

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikan yksikkö, Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto

Ville Moisio

PERINTEISTEN TYÖMAAN TUOTANNON SUUNNITELMIEN TIETOMALLIIN INTEGROINTI JA VERTAILU

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

Ville Moisio

Perinteisten työmaan tuotannon suunnitelmien tietomalliin integrointi ja vertailu

84 sivua, 10 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2011

Ohjaajat: Tuntiopettaja, Vesa Inkilä, Saimaan ammattikorkeakoulu

Toimitusjohtaja, Petri Siitonen, Karjalan Rakennus ja Maalaus Oy

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Karjalan Rakennus ja Maalaus Oy:n case-kohteena olevalle työmaalle kattavat Ratun mukaiset tuotannon suunnitelmat ja liittää ne työmaan tietomalliin sekä lopuksi suorittaa vertailu perinteisten suunnitelmien ja tietomalliin liitettyjen suunnitelmien välillä.

Työn teoriaosuudessa perehdyttiin tuotannon suunnitteluun ja tietomallintamiseen liittyvään kirjallisuuteen sekä niitä koskeviin tutkimuksiin. Tuotannon suunnittelun käsittävän teoriaosuuden kirjoittamisen yhteydessä laadittiin työmaalle suunnitelmat joihin kuului yleisaikataulu sekä työturvallisuus-, putoamissuojaus, logistiikka- ja aluesuunnitelmat. Tutkimuksessa tehtiin case-työmaalle laaditut tuotannon suunnitelmat sisältävä BIM-aluesuunnitelma, jonka avulla suunnitelmien vertailu oli mahdollista.

Tuloksena tietomallin ja perinteisten suunnitelmien vertailusta saatiin arvokasta tietoa tietomallin käytöstä työmaan tuotannonsuunnittelussa ja sen vaatimuksista sekä mahdollisuuksista työmaan hallintatyökaluna.

Tietomallintaminen on rakentamisen tuotannon apuvälineenä vielä kehitysstadiolla. Tietomalleja pystytään jossain määrin käyttämään työmaalla, mutta ei vielä täydellä kapasiteetilla. Jatkossa tietomallit tulevat olemaan tärkeä osa työmaan hallintaa, ohjaamista ja johtamista.

Avainsanat: tietomallinnus, tuotannonsuunnittelu, yleisaikataulu, aluesuunnitelma, työturvallisuussuunnitelma, logistiikka, putoamissuojaus

ABSTRACT

Ville Moisio

Traditional on-site production plans, BIM integration and comparison

84 pages, 10 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Civil and Construction Engineering

Construction Management

Thesis 2011

Instructors: Lecturer, Vesa Inkilä, Saimaa University of Applied Sciences

CEO, Petri Siitonen, Karjalan Rakennus ja Maalaus Oy

The purpose of this thesis was to create the on-site production plans for a construction site, then integrate them to the site's building information model and finally compare the two different types of plans. The project was made for Karjalan Rakennus ja Maalaus Ltd.

The theoretical part of the thesis is based on other studies and literature written on the subject. The on-site production plans, which consisted of a general schedule, a site safety plan, a fall protection plan, a logistics plan and a site plan were drawn up in connection to the theory part, which included a chapter on production planning. The study comprised of integrating the site production plans into the construction site BIM, which allowed the comparison between the plans.

The results of the comparison between the BIM-integrated and the traditional production plans provided valuable information for the use of BIM in on-site production planning and the possibilities of it as a management tool for the whole construction site.

Building information modeling as a tool for on-site construction management is still in a developing stage. BIM can be used on-site to some extent, but not yet at full capacity. In the future, BIM will be an important part of construction site management.

Keywords: building information modeling, production planning, general schedule, site plan, site safety plan, logistics, fall protection

SISÄLTÖ

KÄSITTEET.....	6
1 JOHDANTO.....	10
1.1 Tausta.....	10
1.2 Tavoitteet ja rajaukset.....	10
1.3 Aineisto ja menetelmät.....	11
1.4 Työn kulku.....	11
2 TYÖMAAN TUOTANNON SUUNNITELMAT.....	12
2.1 Yleisaikataulu.....	12
2.1.1 Yleisaikataulun tarkoitus.....	12
2.1.2 Aikataulusuunnittelun perusteet.....	13
2.1.3 Aikataulusuunnittelun vaiheet.....	14
2.1.4 Yleisaikataulun teko.....	19
2.2 Työturvallisuussuunnitelma.....	22
2.2.1 Työturvallisuussuunnitelman sisältö.....	22
2.2.2 Työturvallisuussuunnitelman laadinta.....	25
2.2.3 Turvallisuuden hallinta.....	26
2.2.4 Turvallisuusseuranta.....	29
2.3 Työmaan aluesuunnitelma.....	32
2.3.1 Aluesuunnitelman sisältö.....	33
2.3.2 Aluesuunnitelman laadinta.....	35
2.3.3 Vaiheistus.....	37
2.3.4 Tarkoitus.....	39
2.4 Putoamissuojaussuunnitelma.....	40
2.4.1 Putoamissuojaussuunnitelman sisältö.....	41
2.4.2 Suojausmenetelmät.....	42
2.4.3 Putoamissuojaussuunnitelman laadinta.....	45
2.5 Logistiikkasuunnitelma.....	46
2.5.1 Logistiikka rakentamisessa.....	46
2.5.2 Logistiikan merkitys ja vaikutus rakennustuotannossa.....	48
2.5.3 Toimitusten suunnittelu.....	49
2.5.4 Työmaan siirtoressurssien suunnittelu.....	50
2.5.5 Logistiikkasuunnitelman laadinta.....	51
3 TIETOMALLINNUS.....	53
3.1 Tietomallinnus yleisesti.....	53
3.2 Tietomallin ja kolmiulotteisen mallin ero.....	56
3.3 Tietomallinnuksen periaatteet.....	56
3.3.1 Tietomallinnushankkeen edellytykset.....	56
3.3.2 Tietomallinnuksen eri vaiheet.....	57
3.3.3 Tiedonsiirto ja IFC-standardi.....	63
3.4 4D-mallintaminen.....	64
3.4.1 4D ja turvallisuus.....	65
3.5 ArchiCAD-ohjelmaesittely.....	68
4 CASE-SAIMAA VILLAS.....	70
4.1 Yritysesittely Karjalan Rakennus ja Maalaus Oy.....	70
4.2 Case-kohteen esittely.....	70
5 TUOTANNON SUUNNITELMIEN INTEGROINTI TIETOMALLIIN.....	72
6 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	74
6.1 Tietomallin käytöllä saavutettavat hyödyt.....	74

6.2 Tietomallin käytössä esiintyvät ongelmat.....	76
6.3 Jatkossa.....	76
7 SUUNNITELMIEN VERTAILU.....	77
8 PÄÄTELMÄT.....	78
KUVAT.....	79
TAULUKOT.....	80
LÄHTEET.....	81

LIITTEET

- Liite 1 Arkkitehdin malli ja työmaa-alue mallinnettuna
- Liite 2 Työturvallisuussuunnitelman lomakkeet tietomallissa
- Liite 3 BIM-aluesuunnitelma
- Liite 4 Putoamissuojaussuunnitelma mallinnettuna
- Liite 5 Logistiikka BIM-aluesuunnitelmassa
- Liite 6 Yleisaikataulu
- Liite 7 Työturvallisuussuunnitelma
- Liite 8 Aluesuunnitelma
- Liite 9 Putoamissuojaussuunnitelma
- Liite 10 Logistiikkasuunnitelma

KÄSITTEET

2D	Two Dimensional. 2D-tiedolla tarkoitetaan perinteisiä kaksiulotteisia CAD-piirustuksia, jotka koostuvat viivoista, kaarista ja teksteistä.
3D	Three Dimensional. Kolmiulotteisuus.
4D	3D + aika, eli aikaulottuvuuden liittämistä 3D-mallin rakennusosa- ja tilaobjekteihin. Aikaulottuvuus voi kuvata esim. rakennusosien asennuksen ajankohtaa, jolloin 4D-simuloinnilla voidaan havainnollistaa rakentamisen etenemistä ajassa. (Pro IT – Rakennusten tuotemallintamisen sanasto, 2004.)
Aluesuunnittelu	Tuotannonsuunnittelun tehtävä, jossa työmaatoiminnot ja niiden vaatimat järjestelyt suunnitellaan mahdollisimman sujuviksi rakentamisen eri vaiheissa. (Ratu C2-0299, 2007).
Aluesuunnitelma	Kirjallinen esitys siitä, miten työmaatoiminnot sijoitetaan rakennuspaikalle. Aluesuunnitelmaa ylläpidetään hankkeen edetessä ja siitä tulostetaan yksityiskohtaiset suunnitelmat rakentamisen eri vaiheita ja tehtäviä varten. (Ratu C2-0299, 2007).
BIM	Building Information Model suom. rakennuksen tietomalli
BIM-aluesuunnitelma	Tietomallipohjainen aluesuunnitelma on 3D-mallintamalla tuotettu työmaan aluesuunnitelma. (Sulankivi, Mäkelä & Kiviniemi 2009, 6.)
CAD	Computer Assisted Design suom. tietokoneavusteinen suunnittelu.
IFC	Industry Foundation Classes. Tuotetietojensiirron kansainvälinen standardi, jonka sovellusalue on rakentaminen ja kiinteistönpito. IFC määrittelee yksittäisistä sovelluksista riippumattoman muodon tuotetiedoille, jossa muodossa tiedot siirretään sovellusten kesken. (Pro IT – Rakennusten tuotemallintamisen sanasto, 2004.)

Logistiikkasuunnitelma	Kirjallinen yhteenveto työmaan menetelmistä ja resursseista. Laaditaan työmaan alkuvaiheessa, kun tiedetään käytettävissä olevat resurssit, nostokalusto sekä kulkuaukot ja siirtoreitit. Suunnitelmalla haetaan uusia, parempia menetelmiä logistiikan optimointiin työmaalla. (Wegelius-Lehtonen, Pahkala, Nyman, Vuolio & Tanskanen, 1996, 66–67.)
Objekti	Mallintamista helpottavia tiettyä asiaa kuvaavien tietojen valmiita kuvauksia, joita sovelluksissa käsitellään yhtenä kokonaisuutena. (Pro IT – Rakennusten tuotemallintamisen sanasto, 2004.)
Putoamissuojaussuunnitelma	Kirjallinen esitys siitä, miten rakennuskohhteessa on mietitty ja ajateltu toteuttaa kohteen putoamissuojaus. Suunnitelmassa huomioidaan kohteen erikoispiirteet ja rakennusvaiheet sekä suojaamisessa käytettävät menetelmät. (Ratu 1223-S, 2009).
Renderointi	3D-mallista fotorealististen visualisointikuvien tuottamista. Kuvissa pyritään tuottamaan mahdollisimman todellisen näköisiä aina pintamateriaaleihin ja varjoihin saakka. (Sulankivi, Mäkelä & Kiviniemi 2009, 5.)
Simulointi	Todellisuutta vastaavan 3D-mallin tuottamista ja sillä kokeiden tekemistä. (Sulankivi, Mäkelä & Kiviniemi 2009, 6.)
Suoritemäärä	Toiminnan määrällinen aikaansaannos, esimerkiksi tehty laudoitusmäärä neliöinä tai raudituksen määrä kiloina. (Koskenvesa, Mäki, Olenius & Penttilä, 2003, 48.)
Suoriteyksikkö	Suoritemäärän mittayksikkö, esimerkiksi m ² , m ³ , kpl, jm, kg. (Koskenvesa, Mäki, Olenius & Penttilä, 2003, 48.)
T3-aika, tehollinen aika	Ovat tavoitteellisia työmenekkejä, jotka eivät sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä. Tehollista aikaa käytetään rakentamisvaiheikataulujen, viikkoaika taulujen ja tehtäväsuunnitelmien tehtävien kestoja laskettaessa. (Koskenvesa, Mäki, Olenius & Penttilä, 2003, 49.)

T4-aika, kokonaisaika	Kokonaisaika eli työvaiheaika sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit, myös tunnin mittaiset ja pidemmät työskentelyn keskeytykset. Kokonaisaikaa käytetään kustannusten arvioimiseen ja yleisaikataulujen laadintaan. (Koskenvesa, Mäki, Olenius & Penttilä, 2003, 49.)
Tietomalli	Rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tuotetietojen kokonaisuus. (Pro IT – rakennusten tuotemallintamisen sanasto, 2004.)
Tietomallinnus	Täysvaltainen tapa hallita ja jakaa rakennushankkeen tietoja läpi koko rakennushankkeen digitaalisessa muodossa. Tietomallimuotoinen tieto on tarkoitettu ihmisten lisäksi myös tietokoneohjelmien ja tietojärjestelmien ymmärrettäväksi toisin kuin perinteiset piirustukset. (Penttilä, Nissinen & Niemioja, 2006, 8-9.)
Turvallisuussuunnittelu	Turvallisuussuunnitteluun kuuluvat mm. työmaa-alueen käytön suunnittelu, vaarallisten töiden ja työvaiheiden suunnittelu, ennen rakennustyön alkua tapahtuva turvallisuuden varmistamiseksi tehty suunnittelu ja mahdollinen vaara-, ja haittatekijöiden arviointi sekä niiden poistamiseen liittyvien suunnitelmien ja muiden toimenpiteiden laatiminen. (VNp 629/1994 7§, 8§, 16–23§, liite 2)
Turvallisuuden seuranta	Toiminnan organisointia, suunnittelua ja toteuttamista sekä toteutuksen seuraamista turvallisuusjohtamisen keinoin. (Sulankivi, Mäkelä & Kiviniemi 2009, 7.)
Turvallisuusjohtaminen	Kokonaisvaltainen turvallisuuden hallinta, joka luo edellytykset turvalliselle työlle, jossa yhdistyy sekä menetelmien ja toimintatapojen että ihmisten johtaminen. (Sulankivi, Mäkelä & Kiviniemi 2009, 7.)
Työntekijätunti (tth)	Työntekijäkohtainen työtunti. Jos esimerkiksi kolmen työntekijän työryhmä työskentelee kaksi tuntia, on yhteensä kulunut kuusi työntekijätuntia. (Koskenvesa, Mäki, Olenius & Penttilä, 2003, 49.)
Työmenekki	Aika, jonka työntekijä, työryhmä tai kone tarvitsee yhden suoriteyksikön aikaansa-

	<p>miseksi, esimerkiksi tth/m² tai kone-h/m³. (Koskenvesa, Mäki, Olenius & Penttilä, 2003.)</p>
Työsaavutus	<p>Aikayksikössä tuotettujen suoritteiden lukumäärä, esimerkiksi kpl/tv, m³/h. Työsaavutuksesta käytetään myös nimityksiä teho ja kapasiteetti. (Koskenvesa, Mäki, Olenius & Penttilä, 2003, 49.)</p>
Työturvallisuussuunnitelma	<p>Päätoteuttajan laatima kirjallinen työturvallisuutta koskeva selvitys ennen rakennustöiden aloittamista, jossa on mm. huomioita rakennuttajan antaman turvallisuusasiakirjan tiedot ja turvallisuussäännöt. (VNp 629/1994, VNa 702/2006 7§)</p>
Työvuoro	<p>Tarkoittaa tavallista työaikaa 7 – 11 ja 12 – 16. Normaalityövuoron pituus on 8 tuntia. (Koskenvesa, Mäki, Olenius & Penttilä, 2003, 49.)</p>
Törmäystarkastelu	<p>Törmäystarkastelulla tarkoitetaan osien sopimista niille varattuun tilaan. Törmäystarkastelun avulla nähdään missä kohdissa osat ovat sisäkkäin eli törmäävät toisiinsa. Esimerkiksi LVIS-suunnitelmia ja töitä tehtäessä törmäystarkastelulla on suuri merkitys. (Pro IT – rakennusten tuotemallintamisen sanasto, 2004.)</p>
LVVST	<p>Lyhenne sanoista lämpö, vesi, viemäri, sähkö ja tietoliikenne (Ratu C2-0299, 2007.)</p>

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Opinnäytetyön aihe on tulos Karjalan Rakennus ja Maalaus Oy:n toimitusjohtajan kanssa käydystä puhelinkeskustelusta keväällä 2011. Tietomallinnuksen hyödyntäminen rakennustyömailla on vielä hyvin heikkoa, mutta yrityksen halu kehittää toimintaansa tällä saralla teki minuun vaikutuksen. Alusta lähtien työn tilaajalla oli selkeät tavoitteet työn sisällölle. Hyöty yritykselle, mahdollisuus ja halu kehittää jotain uutta sekä oma osaamiseni mallinnusohjelmistojen käytössä olivat tärkeimmät motivaation lähteet työn tekemiselle.

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Työn ensimmäisenä tavoitteena on perehtyä ja tehdä case-kohteena olevalle työmaalle kattavat, käytännölliset ja lain vaatimusten mukaiset tuotannonsuunnitelmat Ratu-kortiston ohjeita mukaillen. Työssä laaditaan kohdetyömaalle yleisaikataulu, pääurakoitsijan työturvallisuussuunnitelma, aluesuunnitelma, putoamissuojaussuunnitelma sekä logistiikkasuunnitelma. Suunnitelmat tehdään vastaavan työnjohtajan näkökulmasta.

Toisena tavoitteena on integroida laaditut tuotannonsuunnitelmat työmaan tietomalliin ja saada aikaan helppokäyttöinen ja käytännöllinen tietomallipohjainen työkalu työmaan johdolle käyttäen ArchiCAD-mallinnusohjelmistoa.

Viimeisenä tavoitteena on vertailla perinteiseen tapaan laadittuja suunnitelmia tietomalliin integroituihin suunnitelmiin ja löytää mahdolliset eroavaisuudet, yhteneväisyydet, hyödyt ja haitat sekä vertailun tuloksena saada ohjeita mallipohjaisten suunnitelmien laatimiseen ja käyttöön työmaalla.

Tutkimus on rajattu käsittelemään edellä mainittuja tuotannonsuunnitelmia työmaanjohtajan kannalta mahdollisimman laajasti sekä tietomallinnusta vain yleiseltä kantilta, koska varsinaista mallinnustyötä on hyvin vähän. Laadittujen

suunnitelmien vuoksi pääpaino työllä on työmaan turvallisuudessa. Työn aineisto ja tavoitteet on rajattu tarkasti, etteivät aineisto ja käsiteltävä alue kasvaisi liian suureksi.

1.3 Aineisto ja menetelmät

Aineistona käytettiin Ratu-kortiston materiaalin lisäksi mahdollisimman ajankoh- taista rakennusalan kirjallisuutta. Rakennusteollisuus ry:n PRO-IT-hankkeen internetjulkaisuja hyödynnettiin tietomallinnusta ja turvallisuutta käsittelevissä kappaleissa kuin myös VTT:n julkaisuja. Lainsäädäntöön liittyvänä aineistona ovat valtioneuvoston päätös (629/1994) ja asetus rakennustyönturvallisuudesta (205/2009).

Aineisto kerättiin käymällä läpi kirjaston rakennusalan kirjallisuus ja Ratu-kortisto koulun verkkolisenssiä hyödyntäen. Internetjulkaisuja etsiessä ja käyt- täessä tärkeintä tämän työn kannalta oli lähteiden luotettavuus.

1.4 Työn kulku

Opinnäytetyöprosessi alkoi lähdemateriaalin etsimisellä ja keräämisellä. Läh- demateriaalia löytyi hyvin paljon opinnäytetyön laaja-alaisuudesta johtuen ja oli pääasiassa painettuja kirjoja kirjastosta sekä ratu-kortiston kortteja.

Lähdemateriaaliin tutustumisen jälkeen aloitin opinnäytetyön kirjoittamisen teo- riaosuudesta. Työn teoriaosuus on jaoteltu selkeästi kahteen osaan: tuotannon suunnitelmat osioon ja tietomallintamista käsittelevään osioon. Teoriaosuudes- sa on pyritty etenemään loogisesti työn laajuudesta johtuen ja tekstien tukena on käytetty erilaisia kuvia. Lopuksi suunnitelmat sisällytettiin täydennettyyn tie- tomalliin, suoritettiin vertailu perinteisten suunnitelmien ja tietomallisuunnitelman välillä ja kirjoitettiin tutkimuksen tulokset.

2 TYÖMAAN TUOTANNON SUUNNITTELU

2.1 Yleisaikataulu

Hankkeen toteutuksen mallina käytetään yleisaikataulua. Se kuvaa hankkeen ajallista edistymistä työvaiheittain valitulla tarkkuudella ja sitä käytetään myös työkaluna ajallisen edistymisen seurannassa sekä informoinnin välineenä hankkeen osapuolien välillä. Yleisaikataulu toimii myös lähtötietona laadittaessa muita tuotannon suunnitelmia kuten esimerkiksi hankintasuunnitelmaa ja logistiikkasuunnitelmaa. (Kankainen & Sandvik, 1999, 33.)

2.1.1 Yleisaikataulun tarkoitus

Yleisaikataulu kuvaa koko rakennushankkeen suunnitellun työnkulun työmaan perustamisesta aina viimeistelytyöihin ja luovutukseen saakka. Yleisaikatauluja voidaan tehdä hyvin eritasoisina. Aikataulu voidaan tehdä hyvinkin tarkasti, jolloin kuvattavia työvaiheita on enemmän, mutta samalla saadaan tarkempi näkemys töiden kulusta. Ehdot aikataulun suunnittelulle luo rakennuttajan aikataulusuunnittelu. Rakennuttajan laatiman aikataulun pitää olla realistinen suhteessa töiden keston ja rakentamisen vaiheiden ajoitukseen, jotta päätoteuttaja pystyy laatimaan tehokkaan ja tarkan yleisaikataulun työmaanorganisaation käyttöön. Päätoteuttajan laatima ja rakennuttajan hyväksymä yleisaikataulu on rakentamisen yleisten sopimusehtojen mukainen urakkasopimuksen työaikataulu eli lainvoimainen työmaatoteutuksen perusta. (Koskenvesa, Mäki, Olenius & Penttilä, 2003.)

”Päätoteuttajan yleisaikataulu on työmaan toteutuksen ja ajoituksen ohjauksen malli. Siinä mitoitetaan myös pääresurssit, joten yleisaikataulu on lähtötietona resurssisuunnitelmille, kuten työvoima-, hankinta- ja kalustosuunnitelmille, sekä tarkemman tason suunnitelmille, kuten rakentamisvaihe- ja viikkoaikatauluille sekä tehtäväsuunnittelulle.” (Koskenvesa ym. 2003, 27.)

Päätoteuttaja käyttää yleisaikataulua pääasiassa hankkeen etenemisen valvontaan, mutta se on myös keskeinen informaatioväline eri osapuolten välillä. On-

nistuneen rakennushankkeen edellytyksenä on, että yleisaikataulu ja kaikki siihen pohjautuvat suunnitelmat toimivat yhdessä. (Koskenvesa ym. 2003, 27.)

2.1.2 Aikataulusuunnittelun perusteet

Rakennustyön aikataulusuunnittelua varten tarvitaan tietoa työsaavutuksista, työmenekeistä ja kapasiteeteista sekä työtä tekevän työryhmän koosta. Näiden tietojen avulla voidaan asettaa aikataulua tehdessä työvaiheille realistisia tavoitteita. Tietoja saadaan tavoitearviosta, aikataulutiedoista ja aikaisemman kokemuksen perusteella, mutta vertailukelpoisia ja realistisia lähtötietoja löytyy myös RT:n aikataulukirjoista. (Koskenvesa ym. 2003, 19.)

”Aikataulusuunnittelu edellyttää huolellista perehtymistä rakennuskohteeseen. Kohteeseen perehdytään suunnitelma- ja urakka-asiakirjojen sekä tavoitearvion avulla. Keskeisiä selvitettäviä asioita ovat kokonaisrakennusaika ja välitavoitteet, tekniset vaatimukset, tuotanto-olosuhteet ja tuotantotekniset ratkaisut sekä työvoiman käytön periaatteet ja aliurakkana tehtävät työt.” (Koskenvesa ym. 2003, 20.)

Ajallisen suunnittelun ydin on aikataulujen toteutumisen ja suunnitelmien mukaisen tuotannon varmistaminen tuotannonohjauksella. Tuotannonohjausta varten tarvitaan laadukkaita aikatauluja, joissa kuvataan aikaa suhteessa suoritemäärään. Hyvä aikataulu on tuotannonohjausta palveleva, konkreettinen, suorittemäärään sidottu ja selkeä, jotta toteuman poikkeamat on helppo havaita. Tuotannonohjauksessa keskeiseksi asiaksi muodostuu juuri tuotannon poikkeamien havaitseminen ja korjaavien ohjaustoimenpiteiden suunnittelu. (Koskenvesa ym. 2003, 19.)

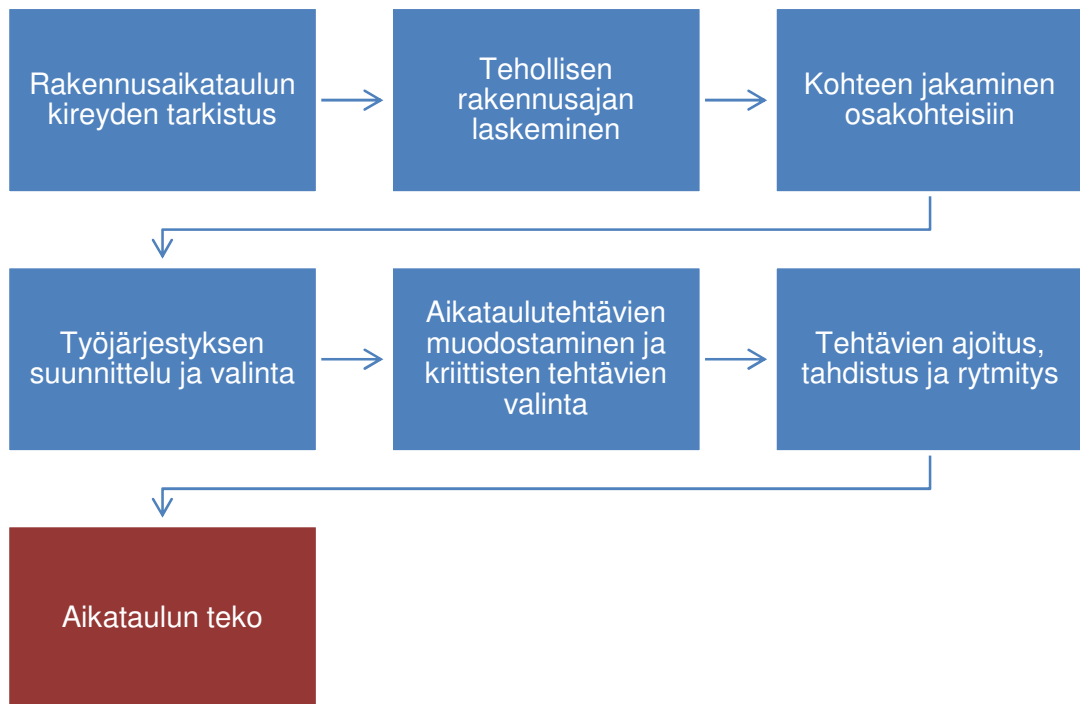
Käytännössä aikataulullinen tuotannonohjaus on aikataulujen valvontaa, joka edellyttää jatkuvaa ajan tasalla olevaa työmaan kokonaisuuden ja yksittäisten töiden tilanteen tuntemista, jotta tilannetta voidaan verrata aikataulun mukaiseen tilanteeseen. Aikatauluilla pitää myös pystyä varautumaan häiriötilanteisiin sekä suunnitelmien ja olosuhteiden muutoksiin. Jotta aikataulu on työmaan tuotannonohjauksen ja johtamisen kannalta toimiva, on huomioitava seuraavat asiat (Koskenvesa ym. 2003, 19):

- valitaan aikataulutehtäviksi toteutuksen kannalta tärkeimmät tehtävät niin omista töistä kuin aliurakkatöistä
- mitoitetaan kaikki valitut aikataulutehtävät – käytetään Ratu-tietoja
- varataan tehtäville riittävä toteutusaika – ei liian nopeaa mitoitusta, jotta vältetään turhilta häiriöiltä ja odottamisilta
- varataan jokaiselle tehtävälle työrauha yhdessä työkohteessa
- suunnitellaan aikataulutehtävät riittävän suurina kokonaisuuksina, jotta tehokas ohjaus on mahdollista
- hallitaan tehtävien väliset riippuvuudet – ongelmakohtat kartoitettu, riittävästi vapaita työkohteita ja resurssien käyttö hallinnassa
- esitetään aikataulu niin, että sillä on mahdollista valvoa tuotantoa.

Rakennustyössä töiden suorituspaikat vaihtuvat jatkuvasti ja juuri tämän rakennustyön luonteen vuoksi on tärkeää, että aikatauluilla turvataan työryhmille vapaa työkohte ja mahdollisuus siirtyä joustavasti uuteen työkohteeseen sekä mahdollisuus varatöihin häiriöiden sattuessa. (Koskenvesa ym. 2003, 20.)

2.1.3 Aikataulusuunnittelun vaiheet

Aikataulusuunnittelu koostuu yleisesti seitsemästä eri vaiheesta. Vaikka edellisen vaiheen tiedot ovat tarpeellisia seuraavaan vaiheeseen siirryttäessä, ei suunnittelun järjestys kuitenkaan ole kiinteä vaan tarpeen mukaan voidaan palata aiempiin suunnitteluvaiheisiin. Jotkin virheet ja puutteet ilmenevät vasta suunnittelun edetessä, jolloin on palattava aiempiin vaiheisiin ja korjata puutteita, virheellisiä valintoja tai suunnitelmien muutoksia. Seuraavassa kuvassa 1 ovat aikataulusuunnittelun seitsemän vaihetta. (Koskenvesa ym. 2003, 19.)



Kuva 1 Ajallisen suunnittelun kulku yleisaikataulun suunnittelussa (Koskenvesa ym. 2003, 20.)

Rakennusaikataulun kireyden tarkistaminen

Aikataulun kireyden tarkistus tehdään vertaamalla hankkeen toteuttamiseen varattua aikaa laskennalliseen normaalikeston. Normaalikesto tarkoittaa yleisen kireystason ja hankkeen rakennussuunnitelmien mukaista rakennusaikaa, josta on vähennetty lomakuukaudet ja muut keskeytykset, jotka tiedetään etukäteen. Jos urakka-aika, kesälomat mukaan lukien, on yli 20 % normaalikestoä lyhyempi, on hankkeen aikataulu kireä. Urakka-ajan ollessa normaalikestoä pitempi on aikataulua mahdollista lyhentää. (Koskenvesa ym. 2003, 20.)

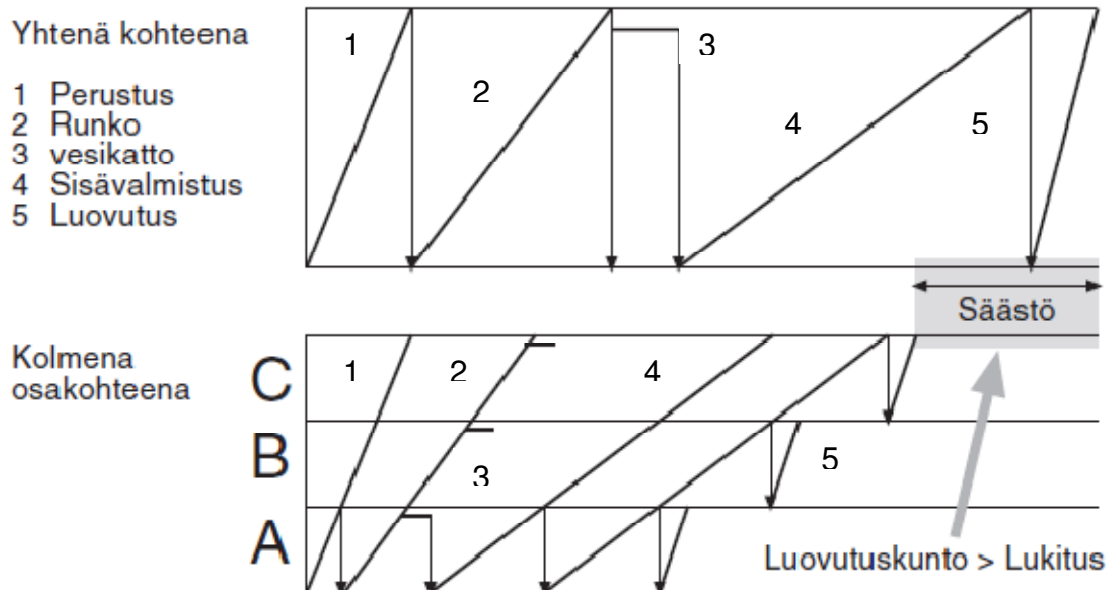
Tehollisen rakennusajan laskeminen

Työmaalla syntyy usein erilaisia häiriöitä, jotka saattavat johtaa tuotannon keskeytyksiin tai keskeytyksiä voivat aiheuttaa myös työntekijöiden lomat, pyhäpäivät ja huonot sääolosuhteet. Nämä keskeytykset on huomioitava aikataulun teossa eli hankkeen koko rakennusaikaa ei voida hyödyntää rakentamiseen.

Tehtäessä yleisaikataulua on mahdollista käyttää T4-menekkejä, eli häiriöitä ei tarvitse erikseen huomioida, mutta aikataulusta saadaan tavoitteellisempi, jos menekkinä käytetään tehollista aikaa eli T3. T3-menekkejä käytettäessä pitää aikatauluun varata suurhäiriöille aikaa eli ns. pelivaraa, jotta aikataulu olisi realistinen, koska tehollisen ajan mukaiset menekit eivät sisällä yli tunnin mittaisia häiriöitä. Aikataulusuunnittelussa suurhäiriövaraus voidaan laskea prosentuaalisena lisänä tehtävän kokonaisajasta. Nämä lisät ovat perustusvaiheen töissä 5 %, runkovaiheen töissä 10 % ja sisävalmistusvaiheen töissä 2 %. (Koskenvesa ym. 2003, 21.)

Kohteen jakaminen osakohteisiin

Osakohteet voivat olla lohkoja, jotka voivat olla rakennuksen osia, työkohteita tai erillisiä rakennuksia, joissa työt tehdään valmiiksi yhtenä kokonaisuutena. Työkohde on yhden tehtävän sitoma lohkon osa. Etuna lohkojaon käytössä on, että kun runko valmistuu yhdessä kohteen osassa voidaan sisätyöt aloittaa aikaisemmin kuin jos runko rakennettaisiin ensin valmiiksi koko kohteessa. Tällöin voidaan lyhentää koko rakennusaikaa tai pidentää tehtävien aloitusvälejä, mikä pienentää aikataulun häiriöherkkyyttä. Hossin sääntöä soveltamalla pyritään optimoimaan lohkojen suoritusjärjestystä. Työt aloitetaan lohkosta, jossa perustus- ja runkovaiheen kesto on lyhin, ja viimeiseksi lohkoksi jätetään se, jossa sisävalmistusvaiheen kesto on jäljelle jääneistä lyhin. (Koskenvesa ym. 2003, 21.) Seuraavassa kuvassa 2 on esitetty lohkojaon vaikutus hankkeen keston.



Kuva 2 Osakohteisiin jakamisen vaikutus hankkeen kestoon (Koskenvesa ym. 2003, 21.)

Työjärjestyksen suunnittelu ja valinta

Rakentamisen työjärjestyksestä suunniteltaessa on töiden tarkastelun helpottamiseksi kohde hyvä jakaa pieniin osiin esim. kerrosten mukaan. Tällöin on helpompi hahmottaa kohteen työtehtävät ja miettiä niiden väliset riippuvuudet joiden perusteella tehdään työnkulkukaavio yleisaikataulun tekemisen pohjaksi. Yksittäiset työvaiheet sekä niiden suorittaminen ovat yleensä riippuvaisia muista työvaiheista. Riippuvuudet ovat työvaiheiden työjärjestyksen määrääviä rajoituksia. Riippuvuudet voidaan havaita tarkastelemalla, rakennuksen suunnittelusta. Työvaiheiden riippuvuuksia pohdittaessa tärkeintä on hahmotella, miten kukin työvaihe vaihe vaiheelta etenee. (Koskenvesa ym. 2003, 22.)

”Töiden suoritusjärjestyksestä ja limittymistä suunniteltaessa voidaan tehtävien väliset riippuvuudet jakaa neljään ryhmään:

1. *Luonnolliset riippuvuudet ovat ehdottomia, teknisesti mahdollista suoritusjärjestyksestä kuvaavia. Esimerkiksi raudoitus on asennettava ennen betonointia ja muotti voidaan purkaa vasta kun betonointi on tehty ja betoni on saavuttanut riittävän lujuuden.*
2. *Olosuhderiippuvuudet määräytyvät sopimusten, sääolosuhteiden, työmaajärjestelyjen ja muiden tekijöiden perusteella. Mm. sisävalmistusvaiheen työt voidaan sopia tehtäväksi ylimmästä kerroksesta aloittaen.*

3. *Tekniset riippuvuudet aiheutuvat toteutusteknisistä seikoista. Esim. laatta valetaan tai julkisivu muurataan kahdessa osassa liikuntasauaman takia.*
4. *Resurssiriippuvuudet kuvaavat resurssien siirtymistä tehtävästä toiseen. Esimerkiksi puisen vesikaton tehnyt kirvesmiesryhmä siirtyy katon valmistuttua tekemään kevyitä väliseiniä. (Koskenvesa ym. 2003, 22.)*

Aikataulutehtävien muodostaminen

Aikataulun tehtävät ovat töitä, joiden tekemiseen tarvitaan aikaa sekä resursseja. Tehtävien on oltava sopivia kokonaisuuksia, jotta niiden toteutumista voidaan valvoa ja ohjata. Tällöin voidaan hallita koko työmaan tavoitteenmukainen eteneminen. Aikataulutehtävien valinnassa on otettava huomioon niin omat työt kuin aliurakoitsijoiden suorittamat työt. Tehtävät sisältävät usein varsinaisen työmaata edistävän työn lisäksi siihen liittyviä pakollisia osatehtäviä kuten aloitavia, lopettavia ja ylläpitäviä töitä kuten esimerkiksi materiaalien siirrot, suojaus ja siivous. Tehtävien muodostamiseen vaadittavat määrätiedot saadaan joko valmiista määräluettelosta tai valmiin määrälaskentatiedon puuttuessa ne joudutaan laskemaan erikseen. (Koskenvesa ym. 2003, 23.)

Tehtävien ajoitus, tahdistus ja rytmitys

Yleisaikatauluun tehdyille tehtäville valitaan toteuttava työryhmä ja lasketaan työn kesto käyttämällä menekkitietoja joko edellisten kohteiden jälkilaskennasta tai Ratu Aikataulukirjasta. Menekkien ja työsaavutuksien arvioinnissa otetaan myös huomioon erilaisia muuttujia, joita ovat muun muassa seuraavat (Koskenvesa ym. 2003, 23):

- työryhmän koko, ammattitaito ja kokemus
- kohteen koko ja vaativuus
- urakkamuoto
- suoritämäärän vaikutus työryhmän harjaantumiseen
- rakenneratkaisut ja valitut toteutustavat
- koneiden ja kaluston kapasiteetti
- olosuhteet
- työmaajärjestelyt.

Kun tehtävät sijoitetaan aikatauluun, on otettava huomioon kolme aikataulutukseista seikkaa jotka käydään seuraavassa läpi:

- *tahdistus eli ratkaistaan, miten tehtävät saadaan kestoiltaan yhtä pitkiksi, tasaisesti piteneviksi tai lyheneviksi, jotta rakennusajan käyttö on tehokasta ja tehtävät ovat ohjattavissa.* (Koskenvesa ym. 2003, 23.)

Tämä tehdään kasvattamalla työryhmän kokoa tai muuttamalla tehtävien työsisältöä. Tehtävien kesto ei voi kuitenkaan lyhentää loputtomasti kasvattamalla työryhmän kokoa, koska jokaiselle työlle on olemassa optimaalinen työryhmä. (Koskenvesa ym. 2003, 23–24.)

- *rytmitys eli ratkaistaan, miten tehtävät saadaan jatkuviksi, jos suorite-määrät vaihtelevat työkohteittain.* (Koskenvesa ym. 2003, 23.)

Käytännössä rytmitys tehdään siirtämällä työvaiheiden aloituksia, käyttämällä erikokoisia työryhmiä, järjestämällä ei-kriittinen varatyö, vaihtamalla tehtävien työjärjestystä tai käyttämällä hyväksi erilaisia teknisiä ratkaisuja. (Koskenvesa ym. 2003, 24.)

- *työryhmien käytön jatkuvuus eli tutkitaan, miten ryhmät saadaan jatkuvasti työllistetyiksi.* (Koskenvesa ym. 2003, 23.)

Työryhmien käyttö tutkitaan erikseen käyttämällä jana-aikataulua ja paikka-aikakaaviota avuksi. Jotta työryhmien käytöstä saadaan jatkuvaa, voidaan tehtävien sijoitusta aikatauluun muuttaa. (Koskenvesa ym. 2003, 24.)

2.1.4 Yleisaikataulun teko

Yleisaikataulu tehdään hankkeen tuotannosuunnitteluvaiheessa heti urakkasopimuksen kirjoittamisen jälkeen tai kun päätös rakentamisen aloittamisesta on tehty, mutta kuitenkin ennen varsinaisen rakentamisvaiheen alkamista. (Koskenvesa ym. 2003, 27.)

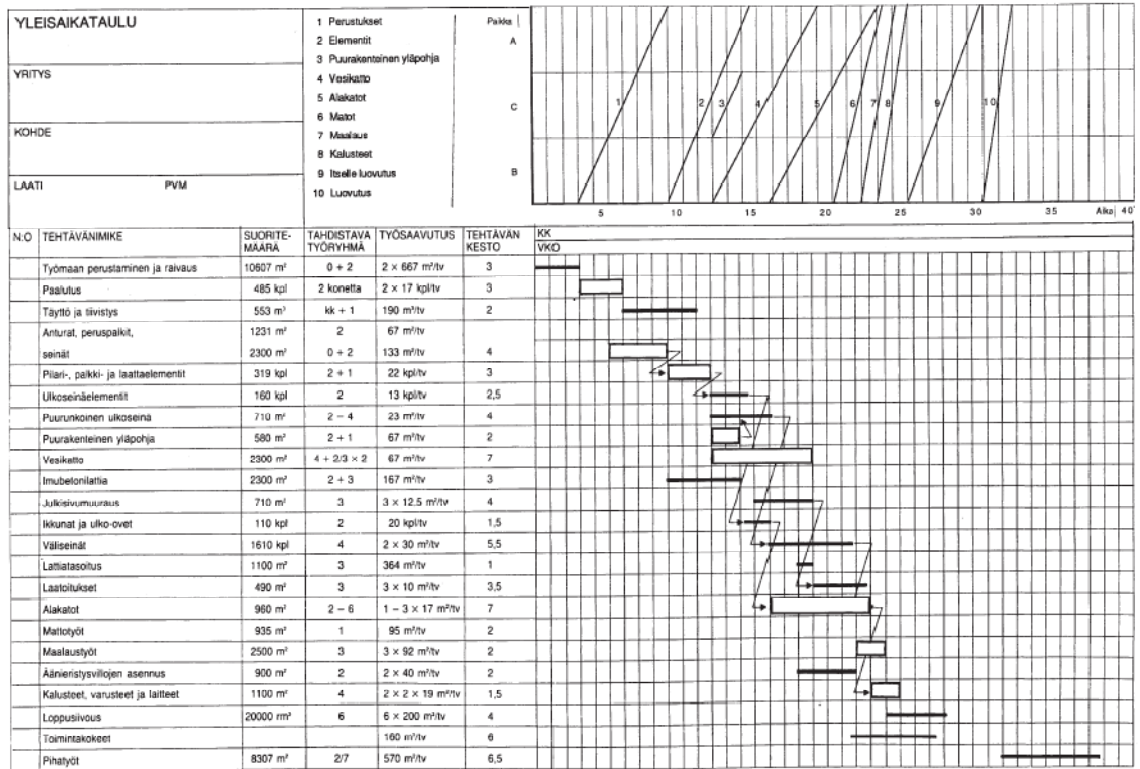
”Yleisaikataulun laadinnan tärkeimmät lähtötiedot ovat:

- *tekniset suunnitelmat, esimerkiksi työselostukset ja piirustukset*
- *sopimusasiakirjat, erityisesti kiinteät päivämäärät*
- *lomapäivät ja vapaapäivät*
- *yleisaikataulun nimikkeet*
- *rakennuspaikan olosuhdetiedot*

- *määrälaskelma ja kustannusarvio*
- *alustava yleisaikataulu*
- *tärkeimmät työmenetelmävalinnat*
- *tuotantotiedostot: yrityskohtaiset jälkilaskentatiedot, Ratun Aikataulukirja*
- *käytettävissä olevat resurssit ja resurssirajoitukset.”*
(Koskenvesa ym. 2003, 27.)

Kohteen ominaisuuksien mukaan yleisaikatauluun valitaan yleensä noin 20–30 aikataulun kannalta tärkeää tehtävää. Tehtävänimikkeet valitaan kohteen suunnitelmien ja tärkeimpien valittujen työmenetelmien perusteella. Alustavissa ja suuntaa-antavissa yleisaikatauluissa käytetään T4 eli kokonais- tai työvaiheajoja. Kun siirrytään työmaalla toteutusta ohjaavaan aikatauluun, käytetään tehtävien mitoituksessa T3 eli tehollisia työvuoroajoja. Tehtävien keston tarkkuusvaatimus on puoli viikkoa ja tehtävän ajankohdan yksi viikko, mutta yleensä yleisaikataulu tehdään päivän tarkkuudella. (Koskenvesa ym. 2003, 27, 28.)

Yleisaikataulun yleisin esitystapa on jana-aikataulu tai paikka-aikakaavio. Paikka-aikakaaviossa pystyakselilla kuvataan kohteen osia kuten kerroksia, portaita tai rakennuksia. Pystyakselin jaottelulla voidaan kuvata näiden osakohteiden suuruutta. Vaaka-akseli kuvaa aikaa kuten jana-aikataulussa. Paikka-aikakaavion vinoviivat kuvaavat siis sekä paikkaa että aikaa, jolloin nähdään tehtävien kestot, mutta myös suoritusjärjestys ja toteutuksen aikavälit. (Koskenvesa ym. 2003.) Seuraavassa kuvassa 3 on esitetty päätoteuttajan yleisaikataulu, jossa on yhdistetty paikka-aikakaavio ja jana-aikataulu.



Kuva 3 Rakennushankkeen päätoteuttajan yleisaikataulu (Koskenvesa ym. 2003, 29.)

”Yleisaikataulussa esitetään:

- aikataulutehtävä
- nimikkeistötunnus tai tehtävän juokseva numero
- suorit määrä ja – yksikkö
- työmenekki tai työsaavutus
- tehtävään valittu työryhmä
- tehtävän kesto
- ajoitus ja riippuvuudet.” (Koskenvesa ym. 2003, 28.)

Aikataulussa voidaan esittää myös välitavoitteet ja ositella tehtäviä osakohteiden mukaan helpottamaan valvontaa.

Tämän opinnäytetyön case-kohteeseen laadittiin jana-aikataulu-mallinen yleisaikataulu käyttäen Planet +6.3-ohjelmistoa. Aikataulun laatimisen lähtötietoina käytettiin arkkitehtisuunnitelmia, joista laskettiin määrätiedot valittuihin aikataulutehtäviin. Menekkitietojen pohjana oli vuoden 2004 Ratu Aikataulukirja ja menekkeinä käytettiin T4-aikoja. Aikataulutehtävät valittiin ennakkoon pohdittujen työmenetelmien ja suunnitellun työjärjestyksen perusteella. Opinnäytetyön aika-

taulun kireyden ja lähtötietojen niukkuuden vuoksi valmis yleisaikataulu on lähinnä suuntaa-antava, eli ns. alustava yleisaikataulu, jota tarkentamalla saataisiin työmaan toteutuksen mallina toimiva yleisaikataulu.

2.2 Työturvallisuussuunnitelma

Työturvallisuussuunnitelma on osa päätoteuttajan tehtäväksi määrättyä turvallisuussuunnittelua ja suunnitelman laatijana toimii työmaasta vastaava henkilö eli yleensä työmaan vastaava työnjohtaja. Huomioitavaa suunnitelman laatimisessa ovat työmaan yleiset työturvallisuusvaatimukset sekä rakennuttajan työturvallisuusvaatimukset. Turvallisuussuunnitelman tarkoitus on antaa vastauksia rakennuttajan turvallisuusasiakirjan vaatimusten hoitamiseen ja riskien hallintaan työmaan aikana. Työturvallisuussuunnitelma tehdään ennen rakennustyön aloittamista ja se koostuu useista turvallisuuteen liittyvästä lomakkeesta. Tärkeänä osana on työmaan riskienarviointi. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

2.2.1 Työturvallisuussuunnitelma sisältö

Rakennushankkeen alussa ennen töiden aloittamista varmistetaan työmaan turvallisuusasiat. Työturvallisuuteen liittyvät tiedot ja suunnitelmat kootaan yhdeksi asiakirjaksi, työturvallisuussuunnitelmaksi. Työturvallisuussuunnitelma koostuu useasta sitä koskevasta lomakkeesta, joita ovat muun muassa turvallisuustehtävien vastuutus, toteutusorganisaation tiedot, riskien tunnistus, riskienarviointi ja työmaan turvallisuussäännöt. Lisäksi sen pitää sisältää riskien poistamiseen liittyvät suunnitelmat kuten aluesuunnitelman ja putoamissuojasuunnitelman. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

Työturvallisuussuunnittelu vastaa sitä hankkeen alkuvaiheen turvallisuussuunnittelua, joka on valtioneuvoston päätöksessä 629/94, 7. pykälässä määrätty päätoteuttajan tehtäväksi. Työturvallisuussuunnitelman laadinnassa on otettava huomioon yleiset työturvallisuusvaatimukset (VNp 629/94, 7§, 16–23§) ja kiinnitettävä erityistä huomioita (VNa 205/2009, 10§ 4 mom.) lueteltuihin seikkoihin.

Seuraavassa on lueteltu asiat jotka työturvallisuussuunnitelmassa on otettava huomioon (VNp 629/94, 7§, 16–23§; VNa 205/2009, 10§ 4 mom):

- työmaan järjestelyt sekä hyvä järjestyksen ylläpito
- rakennustyön aikainen sähköistys ja valaistus
- työmaaliikenne ja kulkutiet
- henkilöstötilat ja muut työmaatilat
- ensiapu
- henkilösuojainten käyttö ja ajankohdat
- töiden yhteensovittaminen
- työmenetelmät (riskienarviointi)
- vaaralliset työt ja työvaiheet (riskienarviointi)
- työ- ja tukitelinyö
- työhygieeniset haittatekijät
- töiden fyysinen kuormitus
- koneiden ja laitteiden käyttö
- nostotyöt ja siirrot
- elementtien, muottien yms. suurten rakenteiden varastointi, nostot ja asennus
- maapohjan kantavuus ja kaivantojen tuenta
- putoamissuojauksen toteuttaminen
- palo- ja räjähdysvaara
- pölyn vähentäminen
- purkutyöt
- poistumistiet
- toiminta tapaturmissa ja onnettomuustilanteissa.

Suurin osa huomioitavista asioista kuten työtilat, työmaan järjestely, sähköistys ja valaistus toteutuvat ja esiintyvät työturvallisuussuunnitelmaan liitettävissä suunnitelmissa kuten työmaan alue-, logistiikka- ja putoamissuojaussuunnitelmassa.

Rakennushankkeen turvallisuuden varmistamisen ja työturvallisuussuunnitelman eräs keskeinen osa on hankkeen riskien arviointi. Työturvallisuuslaki (738/2002) velvoittaa jokaisen työnantajan selvittämään ja tunnistamaan työhön liittyvät haitta- ja vaaratekijät. Lisäksi valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (VNa 205/2009) velvoittaa vaarojen tunnistamiseen rakennushankkeen tuotannosuunnittelussa. Riskit voivat liittyä hankkeen yleiseen työturvallisuuteen, mutta myös ajallisiin, taloudellisiin tai teknisiin seikkoihin. (Koski, 2010a.)

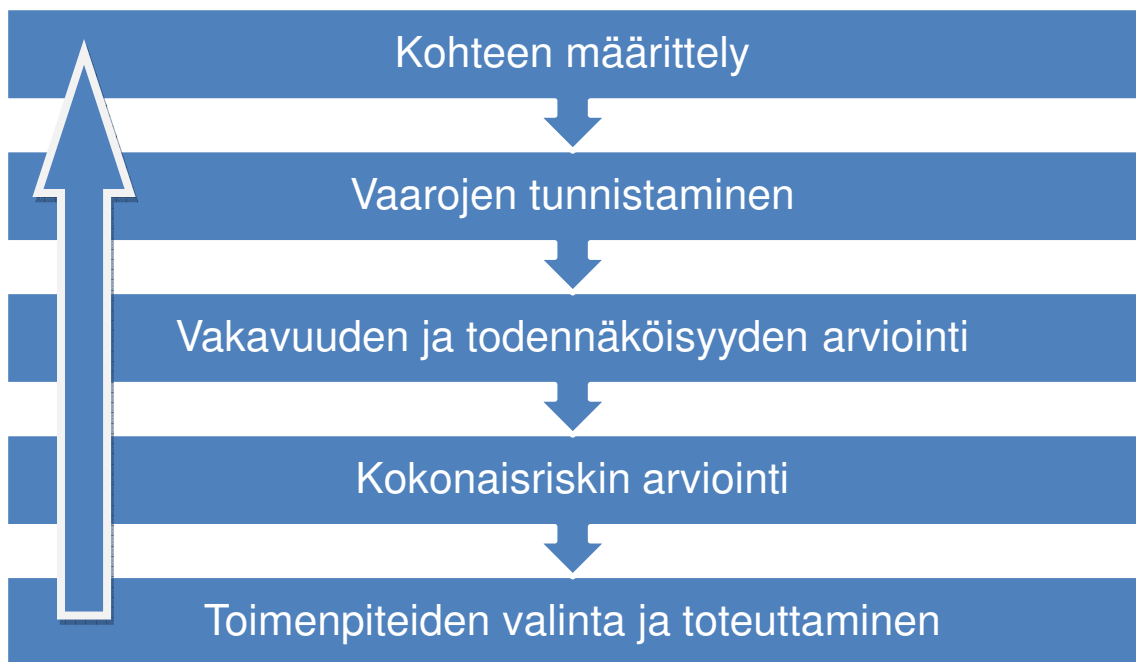
Työturvallisuussuunnitelman laadinnan yhteydessä tehdään työmaata koskeva riskientunnistus ja -arviointi. Riskienarviointi on tärkeä osa turvallisuussuunnitelmaa ja on tehtävä jokaiselle työmaalle, jotta voidaan tunnistaa kohdekohtaiset työtavoista riippuvat riskit sekä niiden tapauskohtaiset vaikutukset. Tunnistettaessa riskitekijöitä on edettävä kohde läpi järjestelmällisesti esimerkiksi työvaiheittain, jotta kaikki riskitekijät huomataan. Riskitekijöiden tunnistuksessa arvioidaan seuraavia seikkoja (Lappalainen, Piispanen & Sauni, 2000, 5):

- Onko tähän työvaiheeseen liittyviä vahinkoja tai häiriöitä sattunut aikaisemmin?
- Onko epävarmuustekijöitä tai häiriömahdollisuutta?
- Onko aikataulutekijät otettu huomioon?
- Onko ulkoisia haittatekijöitä (sää, ympäristö, ympäröivät toiminnot)?
- Onko tarvittava ammattitaito?
- Onko aikaisempaa kokemusta?
- Ovatko valitut toimintamallit ja menetelmät vakiintuneet käytössä?
- Ovatko valitut työmenetelmät ja –laitteet sopivia tarkoitukseen?
- Ovatko laitteet kunnossa?

Vaaratekijöiden tunnistuksen jälkeen voidaan arvioida riskin suuruus eli mitkä riskit ovat niin merkittäviä, että ne täytyy poistaa tai niiden todennäköisyyttä pienentää merkittävästi. Merkittävälle riskeille mietitään toimenpiteet niiden poistamiseksi tai vähentämiseksi, ja ne merkitään työmaan työturvallisuussuunnitelmaan. Riskienarvioinnin toteuttaa päätoteuttajan työmaan vastuuhenkilö yhdessä muun työnjohdon ja työsuojeluhenkilöiden kanssa, tarvittaessa riskienarvi-

ointiin otetaan mukaan ali- ja sivu-urakoitsijoiden vastuuhenkilöitä. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

Seuraavassa kuvassa 4 on esitetty riskienarviointi prosessina joka alkaa työkohteen määrittelystä ja vaarojen tunnistamisesta. Tämän jälkeen arvioidaan riskien seuraukset ja riskin kokonaisvakavuus, jonka jälkeen voidaan valita ehkäisevät toimenpiteet. Kohteen riskinarvioinnin jälkeen siirrytään seuraavaan kohteeseen ja aloitetaan analyysi uudelleen.



Kuva 4 Riskianalyysi ja riskien arviointi (Koski, 2010b, 23.)

2.2.2 Työturvallisuussuunnitelman laadinta

Työturvallisuussuunnitelman laadinnassa tulee pohtia, miten työmaan riskit hallitaan hankkeen aikana. Suunnitelmassa kuvataan muun muassa hankkeen toteutusorganisaatio, tehtävien vastuutus, riskien arviointi, aluesuunnitelma, putoamissuojaussuunnitelma, työnaikaiset liikennejärjestelyt, yleiset turvallisuussuunnitelmat, työmaan turvallisuussäännöt sekä muut hankkeen työturvallisuuden kannalta oleelliset seikat. (Koski, 2010b, 24.)

Työturvallisuussuunnitelma laadittiin työturvallisuuslakien vaatimusten mukaisesti ja Ratu-kortiston ohjeita noudattaen. Suunnitelma koostuu erilaisista lo-

makkeista, ohjeista ja suunnitelmista joiden pohjina on käytetty VTT:n rakentamisen turvallisuuden hallinta-hankkeen verkkokirjallisuutta.

2.2.3 Turvallisuuden hallinta

Tässä osiossa käsitellään lyhyesti työturvallisuussuunnitelmaan olennaisesti liittyviä työmaan turvallisuuden hallintamenetelmiä.

Turvallisuussäännöt

Työmaalle laaditaan tarkat menettelytavat turvallisuuden varmistamiseksi. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että työmaalle tehdään selvät turvallisuussäännöt, jotka liitetään työmaan työturvallisuussuunnitelmaan. Turvallisuussäännöt koskevat niin omia työntekijöitä kuin ali- ja sivu-urakoitsijoita. Turvallisuussääntöihin kuuluu myös selkeitä kaikkia työntekijöitä velvoittavia turvallisuusvaatimuksia kuten esimerkiksi henkilökohtaisten työsuojaimien käyttö. Jotta ulkopuoliset työntekijät omaksuisivat säännöt jo ennen työmaalle tuloa, on tärkeää liittää turvallisuussäännöt mukaan tarjous- ja sopimusasiakirjoihin. Säännöt on hyvä käydä läpi myös aloituskokouksissa ja perehdyttämisen yhteydessä. Tämä koskee niin omia kuin muitakin työntekijöitä. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

Jossakin tapauksissa on tarpeen laatia työvaiheisiin liittyviä yksityiskohtaisempia turvallisuusohjeita. Näihin on mahdollista liittää myös muiden osapuolien antamia ohjeistuksia kuten suunnittelijoiden työohjeet ja selitykset tai viranomaisten erikseen määrittelemät ohjeet. Turvallisuussääntöjä ja ohjeita laaditaan esimerkiksi seuraavista seikoista (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006):

- yhteisen työpaikan järjestyksen ylläpitämisestä
- henkilösuojainten käytöstä
- kulkuluvista ja työmaalla liikkumisesta
- työmaaliikenteestä ja yleisestä liikenteestä
- tulitöiden tekemisestä

- muista luvanvaraisista töistä
- sähkön saannista ja käytöstä
- työkohteiden toteuttamisesta
- vaarallisten töiden suunnittelusta ja toteutuksesta
- työpaikkaan tai töihin sisältyvistä erityisistä vaaratekijöistä kuten kaasutai räjähdysvaaroista ja niiltä suojautumisesta
- toiminnasta onnettomuustilanteissa
- vaaroista ja puutteista ilmoittamisesta
- töiden yhteensovittamisesta
- suojeltavista ja varottavista rakenteista, laitteista ja luonnosta sekä niiden läheisyydessä työskentelystä.

Turvallisuusjohtaminen

Hankkeen päätoteuttajan roolissa huolehditaan työmaan johtamisesta turvallisuuden pohjalta eli niin sanotusta turvallisuusjohtamisesta. Päätoteuttajalla on työmaan yleisen ja yhteisen turvallisuuden varmistamisessa suuret valtuudet muiden urakoitsijoiden suhteen. Päätoteuttaja ohjaa omien työntekijöiden kuten muiden urakoitsijoiden toimintaa normaalein työmaan johtamisen keinoin, kuten aikataulutuksella ja töiden yhteensovittamisella, tiedonkulun ja yhteistoiminnan järjestämisellä. Turvallisuusjohtamista hoidetaan työmaakokousten, palaverien, sopimusten, turvallisuusohjeiden ja töiden valvonnan avulla sekä työpaikan vaaratekijöistä tiedottamalla. Päätoteuttajan on nimettävä työmaalle vastuhenkilö ennen rakennustöiden aloittamista. Vastuhenkilö on yleensä päätoteuttajan työpäällikkö tai vastaava työnjohtaja. Vastuhenkilön on huolehdittava ensisijaisesti siitä, että jokaisella työmaalla toimivalla urakoitsijalla on oma nimetty vastuhenkilö, jolla on tarvittava pätevyys kyseisen työn johtoon ja valvontaan. Päätoteuttajan vastuhenkilön turvallisuusjohtamisen tehtäviin kuuluu huolehtia, että tarvittavat tuotannosuunnittelun turvallisuussuunnitelmat ovat laadittuna ennen työmaan aloittamista. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

Turvallisuusasiat sopimuksissa

Sopimukseen, kuten aliurakkasopimukseen, liitetään kaikki ne turvallisuusvaatimukset, joita edellytetään aliurakoitsijoilta ja muilta toimijoilta:

- vastuunalaisen henkilön nimeäminen
- rakennuttajan antamat turvallisuusvaatimukset ja tarpeelliset turvallisuustiedot (turvallisuusasiakirjan tiedot, turvallisuusohjeet, yhteensovittamisen säännöt)
- päätoteuttajan roolissa laaditut turvallisuusaineistot (kuten työmaan turvallisuussäännöt ja/tai työmaan turvallisuusopas, työmaalla noudatettavat turvallisuusohjeet, työvaiheen aikataulu)
- yksityiskohtaiset turvallisuustehtävät ja -velvoitteet (kuten velvoitteet työmaahan perehdyttämiseen osallistumisesta ja/tai perehdyttämisen antamisesta, tarkastusten tekeminen/tarkastuksiin osallistuminen)
- keskeiset tiedot työmaan olosuhteista ja vaaratekijöistä (kuten tiedot turvallisuusasiakirjasta, turvallisuussuunnitelmasta ja riskienarvioinneista).

Sopimuksen tekijä vastaa siitä, että tarpeelliset turvallisuustiedot ja vaatimukset tulevat liitettyä sopimukseen. Sopimukset on aina laadittava kirjallisesti. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

Työntekijöiden perehdyttäminen

Omat työntekijät perehdyttää työmaahan vastaava työnjohtaja ennen kuin he aloittavat työt työmaalla. Perehdyttäminen tapahtuu käymällä läpi perehdytyslomakkeessa olevat asiat. Lopuksi täytetty lomake allekirjoitetaan. Perehdyttämisen yhteydessä käydään läpi myös työmaahan liittyvä keskeinen turvallisuusaineisto kuten turvallisuusasiakirja, muut rakennuttajan antamat turvallisuusaineistot ja päätoteuttajan turvallisuusohjeet. Perehdyttämiseen kuuluu työmaakierros, jolloin tutustutaan aluesuunnitelmaan, olosuhteisiin ja eri työmaatilojen ja työpisteiden sijaintiin, työmaalla työskenteleviin henkilöihin erityisesti työnjohtoon, työsuojeluvaltuutettuun ja ensiaputaitoisiin henkilöihin. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

Päätoteuttajan vastaava työnjohtaja huolehtii siitä, että ali- ja sivu-urakoitsijoiden työnjohto perehdytään työmaahan. Perehdyttäminen voi tapahtua työn tai urakan aloituskokouksessa ja muun kokouksen yhteydessä. Annettu perehdyttäminen dokumentoidaan joko kokousmuistioon tai perehdyttämislomakkeelle. Sopimuksilla tai työmaan turvallisuussäännöillä veloitetaan ali- ja sivu-urakoitsijat perehdyttämään työmaalle tulevat omat työntekijät ja aliurakoitsijat. Perehdyttäminen yhdistetään kulkuluvan myöntämiseen. Perehdytykseen osallistuminen on kulkuluvan saannin ehto. Perehdyttämisveloitteen seuraamisen varmistamiseksi pitää annetusta perehdyttämisestä toimittaa dokumentit mm. täytetty perehdyttämislomake, perehdyttämistilaisuuden osanottajalista ja ohjelma päätoteuttajan vastuuhenkilölle. Tämä vaatimus liitetään sopimukseen. Toinen vaihtoehto on, että itse perehdytetään ali- ja sivu-urakoitsijoiden työntekijät. Toimintatapa on tällöin sama kuin omien työntekijöiden kohdalla. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

Turvallisuustiedottaminen

Turvallisuusasioista tiedottaminen hoidetaan samaan tapaan kuin muidenkin asioiden tiedottaminen työmaalla. Työmaahan perehdyttämisen yhteydessä hoidetaan osa tästä tiedotuksesta. Vastuuhenkilö huolehtii siitä, että aina tiedotetaan sellaisista olennaisista muutoksista suunnitelmissa, aikatauluissa, vaatimuksissa tai olosuhteissa, jotka voivat synnyttää vaaratilanteita tai tarpeita muuttaa turvallisuustoimenpiteitä. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

2.2.4 Turvallisuusseuranta

Työmaan turvallisuusseurannassa on kaksi puolta joista ensimmäinen on turvallisuuden valvonta ja toinen on erilaiset tarkastustoimenpiteet. Tarkastustoimiin kuuluvat niin viikoittaiset työmaan kunnossapitotarkastukset kuin välineiden ja koneiden vastaanotto- ja käyttöönottotarkastuksetkin.

Valvonta

Turvallisuuden valvominen on osa jokapäiväistä työmaalla hoidettavaa töiden johtamista ja valvontaa. Valvontatoimenpiteiden suorittaminen kuuluu erityisesti työnjohdolle, mutta jokainen työntekijä on omalta osaltaan velvollinen puuttumaan ja ilmoittamaan vaaratekijöistä. Valvonta turvallisuusasioissa tapahtuu käytännössä siten, että puututaan esille tulleisiin vaaratilanteisiin sekä poikkeaviin tilanteisiin ja varmistetaan tarvittavat toimenpiteet niiden eliminoimiseen tai minimoimiseen. Yleisen työturvallisuuden laiminlyömiseen työmaalla kuten turvallisuussääntöjen vastaiseen toimintaan, riskinottoon ja henkilökohtaisten suojavälineiden käytön laiminlyömiseen pitää puuttua välittömästi. Jos työturvallisuuden vaarantamiseen ei puututa, on se sama kuin hyväksyisi vaarallisen ja lain vastaisen toiminnan. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

Valvonnan yhteydessä esille tulleista puutteista ja niihin liittyvistä toimenpiteistä tehdään merkinnät työmaapäiväkirjaan. Tarvittaessa turvallisuuteen liittyvistä asioista voidaan laatia erillinen muistio. On myös tärkeä valvoa, että kirjatut puutteet tulevat korjattua. Mikäli erimielisyyksiä esiintyy, voidaan käyttää sopimuksien liitteenä olevissa turvallisuussäännöissä mainittuja sanktioita, jotta puutteet saadaan poistettua. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

Tarkastukset

”Työsuojelumääräykset (VNp 629/1994, 11-15 §) edellyttävät seuraavia tarkastuksia rakennustyömaalla:

- *viikoittaisia kunnossapitotarkastuksia,*
- *koneiden ja muiden työvälineiden vastaanottotarkastuksia,*
- *nostokaluston käyttöönottotarkastuksia,*
- *telineiden käyttöönottotarkastuksia.”* (VTT 2006.)

Vastuu tarkastustoiminnan organisoinnista rakennustyömaalla on päätoteuttajalla. Käytännössä tarkastustoiminnan suorittaja on pääurakoitsijan nimeämä työnjohtaja. Tarkastuksista tulee aina täyttää vastaava lomake jonka osapuolet allekirjoittavat. Lomakkeelle kirjataan mahdollisesti havaitut puutteet ja nime-

tään vastuhenkilö huolehtimaan niiden korjaamisesta. Vastuuhenkilön tehtävä on valvoa, että puutteet korjataan viimeistään ennen seuraavaa tarkastusta. Puutteiden korjaamisen jälkeen lomakkeelle kirjataan korjauskuittaukset. Tarkastusten tuloksista tiedotetaan muulle työnjohdolle, työntekijöille sekä kaikille muille asianomaisille. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

Viikoittaiset kunnossapitotarkastukset

Työmaan viikoittaiset kunnossapitotarkastukset tehdään koko hankkeen rakennusvaiheen ajan kerran viikossa. Yleisin käytettävä menetelmä on TR-mittari, joka on talonrakennustyömaan työturvallisuuden havainnointimenetelmä. Menetelmässä havainnoidaan koko työmaa kuuden keskeisesti tapaturmiin vaikuttavan asian kannalta, yksinkertaista tukkimiehenkirjanpitoa käyttäen kunnossa/korjattavaa ruutuihin. Nämä kuusi keskeistä asiaa ovat työskentely, telineet, kulkusillat ja tikkaat, koneet ja välineet, putoamissuojaus, sähkö ja valaistus, järjestys ja jätehuolto sekä pölyisyys. Työntekijöiden edustajalle, yleensä työsuojeluvaltuutettu ja eri aliurakoitsijoiden edustajalle, on oltava tilaisuus osallistua tarkastuksiin. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

Vastaanottotarkastukset

Työmaalle tuodut työvälineet ja -koneet on tarkastettava vähintään silmämääräisesti ennen käyttöönottamista. Vastaanottotarkastuksilla varmistetaan, että koneet ja välineet ovat käyttötarkoitukseensa sopivia eikä niissä ole vikoja, joista voisi aiheutua vaara käyttäjille tai ympäröiville työntekijöille. Tarkastukset on tehtävä niin omille kuin aliurakoitsijoiden välineille, ja tarkastuksessa on oltava mukana työmaan vastuuhenkilön lisäksi myös koneen tai välineen käyttäjä. Hyväksytysti vastaanotetun koneen tai välineen kuntoa seurataan työmaan viikoittaisten kunnossapitotarkastusten sekä yleisen valvonnan avulla. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

Käyttöönottotarkastukset

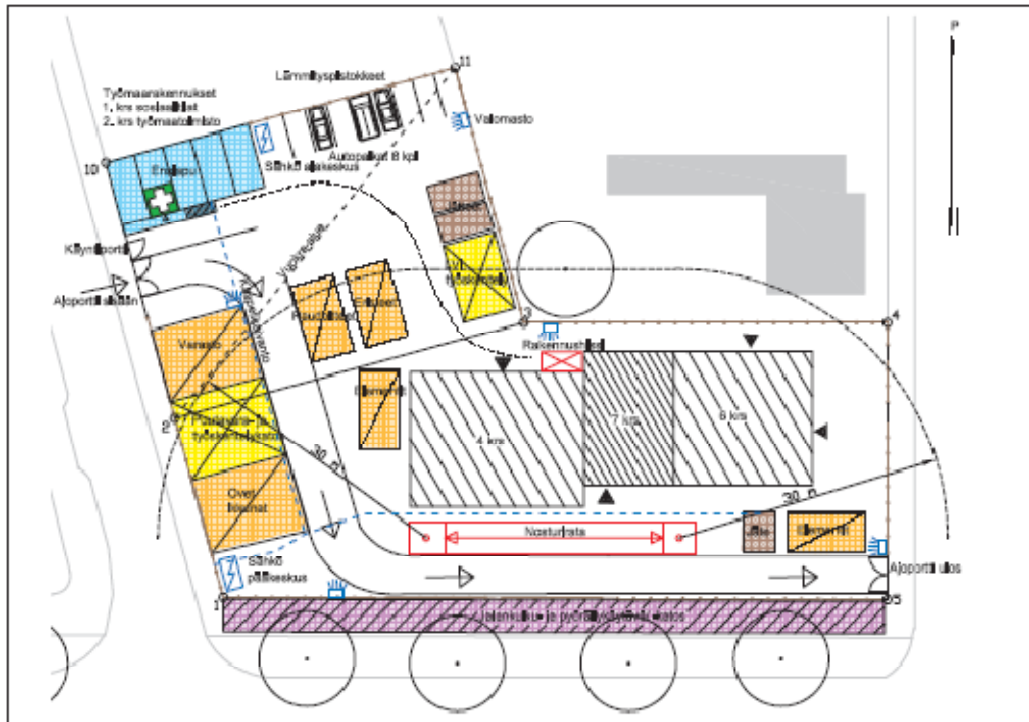
Yleisimmät käyttöönottotarkastuksien kohteet ovat nostokalusto, nostoapuvälineet sekä työtelineet. Nostokalusto tarkastetaan ennen varsinaisten nostotöiden alkamista ja uudelleen, jos nostopaikka tai nostotöiden olosuhteet muuttuvat. Nostokaluston tarkastuksissa erityistä huomiota tulee kiinnittää nostoalueen, nostoreitin ja nostokohteen turvallisuuteen sekä itse nostokaluston soveltuvuuteen kyseiseen työhön. Nosturin riittävä ulottuvuus ja kantokyky on vielä varmistettava tarkastuksen yhteydessä. Tarkastukset ovat silmämääräisiä mutta perusteellisia, ja niissä noudatetaan mahdollisia valmistajan tarkastusohjeita. Tarkastukset kirjataan käyttöönottotarkastuslomakkeille. Tarkastuksien toteutumista seurataan työmaan viikoittaisten tarkastusten yhteydessä. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

Telineiden käyttöönottotarkastukset ovat periaatteeltaan samanlaiset kuin nostokalustolla. Tarkastus tehdään heti telineen pystyttämisen jälkeen. Uusi tarkastus on tarpeellinen, jos telinettä siirretään, puretaan, laajennetaan tai jos teline on ollut käyttämättä pitemmän aikaa ja on syytä epäillä telineen turvallisuutta. Telineiden käyttöönotossa huomioitavaa on, että teline on tehty asennusohjeiden tai erillisen telinesuunnitelman mukaisesti. Telineiden tarkastamista varten on työmaalla oltava kyseisten telineiden asennusohjeet tai telinesuunnitelmat. Käyttöönototuksessa telineessä tulee aina olla telinekortti, johon kirjataan tehdyt tarkastukset päivämäärineen. Telineiden valvonta tulisi priorisoida TR-kierroksilla erittäin korkealle. (Rakentamisen turvallisuuden hallinta, 2006.)

2.3 Työmaan aluesuunnitelma

Aluesuunnitelma on laissa edellytetty työmaan työjärjestelyjen, sisäisten ja ulkoisten logistiikkajärjestelyjen sekä työturvallisuusjärjestelyiden havainnollistamiseen tarkoitettu väline hankkeeseen osallistuville. Aluesuunnitelma on aina työmaakohtainen ja pitäisi suunnitella kyseisen työmaan erityispiirteet huomioiden. Suunnitelmassa otetaan huomioon itse rakennuksen tyyppi, koko, vuodenaikat, menetelmät jne. Suunnitelma on yleensä asemakaavapiirroksen pohjalta tehty kaksiulotteinen CAD-piirros. Seuraavassa kuvassa 5 on esimerkki perin-

teisestä 2D-aluesuunnitelmasta. (Sulankivi, Mäkelä & Kiviniemi 2009, 30; Hieta-
virta, Niskanen, Patrikainen & Päivärinta, 2009, 73.)



Kuva 6. Työmaan yleinen ja edellisen työvaiheen aluesuunnitelma: toimivat lähtötietoina, kun suunnitellaan työmaa-alueen käyttöä seuraavaa rakennusvaihetta varten.

Runkovaiheen aluesuunnitelman merkinnät



Kuva 5 Esimerkki 2D-aluesuunnitelmasta (Ratu C2-0299, 2007, 10.)

2.3.1 Aluesuunnitelman sisältö

Valtioneuvoston päätöksessä rakennustöiden turvallisuudesta 1994 momentissa 8§ ja valtioneuvoston asetuksessa rakennustöiden turvallisuudesta 2009 momentissa 11§ on säädös rakennustyömaa-alueen käytön suunnittelusta, jotka edellyttävät rakennushankkeen päätoteuttajaa laatimaan työmaan aluesuunnitelman. Päätoteuttajan eli pääurakoitsijan on myös selvitettävä ja tunnistettava työmaa-alueen järjestelyyn ja toteutukseen liittyvät työturvallisuuden riskitekijät.

Säännöksen tarkoitus on ohjata työmaa-alueen käytön suunnittelua niin, että työmaan keskeiset toiminnot, laitteiden sijoitus ja yleiset varojärjestelyt mietittäisiin uudelleen jokaiselle työmaalle erikseen. (Hietavirta ym. 2009, 71–74.)

Tapaturmavaaran ja terveyshaittojen minimoimiseksi aluesuunnitelman laatimissa on kiinnitettävä erityistä huomiota ainakin seuraaviin tekijöihin:

- 1) toimisto-, henkilöstö- ja varastotilojen määrä ja sijainti
- 2) koneiden, nostureiden ja laitteiden sijoitus
- 3) kaivu- ja täyttömassojen sijoitus
- 4) rakennustarvikkeiden ja – aineiden sekä elementtien lastaus-, purku- ja varastointipaikkojen sijoitus
- 5) elementtirakentamisessa nostureiden nostopaikkojen perustus ja maapohjan vahvistus, nostureiden nostosäteet ja – kapasiteetit, nosturinkuljettajien mahdollisimman esteetön näköyhteys elementtivarastoon ja asennuskohteeseen
- 6) työmaaliikenne sekä sen ja yleisen liikenteen liittymäkohdat
- 7) kulku-, nousu- ja kuljetustiet sekä niiden kunnossapito
- 8) työmaan järjestys ja siisteys sekä pölyn torjuntaan ja hallintaan tarvittavien rakenteiden ja laitteiden sijoitus
- 9) jätteiden sekä turvallisuudelle ja terveydelle vaaraa tai haittaa aiheuttavien materiaalien kerääminen, säilyttäminen, poistaminen ja hävittäminen
- 10) palontorjunta
- 11) varastointialueiden rajaaminen ja järjestäminen, erityisesti kun käsitellään turvallisuudelle ja terveydelle vaaraa tai haittaa aiheuttavia materiaaleja tai aineita.

Näitten keskeisten tekijöiden osalta aluesuunnitelma tulee pitää ajan tasalla ja päivitettyinä rakennustyövaiheiden sekä olosuhteiden muutoksien mukana.

(VNa 205/2009 11§)

2.3.2 Aluesuunnitelman laadinta

Case-kohteeseen laadittiin aluesuunnitelma Ratu-kortin C2-0299 Rakennustyömaan aluesuunnittelu ohjeiden ja muistilistojen kohtien mukaan. Suunnitelma tehtiin arkkitehdiltä saadun kohteen asemapiirroksen päälle AutoCAD-ohjelmalla. Aluesuunnitelman laatimisessa käytettiin apuna myös työsuojelupii- rin työmaasuunnittelun muistilistaa, joka on osana laadittua työturvallisuus- suunnitelmaa. Seuraavassa käydään läpi listanomaisesti työmaa-alueen käytön suunnittelun kohteet.

Työmaa-alueen rajaaminen ja erottaminen

- työmaa-alueen aitaaminen ja merkitseminen
- työmaataulun rakentaminen näkyvälle paikalle

Työmaatilat

- tarvittavan työvoiman määrittäminen ja tarvittavat työmaatilat (toimisto-, sosiaali- ja varastotilat)
- määritetään optimaalinen sijainti työmaa-alueella (pyritään sijoittamaan lähelle VVST-järjestelmien liitoskohtia)
- tarkastetaan hyvä saavutettavuus ja turvallisuus (näkyvällä paikalla, maapohja riittävän kantava, ei nostoreittien alla)
- määritetään ensiaputila ja ensiaputarvikkeiden sijainti

Työmaaliikenne ja kulkureitit

- liikenneväylien ja kulkureittien turvallinen sijoitus
- liikenneväylien ja kulkureittien merkitseminen, ylläpito sekä valaistus
- erilliset jalankulku-, ja ajoneuvoreitit
- tarkistetaan työmaateiden ja kaapelikaivantojen sekä viemärikaivantojen päällekkäisyydet

Jätehuolto

- välineiden ja kaluston mitoitus
- keräys- ja lajittelualueiden varaus ja merkitseminen

- jäteastioiden ja -lavojen sijoitus keskeiselle ja helposti saavutettavalle paikalle, jotta saadaan aikaan tehokas jätehuoltojärjestelmä

Nostot ja siirrot

- nostokaluston mitoitus ja valinta
- valitaan ja merkataan nostoalueiden sijainnit ja tarvittavat koot
- varmistetaan maapohjan kantavuus ja mahdolliset vahvistustoimenpiteet
- merkitään nostokyky ja ulottuvuus suunnitellulle alueelle

Purku-, lastaus- ja varastointialueet

- purkukaluston mitoitus
- rakennustarvikkeiden vastaanottoa, kuormien purkua ja lastausta varten suunnitellaan yksi tai useampia keskeisesti sijoitettuja helposti saavutettavia purku- ja lastauspaikkoja, joista tavarat jaetaan työmaalle sisäisten siirtojen avulla
- purku- ja lastauspaikat sijoitetaan työmaavarastojen ja varastointialueiden läheisyyteen
- varataan riittävä tila koneille ja laitteille purku- ja lastausalueille
- tarkistetaan liikenneturvallisuuden säilyminen
- suunnitellaan varastojen määrä, koko sekä paikat työmaalla
- suunnitellaan kulkureitit purkukalustolle
- suunnitellaan riittävä valaistus
- kaivumaille varataan sijoitus ja varastointipaikat

Työmaan suojaukset ja varaukset

- kaivantojen ja jyrkänteiden reunat suojataan kiinteällä suojarakenteella esim. puu- tai metalliaita
- sortumisvaarallisten kaivantojen tuenta
- säilytettävän maapohjan, kasvillisuuden tai rakennuksen erottaminen ja suojaaminen aitaamalla
- työmaalla olevat erikoisrakenteet esim. voimalinjat, kaapelit ja putkistot yms. merkitään, erotetaan ja suojataan

- työmaa-alueelle kaivettavien LVVST-putkikaivantojen tilavaraukset merkitään ja alueiden käytössä huomioidaan kaivujen aikataulut

Työnaikaiset VVST-järjestelmät

- selvittää olemassa olevien liittymien sijainti ja niiden riittävyys
- suunnitellaan uusien linja- ja putkiasennusten, kaapelointien ja sähkökeskusten sijoituspaikat
- suunnitellaan työmaa-alueen valaistus (yleis-, kohde- ja sisävalaistus)

Palontorjunta ja sammutusjärjestelmät

- suunnitellaan palonsammutusjärjestelmä
- sammutuskaluston sijoittaminen esim. jauhesammuttimet
- merkitään mahdolliset tulityöalueet
- merkitään hätäpoistumistiet
- palosammutusresurssien valvonta

Työtilat ja -alueet

- tarkistetaan esim. raudoitus-, kirvesmies- ja lvis-töiden työskentelytilojen ja -alueiden ja erillisten lähivarastojen tarve
- suunnitellaan työtilojen/alueiden varustelut
- suunnitellaan työtilojen/alueiden koot, paikat ja kulkutiet
(Ratu C2-0299, 2007.)

2.3.3 Vaiheistus

Aluesuunnitelman päätarkoitus on ohjata toimintoja työmaalla rakentamisen eri vaiheiden aikana. Työmaa ei mene koko hankkeen läpi samanlaisena vaan esimerkiksi koneiden sijainti ja alueiden järjestely muuttuvat rakentamisen edetessä. Tästä syystä on tarpeen tehdä oma suunnitelmansa eri vaiheille. Yleisesti aluesuunnitelma tehdään erikseen maanrakennus, perustus, runko sekä sisätyövaiheille, koska työmaan toiminnot muuttuvat näitten vaiheiden välillä selvästi. (Hietavirta ym. 2009, 73–74.)

Rakentamisen yleissuunnittelu

Ennen vaiheittaisia suunnitelmia työmaalle laaditaan yleissuunnitteluvaiheessa, eli tuotannosuunnitteluvaiheessa, yleisaluesuunnitelma, jossa huomioidaan erityisesti järjestelyt, jotka palvelevat työmaata koko rakentamisen ajan. Suunnittelun lähtökohtina toimivat valitut tuotantotavat ja -menetelmät, rakennuksen laajuus sekä ympäristön ominaisuudet. Yleisaluesuunnitelmaa käytetään pohjana, jota voidaan muokata ja muotoilla sitä mukaa, kun työmaa etenee ja työmaanjärjestelyt muuttuvat. (Ratu C2-0299, 2007.)

Maarakennus- ja perustusvaihe

Maarakennus- ja perustusvaiheen aluesuunnitelma muokataan yleisaluesuunnitelmasta pelkistämällä vastaamaan työmaatilannetta. Vaiheelle ominaisia, suunnitelmassa huomioitavia asioita ovat kaivutöistä aiheutuvien kaivumaiden kasausalueet, kaivantojen tuenta ja suojaus, olemassa olevien rakenteiden ja kasvillisuuden sekä maakaapeliin suojaus. (Ratu C2-0299, 2007.)

Runkotyövaihe

Runkotyövaiheen suunnitelma tehdään yleisaluesuunnitelman ja maarakennus- ja perustusvaiheen aluesuunnitelmien pohjalta. Yleisaluesuunnitelma on lähes valmis runkotyövaiheen aluesuunnitelma, siihen vain lisätään maarakennusvaiheessa tapahtuneet muutokset työmaan järjestelyihin. Runkotyövaiheen olennaisin vaikuttaja työmaan järjestelyihin on elementtiasennus sekä siihen liittyvät työt kuten purku ja varastointi. Huomioitavaa on elementtikuljetusten esteetön pääsy määrätyle purkupaikalle, josta elementit saadaan välivarastoon tai suoraan paikalleen. Nostureiden ulottumat ja kapasiteetit tulisi olla nähtävillä suunnitelmassa, nostotöiden turvallisen suunnittelun helpottamiseksi. (Ratu C2-0299, 2007.)

Sisätyövaihe

Sisätöiden aluesuunnitelma tehdään sitä edeltäneiden suunnitelmien perusteella. Vaikka työmaalla ei välttämättä tapahdu muutoksia, suunnitelmaa pidetään silti ajan tasalla siten, jotta aluesuunnitelma ja tilanne työmaalla vastaavat toisiaan. Palovaaran aiheuttavien sisätöiden vuoksi suunnitelmassa on tärkeää näkyä palosammutuskaluston paikat, poistumis- ja pelastustiet rakennuksessa sekä työmaa-alueella sekä jätteiden keräysalueet välineineen. (Ratu C2-0299, 2007)

Töiden edetessä aluesuunnittelua tehdään jatkuvasti, ja aluesuunnitelmaa muokataan työmaa-alueen käytön muuttuessa. Kun aluesuunnitelmaa päivitetään, merkitään uusimmat muutokset, muutoskohdat ja päivämäärät suunnitelmaan siten, että ne ovat helposti havaittavissa esimerkiksi käyttämällä värikästä merkintätapaa. Työmaatilanteen ja aluesuunnitelman tulee vastata toisiaan jokaisessa vaiheessa, koko rakennushankkeen ajan. Tällöin siirtyminen vaiheiden välillä käy helposti ja vaivattomasti ilman suuria uudelleenjärjestelyitä. (Ratu C2-0299, 2007)

2.3.4 Tarkoitus

Aluesuunnitelmaa käytetään apuna suunniteltaessa työmaan toimintoja. Tarkoituksena on parantaa järjestystä ja työturvallisuutta työmaalla. Sen avulla voidaan vähentää tarpeettomia nostoja ja siirtoja sekä väliaikaisvarastoiteja. Aluesuunnitelman käytetään myös työntekijöiden perehdyttämisessä.

Työmaan aluesuunnittelun keskeisenä tarkoituksena on järjestyksen ylläpitäminen sekä kuljetus-, varastointi- ja alueidenkäyttöratkaisujen toteuttaminen turvallisesti ja tehokkaasti. Näistä yleisen järjestyksen ja siisteyden ylläpitämisellä on suurin merkitys työturvallisen ympäristön aikaansaamisen kannalta. Tämä koskee kaikkia alueita, jotka ovat työmaa-alueen sisällä. Järjestys ja siisteys vaativat tehokasta jätteiden käsittelyä, jotta ne eivät estä työntekoa eivätkä edesauta vaaratilanteita.

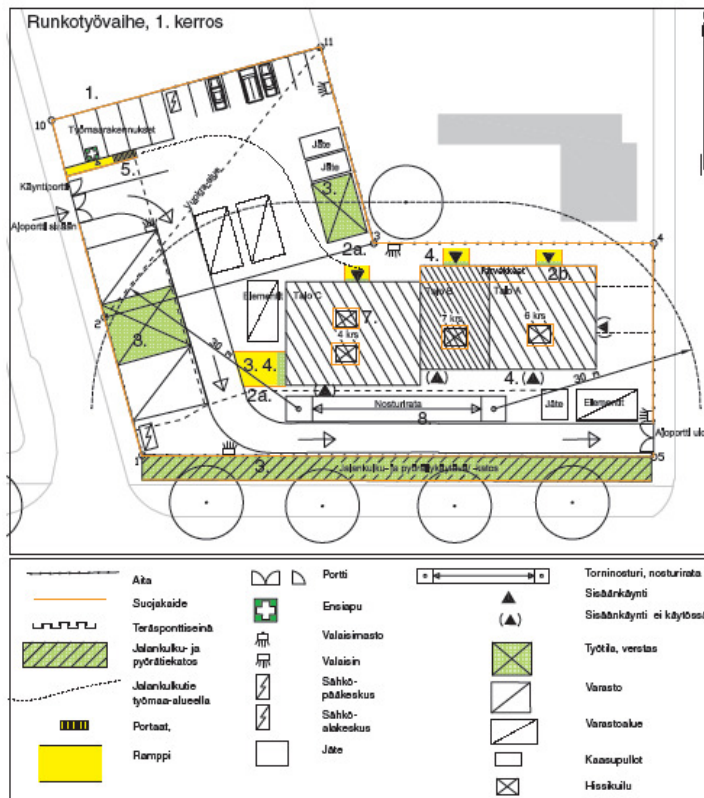
Työmaan paloturvallisuus on pitkälti kiinni edellä mainituista seikoista, ja myös sen huomioon ottaminen työmaata suunnitellessa on todella tärkeää. (Myllyntausta, 1994, 36.)

Aluesuunnitelma on vain osa työmaan tuotannon suunnittelua, ja sen on oltava yhteensopiva muiden suunnitelmien kanssa. Alueiden käytön tehokkaassa suunnittelussa on otettava aikataulutekijät mukaan jo aikaisin, mikä tarkoittaa eri rakennusvaiheisiin kohdistettuja aluesuunnitelmia. Aikataulutuksessa on huomioitava myös hankinnoista aiheutuvien kuljetusten tarvitsemat varastointi ja nostotarpeet. Tehokkaaseen alueiden käytön suunnitteluun kuuluu piha- ja aluesuunnitelmien hyödyntäminen, jotta lopullisia tie- ja piha-alueita voidaan käyttää hyödyksi jo rakennusvaiheessa. Aluetyöt on kuitenkin pyrittävä tekemään siten, että ne eivät aiheuta häiriöitä työmaaliikenteelle.

Kun työmaan aluesuunnittelu on toteutettu työturvallisuus etusijalla, pysyy työmaa todennäköisesti myös hyvässä järjestyksessä ja siistinä. Järjestyksessä oleva työmaa on myös hyväksi yrityksen maineelle. Hyvällä järjestyksellä ja tehokkaalla alueiden hyödyntämisellä päästään myös parempaan taloudelliseen tulokseen. (Eramo, Hynynen & Kiiras, 1978, 57.)

2.4 Putoamissuojaussuunnitelma

Putoamissuojaussuunnitelma sisältää tarkan erittelyn ajatelluista toimenpiteistä, joilla on tarkoitus estää työntekijän putoaminen työtasoilta, kulkuteiltä, rakenteellisista aukoista sekä telineiltä. Suunnitelma on osa työmaan työturvallisuus-suunnitelmaa ja sen tekee hankeen päätoteuttaja tuotannosuunnitteluvaiheessa. Päätoteuttajan on huolehdittava, että putoamissuojauksen suunnitteluun ja toteutukseen kiinnitetään erityistä huomiota. Yksittäistä työvaihetta koskevat tarkennukset tehdään juuri ennen putoamisvaaran aiheuttavien töiden aloittamista. Seuraavassa kuvassa 6 on esitetty Raturin esimerkki putoamissuojaussuunnitelmasta. (Markkanen, 2004, 40; Ratu 1223-S, 2009.)



Putoamissuojaussuunnitelma
 Kohde: As. Työmaa Oy
 Osoite: Työmaan osoite
 Laatiija: N.N.

Putoamissuojaus runkotyön aikana (1. kerros)
 - vastuuhenkilö: N.N.
 - asennusaika: runkotyön edetessä
 - purkamisaika: työmaanvaiheen päätteeksi
 - ylläpito: N.N.
 - valvonta: N.N.

Käytettävät suojaustavat:

1. Työmaa-aita: verkkoelementti
2. Suojakaide: puutavarasta paikallarakennettu kaide (2a), käytössä parvekkeella ja hissikuilun reunalla holvinreunakaide (2b), kaiteet asennetaan maassa elementtien kun on mahdollista.
3. Suojakatos: paikallarakennettu työskentelykatos, jalankulku- ja sisäänkäyntikatos
4. Sisäänkäynnit: kulkuaukko katettu ja ramppi. Jos sisäänkäynti ei käytössä, ovi on lukittu.
5. Portaat: työmaakopille johtavat, paikallarakennettu puutavara
6. Aukot: maalattu vanerilevy
7. Hissikuilu, avoin kuilu: liikuttava puutavarasta tehty elementtikaide (7a.) ja kiinteä suojakansi; 1 avoin seinä: kiinteä suojakansi ja putoamissuojakaide (7b.)
8. Nostopaikat: työmaan alue- ja nostosuunnitelmaan merkityt nostopaikat, alue rajattu kulkuesteillä ja varoituskylteillä

Kuva 6 Esimerkki putoamissuojaussuunnitelmasta (Ratu 1223-S, 2009, 15.)

Putoamissuojauksen suunnittelu ja toteuttaminen on lakivelvoitteista ja sitä säätelee valtioneuvoston päätös ja asetus rakennustöiden turvallisuudesta. Päätöksen 7 § rakennustöiden turvallisuussuunnittelu 2. momentin ja asetuksen 10 § 4. momentin mukaan on päätoteuttajan huomioitava ennen rakennustöiden aloittamista putoamissuojauksen toteuttaminen. Päätöksen 26 § 1. momentissa säädetään peruslähtökohdat putoamissuojaukselle: (VNp 629/1994, 7§, 26§; VNa 205/2009, 10§.)

”Korkealla tehtävässä työssä on käytettävä putoamisen estävällä suojauksella varustettuja työtasoja tai henkilönostolaitteita, suojaverkkoja tai muita rakenteisiin kiinnitettäviä putoamisen estäviä suojarakenteita. Jos tällaisten laitteiden tai rakenteiden käyttäminen ei työn luonteen vuoksi ole mahdollista, on käytettävä tarkoitukseen soveltuvia turvavöitä köysineen. Köydet on kiinnitettävä turvallisesti.” (VNp 629/1994, 26§ 1. momentti.)

2.4.1 Putoamissuojaussuunnitelman sisältö

Hankkeen päätoteuttajan tehtäviin kuuluu kartoittaa työmaan eri putoamissuojausta vaativat vaiheet. Tämän pohjalta mietitään toimenpiteet ja menetel-

mät, joilla putoamisvaaratekijät voidaan välttää. Suunnitelmasta tulisi selvittää suojauksen asennus- ja mahdollisesti purkausajankohta sekä putoamissuojauksen vaativat työt. Näiden lisäksi seuraavassa listassa on lisää tärkeitä suunnitelmassa esille tuotavia asioita (Ratu 1223-S, 2009):

- mitkä kohteet suojataan
- miten kohteet suojataan
- milloin suojaustyö ja itse työ alkavat
- mikä on edeltävä työvaihe
- kuka asentaa, ylläpitää ja poistaa putoamissuojaukset
- kuka on vastuuhenkilö
- suojauskaluston tyyppi ja määrä
- suojarakenteiden kiinnitys ja mitoitus
- valvontatapa ja tiheys.

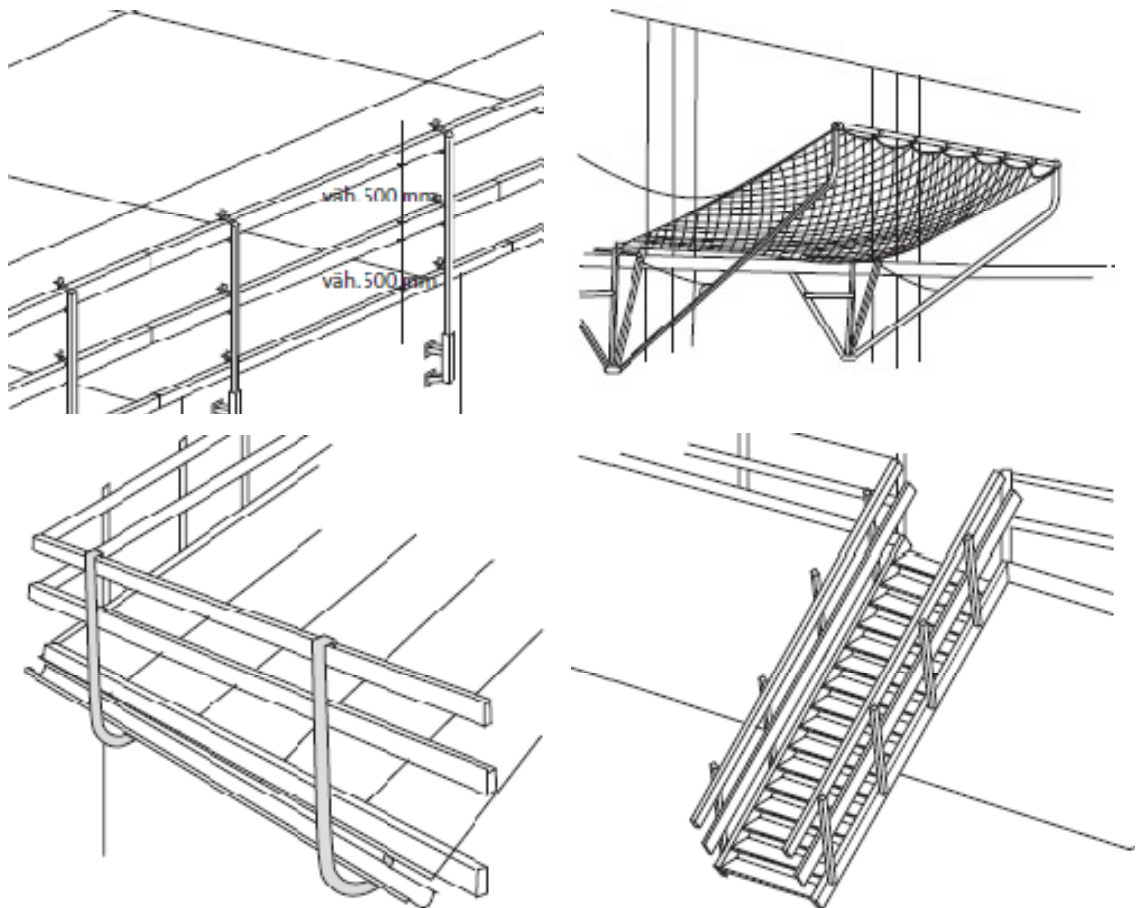
Muutosten tapahtuessa kohteen putoamissuojausta vaativissa töissä sovelletaan putoamissuojaussuunnitelman ylläpidossa samaa käytäntöä kuin alue-suunnitelman ajan tasalla pitämiseen. Muutokset päivitetään suunnitelmaan, merkitään muutoskohta ja tarpeen vaatiessa suunnitellaan putoamissuojaus uudelleen uuteen työhön.

2.4.2 Suojausmenetelmät

Putoamisonnettomuuksia estetään putoamissuojainten avulla. Nämä voivat olla joko suojarakenteita eli teknisiä suojaimia tai henkilösuojaimia. Ensisijaisesti pyritään putoamisvaaraa torjumaan teknisin keinoin eli esimerkiksi suojakaiteilla tai -verkoilla, mutta jos näiden käyttö ei ole mahdollista, käytetään turvavaljaita köysineen. (Hietavirta ym. 2009, 145.)

Putoamissuojauksen teknisiä eli rakenteellisia keinoja ovat suojakatokset, suojaverkot tai peitteet, suojakaiteet, jalkalistat, aukkojen suojakannet ja erilaiset kulkuesteet. Katoksien tarkoitus on suojata työntekijöitä ylhäältä putoavilta esineiltä oviaukoissa ja kulkuteilla, joiden yläpuolella työskentelyä tapahtuu. Jos

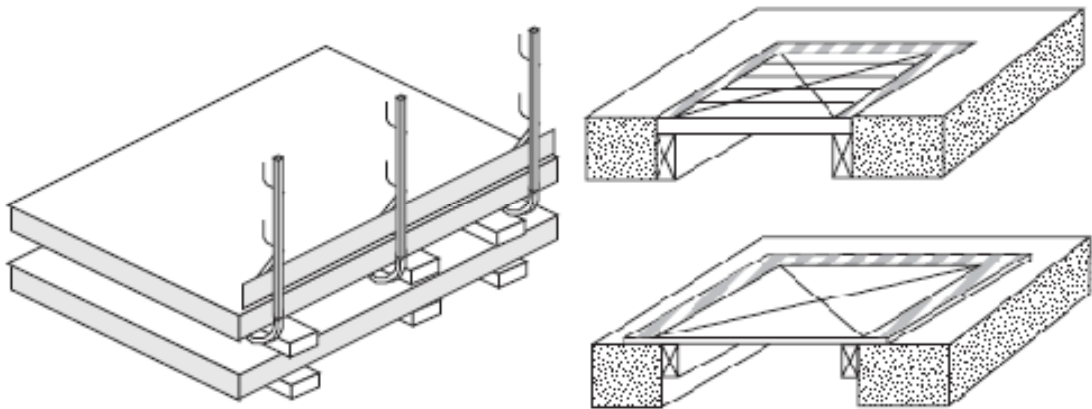
mahdollisten putoavien esineiden pudotuskorkeus on suuri, suojakatos ei ole riittävä. Tässä tapauksessa on työtason alapuolelle kiinnitettävä riittävän pienisilmäinen verkko, jotta esineiden putoaminen alas asti estetään. Suojaverkon tehtävä on estää ja pysäyttää esineen tai ihmisen putoaminen. Yleisin tapa estää ihmisen putoaminen korkealta työtasolta on käyttää suojakaiteita. Suojakaiteita on käytettävä kun putoamiskorkeus ylittää 2 metriä tai paikoissa, joissa on erityinen tapaturman tai hukkumisen vaara. Suojakaiteilla on varustettava myös porrastasot, portaat ja kulkusillat. Kaltevilla työtasoilla kuten katoilla on huomioitava myös kaiteen suojakorkeus. Työtason mukaan on valittava oikea suojakaidetyyppi, näitä ovat muun muassa harjakattokaide, holvireunakaide ja villavälikaide. (Kuva 7.) (Ratu 1223-S, 2009.)



Kuva 7 Suojakaide, suojaverkko, harjakattokaide ja kaiteelliset portaat (Ratu 1223-S, 2009.)

Jalkalistojen tehtävänä on estää esineiden ja työvälineiden putoamista työtasoilta ja telineiltä. Jalkalistaa käytetään kaikkien putoamisen estämiseksi tehtyjen

kaiteiden kanssa ja niillä myös suojataan mahdolliset kuilut ja aukot. Kaiteet ja jalkalistat voidaan aukkojen suojaamisessa korvata suljettavilla kansilla. Kannen materiaalin tulee olla riittävän luja ylikäveltäväksi eikä se saa olla liukas. Suojakansi on rakennettava niin, ettei se pääse liikkumaan paikoiltaan ja erottuu ympäristöstään esimerkiksi väriltään. Reunat, aukot ja muut vaara-alueet voidaan myös eristää käyttämällä kulkuesteitä. Kulkuesteitä ovat metalliset verkkoelementit, kaiteet, pukit ja köysi tai lippusiima. Kulkuesteet täytyy myös tehdä tarpeeksi liikkumattomiksi ja helposti havaittaviksi. Kulkuesteeksi tarkoitetun kaikeen sijainti on vähintään 1,5 – 2m työtason tai kulkutien vaaralliselta vapaalta sivulta. (Kuva 8.) (Ratu 1223-S, 2009.)



Kuva 8 Jalkalista ja turvakansi (Ratu 1223-S, 2009.)

Henkilökohtaisia putoamissuojaimia ovat erityyppiset valjaat ja vyöt. Henkilökohtaisia putoamissuojaimia saadaan käyttää, kun rakenteellinen suojaus ei ole mahdollista. Vyöt ovat yleisesti putoamista estäviä, kun taas valjaat ovat putoamista estäviä sekä pysäyttäviä. Työstä riippumatta on parasta käyttää turva- ja kokovaljaita, näin voidaan varmistaa aina tilanteeseen sopiva suojausmenetelmä. Valjaiden suojaustapaa voidaan vaihdella käyttämällä joko turvaköyttä, liitosköyttä tai itsekelaustuviavaimentimia. Vaimentimella vaimennetaan putoamisen pysäyttämisen syntyvä nykäisy, kun taas pelkkää liitosköyttä voidaan käyttää esimerkiksi nostokorissa. Koska rakennustyö on yleensä liikkumista vaativaa, tarvitaan pelkkää turvaköyttä käytettäessä myös itsetoimivaa pituudensäätölaitetta. Seuraavassa kuvassa 9 on esitetty kokovaljaat ja liittyviä välineitä. Henkilökohtaisia putoamissuojaimia käytettäessä tulee kiinnityspisteen olla mahdollisuuksien mukaan työntekijän yläpuolella, jotta vältetään sivuheilah-

dukselta putoamistilanteessa ja jotta putoamismatka olisi mahdollisimman lyhyt. Vesikattotöissä kiinnityspisteitä ovat esimerkiksi kattopollarit. Kiinnityspisteen kestävyys on erittäin tärkeää tarkastaa. (Ratu 1223-S, 2009.)



Kuva 9 Henkilökohtaisia putoamissuojavälineitä. Kokovaljaat (vas.) kelautuva vaijeritarrain (kesk.) ja vaimentava liitosköysi (oik.) (Miller 2004.)

Putoamissuojaussuunnitelmaa tehdessä valitaan rakentamisaikaiset suojarakenteet ja niiden tarvitsemat kiinnitykset sekä niiden tyypit ja paikat. Putoamissuojaimia valittaessa on otettava huomioon työn ja käyttöolojen vaatimukset, kuten työympäristö, työn kesto ja toistuvuus. Jos suojausmenetelmäksi valitaan esimerkiksi turvavaljaat, tulee koko putoamisen pysäyttävä yhdistelmä valita niin, että työntekijä ei pääse iskeytymään alla oleviin rakenteisiin. Jos suojauksessa tarvitaan puutavaraa, tulee sen kunto tarkistuttaa ennen käyttöä rakenteessa. Putoamissuojaimet tulee aina tarkastaa vastaanoton yhteydessä sekä tarvittaessa vaihtaa uusiin tai korjata viat. (Ratu 1223-S, 2009.)

2.4.3 Putoamissuojaussuunnitelman laadinta

Pääurakoitsija tekee putoamissuojaussuunnitelman työturvallisuussuunnitelman osana tuotannonsuunnitteluvaiheessa. Töiden edellyttämät putoamistorjuntatoimenpiteet ja riskit mietitään tehtäväkohtaisesti. Putoamisriskien arviointi kuu-

luu osana putoamissuojassuunnitelman laatimista. Suunnitelmaa voidaan tarpeen vaatiessa täydentää tarkempia tehtäväsuunnitelmia tehdessä, jos puutteita havaitaan. Kaikille hankkeen osapuolille tulee tiedottaa putoamissuojaukseen liittyvistä yksityiskohdista ja tarvittaessa järjestää perehdytystä putoamissuojavälineiden käytössä. (Tuominen, 2007.)

Suunnitelma toteutetaan yleisesti käyttämällä pohjana työmaan aluesuunnitelmaa, jossa näytetään putoamissuojausmenetelmät merkittyinä suunnitelluille paikoilleen ja erillinen tarkempi selostus käytetyistä menetelmistä sekä asen-
nusajankohdista. Putoamissuojattavia kohteita ovat kulkuväylät ja -tiet, porrastasot ja portaat, työtasot, kerroksien välit, katot ja muut kaltevat tasot sekä työ-
telineet ja -pukit.

2.5 Logistiikkasuunnitelma

Ennen työmaan aloittamista tehdään yleensä päätökset työmaalla käytettävästä nosto- ja siirtokalustosta ja työvoimaresursseista. Samaan aikaan laaditaan myös yleisaikataulun pohjalta hankinta- ja toimitusaikataulut. Logistiikkasuunnitelma on valittujen toimintatapojen ja tarvittavien resurssien yhteenveto jolla pyritään tehostamaan työmaan materiaalikäsitelyä. (Wegelius-Lehtonen, Nyman, Pahkala, Tanskanen & Vuolio, 1996, 66.)

2.5.1 Logistiikka rakentamisessa

”Rakennustuotannon logistiikassa tarkastellaan kokonaisia toimintaketjuja suunnittelusta materiaalitoimittajan valmistusprosessiin ja edelleen asennukseen työmaalla. Rakentamisen logistiikassa korostuu tiedonhallinta, koska tuotteen suunnittelu, materiaalitehtaan tuotannosuunnittelu ja – ohjaus, rakennusosien esivalmistus sekä suunnittelu- ja toteutusprosessi työmaalla tapahtuvat useimmiten huomattavin osin rinnakkain.” (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 7.)

Työmaan kannalta täytyy tarkastella eri toimitusketjujen kokonaisuuksia. Tällöin voidaan työmaalle saapuvien yksittäisten toimitusten logististen ketjujen suunnittelussa hyödyntää tehokkaasti kaikkia työmaalla käytettävissä olevia resursseja. Logistiikkaa kehitettäessä on kaikkien osa-alueiden ja osapuolten oltava mukana ja logistisia ketjuja on juuri katsottava kokonaisuuksina aina tehtaalta

tuotteen asennukseen asti. Työmaan päätoteuttajan tuotantoon liittyvillä toimintatavoilla on suuri vaikutus materiaalitoimittajan logistiisiin kustannuksiin ja päinvastoin. Tästä johtuen merkittävimmät kehitysmahdollisuudet löytyvät usein osapuolten välisistä rajapinnoista, toisin sanoen osapuolten välisestä yhteistyöstä ja informaation kulusta. Kokonaisuuden toiminnassa voi silti olla puutteita, vaikka osapuolet toimisivatkin tehokkaasti erikseen tarkasteltuna. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 7.)

”Rakennustuotannossa työmaa on kaikkien logistiikkaketjujen keskipiste. Työmaan tulologistiikkaa on saapuvien rakennustuotteiden materiaalivirtojen ja niihin liittyvien tietovirtojen hallinta. Työmaan lähtölogistiikkaa on jätteiden ja kierrätettävien tuotteiden toimitus edelleen uudelleenkäyttöön, kierrätettäväksi tai kaatopaikalle.” (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 8.)

Työmaalla logistiikan helpottamiseksi voidaan hyödyntää toimittajien tarjoamia lisäpalveluita, näitä kutsutaan logistiikkapalveluiksi. Logistiikkapalveluita käyttämällä voidaan yleensä parantaa myös osapuolten välistä yhteistyötä, jota palveluiden käyttö ja tehokas hyödyntäminen paljolti vaativat. Rakennusalalla käytettävissä olevia logistiikkapalveluita ovat:

- materiaalin leikkaus määrämittaan
- materiaalin setitys eli osakohteittain pakkaaminen käyttötarpeen mukaan
- materiaalin toimittaminen työmaalla suoraan asennuskohteeseen
- pakkausten merkitseminen kerros-, huoneisto- tai huonekohtaisesti
- auton lastaus ja purku käyttöjärjestyksen mukaan
- toimituserien koon ja lukumäärän joustavuus vastaamaan käyttötarvetta
- kuljetusten järjestely siten, että useita materiaaleja saadaan kuljetettua samalla kuormalla
- suojaava pakkaaminen.

Logistiikkapalveluiden käyttäminen on kannattavaa, mikäli toimittajan palvelun käyttäminen on edullisempaa kuin vastaavan työn teettäminen työmaalla. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 9.)

2.5.2 Logistiikan merkitys ja vaikutus rakennustuotannossa

”Rakennusliikkeen kilpailukykyyn vaikuttavat ratkaisevasti toiminnan kustannukset, laatu, aika ja täsmällisyys. Logistiikan hallinnan tavoitteena on vaikuttaa kaikkiin näihin osatekijöihin.” (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 10.)

Kustannuksia saadaan alennettua, kun karsitaan koko logistiikkaketjuista vaihteita, joista muodostuu lisäkustannuksia. Turhia vaihteita ovat muun muassa ylimääräiset siirrot ja käsittelyvaiheet työmaalla. Tämä tarkoittaa, että materiaalihankinnoissa huomioidaan myös välilliset kustannukset eikä pelkästään ostohintaa. Hankintahintaa tarkasteltaessa on mietittävä, mistä tekijöistä se koostuu ja miten tekijöitä voidaan pienentää tai poistaa kokonaan. Koska ostajan toiminnalla on suuri vaikutus toimittajan kustannuksiin ja toimittajalla puolestaan on suuri vaikutus ostajalle syntyviin välillisiin kustannuksiin, on osapuolten välinen yhteistyö tärkeää tehokkaan logistiikan kehittämiseksi. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 10.)

Ajallinen tehokkuus on tärkein seikka nykypäivän rakennusprojekteissa. Aikataulujen tiukkuus lisää häiriöherkkyyttä, mikä korostaa toiminnan suunnittelun tasoa. Aikataulullisesti kireässä projektissa korostuvat materiaalien ja tietovirtojen hallinta sekä varastoinnin suunnittelu, koska työkohteet ovat jatkuvasti työn alla, ei välivarastoinnille ole ylimääräistä tilaa. Hankkeen ajalliseen tehokkuuteen vaikuttavat päälimmäisenä kolme seikkaa:

- kohteen luonne
- toteutusmuoto
- logistiikan hallinta.

Hankkeen pitkällä toteutusajalla voidaan peittää hankkeen ongelmia. Työvaiheiden välisillä pelivaroilla ja pitkillä tuotteiden varastointiajoilla ongelmat eivät tule esille. Rakennusprojektin lyhyt läpäisy aika on suoraan kytköksissä toiminnan tehokkuuteen ja laatuun. Kun läpäisy aika lyhennetään, ongelmat tulevat esille ja ne on pakko hoitaa. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 11–12.)

Rakennushankkeen laatuun vaikuttaa monta kautta myös logistiikan hallinta. Tietovirtojen ja materiaalivirtojen hallinta vähentävät suunnitteluvirheitä, käsittely-

vaiheita, materiaalihukkaa ja vaurioitumista sekä lisäävät joustavuutta hankkeen hallinnassa. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 12.)

2.5.3 Toimitusten suunnittelu

Työmaan toimitusten suunnittelun tarkoitus on varmistaa tarvittavien rakennusmateriaalien ja tuotteiden saanti työmaalle juuri oikeaan aikaan, oikeaan paikkaan, oikean suuruisina erinä ja mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Suunnittelu tapahtuu yleensä tuotannosuunnitteluvaiheessa hankintojen yhteydessä. Rakentamisvaiheessa toimituksia ohjataan tehtyjen suunnitelmien perusteella. (Kempainen, Koski & Palolahti. 2009, 1.)

”On tärkeää ymmärtää, mihin huonosti hoidettu toimitusten suunnittelu ja ohjaus johtaa. Epätasmoisten toimitussopimusten sekä puutteellisen suunnittelun ja valvonnan ongelmat konkretisoituvat rakentamisvaiheessa. Tyypillisiä seurauksia ovat töiden viivästyminen toimitusten myöhästyessä, tuotteiden vaurioituminen virheellisen tai pitkän varastoinnin takia, ylimääräiset siirtokerrat työmaalla, työnjohdon ajan kulumisen toimitusongelmien ratkomiseen sekä kiiretoimituksista ja rautakauppanoudoista aiheutuvat turhat kustannukset. Erityisen huolellisesti on aina paneuduttava rakennuksen rungon ja muiden kriittisten tuotteiden toimitusten suunnitteluun ja ohjaukseen. Mikäli rakennuspaikka tai kohde on teknisesti vaativa tai toteuttamiseen liittyy esim. erityisrajoituksia, ovat myös toimitukset tällöin suunniteltava erityisen tarkasti.” (Kempainen yms. 2009, 1.)

Toimitusten suunnittelun taso on hyvin vaihtelevaa. Liian tarkasti ja toisaalta liian heikosti suunnitellut toimitukset aiheuttavat ongelmia ja yllätyksiä. Toimituserien tarkentuva suunnittelu yhdistää edellä mainittujen suunnittelun tasojen hyvät puolet, eli se on samaan aikaan joustavaa mutta suunnitelmallista. Tarkentuvalla toimitusten suunnittelulla pystytään lisäämään suunnittelun määrää ilman, että se veisi kerralla paljon aikaa. Lähtötietojen ollessa lähes aina melko epätarkkoja on tarkentuva suunnittelu tehokasta, koska hankinnat ja toimituserät suunnitellaan ensin karkeasti yleisaikataulun mukaisesti ja niitä tarkennetaan sitä mukaan kun tiedot tarkentuvat ja varsinainen toimituspäivä lähestyy. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 73–74.)

Toimitettavien materiaalien toimituserät pitäisi suunnitella todellisen osakohteen tarpeen mukaisesti. Osakohteenä voi olla joko tietty työkohde, kerros, raken-

nuksen lohko tai erikseen määrätty tarkempi jako. Toimitusten osakohteisiin jakaminen helpottaa määrienlaskemista ja halutun toimitusajan tarkempaa arviointia. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 75.)

Toimitusten suunnittelu ja hyvä ajoittaminen vaikuttavat myös varastointiin työmaalla ja sen aiheuttamiin kustannuksiin. Varastoinnin erillinen suunnittelu toimitusten suunnittelun ohella on suotavaa, erityisesti ahtailla työmailla joissa varastointimahdollisuudet voivat olla hyvinkin rajalliset. Kun toimituserät on mitoitettu osakohteittain, ne voidaan purkaa suoraan haluttuun kohteeseen tai sen viereen, jos materiaalitoimitus on sopivan kokoinen eikä varastoitaessa häiritse muita työsuorituksia. Logistiikkasuunnitelmassa on otettava kantaa toimituserien kokojen ohella myös materiaalien ja tuotteiden varastointiin sekä siirtoihin, jotta toiminta työmaalla rakentamisvaiheessa olisi mahdollisimman tehokasta ja säästyttäisiin ylimääräisiltä kustannuksilta. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 78.)

2.5.4 Työmaan siirtoresurssien suunnittelu

Nosto- ja siirtokalusto suunnitellaan aina hankekohtaisesti. Tällä pyritään valitsemaan ja mitoittamaan oikeanlainen kalusto määrällisesti, teknisesti ja taloudellisesti kohteen työmenetelmät huomioiden. Tavoitteena siirtokaluston suunnittelussa on päätyä taloudelliseen ja tehokkaasti toimivaan vaihtoehtoon, joka mahdollistaa työmaan sujuvan ja häiriöttömän etenemisen. Suunnittelussa tarkastellaan vaaka- ja pystysiirtoja, erikseen sekä yhtenä kokonaisuutena, ja koko nosto- ja siirtokalustoa yhtenä järjestelmänä, jolla työmaan kaikki siirrot toteutetaan. (Kone-Ratu 04–3009, 1990, 1.)

Parhaaseen tulokseen kaluston tehokkuuden kannalta päästään juuri ajattelemalla eri koneita ja apuvälineitä yhtenä kokonaisuutena. Yksittäisten siirtoketjujen optimointi ei välttämättä hyödytä kokonaisuutta, koska käytettävän kaluston eroavaisuudet eri siirtoketjujen välillä voivat olla suuria. Mitä vähemmän koneita ja apuvälineitä pystytään käyttämään työmaalla, sen todennäköisempää on, että kaikkien siirtoketjujen tehokkuus kasvaa. Koneita on kallista seisottaa työmaalla, joten niiden tehokkuus on maksimoitava. Kun tuotteiden käsittely työ-

maalla suunnitellaan etukäteen ja riittävän tarkasti voidaan koneiden käyttötarvetta vähentää merkittävästi. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 70–71.)

Tarvittavien koneiden määrää voidaan pienentää toimitettavien tuotteiden pakkauskokojen ennakkosuunnittelulla, jotta ne olisi mahdollista työmaalla purkaa päänosturilla esimerkiksi suoraan kerroksiin jo runkovaiheessa. Tuotteiden tilaamisen yhteydessä on myös mahdollista vaikuttaa tarvittavan kaluston määrään, kuten tilaamalla tuotteet työmaalle maahan purettuna eikä vaunusta purettavaksi. Tämä vaatii siirtojen suunnittelua jo ennen kuin ostosopimuksia tuotteista tehdään, jotta työmaan logistiset asiat saadaan kirjattua sopimukseen. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 71.)

Työmaan yksittäiset siirtoketjut tulee suunnitella siten, että tarvittavat siirtoresurssit saadaan selville. Lopuksi pohditaan siirtoresurssien kokonaistarve, kokonaistehokkuus ja taloudellisuus mielessä pitäen. Eri materiaaleille on monia erilaisia purku ja siirtovaihtoehtoja, ja kun käytännöllisimmät niistä on selvitetty, voidaan vaihtoehtoja vertailemalla löytää kyseiselle työmaalle kustannustehokkain kalustojärjestelmä. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 71.)

2.5.5 Logistiikkasuunnitelman laadinta

Logistiikkasuunnitelman käyttöönotolla pyritään muuttamaan perinteisiä toimintatapoja työmaan logistiikan hallinnassa. Perinteisesti työmaalla keskitytään materiaalien kuljetusten optimoimiseen, jolloin työmaalle toimitetaan kerralla tarpeettoman suuria kuormia ja tuotteita joudutaan varastoimaan työmaalueelle. Tämän jälkeen tuotteet joudutaan siirtämään asennuskohteeseen työmaan sisällä käyttämällä pääurakoitsijan resursseja. Tätä työmaan sisäistä logistiikkaa ei täysin vielä mielletä tärkeäksi osaksi hankintojen toimitusten suunnittelua. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 66–67.)

Logistiikkasuunnitelmassa logistiset ketjut ajatellaan kokonaisuuksina, jotka loppuvat vasta kun tuotteet on asennettu paikoilleen, jätteet lajiteltu ja työkohde on siivottu. Jokainen työvaihe vaatii pääurakoitsijalta resursseja jotka maksavat. Logistiikkasuunnitelmassa pyritään minimoimaan jokaisen tuotteen logistiikka-

ketjun vaiheet ja tarvittavat resurssit. Tarkoituksena on yksinkertaistaa toimintaa, koska jokaisen turhan työvaiheen karsiminen pienentää kokonaiskustannuksia ja vähentää riskitekijöitä työmaalla. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 67.)

"Kun logistiikan pääpiirteet suunnitellaan ajoissa, voidaan käyttää useita toimintavaihtoehtoja, joita voidaan ilman kiirettä harkita ja tehdä päätöksiä. Eri hankintojen päätökset sitovat toisiaan, koska hankinnan toimintatapaa päätettäessä ratkaistaan samalla myös hankinnan logistiikkaketjuun tarvittavat resurssit." (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 67.)

Logistiikkasuunnitelman laadinta jaetaan runkovaiheeseen ja sisätyövaiheeseen. Runkovaiheen logistiikan suunnittelussa tarkastellaan tuoteryhmiä, jotka voidaan siirtää suoraan kerrokseen rungon rakentamisen aikana. Tässä voidaan käyttää hyödyksi yhdistettyjä kuljetuksia, joissa yhden kerroksen tuotteet tulevat yhdessä kuormassa, jolloin toimitusten määrä pysyy helposti hallittavissa. Sisätyövaiheessa mietitään tuoteryhmiä, joita on mahdollista sisällyttää erillisiin aliurakoihin. Sisätyövaiheen toimitukset voivat olla esimerkiksi huoneisto-kohtaisesti setitetyjä. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 68). Tuoteryhmiä, joita logistiikkasuunnitelmassa tarkastellaan ovat:

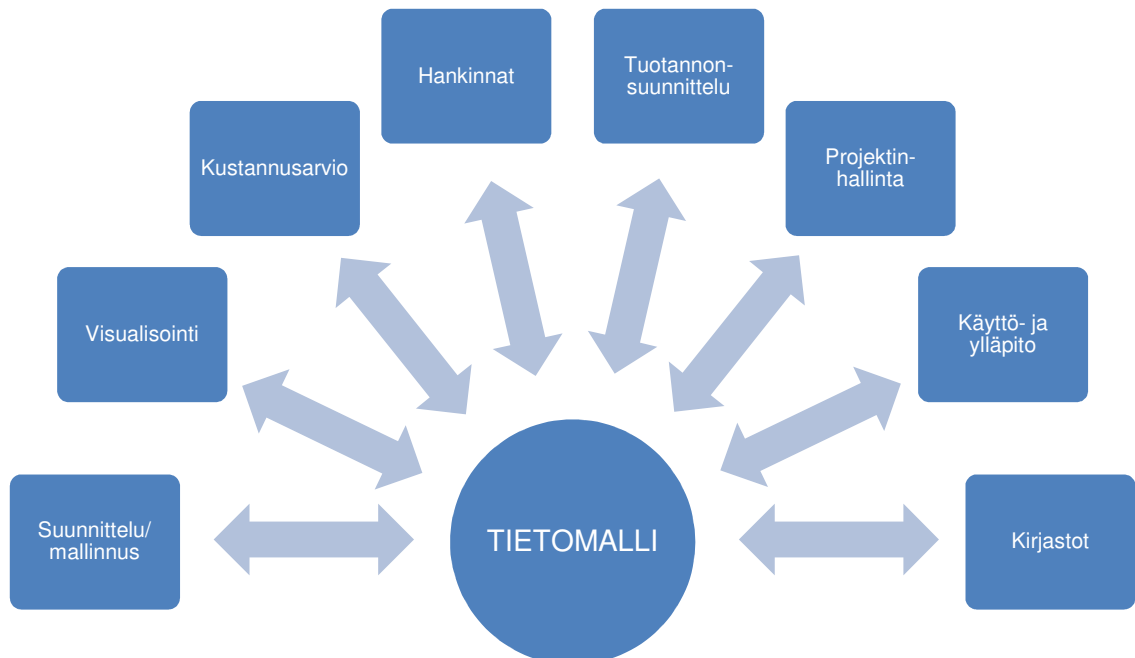
- tiilet, harkot, laastit
- kipsilevyt, seinärangat
- laatat
- ikkunat ja ovet
- matot, parketit
- paneelit, listat
- kalusteet, varusteet ja koneet.

Helpoin ja luontevin tapa tehdä logistiikkasuunnitelma on tehdä toimitettavista tuotteista ja logistisen ketjun vaiheista sekä jokaisen vaiheen vaatimista resursseista taulukko taulukkolaskentaohjelmalla. Tällöin on helppo suorittaa vertailua eri toimintatapojen välillä ja optimoida työmaan kokonaissiirtoresurssit. (Wegelius-Lehtonen yms. 1996, 68.)

3 TIETOMALLINNUS

3.1 Tietomallinnus yleisesti

Tietomalli (Kuva 10.) on rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Näistä tiedoista muodostetaan kolmiulotteinen malli koko rakennuksesta ja siihen rakennusvaiheissa käytetyistä materiaaleista sekä materiaalien ominaisuuksista kuten esimerkiksi pintakäsittelyt, käyttöikä, lujuusluokka sekä fysikaaliset vaatimukset kuten palonkesto-, ääneneristävyys- ja lämmöneristävyysvaatimukset. Tietomallin avulla rakennushankkeessa tarvittava tieto on paremmin hallittavissa kuin perinteisiä piirustuksia käytettäessä. Tietoa voidaan myös tallentaa ja siirtää luotettavammin ja tehokkaammin rakennushankkeen osapuolten välillä. Syy tietomallipohjaisen suunnittelun käyttöönotolle ja lisäämiselle on sen tuottama lisäarvo koko rakennushankkeen kokonaisprosessille paremman hallinnan kautta. (Penttilä, Nissinen & Niemioja, 2006; Sulankivi, Mäkelä & Kiviniemi 2009, 25.)

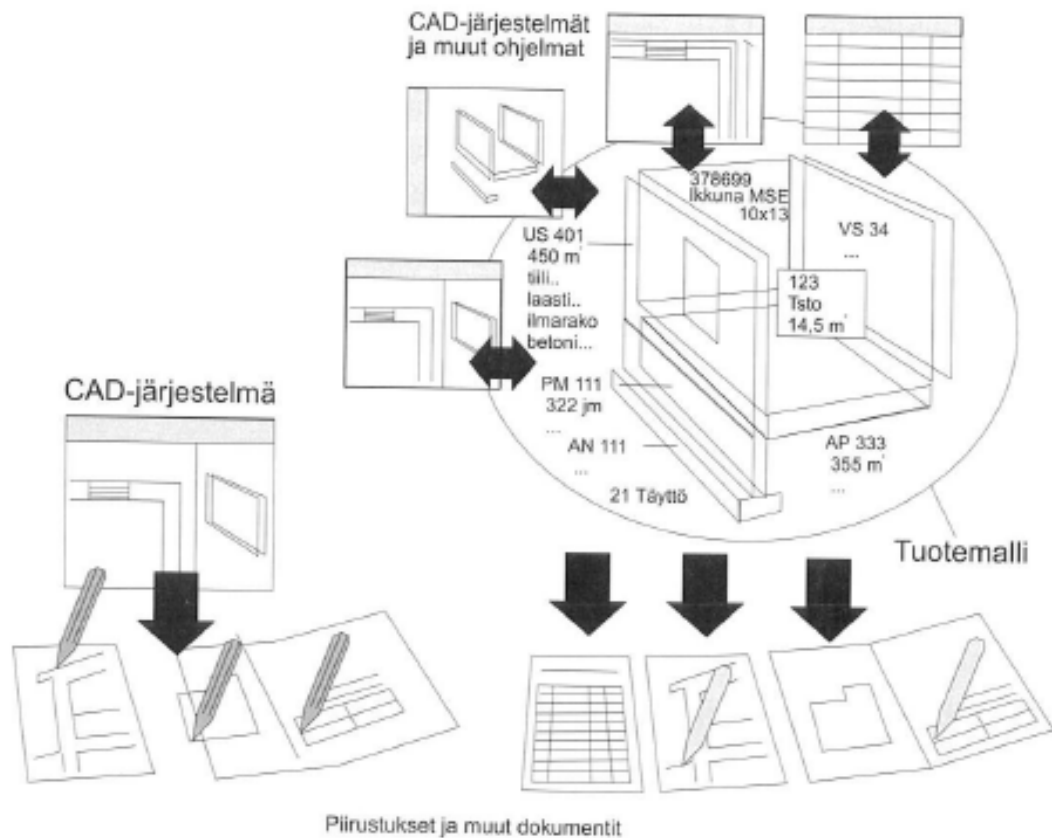


Kuva 10 Tietomalli (PRO IT-NEWS, 2004.)

Tietomallipohjaisen suunnittelun päätarkoitus on hyödyntää malliin sisältyvää tietoa sähköisesti eri käyttötarkoituksiin rakennushankkeen eri vaiheissa. Käy-

tännössä on havaittu, että tietomallintamisen hyödyt ovat liittyneet suunnittelu-, ja rakentamisprosessissa eritoten 3D-suunnitelmien havainnollisuuteen, mitta-, ja korkotietojen parempaan hallintaan sekä mittavirheiden vähentymiseen, dokumenttituotannon helpottumiseen sekä tietomallin hyödyntämiseen tuotannon määrä- ja kustannuslaskennassa sekä markkinointimateriaalin tuottamisessa. Havainnollisuutta on hyödynnetty pääasiallisesti suunnittelutyön tukena ja työmaalla eri suunnittelualojen törmäystarkasteluissa sekä työn etenemisen selvittämisessä omille työryhmille tai aliurakoitsijoille ja rakennesuunnitelmien 3D-havainnekuvina. Uusina käyttökohteina tietomallille ovat energia-, valaistus- ja palosimuloinnit. (Sulankivi, Mäkelä & Kiviniemi 2009, 9, 25, 26.)

Viimeisen vuosikymmenen aikana tietomallipohjainen suunnittelu on muuttunut yksittäisistä kokeiluista ja pilottiprojekteista jokapäiväiseksi toiminnaksi rakentamisen eri suunnittelualoilla. Tietomallintaminen muuttaa rakennuksen suunnittelun perinteisestä viivapiirrosta 3D-suunnitteluksi. 2D-piirustuksia ja muita dokumentteja tarvitaan tulevaisuudessakin, mutta ne tulevat olemaan tietomallipohjaisia kuten kuva 11 esittää. Siirtyminen perinteisistä 2D-dokumenteista 3D-tietomalleihin ei ole vielä täysin toteutunut ja tietomallien hyödyntämisen painopiste on vielä rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Käyttö tuotannonsuunnittelussa on vasta alkuvaiheessa. Kansainvälisen selvityksen mukaan arkkitehdit käyttävät tietomallinnusta käytännössä noin 20 %:ssa hankkeistaan, ja insinöörit sekä urakoitsijat vain noin 10 %:ssa. (Sulankivi, Mäkelä & Kiviniemi 2009, 9, 25, 26.)



Kuva 11 Dokumenttien tuottaminen perinteisesti CAD-järjestelmällä (vas.) ja tietomallipohjaisesti (oik.) (Penttilä, Nissinen & Niemioja, 2006, 18.)

Tietomallien hyödyntäminen rakentamisen tuotannonsuunnittelussa on keskittynyt pitkälti urakoitsijan tarvitsemien määrätietojen tuottamiseen. Varsinainen hyödyntämisen kehittäminen on kuitenkin levinnyt varsinaisen työmaatoteutuksen suunnitteluun. Painotus on tällä hetkellä aikataulujen 4D-simuloinnissa. Kun aikataulut liitetään tietomallin rakennusosiin, on kysymys 4D-mallintamisesta. 4D-teknologian odotetaan mullistavan erityisesti työtehtävien päällekkäisyysongelmien ennalta ehkäisyn. Tietomallin sisältämiä geometria- ja määrätietoja voitaisiin hyödyntää myös sellaisissa tuotannonsuunnitelmissa kuten menetelmäsuunnittelu, työjärjestysten suunnittelu sekä työturvallisuussuunnittelu. Näihin liittyen tutkimustietoa on jo olemassa ja näkymät kehitykselle ovat suuria. (Sulankivi, Mäkelä & Kiviniemi 2009, 9, 25, 26.)

3.2 Tietomallin ja kolmiulotteisen mallin ero

3D-mallintaminen ymmärretään puhekielessä yleisesti tietomallintamiseksi, mutta näin ei ole. Rakennuksen 3D-mallintaminen käsittää rakennuksen muodon, värien ja materiaalien sekä geometrisen tiedon esittämistapaa ja sitä käytetään havainnollistamistarkoituksiin erilaisissa mallin visualisoinneissa. Toisin sanoen 3D-malli on vain rakennuksen kolmiulotteinen esitysmuoto. (Freese, Penttilä & Rajala, 2007, 18–19.)

Tietomallintaminen sen sijaan pitäisi ymmärtää 3D-mallintamista laajempänä rakennuksen tietojen ja itse rakennuksen mallintamisena. Pelkän rakennuksen muodon mallintamisen lisäksi oleellisinta tietomallissa on siihen liitettävä rakennusosien tieto, joka voi sisältää mm. tuotetietoa ja fysikaalisia tai toiminnallisia erityispiirteitä. Tietomalliin syötetyt tiedot myös päivittyvät mallin mukana tehtäessä siihen muutoksia. Tietomalli antaa todenmukaisemman kuvan rakennuksen lopputuloksesta ja kuvaa rakennusta kokonaisvaltaisemmin toisin kuin 3D-malli, joka antaa käyttäjälleen tietoa vain rakennuksen muodosta ja ulkonäöstä. (Freese, Penttilä & Rajala, 2007, 18–19.)

3.3 Tietomallinnuksen periaatteet

3.3.1 Tietomallinnushankkeen edellytykset

Tietomallinnushankkeeseen lähdetessä on ensin ymmärrettävä sen tuomat hyödyt ja mahdollisuudet omalle toiminnalle ja muille osapuolille sekä koko rakennushankkeelle. Siirtyminen tietomallintamiseen rakennushankkeessa vaatii uusien toimintatapojen opettelemista kaikilta hankkeeseen osallistujilta, koska hankkeen kulku ja prosessi itsessään on erilainen kuin mihin perinteisesti on totuttu. Jotta tietomallintamisen ajatusta saataisiin levitettyä ja vietyä eteenpäin, on lähdeittävä siitä, että rakennuttaja sekä rakentaja tahtoisivat yhteistoiminnallansa kehittää toimintojaan. Erityisesti rakennuttajien tulisi edellyttää tätä toimintatapaa, jotta suunnittelijat ja urakoitsijat joutuisivat enemmän muutoksen alle. Perusedellytyksenä ovatkin suunnittelijoiden tietomallintamissuuntainen koulu-

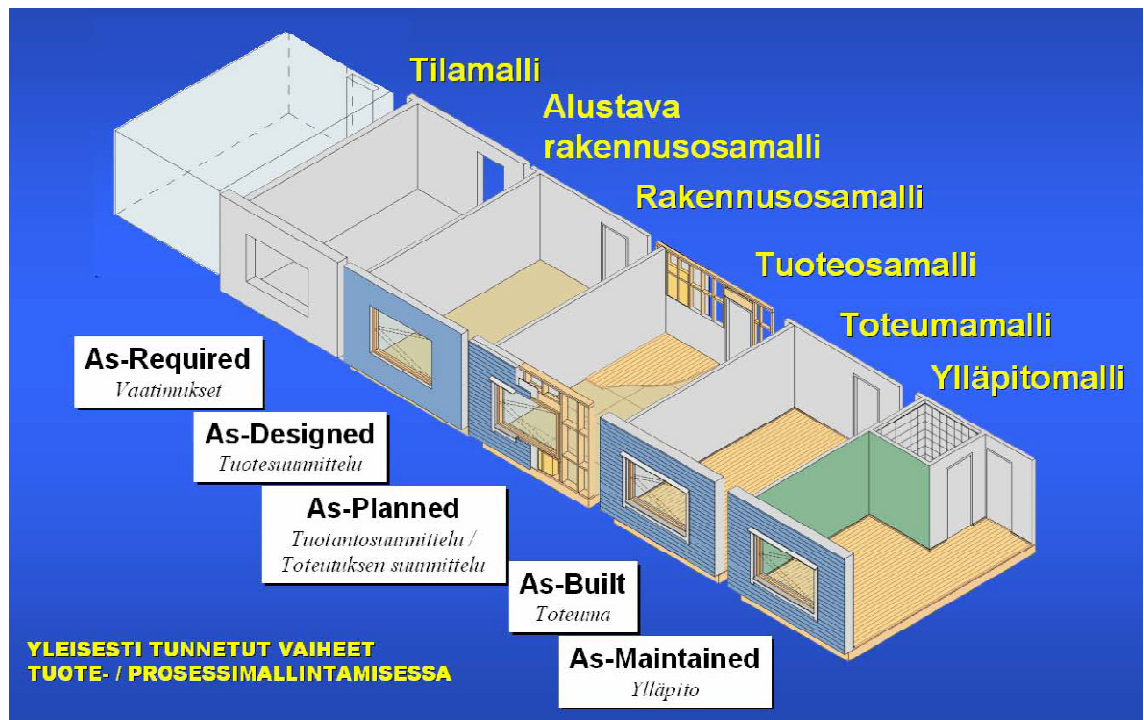
tus, it-osaaminen ja pätevyys sekä kokemus mallintamisesta. (Penttilä, Nissinen & Niemioja, 2006, 22, 23.)

Hankkeen eheyden säilymisen kannalta on laatia projektille toimintaohje, jossa selvitetään hankkeen osapuolien tehtävät, tarpeet tiedonsiirtoon sekä tiedonsiirrotavat, itse tietomallin tietosisällön tarkkuus ja tulosteet. Itse mallinnustyössä on tärkeää edetä tarkasti laadittujen, eri vaiheisiin soveltuvien, ohjeiden mukaan. Projektin toimintaohjeesta tulisi selvittää muun muassa seuraavat asiat (Penttilä, Nissinen & Niemioja, 2006, 22, 23):

- mallinnukseen osallistuvien yhteystiedot
- käytettävät ohjelmat ja käytössä olevat versiot
- tiedonsiirto osapuolten välillä
- mallintamistapa ja tarkkuus
- mallien jako osamalleihin
- mallien tarkistus
- muutosten hallinta
- mallinnusaikataulu
- mallien ja muiden suunnitelmien yhteensovitus
- oikeudet malleihin
- projektin päätöstoimet.

3.3.2 Tietomallinnuksen eri vaiheet

Tietomallipohjaisessa rakennushankkeessa ei noudateta totuttua suunnittelun ja toteutuksen etenemismallia eikä vaiheistusta, vaan PRO IT -projektissa vuonna 2004 kehitettyä tietomallintamisen vaiheistusta. Tämä johtuu tietomallipohjaisen hankkeen suunnittelun alkupainotteisuudesta ja tiedon kumuloitumisesta sekä katkeamattomasta etenemisestä hankkeen edetessä. Seuraavassa kuvassa 12 on esitetty PRO IT -projektin mukaiset tietomallintamisen teoreettiset vaiheet rakennushankkeessa. Kuvan jälkeisessä taulukossa 1 on vertailtu perinteisiä hankkeen vaiheita ja tietomallinnuksen vaiheita perustasolla. (Penttilä, Nissinen & Niemioja, 2006, 28–29.)



Kuva 12 Tietomallinnuksen vaiheet (PRO IT - Tuotemalliohje, 2005,16)

Perinteinen hankevaiheistus	Päätökset	Tietomallinnus-hankkeen vaiheistus	Päätökset
Tarveselvitysvaihe	> Hankepäätös	Hankeohjelmointi, visualisoinnit, massamallit	> Hankepäätös > Investointipäätös
Hankesuunnitteluvaihe	> Investointipäätös	Vaatusmalli(t) Tilamalli(t)	
Luonnossuunnitteluvaihe		Alustava(t) rakennusosamalli(t) (as required)	> Rakentamispäätös
Toteutussuunnitteluvaihe	> Rakentamispäätös	Rakennusosamalli(t) (as designed)	
Rakennuksen toteutussuunnitelmat		Toteutusmalli(t) (as planned)	
Rakentamisen suunnitelmien lopullinen toteuma	> Vastaanottopäätös	Toteutumamalli(t) (as built)	> Vastaanottopäätös
Käyttöönottovaihe	> Takuiden vapauttaminen	Ylläpitomalli(t) (as maintained)	> Takuiden vapauttaminen

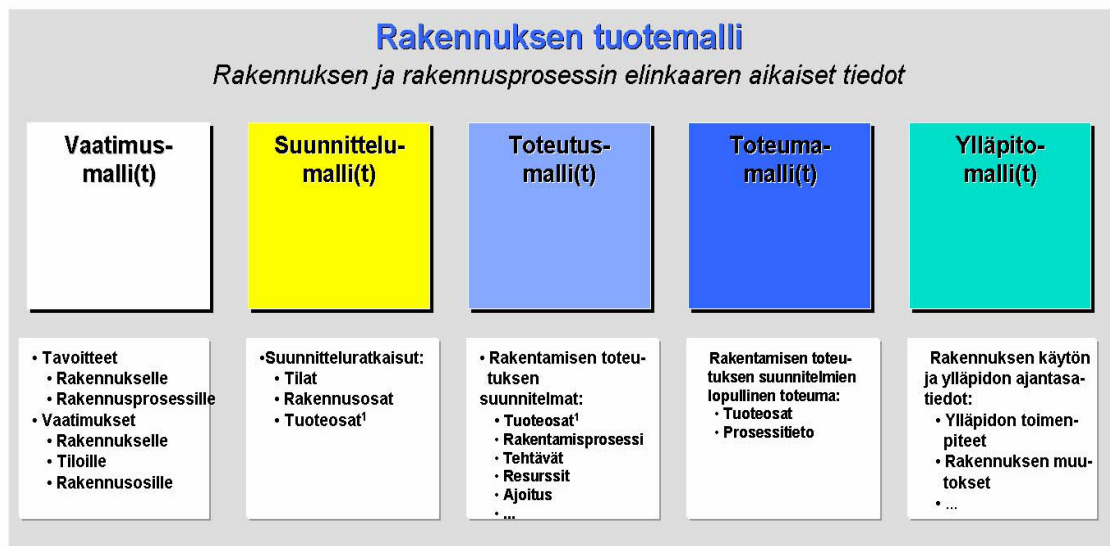
Taulukko 1 Rakennushankkeen eri vaiheet perinteisesti (vas.) ja tietomallintamalla (oik.) (Penttilä, Nissinen & Niemioja, 2006, 32.)

Tietomalliin on tarkoitus varastoida koko rakennuksen elinkaaren tiedot, joten sen rakenne ja sisältö on rakennushankkeiden vaiheiden mukaan kehittyvä. Aina edellisessä vaiheessa syntynyt tieto säilytetään ja tallennetaan projektin historiatietona. Tieto myös siirtyy seuraavaan vaiheeseen käytettäväksi siltä osin kun sitä voidaan hyödyntää. Seuraavassa kuvassa 13 on kuvattu eri vaiheiden sisältöä karkealla tasolla. Vaiheistus ei aina etene teoreettisen mallintamisen prosessinkulun mukaan, vaan eri vaiheiden tieto kertyy malliin, tiloihin, rakennuksiin ja tuoteosiin, projektin tarpeiden mukaan. (PRO IT - Tuotemalliohje, 2005)



TUOTEMALLIN VAIHEET

Karkea taso

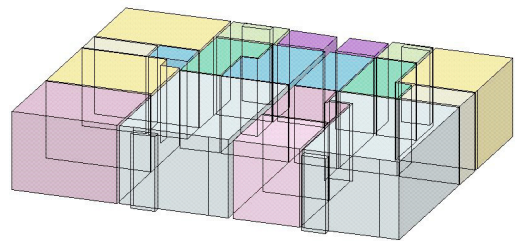


Tuoteosista osa voidaan valita rakennussuunnitteluvaiheessa, osa vasta toteutusvaiheessa

Kuva 13 Tietomallintamisen vaiheiden sisältöä karkeasti (Pro IT - Tuotemalliohje, 2005, 10)

Usein ei ole tarvetta kaikille vaiheille, koska on rakennushakkeita, joissa käytettävät tuotteet ovat tiedossa jo hanketta aloitettaessa. Tässä tapauksessa hankkeen mallintaminen voidaan aloittaa osin suoraan tuoteosamallina, tai yhdistämällä alustavan rakennusosamallin, rakennusosamallin ja tuoteosamallin, joka sisältäisi jo vaadittuja tuotteita, mutta myös yleisiä tuotekuvauksia sekä osan pelkkiä tuoterakenteita. (Penttilä, Nissinen & Niemioja, 2006, 32.)

Tietomallinnettavan hankkeen keskeisinä alkutekijöinä ovat vaatimusmallin ja tilamallin luominen (Kuva 14.). Nämä sisältävät hankkeelle oleellisten hanke- ja tilavaatimusten määrittelyn sekä asettamisen. Näitä kahta mallia voidaan verrata perinteiseen tarveselvitykseen ja hankesuunnitteluun. Vaatimusmalli on yleensä 3D-havainnollistus hankkeen rakennuksesta reunaehtojen mukaan eli toisinsanoin karkea tilamallin luonnos. Se voi olla joko alustavaa massoittelua tai ympäristökuviin upotettuja renderointeja. Tilamallin perustana on tilaohjelma tilatietoineen, joita pitäisi voida käyttää seuraavissa mallinnusvaiheissa liitettäessä tiloja rakennusosiin. Tilamallin tilatieoja voidaan verrata aseteltuihin vaatimustietoihin ja näin todeta onko pysytty asetetuissa tavoitteissa. Tulevaisuuden tavoitteena olisi, että suunnitelmien vaatimustenmukaisuus olisi sovelluksilla tarkistettavissa. (PRO IT - Tuotemalliohje, 2005; Penttilä, Nissinen & Niemioja, 2006; Valjus, Varis, Penttilä & Nissinen, 2007.)

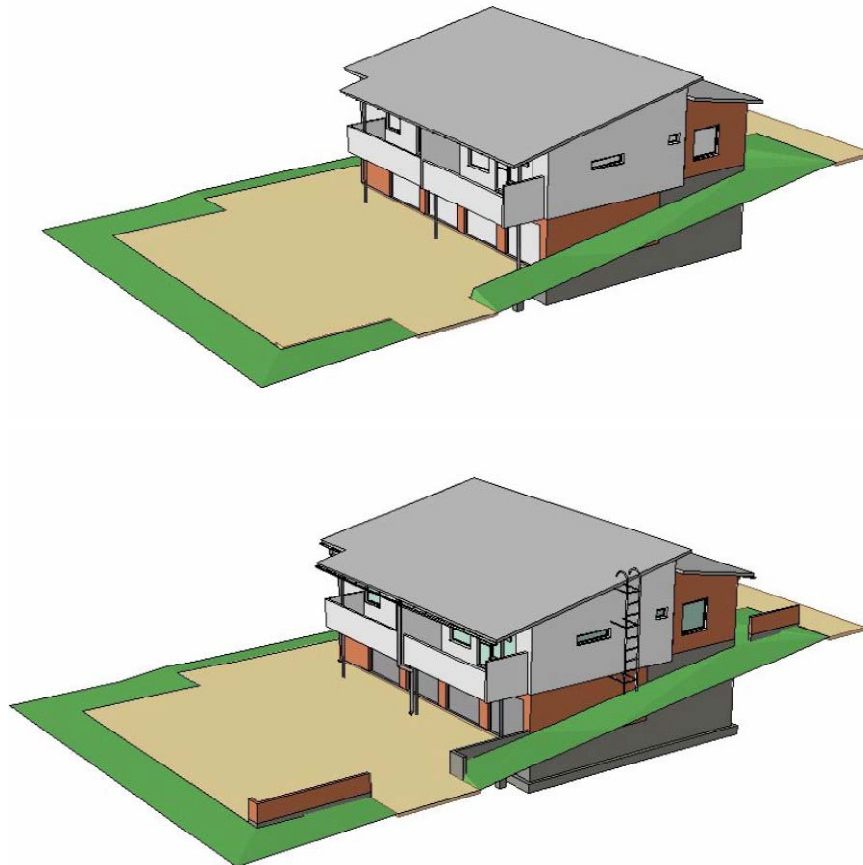


Kuva 14 Vaatimusmalli (vas.) ja tilamalli (oik.) (Lemminkäinen 2011; PRO IT - Tuotemalliohje, 2005, 20.)

Alustava rakennusosamalli vastaa perinteisen suunnittelun luonnossuunnitelmia. Ovet, ikkunat, aukot ja tilavarusteet kuten kiintokalusteet, varusteet ja laitteet, esitetään vähintään karkeina muotoina tai perusobjekteina ellei erityistä havainnollistamisen tarvetta ole. Alustavassa rakennusosamallissa esiintyvät rakenteisiin liittyvät viranomaismääräykset erilaisina vaatimuksina ja ehtoina. Seinärakenteita vastaavat esimerkiksi lämmöneristävyys-, paloluokka- ja äänieristävyysvaatimukset. Mallissa ei oteta vielä kantaa siihen, millainen seinärakenne on. Energia- ja elinkaarisimulointeja voidaan suorittaa alustavan raken-

nusosamallin perusteella, josta on suuri hyöty muun muassa tilaajalle. (PRO IT - Tuotemalliohje, 2005; Penttilä, Nissinen & Niemioja, 2006; Valjus, Varis, Penttilä & Nissinen, 2007.)

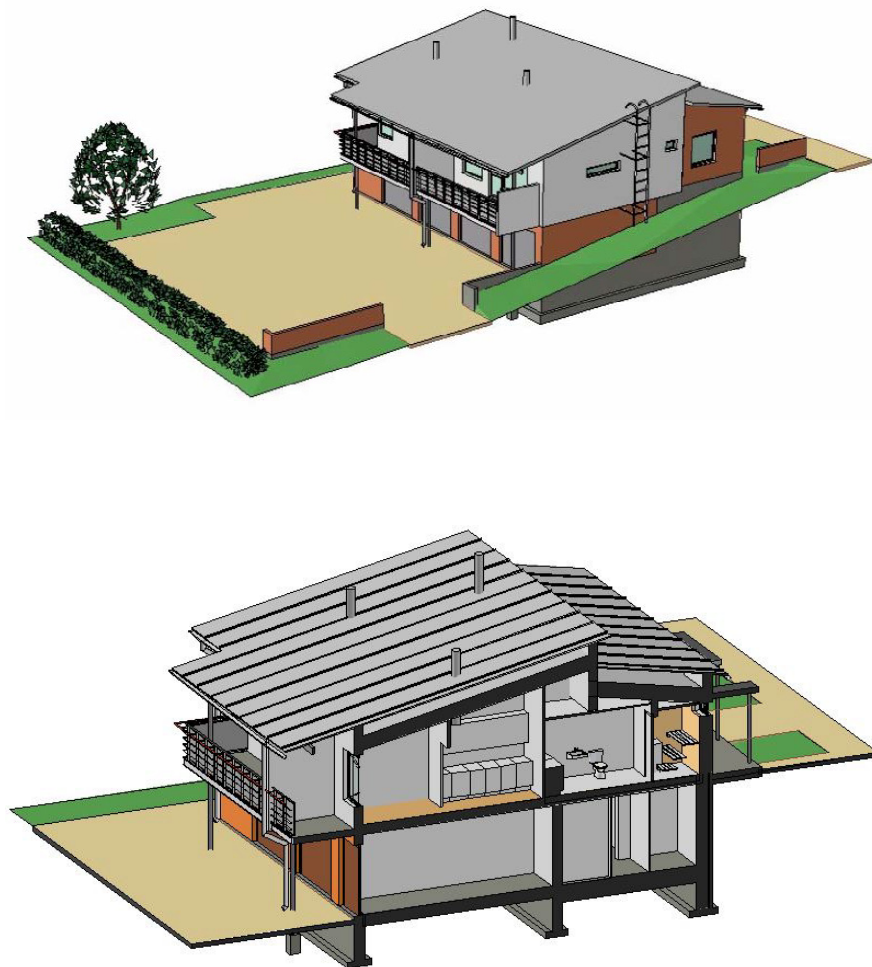
Alustava rakennusosamalli täydentyä rakennusosamalliksi tietojen karttuessa ja tarkentuessa (Kuva 15.). Tämä vastaa nykyistä toteutussuunnittelua. Rakennusosavaiheen mallintamiseen vaikuttavat hankinnan ja määrälaskennan tarpeet, eli mitä määriä mallista halutaan saada suoraan ulos. Tässä vaiheessa valitaan rakenteet ja rakenteet esiintyvät todellisina tuotteina, vaikka toimittajia ei ole vielä valittu. (PRO IT - Tuotemalliohje, 2005; Penttilä, Nissinen & Niemioja, 2006; Valjus, Varis, Penttilä & Nissinen, 2007.)



Kuva 15 Alustava rakennusosamalli (yllä) ja rakennusosamalli (alla) (PRO IT - Tuotemalliohje, 2005, 23, 25.)

Kun rakennusosiin liitetään yksityiskohtaisempaa tietoa, kuten materiaalit ja toimittajat, saadaan tuotetiedoilla päivitetty rakennusosamalli eli tuoteosamalli

(Kuva 16.). Tärkeintä tuoteosamallissa on rakennusosien ja objektien sisältämä tuotetieto. Seuraavat mallin päivitykset ovat rakentamisen malli (as built), joka sisältää työmaalle oleellisia aikataulu- ja asennustietoja ja ylläpidon malli (as maintained) joka on päivitetty vastaamaan tarkasti toteutunutta rakennusta. Näin sitä voidaan käyttää kiinteistönpidossa jatkossa. (PRO IT - Tuotemalliohje, 2005.)



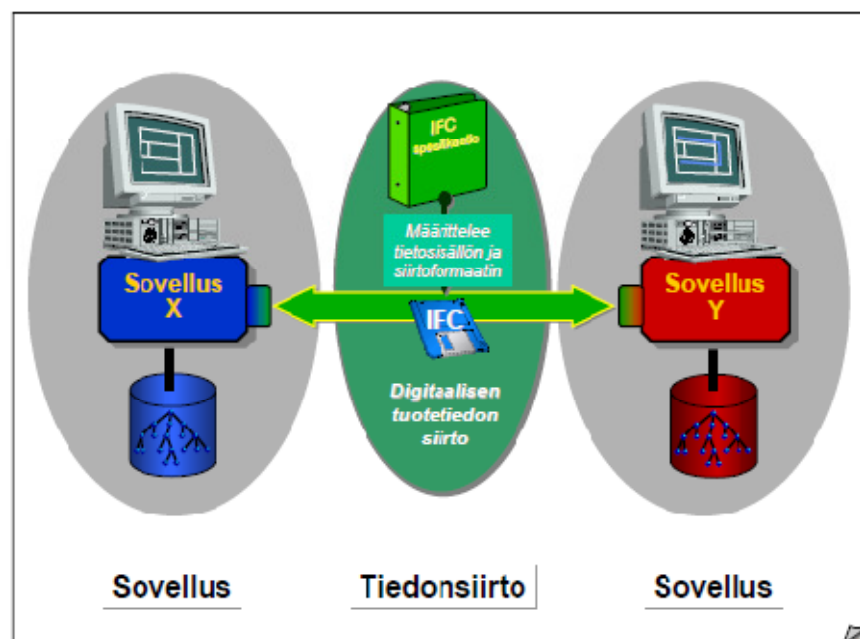
Kuva 16 Tuoteosamalli (yllä) ja tuoteosamallin leikkaus (alla) (PRO IT - Tuotemalliohje, 2005, 28, 29.)

Tietomalleja on tähän mennessä hyödynnetty käytännössä vain muutamissa vaiheissa, mutta teoriassa hyöty on saatavilla jokaisesta vaiheesta. Hyödyn haaku on rajoittunut määrälaskennan tehostamiseen, suunnitelmien tarkistamiseen

ja hankkeen visualisointiin. Vanhat tavat ja tekniset haasteet ovat olleet syinä tietomallintamisen täyden potentiaalin hyödyntämättömyyteen. (Penttilä, Nissinen & Niemioja, 2006, 32.)

3.3.3 Tiedonsiirto ja IFC-standardi

Suomalaisessa tietomallintamisessa käytetään kansainvälistä IFC-tiedonsiirtostandardia (Kuva 17.). IFC on ohjelmistoriippumaton tietomallimuotoisen tiedon siirtomuoto rakennus- ja kiinteistönpidon eri tietojärjestelmien välillä. IFC määrittelee tietokonesovelluksista riippumattoman tavan kolmiulotteisten tuotetietojen siirtämiseen eri sovellusten kesken. Tiedonsiirtoformaattia kehittää kansainvälinen avoin yhteenliittymä IAI-järjestö (International Alliance for Interoperability), jonka tavoitteena on valmistaa ja tarjota yhtenäinen pohja tiedonsiirtoon sekä tiedon yhteiskäyttöön koko rakennushankkeen läpi. IFC-standardin kehittäminen ja julkaiseminen sekä mallipohjaisen suunnittelun ja rakentamisen edistäminen ovat IAI:n keskeisiä tehtäviä. IFC:tä kehitetään jatkuvasti ja uusien versioiden kehittyessä tiedonsiirtostandardi on mahdollista ottaa yhä laajemmin käyttöön tietomallintamisessa. (Penttilä, Nissinen & Niemioja, 2006; Valjus, Varris, Penttilä & Nissinen, 2007.)



Kuva 17 IFC tiedonsiirron määrittäjänä (PRO IT - OP1.1: Selvitys IFC-spesifikaation tilanteesta, 2002, 6.)

Pyrkimyksenä IFC:llä on olla käytössä koko rakentamisen elinkaaren aikana ja huomioida rakentamisen eri osapuolien vaatimukset ja tarpeet. Myynnissä olevissa ohjelmistoissa on kuitenkin vielä paljon eroja siinä, miten ne tukevat tiedonsiirtostandardia. Täten projektin sisäisessä tiedonsiirrossa ja projektin ohjeistuksessa esimerkiksi suunnitteluosapuolien välillä tulee varmistaa, että osapuolet käyttävät samoja versioita IFC:stä sekä muista ohjelmistoista. IFC-standardi on kuitenkin vielä kehitysvaiheessa, joten sitä ei ole mahdollista käyttää kaikissa rakennusprosessin tiedonsiirron tarpeissa. Todennäköisesti tiedonsiirtostandardille tulee käymään samoin kuin CAD-käsitteelle viime vuosikymmenen aikana. Kun väline alkaa toimia riittävän hyvin, hankalat yksityiskohdat ja pienet ongelmat väistyvät ohjelmistojen käyttäjien kannalta taka-alalle. (Penttilä, Nissinen & Niemioja, 2006; Valjus, Varis, Penttilä & Nissinen, 2007.)

3.4 4D-mallintaminen

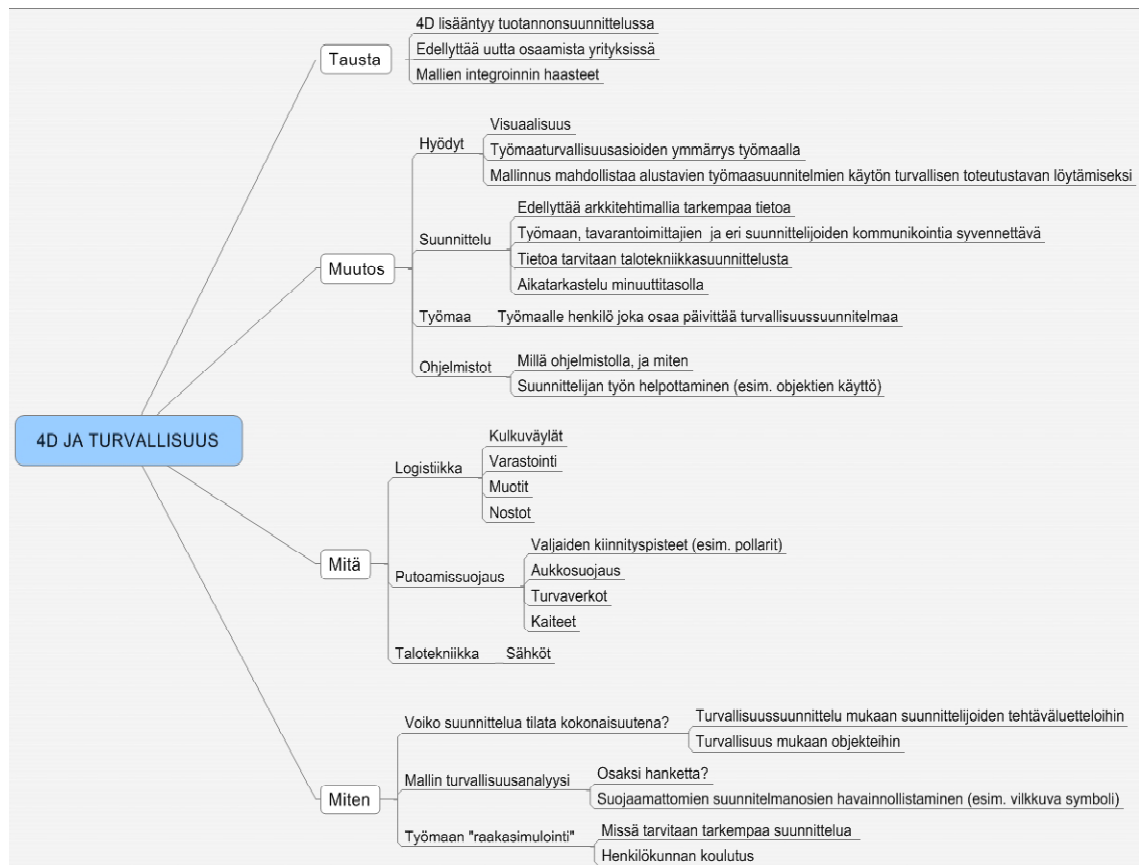
3D-tietomalleista päästään 4D-malleihin, kun mallin rakennusosa tietoihin lisätään aikakehys. Tällöin voidaan tarkastella rakentamisen suunniteltua tai toteutunutta tilannetta haluttuna aikana. Neljännen ulottuvuuden hyödyntäminen tietomallipohjaisessa rakentamisen tuotannosuunnittelussa kasvaa jatkuvasti. Tämänhetkinen 4D-suunnittelun hyödyntäminen on keskittynyt erityisesti elementtiasennusaikataulun suunnitteluun ja simuloimiseen. Toisin sanoen valmiin rakennemallin tai elementeiksi pilkotun arkkitehdin tietomallin yhdistäminen ja sitominen yleisaikataulun kalenteripäiviin. Simulointien ja 3D-havainnollistuksien avulla on voitu siirtää tietoa työmaatilanteesta hankkeen eri osapuolille helposti verkon välityksellä. Neljännen ulottuvuuden mallintaminen mahdollistaa myös käyttäjän määrittämien väriyissäätöjen käytön esimerkiksi korostevärien käyttö seuraavana päivänä asennettaville elementeille. Turvallisuusinformaatiota ja erityishuomiota vaativia rakenteita voidaan mallissa korostaa jo muuten havainnollisen geometriatiedon lisäksi 3D-selitysteksteillä. (Sulankivi ym. 2009, 49, 50, 69.)

Muualla maailmalla kuten USA:ssa tietomallien hyödyntäminen on alkanut nimenomaan tuotannosuunnittelun näkökulmasta ja näkynyt vahvimmin juuri 4D-mallintamisena. Aikataulujen, kustannuslaskennan ja hankintojen hallinta

ovat olleet kehityshankkeiden pääasiallisia lähtökohtia. Tästä johtuen tietomallipohjaisia kustannuslaskentasovelluksia on jo tarjolla ja aikataulujen tietomalliin yhdistäviä ns. 4D-toteutuksia on olemassa useita. 4D-pilottihankkeita ja toimistusten ohjausta sekä menetelmäsuunnitteluun liittyviä kokeiluja on ollut esillä myös Suomessa. (Sulankivi ym. 2009, 49, 50, 69.)

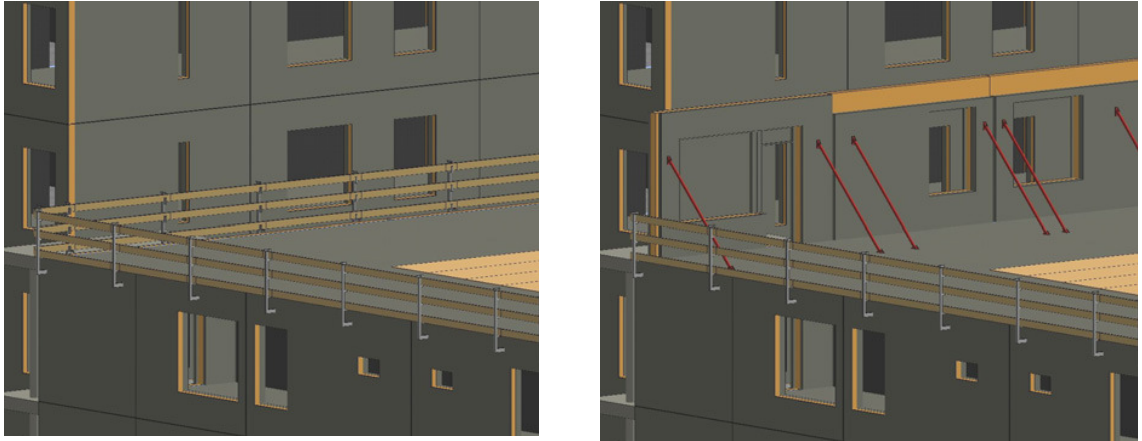
3.4.1 4D ja turvallisuus

Työmaan turvallisuutta on ennen pidetty muun tuotannosuunnittelun ohella jossain määrin erillisenä asiana. Käytännössä turvallisuussuunnitelmat ovat olleet täysin erillisiä asiakirjoja, joiden ristiriitoja, yhteensopivuutta tai yhtenäisyyttä ei ole pystytty kunnolla arvioimaan saati esittämään. Sama yhteensopivuusongelma koskee myös turvallisuussuunnitelmien yhteensopivuutta muun tuotannosuunnittelun kanssa. 4D mahdollistaa turvallisuustehtävien linkittämisen normaaliin tuotannosuunnitteluun paremmin kuin ennen. Kuvassa 18 havainnollistetaan turvallisuuden liittämistä 4D-suunnitteluun. Ennen rakennustöiden alkamista tapahtuvalla toteutusprosessin simuloinnilla pystytään arvioimaan esim. toteutukseen liittyviä riskejä ja kohteen yleistä rakennettavuutta itse työmaalla. Rakentamisjärjestyksen ja työvaiheisiin liittyvien turvallisuustekijöiden samanaikainen suunnittelu ja analysointi parantavat vaaratekijöiden tunnistamista samalla vähentäen työvaiheisiin liittyviä riskitekijöitä. Nämä tekijät yhdessä parantavat kohteen rakennettavuutta ja helpottavat yleistä turvallisuuden suunnittelua. Tunnistetut vaaratekijät ja riskit sekä valitut toimenpiteet niiden estämiseksi voidaan visualisoida 4D-mallinnuksella tavalla, joka on helposti ymmärrettävissä. 4D-tietomallissa voidaan tarkastella myös töiden yhteensovittamista ja tilan riittävyttä turvalliseen työskentelyyn sekä hyödyntää tuotettuja havainnekuvia ja simulaatioita esim. perehdytykseen tai työnopastukseen. (Sulankivi ym. 2009.)



Kuva 18 Turvallisuuden liittäminen 4D-suunnitteluun (Sulankivi ym. 2009, 61.)

4D-tuotannosuunnittelussa on uusi aikakausi rakentamisen tuotannonohjauksessa. Samalla on mahdollisuus sisällyttää turvallisuus ja sen hallinta paremmin koko tuotantoprosessiin. 4D-mallinnuksen käyttö keskittyy tällä hetkellä elementtiasennusten aikataulutukseen ja seurantaan. Tulevaisuuden näkymiä ovat tietyissä työvaiheissa tarpeellisten turvallisuusjärjestelyiden näkyminen 4D-mallissa. Keskeisimpiä näistä ovat putoamissuojaus, kuten turvavaljaiden kiinnityskohdat, suojakaiteet sekä aukkosuojaukset niin holvilla kuin maarakentamisessa. Seuraavissa kuvassa 19 näkyy 4D:n liittäminen mahdollisuuksia tuotannosuunnitteluun elementtiasennuksen putoamissuojauksessa. Tämä on turvallisuuden hallinnan kannalta iso edistysaskel mentäessä kohti tietomallipohjaista turvallisuuden hallintaa. Putoamissuojaussuunnittelun yhdistäminen 4D-tuotannosuunnitteluun edistäisi putoamissuojaussuunnittelua myös siksi, että käytännössä työmailla putoamissuojaussuunnitelma nähdään hyvin harvoin. (Sulankivi ym. 2009.)



Kuva 19 Mallinnus putoamissuojauksesta elementtiasennuksessa (Sulankivi ym. 2009, 50.)

Mietittyään rakennusosien asennusjärjestyksiä, pitäisi rakennesuunnittelijan esittää suunnitelma 4D-simulaationa tuotannon suunnittelijoille, jotka pystyisivät kertomaan, kuinka putoamissuojaukset toteutetaan. Suunnittelijat saisivat näin suoran palautteen, jonka perusteella rakennettavuus ja turvallisuus saataisiin huomioitua paremmin jo suunnitteluvaiheessa. Seuraavassa taulukossa 2 on lueteltu muutamia 4D-tuotannosuunnitteluun liitettävissä olevia turvallisuus-suunnitelmia, sekä mallissa käytettäviä turvallisuusvälineitä. (Sulankivi ym. 2009.)

Turvallisuustehtäviä	Mallinnusmahdollisuuksia
Putoamissuojauksuunnitelma	<ul style="list-style-type: none"> - Suojakaiteet ja niiden kiinnityselimet - Suojakatokset ja niiden kiinnitykset - Ankkurointipisteet, esim. turvaljaat - Aukkosuojaus esim. holveilla
Telinesuunnitelma	<ul style="list-style-type: none"> - Telineet -Tarkastuksien statusitieto kuten suunniteltu ja toteutunut pystytyspäiväkin
Pelastussuunnitelma, palontorjuntasuunnitelma	<ul style="list-style-type: none"> - Ajoväylät, hyökkäystiet, erityisesti hälytysajoneuvoille - Poistumistiet - Sammutuskaluston sijainti ja laatu

<p>Nosto- ja siirtotyösuunnitelma sekä tarkastukset</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nostokalusto kuten torninosturit jalustoineen tai ratoineen sekä ulottuma ja nostokapasiteettitiedolla varustettuna - Ajoneuvonosturit ulottuma ja nostokapasiteettitiedolla varustettuna sekä nostopaikat - Rakennushissi nostokapasiteettitietoineen - Kurottajat, trukit ja muut nostokoneet vaara-alueineen - Tarkastuksien statustieto kuten suunniteltu ja toteutunut pystytyspäiväkin
<p>Tulitöiden suunnittelu</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alkusammutuskalusto ja sen sijainti - Tulityön suoja-alue, jolla ei saa olla syttyviä materiaaleja, esim. 3D-kappaleella kuten nosturiulottuvuus - Poistumisteiden havainnollistus tulityöalueelta

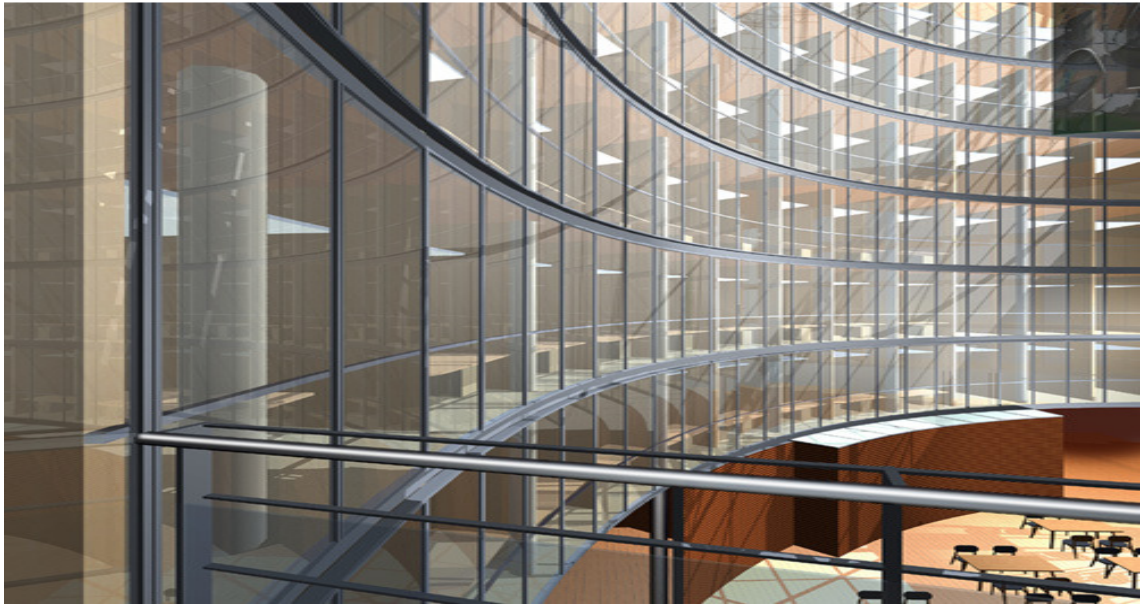
Taulukko 2 Turvallisuuteen liittyviä tehtäviä ja suunnitelmia sekä näiden mallinnummahdollisuuksia (Sulankivi ym. 2009, 51.)

"Tavoitteena on, että tulevaisuudessa rakennushankkeen turvallisuustehtävien suunnittelu ja päivitykset voidaan tehdä 4D-tietomallin avulla, mikä on nykyistä, staattista 3D-mallintamista dynaamisempi toimintatapa ja tuo aivan uusia käyttömahdollisuuksia turvallisuuden hallintaan." (Sulankivi ym. 2009, 69.)

3.5 ArchiCAD-ohjelmaesittely

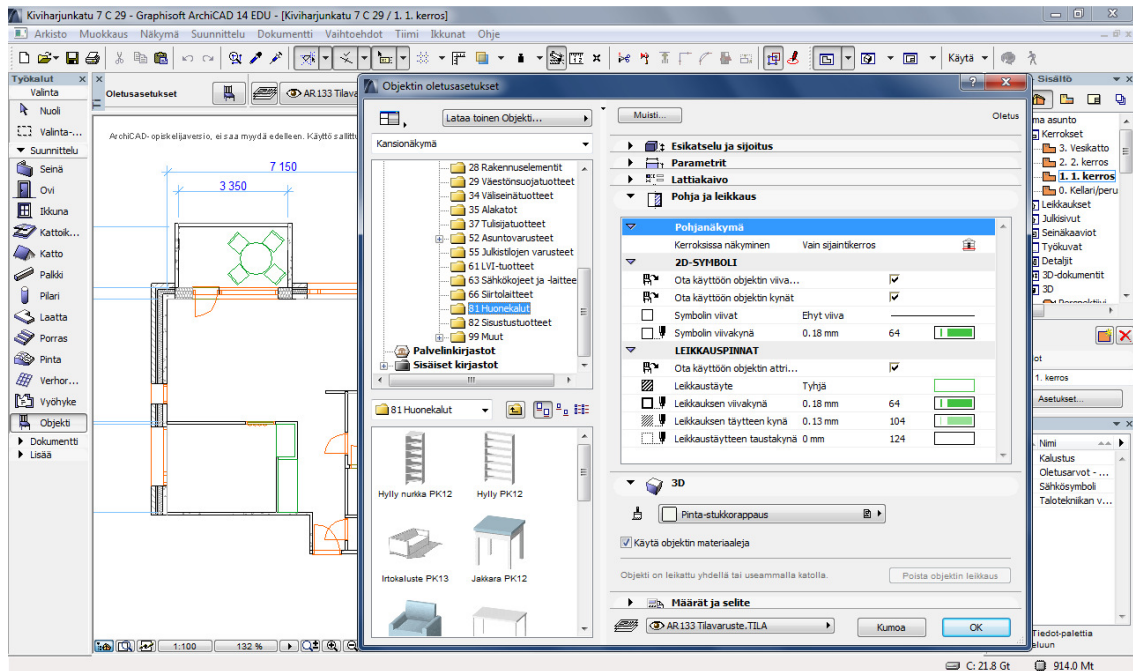
ArchiCAD on rakennussuunnittelijalle kehitetty työkalu jonka ajatuksena on rakennuksen kokonaisvaltainen simulointi. Ohjelman yhtenä pääajatuksena on, että rakennuksen muodostuessa kolmiulotteiseksi malliksi samalla syntyvät myös 2D-piirustukset sekä määrä- ja tuoteluettelot. Ominaisuus toimii molempiin suuntiin, eli työskenneltäessä perinteisesti kaksikulotteisilla piirustustyökaluilla ohjelma luo ja päivittää 3D-mallia viivapiirtoon upotetun geometria-, ja tuotetiedon perusteella. Ohjelmalla on mahdollista hallita koko rakennuksen elinkaari aina hankesuunnittelusta kiinteistönylläpitoon. Rakennushankkeen visualisointi on nykypäivänä tärkeässä roolissa hankkeiden markkinoinnissa ja ArchiCADistä

löytyy tähän monia mahdollisuuksia kuten animaatioiden luonti, perspektiivikuvat, valokuvarenderointi tai virtuaalimaailman luonti (Kuva 20.). Ohjelmaan on myös saatavilla erilaisia lisäosia sekä laajennuksia auttamaan ja monipuolistamaan käyttöä. Tallennusmuotoja on useita ja ohjelmistojen välisiä yhteensopivuuksia kehitetään jatkuvasti.



Kuva 20 ArchiCAD visualisointi renderoimalla (ArchiCAD 2011)

Tietomallipohjaisen suunnittelun yleistyessä on tarvetta ja hyötyä käyttää todellisia tuotteita jo suunnitteluvaiheessa, jotta päästäisiin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa hanketta lähelle rakennuksen todellista lopputulosta. ArchiCADin käyttö perustuu pitkälti valmiiden GDL-muotoisten objektien ja niitä sisältävien objektikirjastojen käyttöön (Kuva 21.). Objektit voivat sisältää hyvin monipuolista geometrista, tuote- ja määrälaskentatietoa. Tietoja voidaan hyödyntää esimerkiksi osapuolten välisessä tiedonkulussa tai tilausten hallinnassa. Tyypillisiä esimerkkejä käytettävistä objekteista ovat ikkunat, ovet, kalusteet ja rakennesuunnitelmien liitoskomponentit. Objektit ovat parametrisia joka tarkoittaa, että objekti on ominaisuuksiltaan muokattavissa eri käyttökohteisiin ja tarkoituksiin. GDL-muodossa olevien objektien vahvuuksia ovat myös pieni koko suhteessa tiedon määrään. Näin ollen paljon objekteja sisältävän tietomallin koko pysyy hallittavissa ja helposti siirrettävissä osapuolten välillä vaikka verkon välityksellä. (ArchiCAD 2011.)



Kuva 21 ArchiCAD käyttöliittymä ja objektkirjasto (Moisio, 2011.)

4 CASE-SAIMAA VILLAS

4.1 Yritysesittely Karjalan Rakennus ja Maalaus Oy

Karjalan Rakennus ja Maalaus Oy on Etelä-Karjalan ja Etelä-Savon maakunnissa toimiva rakennusliike, joka on erikoistunut pien- ja rivitalojen aluerakentamiseen ja julkisten rakennusten peruskorjaukseen. Yritys tunnetaan myös nimellä Karama ja sen päätoimialoina ovat rakentamisen pää- ja projektinjohdourakointi uudis- sekä korjausrakentamisessa. Karama on perheyritys, jonka toimitusjohtajana toimii Petri Siitonen. Henkilöstöä yrityksellä on noin 15–20 henkilöä. Yrityksen liikevaihto vuonna 2010 oli noin 5 milj. euroa. (Karjalan Rakennus ja Maalaus Oy, 2011.)

4.2 Case-kohteen esittely

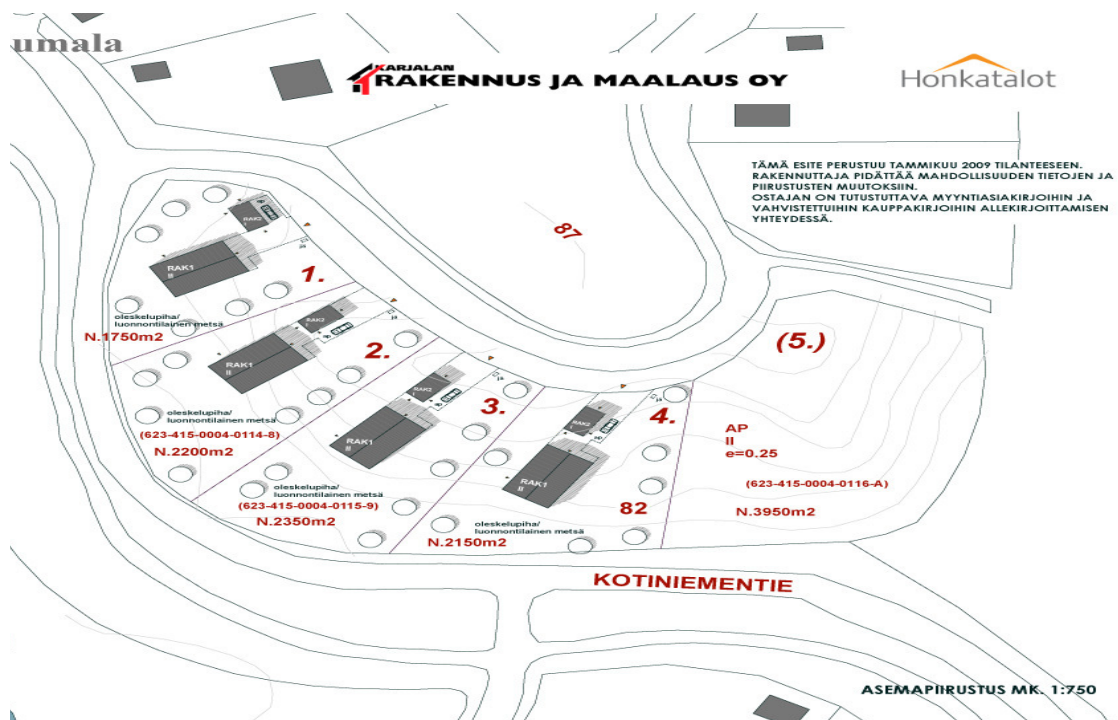
Saimaa Villas (kuvat 22 ja 23) tullaan rakentamaan Puumalan sillan vieressä sijaitsevaan kotiniemeen. Kohde koostuu neljästä korkeatasoisesta kaksikerroksisesta 153 neliömetrin kokoisesta pientalosta autokatoksineen. Talot raken-

netaan rinnetonteille, joiden pinta-alat ovat noin 1800–2400 neliometriä ja joissa korkeuserot ovat parhaimmillaan yli kuusi metriä ja talojen väliset etäisyydet noin 45 metriä. Nämä seikat tekevät kohteesta rakentamisen toteutuksen kannalta hankalan. (Karjalan Rakennus ja Maalaus Oy, 2011.)

Kohteen pääurakoitsijana toimii Karjalan Rakennus ja Maalaus Oy. Kohteen rakentaminen on tarkoitus aloittaa toukokuun puolivälissä 2011 ja kohde valmistuu joulukuuhun 2011 mennessä. Rakennukset tulevat Honkatalolta ja ovat arkkitehdin erikseen suunnittelema. Kantavana rakenteena rakennuksissa on liimapuurunko ja ulkoseinät ovat elementtirakenteisia. Alakerrassa ulkoseinät ovat betonielementtejä ja yläkerrassa puuelementtejä.



Kuva 22 Arkkitehdin tietomallista renderoitu havainnekuva Saimaa Villas kohteesta (Karjalan Rakennus ja Maalaus Oy, 2011.)



Kuva 23 Saimaa Villas asemapiirustus (Karjalan Rakennus ja Maalaus Oy, 2011.)

Tutkimuksen lähtötietoina olivat case-kohteesta arkkitehdin toimesta laaditut lupapiirustukset ja 3D-malli, jossa oli mallinnettuna yksi tontti rakennuksineen.

5 TUOTANNON SUUNNITELMIEN INTEGROINTI TIETOMALLIIN

Tutkimuksen tavoitteena oli saada laaditut suunnitelmat liitettyä työmaan tietomalliin siten, että lopputuloksena olisi työmaan johdolle helppokäyttöinen, havainnollinen ja mahdollisimman informatiivinen työkalu. Mallinnuksessa käytettiin ArchiCAD-ohjelmistoa, koska arkkitehdin tietomalli oli tehty kyseisellä ohjelmistolla ja juuri tähän työhön ohjelmisto soveltui nopeutensa ja käyttäjäystävällisyytensä vuoksi. ArchiCAD-ohjelmistoa käyttämällä haluttiin myös välttyä mahdollisilta eri ohjelmistojen välisiltä käännösongelmilta. Suurin osa työmaan eri esineiden ja koneiden objekteista saatiin VTT:n TurvaBIM hankkeen objekti-kirjastosta.

Ennen varsinaisten tuotannon suunnitelmien liittämistä oli tietomallia täydennettävä maaston ja rakennusten osalta. Arkkitehdiltä saadussa mallissa oli ainoastaan yksi rakennus ja tontti (Liite 1). Ympäröivä maasto, tiet ja muut rakennukset mallinnettiin asemapiirustuksen mukaisesti (Liite 1). Näin saatiin koko työmaa-alueesta malli, jotta tutkimus voitaisiin toteuttaa tavoitteiden mukaisesti koko työmaan osalta. Seuraavassa käydään läpi yksitellen jokaisen suunnitelman integrointi tietomalliin, millainen oli tavoiteltu lopputulos ja millaiseen lopputulokseen päästiin.

Yleisaikataulu

Yleisaikataulun liittäminen tietomalliin eli 4D-mallinnus ei ollut työssä mahdollista ArchiCAD-ohjelmistoa käyttäen, koska kyseinen ominaisuus puuttuu, joten se jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle.

Työturvallisuussuunnitelma

Suunnitelman sisältö sisällytettiin malliin liittämällä ne pdf-muotoisina mallissa työmaalla sijaitseviin esineitä ja laitteita kuvaaviin objekteihin. Esimerkiksi autonosturin objektiin liitettiin sitä vastaava käyttöönottolomake, rakennuksiin liitettiin pölynhallintasuunnitelma ja työmaatoimistoa kuvaavaan objektiin liitettiin mm. perehdytyslomake ja turvallisuussäännöt. Tavoitteena oli saada lomakkeiden ja muun sisällön avaaminen helppokäyttöiseksi yksinkertaisesti liittämällä ne objektin ominaisuuksiin ja avaamalla ne suoraan 3D-näkymässä objektin valitsemalla, mutta tähän ei ollut mahdollisuutta mallinnusohjelmistossa. Lomakkeiden yms. avaaminen onnistui kuitenkin 2D-tilassa liittämällä ne pdf-muotoisena objektin päälle tehdyn detaljin viitekuvaksi, jolloin sisältö saadaan näkyviin, mutta esim. lomakkeita ei ole mahdollista täyttää (Liite 2).

Aluesuunnitelma

Maastomallinnuksen ja rakennusten sijoittamisen jälkeen käytettiin 2D-aluesuunnitelmaa pohjana eli niin sanottuna häämökuvana, jonka mukaan työmaan eri välineitä ja esineitä kuvaavat objektit sijoitettiin suunnitelluille paikoil-

leen. Aluesuunnitelman sisällön mallintamisessa käytettiin myös 3D-huomiotekstejä ja huomiovärejä, jotta työmaan alueet, tarvikkeet, välineet ja koneet on helppo erottaa (Liite 3).

Putoamissuojaus

Putoamissuojaus mallinnettiin käyttäen verkosta haettuja putoamissuojausobjekteja ja sijoittamalla ne 2D-putoamissuojaussuunnitelman mukaisiin paikkoihin. 4D-mallinnusominaisuuden puuttumisesta johtuen putoamissuojaus on mahdollista mallintaa järkevästi vain yhdessä työmaan vaiheessa. Tässä tapauksessa rakennukset olivat valmiina, joten mallinnettaviin putoamissuojauksiin kuuluivat vesikattojen sekä parvekkeiden suojakaiteet, portaat sekä kulkutasot, suojakatokset ja aidat sekä portit (Liite 4).

Logistiikka

Työmaalle mallinnettiin aluesuunnitelman mukaiset purku-, lastaus- ja varastointialueet, jotka merkittiin 3D-huomiotekstillä (Liite 5). Logistiikkasuunnitelman sisältöä ei ole tuotannon kannalta käytännöllistä mallintaa tuotannosuunnitteluvaiheessa, mutta työmaan edetessä olisi mahdollista sijoittaa eri tuoteryhmien objekteja niille varattuihin varastoalueisiin ja näin saada tärkeää tietoa varastoalueiden riittävydestä. Logistiikkasuunnitelma liitettiin kuitenkin pdf-muodossa purku-, lastaus- ja varastointialueiden päälle 2D-tilassa tehtyjen detaljien viitekuvaksi, josta voi nähdä suunnitelman sisällön.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Tietomallin käytöllä saavutettavat hyödyt

Tietomallinnuksen käyttö parantaa hankkeen tuottavuutta lähes jokaisella osa-alueella. Työmaan tietomalli on tärkeä työkalu työmaan johdolle kokonaiskuvan hahmottamiseen ja hallintaan sekä rakentamisen tehostamiseen. Aikataulutus

ja ajankäytön seuraaminen on tehokkaampaa ja havainnollisempaa käyttämällä 4D-mallintamista työmaan tietomallintamisessa. Tuotannon häiriöitä aiheuttavien hankalien detaljien hahmottaminen ja häiriöiden ennakointi paranee 3D-mallista otettuja havainnekuvia käyttämällä. Havainnekuvia käyttämällä voidaan myös yleisesti parantaa hankkeen osapuolten välistä kommunikointia. Tämän lisäksi voidaan tietomallin avulla tehdä törmäystarkasteluja esimerkiksi lvi-putkistojen sijoittamisesta, jotta päällekkäisyydet huomattaisiin jo ennen työvaiheen alkamista. Kaikkien suunnittelualojen yhdistetty tietomalli tuo selvää nopeutta työmaan määrälaskentaan, mikä puolestaan pienentää kustannuksia.

Työmaa-alueen rakennusten ja maaston tarkka mallinnus geosuunnittelijan ja arkkitehdin avulla parantaa merkittävästi esimerkiksi korkomaailman hallintaa suuria korkeuseroja omaavilla tonteilla ja helpottaa massojen laskemista. Kolmiulotteisuus tekee aluesuunnittelusta helpompaa kuin perinteisesti kaksiulotteisella suunnittelutavalla, ja jos maasto on mallinnettu käyttämällä gps-mittauksista saatuja korkotietoja, saadaan koroiltaan täysin mittatarkka malli, josta voidaan tarkastaa mikä tahansa korko ilman paikanpäällä tehtäviä tarkistusmittauksia.

Mallinnettu aluesuunnitelma helpottaa työmaan havainnollistamista ja sitä voidaan käyttää avuksi uusien työntekijöiden perehdyttämisessä ennen varsinaista työmaakierrosta. Turvallisuusriskien tunnistaminen ja poistotoimenpiteiden suunnittelu on huomattavasti tehokkaampaa käyttämällä BIM-aluesuunnitelmaa avuksi. Putoamisvaaralliset työalueet on helppo havaita ja varautua oikeantyyppisellä suojauksella. Tietomallin avulla on mahdollista liittää työturvallisuus-suunnitelma sekä putoamissuojaussuunnitelma entistä läheisemmin työmaan toimintoihin liittämällä suunnitelman sisältö suoraan malliin.

Työmaan logistiikan hallinnassa tietomallia voidaan käyttää varastotilojen suunnittelussa ja ylläpidossa sekä purku- ja lastausalueiden toiminnan tarkastelussa. Oikean nostokaluston ja nostopaikkojen valinta sekä nostokyvyn tarkistaminen onnistuu paremmin ja useammin havainnollistamalla sekä huomioimalla kolmas ulottuvuus nostojen suunnittelussa.

6.2 Tietomallin käytössä esiintyvät ongelmat

Ongelmat liittyvät lähinnä mallinnusohjelmistoihin ja niiden käyttötaitoon, ominaisuuksien puutteellisuuteen ja yhteensopivuuksiin muiden ohjelmistojen kanssa. Ohjelmistojen käyttö on haastavaa ja vaatii käyttäjältään paljon perehtymistä ja perehdyttämistä. Mallintaminen vaatii paljon käyttäjän lisäksi myös tietokoneilta joilla sitä tehdään. Mitä yksityiskohtaisempi tietomallista tehdään, sitä raskaampi se on käyttää ja itse mallin tiedostosta tulee suurempi, jolloin tiedoston käsittely ja jakaminen vaikeutuu. Tiedonsiirrossa IFC-standardi on vielä puutteellinen eikä mallien yhdistäminen vielä läheskään aina onnistu täydellisesti, mikä voi johtaa virheisiin rakentamisvaiheessa.

Työmaakäytössä mallinnusohjelmat ovat vielä kehitysasteella. Tuotannosuunnitteluominaisuuksien kuten 4D-mallinnuksen ja työmaaobjektien parametrisuuden puute ovat tehokkaan työmaasoveltamisen esteenä. Muita esteitä tietomallinnuksen kokonaisvaltaiselle käyttöönotolle ovat yhteisten linjojen puuttuminen koko rakennusteollisuudessa. Tietomallinnuksen käyttöä koko hankkeen läpiviennissä on tehty vain yksittäisissä pilottikohteissa.

6.3 Jatkossa

Jotta tulevaisuudessa tietomallit saataisiin arkipäiväiseksi työkaluksi työmaalla, tulee ohjelmistojen tuotannonohjausominaisuuksia ja tiedonsiirtoa kehittää ja saada itse ohjelmistoja helpommin lähestyttäviksi. 4D-ominaisuuksien jatkokehitys ja toiminnan tutkimus käytännössä on työmaakäytön kannalta tärkeintä.

Ohjelmistojen kehittämisen lisäksi toimivan tuotantomallin aikaansaamiseksi täytyisi tehdä yhtenäiset säännöt tietomallintamiseen eri suunnittelualojen välillä. Tuotantomalli vaatisi eri suunnittelumallien yhdistämistä yhdeksi kokonaisuudeksi, jotta työmaalla voitaisiin suorittaa törmäystarkasteluja ja määrälaskentaa ilman puutteita tai virheitä. Tämän lisäksi vaadittaisiin myös materiaali-toimittajien sitoutumista tietomallintamiseen, jotta suunnittelijat saisivat käyttöönsä suunniteltuja tuotteita vastaavat objektit. Objektit voisivat sisältää oikeiden tuotteiden tietoja ja ominaisuuksia. Näin saataisiin täysin todellisia raken-

nuksia vastaavia malleja, jotka sisältäisivät paljon hyödyllistä informaatiota rakentamisen tueksi ja rakentamisvaiheen päätyttyä rakennusten ylläpitoon.

7 SUUNNITELMIEN VERTAILU

Perinteiseen tapaan laadituista suunnitelmista putoamissuojaussuunnitelma sekä aluesuunnitelma saatiin täysin muunnettua tietomallipohjaisiksi. Suunnitelmat ovat ainoastaan esineitä kuvaavia, joten muuttaminen oli yksinkertaista ja sama tieto saadaan havainnollisemmassa muodossa tietomallin 3D-näkymässä. Esimerkiksi työmaan korkomaailman hahmottaminen perinteisestä aluesuunnitelmasta on vaikeaa ilman kokemusta. Näissä suunnitelmissa juuri asian havainnollistaminen kolmiulotteisesti on suuri edistysaskel perinteiseen tapaan verrattuna.

Perinteisessä logistiikkasuunnitelmassa mietitään logistiikkaketjut työmaalla alusta loppuun, mutta suunnitelmassa annetaan lähinnä vain ohjeita siitä miten purku ja asennukset toteutetaan. Varsinainen toteutus voi olla vaikea hahmottaa kirjallisena. Logistiikkasuunnitelma liitettiin kirjallisena työmaan logistisiin alueisiin, mutta logistiikan hallinta hyötyy tietomallin kolmiulotteisesta esitysmuodosta. Varastointialueet voidaan suunnitella tarkasti kullekin tuoteryhmällä, ja tilan riittävyys voidaan suoraan nähdä objekteja sijoittamalla. Nostojen, purkujen ja kuljetusten suunnittelu on helpompaa, koska optimaalisten nosto ja kuljetusreittien hahmottaminen ja löytäminen on nopeaa.

Työturvallisuussuunnitelma on kirjallisessa muodossa oleva työmaan turvallisuuden hallintaväline, joka koostuu lomakkeista ja ohjeista. Tietomallia hyödyntämällä saadaan muuten irralliselta tuntuvat lomakkeet liitettyä konkreettisemmin työmaan eri kohteisiin.

8 PÄÄTELMÄT

Tietomallintaminen on rakentamisen tuotannon apuvälineenä vielä kehitysteella. Tietomalleja pystytään jossain määrin käyttämään työmaalla, mutta ei vielä täydellä kapasiteetilla. Työn tavoitteet olivat korkealla ja jo alussa oli tiedossa, että tietomallin kanssa tavoitteisiin ei täysin päästäisi. Tuloksena saatiin kuitenkin arvokasta tietoa tietomallin käytöstä työmaan tuotannosuunnittelussa ja sen vaatimuksista sekä mahdollisuuksista työmaan johdon työkaluna, jossa työmaa-alueen hallinta olisi yhdessä paketissa. Tulevaisuudessa, kun tietomallien täysi potentiaali saadaan käyttöön, tulee tuotannosuunnittelu ja rakentaminen tehostumaan lähes joka osa-alueella. Suurimmat tehot saadaan ulos muun muassa määrälaskennassa, aikataulutuksessa, turvallisuussuunnittelussa ja logistiikan hallinnassa. Tuotannon näkökulmasta törmäystarkastelut ja määrälaskenta ovat olleet tähän mennessä tietomallien tärkein hyöty. Jatkossa tietomallit tulevat olemaan tärkeä osa työmaan hallintaa, ohjaamista ja johtamista. Kuitenkin fakta on, että perinteiset kaksikulotteiset CAD-piirustukset tulevat pysymään käytössä vielä useita vuosia niiden yksinkertaisuuden ja helppokäyttöisyyden vuoksi.

KUVAT

Kuva 1 Ajallisen suunnittelun kulku yleisaikataulun suunnittelussa, s. 15

Kuva 2 Osakohteisiin jakamisen vaikutus hankkeen keston, s. 17

Kuva 3 Rakennushankkeen päätoteuttajan yleisaikataulu, s. 21

Kuva 4 Riskianalyysi ja riskien arviointi, s. 25

Kuva 5 Esimerkki 2D-aluesuunnitelmasta, s. 33

Kuva 6 Esimerkki putoamissuojaussuunnitelmasta, s. 41

Kuva 7 Suojakaide, suojaverkko, harjakattokaide ja kaiteelliset portaat, s. 43

Kuva 8 Jalkalista ja turvakansi, s. 44

Kuva 9 Henkilökohtaisia putoamissuojavälineitä. Kokovaljaat, kelautuva vaijeritarrain ja vaimentava liitosköysi, s. 45

Kuva 10 Tietomalli, s. 53

Kuva 11 Dokumenttien tuottaminen perinteisesti CAD-järjestelmällä, s. 55

Kuva 12 Tietomallinnuksen vaiheet, s. 58

Kuva 13 Tietomallintamisen vaiheiden sisältöä karkeasti, s. 59

Kuva 14 Vaatimusmalli ja tilamalli, s. 60

Kuva 15 Alustava rakennusosamalli ja rakennusosamalli, s. 61

Kuva 16 Tuoteosamalli ja tuoteosamallin leikkaus, s. 62

Kuva 17 IFC tiedonsiirron määrittäjänä, s. 63

Kuva 18 Turvallisuuden liittäminen 4D-suunnitteluun, s. 66

Kuva 19 Mallinnus putoamissuojauksesta elementtiasennuksessa, s. 67

Kuva 20 ArchiCAD visualisointi renderoimalla, s. 69

Kuva 21 ArchiCAD käyttöliittymä ja objektikirjasto, s. 70

Kuva 22 Arkkitehdin tietomallista renderoitu havainnekuva Saimaa Villas kohteesta, s. 71

Kuva 23 Saimaa Villas asemapiirustus, s. 72

TAULUKOT

Taulukko 1 Rakennushankkeen eri vaiheet perinteisesti ja tietomallintamalla, s. 58

Taulukko 2 Turvallisuuteen liittyviä tehtäviä ja suunnitelmia sekä näiden mallinnumahdollisuuksia, s. 68

LÄHTEET

ArchiCAD. 2011. <http://www.mad.fi/mad/archicad.html> (Luettu 15.3.2011)

Eramo, O., Hynynen, T. & Kiiras, J. 1978. Rakennustyö: valmistelu, suunnittelu, ohjaus ja hallinto. Vammala: Rakentajainkustannus Oy.

Freese, S., Penttilä, H. & Rajala, M. 2007. Arvorakennusten korjaushankkeet ja korjausrakentaminen. Aalto-yliopiston tutkimusraportti.
http://arkit.tkk.fi/senaatti/images/Arvorakennusten_korjaushankkeet_ja_tuotemallintaminen.pdf (Luettu 12.3.2011)

Hietavirta, J., Niskanen, T. & Patrikainen, H., Päivärinta, K. 2009. Rakennustöiden turvallisuusmääräykset selityksineen 2009. Helsinki: Multikustannus Oy.

Kankainen, J. & Sandvik, T. 1999. Rakennushankkeen ohjaus. Tampere: Rakennustieto Oy.

Karjalan Rakennus ja Maalaus Oy. <http://www.karama.fi> (Luettu 3.5.2011)

Kemppainen, J., Koski, H. & Palolahti, T. 2009. Rakennustyömaan toimitusten ohjaus. Rakennusteollisuus. Julkaisu ladattavissa osoitteessa:
<http://www.rakennusteollisuus.fi/Talonrakennus/Rakentamisen+kehitys/P%C3%A4%C3%A4ttyneet+hankkeet/Rakentamisen+toimituksetjun+hallinta+-+Ketju/Raportteja/> (Luettu 10.4.2011)

Koskenvesa, A., Mäki, T., Olenius, A. & Penttilä, H. 2003. Ratu Aikataulukirja 2004. Tampere: Rakennustieto Oy.

Koski, H. 2010a. Raturva 2 Rakennustöiden turvallisuusohjeet. Painos 2. Rakennustieto Oy.

Koski, H. 2010b. Rakentamisen tuotantotekniikka. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Lappalainen, J., Piispanen, P. & Sauni, S. 2000. VTT Turvallisuuden hallinta rakennustyömaalla, Toiminnallinen työturvallisuuskansia pienille ja keskisuurille rakennusyrityksille.

Lemminkäinen Talo Oy. 2011. <http://www.asunnot.fi/rakennus/katso/id/202>

Markkanen, J. 2004. Rakennustyömaan turvallisuussuunnittelu. Helsinki: Vahinkovakuutusosakeyhtiö Pohjola.

Myllyntausta, J. ja Rakennusteollisuuden Keskusliitto RTK. 1994. Rakennushankkeen työturvallisuus. Tampere: Rakennustieto Oy.

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

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

PRO-IT verkkojulkaisu. Rakennusten tuotemallintamisen sanasto. VTT. http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_sanasto_v10.pdf (Luettu 24.3.2011)

PRO-IT verkkojulkaisu 2005. Arkkitehdin tuotemallisuunnittelu, yleiset perusteet ja ohjeita. VTT. http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_tuotemalliohje_ark_elo_kuu2005.pdf (Luettu 24.3.2011)

PRO-IT verkkolehti 2004. Tuotemallitieto rakennusprosessissa. 15.3.2004. VTT. http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/tiedotteita/proit_news_maaliskuu2004.pdf (Luettu 24.3.2011)

Putoamissuojaimet. Miller tuoteluettelo 2004.

Rakentamisen turvallisuuden hallinta. 2006. VTT. <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/ytya/index.htm> (Luettu 22.3.2011)

Ratu 1223-S. 2009. Rakennustöiden putoamissuojaussuunnitelma.

Ratu C2-0299. 2007. Rakennustyömaan aluesuunnittelu.

Sulankivi, K., Mäkelä, T. & Kiviniemi, M. 2009. VTT-R-01003–09 Tietomalli ja työmaan turvallisuus.

Tuominen, T. 2007. Ammattimaisen pientalorakentamisen putoamissuojauksen kehittäminen. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. 2009. FINLEX. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205> (Luettu 12.3.2011)

Valtioneuvoston päätös rakennustyön turvallisuudesta. 1994. FINLEX. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/kumotut/1994/19940629> (Luettu 12.3.2011)

Wegelius-Lehtonen, T., Pahkala, S., Nyman, H., Vuolio, H. & Tanskanen, K. 1996. Tehokkaat materiaalitoimitukset. Opas rakentamisen logistiikkaan. Helsinki: Kyriiri.