

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikan koulutusala, Lappeenranta  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto

Marko Hovi

# **TIETOMALLINNUKSEN HYÖDYNTÄMINEN JA KÄYTTÖÖNOTTO TYÖMAALLA**

Opinnäytetyö 2010

## TIIVISTELMÄ

Marko Hovi

Tietomallinnuksen hyödyntäminen ja käyttöönotto työmaalla, 40 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö, 2010

Ohjaajat: Lehtori, Timo Lehtoviita, Saimaan ammattikorkeakoulu

Työpäällikkö, Mikko Seppä, Skanska Talonrakennus Oy

Työn tavoitteena on selvittää tietomallinnuksen hyötyjä rakennustyömaan näkökulmasta. Työn tilaajana toimi Skanska Talonrakennus Oy. Tarkoituksena on saada tietomallien hyödyntäminen työmailla jokapäiväiseksi käytännöksi. Työn aikana tietomallinnusta hyödynnettiin kahdella Skanskan työmaalla.

Työssä on perehdytty tietomallinnuksen hyötyihin aikaisemmin tehtyjen tutkimusten ja alan kirjallisuuden perusteella. Tietomallien hyötyjen selvittämiseen on syvennytty kahdella esimerkkityömaalla. Työmailla on myös tutkittu tietomallien käyttöönoton tuomia haasteita ja hyötyjä.

Lisäksi työn tarkoituksena on toimia yhtenä motivointikeinona Skanska Talonrakennus Oy:n Lappeenrannan toimipisteen työmaahenkilöstölle siirryttäessä käyttämään tietomalleja työmailla. Tarkoitus on tuoda työmaiden toimihenkilöille tietoon tietomallien käytön tuomat edut ja saada hyötyjen kautta toimihenkilöt kiinnostumaan tietomallien käytöstä.

Tietomallit tulevat yleistymään rakennussuunnittelussa. Suunnitteleamalla rakennukset tietomallintamalla saadaan suunnitelmista entistä luotettavampia. Törmäystarkastelujen avulla pyritään pääsemään eroon suunnitelmapäällekkäisyyksistä. Myös suunnitelmien tulkitseminen helpottuu kolmiulotteisten suunnitelmien johdosta.

Työmaalla tietomallit helpottavat määrälaskentaa ja suunnitelmien havainnollistamista huomattavasti. Tietomallinnuksen avulla myös työmaan työturvallisuussuunnittelua pystytään tehostamaan oleellisesti. Kolmiulotteiset aluesuunnitelmat antavat paremman lähtökohdan työmaan aluesuunnitteluun, sekä tehostavat uusien työntekijöiden perehdytystä työmaahan. Tilaajan puolelta aikataulusuunnittelu tietomallin avulla nähdään tulevaisuudessa kehityskohteeksi, jonka avulla voidaan päästä entistä luotettavampaan tuotannon suunnitteluun.

Avainsanat: tietomalli, tietomallinnus, rakennustyömaa

## ABSTRACT

Marko Hovi

Benefits of using building information modeling on construction site, 40 pages

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Civil and Construction engineering

Project Management

Thesis, 2010

Instructors: Lecturer, Timo Lehtoviita, Saimaa University of Applied Sciences

Project manager, Mikko Seppä, Skanska Talonrakennus Oy

The purpose of this study was to find out the benefits of building information modeling in the view of a building site. The project was made in co-operation with Skanska Oy. The target was to bring construction building modelling on construction sites. As Oy Lappeenrannan Kuunari and As Oy Lappeenrannan Kreijari were used as reference buildings.

The study was based on other studies and books written about the subject. Also the benefits were studied on reference building sites. The advantages and challenges of using building information modelling on construction sites were also studied.

The purpose of this study was to work as a motivator on Skanska's employees in moving to use building information models on construction sites. The purpose was to bring knowledge of benefits for employees and make them interested in using models on site.

Building information models are quickly becoming more and more common in planning buildings. One of the reasons is that modeling makes the building plans more reliable.

On construction sites models make quantity calculation easier. Models also give a better understanding of plans because of three-dimensional view. Building information models can be used in many ways on construction sites such as site safety and scheduling sites. On reference sites the models were seen to make many jobs easier than before.

Keywords: Building information modelling, Construction site

# SISÄLTÖ

1 JOHDANTO .....	5
2 TIETOMALLIT YLEISESTI.....	7
2.1 Tietomalli .....	7
2.2 Eri suunnittelijoiden mallit .....	7
2.3 Tietomallit työmaalla.....	9
2.4 Referenssikohteet .....	11
3 MÄÄRIEN HALLINTA TYÖMAALLA .....	14
3.1 Pohjatietoa .....	14
3.2 Määrien hallinta tietomallissa .....	14
3.3 Laskenta As Oy Lappeenrannan Kuunarin työmaalla .....	18
3.4 Laskenta Solibri-ohjelmalla IFC-mallista.....	20
3.4 Tietomallipohjaisella määrälaskennalla saavutettuja hyötyjä.....	21
4 HAVAINNOLLISTAMINEN.....	23
5 TYÖTURVALLISUUS .....	26
5.2 Tietomallien hyödyntäminen työturvallisuuden suunnittelussa .....	28
5.3 Tietomallin hyödyntäminen perehdytyksessä .....	31
6 AIKATAULUSUUNNITTELU .....	33
7 TÖRMÄYSTARKASTELOT.....	35
8 PÄÄTELMÄT .....	38
LÄHTEET .....	40

## 1 JOHDANTO

Vielä 1990-luvun alussa rakennussuunnittelu pohjautui pitkälti käsin piirtämiseen, kunnes 1990-luvun aikana kehittyneet tietokonepohjaiset suunnitteluohjelmat muuttivat perinteistä rakennussuunnittelua. Rakennussuunnittelu siirtyikin 1990-luvun aikana pitkälti digitaaliseksi CAD-pohjaiseksi suunnitteluksi. CAD-ohjelmat mahdollistivat suunnitelmien tarkemman piirtämisen, ja ne helpottivat myös piirustusten jakamista ja muokkaamista oleellisesti.

Työmaillakin CAD-ohjelmat yleistyivät viimeistään 2000-luvun alkupuolella, kun ohjelmien käyttöön alkoi löytyä ammattitaitoa ja samalla ohjelmien käytöstä havaittiin selviä hyötyjä. Nykyään rakennustyömailla on lähes poikkeuksetta käytössä CAD-pohjaisia suunnitteluohjelmia, joiden tarkoitus työmaalla on helpottaa suunnitelmien tarkastelua. Työmaalla käytettäessä CAD-ohjelmat helpottavat huomattavasti määrälaskentaa ja esimerkiksi mittatietojen välittämistä suunnitelmista.

2000-luvun puolivälistä lähtien on ollut nähtävissä selvä harppaus pois perinteisestä CAD-suunnittelusta kohti tietomallinnusta. Tietomallintaminen parantaa entisestään rakennussuunnittelun tarkkuutta. Kun rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa luodaan kattava tietomalli, niin jo ennen rakentamisvaihetta on mahdollista puuttua suunnitelmien ongelmakohtiin, jotka on perinteisesti huomattu vasta työmaalla toteutusvaiheessa. Varsinkin arkkitehtisuunnittelussa mallintaminen on otettu melko laajalti käyttöön sen visuaalisten mahdollisuuksiensa vuoksi.

Tietomallien hyödyllisyys on rakennusliikkeissä huomattu varsinkin määrälaskennan tehostumisen ansiosta. Tietomallista saadaan määrätietoja irti perinteisiin kaksiulotteisiin suunnitelmiin verrattuna paljon helpommin ja tarkemmin. Vasta viime vuosien aikana on alettu kiinnostua mallien tuomisesta

myös työmaalle. Rakennustyömailla on alettu havahtua mallien tuomiin hyötyihin havainnollistamisen ja laskennan kannalta. Maassamme onkin viimeisen muutaman vuoden aikana ollut useita pilottihankkeita, joissa on pyritty hyödyntämään mallintamista työmaalla.

Tämä opinnäytetyö on toteutettu Skanska Talonrakennus Oy:n toimeksiantona. Työn keskeinen tavoite on tuoda esiin tietomallien hyötyjä työmaahenkilöstön kannalta. Työn tavoitteena on myös ottaa tietomallit käyttöön Skanska Talonrakennus Oy:n Lappeenrannan toimipisteen työmailla, sekä motivoida yrityksen toimihenkilöitä hyödyntämään tietomallinnusta. Työssä tarkastellaan tietomallinnusta nimenomaan rakennustyömaan näkökulmasta, joten työssä ei perehdytä tietomallipohjaiseen rakennesuunnitteluun. Määrälaskentaa käsittelevä osio pohjautuu ainoastaan työmaalla suoritettavaan määrälaskentaan.

Referenssikohteina opinnäytetyössä on käytetty Skanska Talonrakennus Oy:n työmaita As Oy Lappeenrannan Kuunaria ja As Oy Lappeenrannan Kreijaria, jotka molemmat sijaitsevat Lappeenrannan Rapasaassa.

## **2 TIETOMALLIT YLEISESTI**

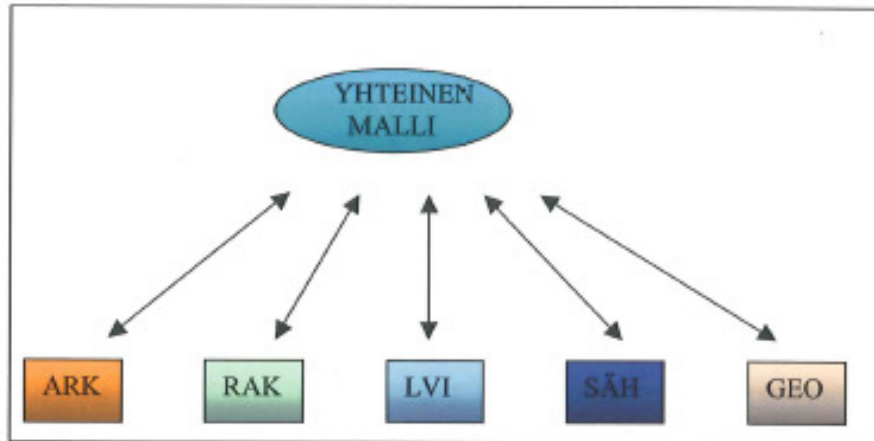
### **2.1 Tietomalli**

Tietomalli on koko rakennuksen ja rakennushankkeen tietojen kokonaisuus. Tietomallissa on sisällytettynä tietoja eri rakennusosista ja rakenteista. Näitä mallin sisältäviä tietoja ovat esimerkiksi materiaali ja määrätiedot. Pelkkä kolmiulotteinen malli ilman tietosisältöä ei ole tietomalli. Tietomallista voidaan muodostaa rakennuksen kolmiulotteinen digitaalinen malli, jonka kautta rakennusta voidaan tarkastella kolmiulotteisesti.

Tietomalli poikkeaa perinteisistä kaksiulotteisista suunnitelmista kolmiulotteisuuden lisäksi siten, että tietokoneohjelmat pystyvät tulkitsemaan tietomallin sisältämää tietoa. Mallin sisältämää tietoa voidaan käyttää hyödyksi tietokoneohjelmien avulla esimerkiksi suunnitelmien tarkastukseen, energialaskelmiin, aikataulujen muodostukseen ja rakenteiden mitoittamiseen. Tietomallista pystytään tulostamaan kaikki työmaalla tarvittavat piirustukset. (Kiviniemi, Rekola, Belloni, Kojima, Koppinen & Mäkeläinen 2007.)

### **2.2 Eri suunnittelijoiden mallit**

Arkkitehdin tekemä arkkitehtimalli toimii muille suunnittelijoille lähtötietona oman mallin suunnitteluun. Suunnitteluvaiheessa jokainen suunnittelija tekee oman mallinsa kohteesta. Myöhemmin kaikkien suunnittelijoiden mallit muunnetaan samaan tiedostomuotoon ja niistä muodostetaan yhteinen tarkastelumalli. Tarkastelumallissa kaikkien suunnittelijoiden mallit ovat niin sanotusti päällekkäin. Mikäli myöhemmin jonkun suunnittelijan mallia on muokattava, niin yhteiseen malliin on erikseen päivitettävä kyseisen suunnittelijan uusi malli. Kaikkien suunnittelijoiden mallit yhdistetään yhdeksi kokonaiseksi tietomalliksi kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1. Eri suunnittelijoiden tietomallit (Harjula 2006)

Suunnittelijat käyttävät mallien tuottamiseen eri ohjelmistoja, jotka eivät kuitenkaan aina ole yhteensopivia keskenään. Yhteensopivuusongelmat ohjelmistojen välillä johtuvat pitkälti ohjelmistovalmistajien keskinäisestä kilpailusta. Ohjelmistojen yhteensopivuusongelmien vuoksi on kehitetty tiedostomuotoja, joilla pyritään siihen, että eri ohjelmistojen tuottamat mallit saataisiin yhdistettyä yhdeksi tietomallikonaisuudeksi.

Suomessa mallien yhdistämiseksi on yleisesti käytössä IFC-tiedonsiirtostandardi (industry foundation classes). IFC on ohjelmistoriippumaton tiedonsiirtomuoto rakentamisen ja kiinteistönpidon eri tietojärjestelmien välillä. Kaikki yleisesti käytössä olevat mallinnusohjelmat tukevat IFC-tiedostomuotoa. Ohjelmistojen kesken on kuitenkin vielä suuria eroja IFC-tiedostojen muuntamisessa, minkä vuoksi tiedostojen muuntamisissa tapahtuu edelleen melko paljon virheitä. IFC:tä kuitenkin kehittää IAI-järjestö (International Alliance for Interoperability), ja tulevaisuudessa onkin odotettavissa, että tiedon siirrossa saadaan aikaan huomattavaa kehitystä. (Sulankivi ym. 2009; Romo & Sulankivi 2005.)

Nykyään IFC-tiedostomuoto mahdollistaa suunnittelijoiden mallien kokoamisen yhdeksi tietomalliksi. Näiden IFC-mallien käsittelyyn on markkinoilla tarjolla runsaasti eri ohjelmistoja, joilla malleista pystytään tekemään erilaisia tarkasteluja. Tietyt ohjelmat mahdollistavat myös helpon määrälaskentatietojen poimimisen malleista.



## **2.3 Tietomallit työmaalla**

### **Arkkitehtimalli**

Jo hankkeen tarveselvitysvaiheessa arkkitehti mallintaa ensimmäisen mallinsa asiakasvaatimusten perusteella. Tämä ensimmäinen malli sisältää yleisesti vain rakennuksen vaatimat tilatiedot. Ensimmäisestä arkkitehtimallista käytetään nimeä tilamalli, jonka lähtötietona toimivat tilaajan määrittelemät vaatimukset. Tilamallin perusteella tilaaja pystyy tekemään alustavan kustannusarvion ja päätöksen hankkeeseen ryhtymisestä.

Hankkeen suunnittelun aikana ensimmäiseksi tehtyä tilamallia täydennetään vaiheittain. Muita hankkeen aikana tehtäviä malleja ovat alustava rakennusosamalli, rakennusosamalli, tuoteosamalli, toteumamalli ja viimeisenä ylläpitomalli. Rakentaminen toteutetaan tuoteosamallin pohjalta.

Tilamallin perusteella arkkitehti aloittaa oman arkkitehtimallinsa suunnittelun. Arkkitehtimalli toimii lähtötietona kaikelle muulle suunnittelulle. Siinä määritetään rakennuksen dimensiot ja eri tilojen tilatiedot. Näitä alkutietoja hyväksikäyttäen muut suunnittelijat pystyvät rakentamaan omat mallinsa. (Kiviniemi ym. 2007.)

### **Rakennemalli**

Rakennesuunnittelijan mallin referenssitietona toimii arkkitehdin tekemä alustava rakennusosamalli. Arkkitehtimallin pohjalta rakennesuunnittelija lähtee suunnittelemaan omaa malliaan. Rakennemallissa esimerkiksi elementtisuunnittelu tehdään suoraan malliin, jolloin mallin seinät muodostuvat jo suoraan suunnitelluista elementeistä ja mallista saadaan elementtien suunnitelmat suoraan elementtitehtaalle. Rakennemalli tulee tehdä tarkasti mallintamalla kaikki rakenneosat, jolloin mallista saadaan kaikki työmaalla tarvittava mitta-, määrä- ja sijaintitieto. (Kiviniemi ym. 2007; Valjus, Varis, Penttilä & Nissinen 2007.)

## **Talotekniikkamallit**

Talotekniikkasuunnittelijat käyttävät lähtötietonaan myös arkkitehdin tekemää alustavaa rakennusosamallia. Nämä sisältävät kaikki talotekniikan vaatimat tiedot. Talotekniikkasuunnittelijoiden on suunniteltava myös rakenteisiin tarvittavat varaukset omille putkilleen. Varaukset tulee mallintaa malleihin tyhjinä objekteina, jotta rakennesuunnittelija pystyy myöhemmin siirtämään ne omaan malliinsa. (Kiviniemi ym. 2007.)

## **Yhteinen tietomalli**

Kun kaikki suunnittelijat ovat muodostaneet omat mallinsa, nämä tietomallit voidaan yhdistää yhdeksi kokonaiseksi tietomalliksi, joka käsittää kaikki rakennuksen suunnitelmat. Yhteisen tietomallin muodostaminen onkin yksi keskeinen osa-alue haettaessa esille tietomallinnuksen tuomia hyötyjä. Yhteisestä tietomallista pystytään tarkastelemaan suunnitelmien päällekkäisyyksiä ja reagoimaan päällekkäisyyksiin ennen kuin ne tulevat esille työmaalla. (Kiviniemi ym. 2007.)

Suunnittelijat käyttävät omien malliensa tekemiseen eri ohjelmistoja. Nämä eri ohjelmistojen tuottamat mallitiedostot eivät kuitenkaan ole sellaisinaan yhteensopivia, koska ohjelmat tallentavat tiedot eri tietomuotoihin. Yhteensopivuusongelmien johdosta onkin kehitetty yleispäteviä tietomuotoja, jotka mahdollistavat tietomallien yhdistämisen. Kaikkien suunnittelijoiden tietomallit muutetaan samaan tietomuotoon, jonka jälkeen ne voidaan yhdistää yhdeksi kokonaiseksi tietomalliksi. Yhteisessä mallissa kaikkien suunnittelijoiden mallit ovat päällekkäin.

## 2.4 Referenssikohteet

### Asunto-osakeyhtiö Lappeenrannan Kuunari

Asunto-osakeyhtiö Lappeenrannan Kuunari on Skanska Kodit Oy:n vapaaraioitteinen asuintalokohde. Kuunari käsittää kaksi kolmikerroksista kerrostaloa, joissa on yhteensä 38 asuntoa. Pääurakoitsijana toimii Skanska Talonrakennus Oy. Rakennusten rakentaminen aloitettiin joulukuussa 2009, ja rakennukset valmistuvat joulukuussa 2010. Kuvassa 2 on arkkitehdin näkemys kuunarista.



Kuva 2. Arkkitehdin luonnoskuva Kuunarista

Asunto-osakeyhtiö Lappeenrannan Kuunaria ei alun perin suunniteltu mallintamalla. Kohteesta teetettiin kuitenkin arkkitehtimalli valmiiden arkkitehtisuunnitelmien perusteella rakentamisen aikana. Malli saatiin työmaalle vasta runkovaiheen aikana, joten mallia hyödynnettiin ensimmäisiä kertoja vasta vesikaton rakenteissa ja sisävalmistusvaiheen määrälaskennassa.

Kuunarin malliin harjoiteltiin työmaalla ensimmäistä kertaa myös työmaan alue-suunnitelman mallintamista. Aluesuunnitelman mallintaminen tuotti paljon haasteita työmaalla, koska alkuperäiseen malliin ei ollut sisällytetty pihojen mallintamista. Myös työmaan aluesuunnitelman vaatimia objekteja jouduttiin hankkimaan yrityksen sisältä, koska Lappeenrannan alueella Skanska Talonrakennus Oy:n työmailla ei aikaisemmin ole työmaan aluesuunnittelua tehty mallintamalla.

### **Asunto-osakeyhtiö Lappeenrannan Kreijari**

Asunto-osakeyhtiö Lappeenrannan Kreijari rakennetaan asunto-osakeyhtiö Lappeenrannan Kuunarin vieressä sijaitsevalle tontille. Myös Kreijari on Skanska Kodit Oy:n vapaarahoitteinen asuinkerrostalokohde. Kreijari käsittää yhden nelikerroksisen kerrostalon, jossa on 22 asuntoa. Kreijarin rakentaminen on aloitettu lokakuussa 2010, ja se valmistuu syyskuussa 2011. Kuvassa 3 on arkkitehdin näkemys Kreijarista.



Kuva 3. Arkkitehdin luonnoskuva Kreijarista

Kreijarin suunnittelu poikkeaa Kuunarin suunnittelusta, koska Kreijari suunnittelee täysin mallintamalla, tiettyjä rakennesuunnitelmia lukuun ottamatta. Mallintamisen hyödyntäminen Kreijarin työmaalla on alkanut jo heti työmaan alussa, koska suunnitelmat ovat olleet valmiiksi mallinnettuja. Myös mallinnettujen suunnitelmien hyödyntäminen työmaalla on ollut helpompaa, koska samojen työntekijöiden saama kokemus Kuunarin työmaalta on auttanut asiassa.

Työmaalla Kreijarista tehtyä tietomallia pyritään käyttämään kohteen rakentamisen aikana mahdollisimman paljon. Käyttökohteita ovat olleet aluesuunnittelu, työturvallisuussuunnittelu, määrälaskenta, havainnollistaminen, törmäystarkastelujen tekeminen ja havainnollistamisen myötä myös aikataulusuunnittelu.

## **3 MÄÄRIEN HALLINTA TYÖMAALLA**

### **3.1 Pohjatietoa**

CAD-ohjelmilla laskeminen on helpottanut huomattavasti määrälaskentaa verrattuna vanhanaikaiseen kuvista käsin laskemiseen. CAD-ohjelmilla saadaan melko helposti ulos monimuotoistenkin alueiden pinta-aloja ja piirimittoja. Ohjelmat antavat vain yksittäisiä numeerisia lukuja laskettavien kohteiden dimensioista, joista laskija joutuu itse vielä laskemaan varsinaiset määrätiedot. Näiden määrien laskentaan on helppo käyttää esimerkiksi Excel-taulukoita. Tässä menettelytavassa on kuitenkin vielä monta aikaa vievää prosessia, joista on mallinnuksen avulla mahdollisuus päästä eroon. Tietomalleista pystytään saamaan määriä Excel-taulukkoon suoraan mallista tulostamalla.

### **3.2 Määrien hallinta tietomallissa**

Mikäli tietomalli on luotu tarkasti ja siihen on sisällytetty oikeat rakennetyypit ja materiaalivalinnat, saadaan mallista suuri hyöty määrälaskentaan. Käytännössä mallista voidaan poimia suoraan määrätietoja. Määrätietojen poiminnalla tarkoitetaan, että malli ilmoittaa automaattisesti tarkastelijalle esimerkiksi perustusten betonimenekit. Aikaisemmillä menetelmillä laskijan on täytynyt itse laskea halutut materiaalmäärät pituuksien, leveyksien ja korkeuksien pohjalta.

Laskenta suoraan malleista edellyttää, että mallit on suunniteltu johdonmukaisesti. Suunnittelijan on suunniteltava jokaiselle objektille rakennetyyppi ja tunnistetiedot. Kun objektit on suunniteltu johdonmukaisesti oikeilla ominaisuuksilla, niin laskentaohjelmat osaavat poimia tiedot malleista esimerkiksi rakennetyypeittäin. Rakennustyömaan kannalta objekteille pitää suunnitella myös sijaintitiedot. Kun malli sisältää objektien sijaintitietoja, mallista saadaan poimittua tietyn sijainnin määriä. Sijaintina voi olla esimerkiksi kerros tai tietyn tilan tunnus.

Rakennuttaja tilaa rakennussuunnitelmat suunnittelijoilta. Tästä johtuen rakennuttaja myös vastaa suunnittelun ohjauksesta ja antaa ohjeet mallien suunnittelutarkkuudesta. Moni rakennuttaja onkin tehnyt suunnittelijoille valmiita ohjeistuksia, joissa rajataan mallintamistyyliä ja mallinnustarkkuudet. Näiden suunnittelunohjaukseen tehtyjen ohjeistusten tarkoitus on yhtenäistää mallien suunnittelua. Koska mallien johdonmukaisella suunnittelulla on suuri merkitys mallien käyttöön määrälaskennassa, rakennuttajan tulee valvoa, että mallit suunnitellaan sovitulla tavalla. Mikäli suunnittelija ei noudata mallintaessa objektien tunnistetietojen yhdenmukaista käyttöä, laskentaohjelmat eivät pysty tunnistamaan objekteja oikein, mistä syntyy laskuvirheitä. Esimerkkinä taulukossa 1 on Skanska Oy:n laatima mallipohja suunnittelijoille mallinnuksessa käytettävien objektien tunnistetiedoista. Skanskan mallipohja ohjaa suunnittelua. Kun kaikki tietomallit suunnitellaan samoilla tunnistetiedoilla, työmaan on helppo seurata ohjelmien tuottamaa määrätietoa. (Kiviniemi ym. 2007.)

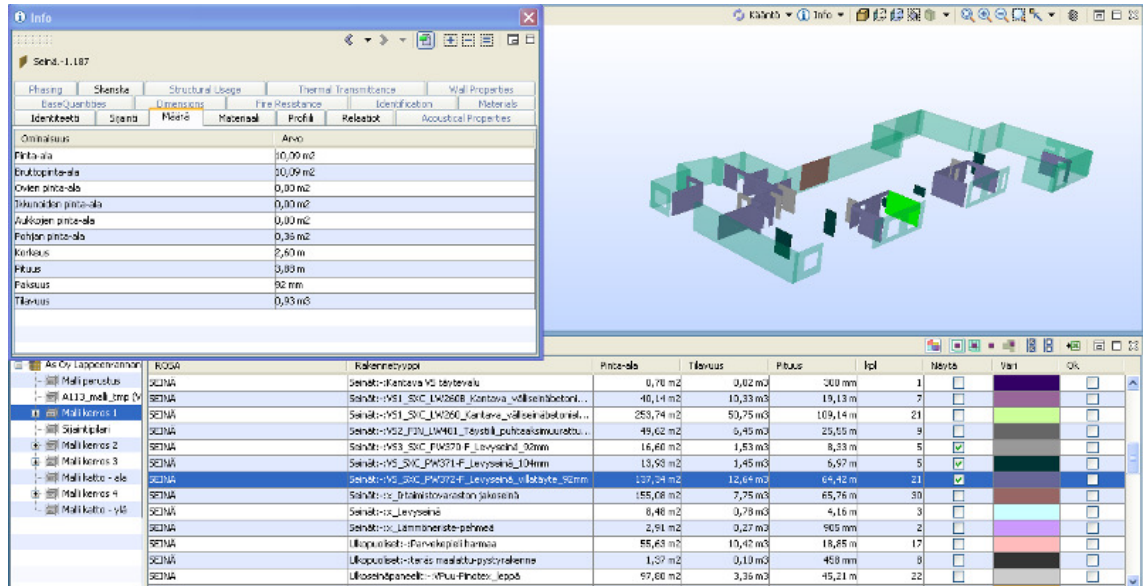
Taulukko 1: Skanska Oy:n suunnittelijoille laatima mallipohja tasojen, objektien ja tunnisteiden käytöstä

ROSA	ARCHICAD TYOKALU	TASON KUVAUS	TASON TUNNUS	OBJTYYPPI TUNNUS
PAALUT	PILARI/SEINA	PAALUT	AF51, RF51	PU
ANTURAT	LAATTA, PILARI, KATTO, SEINA	ANTURAT	AF11, RF11	AN
PERUSMUURIT	SEINA	PERUSMUURIT	AF12	PEM
PERUSPILARI	PILARI	PERUSMUURIT	AF12	PEP
PERUSPALKKI	PALKKI	PERUSMUURIT	AF12	PEA
SOKKELI	SEINA/OBJEKTI	PERUSMUURIT	AF12	SO
MAANVARAINEN LAATTA	LAATTA	ALAPOHJAT	AF13	ML
PILARI	PILARI/SEINA	PILART	AF25	PI
PALKKI	PALKKI	PALKIT	AF26	PL
PORRAS	PORRAS	PORTAAT	AF23	PO
PORRASTASO	LAATTA	PORRASTASO	AF23	PT
PARVEKELAATTA	LAATTA/OBJEKTI	PARVEKKEET	AF34	PAL
PARVEKEPILARI	PILARI/OBJEKTI	PARVEKKEET	AF34	PAP
PARVEKEPIELI	SEINA/OBJEKTI	PARVEKKEET	AF34	PAI
PARVEKEPALKKI	PALKKI/OBJEKTI	PARVEKKEET	AF34	PAA
PARVEKEKAIDE	SEINA/OBJEKTI	PARVEKKEET	AF34	PAK
HORMI	SEINA/OBJEKTI	HORMIT	AF57	HO
PYSTYKOTELO	SEINA	KOTELOT	AF57	KOP
VAAKAKOTELO	PALKKI	KOTELOT	AF57	KOV
KANTAVA ALAPOHJA	LAATTA	ALAPOHJAT	AF13	AP
VALIPOHJA	LAATTA	VP	AF27	VP
YLAPOHJA	LAATTA	YP	AF41	YP
ALASLASKETTU KATTO	LAATTA	ALASLASKETUT KATOT	AF53	AK
ULKOSEINA	SEINA	ULKOSEINA	AF31	US
VALISEINA KANTAVA	SEINA	VALISEINA KANTAVA	AF24	KS
VALISEINA EI KANTAVA	SEINA	VALISEINA EI KANTAVA	AF52	VS
KAITTEET	SEINA	KULKURAKENTEET	AF57	KI
OVI	OVI	SEINAN TASO *		OV
IKKUNA	IKKUNA	SEINAN TASO *		IK
KALUSTE	OBJEKTI (GDL)	KALUSTEET	AF71	KL
VARUSTEET	OBJEKTI (GDL)	VARUSTEET	AF72	VA
KATTO	KATTO	KATOT	AF411	KA
TILA	Vyöhyketyökahu	HUONETILOJEN ALA	ART1100	
VAESTONSUOJA EI PIIRRETA (SMC-luo)	SEINA/LAATTA	VSS	AF21	VSS
LATTIAPINTA	Vyöhyketyökahu	LATTIAPINNAT	Ei piirrettyä	LP
KATTOPINTA	Vyöhyketyökahu	TILANKATTOPIINTA	AF53	KP
SISA SEINAPINTA	Vyöhyketyökahu	SEINAPINTA	Ei piirrettyä	SP
EI OTETA JUOMIOON TOISTAISEKSI LISTA	Vyöhyketyökahu	LISTAT	Ei piirrettyä	LI
* Archicadissa ovi ja ikkuna on sillä tasolla, jolla on seinä johon se on sijoitettu.				



Määrät on yleisesti valmiiksi laskettu urakkalaskentavaiheessa. Yleensä työmaalla kuitenkin lasketaan määrät uudestaan ennen materiaalien tilaamista. Tietomalleja käytettäessä pystytään vähentämään huomattavasti tätä päällekkäistä työtä. Koska kustannusarvion määrät on nopea tarkistaa mallista ja mikäli mallin määrät vastaavat valmiiksi laskettuja määriä, työmaan toimihenkilöiden on helppo luottaa määriin ja tilata niiden perusteella materiaalit työmaalle.

Työmaalle tilataan harvoin koko rakennuksen vaatimia materiaalmääriä kerralla tilan säästämiseksi ja materiaalihukan vähentämisen vuoksi. Kun tietomalli on toteutettu hyvin, se mahdollistaa eri osakohteiden määrien helpon tarkastelun. Näin työmaalla saadaan helposti eri osakokonaisuuksien määrätiedot luettua suoraan mallista, jolloin säästytään turhalta laskennalta. Esimerkiksi kerrostalon yhden kerroksen vaatimat kipsilevymäärät saadaan mallista luettua suoraan ilman turhaa laskemista. Kuvassa 4 on esitetty As Oy Lpr:n Kreijarin yhden kerroksen seinämäärien valintaikkuna Solibri-ohjelmalla. Solibri ohjelmalla voidaan yhdestä kerroksesta poimia rakennetyypeittäin seinien pinta-alat.



Kuva 4: Solibri Model Checkeristä poimittu seinien määräluettelo

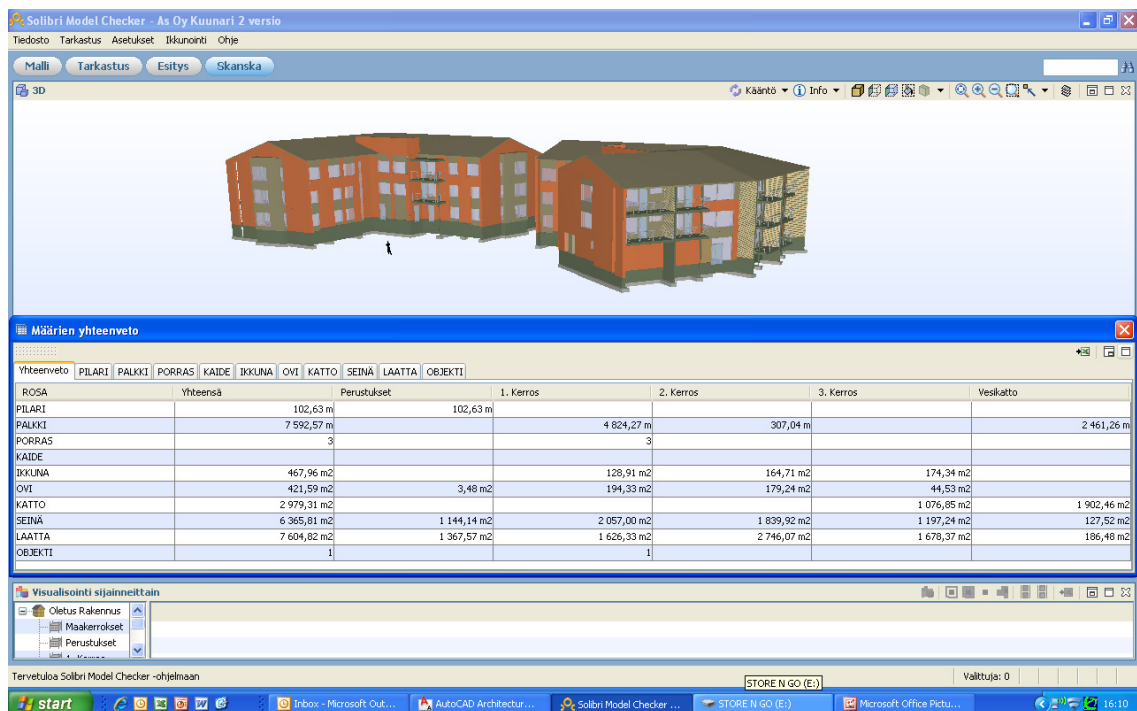
### 3.3 Laskenta As Oy Lappeenrannan Kuunarin työmaalla

Työmaan alkuvaiheessa ei rakennuksista vielä ollut arkkitehtimallia, vaan malli saatiin työmaalle vasta kesken runkovaiheen. Näin ollen työmaan alkuvaiheessa laskentaan jouduttiin käyttämään perinteisiä paperikuvia ja Autocadilla tarkasteltavia dwg-piirustuksia. Laskenta pohjautui lähinnä näihin sähköisessä muodossa oleviin dwg-kuviin. Autocadilla saatiin laskettua esimerkiksi perustusten pinta-alat ja muottineliöt. pinta-alojen pohjalta laskettiin kuutiot. Perustusten juoksumetrien pohjalta laskettiin raudoituskilot. Nämä perustusten laskennat olisivat onnistuneet helposti myös perinteisistä paperikuvista. Kuitenkin paperikuvista laskeminen on huomattavasti epätarkempaa ja hitaampaa verrattuna sähköisistä kuvista laskemiseen.

Autocadista saatu huomattava hyöty tuli kuitenkin esiin laskettaessa holvien ja huoneistojen pinta-aloja verrattuna paperikuvista laskentaan. Esimerkiksi laskettaessa monimuotoisten tilojen pinta-aloja sähköiset dwg-kuvat helpottivat laskentaa huomattavasti. Tässä tapauksessa neliöt saatiin nopeasti, kun pohjakuvaan piirrettiin polyline-komennolla laskettavan alueen ääriviivat ja listakomennolla ohjelma antoi suoraan piirretyn alueen neliömäärät. Tämä Autocadilla laskettu tulos on erityisen tarkka verrattuna paperikuvasta laskettuun. Paperikuvasta laskettaessa joudutaan laskemaan erilaisia neliskulmioita ja laskemaan niitä yhteen, jolloin laskentaan käytetty aika on moninkertainen.

Arkkitehtimalli saatiin työmaalle ennen väliseinätöiden aloittamista, jolloin päästiin todella hyödyntämään mallin tuomia etuja laskennassa. Mallia hyödynnettiin, kun kipsilevyt, väliseinärangat ja villat piti jakaa ensimmäisen talon asuntoihin ennen väliseinätyötä tekevän urakkaryhmän saapumista työmaalle. Jotta vältettiin ylimääräiseltä levyjen edestakaiselta kantamiselta, päätettiin tehdä tavaroille jakolista, jossa oli kunkin huoneiston tarvitsemat materiaalit. Tämä huonekohmainen määrälaskenta on aikaisemmin vaatinut paljon aikaa, koska määrät on laskettu perinteisesti paperikuvasta suhdeviivaimen avulla tai vaihtoehtoisesti CAD-kuvasta. Tietomallista laskettaessa seinäneliöt saatiin suoraan huoneittain, kun mallista vain valittiin huoneistoon kuuluvat seinät. Nämä kerran

mallista poimitut neliömäärät toimivat myös myöhemmin laskettaessa urakkatyöryhmälle urakan loppusummaa. Urakan lopetuspalaverissa todettiin, että suoraan mallista poimitut neliömäärät täsmäsivät erinomaisesti urakkatyöryhmän itse laskemiin neliömääriin, mikä todisti mallin hyvän toimivuuden. Kuvassa 5 näkyy Kuunarin mallista poimittu määräluettelo.



The screenshot shows the Solibri Model Checker interface. At the top, there is a 3D view of a building model. Below it is a table titled 'Määrien yhteenveto' (Summary of Quantities). The table has columns for 'Yhteensä' (Total), 'Perustukset' (Foundations), and three floors ('1. Kerros', '2. Kerros', '3. Kerros'), plus a 'Vesikalto' (Waterproofing) column. The rows list various building components like PILARI, PALKKI, PORRAS, KAIDE, IKKUNA, OVI, KATTO, SEINÄ, LAATTA, and OBJEKTI.

ROSA	Yhteensä	Perustukset	1. Kerros	2. Kerros	3. Kerros	Vesikalto
PILARI	102,63 m	102,63 m				
PALKKI	7 592,57 m		4 824,27 m	307,04 m		2 461,26 m
PORRAS	3			3		
KAIDE						
IKKUNA	467,96 m <sup>2</sup>		128,91 m <sup>2</sup>	164,71 m <sup>2</sup>	174,34 m <sup>2</sup>	
OVI	421,59 m <sup>2</sup>	3,48 m <sup>2</sup>	194,33 m <sup>2</sup>	179,24 m <sup>2</sup>	44,53 m <sup>2</sup>	
KATTO	2 979,31 m <sup>2</sup>					1 902,46 m <sup>2</sup>
SEINÄ	6 365,81 m <sup>2</sup>	1 144,14 m <sup>2</sup>	2 057,00 m <sup>2</sup>	1 839,92 m <sup>2</sup>	1 197,24 m <sup>2</sup>	127,52 m <sup>2</sup>
LAATTA	7 604,82 m <sup>2</sup>	1 367,57 m <sup>2</sup>	1 626,33 m <sup>2</sup>	2 746,07 m <sup>2</sup>	1 678,37 m <sup>2</sup>	186,48 m <sup>2</sup>
OBJEKTI				1		

Kuva 5: Kuunarin mallista poimittu määräluettelo

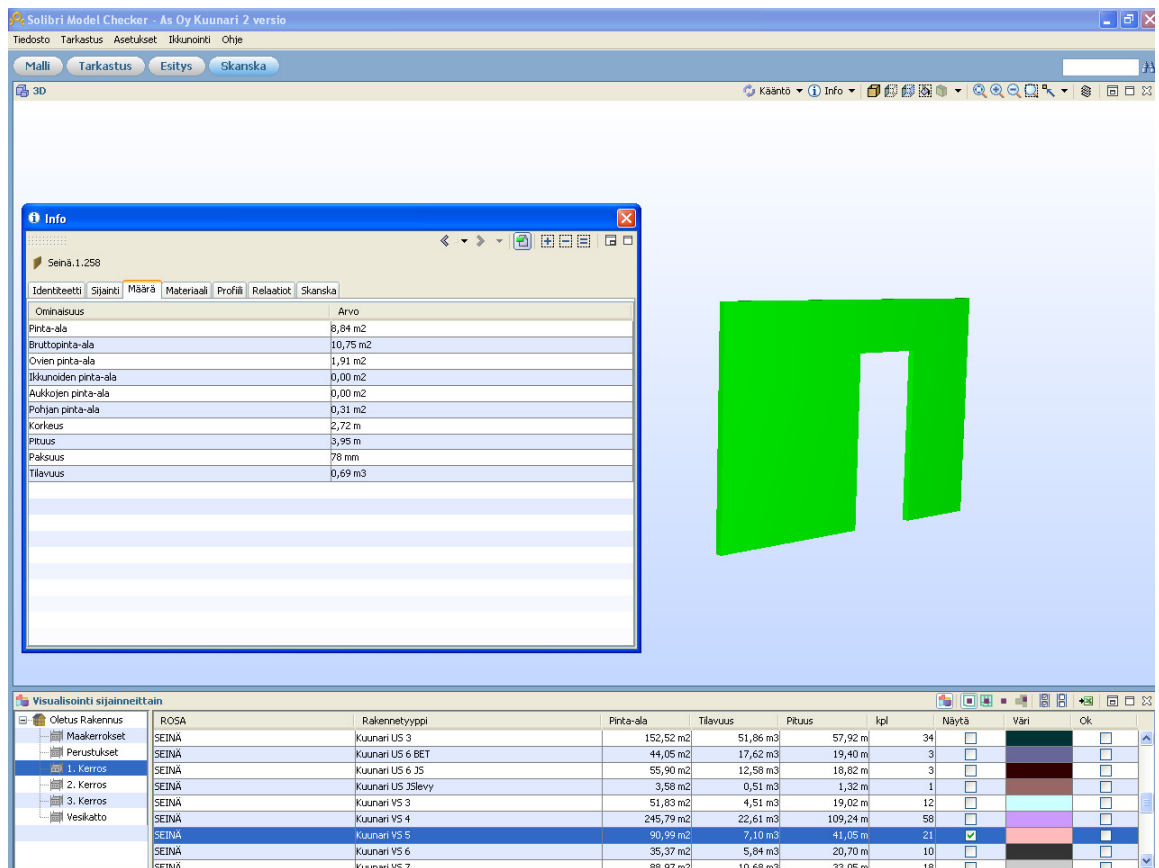
Mallista saatiin työmaan aikana poimittua neliöt myös esimerkiksi julkisivumuuraukseen. Julkisivumuurauksen laskenta käsin monimuotoisessa kohteessa on melko työlästä. Julkisivumuurauksen laskennassa tuli kuitenkin esille muutamia mallin tuomia haasteita. Malli ei muurauksen osalta vastannut täysin toteutus suunnitelmia, koska mallia ei suunnitellut arkkitehti, vaan sen oli tehnyt kolmas osapuoli arkkitehtipiirustusten pohjalta. Näin ollen mallista puuttui tiettyjä pieniä kokonaisuuksia julkisivumuurauksen osalta. Nämä puutteet pystyttiin kuitenkin ottamaan määrälaskennassa huomioon sen jälkeen, kun ne oli ensiksi havaittu. Näiltä ongelmien ilmenemiseltä vältytään, mikäli arkkitehtimallin on mallintanut kohteen arkkitehti. Arkkitehdin itse mallintaessa kohteen tulee toteutuspiirustukset mallin perusteella. Kun taas mallinnettaessa kaksikulotteisten piirustusten perusteella mallintajalla voi jäädä jokin kohta huomaamatta, mikä voi oleellisesti heijastua virheenä määrälaskentaan.

### 3.4 Laskenta Solibri-ohjelmalla IFC-mallista

Kun tietomallista on muodostettu IFC-malli, siitä pystytään ohjelmistosta riippuen saamaan törmäystarkastelujen lisäksi helposti tulostettua myös määrätietoja. Skanska Talonrakennus Oy käyttää yleisesti IFC-mallien tarkastelussa Solibri-ohjelmistoa. Solibri on tietomallien käsittelyyn tarkoitettu ohjelma, jonka avulla voidaan tarkastaa mallien yhteneväisyyksiä ja suorittaa erilaisia tarkastuksia, kuten törmäystarkasteluja. Solibri pystyy myös poimimaan tietomallista määrätietoja.

Määrätietojen mallista hakemisen perusedellytys on, että malli on suunniteltu johdonmukaisesti ja objektit on tehty oikeilla työkaluilla ja nimetty sovitulla tavalla. Myös rakennuksen jakaminen osiin hyödyttää työmaalaskentaa. Esimerkiksi mallin jakaminen kerroksiin auttaa työmaahenkilöstöä laskemaan materiaali-menekit kerroksittain. Rakennneosien nimeäminen auttaa myös määrien tulkinnassa. Esimerkiksi erityyppiset seinät tulisi nimetä rakennetyyppien mukaisesti, jolloin mallin tulkitsijan ei enää tarvitsisi erikseen miettiä, mitä mikäkin seinäelementti sisältää.

Laskenta tapahtuu valitsemalla listaksi esimerkiksi yhden kerroksen sisältämät objektit. Listassa näkyy suoraan rakennusosan tunnus. Rakennusosan tunnuksen jälkeen näkyy rakennetyypin nimi. Rakennetyypin nimen jälkeen ohjelma ilmoittaa kyseisen rakennetyypin neliömetrit, kuutiot ja sen kuinka monesta objektista kyseiset määrät muodostuvat. Mikäli halutaan tarkempia tietoja kyseisestä rakennetyypistä tai sen eri objekteista, valitaan oikeasta reunasta vain tämän rakennetyypin osat näkyväksi mallissa. Kun tietyn rakennetyypin osat näkyvät mallissa, voidaan hiirellä osoittaa yksi objekti, jolloin ohjelma aukaisee ikkunan, jossa ilmenee yksittäisen objektin kaikki tiedot. Näistä tarkemmista tiedoista voidaan valita määrä-välilehti. Tästä määrä-välilehdestä löytyy yksittäisen objektin kaikki määrätiedot. Kuvassa 6 näkyy erikseen avattuna seinäelementin määrä-välilehti.



Kuva 6. Seinäelementin määrä-välilehti

### 3.4 Tietomallipohjaisella määrälaskennalla saavutettuja hyötyjä

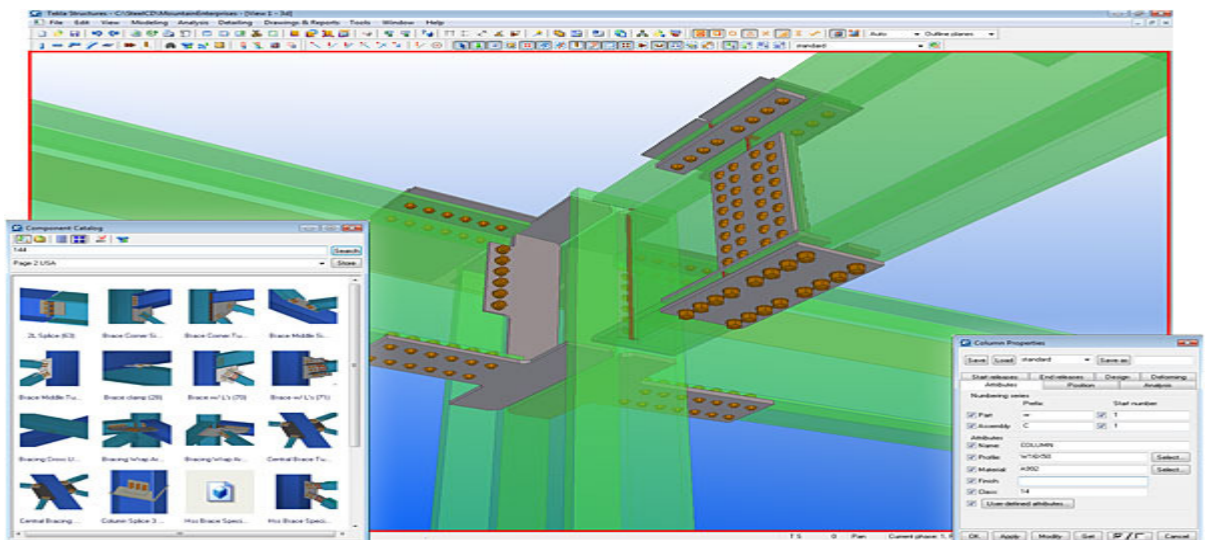
Tietomallipohjaisella määrälaskennalla pyritään tehostamaan laskentaa. Rakennusteollisuus RT:n koordinoimassa Tuotemallitieto rakennusprosessissa -kehityshankkeessa (ProIT) on selvitetty tietomallinnuksen hyötyjä usean pilotti-kohteen avulla. ProIT-hankkeessa eri arvioiden mukaan määrälaskentaan käytettävän ajan todettiin vähentyneen 70–80 prosentilla. Mallintamisen kautta myös suunnitelmamuutosten aiheuttamia materiaalimenekkien muutoksia on helpompi hallita. Kun muutokset tuodaan suoraan malliin, mallista saadaan aina ajantasaiset materiaalmäärät. Myös määrälaskennan luotettavuuden todettiin parantuneen. (Romo & Sulankivi 2005.)

Myös rakentamiseen tarvittavien resurssien suunnittelu helpottuu. Rakentamista suunnittelevan on helpompi hahmottaa tilat kolmiulotteisesta mallista. Haastavien rakenteiden suunnittelu on kaksiulotteisista kuvista yleensä vaikeaa. Mallin avulla näiden haastavien rakenteiden suunnittelu on helpompaa, koska mallia tarkastelevan henkilön on huomattavasti helpompi hahmottaa rakenteiden muodostama kokonaisuus.

## 4 HAVAINNOLLISTAMINEN

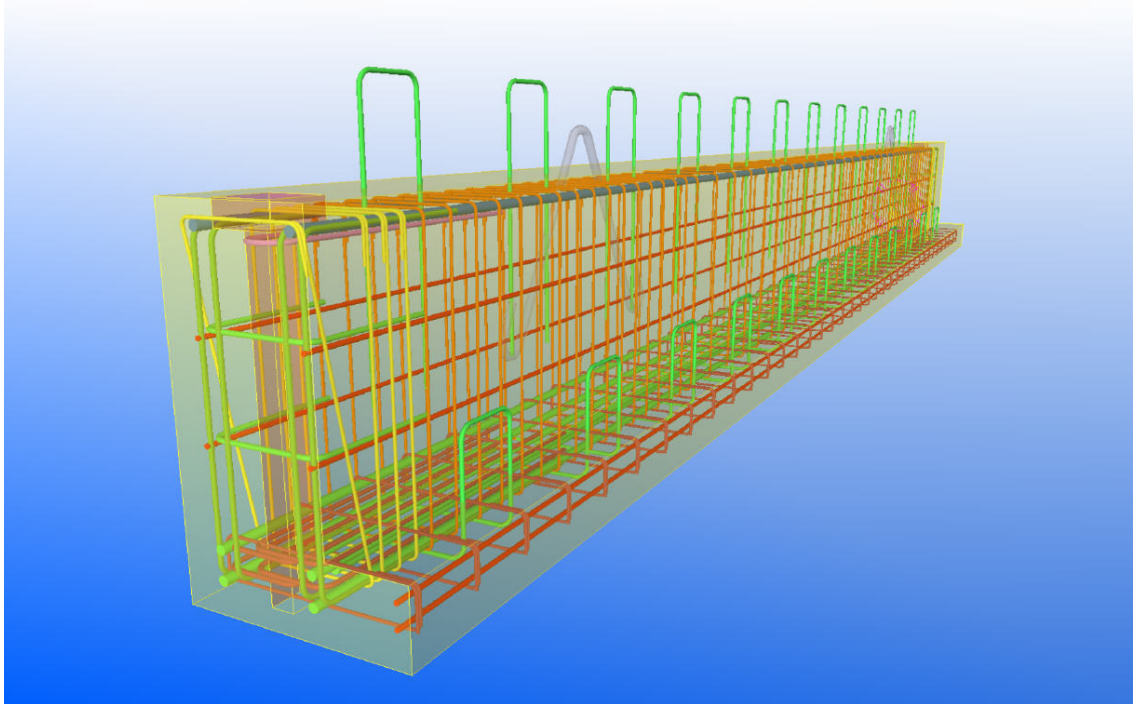
Tietomallista pystytään muodostamaan kolmiulotteinen katselumalli. huolella suunnitellun tietomallin kolmiulotteinen malli sisältää myös kaikki rakennesuunnittelijan suunnittelemat liitokset. Näin työmaalla voidaan tutkia rakenteita ja niiden liittymäkohtia kolmiulotteisesta mallista. Malli mahdollistaa myös rakenteiden tarkastelun eri katselusuunnista. Tämä auttaa oleellisesti työmaalla suunnitelmia tulkitsevaa henkilöstöä hahmottamaan suunnittelijan näkemystä rakenteista.

Hyvä esimerkki vaikeasti hahmotettavista rakenteista on monimuotoiset teräskannattimien liitokset. Perinteisissä kaksikulotteisissa suunnitelmissa ei suunnitelmia tulkitsevalle henkilölle välttämättä välity rakenteiden korkeusasemien ero, koska kaikki viivat on piirretty samalle tasolle. Kolmiulotteisesta mallista liitoksia tarkasteltaessa voi tarkasteleva henkilö tutkia liitosta useasta eri suunnasta, jolloin liitoksista saadaan huomattavasti havainnollisempi kuva. Esimerkkinä kuvassa 7 on teräspalkkien liitos. Liitosta tarkasteltaessa eri suunnista varsinkin rakenteiden korkeusasemat välittyvät kaksikulotteisia suunnitelmia paremmin.



Kuva 7. Tekla-ohjelmalla mallinnettu teräskannattimien liitos

Joskus myös betonirakenteiden raudoituksen tulkinta tuottaa suurta päänvaivaa työmaalla. Yleensä raudoituksista on esitetty leikkaus vain yhdestä tai kahdesta suunnasta, mistä johtuen osa raudoitteista on kerrottu leikkauksen yhteydessä ainoastaan tekstinä. Mallista voidaan poimia tutkittava rakennusosa erilleen ja valita betoni läpinäkyväksi, jolloin tarkasteltavaksi jää vain tutkittava rauditus. Raudituskin voidaan vielä erotella erivärisiksi rauditustyyppien mukaan, kuten pääterästen, hakasten ja työterästen perusteella. Kuvassa 8 näkyy raudoitettu betonirakenne, jossa teräkset on määrätty näkymään erivärisinä paremman havainnollisuuden saavuttamiseksi. Rakenteen teräksiä voidaan vielä tarkastella lähemmältä tarkasteluetaisyydeltä tai pyörittää rakennetta eri katse-  
lukulmiin. Kolmiulotteisen kuvan ei kuitenkaan ole tarkoitus toimia yksinään suunnitelmana, vaan sen on tarkoitus auttaa suunnitelmien tulkintaa. Tietomallista tulostetaan edelleen myös perinteiset kaksikulotteiset suunnitelmat.



Kuva 8: Tekla-ohjelmalla mallinnettu betonipalkin rauditus

Mallien havainnollisuuden tuoma hyöty ei rajoitu ainoastaan yksittäisten rakennusosien tai detaljien hahmottamiseen. Myös kokonaisten rakenteiden kolmiulotteisesta tulkinnasta on hyviä kokemuksia. Esimerkiksi Skanska Talonrakennus Oy:n Kangasvarren koulun rakennustyömaalla vesikaton muotojen



hahmottaminen kaksiulotteisista kuvista tuotti työryhmälle ongelmia. Kohteessa käytettiin kolmiulotteista mallia hyödyksi haasteellisten rakenteiden hahmottamisessa työryhmälle. Mallista saadun havainnollisuuden avulla työryhmä onnistuikin rakentamaan monimuotoiset rakenteet ilman suurempia ongelmia. Kohteen vastaavan mestarin kokemuksen perusteella kolmiulotteisen mallin havainnollisuus auttoi huomattavasti rakenteiden onnistumiseen.

## 5 TYÖTURVALLISUUS

### 5.1 Turvallisuuden suunnittelu

Rakennustyömailla on kautta aikojen ollut suuri tapaturmataajuus verrattaessa mihin tahansa muuhun teollisuuden alaan. Vakavia tapaturmia tapahtuu edelleen työmailla erittäin paljon. Työturvallisuusasiat ovatkin nousseet viimeisen viiden vuoden aikana enemmän keskustelunaiheeksi rakennusalalla. Jokaisella tapaturmalla on työmaan kannalta negatiivisia vaikutuksia. Jokainen tapaturma käy yritykselle kalliiksi, koska ne aiheuttavat aikatauluviivästysten lisäksi suuria rahallisia kustannuksia. Näihin tapaturmista johtuviin ongelmiin pitäisikin puuttua etukäteen ehkäisemällä tapaturmia. (Sulankivi ym. 2009)

Rakennushankkeessa työturvallisuuden suunnittelu koskee kaikkia hankkeeseen osallistuvia osapuolia. Turvallisuussuunnitteluun osallistuvat rakennuttaja, suunnittelijat, pääurakoitsija ja alirakoitsijat. Turvallisuussuunnittelun tuloksena tuotetaan erilaisia turvallisuus- ja tehtäväsuunnitelmia, joissa on otettu huomioon työn turvallinen toteuttaminen. Yksi keskeisistä tuotettavista suunnitelmista on turvallisuusasiakirja. Turvallisuusasiakirja käsittää koko työmaan työturvallisuuden suunnittelun ja sitä päivitetään tarpeen mukaan koko työmaan keston ajan. (Sulankivi ym. 2009; Sauni ym. 2000.)

Suunnittelijoiden tulee ottaa omalta osaltaan kantaa työturvallisuusasioihin jo suunnitteluvaiheessa. Suunnittelijoiden perehtymistä työturvallisuusasioihin valvoo rakennuttaja, jonka on varmistuttava siitä, että suunnittelijat ottavat tarpeen mukaan kantaa etenkin normaaleista poikkeavien rakenteiden työturvallisuusriskeihin. Tarpeen mukaan suunnittelijat voivat vaikuttaa työturvallisuusasioihin esimerkiksi rakenteita vaihtamalla tai lisäämällä elementteihin kaiteiden tai valjaiden kiinnityspisteitä.

Päätoteuttajan velvollisuuksiin kuuluu vastata työmaan yleisistä turvallisuusasioista. Tämä tarkoittaa sitä, että päätoteuttajan on suunniteltava työt työmaalla siten, että eri työt ja työvaiheet eivät aiheuta työturvallisuusriskiä työntekijöille

tai muille työn vaikutuspiirissä oleville henkilöille. Pää toteuttajalla on mahdollisuus vaikuttaa suurelta osin hankkeen turvallisuusasioihin jo työmaan alkumetreillä. Ennen varsinaista työmaan aloitusta pää toteuttaja tekee yleisai-kataulun, valitsee toteutukseen vaadittavan kaluston ja tekee työmaanaluesuunnitelman. Näissä ennen työmaan varsinaista aloitusta tehtävissä suunnitelmissa pystytään suurelta osin vaikuttamaan työn turvalliseen suorittamiseen.

Rakennustyöt, joihin liittyy erityisiä vaaroja työntekijöiden turvallisuudelle tai terveydelle ovat: (VNp 62971994):

- työt, joissa työntekijöihin kohdistuu maansortuman alle hautautumisen, maahanvajoamisen tai korkealta putoamisen vaara, joka on erityisen suuri työn luonteen tai käytettyjen työmenetelmien taikka työskentelypaikan tai työmaan olosuhteiden vuoksi
- työt, joissa työntekijät altistuvat kemiallisille tai biologisille aineille, jotka muodostavat erityisen vaaran työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle tai joihin liittyy määräaikainen terveyden seuranta
- työt, joissa käytetään sellaista ionisoivaa säteilyä, joka edellyttää määrättyjen tai valvottujen alueiden merkitsemistä erikseen määrättyllä tavalla
- suurjännitejohtojen läheisyydessä tehtävät työt
- työt, joihin liittyy työntekijöiden hukkumisvaara
- työt kuiluissa, maanalaisissa rakennuskohteissa ja tunneleissa.
- työt, joissa käytetään sukellusvälineitä
- painekammiossa tehtävät työt
- työt, joissa käytetään räjähdysaineita
- työt, joihin liittyy raskaiden esivalmisteisten osien kokoamista tai purkamista
- rakenteiden, rakenneosien tai materiaalien purkutyö
- työt tie- ja katualueella.

Työturvallisuuden suunnittelun tärkeimpänä osa-alueena on tunnistaa työhön liittyvät riskit. Riskit voivat liittyä työskentelypaikkoihin, työskentelytapoihin tai ulkopuolisten asioiden aiheuttamiin riskeihin.

## 5.2 Tietomallien hyödyntäminen työturvallisuuden suunnittelussa

### 5.2.1 Aluesuunnitelman hyödyntäminen työturvallisuussuunnittelussa

Työmaan aluesuunnitelman laatiminen on keskeinen osa työn suunnittelua. Laadittaessa työmaan aluesuunnitelmaa otetaan samalla kantaa myös työturvallisuusasioihin. Aluesuunnitelma on tarpeen mukaan tehtävä vaiheittain, jotta siinä näkyy eri rakennusvaiheiden tilanteet. Aluesuunnitelma on oltava kaikkien työntekijöiden nähtävillä.

Päätoteuttajan on suunniteltava rakennustyömaa-alueen käyttö kiinnittäen erityistä huomiota ainakin: (VNp 629/1994.):

- toimisto-, henkilöstö- ja varastotilojen määrään ja sijaintiin
- koneiden ja laitteiden sijoitukseen
- kaivuu- ja täyttömassojen sijoitukseen
- rakennustarvikkeiden ja -aineiden lastaus-, purkaus- ja varastointipaikkojen sijoitukseen
- työmaaliikenteeseen sekä sen ja yleisen liikenteen liittymiskohtiin
- kulku-, nousu- ja kuljetusteihin sekä niiden kunnossapitoon
- työmaan järjestykseen ja siisteyteen
- jätteiden keräämiseen, säilyttämiseen, poistamiseen ja hävittämiseen
- palontorjuntaan.

Riskialttiiden töiden kartoittamisessa voidaan käyttää hyödyksi aluesuunnitelmaa. Kun aluesuunnitelma on suunniteltu tietomallina, siitä pystytään sen havainnollisuuden vuoksi erinomaisesti selvittämään mahdollisia riskipaikkoja. Riskipaikkoja voi olla esimerkiksi kulkureitit, voimalinjat, tiealueet, maapohjan kantavuuteen liittyvät tiedot, putoamisvaaralliset alueet ja mahdolliset ulkopuoliset vaaratekijät.

Kun aluesuunnitelmasta on arvioitu riskitekijät, ne pyritään eliminoimaan mahdollisilla muutoksilla. Toisin sanoen työmaan aluesuunnitelmaa tulee muuttaa mahdollisten riskien mukaan. Jos aluesuunnitelmassa ei pystytä esittämään

asioita tarvittavalla tarkkuudella, niin näistä asiakokonaisuuksista voidaan tehdä täydentäviä erillissuunnitelmia.

Mallinnetun työmaa-alue suunnitelman hyödyistä työturvallisuuden kannalta on olemassa VTT:n tekemä tutkimus ”Tietomalli ja työmaan turvallisuus”. Tutkimusraportti on julkaistu maaliskuussa 2009. Tutkimuksen päätteeksi työryhmä vakuuttui siitä, että 3D-suunnittelu tulee kytkeä osaksi työmaiden turvallisuus suunnittelua. Jatkokehitystarpeina työryhmä esitti, että työturvallisuus olisi saatava kattavammin mukaan tietomallipohjaiseen rakennussuunnittelu- rakentamisprosessiin. Myös työturvallisuuden mallintamismallien kehittäminen mainittiin jatkokehitystarpeissa. (Sulankivi ym. 2009.)

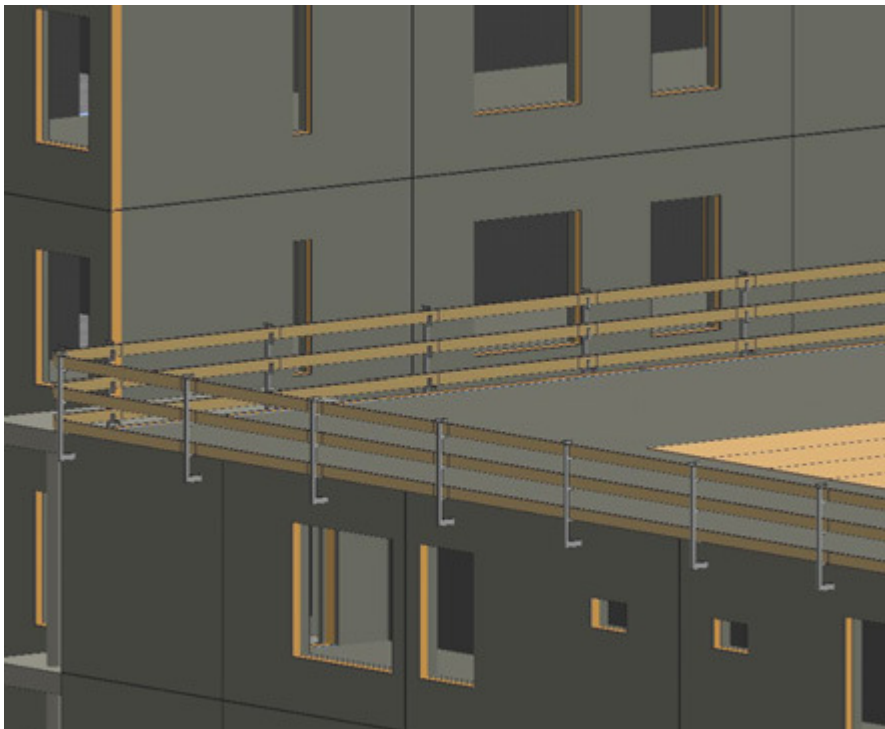
Suurimmat hyödyt tietomallinnetusta alue suunnitelmasta on saatu sen visuaalisuuden kautta. 3D-muotoinen alue suunnitelma on huomattavasti 2D-suunnitelmia havainnollisempi ja siitä on huomattavasti helpompi analysoida työturvallisuusriskejä. Tietomallinnettu alue suunnitelma toimii myös paremmin viestintävälineenä ja motivointikeinona henkilöstölle.

### **5.2.2 Putoamissuojauksen suunnittelu**

Putoamissuojauksen suunnittelussa on hyvä käyttää rakennesuunnittelijan tekemää tietomallia. Putoamissuojaus tulee suunnitella erikseen jokaisen rakennusvaiheen vaatimien tarpeiden mukaisesti. Rakennesuunnittelijan mallissa on esitetty jokainen elementti omana objektinaan, jolloin putoamissuojausta voidaan tarkastella erikseen eri rakennusvaiheiden aikana.

Suunniteltaessa putoamissuojausta voidaan rakennesuunnittelijan malliin lisätä putoamista ehkäiseviä varusteita. Esimerkki rakennesuunnittelijan malliin lisätyistä kaiteista näkyy kuvassa 9. Yksi merkittävä lisäys rakennesuunnittelijan malliin on valjaiden kiinnityspisteet elementteihin. Myös aukot, jotka jäävät holveihin pystytään helposti havaitsemaan mallista. Näiden aukkojen putoamissuojaus pystytään myös lisäämään malliin esimerkiksi peittämällä aukot oikeanlaisella putoamissuojauksella tai lisäämään aukkojen reunalle kaiteita. Kun putoamissuojaus on mallinnettu rakennemalliin, se voidaan käydä työntekijöiden kanssa läpi aloitettaessa uutta työvaihetta. Uuden työvaiheen al-

kaessa mallista on helppo käydä läpi juuri kyseiseen työvaiheeseen liittyvät riskit.



Kuva 9: Rakennesuunnittelijan malliin lisätyt kaiteet (Sulakivi ym. 2009)

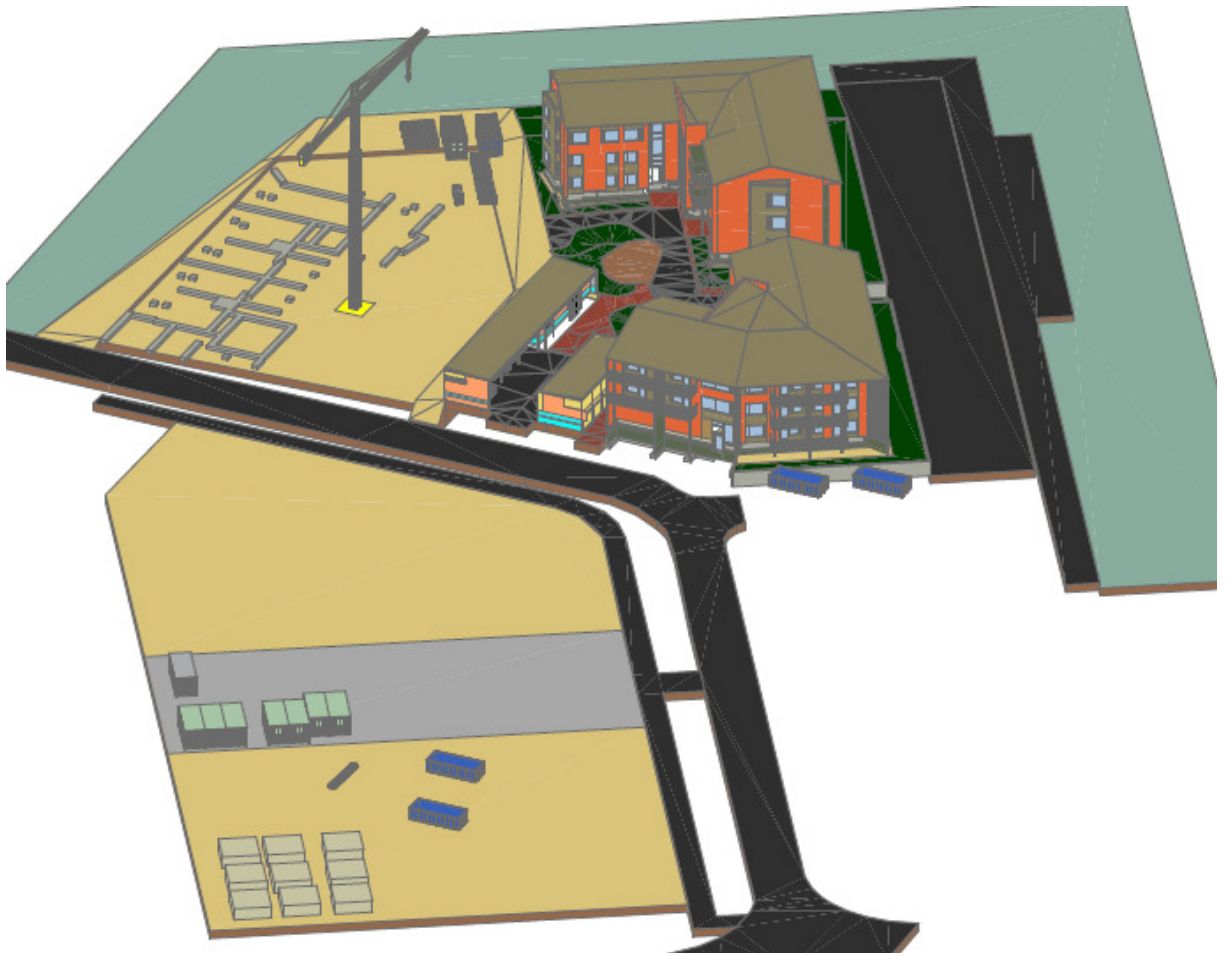
Kaikkein pienimmät varusteet eivät kuitenkaan välttämättä erotu mallista tarkasteltaessa kokonaista kerrosta. Näitä pienempiä tarvikkeita voi olla esimerkiksi valjaille tarkoitetut kiinnityspisteet. Mikäli mallissa on käytetty tällaisia huonosti erottuvia tarvikkeita, ne on hyvä mallintaa huomioväritettynä niiden havainnollisuuden korostamiseksi.

Kun rakennemalliin on lisätty kaikki putoamissuojauksen edellyttämät rakennesosat, mallista saadaan helposti myös laskettua putoamissuojauksen vaatimat materiaalit työmaalla. Mallinnetulla putoamissuojauksella pystytään siis myös osittain helpottamaan työmaan logistiikan järjestämistä, koska työnjohto pystyy varaamaan tarkasti kunkin työvaiheen vaatimat materiaalit työmaalle.

### 5.3 Tietomallin hyödyntäminen perehdytyksessä

Uuden työntekijän tullessa työmaalle on hänet ensin perehdytettävä työmaan turvallisuuskäytäntöihin sekä työmaan toimintatapoihin. Tietomallin hyödyntäminen perehdytyksen yhteydessä on erinomainen apuväline havainnollistettaessa uusille työntekijöille työmaan eri alueita ja tiloja. Ihmisen on huomattavasti helpompi hahmottaa asioita, kun ne on esitetty kolmiulotteisessa muodossa verrattuna perinteiseen kaksiulotteiseen esitystapaan.

As Oy Lpr:n Kreijarin työmaalla on tarkoitus käyttää mallinnettua aluesuunnitelmaa perehdytyksen apuvälineenä. Aluesuunnitelman kautta käydään läpi työmaan yleisjärjestys, jätteiden lajittelupaikat, sosiaalityilat, työturvallisuusvälineiden sijaintipaikat, turvalliset kulkureitit ja turvallisuuden kannalta riskialttiit paikat. Lisäksi työmaan aluesuunnitelmaa pidetään ajan tasalla, joten siitä pysytään käymään läpi myös rakentamisvaiheen eteneminen. Kuvassa 10 Kreijarin työmaan aluesuunnitelmassa on menossa perustusvaihe, joten suunnitelmassa näkyy vain rakennuksen perustukset. Rakentamisen edetessä aluesuunnitelmasta tulostetaan uusia versioita, kunnes rakennus näkyy suunnitelmassa valmiina piharakenteita myöten. Kuvassa 10 näkyy myös As Oy Lpr:n Kuunarin tietomalli valmiina, joka sijaitsee Kreijarin vieressä.



Kuva 10. As Oy Lpr:n Kreijarin alustavasta perustusvaiheen aluesuunnitelmasta

Mikäli aluesuunnitelma on mallinnettuna, niin perehdytyksen yhteydessä on helppo käydä läpi mallin avulla työmaan parkkipaikat, sosiaalityilat, toimistotilat, varastot, jätelavat ja muut perehdytyksessä läpikäytävät tärkeät alueet. Aluesuunnitelmasta voidaan myös tuottaa liikkuvaa kuvaa. Perehdytyksessä voidaan ottaa apuvälineeksi mallista tuotettuja animaatioita. VTT:n tutkimuksessa tuotettiin aluesuunnitelmasta video, missä työmaa käveltiin virtuaalisesti lävitse. Tätä videota käytettiin perehdyttämisessä apuna niin sanottuna virtuaalisena työmaakierroksena. Myös mahdollinen mallinnettu putoamissuojaussuunnitelma on hyvä käydä perehdytyksen yhteydessä läpi, jolloin uusille työntekijöille ei jää epäselväksi, mitkä putoamissuojavarusteet ovat työmaan turvallisuuden kannalta tärkeitä. (Sulankivi ym. 2009.)



## 6 AIKATAULUSUUNNITTELU

Tietomallia voidaan hyödyntää myös aikataulusuunnittelussa. Perinteisessä aikataulusuunnittelussa tietomallia voidaan käyttää hyväksi poimimalla tietomallista aikataulusuunnittelun vaatimat määrätiedot. Lisäksi tietomallista voidaan visuaalisesti tarkastella rakenteita ja suunnitella rakenteiden toteuttamistapoja. Tietomallista pystytään myös sen havainnollisuuden vuoksi näkemään mahdollisia päällekkäisiä rakenteita, minkä perusteella voidaan aikataulusuunnittelussa perehtyä työjärjestyksiin.

Tietomallinnuksen yleistymisen ja ohjelmistojen nopea kehitys on mahdollistanut uuden aikataulusuunnittelu muodon. Kun tietomalliin lisätään aikataulutietoja, niin saadaan aikaiseksi 4D-malli. 4D-malleja kutsutaan myös nimellä tuotantomalli. Tuotantomallissa jokaisella objektilla on muiden tietojen lisäksi myös aikatiejoja. Mikäli rakennuksesta on tehty tuotantomalli, niin rakennuksen aikatauluseuranta voidaan tehdä täysin mallin pohjalta.

Tuotantomallin muodostamisen lähtökohtana on valmiiksi suunniteltu tietomalli. Aikataulutiedot suunnitellaan erillisellä ohjelmalla paikka-aikakaavioon esimerkiksi Control 2007-ohjelmalla. Paikka-aikakaavion ja tietomallin paikkatietojen tulee vastata toisiaan, jotta myöhemmin tehtävä linkitys onnistuu. Kun aikataulu on valmiiksi muokattu, niin aikataulu yhdistetään 3D-malliin. Aikataulutiedot voidaan yhdistää malliin siihen tarkoitetuilla ohjelmilla esimerkiksi Enterprixella. Yhdistämisen jälkeen voidaan ohjelmalla muokata tehtävän sisäisiä rakentamisjärjestyksiä, kuten elementtien asennusjärjestystä. (Karling 2008.)

Tuotantomallintamisesta on Skanska Oy:llä ollut muutamia pilottihankkeita. Pilottikohteissa tuotantomallintaminen on koettu hyväksi kehitysideaksi. Hyvin suunnitelluilla tuotantomalleilla pyritään entistä luotettavampaan tuotannon suunnitteluun. Aini Karlingin insinööriyössä ”Skanskan tuotantomallin käyttö tuotannossa” on todettu, että tuotantomallintamisessa on vielä paljon kehitettävää. Kehitettävää on niin ohjelmistojen toimivuudessa, kuin myös henkilöstön

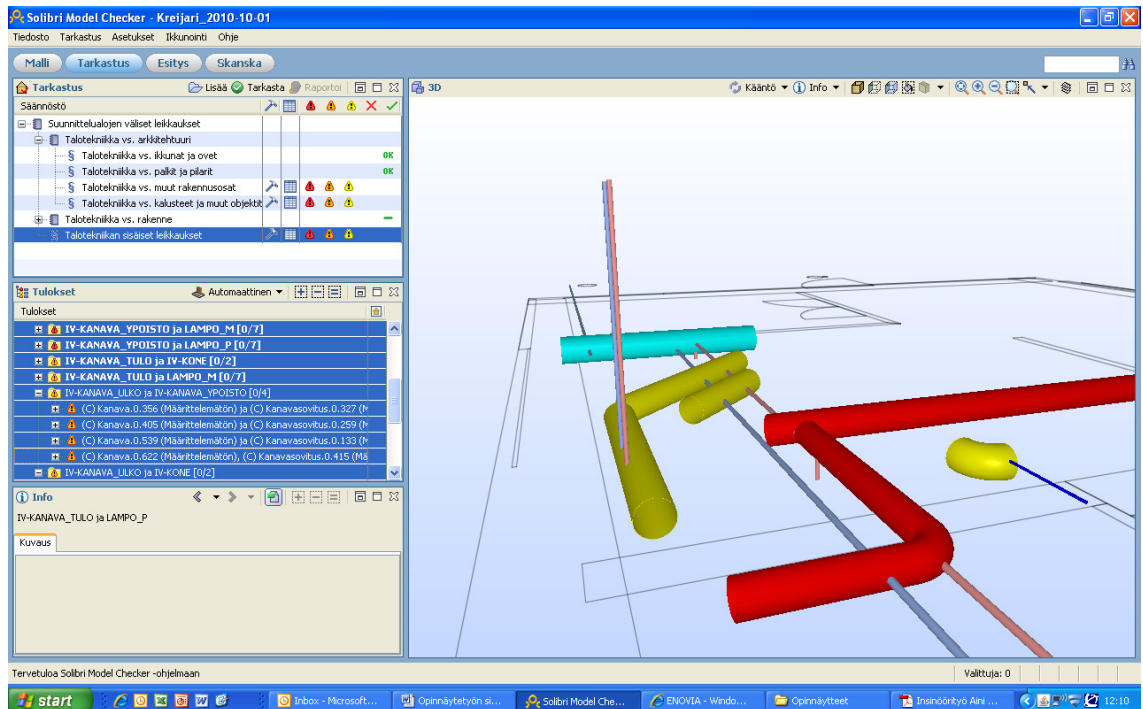
osaamisessa. Tuotantomallintamista tullaan kuitenkin tulevaisuudessakin kehittämään työmaiden luotettavuuden parantamiseksi. (Karling 2008.)

## 7 TÖRMÄYSTARKASTELUT

Törmäystarkastelu tarkoittaa tietomallien päällekkäisyyksien tarkastelemista. Yleensä törmäystarkasteluja tehdään yhdistetylle tietomallille, eli mallille missä on kaikkien suunnittelijoiden mallit päällekkäin. Törmäystarkasteluja voidaan tehdä visuaalisesti tutkimalla mallia ja liikkumalla mallin sisällä, jolloin tarkastelevat henkilöt pyrkivät itse havaitsemaan mahdollisia vikoja ja puutteita. Törmäystarkasteluihin on kuitenkin kehitetty ohjelmia, jotka tiettyjen reunaehtojen perusteella suorittavat törmäystarkastelut automaattisesti ja ilmoittavat tarkastelijalle suoraan ongelmakohtat.

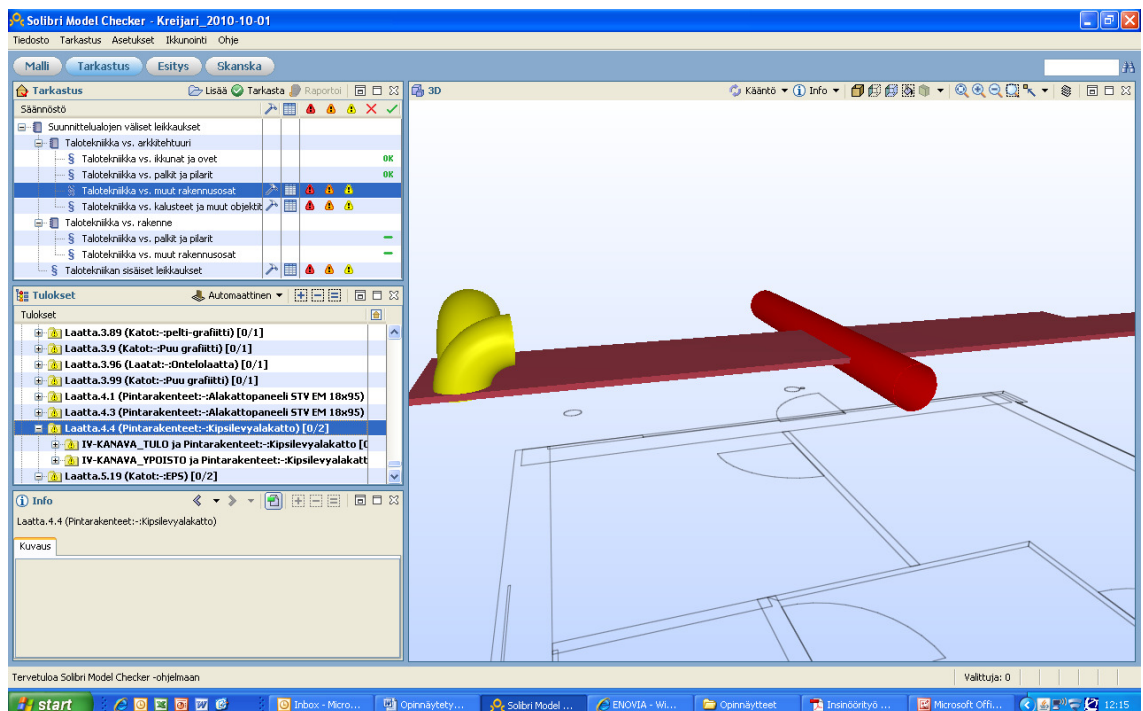
Automaattisia törmäystarkasteluja pystyy tekemään nykypäivänä lähes kaikki IFC-tarkasteluohjelmat. Ohjelmien valikoissa on runsaasti valmiita erilaisia tarkasteluvaihtoehtoja. Tarkasteluja voidaan tehdä esimerkiksi putkien päällekkäisyyksistä tai varausten oikeista paikoista. Malleista voidaan tarkastaa myös esimerkiksi rakennemallin yhteneväisyys arkkitehtimalliin verrattuna.

Asunto-osakeyhtiö Lappeenrannan Kreijarista muodostetussa yhdistelmämallissa suoritettujen törmäystarkastelujen perusteella talotekniikasta löytyi joitakin muutettavia kohtia. Kuvassa 11 näkyy törmäystarkasteluista otettu kuva, jossa näkyy talotekniikan putkistojen päällekkäisyyksiä. Kun päällekkäisyydet on havaittu jo suunnitteluvaiheessa, niihin pystytään reagoimaan siirtämällä putkistoja tai rakenteita. Törmäystarkastelut tulisikin tehdä suunnitteluvaiheessa reilusti ennen rakentamisen aloittamista, jotta suunnitelmissa ei ole päällekkäisyyksiä enää rakentamisvaiheessa. Esimerkiksi elementtien muuttaminen on aina työllästä sen jälkeen, kun elementtikuvat ovat ehtineet lähteä elementtitehtaalle elementtien valmistusta varten.



Kuva 11. As Oy Lpr:n Kreijarin törmäystarkastelussa talotekniikan putkien korot menevät päällekkäin.

Kuvassa 12 ilmastointikanava kulkee alakaton lävitse. Suorittamalla törmäystarkastelut suunnitteluvaiheessa ja muuttamalla putkien sijainteja pystytään näiltä yllätyksiltä välttymään työmaalla.



Kuva 12. As Oy Lpr:n Kreijarin törmäystarkastelussa IV-putki kulkee alakaton läpi.

Usein putkien liian alhainen korko havaitaan vasta rakentamisvaiheessa, jolloin putkien siirtäminen aiheuttaa lisätyötä. Pahempi tilanne on, kun putkien alhainen korko havaitaan vasta alakaton rakennusvaiheessa, jolloin joudutaan joko laskemaan alakaton korkeutta tai siirtämään valmiiksi asennettu putki. Harvoin voidaan kuitenkaan laskea alakattoja alemmas huonekorkeuksien pienentymisien vuoksi.

## 8 PÄÄTELMÄT

Suomessa suuret rakennuttajat ovat jo usean vuoden aikana vaatineet varsinkin suurten kohteiden suunnittelua tietomallintamalla. Tietomallintamisesta saatujen hyvien kokemusten vuoksi tietomallintaminen onkin yleistynyt rakennussuunnittelussa huomattavasti viime vuosina. Onkin odotettavissa, että tietomallintaminen tulee jossain vaiheessa syrjäyttämään perinteisen CAD-suunnittelun.

Tietomallintaminen parantaa huomattavasti suunnitelmien luotettavuutta, koska mahdollisiin päällekkäisyyksiin on paremmat mahdollisuudet puuttua, jo suunnitteluvaiheessa.

Markkinoilla on saatavilla runsaasti erilaisia mallintamisohjelmistoja, jotka eivät ole yhteensopivia keskenään. Myöskään IFC-standardi ei täytä vielä sille asetettuja vaatimuksia, koska mallien tulostaminen IFC-muotoon ei toimia aina virheettömästi.

Suunnittelijoiden tulisi suorittaa mallin yhdistäminen ja törmäystarkastelut jo hyvissä ajoin, ennen kuin mallit tulevat työmaalle. Mikäli törmäystarkasteluja ei ole tehty hyvissä ajoin ennen rakentamisen alkamista, niin niistä saatavat hyödyt vähenevät oleellisesti. Suunnittelijoiden tehtäviin pitäisikin tulevaisuudessa lisätä mallien yhdistäminen ja niihin tehtävien tarkastelujen hoitaminen.

Tietomallit tulevat yleistymään myös työmaakäytössä. Työmaakäytön yleistymisen ongelmana on vielä tällä hetkellä ohjelmistojen käyttötaidon puuttuminen. Kuitenkin yhä useampi työmaalle johtotehtäviin tuleva nuori insinööri tai rakennusmestari osaa käyttää mallinnusohjelmia. Tietotaidon lisääntyminen työmailla mahdollistaa tietomallien yleistymisen. Työmailla havaittujen hyötyjen kautta myös henkilöstön motivaatio opetella mallintavien ohjelmien käyttöä tulee luultavasti kasvamaan.

Joidenkin arvioiden mukaan tietomallintaminen nopeuttaa määrälaskentaa 70–80 prosenttia, mikä on rakennusalan yrityksissä huomattava säästö normaaliin laskentaan verrattuna. Määrälaskennan helpottuminen vapauttaa työmaalla resursseja muihin tehtäviin. Myös määrien tarkastelu osakohteittain helpottaa työmaalla logistiikan järjestämistä ja siihen käytettävien resurssien määrää.

Tietomallin hyödyntämisellä työturvallisuudessa on saatu hyviä kokemuksia pilttikohdeissa. Varsinkin runkovaiheen putoamissuojauksen suunnittelussa tietomalli antaa mahdollisuuden löytää helposti riskialttiit paikat, jolloin näihin voidaan reagoida putoamissuojasuunnitelmissa.

Perehdyttämisessä voidaan käyttää tietomallia hyödyksi. Ihmisen on todettu havaitsevan ja muistavan paremmin kuvien perusteella kuin pelkällä puheella. Näin ollen tietomalli antaakin mahdollisuuden esitellä työmaata kolmiulotteisesti, jolloin uudet työntekijät saavat perehdytyksessä paremman kokonaiskuvan työmaasta.

Mallinnettujen aluesuunnitelmien tuoma visuaalisuus on koettu työmailla hyväksi ja paremmin työmaita havainnollistavaksi verrattuna aikaisempiin toimintatapoihin. Tulevaisuudessa aluesuunnitelmat voivat vielä kehittyä ja niihin voidaan sisällyttää esimerkiksi työmaan kalustotietoja, jolloin kalustomäärät saataisiin tulostettua suoraan aluesuunnitelmasta.

Tuotantomallintamisen käyttö on vasta aluillaan ja siihen soveltuvia ohjelmistoja on melko vähän. Tietomallien yleistymisen myötä myös tuotantomallien uskotaan yleistyvän. Tuotantomallintaminen on pyrkimys kohti luotettavampaa tuotannonsuunnittelua, joten sille varmasti on tilausta työmaiden aikataulutuksen puolesta.

Tuotantomallintamisen onnistuminen vaatii, että toteutusmalli on saatavilla jo hyvissä ajoin ennen rakentamisen aloittamista. Tämä tarkoittaa myös sitä, että näissä hankkeissa suunnittelulle on varattava enemmän aikaa ennen rakentamisen aloittamista.

## LÄHTEET

Harjula, J. 2006. Tuotemallinnus asuinkerrostalokohteessa. Etelä-Karjalan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Karling, A. 2008. Skanskan tuotantomallin käyttö tuotannossa. Helsingin ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Kiviniemi, A., Rekola, M., Belloni, K., Kojima, J., Koppinen, T. & Mäkeläinen T. 2007. Senaatti-kiinteistöt: Tietomallivaatimukset. <http://www.senaatti.com/document.asp?siteID=1&docID=546> (Luettu 09.11.2010)

Romo, I. & Sulankivi, K. 2005. Pro It Tuotemallipilotit 2005. <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/> (Luettu 09.11.2010)

Sauni, S., Lappalainen, J. & Piispanen, P. 2000. Työturvallisuuden hallinta rakennustyömaalla. <http://www.tyosuojelu.fi/upload/p1tuync.pdf> (Luettu 09.11.2010)

Sulankivi, K., Mäkelä, T. & Kiviniemi, M. 2009. Tietomalli ja työmaan turvallisuus. <http://www.vtt.fi/proj/turvabim/> (Luettu 09.11.2010)

Teklan mallikilpailu 2009. <http://www.tekla.com/fi/model-comp/Pages/kilpailukohteet.aspx> (Luettu 09.11.2010)

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

Valtioneuvoston päätös. 1994. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940629?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=629> (Luettu 09.11.2010)