

Radan tietomallipohjaisen massalaskennan vaatimukset

Antti Kiviniemi

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2014
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentamisen suuntautumisvaihtoehto

ANTTI KIVINIEMI:

Radan tietomallipohjaisen massalaskennan vaatimukset

Opinnäytetyö 49 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Huhtikuu 2014

Opinnäytetyön taustalla oli Infra FINBIM -työkonsortion tavoite kehittää tietomallinnusta infra-alalla. Konsortiossa olleiden yritysten pyrkimyksenä oli viedä eteenpäin infra-alan tietomallinnusta luomalla yhteiset mallinnusohjeet, joiden määrälaskentaosaan tulisi osia opinnäytetyöstä. Tältä pohjalta opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, millaisia vaatimuksia tarjouslaskenta sekä rakennustuotannon suunnittelu ja ohjaus asettavat tietomallipohjaiselle massalaskennalle. Lisäksi opinnäytetyön tavoitteena oli käsitellä tietomallinnuksen nykytilaa ja kehitystarpeita erityisesti massalaskennan näkökulmasta.

Tuloksena saatiin käsitys siitä, millaisia vaatimuksia ratahankkeen tietomallipohjaiselle massalaskennalle tulisi asettaa niin, että niiden perusteella voitaisiin luoda tarjouslaskentaa sekä tuotannon suunnittelua palveleva massataulukko. Opinnäytetyöstä saatujen tulosten perusteella voitiin nostaa esiin kolme tärkeintä seikkaa massalaskennasta luotavan massataulukon kannalta: taulukoidut massat on jaoteltava Infra-rakennusosanimikkeistön mukaisesti ja hankkeen kannalta sopiviin osakokonaisuuksiin sekä massalaskennasta on luotava malliseloste, jossa kuvataan käytetyt massalaskentaperiaatteet. Tuloksista huomattiin oikeanlaisen massataulukon tekemisen olevan mahdollista, mutta sen viimeistely vaatii edelleen käsin tehtävää työtä. Huomattiin, että esiteltyt suunnitteluohjelmistot eivät tue Infra-rakennusosanimikkeistön mukaisesti massojen jakamista, vaikka se teknisesti olisikin mahdollista. Työn tuloksena saatiin käsitys myös siitä, millainen infra-alan tietomallinnuksen tilanne oli kirjoitushetkellä.

Johtopäätöksenä opinnäytetyöstä saaduista tuloksista voitiin todeta tietomallipohjaisella massalaskennalla olevan suuri vaikutus tarjouslaskennan ja tuotannon suunnittelun tehokkuuteen ja kannattavuuteen. Kuitenkin tulosten perusteella pääteltiin tietomallinnuksen ja siihen liittyvän massalaskennan vaativan edelleen opettelua, alan systemaattista muutosta ja yhteistyötä tilaajaorganisaatioiden, urakoitsijoiden sekä ohjelmistokehittäjien välillä, jotta kaikki hyödyt voitaisiin maksimoida. Kehityksen voitiin perustellusti sanoa menevän eteenpäin vasta siinä vaiheessa, kun siirrytään täysin sähköiseen tiedonsiirtoon. Johtopäätöksenä voitiin myös todeta tietomallinnukseen liittyvän termistön vaativan ohjeistusta, jotta yhteinen kattava termistö saadaan vakiinnutettua alalle.

Asiasanat: tietomallinnus, tarjouslaskenta, rakennustuotanto, massalaskenta, ratasuunnittelu

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Specialisation in Civil Engineering

ANTTI KIVINIEMI:
Demands For Railways BIM-Based Mass Calculation

Bachelor's thesis 49 pages, appendices 3 pages
April 2014

The bachelor's thesis was based on the objective of Infra FINBIM –consortium which was to develop building information modelling in a field of infrastructure. The goal of the companies that formed the consortium was to take InfraBIM forward by creating common modelling guides. Pieces of the thesis was to be made part of the volume calculation part. From this basis, the purpose of the thesis was to find out what kind of requirements offer calculation and construction planning set for mass calculation. Also, the goal of the thesis was to find out the current situation of InfraBIM and its needs for development, especially from mass calculations point of view.

As a result of the thesis, an understanding of what kind of requirements should be addressed to mass calculation so that mass sheet servicing offer calculation and construction planning could be created based on those requirements was formed. Based on the results gathered from the thesis, three main things could be raised from the perspective of mass sheet created from mass calculation: masses must be divided according to Infra-construction nomenclature and to suitable subsystems and also mass calculation report describing used calculation methods must be created. It was also found out that although it is possible to create a suitable mass sheet it still has to be finalized by hand. From the results it could be also noticed that demonstrated design softwares do not support dividing masses by Infra-nomenclature in particular, although it is technically possible. Also, the thesis resulted in understanding of the current situation of InfraBIM in a field of infrastructure.

As a conclusion based on the results gathered, it could be said that BIM-based mass calculation has a great impact on the efficiency and profitability of offer calculation and construction planning. However, it could be concluded that in order to gain all the benefits from InfraBIM and mass calculation, learning, systematic change and co-operation with constructor organizations, contractors and software developers is required. It could be said that the development goes forward only when the transition is made to a completely electronic data transfer. In addition, the terminology of InfraBIM requires guidelines so that the common comprehensive terminology can be established in the field of infrastructure.

Key words: mass calculation, construction, offer calculation, building information modeling, railway design

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Työn tausta.....	7
1.2	Työn tavoitteet	8
1.3	Tutkimusmenetelmät ja rajaukset	8
2	TIETOMALLINNUS	9
2.1	Yleistä tietomallinnuksesta	9
2.2	Visio.....	11
2.3	Tiedonsiirto	12
3	SUUNNITTELU	14
3.1	Radan suunnitteluprosessi.....	14
3.2	Perinteinen suunnittelutyö	15
3.2.1	Massalaskenta	17
3.3	Tietomallipohjainen suunnittelutyö	18
3.3.1	Tietomallipohjainen massalaskenta	20
3.4	Mallinnuksen laadunvarmistus	21
3.5	Infrarakentamisen suunnitteluohjelmistot.....	22
3.5.1	Yleistä	22
3.5.2	Vianova Novapoint	22
3.5.3	Tekla Civil.....	26
4	TARJOUSLASKENTA JA TUOTANNON SUUNNITTELU	30
4.1	Tarjouslaskenta	30
4.1.1	Hankkeen osittelu.....	31
4.1.2	Määrälaskenta ja hinnoittelu	34
4.1.3	Tarjouksen muodostaminen	35
4.1.4	Kustannuslaskennan apuvälineet	36
4.1.5	Tietomallinnus tarjouslaskennassa.....	37
4.2	Rakennustuotannon suunnittelu ja ohjaus.....	38
4.2.1	Massalaskenta rakennustuotannon apuna	38
5	VAATIMUKSET MASSALASKENNALLE.....	40
5.1	Massalaskennan vaatimukset mallinnukselle	40
5.2	Tarjouslaskennan vaatimukset massalaskennalle	41
5.3	Rakennustuotannon vaatimukset massalaskennalle.....	41
5.4	Massalaskennan kehitys.....	43
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	45
	LÄHTEET.....	48

LIITTEET	49
Liite 1: Massataulukkomalli	50
Liite 2: Massalaskennan malliselostemalli	51

ERITYISSANASTO

BIM	Building Information Model. Rakennuksen tai rakenteen tietomalli. Katso: tietomalli.
Infra FINBIM	Kuudentoista yrityksen muodostama tutkimuskonsortio, jonka tarkoituksena on kehittää ja laatia infran tietomallinnuksessa käytettävät laadintaohjeet sekä vaatimukset.
InfraBIM	Infrarakenteen tietomallin englanninkielinen lyhenne.
Inframalli	Infrastruktuuria ilmentävä tietomalli, jossa on käytetty yhteisesti sovittuja inframallin tietomäärittelyjä.
Inframodel	Lyhennettynä IM. Kansainväliseen LandXML-formaattiin pohjautuva kansallinen tietomäärittely ja tiedonsiirtoformaatti. Kirjoitushetkellä uusin versio on IM3.
LandXML	Kansainvälinen infrarakentamisen sekä maanmittauksen tietomäärittely, joka pohjautuu avoimeen XML-tiedonsiirtostandardiin.
Lähtötietomalli	Suunnittelua varten eri lähteistä saadut tai mitatut lähtötiedot digitaalisessa muodossa.
Massa	Määrätieto, jolla on paikkasidonnaisuus.
Massalaskenta	Prosessi, joka tuottaa hankkeen suunnitellut massat sidottuna sopiviin osakokonaisuuksiin. (Esimerkiksi: ratakilometrijärjestelmään sidottuna 20 metrin välein).
Määrä	Ominaisuustieto, joka esittää hankkeen tietyn rakennus- tai hankeosan kumulatiivista lukumäärää.
Määrälaskenta	Prosessi, joka tuottaa hankkeen suunnittelut kokonaismäärät. Määrät on esitetty määräluettelossa, johon on merkittynä hankkeen kumulatiiviset määrät. (Esimerkiksi: maaleikkaus 300 m ³ rtr).
Ratakilometrijärjestelmä	Suomen rataverkolla käytetty paikkatiedon ilmaisumuoto.
Tietomalli	Rakenteen tai rakenteiden koko elinkaaren aikaiset tiedot käsittävä kolmiulotteinen digitaalinen malli. Voidaan puhua myös tuotemallista.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tietotekniikan nopea kehittyminen on luonut uusia mahdollisuuksia infrahankkeiden toteuttamiseen ja niiden tehostamiseen, aina suunnittelusta rakentamiseen saakka. Tietomallipohjainen suunnittelu on ollut käytössä rakennussuunnittelussa jo pidemmän aikaa, kun taas infrarakentamisen sektorilla sitä ei ole vielä täysin alettu edes hyödyntämään. Nyt kuitenkin infra-alan suuret tekijät ovat viemässä eteenpäin tietomallipohjaista suunnittelua ja siihen liittyviä standardeja sekä ohjeistuksia, jotta tietomallinnus saadaan käyttöön täysipainoisesti myös infra-alalla. Tietomalliin perustuvan suunnittelun rantautuessa infrarakentamisen sektorille on vallitsevien perinteisten suunnitteluprosessien kehityttävä vastaamaan uusia tarpeita. Infra-alan toimijoiden muodostaman työkonserktion Infra FIN-BIM:n yhtenä suurena tavoitteena on, että suuret infrastruktuurin haltijat Suomessa tilaavat ainoastaan tietomallipohjaisia palveluja vuoden 2014 alusta lähtien, joten tarve yhteisille suunnittelustandardeille ja -ohjeille on suuri.

Laadittavan opinnäytetyön ydinasia liittyy erääseen olennaiseen tietomallinnuksen osa-alueeseen, määrälaskentaan. Määrälaskennan ja tarkemmin tietomallinnuksen yhteydessä puhuttaessa massalaskennan merkitys on infrahankkeessa erittäin suuri, aina tarjouslaskennasta rakennustuotantoon asti. Erityisesti tarjouslaskentavaiheessa määrälaskenta on hankkeen kustannusten ja sitä kautta tarjouskilpailussa pärjäämisen kannalta kriittinen osa. Tietomallipohjainen suunnittelu avaa uusia ovia määrälaskentaan mahdollistamalla paikkasidonaisuuden määrille, tarkemmat laskelmat sekä vähentämällä laskentaan vaadittavaa työmäärää. Haasteena on kuitenkin kehittää infra-alalle yhteisiä suunnittelustandardeja ja työtapoja vanhojen syvään juurtuneiden tapojen tilalle. Uusilla yhtenäisillä työtavoilla voidaan parantaa niin yrityksen sisäistä suunnittelun laatua kuin saada suuria hyötyjä tietomallipohjaisesta massalaskennasta tarjouslaskentavaiheeseen sekä rakennustuotannon suunnitteluun ja ohjaukseen.

Opinnäytetyön tilaajana toimii VR Track Oy, joka tulee käyttämään lopputyötä osana yrityksen sisäistä ohjeistusta. Tämän lisäksi osia opinnäytetyöstä tullaan käyttämään osana Infra FINBIM -työpaketin laatimaa tietomallinnuksen määrälaskenta- ja kustannusarvio-ohjetta.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tarkoituksena on esitellä tietomallipohjaista suunnittelua ja siihen liittyvää massalaskentaa sekä pohtia tietomallintamisen tilaa kirjoitushetkellä. Lisäksi tarkoituksena on esitellä tarjouslaskentaa sekä rakennustuotannon suunnittelua ja ohjausta niin, että saadaan käsitys siitä, miksi tietomallipohjaisen massalaskennan pohjalta tehdyn oikeanlaisen massataulukon tekeminen on tärkeää ja mitä mahdollisia hyötyjä siitä saadaan.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää millaisia vaatimuksia tietomallipohjaisesti tehdyille massalaskennalle pitäisi asettaa, jotta se palvelisi parhaalla mahdollisella tavalla tarjouslaskentaa sekä rakennustuotannon suunnittelua ja ohjausta. Lisäksi tavoitteena on käsitellä, miten tietomallista tehdystä massalaskennasta saadaan luotua oikeanlainen massataulukko, joka tukee tarjouslaskentaa sekä rakennustuotantoa VR Track Oy:n hankkeissa. Tavoitteena on myös pohtia miten massataulukkoa voitaisiin jatkossa kehittää sekä millainen massataulukko voisi tulevaisuudessa olla.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja rajaukset

Tutkimusmenetelminä työssä hyödynnetään VR Track Oy:n eri projekteille tuottamia suunnitelma-aineistoja ja materiaaleja. Opinnäytetyössä lisäksi hyödynnetään VR Track Oy:ssa työskentelevien henkilöiden asiantuntemusta, jotta työhön saadaan näkökulmaa myös lopputyön aiheiden parissa työskenteleviltä henkilöiltä. Massalaskennan tutkimisessa ja käsittelyssä käytetään Tekla Civil sekä Vianova Systems Novapoint -suunnitteluohjelmistoja. Massataulukon käsittelyssä hyödynnetään Microsoft Office -toimisto-ohjelmistopakettia ja siihen sisältyvää Excel-ohjelmistoa.

Opinnäytetyön sisältö rajataan niin, että se käsittelee radan suunnittelua ja tarjouslaskentaa yleisestä, urakatyyppiiriippumattomasta näkökulmasta. Rakennustuotantoa käsitellään ainoastaan massalaskennan näkökulmasta ja massalaskentaa vain radan maamassojen osalta. Siihen ei sisällytetä muita massa- tai määrätietoja kuten kiskoja, pölkkyyä tai sähköratapylväitä.

2 TIETOMALLINNUS

2.1 Yleistä tietomallinnuksesta

Tuomas Hörkkö ja Juha Kajanen kertovat kirjassa *Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu* tietomallipohjaisen suunnittelun juurien johtavan 1970-luvulle, jolloin tietokoneet tulivat mukaan ennen täysin käsin tehtyyn infrasuunnitteluun. Kuitenkaan varsinaisesta tietokonepohjaisesta suunnittelusta ei voida kuitenkaan vielä tässä vaiheessa puhua, sillä tietokoneita käytettiin vain lähinnä maanmittauksen sekä kunnallistekniikan laskennoissa sekä rakennesuunnittelun ja lujuuslaskennan apuna perinteisen käsin laskennan sijaan. (Junnonen 2009, 24.)

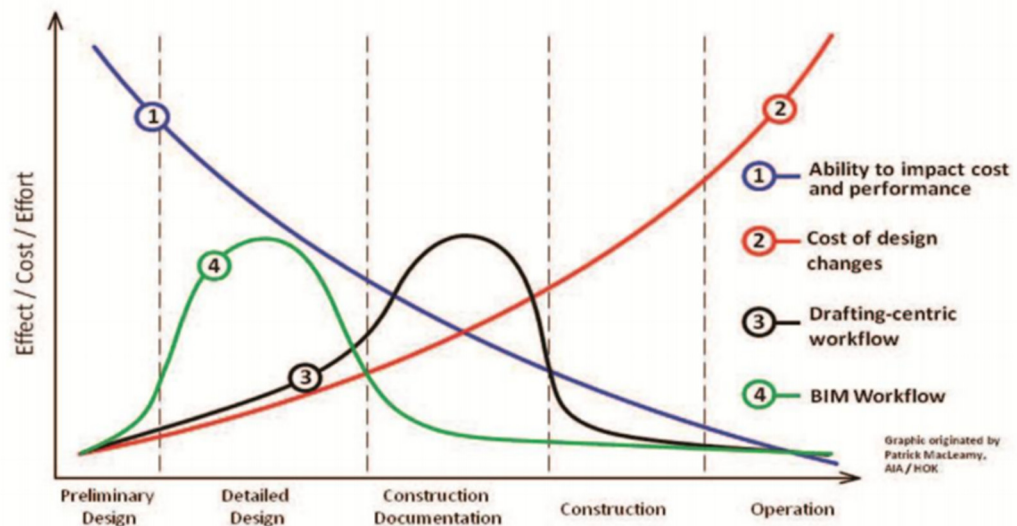
Vasta tultaessa 2000-luvulle tietokoneet olivat vakiinnuttaneet paikkansa suunnittelun päätyökaluna. Tietokoneiden mahdollistaessa yhä monimutkaisempien rakenteiden suunnittelun ja toteuttamisen, on alalle syntynyt uusia haasteita valtavan tietomäärän hallitsemiseksi. Suunnittelun ongelmaksi on syntynyt oleellisen tiedon kerääminen suuresta informaatiomäärästä ja sen kokoaminen yhdeksi eheäksi kokonaisuudeksi. (Junnonen 2009, 26.)

Viime vuosiin asti infra-alalla suunnittelutyö on tehty dokumenttipohjaisilla CAD-ohjelmistoilla (Computer Aided Design), joilla valtavien tietomäärien hallinta sekä niiden käsittely ei ole ollut kuitenkaan riittävän tehokasta. Tämän korjaamiseksi on kehitetty tietomallipohjaisia ohjelmistoja, joilla tiedonhallinta on keskitettyä ja suunnitteluprosessia on helpotettu automatisoimalla infrasuunnittelun kannalta tärkeitä toimintoja. (Junnonen 2009, 26.) Tietomallinnuksen täyden potentiaalın hyödyntäminen kuitenkin vaatii alan systemaattista muutosta, joka on vasta alkamassa hahmottumaan infra-alalla.

Kirjoitushetkellä alalla käytettävä tietomallinnussanasto on vasta kehittymässä ja se saattaa monille aiheuttaa hämmennystä. Kuitenkin voidaan sanoa puhuttaessa tietomalli- tai tuotemallipohjaisesta suunnittelusta, sillä tarkoitettavan tuotteen digitaalisessa muodossa, tuotetietomallin mukaisesti jäsennehtynä olevan tiedon käsittelyä. *Vianovan BIM -verkkosivujen* mukaan tietomallissa projektin sydän on digitaalinen 3D-malli, johon tehdään

kaikki projektin suunnittelu. (Vianova: Mitä BIM on oikeasti 2013.) Tietomallin sisältäessä rakennusprosessin ja tuotteen elinkaaren kannalta olennaisia tietoja, se tulevaisuudessa tulee palvelemaan laajaa käyttäjäkuntaa suunnittelijoista kunnossapitäjiin.

InfraBIM -mallinnusohjeiden yleiset vaatimukset -osassa kerrotaan infrarakenteiden tietomallinnuksen tavoitteena olevan ”suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävän kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen”. (InfraBIM 2014, 3.) Tietomallinnuksen yhtenä etuna perinteiseen CAD-suunnitteluun verrattuna on myös sen havainnollisuus. Kolmiulotteisesta mallista voidaan huomata suunnitteluvirheitä sekä esimerkiksi epäjatkuvuuskohtia, joita olisi mahdotonta huomata perinteisistä paperisista suunnitelmista.

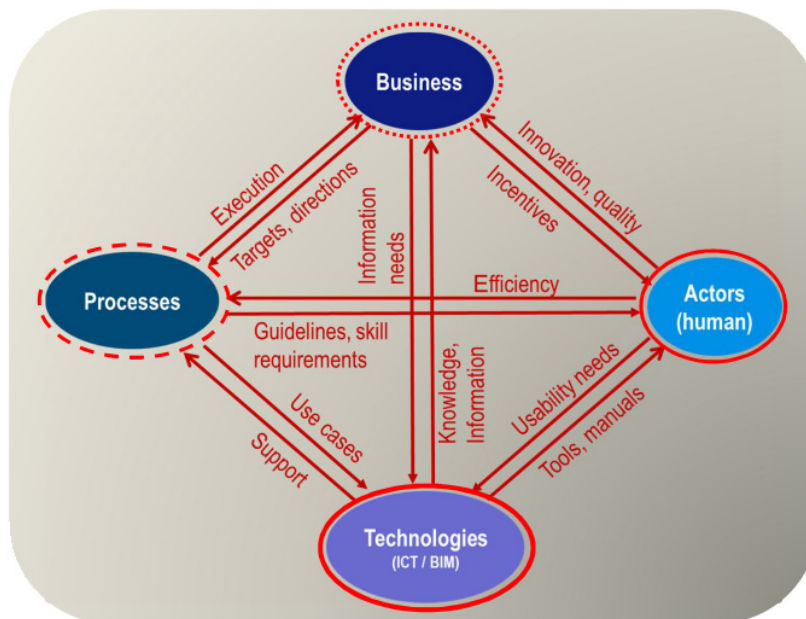


KUVA 1: Hankkeen eri vaiheiden kustannusten määräytyminen sekä kertyminen. (Kuva: CE News 2008)

Tietomallintaminen mahdollistaa aikaisessa vaiheessa huomattujen suunnitteluvirheiden korjauksen, vaiheessa jossa suunnitelmamuutoksien kustannukset ovat vielä verrattain edullisia. Kuten kuvasta 1 voidaan huomata, tietomallinnuksen (vihreä viiva) avulla hankkeesta syntyviä kustannuksia voidaan siirtää aikaisempiin suunnittelun vaiheisiin, jolloin suunnitteluratkaisuilla voidaan vielä ratkoa ongelmia, kun niiden hinta (oranssi viiva) on vielä verrattain pieni. Laskennallisesti suunnittelukustannukset ovat yleensä koko hankkeessa pieni osa, mutta tässä vaiheessa tehdyt ratkaisut muodostavat suuren osan hankkeen kokonaiskustannuksista.

2.2 Visio

Infra-alan tietomallinnusta eteenpäin vievän Infra FINBIM -konsortion päävisiona on, että vuoden 2014 alusta lähtien suuret infran haltijat tilaisivat ainoastaan tietomallipohjaisia palveluita. Infra FINBIM on kuudentoista yrityksen muodostama työpaketti, jonka tavoitteena on saada aikaan infra-alalla systemaattinen muutos, jossa siirryttäisiin hankkeen kaikki osa-alueet kattavaan tietomalleja hyödyntävään palvelutuotantoon. (Infra-FINBIM 2013). Tulevaisuudessa pyritään tietomalliin sisällyttämään aika- ja kustannustietoa, jolloin voidaan puhua niin kutsutusta 4D- tai 5D-mallista. Tämä mahdollistaisi rakentamisen vaiheistuksen simuloinnin sekä esittäisi kustannusten kertymisen ennen varsinaista rakentamista. Tarkoituksen mukaista olisi pyrkiä tilanteeseen, jossa tietomallinnus palvelisikin elinkaariajattelun mukaisesti kaikkia osapuolia suunnittelusta, rakentamiseen ja kunnossapitoon.



KUVA 2: Lean-ajattelun hyödyntäminen tietomallinnuksen kehityksessä. (Kuva: Juha Hyvärinen 2013, VTT)

Erään tulkinnan mukaan tietomallinnuksen kehitysajattelun voidaan olettaa koostuvan neljästä osa-alueesta, joihin panostamalla voidaan tietomallinnusta kehittää ja tuoda osaksi nykyistä suunnitteluprosessia. Kuvassa 2 esitetyt neljä osa-alueita ovat: prosessit, teknologioiden kehitys, liiketoiminta sekä työntekijät. Näiden osa-alueiden kehitys on painottunut viimeaikoina liikaa prosessien sekä teknologioiden kehitykseen, mutta olisi

tärkeää huomioida myös liiketoiminta sekä työntekijät osana tätä kehitystä. Vain tällä tavalla voidaan tietomallinnuksesta kehittää toimiva yleinen suunnittelun työtapo, josta saadaan ulosmitattua kaikki sen tarjoamat hyödyt. Tietomallinnuksen ei pidä olla itsetar koitus.

2.3 Tiedonsiirto

Kirjassa *Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu* Juha Liukas kertoo tiedonsiirron roolin olevan suunnittelussa ja erityisesti tietomallinnuksessa merkittävä. Tiedonsiirtoformaatti pitkälti määrää millä tavoin ja minkä ohjelmistojen kanssa voidaan keskustella ja välittää tietoa. Nykypäivän tietoyhteiskunnassa tiedonsiirto digitaalisessa muodossa lisääntyy koko ajan, mikä tekee tiedonsiirron formaatista tärkeän osan yhteistyön sujumiseksi. Tiedonsiirrolta ei voida tulevaisuudessakaan välttyä tietomallinnuksen avulla, vaan se tulee olemaan luonnollinen osa suunnittelutyötä. Kuitenkin ongelmana on nykyisin suuri tiedontallennukseen ja siirtoon tarkoitettujen tiedostoformaattien määrä, joka tuottaa siirtojen yhteydessä turhaa työtä sekä mahdollistaa tiedon katoamisen tiedonsiirtojen yhteydessä. (Junnonen 2009, 45.)

Tämän lisäksi tietomallinnuksen tiedonsiirron käyttöönoton ja kehityksen ongelmana on edelleen käytössä olevat paperiset suunnitelmat erityisesti rakennustuotannossa. Ensimmäinen suuri tiedonsiirron kehitysaskel olisikin omaksua täysin sähköiset tiedonsiirtomenetelmät. Kun paperisia suunnitelmia käytetään hankkeissa, on niiden informaatio epätarkkaa sekä käsittely hankalaa. Siirryttäessä sähköisiin tiedonsiirtomenetelmiin tiedon katoaminen minimoituu ja työtä saadaan tehostettua, kun suunnitelmat tarkentuvat sekä kalliit paperiset suunnitelmat katoavat.

Vaikka edelleen paperiset suunnitelmat ovat arkipäivää, sähköisten tiedonsiirtoformaattien kehitys infra-alalla on käynnissä. Tietomallintamisen kehityksessä pyritään hyödyntämään avoimia tiedonsiirtostandardeja. Yleisesti tavoitteena infra-alalla onkin käyttää LandXML- sekä InfraModel-formaatteja. Näistä LandXML on avoimeen XML-standardiin perustuva erikoistettu kansainvälinen tiedonsiirtoformaatti, joka sisältää maanrakennuksen sekä maanmittauksen tietomäärittelyitä (InfraBIM-sanasto 2013). InfraModel-

formaatti on puolestaan LandXML:stä jatkokehitetty formaatti, johon on tehty pohjoismaista käyttöä huomioivia tarkennuksia. Inframodel-formaatin on tarkoituksena toimia infrarakentamisen sektorilla yleisenä tietomallinnuksen tiedonsiirtoformaattina. (Junnonen 2009, 46.)

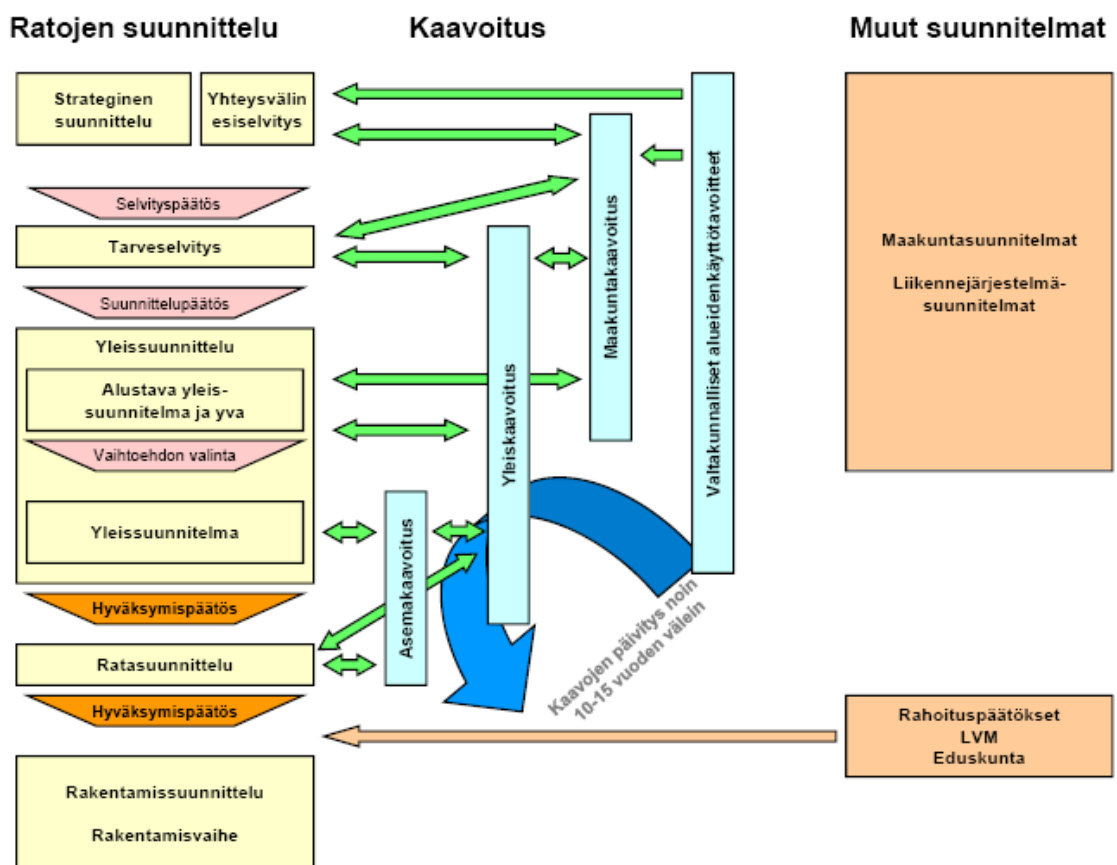
3 SUUNNITTELU

3.1 Radan suunnitteluprosessi

Päätöksenteko tasolla radan suunnittelua voidaan kuvata hierarkkisenä tarkentuvana prosessina, joka yleensä kestää vuosia. Rautateiden suunnittelu on osa alueidenkäytön suunnittelua ja sitä säätelee ratalaki. (Ratahallintokeskus 2008, 11.)

Kuvasta 3 huomataan radan suunnitteluprosessin koostuvan neljästä pääsuunnitteluvaiheesta:

- Tarveselvityksestä
- Yleissuunnittelusta
- Ratasuunnittelusta
- Rakentamissuunnittelusta



KUVA 3: Radan suunnittelu ja sen yhteys kaavoitukseen. (Kuva: Ratahallintokeskus 2008)

Ratahallintokeskuksen laatiman *radan suunnitteluohjeen* mukaan tarveselvitys on radan suunnitteluprosessin lähtökohta. Sillä määritellään radan suunnitteluhankkeen toimenpidevaihtoehdot, selvitetään alustavat vaikutukset, yhteiskuntataloudellinen kannattavuus sekä kustannusten suuruusluokka. Tarveselvityksen yhteydessä voidaan tehdä hankearviointi, mutta pienimmät hankkeet sitä eivät välttämättä tarvitse. Lisäksi ennen tarveselvitystä voidaan tehdä yhteysvälin esiselvityksiä joissa ei aina selvitetä radan tarpeellisuutta, vaan tarkastellaan erilaisia linjausvaihtoehtoja joista yhden toteutettavissa olevan vaihtoehdon mukaan voidaan kaavoihin merkitä radan aluevaraus. (Ratahallintokeskus 2008, 8.)

Yleissuunnitelmassa radan sijainti osoitetaan tarkkuudella, josta maanomistajat ja muut asianosaiset pystyvät arvioimaan riittävällä luotettavuudella hankkeesta heille aiheutuvat vaikutukset. Myös tässä vaiheessa voidaan toteuttaa mahdollinen ympäristövaikutusten arviointimenettely eli YVA-menettely. (Ratahallintokeskus 2008, 57–59.)

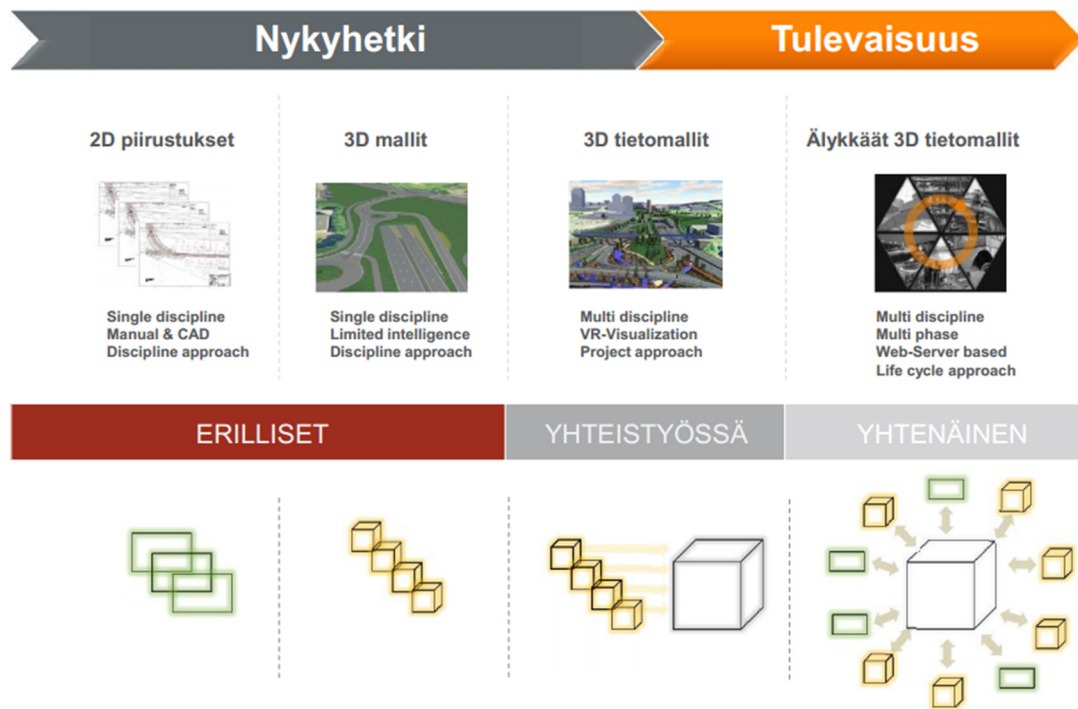
Ratasuunnitelman perustana yleensä pidetään esi- tai tarveselvitystä tai yleissuunnitelmaa. Ratasuunnitelma tehdään myös ratalain mukaan aina ennen rautatien parantamista ja rakentamista. Ratasuunnitelmaan on myös liitettävä riittävän luotettava kustannusarvio hankkeen kustannusohjauksen sekä seurannan pohjaksi. Ratasuunnitelma laaditaan myös radan lakkauttamisen yhteydessä. (Ratahallintokeskus 2008, 57–59.)

Rakentamissuunnitelmassa esitetään työn lopputulos ja toteutustapa. Se määrittelee rakentamisen täsmällisen sijainnin, mitoituksen sekä rakenteet. Suunnitelma voidaan tehdä erillisenä suunnittelutehtävänä tai se voi sisältyä rakennusurakkaan ja sen lähtökohtana on hyväksytty ratasuunnitelma. (Ratahallintokeskus 2008, 65.)

3.2 Perinteinen suunnittelutyö

Perinteinen kauan käytössä ollut suunnittelutapa, vaikkakin myös tietokonepohjainen, on hyvin monivaiheinen prosessi, joka tuottaa paljon aineistoa lopputulokseksi. Tämän vuoksi suunnittelussa on ollut ongelma tiedon pysyvyyden kanssa, sillä tiedonsiirrossa sekä sen käsittelyssä usein tietoa katoaa. Kun tiedonkäsittelyn vaiheita on monta ja niiden

käsittelijät käyttävät erilaisia ohjelmistoja ja tiedonsiirtoformaatteja, tietoa vääjäämättä katoaa. Tämä tuo ongelmia suunnittelun laatuun, kustannuksiin sekä aikatauluun.



KUVA 4: Suunnittelutyön tilanne nyt ja tulevaisuudessa. (Kuva: Vianova 2013)

Nykytilanteessa suunnittelu kulkee rajapinnassa, jossa tuotetaan edelleen 2D-piirustuksia, niin sähköisenä kuin paperisenakin, mutta toisaalta valmiudet täysin sähköiseen ja tietomallipohjaiseen suunnitteluun olisivat olemassa. Kuvasta 4 nähdään nykyhetken suunnittelutyön olevan vaiheessa, jossa edelleen eri tekniikka-alat tuottavat toisistaan erillisiä suunnitelmia ja joissa kuvattu tieto ei ole niin sanottua älykästä tietoa eli suunnitelmaan kuvattu objekti ei sisällä mitään lisätietoa.

Radan suunnittelu on monen tekniikka-alan yhteistyötä, jossa toiset tarvitsevat toisiltaan tietoa omien suunnitelmiensa pohjaksi. Esimerkiksi ratasuunnitelmat tarvitsevat geoteknisiä suunnitelmia pohjaksi ja päinvastoin. Ratasuunnittelu onkin hyvin pitkälti iterointia, jossa suunnittelun edetessä palataan taaksepäin tekemään korjauksia vanhoihin suunnitelmiin.

Kun puhutaan perinteisestä suunnittelusta, sen lähtökohtana voidaan pitää lähdeaineiston hankintaa. Lähtöaineistoon lukeutuvat muun muassa maastomallit, kaapeli- ja putkikartat sekä aluerajakartat. Tämä suunnittelun pohjaksi vaadittava informaatio tulee lähes aina

monista eri lähteistä, se on muodoltaan monimuotoista ja hyvin usein vaikeasti jäseneltävää. Pienissäkin hankkeissa on yllättävän paljon tietoaainestoa, jotka tulee koota yhteen. Tämä tietojen kokoaminen usein on haastavaa ja aikaa vievää.

Tämän suunnitteluprosessin tuloksena saadaan paperisia ja digitaalisia suunnitelmia, jotka monesti ovat hyvin vaikeasti hahmotettavia. Perinteisin menetelmin tehdyn rata-suunnittelun tuloksena yleensä syntyvät poikkileikkaukset radasta 20 metrin paaluväleittäin, pituusleikkaukset sekä suunnitelmakartat, missä on esitetty muun muassa ratalinjaus, aluerajat, maaston muodot sekä muita olennaisia rakenteita.

3.2.1 Määrälaskenta

Määrälaskennalla tarkoitetaan hankkeessa syntyvien suunniteltujen määrien laskentaa tehdyistä suunnitelmista. Ennen ratahankkeissa määrälaskenta on tehty radasta saatujen poikkileikkausten pinta-alojen kautta käsin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että joko sähköisestä tai paperisista poikkileikkauksesta lasketaan jonkin rakennekerroksen poikkipinta-ala, joka kerrotaan sillä metrimäärällä miten etäälle kyseinen rakennekerros muuttumattomana ulottuu tai sille etäisyydelle josta massamäärät halutaan. Nämä lasketut massamäärät sen jälkeen siirretään taulukko-ohjelmaan, minkä pohjalta luodaan varsinainen määräluettelo.

Viime vuosina käytössä olleet CAD-ohjelmistot ovat mahdollistaneet tarkkojen poikkipinta-alojen laskemisen sähköisesti tehdyistä suunnitelmista, mutta tästä huolimatta menetelmä on työläs ja tätä kautta saadut tulokset ovat vain arvioita todellisista massamääristä. Laskentamenetelmä on erityisen epätarkka sekä työläs niissä tilanteissa, kun laskettava rakenne on monimutkainen geometrialtaan ja sisältää paljon epäjatkuvuuskohtia kuten rumpuja tai siltoja. Nämä perinteisin menetelmin lasketut määrät luovat huomattavia riskejä erityisesti tarjouslaskentaan, kun otetaan huomioon että massalaskennan osuus tarjoushinnasta voi olla jopa 75 %. (Laatunen 2013.)

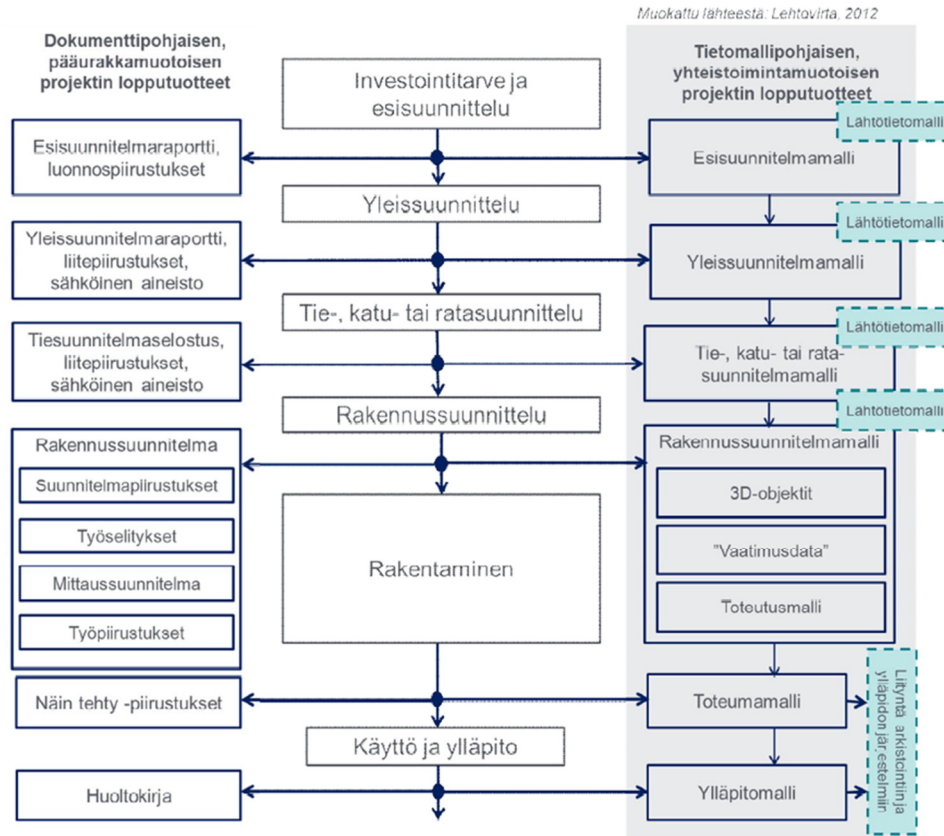
3.3 Tietomallipohjainen suunnittelutyö

Nykyisin tehtävää suunnittelutyötä voidaan luonnehtia osin tietomallipohjaiseksi, mutta se on vielä kaukana siitä tavoitteesta johon pyritään. Kuvan 4 aikajanasta huomataan nykyhetken suunnittelun tuottavan niin 2D- kuin 3D-suunnitelmia ja näiden lisäksi joissakin pilottihankkeissa on lopullinen suunnittelu tehty toimialat yhdistävään yhdistelmämalliin. Tietomallipohjaista suunnittelua ollaan viemässä kovaa vauhtia eteenpäin infra-alalla, mutta käytännössä moni suunnittelun parissa työskentelevä ei välttämättä tiedä mitä tietomallipohjaisella suunnittelulla tarkoitetaan tai mihin siinä pyritään. Tämä seikka erityisesti korostaa sitä tosiasiaa, että työtä ja koulutusta vaaditaan yhteisten tavoitteiden luomiseen ja tietomallinnuksen tuomiseksi osaksi normaalia suunnittelutyötä.

Varsinainen tietomallipohjainen suunnittelu koostuu pääosin paljon samoista peruselementeistä kuin perinteinenkin suunnittelu, mutta sen tarkoituksena on viedä suunnittelua havainnollisempaan ja tehostetumpaan suuntaan. Suunnittelun kannalta tietomallintamisen päätavoitteena on yhtenäistää suunnittelutyötä eri toimialojen välillä ja näin tehostaa työtä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että luovutaan suunnittelusta missä kukin toimiala tekee omat suunnitelmansa hankkeesta ja lopuksi kootaan yksi yhteinen suunnitelma. Tavoitteena on jatkossa tehdä suunnittelu reaaliaikaisesti verkkopalvelimella sijaitsevaan tietomalliin, jonka eri osia suunnittelijat pystyisivät työstämään samanaikaisesti.

Kuvasta 5 huomataan millaista aineistoa tietomallipohjainen suunnitteluprosessi radan rakentamisessa tuottaa verrattuna dokumenttipohjaiseen suunnitteluun. Radan suunnitteluprosessi on vaiheittain tarkentuva ja tietomallin sisältö sekä sen tarkkuustaso riippuukin siitä, mikä radan suunnittelun vaihe on kyseessä.

Tilajalle toimitettavat aineistot infraprojektissa



KUVA 5: Tietomallipohjaisen suunnittelun lopputuotteet. (Kuva: YIV2014 luonnos, Jari Niskanen 2014)

Esisuunnitteluvaiheessa ei yleensä ole tarpeen vaatia mallintamista, mutta sen käyttöä tulee harkita kohteen merkittävyyden perusteella. Mikäli esisuunnitteluvaiheessa päätetään käyttää mallinnusta, pyritään mallinnuksessa hahmottamaan kokonaisuuksia sekä vertailemaan luonnosteltuja vaihtoehtoja. (Hankintamenetelmien kehittäminen 2013, 17–24.)

Yleissuunnitteluvaiheessa mallintamisen tavoitteena on mallintaa hankkeen päävaihtoehdot, jolloin voidaan parantaa kustannus- ja vaikutusarviointia, varmistaa yhteensopivuuksia sekä helpottaa vaihtoehtojen havainnollistamista. Koska Yleissuunnitelman laadinnan yhteydessä syntyy paljon uutta lähtötietoaineistoa, tulee se päivittää tietomalliin niin, että se palvelee myös jatkosuunnittelua. (Hankintamenetelmien kehittäminen 2013, 17–24.)

Ratasuunnitteluvaiheessa tavoitteena mallintamiselle on luoda havainnollinen ja selkeä malli, josta selviää hankkeen vaikutukset kaikille asianosaisille. Lisäksi tavoitteena on mallintaa niin, että se tukee hankkeen havainnollistamista, kustannusten- ja vaikutusten

arviointia sekä yhteensopivuuden ja aluevarausten varmistamista. (Hankintamenetelmien kehittäminen 2013, 17–24.)

Rakentamissuunnitteluvaiheessa mallintaminen tukee erityisesti tuotannonohjausta. Tuotannonohjauksessa erityisessä asemassa on määrälaskenta, työmaan hankinnat, aikataulutus, mittaus, laadunvarmistus sekä koneohjaustoiminta. Tässä vaiheessa mallintamisesta saadaan suurimmat taloudelliset hyödyt hankkeen toteutusvaiheen työtehon kasvamisesta sekä hukan vähenemisestä. (Hankintamenetelmien kehittäminen 2013, 17–24.)

3.3.1 Tietomallipohjainen massalaskenta

Perinteiseen määrälaskentaan verrattuna tietomallipohjainen massalaskenta mahdollistaa määrätietojen sitomisen tiettyyn paikkaan ja perustuu suunniteltujen pintojen väliseen tilavuuslaskentaan. Näin tehtynä massalaskenta on huomattavasti tarkempaa kuin perinteisin menetelmin laskettuna. Tietomallipohjainen massalaskennan mahdollistaessa lasketujen määrätietojen sitomisen fyysiseen paikkaan, saadaan paalukohtainen massataulukko hankkeen massoista. Tietomallipohjainen massalaskennan prosessi on kuvattu *InfraBIM mallinnusohjeessa 9 – Määrälaskenta ja kustannusarviot*. Ohjeessa kuvataan mallipohjaisen massalaskennan prosessi tarjouslaskentaa varten, joka sisältää seuraavat vaiheet:

- Kohteeseen tutustuminen.
- Lähdeaineiston kokoaminen.
- Määrälaskennan suorittaminen.
- Laadunvarmistus.
- Määrien toimittaminen kustannuslaskentaan. (InfraBIM 2014. 15–18.)

Tietomallipohjaisen massalaskennan etuna on sen tarkkuus ja nopeus verrattuna perinteisiin massalaskenta menetelmiin. Massalaskenta tulee tehdä yhdistelmämallin pohjalta, jolloin varmistetaan suunniteltujen rakenteiden ja järjestelmien yhteensopivuus. (InfraBIM 2014. 5.)

3.4 Mallinnuksen laadunvarmistus

Inframallien laadunvarmistuksella tarkoitetaan mallin oikeellisuuden tarkistamista siten, että se on vaaditun standardin mukaisessa muodossa kaikilta osin. Mallinnuksen laatuvaatimukset kuvataan Infra FINBIM -työpaketin laatimassa ohjeessa *Inframallin laadunvarmistus*. Tuottajan eli tässä tapauksessa suunnittelijan näkökulmasta on laadunvarmistuksen oltava osa normaalia mallinnustyötä, sillä suunnittelija on vastuussa tuottamansa aineiston laadusta ja sen sisällöstä. (InfraBIM 2013a, 15.)

Osana tätä jatkuvaa laadunvarmistusta pitää myös olla kattava dokumentaatio tehdyistä laadunvarmistustoimenpiteistä. Yksi näistä dokumenteista on inframallista tehty malliseloste, jossa kuvataan sen tilaa sekä sisältöä. Malliselostus laaditaan jokaisesta eteenpäin luovutettavasta mallista ja siitä tulee käydä ilmi mallin tarkoitus, sen tilaaja sekä laatija. Lisäksi selostuksessa on kuvattu vähintään seuraavat asiat mallista:

- Yleiset tiedot kohteesta ja mallista
- Mallin tarkkuustaso
- Käytetyt ohjelmistot
- Aineistolle suoritettut toimenpiteet
- Mallia koskevat erityishavainnot
- Mallin puutteet ja poikkeamat
- Olettamukset mallinnuksessa (InfraBIM 2013a, 8–9.)

Koska infra-alalla hyödynnetään laajuudeltaan ja tarkoitukseltaan erilaisia tietomalleja, myös niiden tarkastus poikkeaa toisistaan. Yleisellä tasolla mallien laadunvarmistusta ohjaa infra-alalle luodut yleiset inframallinnusvaatimukset, alan muut määräykset sekä Suomen lainsäädäntö. Viime kädessä mallin laadusta kuitenkin vastaa sen tuottaja, joka on myös velvollinen korjaamaan havaitut virheet. (InfraBIM 2013a, 3–7.)

3.5 Infrarakentamisen suunnitteluohjelmistot

3.5.1 Yleistä

Infrastruktuurin suunnittelussa on käytössä monia ohjelmistoja eri toimittajilta ja onkin hyvin yritys kohtaista mitä ohjelmistoa käytetään. Suomessa suurimmat infra-alan suunnittelutoimistot käyttävät pääasiassa norjalaisen Vianova Systemsin kehittämää Novapoint sekä suomalaisen Teklan kehittämää Civil -ohjelmistoa. Myös Autodeskin AutoCAD Civil 3D on erityisesti tarkoitettu infrarakentamisen tarpeisiin, mutta siitä puuttuu suomalaisten suunnittelijoiden tarpeisiin suunnattu lokalisointi. Muita Suomessa vähemmän käytettyjä infrasuunnitteluun tarkoitettuja ohjelmistoja ovat yhdysvaltalaisen Bentley Systemsin Rail Track sekä suomalaisen Sito Oy:n kehittämä ja käyttämä CityCad.

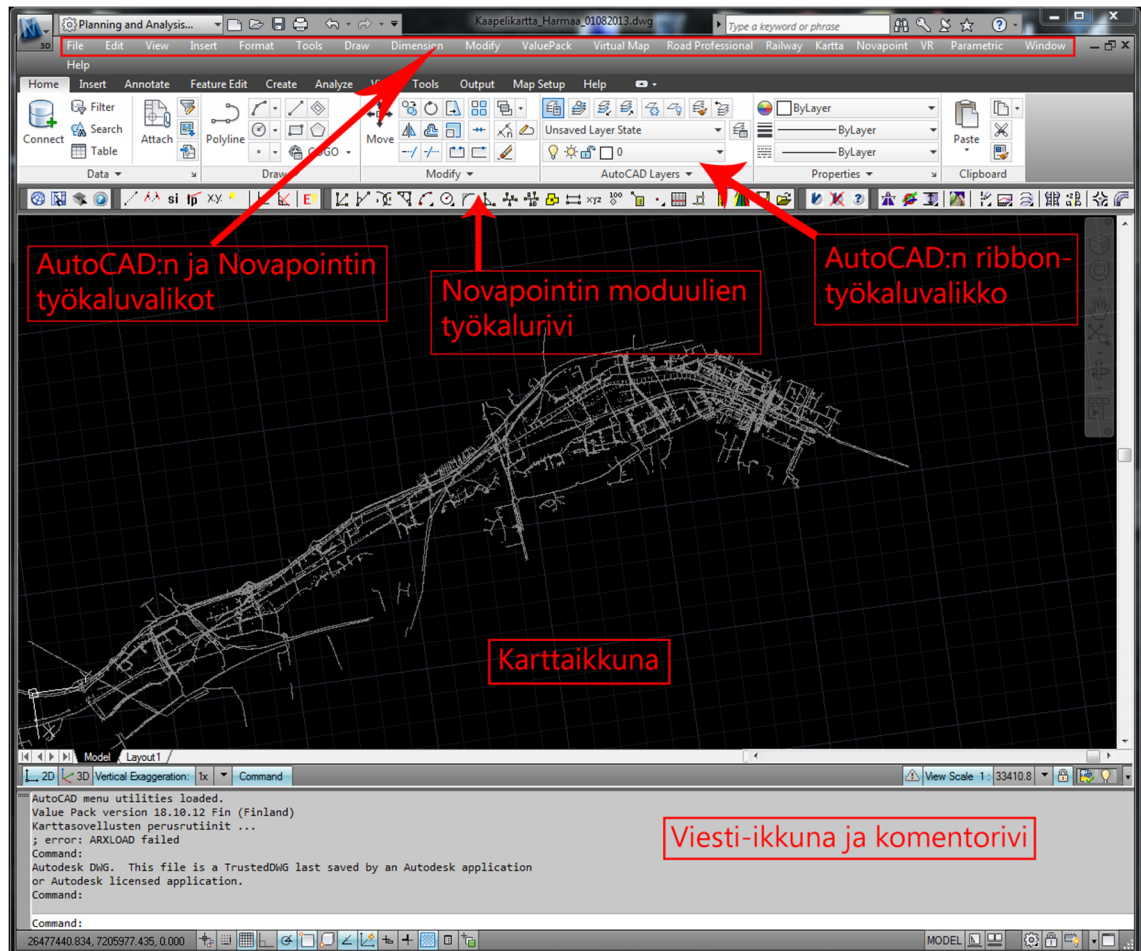
Päättötyössä esitellään yleisellä tasolla sekä massalaskennan kannalta kaksi edellä mainittua ja Suomessa eniten käytettyä ohjelmistoa: Vianova Systems Novapoint (versiot 18.10–18.30) sekä Tekla Civil (versio 13.2).

3.5.2 Vianova Novapoint

Norjalaisen Vianova Systemsin kehittämä ja sen suomalaisen tytäryhtiön Suomen tarpeisiin lokalisoinnissa Novapoint-ohjelmisto on suosittu infrasuunnittelun työkalu. Se toimii Autodeskin kehittämän AutoCAD-ohjelmiston päällä, joten Novapoint vaatii aina AutoCAD-ohjelmiston pohjalleen toimiakseen. Tämä ominaisuus voidaan lukea sekä Novapointin vahvuudeksi että heikkoudeksi. Autodeskin kehittämä AutoCAD on eräs maailman suosituimmista dokumenttipohjaisista (CAD) suunnitteluohjelmistoista ja sen laajan käyttäjäkunnan vuoksi, myös Novapointin käyttö saattaa tuntua luonnolliselta monille.

Itse Novapoint-ohjelmisto koostuu niin kutsutuista moduuleista, joita asiakkaiden on mahdollista ostaa tarpeidensa mukaisesti. Novapoint Base on ohjelmiston perusta, jonka ympärille muut moduulit sidotaan. Novapointiin saatavia erilaisia moduuleita ovat muun muassa vesi- ja viemärintijärjestelmien suunnitteluun tarkoitettu Water & Sewer, rata-suunnitteluun tarkoitettu Railway sekä väyläsuunnitteluun tarkoitettu Road Professional.

Käyttöliittymältään Novapoint ei poikkea ohjelman työkaluvalikkoa ja -riviä lukuun ottamatta mitenkään AutoCAD-ohjelmiston käyttöliittymästä. Kuten kuvasta 6 huomataan, käyttöliittymä koostuu kuten AutoCAD, pääasiassa karttaikkunasta, työkaluvalikoista sekä komentorivistä.

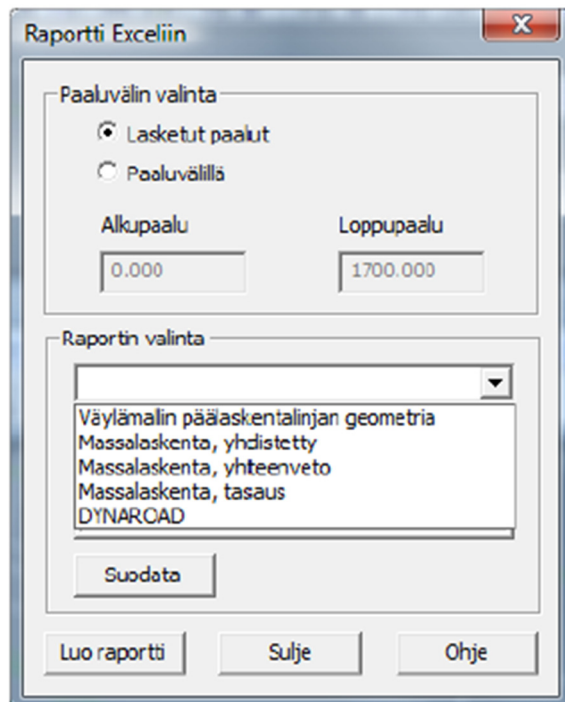


KUVA 6: Vianova Systems Novapoint -ohjelmiston käyttöliittymä.

Yksinkertaistettuna massalaskenta Novapointilla lähtee liikkeelle maastomallin ja rata-geometrian tuomisella ohjelmaan sekä sen tallentamisesta maastotietokantaan. Ohjelman maastotietokannalla tarkoitetaan ohjelman tietovarastoa, johon tallennetaan suunnittelun kannalta olennaisia tietoja, kuten juuri maastomittausten pohjalta luotu maastomalli.

Maastomalli tuodaan ohjelmaan Novapointin Base -päämoduulia käyttäen, jossa maastotietokantasovellus sijaitsee. Radan geometria tuodaan erillisenä tiedostona Railway -moduulin kautta ohjelmaan. Tuotaessa ratageometria erillisenä tiedostona ohjelmaan, itse geometrian suunnittelu voidaan jättää väliin. Kun edellä mainitut toimenpiteet on tehty,

sen jälkeen halutulle ratageometrialle luodaan poikkileikkaustyyppi, joka tapahtuu Novapointin Ratawelho-työkalulla. Sen avulla luodaan peruspoikkileikkaus, jota voidaan muokata tämän jälkeen lopulliseen muotoonsa. Kun lopullinen radan muoto on saavutettu, voidaan suorittaa massalaskenta. Massalaskentaa Novapointissa ei voi tehdä muilla ohjelmistoilla tehdyistä malleista vaan edellytyksenä on, että mallinnus on tehty juuri Novapointilla.



KUVA 7: Novapointin massalaskennan asetukset. (Kuva: Vianova 2013)

Massalaskenta tapahtuu hyödyntäen Railway-moduulin Ratamalli-työkalua. Massalaskenta tapahtuu suunniteltujen maastotietokannassa olevien pintojen välisistä massoista, joista ohjelmisto laskee halutulla tarkkuudella massat. Kuvasta 7 voidaan huomata, että Novapointista on mahdollista tulostaa excel-formaatissa olevia massatulosteita eri laajuisina ja muotoisina, kuten yhteenvetomassatulosteina sekä erityisessä Dynaroad-mallissa muodossa. Massalaskentaraaportteja voidaan tuottaa halutulta paaluväliltä tai koko laskentaosuudelta.

Massalaskentaraaportteista erityisesti yhdistetty-mallisessa, on laajasti esitetty massalaskennan tuloksia (kuva 8). Massalaskennasta on mahdollista luoda raportti niin, että massat ovat jaoteltuna ratakilometrijärjestelmän mukaisesti 20 metrin välein. Ohjelmassa on

myös mahdollista antaa lisälaskentapaaluja, jolloin massalaskentaa voi tarkentaa halutulle kohdalle.

Novapointissa on myös Railway-moduulissa ominaisuus, jonka avulla päällysrakenteen, ratarakenteessa lähinnä tukikerroksen, tilavuus saadaan nopeasti selville. Kyseinen ominaisuus ei kuitenkaan ole riittävä kun halutaan saada selville myös muut hankkeen massat ja luoda näistä massoista haluttu massataulukko.

Paaluluku	Maaleikkaus (m3)	Kallioleikkaus (m3)	Louhinta (m3)	Täyttö (m3)	Rakennemassa , maaleikkaus (m3rtr)	Rakennemassa , kallioleikkaus (m3rtr)	Rakennemassa , louhinta (m3rtr)	Rakennemassa , täyttö (m3rtr)	Vieritäyttö (m3)	Massaprofiili (m3)	Kumulatiivinen massaprofiili (m3)
Yhteensä	18263,72	0,00	0,00	679,35	18263,72	0,00	0,00	747,28	0,00	17516,44	-
KM 623+600.010	96,60	0,00	0,00	0,00	96,60	0,00	0,00	0,00	0,00	96,60	96,60
KM 623+620	196,96	0,00	0,00	0,00	196,96	0,00	0,00	0,00	0,00	196,96	293,55
KM 623+640	177,12	0,00	0,00	0,00	177,12	0,00	0,00	0,00	0,00	177,12	470,68
KM 623+660	178,63	0,00	0,00	0,00	178,63	0,00	0,00	0,00	0,00	178,63	649,30
KM 623+680	138,74	0,00	0,00	0,00	138,74	0,00	0,00	0,00	0,00	138,74	788,04
KM 623+700	151,55	0,00	0,00	0,00	151,55	0,00	0,00	0,00	0,00	151,55	939,59
KM 623+720	156,39	0,00	0,00	1,39	156,39	0,00	0,00	1,53	0,00	154,87	1094,46
KM 623+740	206,70	0,00	0,00	0,00	206,70	0,00	0,00	0,00	0,00	206,70	1301,15
KM 623+760	243,74	0,00	0,00	0,00	243,74	0,00	0,00	0,00	0,00	243,74	1544,89
KM 623+780	222,91	0,00	0,00	0,00	222,91	0,00	0,00	0,00	0,00	222,91	1767,81
KM 623+800	216,17	0,00	0,00	0,00	216,17	0,00	0,00	0,00	0,00	216,17	1983,98
KM 623+820	198,17	0,00	0,00	0,00	198,17	0,00	0,00	0,00	0,00	198,17	2182,15
KM 623+840	198,56	0,00	0,00	0,00	198,56	0,00	0,00	0,00	0,00	198,56	2380,70
KM 623+860	239,08	0,00	0,00	0,00	239,08	0,00	0,00	0,00	0,00	239,08	2619,78
KM 623+880	211,51	0,00	0,00	0,00	211,51	0,00	0,00	0,00	0,00	211,51	2831,30
KM 623+900	221,10	0,00	0,00	0,00	221,10	0,00	0,00	0,00	0,00	221,10	3052,39
KM 623+920	181,92	0,00	0,00	0,00	181,92	0,00	0,00	0,00	0,00	181,92	3234,32
KM 623+940	145,05	0,00	0,00	0,00	145,05	0,00	0,00	0,00	0,00	145,05	3379,36
KM 623+960	139,01	0,00	0,00	0,00	139,01	0,00	0,00	0,00	0,00	139,01	3518,38
KM 623+980	175,72	0,00	0,00	0,00	175,72	0,00	0,00	0,00	0,00	175,72	3694,10
KM 624+1000	74,28	0,00	0,00	1,49	74,28	0,00	0,00	1,63	0,00	72,64	3766,74
KM 624+000	74,21	0,00	0,00	1,52	74,21	0,00	0,00	1,67	0,00	72,54	3839,27
KM 624+020	121,25	0,00	0,00	0,00	121,25	0,00	0,00	0,00	0,00	121,25	3960,52
KM 624+040	139,54	0,00	0,00	1,15	139,54	0,00	0,00	1,27	0,00	138,27	4098,80
KM 624+060	138,81	0,00	0,00	7,86	138,81	0,00	0,00	8,65	0,00	130,16	4228,96
KM 624+080	141,39	0,00	0,00	7,60	141,39	0,00	0,00	8,36	0,00	133,04	4362,00
KM 624+100	144,01	0,00	0,00	7,48	144,01	0,00	0,00	8,23	0,00	135,78	4497,78
KM 624+120	157,49	0,00	0,00	1,76	157,49	0,00	0,00	1,94	0,00	155,56	4653,34
KM 624+140	144,26	0,00	0,00	5,82	144,26	0,00	0,00	6,40	0,00	137,85	4791,19
KM 624+160	207,05	0,00	0,00	0,00	207,05	0,00	0,00	0,00	0,00	207,05	4998,25
KM 624+180	274,63	0,00	0,00	0,00	274,63	0,00	0,00	0,00	0,00	274,63	5272,88
KM 624+200	289,36	0,00	0,00	0,00	289,36	0,00	0,00	0,00	0,00	289,36	5562,23
KM 624+220	245,56	0,00	0,00	0,00	245,56	0,00	0,00	0,00	0,00	245,56	5807,80
KM 624+240	222,32	0,00	0,00	0,00	222,32	0,00	0,00	0,00	0,00	222,32	6030,12

KUVA 8: Novapointin tasaus-massalaskentaraportti.

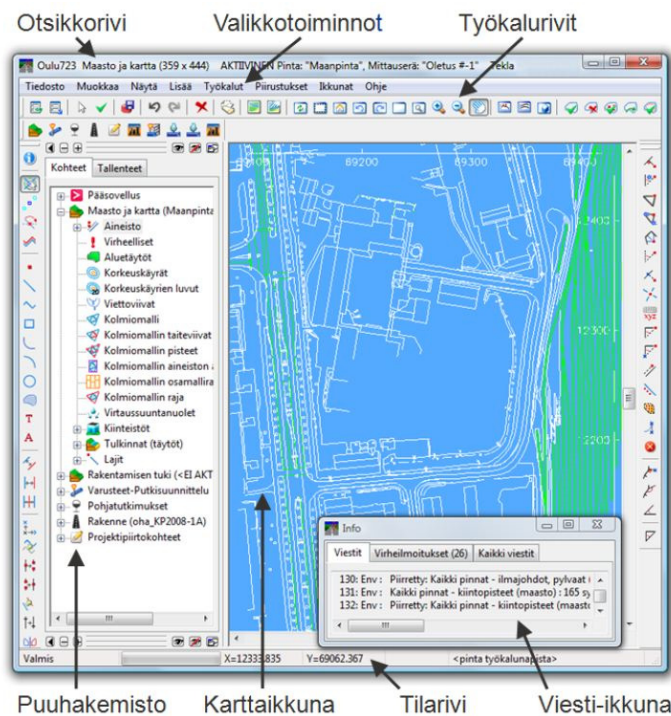
Yhteenvedon voidaan todeta, että Novapointin massalaskentaraportteista lähes kaikki raporttimallit jaottelevat hankkeen massat hyödyntäen sekä ratakilometrijärjestelmää että suunnitelmaan automaattisesti luotua paalutusta riippuen siitä, onko kyseessä vanha vai uusi raide. Kuitenkaan massaraportit eivät jaottele massoja minkään tunnetun rakennusosanimikkeistön mukaisesti, vaan jaottelu tapahtuu yleisjaottelun perusteella (esimerkiksi maaleikkaus, täyttö ja louhinta).

Tästä huolimatta ohjelmistokehittäjän Vianovan edustajan kanssa käydyssä sähköpostikeskustelussa kävi ilmi, että massat on mahdollista jaotella Infra-rakennusosanimikkeis-

tön mukaisesti esimerkiksi Dynaroad-massalaskentaraportissa. Ohjelmiston asennuspaketissa tätä ominaisuutta ei kuitenkaan ole mukana. (Louhi 2013.) Perusmuodossaan Dynaroad-mallin massalaskentaraportti jaottelee hankkeen massat hieman hankalasti maalajien kelpoisuusluokkien mukaan, joiden merkitys selviää toiselta excel-työkirjan välilehdeltä, josta myös selviää maalaji. Maalaji on kuitenkin ohjelmiston oletus, eikä välttämättä vastaa todellisuutta.

3.5.3 Tekla Civil

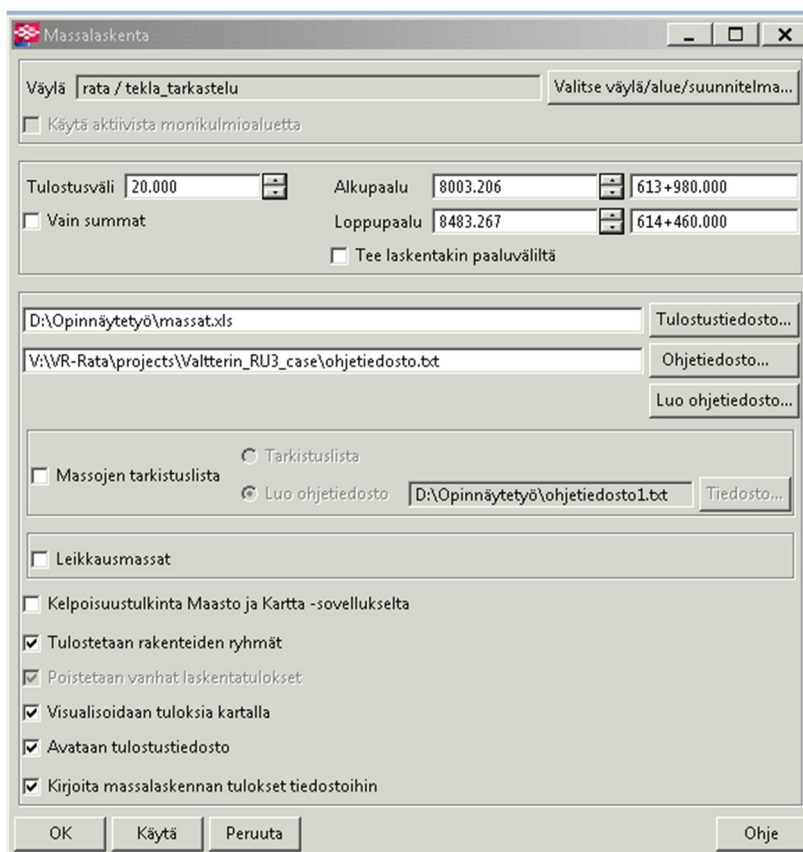
Suomalaisen Teklan kehittämä Civil on toinen Suomessa paljon käytetty infrasuunnitteluun tarkoitettu ohjelmisto. Toisin kuin Novapoint, Tekla Civil on itsenäinen ohjelmisto, joka ei vaadi pohjalleen muita ohjelmistoja. Tämän vuoksi myös käyttöliittymä on Teklan omaa tuotantoa ja saattaa uudelle käyttäjälle olla aluksi vieraan tuntuinen, erityisesti jos on tottunut käyttämään esimerkiksi Novapointia. Tekla on kuitenkin käyttöliittymältään sekä toiminnoiltaan looginen ja helposti omaksuttava, mutta vaatii huolellista perehtymistä ohjelmiston toimintaan. Teklan käyttöliittymä perustuu niin sanottuun puuhakemistoon ja karttaikkunaan (kuva 9). Projekti on jaettu puuhakemistossa osiin, mikä tekee käytöstä loogista.



KUVA 9: Tekla Civil -ohjelmiston käyttöliittymä. (Kuva: Tekla 2012)

Itse ohjelmisto koostuu useista erilaisista suunnittelu- ja ylläpitosovelluksista sekä niille yhteisestä pääsovelluksesta. Pääsovelluksen lisäksi kuitenkin Teklaan valitaan aina joku toinen ohjelman sovellus (Tekla, 2009, 21.)

Tekla Civilissa massalaskenta tapahtuu rakenne-moduulin avulla. Massalaskenta lähtee liikkeelle kuten Novapointissa myös Teklassa, maastomallin sisäänlukemisella. Rata-geometria tuodaan myös tässä tapauksessa erillisenä tiedostona, johon kytketään haluttu rakennetyyppi. Ennen massojen laskentaa täytyykin suunnitelmassa käytetyssä rakennetyypissä olla määritettynä massalajit sekä pinta-alat, minkä lisäksi väylän tai alueen täytyy olla kytketty linjaan. Radan massoja laskiessa täytyy Tekla laittaa niin kutsuttuun ratasuunnittelutilaan. Massalaskenta tapahtuu paaluväleittäin ja tiettyä paalulukua vastaava massa lasketaan alueella, joka ulottuu puoliväliin edelliselle paalulle ja vastaavasti puoliväliin seuraavalle paalulle. (Tekla, 2013, 463.)



KUVA 10: Tekla Civilin massalaskennan ominaisuuksia.

Teklan massalaskennassa on mahdollista muokata massalaskennan tulostusväliä eli paaluväliä sekä suunnittelualueen massalaskentaa on mahdollista rajata, joko ratakilometri-järjestelmän kautta tai suunnitelmaan luodun paalutuksen kautta (kuva 10).

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1									
2	rata	Paalukohtainen massaluettelo						1	
3	tekla_tarkastelu						09.01.2014		
4	8003.21 - 8483.27						Valtterin_RU3_case		
5									
6	Paalu	pintamaan poisto	pintamaan poisto maanpintaa p	maapenger	maaleikkaus	eristyskerros/Hk	jakava kerros/Sr tai MK	tukikerros	
7		2412	itkin	4541	8941	4574	1000	1200	
8		m2	m2	m3	m3	m3	m3	m3	
9									
10	8003,21	118,3	117,9	0	90,2	69,4	12,6	15,9	
11	8020	370,8	378,9	0,1	265,4	226,7	38,6	49	
12	8040	363,9	377,6	4	235,2	226,6	38,6	48,9	
13	8060	356	376,8	10,8	202,2	226,4	38,6	48,9	
14	8080	359,6	374,5	2,9	181	226,4	38,5	48,9	
15	8100	361,6	374	0,2	148,9	226,4	38,5	48,9	
16	8120	367,6	378,9	1,1	118,6	226,3	38,5	48,9	
17	8140	363,1	375	2,7	106,8	226,2	38,5	48,9	
18	8160	365	372,9	0	109,4	226,2	38,5	48,9	
19	8180	372,9	379,3	0	117	226,1	38,5	48,9	
20	8200	378	383	0	148,5	226,1	38,5	48,9	
21	8220	377,7	382,7	0	146,7	226	38,5	48,8	
22	8240	379,9	384,2	0	177,7	225,9	38,5	48,8	
23	8260	377,2	380,5	0	214,9	225,9	38,5	48,8	
24	8280	366,1	371,3	0	231,6	225,8	38,4	48,8	
25	8300	363,4	368,9	0	241	225,8	38,4	48,8	
26	8320	359,3	365,2	0	254,6	225,7	38,4	48,8	
27	8340	352,9	358,9	0	246,7	225,7	38,4	48,7	
28	8360	351,2	357	0	236,3	225,6	38,4	48,6	
29	8380	352,7	358,4	0	236,4	225,6	38,4	48,5	
30	8400	357,4	362,7	0	243,2	225,7	38,4	48,5	
31	8420	359,3	364,3	0	253	225,8	38,4	48,5	
32	8440	366,9	371,4	0	272,4	225,9	38,4	48,4	
33	8460	377,4	382,7	0,1	298,2	226,1	38,5	48,4	
34	8480	255,2	258,1	0	212,7	150	25,5	32,1	
35		8773,4	8955,2	21,9	4988,5	5418,4	923,1	1169,5	

KUVA 11: Tekla Civil –massalaskentatuloste excel-formaatissa.

Teklasta saadaan tulostettua massalaskentaraaportti, joka on joko excel-tilukkona (.xls) tai perinteisenä tekstitiedostona (.txt). Massalaskentaraaportti on ulkoasultaan hyvin yksinkertainen, eikä se Novapointin tapaan sisällä perusmuodossaan minkään rakennusosanimikkeistön mukaista massojen jaottelua. Tekla on kuitenkin tiedostanut puutteen ja kehitystyötä on tehty rakennusosanimikkeistön tuomiseksi massalaskentatulosteeseen ja ohjelmistoon.

Teklan massalaskentaa on toistaiseksi mahdollista ohjata erillisellä ohjetiedostolla, missä voidaan määritellä massalaskentatulosteeseen syntyvät otsikot, sarakkeet sekä massalajit. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että oikeanlaisella ohjetiedostolla voidaan massataulukosta saada ulos esimerkiksi Infra 2006 -rakennusosanimikkeistön mukaisesti jaotellut massat. Teklasta saadaan massalaskentaraaportti muodossa, jossa massat on jaoteltu rata-kilometrijärjestelmän mukaisesti 20 metrin paaluvälein.

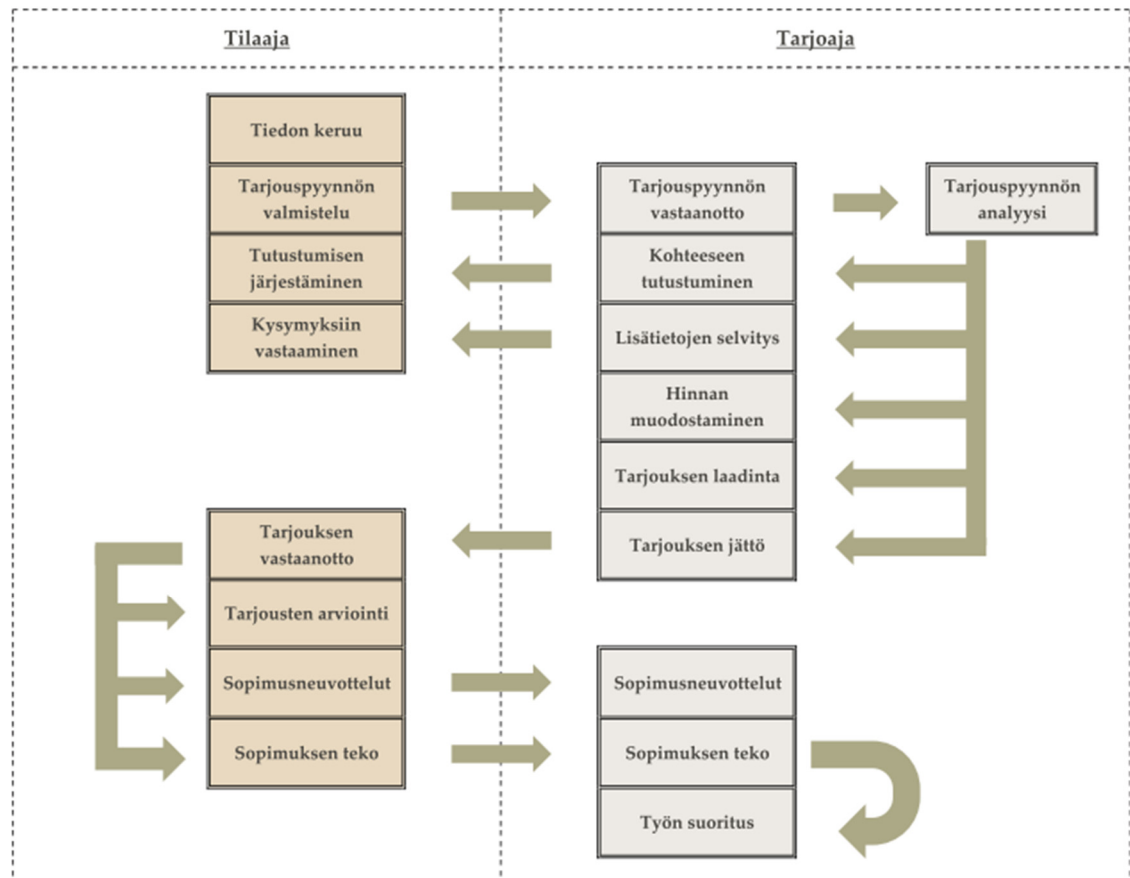
Kuten Novapointin tapauksessa, myös Teklan rakenne-sovelluksesta massoja laskettaessa edellytyksenä on, että suunnittelu on tehty Teklalla. Kuitenkin Teklan maasto-sovel-

luksessa on myös mahdollista laskea massoja muista ohjelmistoista tuotujen suunnitelmamallien pohjalta. Tämä ominaisuus on hyödyllinen erityisesti urakoitsijan tarjouslaskennan kannalta, jos tilaajalta saadaan suunnitelma tietomallina. Tällöin suunnitelmaa ei tarvitse erikseen mallintaa tai suorittaa suunnittelua samalla ohjelmistolla, jolla lasketaan massoja.

4 TARJOUSLASKENTA JA TUOTANNON SUUNNITTELU

4.1 Tarjouslaskenta

Tarjouslaskenta on prosessi, joka tuottaa hankkeen tarjoushinnan. Suomen rataverkon omistaa Liikennevirasto, joka toimii yleensä tilaajan roolissa radan rakennus ja suunnitteluhankkeissa. Radan rakentamisen tarjouskilpailuissa on aina kyse julkisesta hankinnasta, jossa sovelletaan yleensä rajoitettua hankintamenettelyä. Tässä rajoitetun menettelyn hankintatavassa tarjousaika lasketaan tarjouspyynnön lähettämispäivästä. Laki julkisista hankinnoista määrittelee vähimmäisajat tarjousajoille. Vähimmäisaika riippuu siitä onko kyseessä avoimen vai rajoitetun menettelyn hankinta. Avoimessa menettelyssä tarjousajan on oltava vähintään 52 päivää ja rajoitetussa menettelyssä 40 päivää. Lain mukaan kuitenkin voidaan molempien menettelyiden tarjousaikaa lyhentää 22 vuorokauteen, jos ”hankintayksikkö on toimittanut julkaistavaksi ennakoilmoituksen vähintään 52 päivää ja enintään 12 kuukautta ennen hankintailmoituksen julkaistavaksi toimittamista.” (Laki julkisista hankinnoista 348/2007 38 §).



KUVA 12: Tarjousprosessi tilaajan ja tarjoajan näkökulmasta.

Kun tilaaja on valinnut tarjouskilpailuun osallistuvat yritykset, se lähettää osanottajille tarjouspyyntöaineiston, jolloin tarjouslaskentavaihe alkaa saadun aineiston perusteella. Kuvassa 12 on esitetty tarjousprosessin eteneminen tilaajan sekä tarjoajan näkökulmasta.

Usein tarjousaika rajoittuu juuri 21 vuorokauteen, missä ajassa tilaajalle toimitetaan laskettu tarjous. Hankkeesta ja sen laajuudesta riippuen tarjousaika voi kuitenkin vaihdella hyvin paljon. Tarjouksen laadinnan osatehtävät yleensä jakautuvat prosentuaalisesti kokonaislaskenta-ajasta seuraavasti:

- Vastaanotto ja tutustuminen – 10 %
- Alihankintatarjoukset – 45 %
- Tarjouslaskenta – 25 %
- Hinnoittelu – 10 %
- Tarjouksen kokoaminen – 10 %

Tarjouslaskentavaiheen aluksi tutustutaan tarjouspyyntöaineistoon, jonka perusteella voidaan pyytää alihankkijoilta tarjoukset, jonka jälkeen varsinainen tarjouslaskenta alkaa. Tarjouslaskenta tuottaa hankkeen tarjoushinnan, joka pohjautuu kustannuslaskelmaan, johon on lisätty kate, riskivaraukset sekä muut kulut. Sen perustana on toiminut joko tilaajalta saatu tai hankkeesta itse tehty määräluettelo, jonka nimikkeet hinnoitellaan.

4.1.1 Hankkeen osittelu

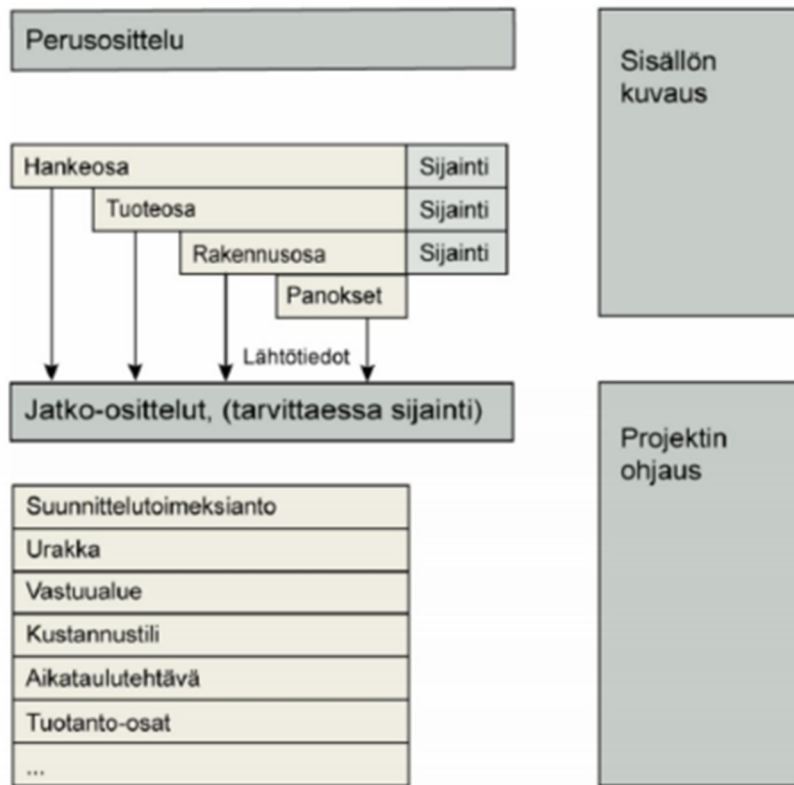
Infrahankkeen osittelulla tarkoitetaan hankkeen jakamista pienempiin osa-kokonaisuuksiin, jossa osista muodostuu hierarkkinen järjestelmä. (Lindholm & Junnonen 2012, 11). Hankkeen osittelun tulee olla tarkoituksen mukainen kyseiselle hankkeelle ja se tulee tehdä sillä tarkkuudella, että kunkin osan kustannukset, kesto sekä vastuuhenkilöt voidaan määrittää. Hankkeet yleensä ositellaan vasta juurikin tarjousvaiheessa järkeviin osakokonaisuuksiin, jolloin osat voidaan laskea ja hinnoitella. Tarjousvaiheessa hanke ositellaan rakennusosatarkkuudelle, jolloin hinnoittelu voidaan tehdä riittävällä tarkkuudella. Hankkeessa tulee olla ositeltuna myös määräriskit, jos sellaisia havaitaan suunnittelun aikana.

Tätä infrahankkeen jakamista rakennusosiin voidaan pitää perustana määrälaskennalle sekä sitä kautta tarjouslaskennalle. Junnonen ja Lindholm kertovat *Infrahankkeen tuotannonhallinta* -kirjassa, että hankkeen osittelun tavoitteena on muun muassa:

- Jakaa hanke selviin vastuukokonaisuuksiin
- Luoda edellytykset hankkeen ajalliselle ohjaukselle
- Luoda kustannusohjauksen puitteet määrittämällä pienimmät seurattavat kustannuskohteet
- Mahdollistaa koko hankkeen kustannusarvion, aikataulun ja tarvittavien resursien tarkka määrittäminen
- Integroida hankkeen ajallinen ja taloudellinen suunnittelu ja ohjaus (Junnonen & Lindholm 2012. 11.)

Hankkeen osittelun kannalta on oleellista käyttää standardin mukaista nimikkeistöä. Hinnointi helpottuu tarjouslaskentavaiheessa kun käytössä on yleinen nimikkeistö sekä niihin liittyvät yksiköt. Infra 2006 hankeosa ja rakennusosanimikkeistö on infra-alalla tunnettu sekä paljon käytetty nimikkeistö, joten sen käyttö on suositeltavaa. Tämän käyttöä tukee myös Ratahallintokeskuksen vuonna 2008 julkaisema *radan suunnitteluohje B20*, jossa kerrotaan, että rakennuskustannusarvion tulisi perustua Infra 2006 -nimikkeistöön. (Ratahallintokeskus 2008, 19.)

Infra 2006 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö kattaa kaikki infrarakentamisen lopputuotteet. Kyseisen nimikkeistön avulla voidaan eritellä hinnaltaan erilaiset rakennusosat toisistaan ja ositella koko infrahanke tarkkuudeltaan erilaisiksi tuoterakenteiksi. Osittelun täydentämiseksi voi kuitenkin olla perusteltua käyttää tarvittaessa hankeosa- ja panosnimikkeistöjä. (Rakennustieto 2009, 9.)



KUVA 13: Hankkeen osittelu. (Kuva: Junnonen & Lindholm 2012.)

Urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden käyttäessä samaa infra-nimikkeistöä, voidaan toimintaa tehostaa ja paremmin vertailla rakentamisen kustannuksia. Itse infra-nimikkeistö jakautuu kuvassa 13 esitettyihin osanimikkeistöihin, jotka palvelevat projektijohtamisen eri osa-alueiden tarpeita ja tehtäviä. Osanimikkeistöjä järjestelmässä ovat:

- Hankeosanimikkeistö
- Rakennusosa- ja hankenimikkeistö
- Panosnimikkeistö
- Tuotantonimikkeistö
- Lopputuote- ja toimenpidenimikkeistö

4.1.2 Määrälaskenta ja hinnoittelu

Tarjouslaskenta vaatii aina tuekseen luotettavaa määrätietoa, jotta määrät voidaan hinnoitella ja tarjous laskea vastaamaan mahdollisimman hyvin todellisuutta. Määrälaskenta on tärkein tarjouslaskennan osa-alue, sillä sen perusteella muodostuu suurin osa tarjoushinnasta. Määrälaskennan on perinteisesti suorittanut joko tilaaja tai urakoitsija itse.

Tarjouspyyntöaineiston mukana saaduista määräluetteloista huolimatta vallitseva käytäntö urakoitsijoilla on ollut laskea kukin taho itse hankkeen määrät paperisilta suunnitelmilta, jolloin tarjouskilpailussa urakat tarjotaan urakoitsijoiden puolelta aina eri määrillä. Tästä johtuen tarjoushinnan määrittävät lasketut määrät, hinnoitellut yksikköhinnat määrille ja työpanoksille, riskit sekä kate. (Laatunen 2013.)

Määrälaskenta itsessään perustuu Infra 2006 -määrämittaushjeeseen, joka on luotu Infra 2006 -rakennusosa- ja hankenimikkeistön pohjalta. Kyseinen ohje on tarkoitettu käytettäväksi mallinnettaessa suunnitelmaa kustannusten hallintaa ja tuotannon ohjausta varten. (Rakennustieto 2014). Infra-määrämittaushje on palvellut määrälaskentaa näihin päiviin saakka, mutta se ei kuitenkaan täysin kata kaikkia tietomallintamisen tarpeita, minkä vuoksi sitä on jatkokehitetty Infra FINBIM –työpaketin siivittämänä. Uuden kehitetyn InfraBIM-nimikkeistön tarkoituksena on palvella infrarakentamisessa myös tietomallinnuksen tarpeita.

Määrälaskennan tuloksena syntyvä määräluettelo laskennan jälkeen hinnoitellaan rakennusosien yksikkökustannuksilla rakennelaskelmaksi. Rakennelaskelman sisältämiin kustannuksiin lisätään vielä tarvittavat panokset (esim. työpanokset), jolloin saadaan muodostettua varsinainen lopputuote. (Junnonen & Lindholm 2009, 44.) Tämän pohjalta syntyy varsinainen kustannusarvio. Kustannusarviolla pyritään laskennallisesti selvittämään kohteesta aiheutuvat todennäköiset kustannukset, jonka tulosta kutsutaan työmaakustannukseksi. Työmaakustannus koostuu työkohdekustannuksista sekä käyttö- ja yhteiskustannuksista. (Junnonen & Lindholm 2012, 46.)

4.1.3 Tarjouksen muodostaminen

Tarjous voidaan muodostaa kun kustannusarvio on tehty. Tarjous muodostetaan kustannusarvion sekä tarjouksen lisäerien perusteella (Junnonen & Lindholm 2012, 46). Kuvasta 14 huomataan, että näihin lisäeriin sisältyy tarjouslaskijan määrittelemä riskivaraus, hintatason nousuvaraus sekä työmaakate.

Kustannusarvio	<ul style="list-style-type: none"> + Työkohdekustannus + Käyttö- ja yhteiskustannus <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> <p>= Työmaakustannus</p>
Tarjouksen lisäerät	<ul style="list-style-type: none"> + Työmaariski <ul style="list-style-type: none"> + määräriski + tekninen riski + epätarkkuusriski + Kustannusten nousuvaraus + Työmaakate <ul style="list-style-type: none"> + kiinteät kulut (yrityksen) (johdon palkat, konttoripalvelut, toimitilat, atk, mainonta jne.) +/- omien palvelujen kustannusten tarkistuserät + käyttökate <ul style="list-style-type: none"> + verot + korot + tulosodotus
	= TARJOUS

KUVA 14. Tarjouksen muodostaminen. (Kuva: Junnonen & Lindholm 2012.)

Hankkeessa riskit on myös hinnoiteltava. Riskillä tarkoitetaan yleensä yllättävää poikkeamaa toivotusta tapahtumasta. (Junnonen & Lindholm 2012, 47–48.) Riskejä voi aiheutua monista seikoista erityisesti tuotannossa, mutta hankkeen tarjouslaskentavaiheessa yleensä suurin riskin aiheuttaja ovat määrät. Määrälaskennan osuus tarjouskustannuksesta voi olla jopa 75 prosenttia, joten määrätiedon tarkkuus on todella olennainen asia (Laatunen 2013).

Suuret infrahankkeet, erityisesti ratahankkeet, ovat usein pitkäkestoisia. Tämä korostaa kustannustason muutosten aiheuttamaa epävarmuutta, johon varaudutaan lisäämällä tar-

joushintaan kustannustason nousuvaraus. Nousuvarauksella otetaan huomioon rakennusaikaisen kustannustason mahdollinen nousu ja sen koostuessa rakentamiseen tarvittavien materiaalien kustannusten mahdollisesta rakennusaikaisesta noususta sekä työvoiman palkkojen noususta. (Junnonen & Lindholm 2012, 48–49.)

Työmaakate, jolla tarkoitetaan yritysjohtoon hankkeeseen kohdistamaa tuotto-odotusta, lisätään vielä tarjouksen yhdeksi lisäeräksi. Se sisältää myös sellaisia kustannuksia, jotka eivät välittömästi synny kyseisestä hankkeesta vaan se voi sisältää yrityshallinnon kuluja, veroja sekä muita kustannuksia. Suhdannelitilanteen säädellessä saatavissa olevaa katetta, yleensä urakan saannin todennäköisyys laskee katevaatimuksen noustessa. Tämän vuoksi oikeanlaisen kateprosentin määrittely on tärkeää tarjouskilpailuissa pärjäämiselle sekä yrityksen toiminnan kannattavuuden takaamiseksi. (Junnonen & Lindholm 2012, 49–50.)

Kun tarjoushinta on muodostettu, hankkeesta tehdään tarvittavat tarjousasiakirjat, jotka luovutetaan joko sähköisenä tai paperisina hankkeen tilaajalle tarjouskilpailun pisteytyksiä ja voittajan valintaa varten.

4.1.4 Kustannuslaskennan apuvälineet

Tarjouslaskentavaiheen hinnoittelun avuksi on kehitetty monia erilaisia kustannuslaskennan apuvälineitä, joiden tarkoituksena on auttaa hinnoittelemaan ja jäsentelemään hankkeita. Tästä huolimatta perinteinen Microsoft Office – ohjelmistoperheen Excel-taulukkolaskentaohjelmisto on edelleen käytetty väline kustannuslaskennassa.

Kustannuslaskennassa on myös paljon käytetty Rapal Oy:n kehittämää Fore-palvelukonaisuutta, joka tarjoaa infrarakentamisen kustannushallintaan palveluita. Verkkopohjainen Fore-palvelu koostuu viidestä osatuotteesta, jotka palvelevat projektien kustannushallinnan eri osa-alueilla. Rakennuskustannusten laskennan kannalta tärkeimpänä osatuotteena voidaan pitää Rola-osatuotetta, jolla voidaan laskea hankkeessa käytettävien suunnitelmaratkaisuiden kustannukset rakennusosatarkkuudella. (Fore 2013.)

Rola-palveluun on koottu kehittäjän toimesta eri urakoitsijoiden käyttämän hinnoittelun perusteella keskiarvohinnat Infra-rakennusosanimikkeistön mukaisista nimikkeistä. Tätä

hinnastoa päivitetään tarvittaessa ja tämän vuoksi rakennusosien hinnasto on ajantasainen. Myös yrityksen oman hinnaston käyttö ja ylläpito on mahdollista. (Fore 2013.)

Liikennevirasto ja Rapal Oy ovat sopineet Fore-palvelun käytöstä väyläinvestointien kustannusten hallinnasta (Liikennevirasto 2011, 4). Liikennevirasto on tehnyt ohjeen Fore-palvelun käytöstä jossa mainitaan, että Rola-laskennassa hanketehtävät (työmaa- ja tilaajatehtävät) määritellään prosenttiosuuksina rakennusosien kustannusten summasta. Tämä aiheuttaa sen, että palvelussa käytettävät hinnat eivät ole todellisia kustannuksia, vaan niihin on lisätty myös hanketehtävien eli nimikkeistön 5000-tason tehtävien kustannukset. Tämän vuoksi tarve uudelle massalaskennan ohjeistukselle on suuri. Ohje mahdollistaisi todellisen kustannustiedon saamisen tilaajalle, kun hinnoitellaan myös urakoitsijan tehtävät erikseen Infra-nimikkeistön mukaisesti.

4.1.5 Tietomallinnus tarjouslaskennassa

Määrät ovat infrahankkeissa suuri kustannuserä, minkä vuoksi määrälaskennan epätarkkuus on heijastunut tarjouslaskentaan hyvin voimakkaasti. Tarjouskilpailussa ongelmana on ollut kilpailuihin osallistuvien yritysten halu laskea itse hankkeen määrät, jolloin jokainen tarjous on ollut lasketuilta määriltään erilainen. Tietomallinnus avaa mahdollisuuden kaikkien osapuolten tarjota samoilla massoilla urakkaa, jolloin on mahdollista pienentää tarjoukseen lisättäviä riskivaroja, selvittämällä mahdollisia ongelmakohtia etukäteen ja varautumalla näihin. (InfraBIM 2014, 13.)

Tietomallinnukseen siirryttäessä lähtökohtaisesti tilaaja toimittaa tarjouspyyntöaineiston mukana hankkeen tietomallin. Riippuen urakkamuodosta, kyseessä voi olla joko lähtötietomalli tai valmis inframalli. Tästä tietomallista kuitenkin tarjouskilpailuun osallistuvien yritysten on mahdollista laskea hankkeen massat, jotka ovat samat kaikilla. Samoilla massoilla hankkeen tarjoaminen poistaa määräriskit ja alustavia tarjouksia pystytään saamaan jo tarjousvaiheessa, jolloin hinnoittelu täsmentyy tarkemman ositteluksi ansiosta (Laatunen 2013). Tietomallinnuksen avulla voidaan myös siirtää urakoitsijan määrälaskennan tehtävät enemmän suunnittelijalle. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnittelija voi tuottaa jo suunnitelmamallista massataulukon, jolloin tarjouslaskennan työtaakka helpottuu.

Se, miten nykyisin käytettävät tarjouslaskennan apuvälineet voisivat palvella paremmin tietomallintamista, on vasta hahmottumassa. Ennen kuin tämä kehitys voi täysipainoisesti mennä eteenpäin, olisi siirryttävä täysin sähköisiin tiedonsiirtomenetelmiin.

4.2 Rakennustuotannon suunnittelu ja ohjaus

Rakennustuotannon suunnittelu ja ohjaus on vaihe, joka edeltää varsinaista rakentamista. Siinä pyritään erityisesti ratahankeissa suunnittelemaan massojen siirrot niin, että ne olisivat mahdollisimman optimaalisia. Junnoson ja Lindholmin (2012) mukaan tärkeä osa tuotannon suunnittelua onkin juuri kaivettavien ja siirrettävien maa- ja kalliomassojen käsittelyn suunnittelu ja hallinta (Junnonen & Lindholm 2012, 16).

Tietomallinnuksen tehostavista vaikutuksista rakentamiseen on dokumentoitu viime vuosina maailmanlaajuisesti. Mutta myös rakennustuotannon suunnittelu hyötyy suuresti tietomallipohjaisesta suunnittelusta. Radan rakentaminen on kausiluontoista työtä, joka painottuu kesäkuukausille ja suunnittelu kevääseen. Suunnitteluun käytettävän ajan väheneminen tietomallinnuksen johdosta tarkoittaa sitä, että rakentamisen valmistelulle jää enemmän aikaa, jolloin tuottavuudessa voidaan huomata suuri muutos. (Laatunen 2013.)

4.2.1 Massalaskenta rakennustuotannon apuna

Massatiedot ovat olennainen osa rakennustuotannon suunnittelua ja ohjausta. Niiden avulla projekti-insinööri tai vastaava henkilö pystyy laatimaan suunnitelmia, joiden avulla hanke saadaan vietyä läpi sovitun aikataulun ja budjetin mukaisesti. Rakennustuotannon suunnittelussa laadittuun massataulukkoon pohjautuu muun muassa:

- Paikka-aikakaavion laadinta
- Aikataulunimikkeiden määrittäminen
- Määrien seuranta ja laskutus
- Aikatauluseuranta ja ohjaus
- Työmaan massansiirtosuunnitelma, kaluston ja siirtojen optimointi

Ratahankkeen rakennustuotannon suunnittelussa suuressa roolissa on massansiirron suunnittelu. Suunnittelu tehdään suunnittelijalta saatujen massojen perusteella, sisältäen kaikki hankkeen massat. (Junnonen 2009. 83.) Tämän jälkeen laadittu massansiirtosuunnitelma yhdistetään aikatauluun, jolloin löydetään tuotannon ohjauksesta toimenpidekohdat ja tärkeimmät työvaiheriippuvuudet. (Junnonen 2009. 85.) Massalaskennan ollessa iso osa rakennustuotannon suunnittelua ja ohjausta, on myös olennaisen tärkeää että tuotannon suunnittelussa hyödynnettävä massataulukko on oikeanlainen ja siinä esitetyt massat ovat oikeellisia.

Tietomallintaminen mahdollistaa, että tarjousvaiheessa luotua massataulukkoa voidaan hyödyntää myös rakennustuotannon suunnittelussa, joka parantaa tuottavuutta. Lisäksi tietomallintamisen mahdollistamalla tarkalla massalaskennalla saadaan suurta rahallista kuin ajallistakin hyötyä rakennustuotannon suunnitteluun ja myös itse rakentamiseen.

5 VAATIMUKSET MASSALASKENNALLE

5.1 Massalaskennan vaatimukset mallinnukselle

Jatkossa, kun tietomallipohjainen suunnittelu tulee normaaliksi osaksi suunnittelutyötä, on myös massalaskennan asettamia vaatimuksia otettava huomioon jo mallinnusvaiheessa. Osana tätä suunnittelua, tavoitteena on luoda alustava rakennusosamalli hankkeen alusta alkaen. Tästä rakennusosamallista voidaan tällöin hahmotella hankkeen rakennusosat kustannusarviota varten, joka kuitenkin tarkentuu suunnittelun edetessä. (InfraBIM 2014, 5.)

Massalaskennan kannalta on tärkeää vähintään seuraavien vaatimusten täyttyvän:

- Tietomallin objektit kuvattava nimikkeistöjärjestelmän mukaisesti, jotta massat voidaan laskea suoraan tietomallista.
- Massalaskenta tehdään yhdistelmämallin pohjalta, jolloin varmistetaan rakenteiden ja järjestelmien yhteensopivuus.
- Tietomallin avulla määritellyn urakan sisältö on oltava yksiselitteisesti määritelty.
 - o Urakkaan sisältyvät rakennusosat on esitettävä ja eroteltava selkeästi urakkaan kuulumattomista rakenneosista.
- Mallista tuotetun määrätiedon tulee olla sitova
- Dokumentointi tehdään malliselosteeseen. (InfraBIM 2014, 5.)

Jos edellytyksenä on, että ohjelmistosta suoraan saadaan tulostettua massataulukko, jossa massat on lajiteltuna Infra-rakennusosanimikkeistön mukaisesti, vaatisi se niiden mallintamisen tietomalliin kyseisen nimikkeistön mukaisesti. Tämä ei kuitenkaan ole tois-
taiseksi vielä ohjelmistojen puolelta mahdollista, vaan ohjelmistoista saaduista massalaskentareportin massoista on käsin jaoteltava massat Infra-nimikkeistön mukaisesti.

5.2 Tarjouslaskennan vaatimukset massalaskennalle

Riippuen urakasta ja urakkatyypistä, tilaaja on toimittanut tarjouspyyntöaineiston mukana määräluettelon, josta käy ilmi urakkaan sidotut määrät. Nykytilanteessa lähes poikkeuksetta urakoitsija haluaa kuitenkin laskea tilaajan toimittaman tarjouspyynnön kaikki määrät itse, sillä siinä annetut massat eivät ole välttämättä oikeita ja ne muodostavat ison kustannuserän ratahankkeissa. Tarjouslaskentavaiheessa yleensä on aina kiire, joten tarjouslaskijan kannalta olennaista on, että tietomallipohjaisesta massalaskennasta luodun massataulukon massat on jaoteltu Infra-rakennusosanimikkeistön, sillä hinnoittelu tapahtuu kyseisen nimikkeistön perusteella.

Tarjouslaskentaa varten tulee luovuttaa massataulukon lisäksi mallista luotu massalaskennan malliseloste, jossa on esitetty myös mahdolliset määräriskit. Näiden perusteella tarjouslaskija voi hinnoitella urakan mahdollisimman realistisesti. Malliselosteessa kerrotaan määrälaskennassa käytetyt nimikkeet ja havainnollistetaan poikkileikkauksin mistä määrät ovat johdettu. Tarjousvaiheen massalaskennan malliselosteen mallidokumentti on esitetty liitteessä 2.

Jatkossa kuitenkin on pyrittävä tilanteeseen missä jokainen urakoitsija ei laske tarjouspyyntöaineiston massoja erikseen, vaan tilaaja toimittaa sitovan määrätiedon mihin pohjautuen urakkaa tarjotaan. Radan rakentamisessa on lähes aina kyse monien kilometrien pituisista osuuksista, jolloin tarjouslaskennalle syntyy haasteita. Tietomallipohjaisesti tehdyn massalaskennan avulla on mahdollista sitoa massat paalukohtaisesti hankkeeseen, jolloin tarjouksen osittelu ja aikataulutus helpottuu. (Laatunen 2013.)

5.3 Rakennustuotannon vaatimukset massalaskennalle

Tarjouslaskennan lisäksi massataulukko toimii tärkeänä osana rakennustuotannon suunnittelua sekä sen ohjausta. Jotta rakennustuotanto voisi kehittyä nykyisestä, on otettava huomioon myös sen vaatimukset massataulukon laadinnan suhteen. Monessa rakennustuotannon suunnittelun vaiheessa tehtävä työ pohjautuu nimenomaan massataulukkoon.

Rakennustuotannon kannalta on tärkeää, että hankkeesta muodostetaan projektin toteutusta tai luonnetta palveleva paaluvälitaulukko koko rakennusalueesta. Kun massat on jaoteltu massataulukossa sopiviin osakokonaisuuksiin ratakilometri- tai paaluväleittäin 20 metrin välein, on mahdollista tehdä rakennustuotannon ohjauksen kannalta tärkeitä suunnitelmia, kuten paikka-aikakaavion paikkajaon laadinta tämän pohjalta. Jaottelua ratakilometreihin 20 metrin välein tukee myös suurimpien tehtävämassojen selvittäminen, joka helpottuu edellä mainitun massojen paikkasidonnaisuuden myötä.

Myös rakennustuotannon suunnittelun tapauksessa on perusteltua, että massataulukossa esiintyvät massat on jaoteltu Infra-rakennusosanimikkeistön mukaan. Suurin osa käytettävistä tuotannonohjausjärjestelmistä hyödyntää kyseistä nimikkeistöä, joten on tärkeää että ne eivät eroa toisistaan ja massataulukkoa voidaan hyödyntää myös tuotannonohjausjärjestelmässä.

1600	Maaleikkaukset ja -kaivannot
1610	Maaleikkaukset
1611	Maaleikkaus, erittelemätön
1612	Maaleikkaus ja pengeri tai täyttö.
1613	Maaleikkaus ja läjitys tai kaatopaikka
1614	Maaleikkaus ja kerrosrakenteet
1615	Maaleikkaus ja väliavarastointi
1616	Maaleikkaus ja materiaalityypit
1617	Ylös kohonneet maat ja niiden käyttö
1619	Muut maaleikkaukset ja rakenteet
1620	Maakaivannot
1621	Putki- ja johtokaivannot
1622	Rumpukaivannot
1623	Syvennykset ja kuopat
1623.1	Istutuskuopat
1624	Rakennus- ja siltakaivannot
1625	Massanvaihtoon kuuluvat kaivannot
1629	Muut maakaivannot

KUVA 15. Infra-rakennusosanimikkeistön mukainen maalajiluokitus. (Kuva: InfraRYL 2006)

Tilaaajan tai suunnittelun kautta saatu massataulukko ei välttämättä sisällä tarpeeksi pohjatutkimustietoa massojen kelpoisuuden määrittämiseen. Jos kuitenkin massojen kelpoisuudesta on tietoa, voidaan ne eritellä massataulukossa rakennusosanimikkeistön mukaisesti. Hyödynnettävyys tulisi pyrkiä ilmaisemaan massataulukossa hyödyntämällä kuvassa 15 esitettyjä Infra 2006 -nimikkeitä välillä 1612-1619. Nimikettä *1611 Maaleikkaus, erittelemätön* tulisi tässä tapauksessa välttää, mutta sen käyttö on perusteltua jos

esimerkiksi massansiirtosuunnitelmaa ei ole tehty. Merkitsemällä massataulukoon massojen hyödynnettävyys voidaan optimoida hankkeen laskennallista massataloutta.

5.4 Massalaskennan kehitys

On todettava, että ennen kuin massalaskentaa lähdetään jatkokehittämään lisää, tietomallinnus on saatava enemmän osaksi kaikkien työskentelyä. Kun voidaan omaksua tietomallinnus alan yleiskäytäntönä, voidaan massalaskennassakin ottaa suurempia kehitysaskeleitä. Ala kuitenkin kehittyy nopeasti koko ajan ja sen mukana myös massalaskennan on kehityttävä. Massalaskentaan liittyviä kehitysideoita on monilla ja niissä varmasti on vain mielikuvitus rajana.

Suunnitteluohjelmistojen massalaskentaraporteista puuttuvan Infra-rakennusosanimikkeistön osalta kehitystyötä on tehty ainakin Teklalla, mutta mitään konkreettista ei vielä ole ohjelmistoon lisätty. Myös Vianovalla on edellytykset tuoda excel-pohjaiseen massalaskentaraporttiin kyseinen nimikkeistö, mutta sitä ei ole toistaiseksi otettu osaksi varsinaista asennuspakettia. Yritysten vaatiessa ja tehdessä yhteistyötä ohjelmistokehittäjien kanssa, varmasti kyseinen ominaisuus tulisi osaksi massalaskentaa. On kuitenkin selvää, että massalaskennan kautta saatavan massataulukon tulevaisuus ei ole excel-formaatissa, vaan se luultavasti tullaan integroimaan osaksi käytettäviä tietomallinnus- ja tuotannon suunnittelujärjestelmiä. Näin olisi mahdollista luoda reaaliaikaisesti suunnittelun ja muiden muutosten mukaan päivittyvä massataulukko.

Nykyisin jo tietomallipohjainen toteutuneiden massojen seuranta on olemassa ainakin Tekla Civilissa, jossa voidaan syöttää toteutuneita massoja paaluväleittäin ja verrata näitä suunniteltuihin. Tätä ominaisuutta voitaisiin jatkokehittää ja jalostaa niin, että järjestelmä seuraisi reaaliaikaisesti haluttujen nimikkeiden mukaisia määriä paaluvälikohtaisesti sekä kumulatiivisesti. Tähän määrien seurantaan voisi myös liittää nimikkeiden tilannetiedot, jotka kolmannet osapuolet näkisivät esimerkiksi verkkopalvelusta. Tällöin muutkin tahot kuin urakoitsija voisivat seurata hankkeen etenemistä reaaliaikaisesti.

Tuotannon suunnittelun kannalta massojen ajallinen hyödynnettävyys yhdistettynä massataulukon, tukisi massansiirtosuunnitelmien tekoa sekä rakennusaikaista organisointia. Tällöin hankkeen massatalous parantuisi ja sitä myötä kustannukset pienenisivät. Lisäksi massojen ja kallion laadullisen hyödynnettävyyden ilmentäminen massataulukossa tukisi huomattavasti tuotannon suunnittelua. Tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista, sillä kyseinen ominaisuus edellyttää riittäviä pohjatutkimuksia, joiden lisäksi myös rakennusaikaiset olosuhteet vaikuttavat joidenkin maalajien hyödynnettävyyteen.

Tarjouslaskentaa varten ohjelmistoon voisi liittää erillisen kustannuslaskenta moduulin, jonka avulla tietomallista saadut massat hinnoiteltaisiin automaattisesti järjestelmässä olevan joko yrityksen sisäisen tai yleisen hinnaston mukaisesti. Jos massoihin liittyisi jokin riski, esimerkiksi sulfidisavi maaleikkauksessa, ohjelmisto ilmoittaisi tästä hinnoittelijalle ja tämä voisi huomioida kyseisen seikan hinnoittelussa.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyöstä saaduista tuloksista voidaan havaita, miten nykyisen suunnittelutyön sekä tarjouslaskennan tehokkuutta ja tarkkuutta voidaan parantaa tietomallipohjaisen massalaskennan avulla. Käyttämällä tietomallipohjaista massalaskentaa työn määrä ja kustannukset ovat selkeästi pienempiä kuin perinteisin menetelmin tehtynä.

Suunnittelun ja tietomallinnuksen osalta lopputyöstä saatujen kokemusten pohjalta voidaan sanoa, että viime aikojen voimakkaasta tietomallinnuksen kehityksestä huolimatta tavoitetilaan on vielä matkaa. Siitäkin huolimatta, että muutos tietomallintamisen suuntaan on ollut tiedossa, sen hyödyntäminen käytännössä on ollut hankkeissa marginaalista. Nykyisellään tietomallinnuksesta saatu yleiskuva tuntuu olevan se, että puhetta on paljon tietomallinnuksesta, mutta monetkaan eivät tunnu tietävän mitä se käytännössä merkitsee tai mihin siinä tulisi pyrkiä.

Yksinkertaisena tavoitteena on tulevaisuudessa pyrkiä tilaan, jossa eri toimialojen suunnittelijoiden välinen työ tehdään reaaliaikaisesti perustuen verkkopalvelimella olevaan tietomalliin. Ennen sitä on tärkeää, että kaikki suunnittelun parissa työskentelevät ymmärtävät tietomallintamisen hyödyt ja mitkä ovat ne tavoitteet joihin tulisi pyrkiä. Myös suunnitteluohjelmistojen kehitys on tässä tärkeässä roolissa, sillä nekään eivät vielä tarjoa sellaisia ominaisuuksia, joilla kaikki tietomallintamisen tavoitteet olisi saavutettavissa.

Tietomallintamisen kaikkia tavoitteita ei tulla saavuttamaan, elleivät ohjelmistokehittäjät, tilaajat, urakoitsijat sekä suunnittelijat tee yhteistyötä määrittääkseen yhteisiä standardeja ja ohjeistuksia. Tätä tavoitetta tukee Infra FINBIM -työpakettin panos alan yhteisten standardien ja ohjeiden luomisessa, mutta muutos lähtee jokaisesta itsestään ja omasta asenteesta. Kuitenkaan ei saa unohtaa koulutuksen tärkeyttä osana tätä kehitystä. Alan muutos on vääjäämätöntä ja vallitsevien työtapojen on muututtava, että tietomallinnuksen täysi hyöty saadaan irti.

Massalaskennan osalta työstä saatujen tulosten perusteella voidaan sanoa suunnitteluohjelmistojen (Novapoint ja Tekla) soveltuvan lähes yhtä hyvin massalaskentaan. Arvioitaessa suunnitteluohjelmistojen massalaskennasta saatuja tulosteita, voidaan todeta niiden olevan vielä puutteellisia massojen jaottelun kannalta erityisesti nimikkeistöjen osalta.

Mallinnusohjelmistoista saadut massatiedot ovat edelleen sellaisessa muodossa, että niistä aiemmin esitettyjen vaatimusten mukaisen massataulukon saaminen vaatii manuaalista työtä. Edellytykset Infra-rakennusosanimikkeistön tuomiseksi massalaskentaan kuitenkin ovat olemassa molemmissa suunnitteluohjelmistoissa.

Massalaskennan vaatimusten kannalta mallintamiselle tärkeimpinä asioina voidaan nostaa esiin objektien mallintaminen tietomalliin nimikkeistöjärjestelmän mukaisesti, massalaskennan suorittaminen yhdistelmämallin pohjalta sekä malliselosteen laadinta. Nämä seikat edesauttavat tarkan ja jäsenneilyn massalaskentatiedon saamista ja dokumentoimista. Mallintamisvaiheessa tulee pitää mielessä, että massalaskennan tavoitteena on tuottaa tietoa hankkeen tulevia vaiheita varten.

Tarjouslaskennan kannalta päättötyöstä saatujen kokemusten perusteella voidaan sanoa tärkeimpänä vaatimuksena massalaskennalle olevan jaottelu Infra-rakennusosanimikkeistön mukaisesti. Nimikkeistön mukaisen jaottelun taustalla on kustannuslaskenta, joka tukeutuu kyseiseen nimikkeistöön. Lisäksi tarjouslaskentaa varten tulee tehdä massalaskennan malliseloste, jossa on esitetty laskentaperiaatteet sekä mahdolliset riskitekijät. Työstä saatu tarjouslaskentaan liittyvä olennainen huomio on tietomallintamisen mahdollistama massatiedon sitominen paikkaan. Kun massat on sidottu paalukohtaisesti suunniteltuun väylään, tarjouksen osittelu ja aikataulutus helpottuu. Tämä lisäksi mahdollistaa urakoiden tarjoamisen samoilla määrillä, kun tilaaja luovuttaa tarjouspyyntöaineiston mukana tietomallin, josta sitovat määrät ovat laskettavissa tai jo ne ovat valmiiksi laskettu. Tällä tavoin saadaan oleellisesti pienennettyä hukkaa tarjouslaskentaprosessissa. Kuitenkin, jos urakassa kaikki määrät eivät ole sitovia, tulee ne ilmetä myös mallista.

Rakennustuotannon kannalta puolestaan olennainen vaatimus massataulukolle on massojen jakaminen hankkeen kannalta sopiviin osakokonaisuuksiin. Tämä tarkoittaa ratahankkeessa yleensä sitomista ratakilometrijärjestelmään ja jaottelemista 20 metrin paaluväleihin, jolloin esimerkiksi paikka-aikakaavioiden laatiminen helpottuu huomattavasti. Rakennustuotannon suunnittelu vaatii massalaskennalta myös Infra-rakennusosanimikkeistön mukaista massojen jaottelua. Nimikkeistön mukaisen jaottelun takana on yhteensopivuus käytössä olevien tai käyttöön tulevien tuotannonohjausjärjestelmien kanssa, jotka hyödyntävät kyseistä nimikkeistöä. Tarkoituksena on, että tarjouslaskentavaiheen massalaskenta aineistoa voitaisiin hyödyntää tuotannon suunnittelussa ja ohjauksessa. Tällöin

Infra-rakennusosanimikkeistön käyttö on itsestään selvää, sillä sitä hyödynnetään myös tarjouslaskennassa.

Massalaskennan kehityksen kannalta työn tuloksista voidaan nostaa esiin suuri potentiaali ja monet kehitysmahdollisuudet. Kuitenkaan massalaskennan kehitys ei voi täysipainoisesti mennä eteenpäin ellei tietomallinnuksen käyttämiseen sitouduta ja viedä eteenpäin kaikkien osapuolten tasolla. Siirtyminen täysin sähköiseen tiedonsiirtoon on ensimmäinen tärkeä kehitysaskel. Tulevaisuudessa luultavasti on edessä tilanne, jolloin massataulukko integroidaan osaksi käytettyjä ohjelmistoja, mutta sitä ennen on vielä paljon tehtävää.

Opinnäytetyötä kirjoittaessa huomattiin erityisesti, kuinka alalla vallitseva tietomallinnustermistö on vasta kehittymässä. Monilla, jopa alan asiantuntijoilla, termit menevät helposti sekaisin ja olisikin tärkeää luoda yhteinen kattava termistö alalle. Erityisesti termit massa ja määrä tulisi erottaa toisistaan tietomallinnuksen termistössä, sillä tavoitteena on tietomallintamisen myötä siirtyä perinteisestä määrälaskennasta paikkasidonnaiseen massalaskentaan.

Kirjoittajan mielestä päättötyössä saavutettiin ne tavoitteet joihin pyrittiin. Työn perusteella voidaan kertoa miksi oikeanlaisen massataulukon tekeminen on tärkeää ja missä siitä on erityisesti hyötyä. Lopputyön perusteella voidaan arvioida tietomallinnuksen nykytilaa ja sen kehitysnäkymiä kirjoitushetkellä. Massalaskennan osalta voidaan sanoa, millainen laskennasta tehtävän massataulukon tulisi olla, että siitä olisi suurin mahdollinen hyöty tarjouslaskennan ja rakennustuotannon suunnittelun sekä ohjauksen kannalta. Lisäksi opinnäytetyön perusteella voidaan pohtia, millainen voisi olla massalaskennan tulevaisuus. Opinnäytetyön tuloksien perusteella luotiin liitteessä 1 oleva massataulukkomalli sekä sekä liitteessä 2 oleva tarjousvaihetta palveleva massalaskennan malliseloste.

LÄHTEET

Fore. 2013. Tuotteet ja palvelut. Luettu: 20.11.2013.

<http://www.fore.fi/fi/tuotteet-ja-palvelut/>

InfraBIM. 2013a. Mallinnusohje 7: Inframallin laadunvarmistus, versio 0.8. Luettu 12.1.2013.

http://www.rts.fi/infrabim/infrabim_uusi/mallinnusohjeita/InfraBIM_Mallinnusohjeet_OSA_7_Inframallin_Laadunvarmistus_09_2013.pdf

InfraBIM. 2014. Mallinnusohje 9: Määrälaskenta ja kustannusarviot, versio 0.4. Luettu 20.2.2014.

http://www.infrabim.fi/infrabim_uusi/mallinnusohjeita/InfraBIM_Mallinnusohjeet_OSA_9_0_4.pdf

InfraBIM. 2013b. Sanasto, versio 0.5. Luettu 10.1.2014.

http://www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2014/03/InfraBIM_Sanasto_0_5.pdf

Infra FINBIM. 2013. Tietomallintaminen uudistaa alaa. Luettu 16.10.2013.

http://www.rts.fi/infrabim/infrabim_uusi/tyopaketti.html

Junnonen, J-M & Lindholm, M. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Junnonen, J-M. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. Sastamala: Rakennusteollisuuden kustannus RTK Oy.

Laatunen, K. 2013. Määrälaskenta rakentamisvaiheessa. Esitys. 27.11.2013.

Liikennevirasto. 2011. Fore-palvelu väylähankkeiden kustannushallinnassa, versio 1.0. Luettu 20.2.2014

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2011-26_fore-palvelu_vaylahankkeiden_web.pdf

Louhi, P. tekninen tuotepäällikkö. 2014. Novapoint massalaskennasta. Sähköpostiviesti. [petri.louhi \[at\] vianova.fi](mailto:petri.louhi@vianova.fi). Luettu 3.1.2014.

Rakennustieto. 2014. InfraRYL Net. Luettu: 12.2.2014.

<https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/ryl/infrarylnet.html>

Rakennustieto. 2009. Infra 2006 - Rakennusosa- ja hankenimikkeistö määrämittausohje. Sastamala: Rakennustieto Oy.

Ratahallintokeskus. 2008. Radan suunnitteluohje. Hyvinkää: VR Kirjapaino.

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_b20_radan_suunnitteluohje.pdf

Vianova InfraBIM. 2013. Mitä BIM on oikeasti? Luettu 17.10.2013.

<http://www.vianova.fi/BIM/Mikae-BIM/Mitae-BIM-on-oikeasti#.U0KzIFdpdRU>

LIITTEET

Liite 1: Massataulukkomalli

Liite 2: Massalaskennan malliselostemalli

LIITE 1

Massataulukko

Hanke Rataosuus Läntinen raide
Tekijä Raimo Ratasuunnittelija Päivämäärä 1.1.2014

				Infra 2006 -koodi ja -nimike												
KM-paalu, alku		KM-paalu, loppu		1141	1142	1321	1326	1600	1612	1614	1625	1632	1700	1811	1815	
				Poistettavat pintamaat	Poistettavat rakennekerrokset ja penkereet	Lyöntipaalut	Paalulaatat	Maaleikkaukset ja -kaivannot	Maaleikkaus ja penger tai täyttö	Maaleikkaus ja kerrosrakenne	Massanvaihtoon kuuluvat kaivannot	Työnaikainen tukiseinät	Kallioleikkaukset, -kaivannot ja -tunnelit	Maapenkereet	Vastapenkereet	
km	m	km	m	[m2tr]	[m3ktr]	[mtr]	[m2tr]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3ktr]	[m2tr]	[m3ktr]	[m3]	[m3ktr]	
606	280	606	300	1,0	1,0				1,0						1,0	
606	300	606	320	9,0	9,0				9,0			9,0		9,0		9,0
606	320	606	340	10,0	10,0				10,0			10,0		10,0		10,0
606	340	606	360	11,0	11,0			11,0				11,0		11,0		11,0
606	360	606	380	12,0	12,0			12,0				12,0		12,0		12,0
606	380	606	400	13,0	13,0	1,0		13,0				13,0		13,0		13,0
606	400	606	420	14,0	14,0	2,0		14,0				14,0		14,0		14,0
606	420	606	440	15,0	15,0	3,0		15,0				15,0		15,0		15,0
606	440	606	460	16,0	16,0	4,0		16,0				16,0		16,0		16,0
606	460	606	480	17,0	17,0	5,0		17,0						17,0		17,0
606	480	606	500	18,0	18,0	6,0		18,0						18,0		18,0
606	500	606	520	19,0	19,0	7,0		19,0		19,0				19,0		19,0
606	520	606	540	20,0	20,0	8,0		20,0		20,0				20,0		20,0
606	540	606	560	21,0	21,0	9,0		21,0		21,0	1,0			21,0		21,0
606	560	606	580	22,0	22,0			22,0		22,0	2,0					
606	580	606	600	23,0	23,0			23,0		23,0	3,0					
606	600	606	620	24,0	24,0			24,0		24,0	4,0		24,0			
606	620	606	640	25,0	25,0			25,0		25,0	5,0		25,0			
606	640	606	660	26,0	26,0			26,0		26,0	6,0		26,0			
606	660	606	680	27,0	27,0			27,0			7,0		27,0			
606	680	606	700	28,0	28,0			28,0			8,0		28,0			
606	700	606	720	29,0	29,0			29,0			9,0		29,0			
606	720	606	740	30,0	30,0			30,0			10,0		30,0			
606	740	606	760	31,0	31,0			31,0			11,0		31,0			
606	760	606	780	32,0	32,0			32,0			12,0		32,0			
606	780	606	800	33,0	33,0			33,0			13,0		33,0			
606	800	606	820	34,0	34,0			34,0					34,0			
YHTEENSÄ				560,00	560,00	45,00	0,00	540,00			91,00	100,00	319,00	196,00	30,00	

Antti Kiviniemi

17.1.2014

Rataosuus: Massalaskennan malliseloste

- **LASKETUT** massat koostuvat seuraavista *INFRA 2006 -rakennusosa- ja hankenimikkeistön* osista:
 - 1141 Pintamaan poistot [m²], [m³]
 - HUOM! UUDEN raiteen massoihin lisätty 5 m * 0,2 m * 20 m = 20 m³/20m, paaluvälit, joissa molemmat raiteet uusia, huoltotien osuus lisätty IR:lle.
 - 1600 Maaleikkaukset ja -kaivannot (uusi raide) [m³]
 - 1625.5 Maaleikkaus (nykyinen raide kv - kv-1) [m³] (liite: poikkileikkaukset_kv-kv-1)
 - 1811.1 Maapenkereet (uusi raide) [m³]
 - 2122 Eristyskerrokset ratarakenteissa (uusi raide) [m³]
 - 2123 Välikerrokset ratarakenteissa (uusi raide) [m³]
 - 2123.1 Välikerrokset ratarakenteissa (nykyinen raide) [m³]
 - 2412 Tukikerrokset sepelistä (uusi raide) [m³]
 - 2412.1 Tukikerrokset sepelistä (nykyinen raide) [m³] osittain.
 - HUOM! Tukikerrosmassat (2412 ja 2412.1) on laskettu tilaajan pintamalleista pois lukien tässä raportissa mainitut kohdat.

Antti Kiviniemi

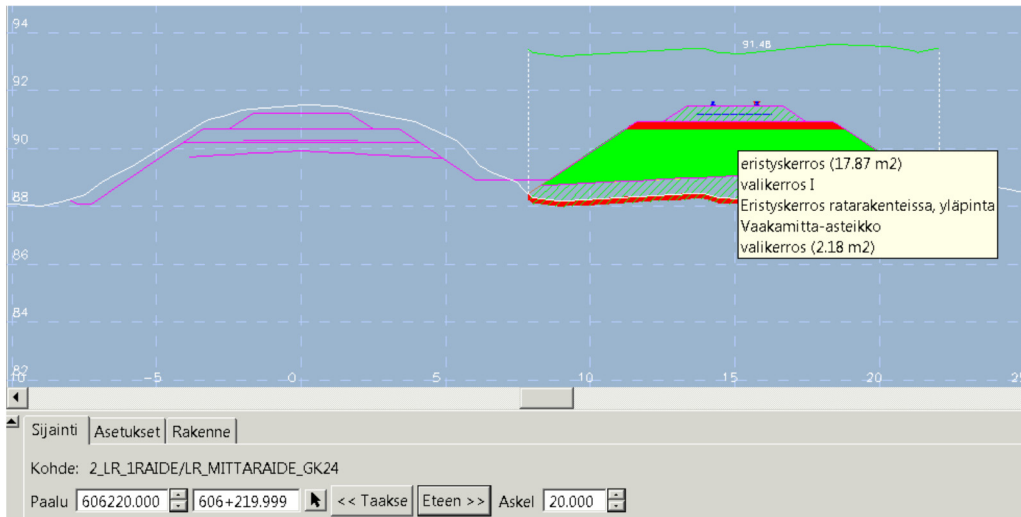
17.1.2014

Paaluväli

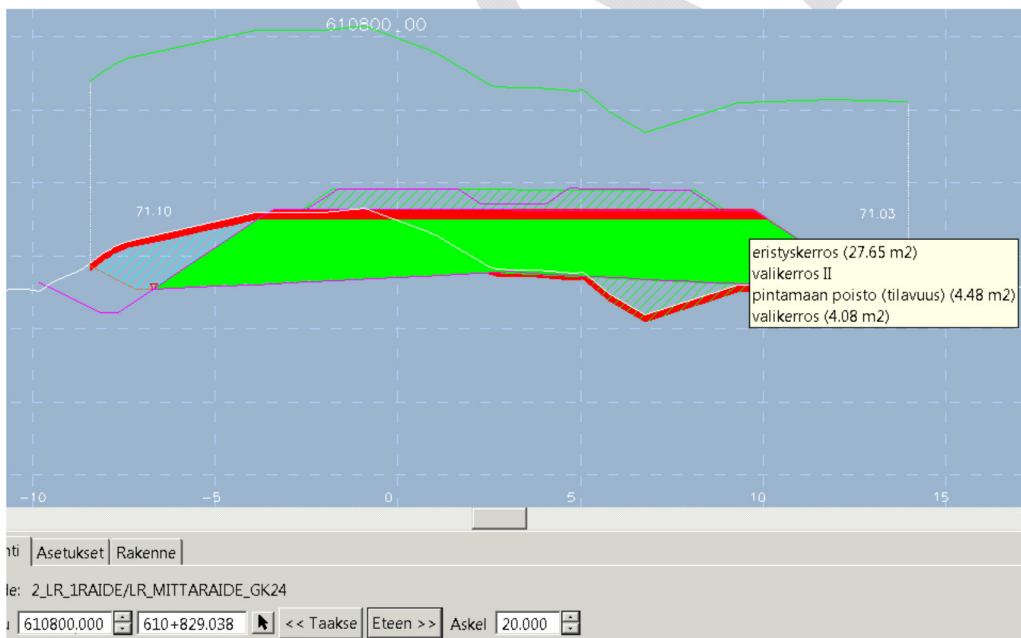
606+000 – 610+760

Laskentatapa

IR uusi, laskettu kv-242 tyypillä



610+760 – 613+060

Molemmat raiteet uusia, laskettu kaksoisraide-tyypillä,
massat jaettu kahdella molemmille raiteille**VR Track Oy**PL 488 (Vilhonkatu 13)
00101 HelsinkiP. 0307 10
F. 0307 21 051etunimi.sukunimi@vr.fi
www.vrtrack.fi

Y-tunnus 1007822-3