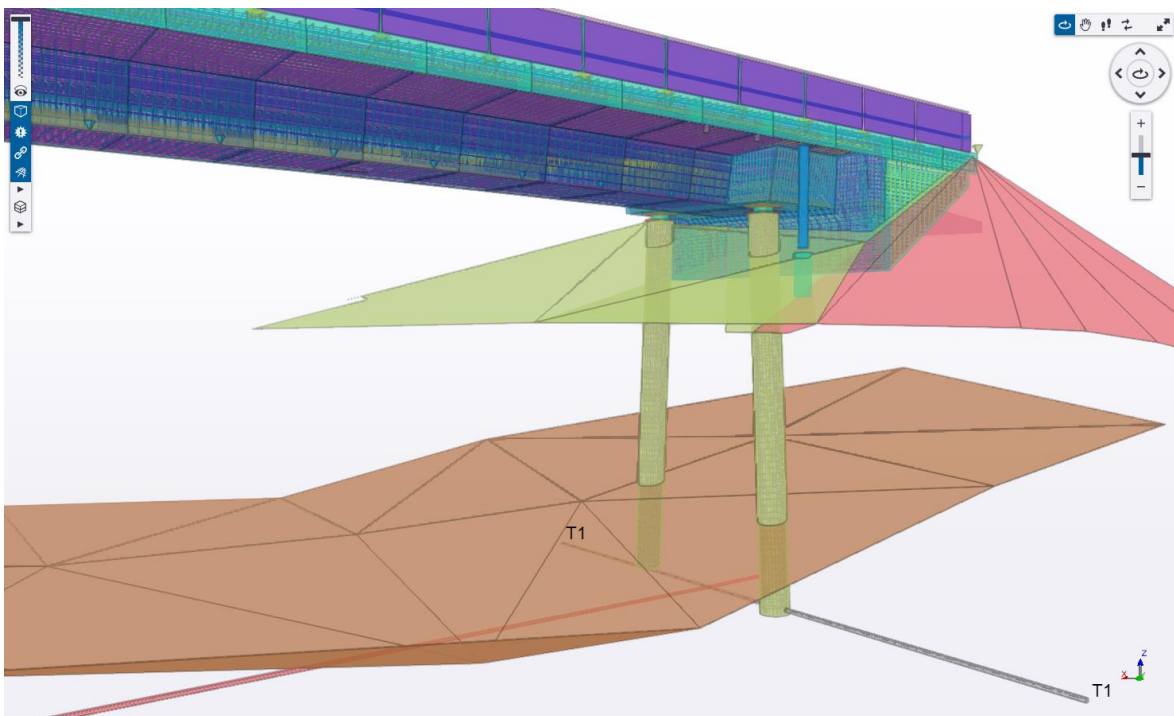


Ympäröivät rakenteet. Tässä kohteessa suunnitteluun kuului myös kahden tukimuurin ja yhden pysyvän ponttiseinän suunnittelu ja mallintaminen. Sillan inframallin tarkastuslomaketta voidaan käyttää myös kyseisen taitorakenteen tarkastuksen tukena.

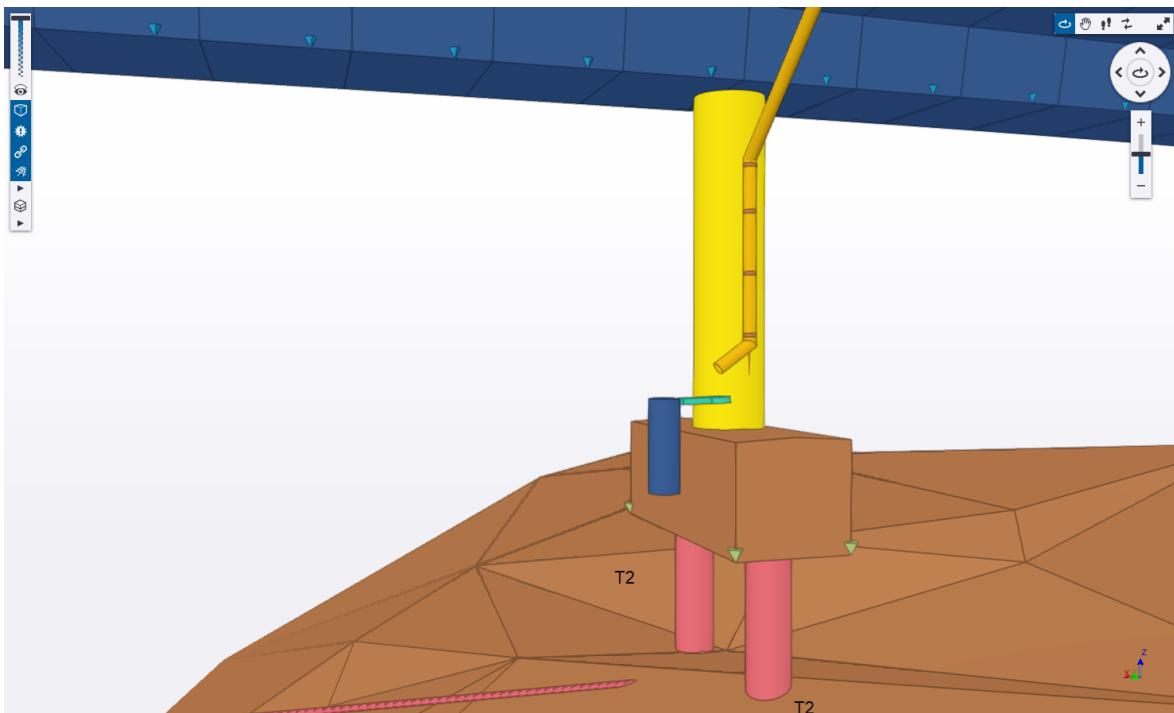


Kohteen yhdistelmämalli. IFC-mallit yhdistettynä samassa näkymässä, joista muodostuu sillan inframalli. Näkymästä voit tarkastaa samoja asioita kuin mittamallista ja lisäksi muita silta-alueeseen liittyviä rakenteita. Malli ei vastaa uuden siltojen inframalliohjeen mukaista inframallia, koska siitä puuttuu mm. alittavan sekä ylittävän väylän pinnat

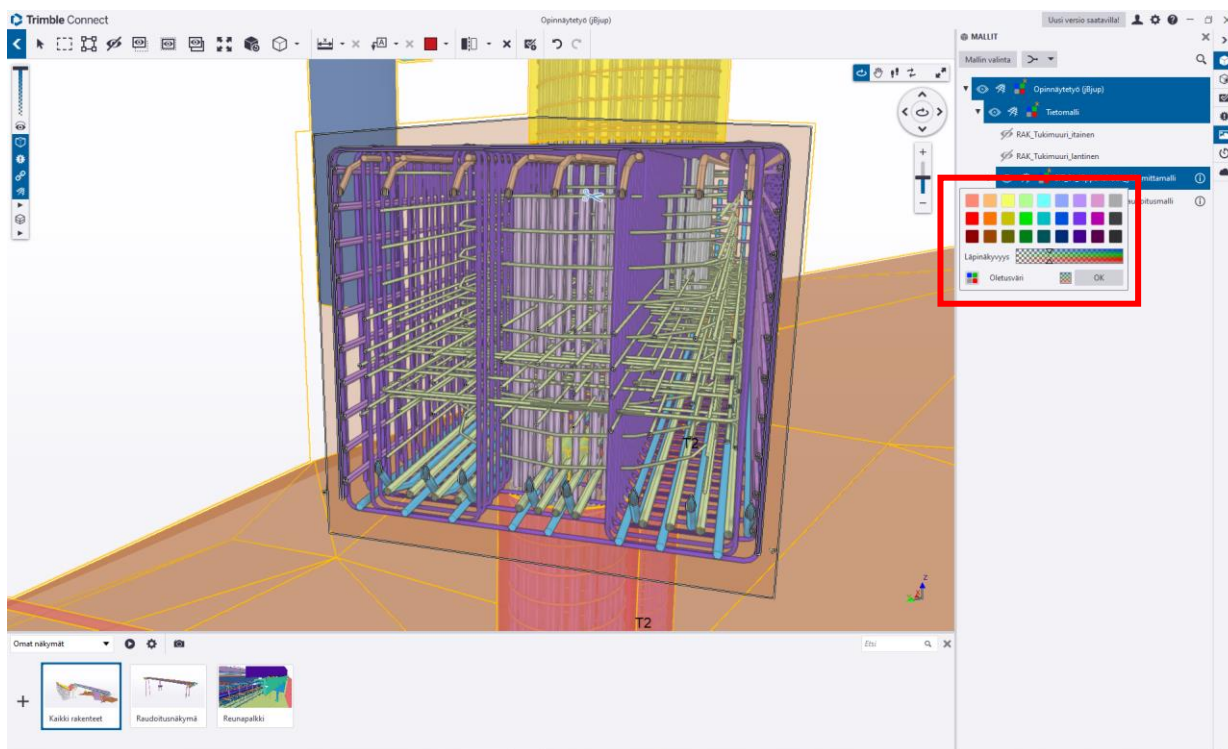
Osa 2. Alusrakenteiden tarkastus



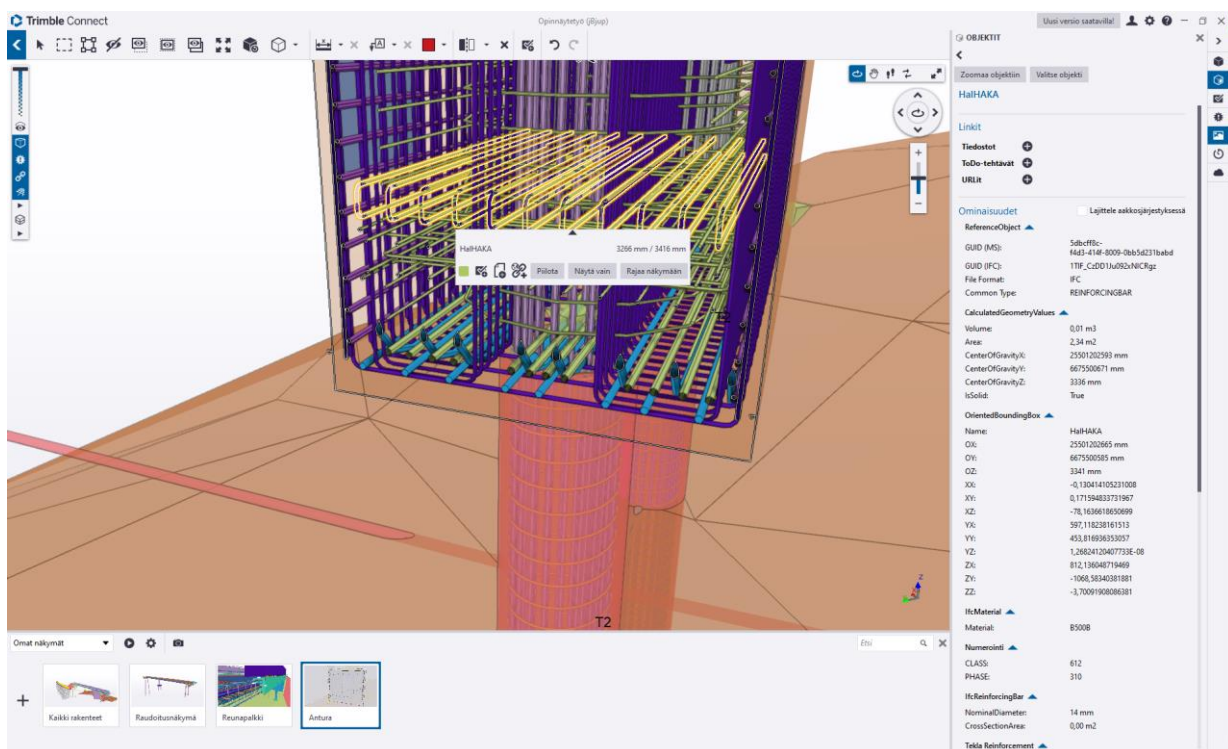
Porapaalut T1 tuella. Ruskean kallionpintamalli kuvaa mallista porapaalujen tunkeutumaa kallioon. Paaluhattuja malliin ei ole mallinnettu. Näkymästä voi tarkastaa mm. paalujen pituudet, materiaalit, paalujen koot ja raudoitukset, tunkeutumat kallioon, kaltevuudet sekä sijainnit.



Pilari, antura ja porapaalut T2 tuella. Tuella T2 sillan kansi on tuettu pilarilla ja anturalla, josta kuorma siirtyy porapaalujen avulla kallioon. Malliin on lisätty anturan alapinnan nurkkiin mittapisteet, jotka kertovat anturan alanurkkien koordinaatit.

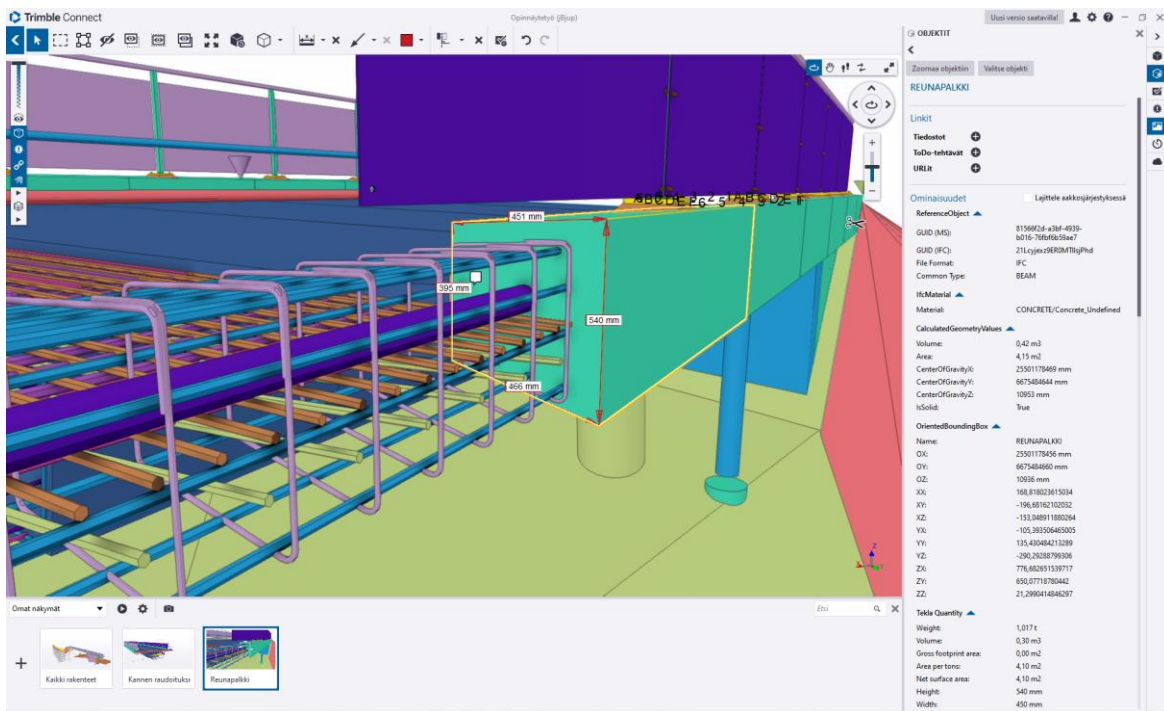


Antura T2 tuella. Trimble Connectissa voit muuttaa malleja myös läpinäkyväksi haamutilan avulla. Kuvassa sillan mittamallin läpinäkyvyyttä on muutettu, jolloin T2 tuen anturan raudoitukset tulevat paremmin näkyviin ja samalla voi tarkastaa myös betonin suojaetäisyyden.

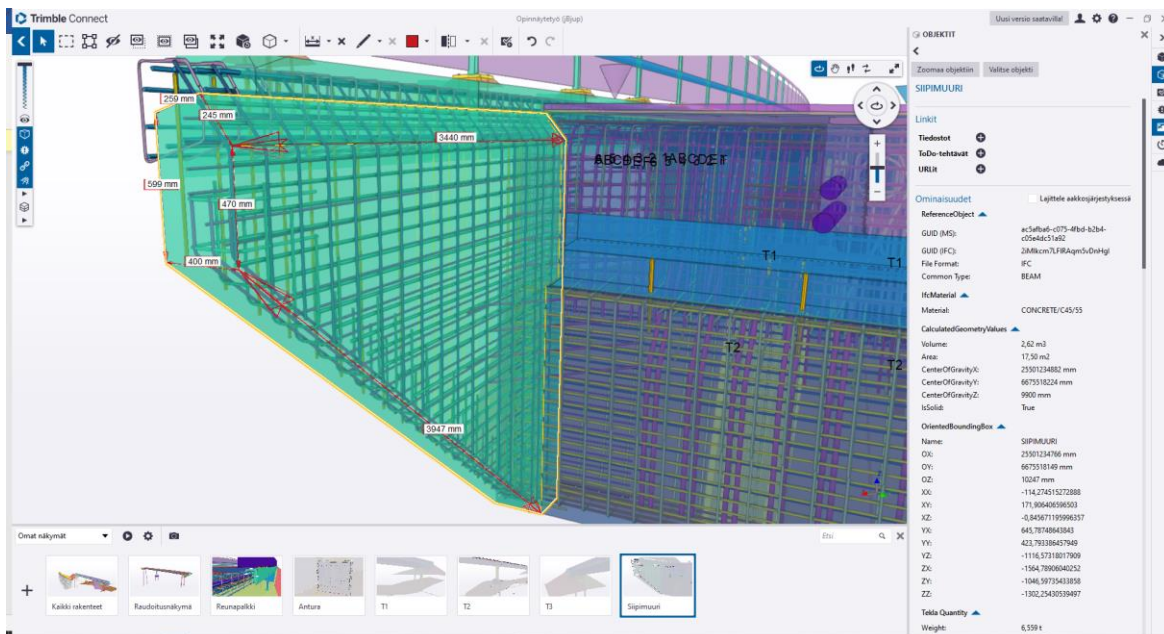


Anturan raudoitus T2 tuella. Objektin ominaisuudet avataan klikkaamalla raudoitusta ja sen näkyviin tulevaa nimeä (HalHaka). Ominaisuuksista voi tarkistaa esimerkiksi objektin nimen, sijainnin, materiaalin, koon, class- ja phase-luokan, pituudet ja tilavuuden.

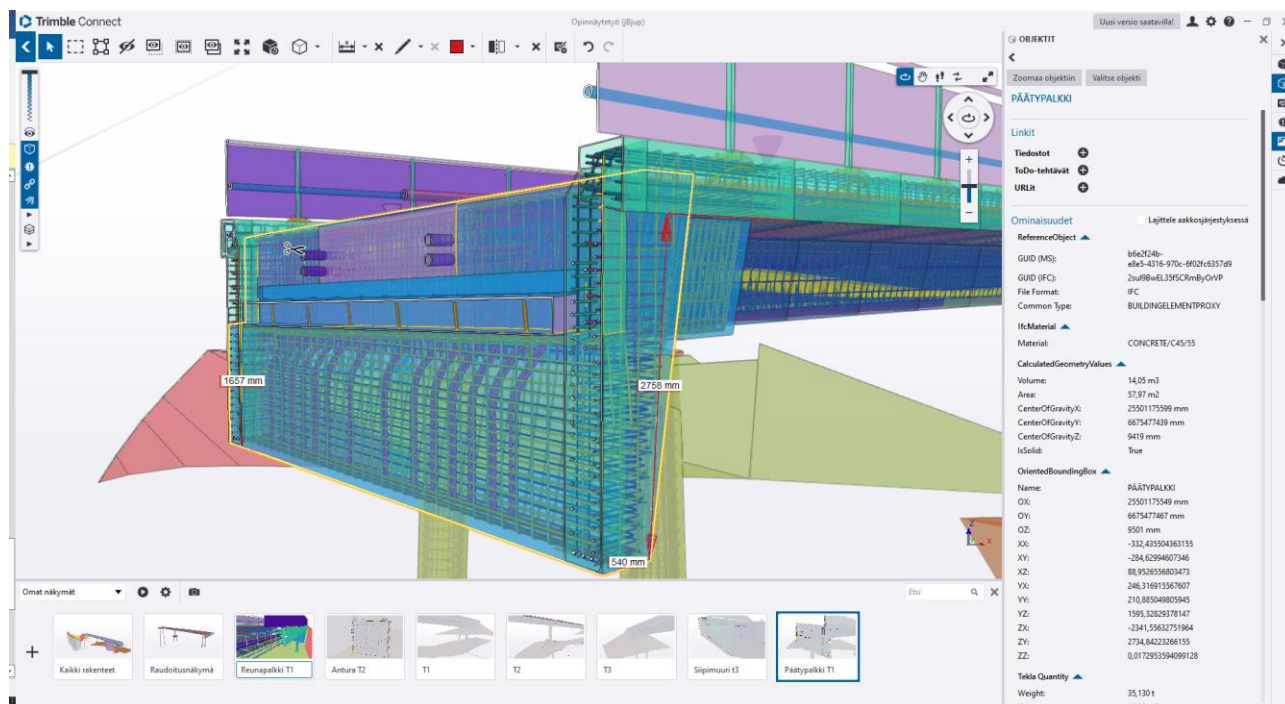
Osa 3. Päälysrakenteiden tarkastus



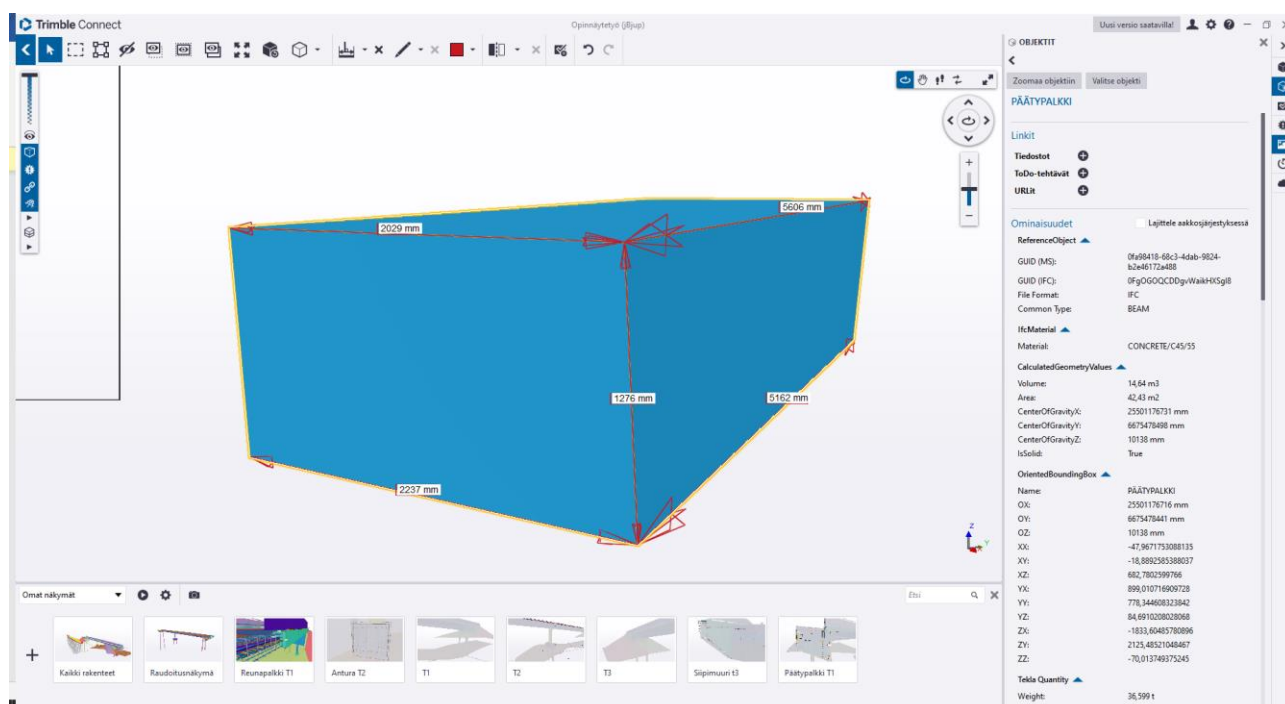
Reunapalkki T1 tuella. Näkymässä voit helposti hahmottaa reunapalkin mitat ja sisällä kulkevat raudoitukset, sillä näkymässä on piilotettu reunapalkin osa sekä kannen pintarakenteet. Tämän ansiosta voit tarkastella mm. reunapalkin geometriaa, osia ja raudoituksia yksityiskohtaisesti.



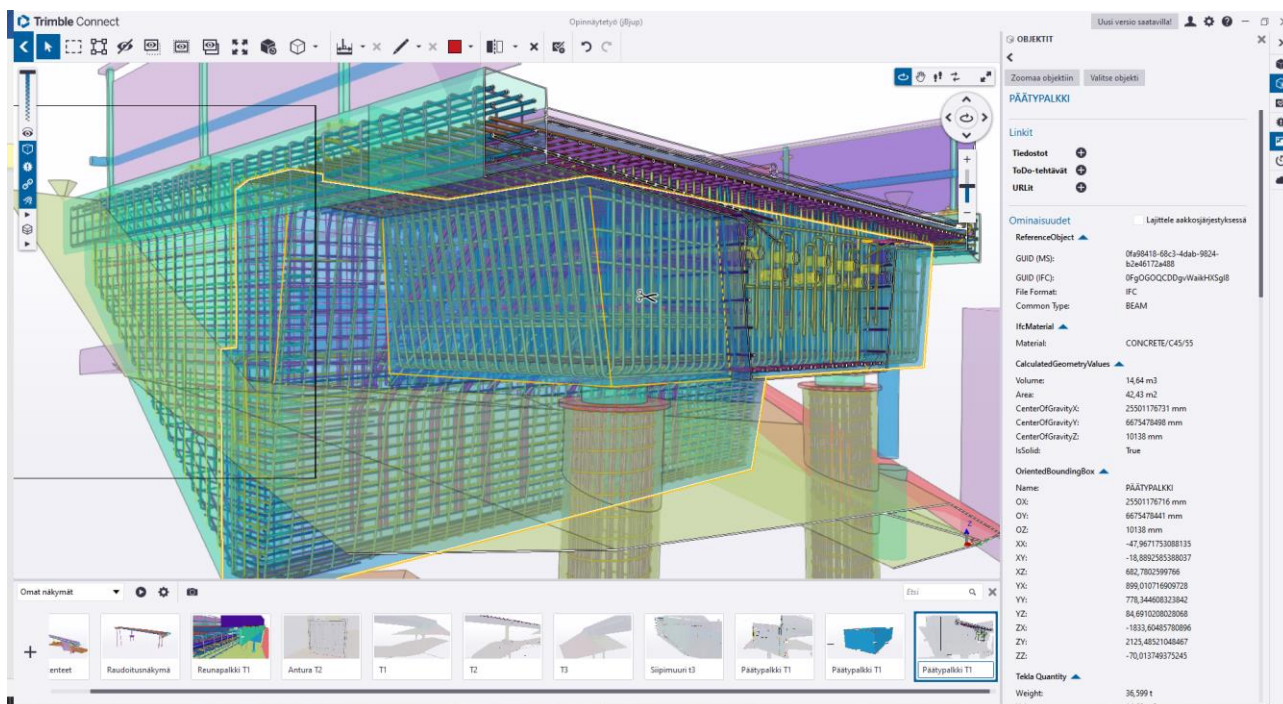
Siipimuuri T3 tuella. Näkymässä on asetettu mittamalli läpinäkyväksi ja lisätty näkymään siipimuurin mittoja nopeuttamaan tarkastusta. Toinen mahdollisuus olisi liittää siipimuurin piirustukset rakenneosan objektiin joko liitteenä tai hyperlinkkinä.



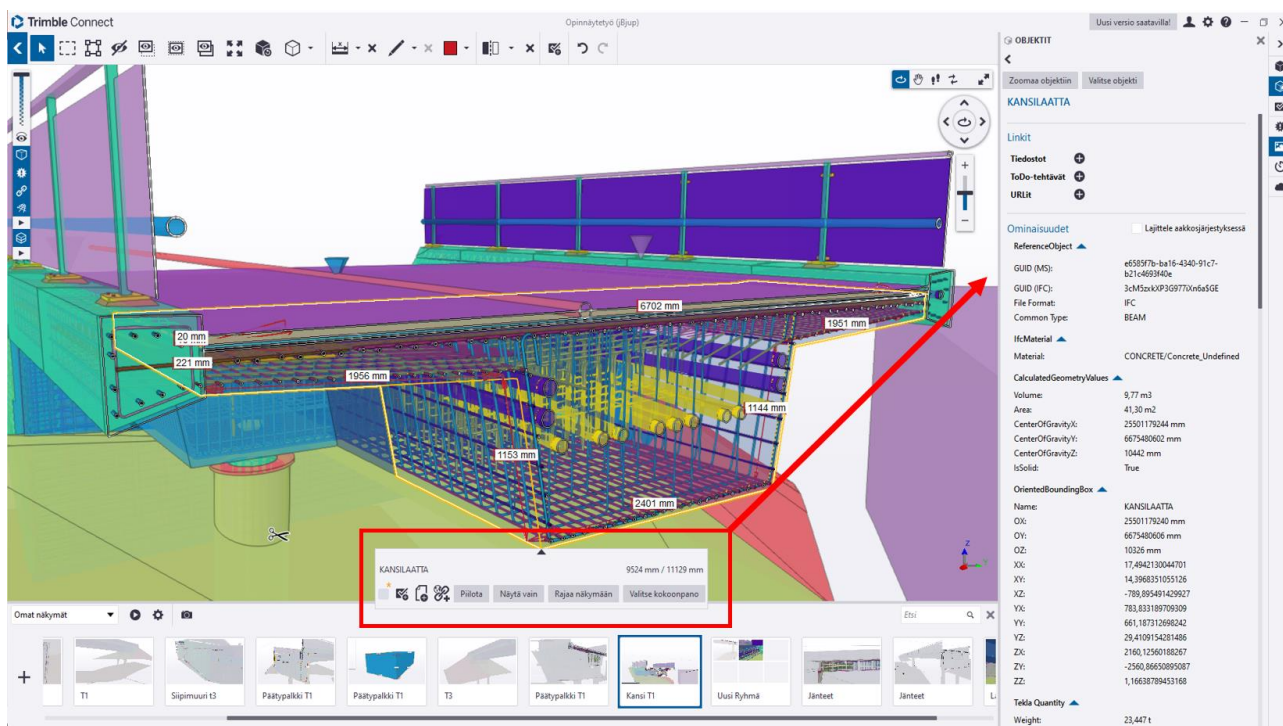
Päätypalkki T1 tuella. Näkymässä rakenne on leikattu leikkaustyökalulla sekä mittamallin läpinäkyvyyttä on suurennettu. Näkymään on lisätty rakenneosien mittoja nopeuttamaan tarkastusta.



Päätypalkin geometria T1 tuella. Valitsemalla näkymään vain yhden rakenneosan, on helpompi tutkia rakenneosan mittoja ja muuta geometriaa. Osan saa valittua klikkaamalla rakenneosaa ja valitsemalla "näytä vain". Ctrl-näppäin pohjassa saa valittua useamman rakenneosan kerralla tarkasteluun.

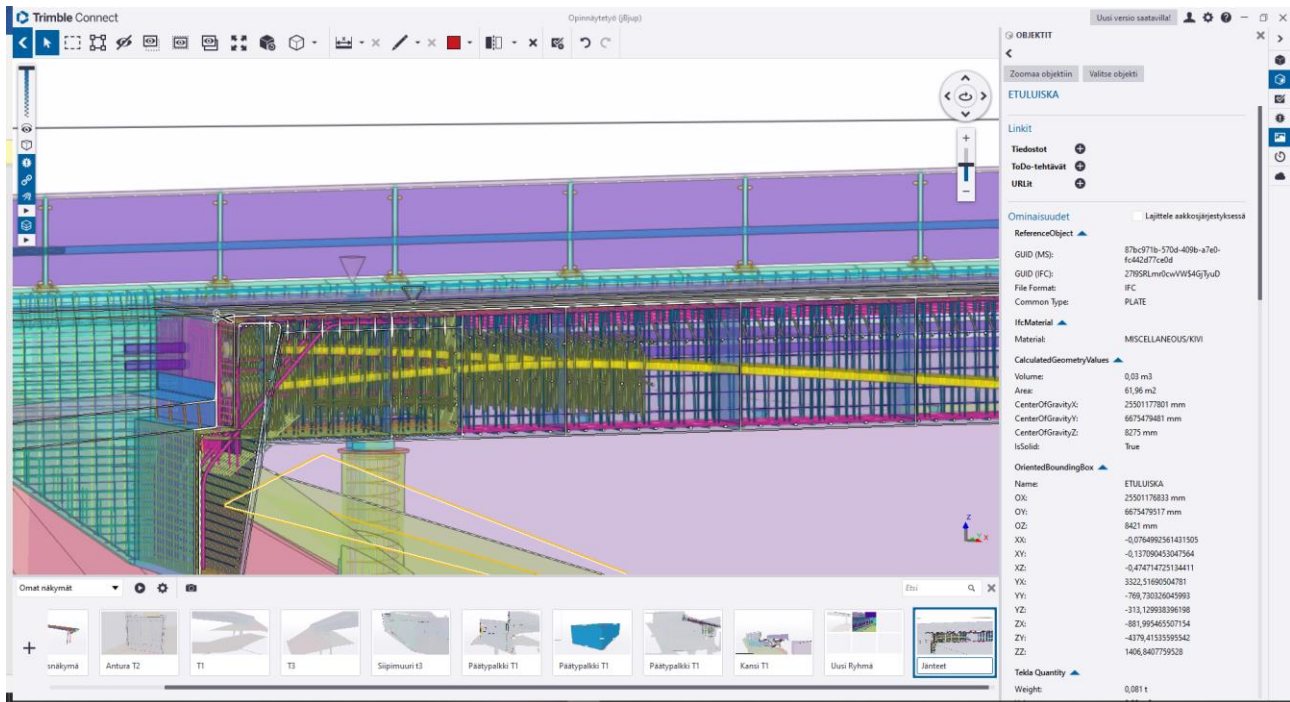


Päätypalkin rauditus T1 tuella. Päätypalkin rauditusmäärä on suuri jänteiden ankkuroinnin takia, joten raudoitusten tarkastus kannattaa aloittaa raudoiteryhmittäin käyttäen apuna Trimble Connectin leikkaus- ja suodattamistyökalua.

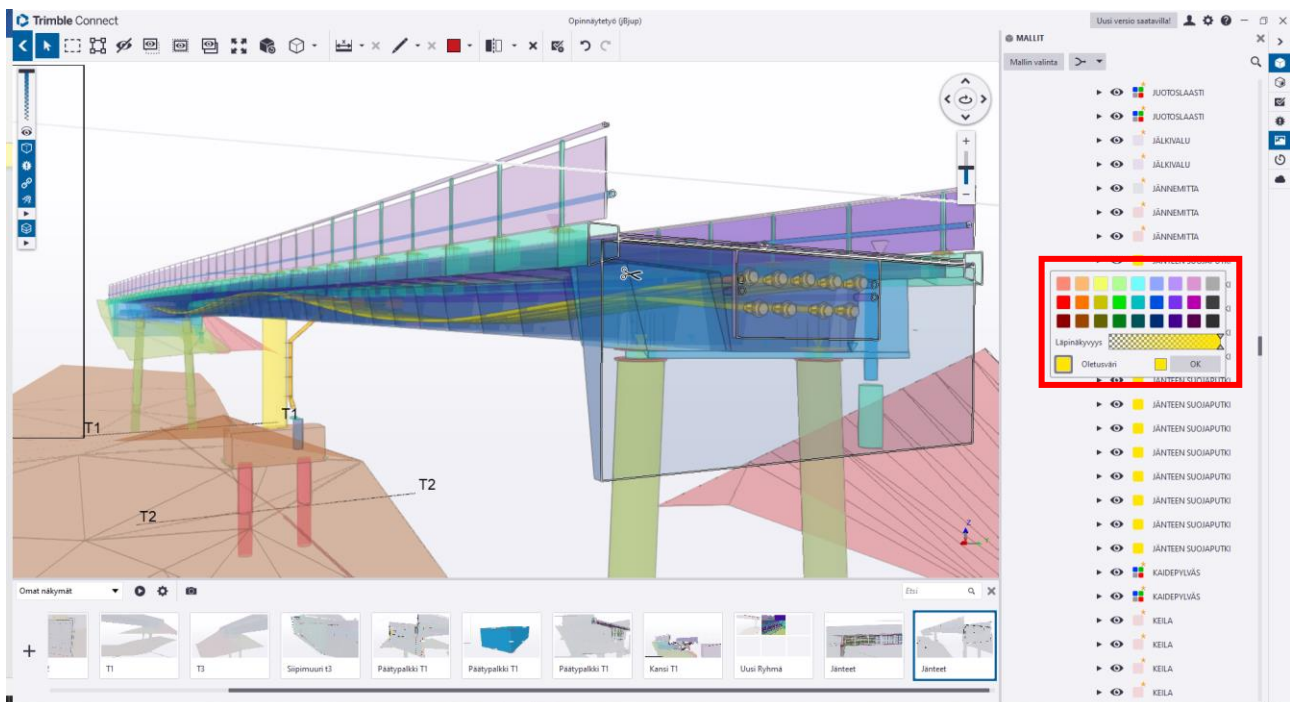


Kannen geometria ja raudoitukset. Kannen raudoitusten määrä tulisi tarkastaa vähintään mitoittavassa poikkileikkauksessa, joka määräytyy laskelmien perusteella.

Osa 4. Jänteiden tarkastus

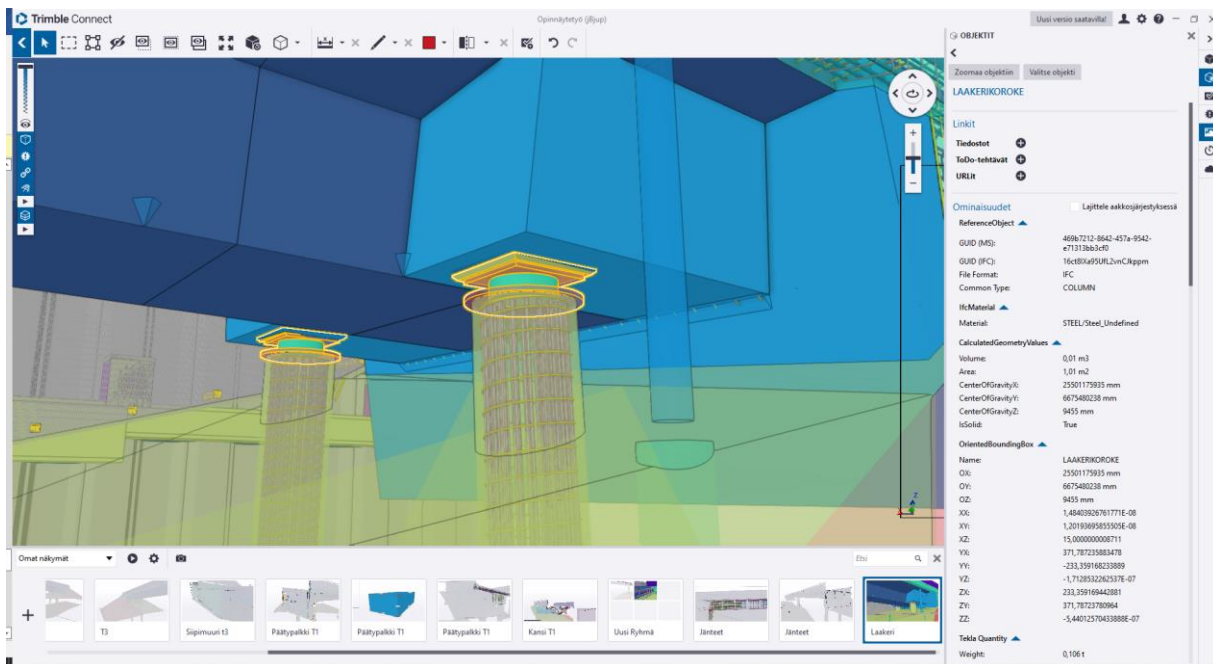


Jänteet T1 tuella. Näkymässä leikkaus T1 tuelta, jossa näkyvät jänteiden raudoitukset ja ankkurit.

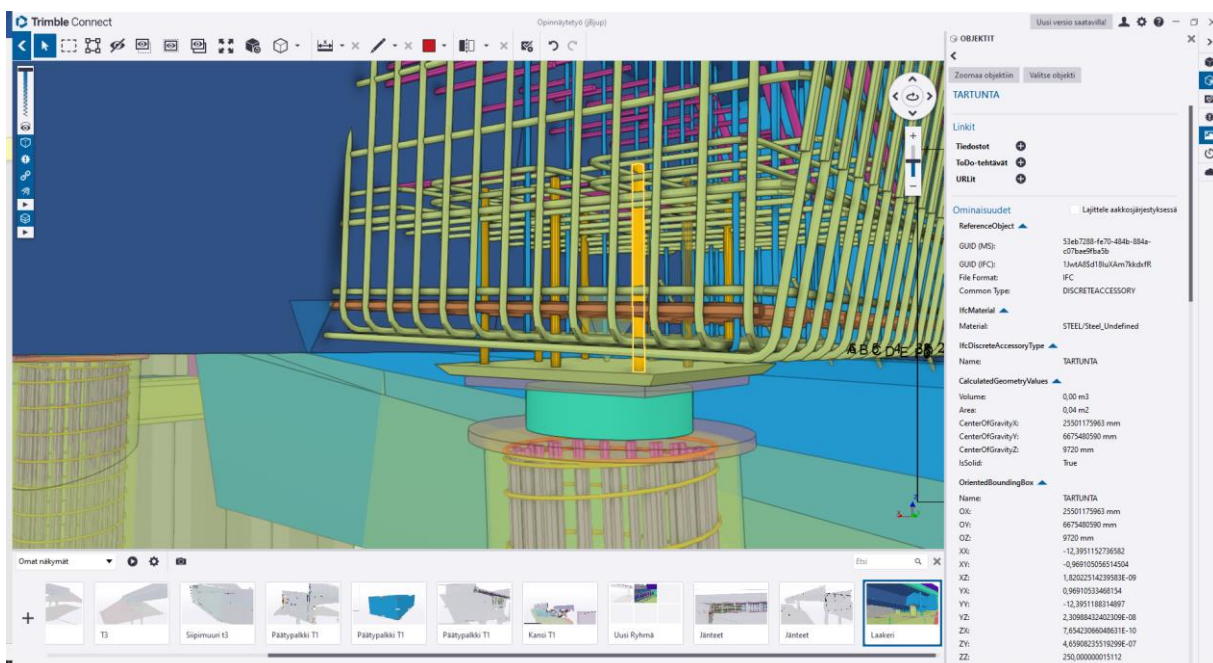


Jänteet koko sillan matkalla. Näkymässä on jänteiden osien läpinäkyvyys otettu pois päältä ja koko muu malli laitettu läpinäkyväksi. Näin on helpompi hahmottaa rakenteiden sisällä kulkevat osat, kuten jänteet.

Osa 5. Laakeroinnin tarkastus



Laakerit T1 tuella. Näkymässä on valittuna T1-tuen laakerit, teräslevyt ja laakerikorrokkeet. Näkymästä voidaan tarkastaa myös sillan kannen ja keilan väliin jäävää tila. Tämän on erityisen tärkeää tarkastaa, jotta laakereita voidaan tarkastaa ja huoltaa järkevästi.



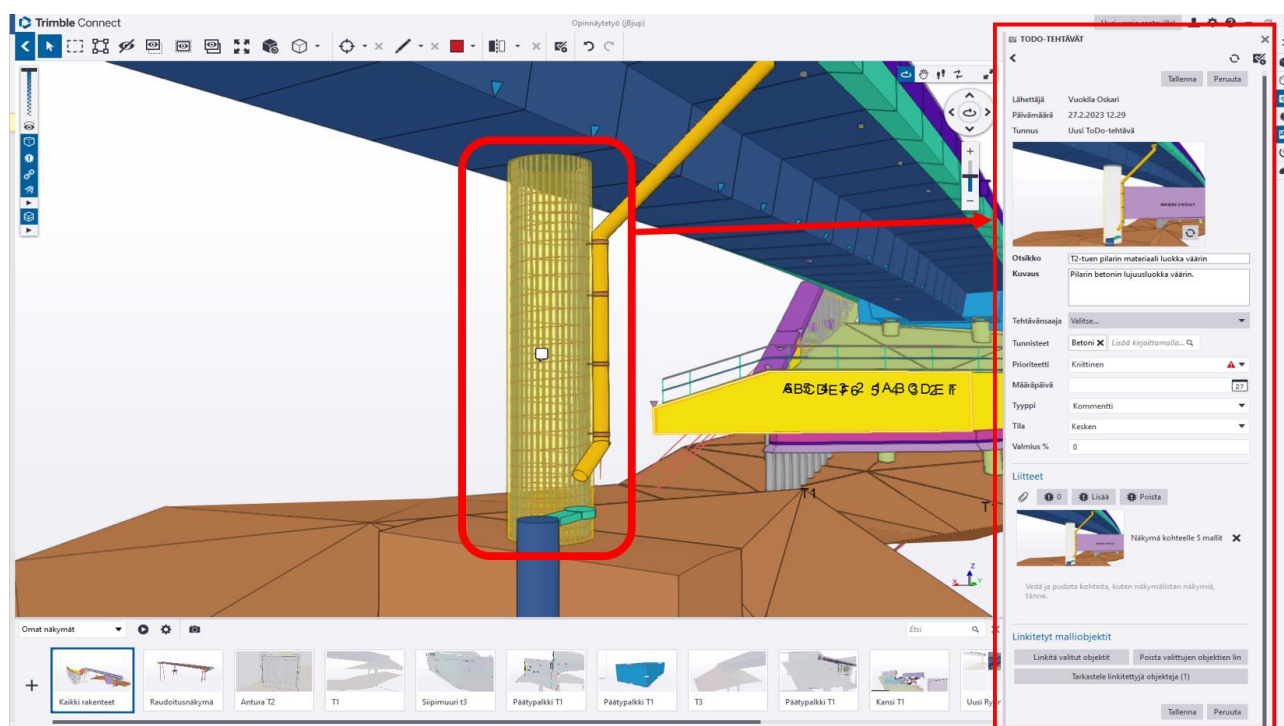
Laakerin tartuntaraidoitukset T1 tuella. Näkymässä päätypalkin piilottamisella on saatu päätypalkin raidoitukset näkyviin ja näin voidaan tarkastaa laakerin tartuntaraidoitukset. Rakenneseosan voi piilottaa klikkaamalla rakenneseosaa ja valitsemalla piilota.

Osa 6. Liikuntasaumalaitteen tarkastus

Kyseisessä sillassa ei ollut liikuntasaumalaitteita, mutta niiden tarkastus voidaan toteuttaa samaa periaatetta noudattaen kuin muiden rakenteiden ja rakenneosien tarkastukset.

Tarkastuskommentit tietomalliin

Tarkastuksen yhteydessä tehdyt kommentit voidaan liittää suoraan kohteen tietomalliin ToDo-tehtävien avulla.



ToDo-tehtävä. Tietomallissa on havaittu virheellinen betonin lujuusluokka, ja siihen on lisätty kommentti ToDo-tehtävällä. ToDo-tehtävän avulla voit välittää kommentit suoraan asianomaiselle henkilölle ja seurata kommentin tilaa. Linkittämällä kommentin haluamaasi rakenneosaan tai objektiin, voit tehdä kommentista helpommin havaittavan ja ymmärrettävän. Tällä tavalla kommentit ja ongelmat ovat helpommin hahmotettavissa ja ratkaistavissa tietomallissa.

The screenshot shows the Trimble Connect web interface. On the left is a sidebar with navigation options: 'Kaikki projektit', 'Tiedonhallinta', 'Historia', 'ToDo-tehtävä' (selected), 'Tiimi', 'Ominaisuusryhmäkirjastot', and 'Asetukset'. The main area displays a 'ToDo-tehtävä' (To-do task) list. A red box highlights the 'Vie Exceliin' (Export to Excel) button in the top right corner of the task list, with a red arrow pointing to it. Below the task list, an Excel spreadsheet is shown with a table containing task details.

Label	Title	Description	Type	Priority	Status	Completion	Due date	Assignee(s)	Tags	Created by	Created on	Last modified by	Last modified on
OPIN-1	T2-tuen pilarin materiaali luokka väärin	Pilareiden betonin laatu	Comment	CRITICAL	IN PROGRESS	0%			Belam	Oskari Vuokila	Feb 27 2023 12:39	Oskari Vuokila	Feb 27 2023 12:39 PM EET

ToDo-tehtävien lataaminen Excel-tiedostoon. Ylemmässä kuvassa näkyy Trimble Connectin Web-versiosta otettu näkymä, josta on mahdollista ladata tehdyt kommentit Excel-tiedostoon. Alemmassa kuvassa puolestaan näkyy ladattu tarkastuskommentti Excelissä. Näin voit dokumentoida tehdyt kommentit ja liittää dokumentoituna kommentit luovutettavan aineiston yhteydessä.

Yhteenveto

Yhteenvetona voi todeta, että tarkastuksen toteutusta helpottavat valmiit tarkastusnäkömät, joissa voidaan hyödyntää erilaisia työkaluja kuten leikkaustyökalua, läpinäkyvyyden muuttamista, rakenneosien suodattamista sekä etäisyys- ja koordinaattityökalua. Valmiiksi asetetut mitat ja koordinaatit nopeuttavat rakenneosien lukua ja tarkastusta. Tarkastusta voidaan tehostaa immateriaaliobjekteilla, kuten mittalinjoilla, mittapisteillä ja tukilinjoilla.

Tarkastus voidaan toteuttaa käyttäen apuna inframallin tarkastuslomaketta ja merkitsemällä tarkastuskommentit suoraan tietomalliin ToDo-tehtävien avulla. Kaikkia tarkastuslomakkeen kohtia ei kuitenkaan pystytä tarkastamaan tietomallista, joten joskus joudutaan turvautumaan muihin dokumentteihin tai piirustuksiin. Nämä voidaan liittää suoraan tietomallin rakenneosiin.

Tarkastusta voidaan myös automatisoida Simplebim-ohjelman avulla, jossa automaattinen tarkastus perustuu Taitorakennerekisterin mukaisesti rakenneosittain lajiteltuun Excel-tiedostoon. Simplebim:n hyvä ominaisuus onkin lukea Excel-tiedostoja ja löytää listatut asiat tietomallista. Näin voit tarkastaa nopeasti mm. rakenneosien nimet, materiaalit, määrät, pinta-alat jne. Tämä mahdollistaa tietomallin nopean tarkastuksen ja virheiden välttämisen suunnittelussa, sekä tietomallin laajemman hyödyntämisen. Automatisoitu tarkastus auttaakin erityisesti suunnittelijan itselleluovutuksessa.