

Alexi Ihalainen

# TIETOMALLINNUKSEN ROOLI TYÖ- MAATURVALLISUUDEN PARANTAMI- SESSA

Kandidaatintyö  
Rakennetun ympäristön tiedekunta  
Tarkastaja: Tajja Puolitaival  
Toukokuu 2022

# TIIVISTELMÄ

Aleksi Ihalainen: Tietomallinnuksen rooli työmaaturvallisuuden parantamisessa (The role of Building Information Modeling in improving construction safety)

Kandidaatintyö

Tampereen yliopisto

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Toukokuu 2022

---

Vaikka tapaturmien määrä rakennusalalla on ollut viime vuosina laskusuunnassa, on rakennusalalla tapahtuvien työtapaturmien määrä suhteessa työtunteihin Suomessa edelleen kaikista toimialoista korkein. Rakennushankkeen työturvallisuuden kannalta tapaturmien riskien tunnistaminen ja riskienhallinta ovat tärkeässä osassa. Riskienhallinnan tukena voidaan hyödyntää tietomallia, jolla tarkoitetaan rakennuksen digitaalista mallia, joka sisältää todellisia rakennusosia vastaavia objekteja. Rakennuksen tietomalli mielletään usein 3D-malliksi, mutta kolmiulotteisuus ei ole välttämättömyys. Monesti kolmiulotteisuuden kautta saadaan luotua rakennushankkeesta malli, joka luo mahdollisuuden visualisoida sekä hahmottaa hanke. Työssä tarkastellaan, miten tietomallintamisen avulla voidaan edistää työmaan turvallisuutta. Tutkimus rajoittuu talonrakentamisen uudistustalon rakentamisvaiheeseen.

Tutkimus toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Tutkimuksessa työturvallisuuden osalta hyödynnettiin esimerkiksi Tapaturmavakuutuskeskuksen julkaisemia tilastoja ja aineistoja tapaturmiin liittyen. Tilastojen avulla pyrittiin käsittelemään rakennusalan työturvallisuuden osalta yleisimpiä tapaturmia ja tapaturmiin johtavia syitä. Koska rakentamisen digitaaliset ratkaisut kehittyvät nopeasti, tietomallinnukseen liittyvä kirjallisuus pyrittiin pitämään ajankohtaisena rajaamalla yli 10 vuotta vanhat aineistot pois. Ajankohtaisen kirjallisuuden avulla varmistettiin, ettei tietomallinnukseen liittyvä aineisto anna väärää tulkintaa tämänhetkisestä tilanteesta tietomallinnukseen liittyen.

Tapaturmavakuutuskeskuksen tilastoista ilmenee, että vuonna 2020 eniten tapaturmia liittyi henkilön liikkumiseen työmaalla. Myös esineiden käsittely ja käsityökalujen käyttö olivat yleinen tapaturmien syy. Tutkimus osoittaa, että tietomallin suurimpana etuna työturvallisuuden näkökulmasta pidetään mahdollisuutta havainnollistaa rakennuskohde. Havainnollistaminen helpottaa ja parantaa esimerkiksi työvaiheiden ja logistiikan suunnittelua sekä työntekijöiden perehdyttämistä työturvallisuuden näkökulmasta. Tietomalli edesauttaa myös riskien tunnistamisessa sekä niiden arvioinnissa. Tietomalli tukee rakennushankkeen turvallisuuden kehittämistä, mutta tietomallin käytössä työmaan näkökulmasta on kuitenkin haasteita liittyen toimihenkilöiden osaamiseen, tiedon saamiseen ja asenteeseen. Lisäämällä työmaan toimihenkilöille tietomallia koskevaa käytännönläheistä koulutusta sekä kehittämällä tietomallia koskevia sopimusasiakirjoja voitaisiin mahdollisia puutteita kehittää. Tietomallin monipuolinen käyttäminen ja hyödyntäminen voisi edistää työmaan ja organisaatioiden turvallisuuskulttuuria, jolla on merkittävä rooli tapaturmien kannalta.

Avainsanat: Työturvallisuus, rakennusala, tietomalli

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. TYÖTURVALLISUUS SUOMESSA .....	3
2.1 Työturvallisuuden kehitys ja nykytilanne .....	3
2.2 Yleisimmät vaaratilanteet ja tapaturmat .....	4
2.3 Turvallisuusriskien ennaltaehkäisy .....	5
3. TIETOMALLINNUS .....	7
3.1 Tietomallinnus yleisesti .....	7
3.2 Tietomallintamisen edut .....	8
3.2.1 Tietomallin edut suunnittelun näkökulmasta .....	9
3.2.2 Tietomallin edut rakentamisen näkökulmasta .....	11
3.3 Tietomallintamisen haasteet ja ongelmat .....	11
4. TIETOMALLIN VAIKUTUS TYÖTURVALLISUUTEEN .....	14
4.1 Tuotantoprosessin hallitseminen tietomallin avulla .....	14
4.1.1 Tietomallipohjainen aluesuunnitelma .....	16
4.2 Työntekijän perehdytys tietomallin avulla .....	17
5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	18
LÄHTEET .....	20

# 1. JOHDANTO

Rakennustyömaan turvallisuus on tärkeä tavoite nykypäivän rakentamisessa. Tavoitteena on nolla tapaturmaa, joka edellyttää kaikkien osapuolien sitoutumista sekä tiivistä yhteistyötä läpi rakennushankkeen suunnittelusta lähtien. Nolla tapaturmaa -ajattelumalli on oleellista pitää mielessä yrityksen johdosta ja henkilöstöstä aina jokaiseen työmaan alirakoitsijaan. (Rakennusteollisuus 2022a) Työtapaturmia sattuu edelleenkin ja pahimmillaan tapaturmat voivat olla kuolemaan johtavia. Vuonna 2020 Suomessa tapahtui rakennustyömailla yli 19 000 tapaturmaa, joista kaksi johti kuolemaan. Rakennusala on yksi vaarallisimmista ammateista, kun vertaillaan eri ammattien tapaturmia. (Sysi-Aho 2021) Henkilövahinkojen lisäksi työtapaturmat ovat kalliita työnantajille.

Tietomallintamista pidetään yhtenä lupaavimmista viimeaikaisista rakennusalan kehityskohteista. Tietomalli on rakennushankkeen digitaalinen malli, joka monesti esitetään kolmiulotteisessa muodossa. Tietomalleja voidaan hyödyntää koko rakennuksen elinkaaren läpi. Tietomallintamisen tavoitteena on kehittää rakentamisen suunnittelua ja laatua, tehokkuutta sekä työturvallisuutta (BuildingSMART 2012).

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää tietomallinnuksen rooli ja sen tärkeys rakennushankkeissa työturvallisuuden näkökulmasta. Osana tutkimusta selvitetään myös työtapaturmien kehitystä sekä tapaturmien aiheuttajia. Tutkimuksen pääkysymys on, miten tietomallinnuksen avulla voidaan edistää työmaan turvallisuutta. Tutkimus sisältää seuraavat alakysymykset:

- Mitkä ovat yleisimmät tapaturmien syyt työmaalla?
- Mitä tietomallinnus on?
- Mitkä ovat tietomallinnuksen tuomat mahdollisuudet ja edut?

Tutkimusmenetelmänä käytetään kirjallisuustutkimusta, jossa hyödynnetään aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja tieteellisiä tutkimuksia. Työtapaturmiin liittyen hyödynnetään tilastoja, joista selviää, millaisia tapaturmia sattuu sekä minkälaisia seuraamuksia niistä aiheutuu. Tietomallintamisen osalta hyödynnetään mahdollisimman ajankohtaista tietoa, koska tietomallinnus on kehittynyt 10 vuodessa paljon. Tutkimus keskittyy talonrakentamisen uudistuotantoon, koska infra- ja korjaushankkeissa tietomallintaminen on hieman erityylistä sekä siinä on omat haasteensa.

Tutkimus koostuu kolmesta pääluvusta johdannon ja yhteenvedon lisäksi. Toisessa pääluvussa käsitellään työturvallisuutta Suomessa, miten työturvallisuus on ajan kuluessa kehittynyt sekä mikä on työturvallisuuden tilanne nykyään. Luvussa syvennytään myös yleisempiin vaaratilanteisiin ja tapaturmien syihin sekä lyhyesti riskienhallintaan. Kolmannessa pääluvussa keskitytään tietomallintamiseen. Luvussa selvennetään, mitä tietomallinnus on ja minkälaiset ovat tietomallinnuksen ominaisuudet. Luvussa tuodaan esille tietomallin työturvallisuuden kannalta tuomia etuja sekä tietomallin tämänhetkisiä haasteita ja ongelmia. Neljännessä pääluvussa syvennytään tietomallinnuksen rooliin työmaan turvallisuuden kehittämisen kannalta. Viimeisessä luvussa kerrotaan tutkimuksen perusteella työn johtopäätökset.

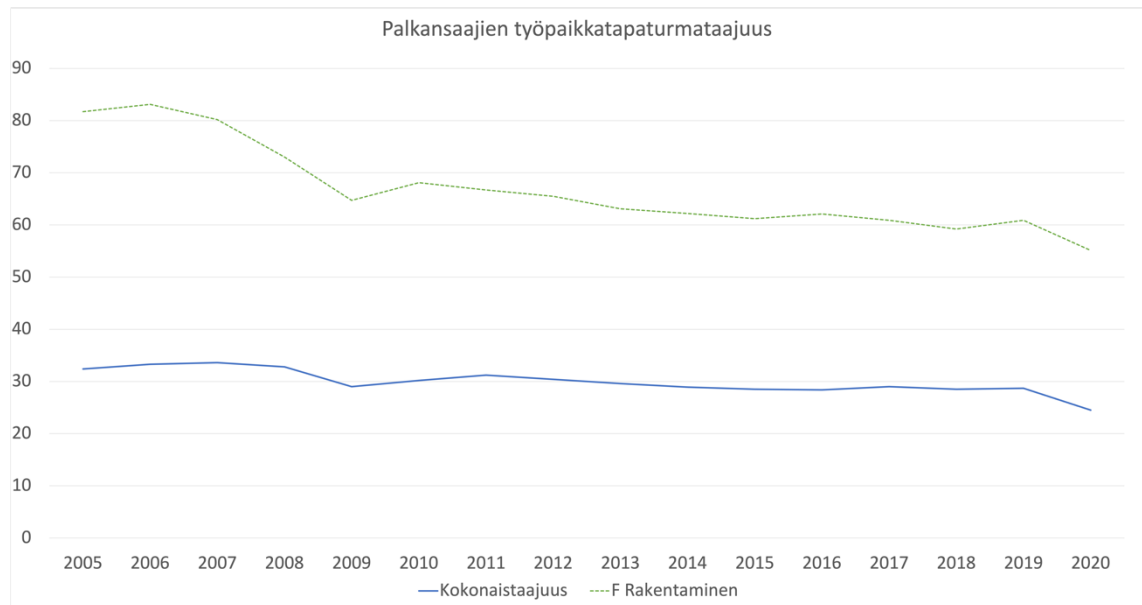
## 2. TYÖTURVALLISUUS SUOMESSA

### 2.1 Työturvallisuuden kehitys ja nykytilanne

Suomessa Tapaturmavakuutuskeskus eli TVK tuottaa laajalti tilastoja eri toimialojen työtapaturmista ja niihin liittyvistä syistä. TVK julkaisee vuosittain keräämästään datasta vuosijulkaisun tapaturmien määrästä ja ominaisuuksista. Työtapaturmalla tarkoitetaan tapaturmaa, jossa työssä tai työstä johtuvista olosuhteista työntekijä on saanut jonkinlaisen vamman tai sairauden. Tilastoihin kirjautuvat kaikki tapaturmat ja vahingot, joista vakuutuslaitokset ovat maksaneet korvauksia. (Tilastokeskus 2022) Tapaturmia tilastoidaan usein yksikössä tapaturmataajuus. Tapaturmataajuus kuvastaa sattuneiden tapaturmien ja tehtyjen työtuntien suhdetta. Tapaturmataajuus helpottaa turvallisuudentason vertailua eri toimialoilla. Tilastoissa rakentaminen on luokiteltu omaksi toimialaksi, jolloin tässä tutkimuksessa Tapaturmavakuutuksen tilastoja voidaan hyödyntää monipuolisesti.

Mölsän (2017) mukaan Suomessa rakennusalan työtapaturmien määrä on laskenut suhteellisen paljon pitkällä aikavälillä. 1960-luvulla Suomessa rakennustyömailla saattoi tapahtua yhteensä noin 30 000 tapaturmaa sekä kuolla noin 60–90 henkeä vuodessa. Työturvallisuuteen kiinnitettiin vuosien mittaan yhä enemmän huomiota, mutta vielä 2000-luvun alussa Suomen turvallisuudentaso oli Pohjoismaiden heikointa. Turvallisuuden mielikuva eli turvallisuuskulttuuri muuttui vähitellen, ja henkilökohtaisiin turvavarusteisiin, työturvallisuussuunnitelmiin ja työntekijöiden asenteisiin kiinnitettiin enemmän huomiota. Suomessa kehitettiin turvallisuustason mittaustapoja, joiden avulla kyettiin mittaamaan työmaan turvallisuutta ja puuttumaan vaarallisiin epäkohtiin. Pian huomattiin, että turvallisuusmittausten ja onnettomuuksien välillä oli selvä yhteys. Mölsä nostaa esille turvallisuusmittauksien vaikutuksen, jonka ansiosta rakentamisen työturvallisuus kehittyi Suomessa merkittävästi 2000-luvulla. Työturvallisuudesta muodostui viimein todella tärkeä osa rakentamista ja johtamista, jolloin myös organisaatiot saivat luotua hyvän turvallisuuskulttuurin toiminnalleen. Tällöin Suomi nousi kärkisijalle Pohjoismaiden turvallisuustasossa.

Vuosi 2020 oli työtapaturmien osalta ennätyskellisen hyvä, koska tapaturmia sattui tuolloin vähemmän kuin koskaan. Työturvallisuuden merkitystä ei voida kuitenkaan yliarvioida. Vuonna 2020 tapaturmien määrä oli kuitenkin yli 19 000, ja luku käsittää rakennusalan yritysten lisäksi työmaiden alihankkijat, vuokratyöt, tavarantoimittajat sekä erilaiset asennustyöt (Sysi-Aho 2021).

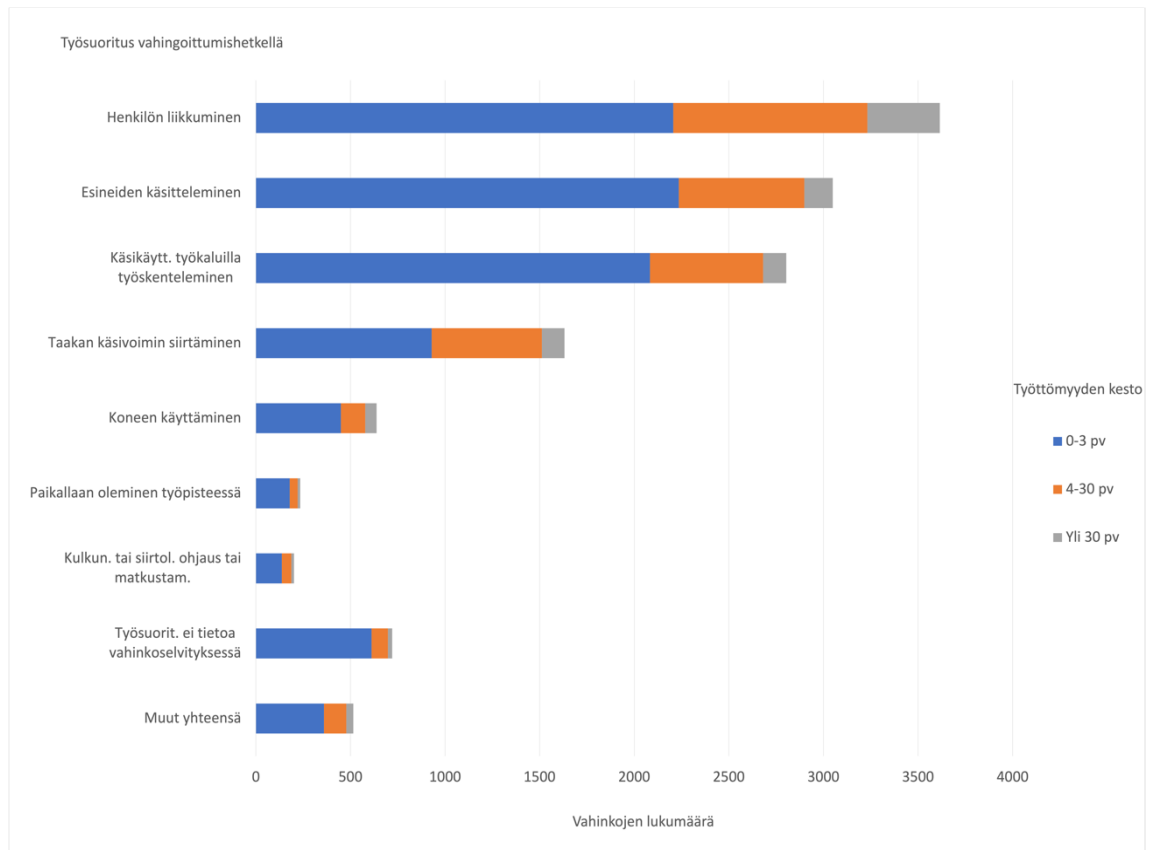


**Kuva 1.** Palkansaajien työpaikkatapaturmataajuudet vuosina 2005–2020 (Tapaturmavakuutuskeskus 2020)

Kuvassa yksi vihreällä katkoviivalla on esitetty rakennusalan tapaturmataajuus miljoonaa työtuntia kohden. Sininen viiva kuvastaa kaikkien alojen kokonaistaajuutta. Kuvasta voidaan huomata, että rakennusalan tapaturmat ovat vähentyneet, mutta edelleen verrattuna muihin toimialoihin rakennusosalalla tapahtuu paljon tapaturmia. Vuonna 2020 tapaturmataajuus oli noin 55 tapaturmaa miljoonaa työtuntia kohden. (Kuva 1) Tapaturmataajuuden tilastoinnissa on syytä huomioida, että vuodesta 2015 lähtien tehtyjen työtuntien määrä on noussut. Työtuntien kasvusta huolimatta vuodesta 2006 rakennusalan tapaturmien taajuus on laskenut noin 33 %, mikä viittaa siihen, että pitkäjänteinen työ turvallisuuden kehittämisestä ja edistämisestä näkyy vähitellen tilastoissa. (Sysi-Aho 2021)

## 2.2 Yleisimmät vaaratilanteet ja tapaturmat

Tapaturmavakuutuskeskus käsittelee tapaturmat tarkoin, jolloin tapaturmia voidaan luokitella ja analysoida yksityiskohtaisemmin. Tapaturmista saadaan selvillä esimerkiksi niiden perimmäiset syyt, vamman laatu ja vakavuus, työsuoite tapaturman ajanhetkellä sekä vahingoittumistapa. Yksityiskohtaisen tilastoinnin avulla voidaan kiinnittää paremmin huomiota tapaturmiin, jotta tulevaisuudessa voitaisiin paremmin ehkäistä tapaturmia sekä päästäisiin lähemmäksi nolla tapaturmaa -ajatusmallia.



**Kuva 2.** Rakennusalan tapaturmien aiheuttajat vuonna 2020 (Tapaturmavakuutuskeskus 2020)

Vuonna 2020 eniten tapaturmia aiheutui henkilön liikkumisesta työmailla. Tällaisia tapaturmia sattui yhteensä noin reilu 25 % kaikista tapaturmista. Myös esineiden käsittely sekä käsityökalujen käyttö aiheuttivat paljon tapaturmia. Riippumatta tapaturman syystä suurin osa tapaturmista oli vuonna 2020 lieviä ja johti alle neljän vuorokauden sairauspoissaoloon. (Kuva 2) Siirryttäessä työmaa-alueella paikasta toiseen on erityisen alttiina liikkumisesta aiheutuvilla työtapaturmille. Kaatumiset, liukastumiset ja putoamiset ovat yleisimpiä liikkumisesta johtuvia tapaturmia. Ammattiluokitukseltaan eniten tapaturmia sattuu talonrakennus- sekä kirvesmiehille, joilla suurin osa tapaturmista kohdistuu käsien alueelle. Kyseisten ammattiluokkien toimenkuva sisältää käsillä työskentelyä akkukoneiden kanssa, jolloin kuvan 2 tilastojen perusteella tapaturma-alttius kasvaa. (Rakennusteollisuus 2022b)

### 2.3 Turvallisuusriskien ennaltaehkäisy

Rakennusaikaisen työturvallisuuden hallinnan ja työtapaturmien ennaltaehkäisyn tärkeänä osana on mahdollisten vaarojen ja riskien tunnistaminen varhaisessa vaiheessa ennen töiden aloitusta. Vaarojen selvittäminen veloitetaan suorittamaan myös työturvallisuuslaissa. Työvaiheiden turvallisuusriskien arvioinnilla saadaan kokonaiskuva

hankkeen työturvallisuuden tilasta sekä voidaan arvioida työturvallisuuden kehittämistarpeita. Vaarojen ja riskien tunnistaminen edellyttää hankkeen suunnitteluvaiheessa järjestelmällisesti eri työtehtävien läpikäyntiä vaiheittain ja arviointia esimerkiksi työkoneiden ja -välineiden osalta sekä mahdollista asiantuntijan näkemystä. Tavoitteena olisi pyrkiä pienentämään turvallisuusriskien todennäköisyys sekä riskien vakavuus mahdollisimman hallittavalle tasolle. Todennäköisyyteen vaikuttaa pitkälti tapahtuman esiintymistiheys sekä mahdollisuudet tapaturman ennakointiin ja ehkäisyyn. Riskien suuruuteen vaikuttaa todennäköisyyden lisäksi myös vaaran aiheuttamien terveys- ja turvallisuushaittojen vakavuus. Käytännössä riskien tunnistamisessa on olennaista huomioida esimerkiksi haitan luonne ja seurausten laajuus. Haitan luonne voi olla riskin tapahtuessa lievä tai vakava, riippuen esimerkiksi mahdollisista henkilövahingoista tai haitan vaikutuksen kestosta. Riskin todennäköisyyden ja vakavuuden yhdistelmänä kyetään arvioimaan riskin merkittävyys sekä mahdolliset ennaltaehkäisevät toimenpiteet. (Työturvallisuuskeskus 2022)

Tapaturmien ennaltaehkäisyyn organisaation ja lakisääteisten velvoitteiden lisäksi turvallisuuskulttuuriin liittyy hyvin pitkälti työntekijän oma asenne ja motivaatio. Teknologian tutkimuskeskus VTT:n julkaisussa Reiman et al. (2008) käsittelee turvallisuuskulttuuria ja sen merkitystä tapaturmien ennaltaehkäisyyn. Huono asenne esimerkiksi suojavarusteita kohtaan voi mahdollisesti johtaa suojavarusteiden puuttumiseen, joka voi riskitilanteessa johtaa tapaturmaan. Hyvä turvallisuuskulttuuri puolestaan motivoi koko työmaata käyttämään suojavarusteita ja puuttumaan mahdollisiin epäkohtiin työturvallisuuden kannalta, jolloin myös työntekijöiden asenne turvallisuutta kohtaan paranee. Reiman et al. (2008) kiteyttää hyvän turvallisuuskulttuurin kulminoituvan siihen, että turvallisuudesta välitetään aidosti sekä työhön liittyviä vaaroja pyritään ymmärtämään ja ennakoimaan.

## 3. TIETOMALLINNUS

### 3.1 Tietomallinnus yleisesti

Rakentamisen tietomallintaminen (engl. Building Information Model, BIM) nähdään yhtenä suurimmista teknologian kehityksen kohteista rakennusteollisuudessa. Nykyään tietomallia hyödynnetään eteenkin suunnittelijoiden toimesta, mutta myös vähitellen rakentamisen osalta tietomallin käyttö yleistyy. Tietomallin luomisprosessia sekä tietomallin rakentamista kutsutaan mallintamiseksi.

Rakennuksen tietomalleja hyödyntävät erityisesti suunnittelijat, sekä rakentamisen tuotannon osatekijät. Tietomallin ydin on rakennuksen geometria, jossa hyödynnetään kolmiulotteisuutta. Usein kuitenkin sekoitetaan, että tietomallin täytyy olla kolmiulotteinen malli. Kolmiulotteisuutta ei suoranaisesti vaadita tietomallilta, vaan oleellista on mallin sisältämä tieto. Tietomallin sisältämä tieto käsittää paljon enemmänkin kuin pelkän geometrian. Tietomalli on eräänlainen digitaalinen mallinnus rakennuksesta, joka sisältää eräänlaisia objekteja. Objektit sisältävät paljon fyysisiä ja toiminnallisia ominaisuuksia, jotka ovat yleensä tehokkain ja helpoin tapa esittää kolmiulotteisessa muodossa. Objektin ominaisuuksiin kuuluu tieto objektin tyypistä, esimerkiksi seinä tai pilari ovat esimerkkejä objekteista. Tämän lisäksi kyseinen objekti voi sisältää tarkempaa tietoa esimerkiksi betonin luokasta tai raudoituksesta. Tietomallin käyttötarkoituksen perusteella voidaan määritellä, millaisia ominaisuuksia mallin objektit sisältävät. Rakennuksen tietomallia pidetään siis eräänlaisena digitaalisena pienoismallina, joka sisältää laajalti tietoa rakennuksesta. Tietomallin komponenttien avulla voidaan parhaimmillaan käsitellä ja jakaa koko rakennuksen elinkaaren aikana kertyneet tiedot digitaalisessa muodossa. (Ingram 2020)

Tietomallintaminen vaikuttaa rakennushankkeen läpivientiin hyvin paljon verrattuna hankkeeseen, joka toteutetaan perinteisesti ilman tietomallinnusprosessia. Jos hanke toteutetaan tietomallia hyödyntäen, suunnitteluvaihe on pitkälti enemmän etupainotteisempaa. Jos verrataan mallintamista perinteiseen paperisuunnitteluun, tietomallia hyödynnettäessä joudutaan jo varhain suunnitteluvaiheessa tekemään suurempia päätöksiä. (Azhar 2011)

Tietomallintamisen yleistettyä Suomessa otettiin käyttöön tietomallintamiseen liittyviä oppaita ja vaatimuksia, koska rakennushankkeen läpiviennin todettiin olevan varsin erilainen, kun käytössä on tietomalli. YTV2012 eli yleiset tietomallivaatimukset määrittele-

vät hyvin pitkälti, mitä ja miten mallinnetaan. YTV2012 on Senaattikiinteistöjen ensimmäisen kerran vuonna 2007 julkaisema opas, joka sisältää yhteensä 14 eri julkaisua sekä niihin liittyviä lisäliitteitä. Julkaisuja päivitettiin vuonna 2012. Jokaisessa julkaisussa esitetään vähimmäisvaatimuksia eri näkökulmasta tietomallintamiselle. Vaatimuksista yksi tärkeimpiä on, että kaikkien tietomallien tulee olla IFC-tiedostomuotoja. (BuildingSMART 2012) Käytännössä IFC-tiedosto eli Industry Foundation Classes -tiedosto on avoin tiedostomuoto, joka mahdollistaa tietomallin siirtämisen eri ohjelmistojen välillä. Tiedostomuoto on siis suunnittelijasta riippumaton, ja se mahdollistaa tietomallien siirron hankkeen osapuolelta toiselle.

### 3.2 Tietomallintamisen edut

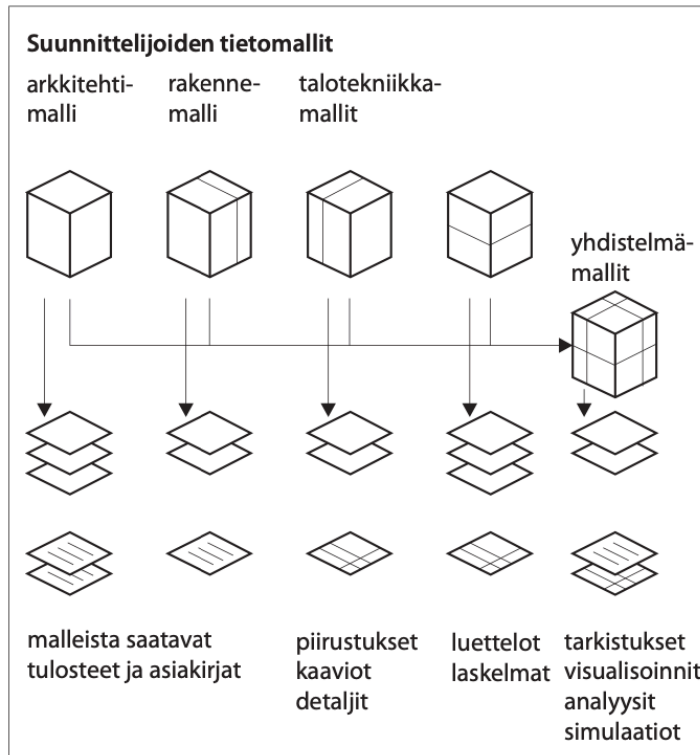
Tietomallintamisen tavoitteena on tehostaa suunnittelua ja rakentamisen laatua sekä tukea kestävän kehityksen mukaisesti hanke- ja elinkaari prosessia (BuildingSMART 2012). Tietomallintamisen yhtenä parhaimpana etuna pidetään rakennushankkeen varhaisessa vaiheessa saatavaa luotettavaa tietoa. Myös tietomallin mahdollistama tiedon sisältö ja sen käsittely rakennuksesta, eri tiloista sekä objekteista nähdään yhtenä suurena hyötynä. (Ingram 2020) Mallinnuksen tärkeimpänä etuna on rakennuksen tietomallin mahdollistama tarkka geometrinen esitysmuoto koko hankkeesta ja sen rakennusosista (Azhar 2011). Azharin (2011, s. 243) mukaan muita tietomallintamisen etuja ovat seuraavat:

- Nopeampi ja tehokkaampi prosessi: Tieto on helpommin jaettavissa sekä tietoa voidaan lisätä ja käyttää uudelleen.
- Parempi suunnittelu: Rakennusehdotukset voidaan analysoida tarkasti, simulaatiot suorittaa nopeasti ja tehokkuutta voidaan vertailla, mitkä mahdollistavat parempia ja innovatiivisempia ratkaisuja.
- Tieto elinkaaren kustannuksista ja ympäristövaikutuksista: Ympäristövaikutukset ovat paremmin ennakoitavissa ja elinkaarikustannukset tiedostetaan paremmin.
- Tuotannon parempi laatu: Dokumentointi on joustavaa ja siinä voidaan hyödyntää automaatiota.
- Automatisoitu kokoaminen: Digitaalisia tuotteiden tietoja voidaan hyödyntää jatkossa rakennejärjestelmien valmistukseen ja kokoamiseen.

- Parempi kommunikointi: Tarkan visualisoinnin avulla esimerkiksi tilaaja ymmärtää ehdotukset ja ajatukset paremmin. Myös suunnittelijan ja rakennuttajan välinen kommunikointi paranee ja väärinymmärrykset vähenevät
- Hankkeen koko elinkaaren tiedot: Vaatimukset, suunnitelmat, rakentaminen ja käyttäjätiedot voidaan hyödyntää kiinteistön hallinnassa.

### **3.2.1 Tietomallin edut suunnittelun näkökulmasta**

Suunnittelun näkökulmasta tietomallintamisen edut tulevat parhaiten esiin, jos suunnitelmia joudutaan muokkaamaan tai rakenne on vaikeasti hahmoteltavissa. Suunnitelmien rakenneratkaisujen muuttuessa tietomalli mahdollistaa sisäisen ristiriidattomuuden ansiosta se, ettei jokaista tietomallista otettua tulostetta tarvitse erikseen muokata. Muutoksia ei tarvitse siis erikseen viedä esimerkiksi jokaiseen leikkauskuvaan. Tietomalli mahdollistaa myös eri suunnittualojen suunnitelmien yhteensovituksen, jolloin voidaan huomata mahdolliset epäkohdat sekä virheet helpommin ja aikaisemmin. Suunnitelmien yhteensovittamisen tarkastelussa puhutaan monesti niin sanotusta törmäystarkastelusta, jossa siis tarkastellaan tietomallin yhteismallia hyödyntäen eri komponenttien esimerkiksi talotekniikan kulkua rakenteissa. Yhteismallin avulla kyetään puuttumaan esimerkiksi ilmanvaihtokanavien mahdollisiin törmäyskohtiin vääränlaisissa seinissä tai palkeissa. Parhaimmillaan tietomallin ohjelmisto kykenee esittämään automaattisesti suunnitelmien mahdolliset epäkohdat ja virheet. Rakennuksen yhteismallin avulla voidaan siis tarkistaa sekä analysoida hankkeen suunnitelmia huomattavasti tehokkaammin kuin perinteisin menetelmin ilman tietomallia. (Eastman et al. 2011)



**Kuva 3.** Suunnittelijoiden tuottamat tiedot yhdistetään yhdistelmämalliksi (RT 10-10992 2010, s. 5)

Tietomallin tuoma visuaalisuus ja havainnollistaminen helpottaa myös hankkeen rakennettavuuden ja toteuttamiskelpoisuuden arviointia jo suunnitteluvaiheessa. Tietomallin luominen esittää visuaalisesti varsin tehokkaasti ja nopeasti erilaisia rakenneratkaisuja. Visuaalisuus edesauttaa urakoitsijaa havaitsemaan suunnitteluvaiheessa vaikeasti toteutettavat rakenneratkaisut. Tietomallin havainnollistaminen helpottaa myös haastavien rakenneratkaisuiden tunnistamisen lisäksi monimutkaisten rakenteiden rakennettavuuden arviointia, koska voidaan todeta jo varhain suunnitteluvaiheessa jonkin ratkaisun olevan vaikeasti toteutettavissa esimerkiksi työturvallisuuden näkökulmasta. Rakennettavuuden arviointi sekä eri ratkaisuiden pohtiminen suunnittelijoiden ja urakoitsijan kesken tietomallin avulla varhaisessa vaiheessa hankkeen suunnittelua johtaa mitä todennäköisemmin laadukkaampaan hankkeen läpivientiin. Hankkeen suunnitteluvaiheen erilaisten ratkaisujen helpompi ja monipuolisempi pohtiminen tietomallin kautta kehittää lisäksi yhteistoimintaa suunnittelijoiden ja urakoitsijan välillä. Kuten aikaisemmin todettiin, niin tietomallipohjainen hanke edellyttää suunnitteluvaiheessa suurempia päätöksiä, minkä johdosta suunnittelijan ja urakoitsijan välinen kommunikaation tarve lisääntyy. Urakoitsija kykenee myös ymmärtämään paremmin suunnittelijoiden ehdotuksia, kun suunnitelmat esitetään visuaalisesti tietomallin kautta. (Eastman et al. 2011)

### 3.2.2 Tietomallin edut rakentamisen näkökulmasta

Tietomallin edut eivät koske ainoastaan suunnittelijoita, vaan myös rakennusurakoitsija voi hyödyntää tietomallin potentiaalia monipuolisesti. Urakoitsijan näkökulmasta tietomallinnusta voidaan hyödyntää parhaiten omaperusteisissa hankkeissa eli niin sanoituissa gryndauskohteissa. Tällöin urakoitsija voi itse vaikuttaa tietomallin laajuuteen ja sen hyödyntämiseen asettamalla tavoitteet sekä vaatimukset hankkeen tietomallia kohtaan. Rakentamisen näkökulmasta useimmat tietomalliin liittyvät edut näkyvät pitkälti tuotannon organisoinnissa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016)

Tietomallin tuoma graafinen esitystapa auttaa työmaan rakennusprosessia simuloimaan ja havainnollistamaan, miltä rakennus näyttää missäkin työvaiheessa. Havainnollistaminen helpottaa työvaiheiden ennakkosuunnittelua, kun voidaan havaita vaativat työkohteet tai -vaiheet paremmin, jolloin voidaan välttää tehokkaammin päällekkäisiä töitä. Tietomallin avulla havainnollistaminen helpottaa myös työntekijän perehdytystä ja jonkin työvaiheen sisäistämistä. (Eastman et al. 2011) Hankkeen tietomallin havainnollistaminen toimii myös hyvänä apuvälineenä esimerkiksi työmaapalaverissa, joissa voidaan yhdellä silmäyksellä saada työn laajuus ja ominaisuudet selville (Jäväjä & Lehtoviita 2016).

Rakennushankkeen yhdistelmämallin suunnitelmat pohjautuvat eri suunnittelijoiden tietomalleihin sekä vielä perinteisiin paperisuunnitelmiin. Työmaan näkökulmasta yhdistelmämalli mahdollistaa tehokkaamman tavan tarkistaa suunnitelmia, koska ei tarvitse erikseen jokaista suunnitelmaa katsoa lävitse vaan riittää, että kiinnittää huomiota ainoastaan yhdistelmämalliin. Yhdistelmämalli mahdollistaa eri toimialojen urakoitsijoiden kanssa työvaiheiden suoritusjärjestyksien yhteensovittamisen ja töiden suunnittelun helpommin. (Eastman et al. 2011) Yhdistelmämallin yhteensovitus edesauttaa myös rakentajan näkökulmasta rakentamisaikaisten ongelmakohtien esimerkiksi talotekniikan törmäyksien löytämistä ennen rakennustöiden aloitusta. Tämä vähentää ikäviä ja kalliita rakennusaikaisia yllätyksiä ja sujuvoittaa rakentamista (Jäväjä & Lehtoviita 2016).

### 3.3 Tietomallintamisen haasteet ja ongelmat

Vaikka tietomallintaminen tuo pitkälti uusia hyödyllisiä näkökulmia ja toimintatapoja rakennusalalle niin silti tietomallintamisessa on myös jonkin verran haasteita ja ongelmia. Haasteita ja ongelmia on pyritty ratkaisemaan erilaisten tutkimusten avulla, mutta tietomallin käyttöönotto ja yleistyvyys on silti vienyt yllättävän paljon aikaa. Tietomallintami-

seen liittyvät haasteet voidaan kategorioida Jäväjän ja Lehtoviidan (2016) mukaan kolmeen pääluokkaan: teknisiin, juridisiin sekä johtamiseen liittyviin aiheisiin. (Jäväjä & Lehtoviita 2016)

Tietomallintamisen tekniset ongelmat pohjautuvat pitkälti ohjelmistoihin, tietokonelaitteisiin, tiedostojen käsittelyyn sekä tietoliikenneyhteyksiin. Tietomallin tulee olla laadukkaasti toteutettu, jotta mallista saatavaa tietoa voidaan pitää luotettavana. Esimerkiksi oikeanlainen objektien luokittelu ja niiden sisältämä tiedon käsittely merkitsevät pitkälti käyttäjälle, miten luotettavana mallia voidaan pitää. Teknisiin ongelmiin lukeutuu myös koneiden ja laitteiden sekä tietoliikenneyhteyksien toimivuus. Tietomallit ovat raskaita tiedostoja, jotka vaativat kapasiteettia ja tehokkuutta myös käyttäjän tietokoneelta. (Jäväjä & Lehtoviita 2016)

Juridiset ongelmat liittyvät pitkälti juridiikan puutteellisuuteen tietomallintamisen osalta. Lainsäädäntö, yleiset sopimusehdot ja sopimusmallit koetaan yhä heikoksi sekä puutteelliseksi. Tietomallin jatkuva kehittyminen edellyttää eri osapuolten ja tahojen tiivistä yhteistyötä, jotta yleiset juridiset asiat ja lainsäädäntö saadaan kehitettyä sekä sovitettua selkeämmäksi. Juridisten asioiden puuttuminen johtaa epätietoisuuteen esimerkiksi tietomallin vastuu- ja omistajuusasioissa. Epätietoisuus ja puutteelliset sopimustekniset asiat liittyen tietomalliin johtavat lopulta siihen, että työmaan näkökulmasta hankkeen tietomallista saatava oikeanlainen hyöty jää vajaaksi. Tietomalli mahdollistaa tarvittaessa runsaasti informaatiota esimerkiksi eri rakenneosista, jolloin on myös vaarana vääränlaisen tiedon saaminen. Tällöin olisi hyvä sopia tarkasti, minkälaista tietoa mallista halutaan hyödyntää ja miten. Ongelmana on myös se, että hankkeen tietomalliin suunnitteluun liittyvissä asioita ohjaa yleensä hankkeen projektipäällikkö, jollei ole vielä tarpeeksi työmaalta saatavaa tietoa siitä, mitä tietomallilta konkreettisesti työmaa vaatii tai tarvitsee. (Jäväjä & Lehtoviita 2016) Myös Azhar (2011) mainitsee yhtenä tietomallintamiseen liittyvistä haasteista koskevan sopimuskysymyksiä. Azhar toteaa yhdeksi haasteeksi, kuka ottaa vastuun mallia koskevista tiedoista sekä mahdollisista virheistä ja epätarkkuuksista. Vastuun ottaminen tietomallin päivittämisestä ja tietojen oikeellisuuden varmistamisesta sisältää suuren riskin. Mahdollinen virheellinen mallinnus voi heijastua käyttäjän luottamiskykyyn mallia kohtaan, mikä vaikuttaa mallin käyttämiseen ja hyödyntämiseen.

Pahimmat ongelmat liittyvät johtamiseen ja koulutukseen. Tietomallin käyttö tuotannon näkökulmasta vaatii aloittavalta ja uudelta käyttäjältä yllättävän paljon taitoa ja tietoa, jotta mallista saadaan mahdollisimman paljon hyötyä. Tietomallin käyttöön ei ole luotu selkeitä toimintatapoja tai ohjeita, mikä heijastuu lopulta käyttäjän mahdollisuuteen hyö-

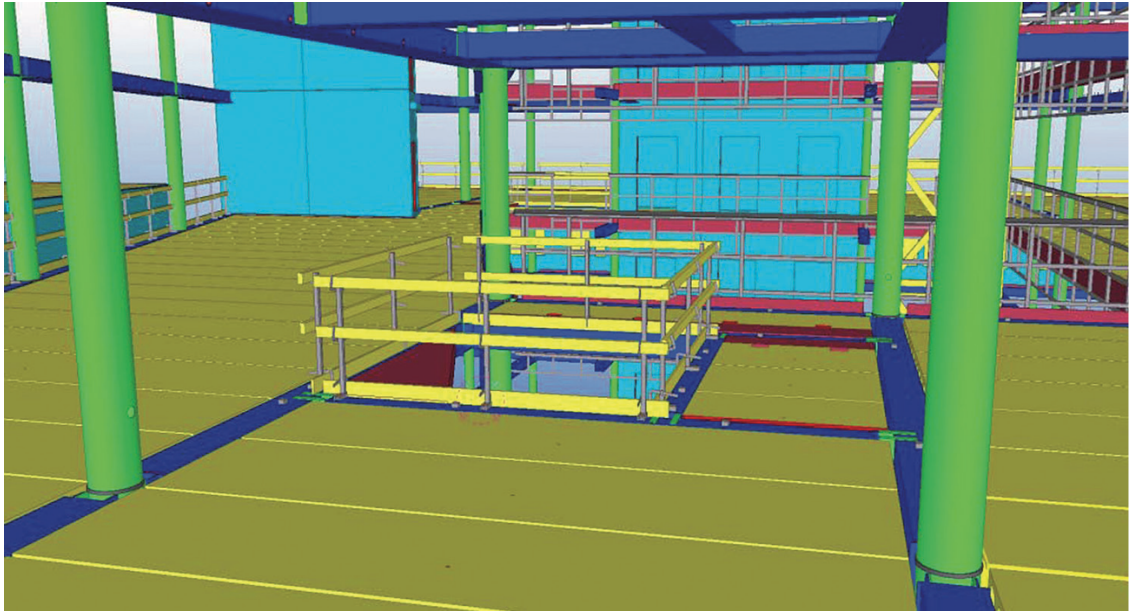
dyntää tietomallia parhaalla mahdollisella tavalla. Myös koulutuksen puute koetaan yhdeksi ongelman lähteeksi. Käyttäjän osaamattomuus ja vähäinen ymmärrys tietomallin hyödyistä johtaa lopulta huonoon asenteeseen, jolloin tietomallin käyttö saattaa jäädä vähäiseksi. Jäväjän ja Lehtoviidan (2016) teettämän tutkimuksen mukaan eräs ongelma liittyy juuri siihen, että suunnittelijat ovat ottaneet tietomallin avoimesti vastaan ja kykenee hyödyntämään sitä, mutta työmaan henkilöstö ei vielä toistaiseksi kykene hyödyntämään tietomallin potentiaalia. Käyttäjän osaamattomuuden lisäksi yhtenä tietomallin negatiivisena puolena varsinkin pienemmille yrityksille pidetään suuria alkuinvestointeja ohjelmistolisenssien, kouluttamisen ja erilaisen projektin suunnitteluvaiheen johdosta. (Jäväjä & Lehtoviita 2016) Myös Ingram (2020) toteaa yhdeksi haasteeksi suuret kustannukset liittyen uuden teknologian käyttöönottamiseen ja laitteiston päivittämiseen. Ingram painottaa samalla uuden teknologian tuomaa koulutuksen tarvetta, joka vaatii myös investointeja. Tietomallinnus vaatii siis organisaatiotasolla muutoksia, jotta kyetään omaksumaan uudet työtavat sekä innovaatiot paremmin.

## 4. TIETOMALLIN VAIKUTUS TYÖTURVALLISUUTEEN

### 4.1 Tuotantoprosessin hallitseminen tietomallin avulla

Tietomallinnus luo mahdollisuuden parantaa koko rakennuksen elinkaaren aikaista turvallisuutta. Työmaan turvallisuustasoa voidaan tietomallintamisen avulla parantaa sekä kehittää erilaisten työvaiheiden suunnittelussa, riskien- ja laadunhallinnassa. Hankkeen turvallisuustason laadukkuus perustuu pitkälti riskien tunnistamiseen ja laadunhallintaan. Turvallisuuden näkökulmasta tietomallintamisen suurimmat hyödyt liittyvät pitkälti havainnollistamiseen, aluesuunnitelmaan sekä laadukkaamman tuotantoprosessin hallitsemiseen.

Vaaratilanteiden tunnistaminen olisi hyvä tiedostaa ja käsitellä jo hankkeen suunnitteluvaiheessa, jolloin riskien ehkäisyyn voitaisiin kiinnittää enemmän huomiota. Kuten aikaisemmin on todettu, niin tietomallipohjainen hanke vaatii jo suunnitteluvaiheessa suurempia päätöksiä eri ratkaisujen osalta. Tämä mahdollistaa jo suunnitteluvaiheessa turvallisuuteen liittyvien seikkojen tarkemman analysoinnin, eteenkin kun tietomallin avulla eri ratkaisujen esittäminen sekä vertailu on nopeampaa ja helpompaa verrattuna perinteiseen suunnitteluun. Varhaisessa vaiheessa hankkeen suunnittelua saadaan selville esimerkiksi eri elementtien lukumäärä ja niiden painoluokkia. Tietomalli helpottaa jo siis suunnitteluvaiheessa tunnistamaan toteutukseen liittyviä riskejä sekä turvallisuussuunnitelmien laatimista. Esimerkiksi eri rakennusosien tarkat ominaisuudet helpottavat ennen töiden aloitusta laadittavia työturvallisuussuunnitelmia ja näin voidaan myös vaikuttaa torninosturin ominaisuuksiin. Työmaan tehtäväsuunnittelun turvallisuuteen liittyy myös olennaisesti putoamissuojaussuunnitelma, joka tulee luoda hankkeen runkovaiheessa ja päivittää työn edistymisen myötä. Tietomalli mahdollistaa putoamissuojaussuunnitelman esittämisen työntekijöille sekä urakoitsijalle konkreettisesti eri kuvakulmista kerros kerrokselta. Tietomallintamalla kyetään esittämään eri tyylisiä putoamissuojia sekä kriittisimmät kohdat, joihin tulee kiinnittää erityistä huomiota. (BuildingSMART 2012; Finch & Mordue 2019)



**Kuva 4.** Rakennuksen tietomalli yhdistettynä putoamissuojaussuunnitelmaan (Järvä & Lehtoviita 2016)

Tietomalli pätevöittää hankkeen aikataulun luomista ja esittämistapaa. Laadukkaasti luotu aikataulu luo pohjan työmaan loogiselle toiminnalle sekä parantaa töiden yhteensovittamista. Tietomallilla aikataulu voidaan esittää niin sanotulla 4D-aikatauluna, jossa havainnollistetaan hyvinkin tarkasti esimerkiksi runkovaiheessa, milloin ja missä järjestyksessä kukin elementti asennetaan. Samalla voidaan esittää putoamissuojaukset sekä elementtien tuentatavat. 4D-aikataulu auttaa myös vertailemaan sekä hahmottamaan eri vaihtoehtoja rakentamisjärjestyksille ja tarvittaessa eri menetelmin tapahtuvaa rakentamista. Rakentamisjärjestyksen hahmottaminen visuaalisesti helpottaa mahdollisten vaarapaikkojen tai haastavien ratkaisujen löytämistä, jolloin voidaan pohtia ja vertailla toisenlaista mahdollisesti turvallisempaa toteuttamistapaa. 4D-aikataulu parantaa myös työmaan logistiikkaa, mikä näkyy työmaan järjestelyissä ja turvallisuudessa. Mallintamalla myös elementtien tuennat voidaan analysoida paremmin ja tarvittaessa kehittää työmaan kulkureittejä, jos havaitaankin joidenkin elementtien tuentojen olevan pahasti kulkureitillä. (BuildingSMART 2012; Finch & Mordue 2019)

Rakennuksen yhdistelmämallilla on myötävaikutusta työmaan turvallisuustason nostamiseen. Yhdistelmämallin kautta voidaan tarkastella monipuolisemmin eri töiden yhteensovittamista ja turvallisen työsuorituksen vaativaa työskentelytilaa. Monesti työmaat ovat varsin ahtaita eikä ylimääräistä tilaa ole, jolloin ahtaissa tiloissa oikean työjärjestyksen suunnittelu korostuu. Yhdistelmämallia käyttäen voidaan mitä todennäköisemmin havaita ja suunnitella eri työvaiheiden työturvallisuuteen liittyviä tekijöitä entistä helpommin

ja monipuolisemmin. Yhdistelmämallin mahdollistama törmäystarkastelu esimerkiksi talotekniikan osalta, vähentää työnaikaisia ennalta-arvaamattomia tilanteita, jolloin mahdollisten hätiköityjen vaihtoehtoratkaisujen määrä pienenee. Monesti yllättävät työnaikaiset muutokset lisäävät riskiä vaaratilanteelle, koska mahdollisen uuden työtavan riskitekijöitä ei ole osattu tunnistaa tarpeeksi hyvin. (Finch & Mordue 2019)

#### **4.1.1 Tietomallipohjainen aluesuunnitelma**

Työmaan aluesuunnitelma mahdollistaa erilaisten riskien tunnistamisen esimerkiksi liikumisen sekä logistiikan osalta. Perinteisessä aluesuunnitelmassa esitetään työmaa-alue 2D-muodossa, josta käy ilmi esimerkiksi työmaan kulkureitit ja liikennejärjestelyt, varastot ja niiden sijainnit sekä muut työmaan järjestelyt. Aluesuunnitelman tarkoitus on edistää töiden sujuvaa toteutusta ja turvallista tuotantoa. Aluesuunnitelma edesauttaa myös viestintää työmaajärjestelyistä ja järjestelyiden muutoksista. Hyvin laadittu aluesuunnitelma parantaa turvallisuutta, mutta myös tuotannon tehokkuutta. Aluesuunnitelma auttaa esimerkiksi uuden työntekijän ja tavaran toimittajan liikkumista sekä ymmärrystä työmaan logistiikasta jo ennakkoon. Aluesuunnitelma vastaa moneen työmaan logistiikkaan liittyvään kysymykseen, ja aluesuunnitelman läpikäynti onkin yksi tärkeimmistä asioista uuden työntekijän perehdyttämisessä. Aluesuunnitelma tulee pitää ajan tasalla aina työvaiheiden mukaan. (Leino & Pinomäki 2019)

Tietomallintaminen mahdollistaa uuden tavan esittää työmaan aluesuunnitelman. Tietomallin luomaa visuaalisuutta voidaan hyödyntää työmaan ja ympäröivän alueen hahmottamiseen. Erityisesti laajoissa hankkeissa ja monimuotoisissa kohteissa tietomallipohjainen aluesuunnitelma tuo etuja työturvallisuutta ajatellen. Tietomallipohjainen 3D-aluesuunnitelma havainnollistaa koko hankkeen alueen käyttäjälle selkeämmin jo nopealla vilkaisulla. Tämä mahdollistaa monipuolisemmin erilaisten vaarojen tunnistamisen sekä tehokkaamman logistiikan suunnittelun. 3D-aluesuunnitelman konkreettisena etuna pidetään esimerkiksi sen mahdollisuutta esittää työmaan tontin maastonmuodot ja korkeuserot. Myös torninosturien ulottuvuudet ja mahdolliset yhteentörmäykset sekä kuormien putoamiset ja niiden vaikutukset työmaan toimintaan ovat helpommin tunnistettavissa 3D-aluesuunnitelmassa. 3D-aluesuunnitelman visuaalinen ilme mahdollistaa myös laadukkaamman perehdytyksen työmaalle saapuvalla henkilöllä. 3D-aluesuunnitelma mahdollistaa perehdytysvaiheessa niin sanotun virtuaalikävelykierroksen työmaalla ennen todellista kävelykierrosta työmaalla. Virtuaalikierros luo paremman kokonaiskuvan työmaasta ja sen avulla voidaan osoittaa esimerkiksi työmaan keskisimmät kulkureitit ja vaara-alueet. Lopputuloksena työntekijä hahmottaa jo ennen työmaalle menoa työmaan

paremmin sekä ymmärtää työmaan logistiikan ja liikkumisreitit entistä paremmin. Tietomallipohjainen aluesuunnitelma hyödyttää myös tavarantoimittajia. Esimerkiksi lähettämällä elementtitoimittajalle 3D-aluesuunnitelma kyetään ehkäisemään elementtirekan harhailua ja mahdollisia vaaratilanteita paremmin. Kuljettaja saa jo etukäteen tiedon työmaa-alueen erityispiirteistä esimerkiksi ahtaista kääntöpisteistä ja mahdollisista tontin korkeuseroista, mitkä voisi vaikuttaa kuorman purkuun työturvallisuutta vaarantaen. (BuildingSMART 2012; Jäväjä & Lehtoviita 2016)

## **4.2 Työntekijän perehdytys tietomallin avulla**

Perehdytyksen ideana on sopeuttaa työmaalle saapuva uusi työntekijä kyseisen työmaan ympäristöön ja työtehtävään sekä kiinnittää erityistä huomiota hyvän työturvallisuustason saavuttamiseen. Monipuolisesti ja laadukkaasti toteutetulla perehdytyksellä työntekijä ymmärtää nopeammin ja paremmin työympäristönsä sekä työtehtävänsä. Tietomallin avulla voidaan perehdyttää työntekijä tehokkaammin omaan työtehtäväänsä. Havainnollistaminen helpottaa työntekijän ymmärrystä siitä mitä ja missä olisi tarkoitus työtä tehdä. Mallia hyödyntäen voidaan havainnollistaa työntekijälle myös työympäristössä muut käynnissä olevat työvaiheet sekä mahdolliset riskialttiitpaikat, jotka työntekijän tulee huomioida. Erityisesti tietomallista on hyötyä, jos perehdyttäjällä ja työntekijällä on kommunikaation suhteen ongelmia esimerkiksi puhekielen osalta. Myös rakennusalan osalta kokematon työntekijä edesauttaa havainnollistaminen, jolloin käsitys työmaasta ja työtehtävästä paranee. Tietomallin kautta tapahtuva perehdytys ei koske ainoastaan uusia työntekijöitä, vaan sen avulla voidaan demonstroida koko työmaan välle työmaan tilanne ja työtilanteessa erityistä huomiota kaipaavat turvallisuuseikat. Visuaalisuuden avulla voidaan siis viestiä tehokkaasti kunkin työvaiheen riskitekijöistä, joihin tulee sen aikaisessa työvaiheessa kiinnittää erityistä huomiota. Tietomallinnus auttaa siis kaikkia työntekijöitä ymmärtämään ja syventymään laadukkaammin työmaan turvallisuussääntöihin ja -käytäntöihin, jolloin myös turvallisuuteen liittyvä kommunikaatio vahvistuu. (Finch & Mordue 2019)

## 5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Rakennustyömaan työturvallisuus on yksi keskeinen tekijä hankkeen läpiviennin kannalta. Tapaturmavakuutuskeskuksen vuosittain julkaisemista datasta selviää, että rakennusalan työtaturmien määrä on ollut laskussa jo jonkin aikaa, mutta rakennusala on silti yksi riskialttiimmista aloista tapaturmille. Yleisimmät tapaturmat liittyvät henkilön liikumiseen työmaalla sekä työkoneiden ja tavaroiden käsittelyyn. Rakennushankkeen työturvallisuuden kannalta riskienhallinta on tärkeässä osassa. Työturvallisuuteen liittyvien riskien tunnistaminen laadukkaalla työn ennakkosuunnittelulla ja työn valvonnalla auttaa ehkäisemään mahdollisia työtaturmia. Myös laadukkaalla ja kattavalla työntekijän perehdytyksellä voidaan pyrkiä ehkäisemään tapaturmien syntymistä. Työturvallisuuden tasoon vaikuttaa organisaation johdon asettamat tavoitteet ja periaatteet sekä lakisääteiset velvoitteet. Työntekijän oikealla asenteella turvallisuutta kohtaan on kuitenkin merkittävä rooli tapaturmien välttämiseen.

Tietomalli luo uusia käytäntöjä hankkeen läpivientiin aina suunnittelusta rakennuksen ylläpitoon. Tietomallinnus mahdollistaa laadukkaammin rakennushankkeen läpiviennin verrattuna perinteisin keinoin läpivietyyn hankkeeseen. Tietomallin edut heijastuvat erityavoin työmaan turvallisuuden kehittämiseen. Tietomallintamisen tuoma laadukkuus näkyy jo suunnitteluvaiheessa parempina rakenneratkaisuuksina esimerkiksi rakennettavuuden kannalta. Hankkeen rakentamisvaiheessa tietomallintamisen parhaimpana etuna pidetään sen visuaalisuutta ja rakennuskohteen havainnollistamista. Tietomalli mahdollistaa tehokkaan tavan saada yleisnäkymän työmaasta ja sen turvallisuuteen vaikuttavista asioista. Havainnollistaminen edesauttaa myös eri rakennusvaiheiden turvallisuusriskien tunnistamista sekä helpottaa työmaan logistiikan suunnittelua. Tietomallinnuksen objektien data tuo myös havainnollistamisen lisäksi monipuolisuutta riskienhallintaan. Mallin ja sen objektien sisältämien tietojen avulla voidaan arvioida paremmin turvallisuuteen liittyviä riskejä esimerkiksi elementtiasennuksen osalta. Työmaan aluesuunnitelma voidaan esittää tietomallin avulla laaja-alaisemmin, jolloin työturvallisuuteen vaikuttavien tekijöiden tunnistaminen saa uuden näkökulman. Tietomallipohjainen aluesuunnitelma edesauttaa työmaalle saapuvan henkilön perehdyttämisessä, jolloin työntekijä kartoittaa työmaa-alueen nopeammin ja paremmin. Myös tietomallin visuaalisuus hyödyttää työntekijän perehdytyksessä, koska työmaa voidaan esitellä kattavasti ja kiinnittää paremmin huomiota erilaisiin vaaratekijöihin. Tietomallin kautta tapahtuva perehdytys ei koske ainoastaan työmaalle saapuvaa uutta työntekijää, vaan tietomallia voidaan hyödyntää uu-

den työvaiheen tai työmaatilanteen esittämiseen. Havainnollistaminen mallin avulla helpottaa myös työntekijän ja toimihenkilön välistä kommunikaatiota ja vähentää väärintäsitä.

Vaikka tietomallintaminen tuo mukanaan hankkeen läpiviennin kannalta valtavasti hyötyjä, on tietomallissa kuitenkin työmaan näkökulmasta myös negatiivisia puolia ja haasteita. Suurimmat haasteet tällä hetkellä liittyvät tietomallin potentiaalinen hyödyntämiseen. Nykyisin tietomallintamisen potentiaalia työmaan hallinnan näkökulmasta ei hyödynnetä maksimaalisella tavalla. Rakennushankkeen tietomallia koskevissa sopimusasiakirjoissa tulisi selvittää, millainen ja minkälaista tietoa hankkeen tietomallilta vaaditaan. Tietomallista on mahdollista saada hyvinkin paljon erilaista tietoa, jonka takia vääräntiedon saanti on vaarana. Tietomallin objekteihin tallentuu myös oletuksena tietoja kyseistä rakenteesta, jolloin on myös väärä tieto voi aiheuttaa väärintäsitä. Tietomallin runsaan tiedon lisäksi virheellinen mallinnus esimerkiksi objektin ominaisuuksista tai luokittelusta voi johtaa siihen, ettei tietomallin käyttäjä enää luota malliin. Sopimusasiakirjojen avulla voitaisiin tarkentaa mallin sisältöä, jolloin myös virheellisen mallintamisen todennäköisyys pieneneisi. Tietomallin hyödyntäminen edellyttää työmaan toimihenkilöiltä mallin sujuvaa käyttöä, joka edellyttää teknistä osaamista. Osaamattomuus voi johtaa siihen, että tietomallin käyttö jää hyvin vähäiseksi. Ongelma vähentyisi ja mahdollisesti ratkeaisi lisäämällä käytännön läheistä koulutusta koskien tietomallin käyttämistä ja sen mahdollisuuksia.

Tietomallintamista voidaan käyttää hyväksi työmaan turvallisuuden parantamiseen. Työmaalla liikkumiseen liittyviin tapaturmiin on mahdollista tietomallin avulla puuttua paremmin. Esimerkiksi laadukkaalla perehdyttämällä, jossa käytettäisiin tietomallia hyväksi, voitaisiin visuaalisuuden kautta viestiä konkreettisemmin työmaan kulkureiteistä ja niihin liittyvistä vaaratekijöistä. Laadukas ja huolellinen perehdyttäminen tietomallin avulla voi antaa myös työntekijälle käsityksen, että työmaalla halutaan kiinnittää erityistä huomiota turvallisuuteen. Tämänkaltaisen turvallisuudesta välittäminen heijastaa työmaan hyvää ja positiivista turvallisuuskulttuuria. On kuitenkin syytä muistaa, että tietomalli on eräänlainen aputyökalu työmaan hallintaan, eikä tule torjumaan kaikkia mahdollisia työmaan vaaratekijöitä tai tapaturmia. Esimerkiksi käsityökalujen käyttöön liittyviin tapaturmiin tietomallia ei voida hyödyntää suoranaisesti. Tutkimustyön perustella voidaan kuitenkin todeta, että tietomallin avulla työmaan turvallisuutta on mahdollista parantaa ja kehittää.

# LÄHTEET

Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*. Vol.11(3), s. 241–252.

BuildingSMART (2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. Saatavissa (viitattu 7.2.2022): [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_13\\_rakentaminen.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_13_rakentaminen.pdf)

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2011). *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.

Finch, R. & Mordue, S. (2019) *BIM for construction Health and Safety*. RIBA Publishing.

Ingram, J. (2020). *Understanding BIM: The Past, Present and Future*. Routledge.

Jävälä, P. & Lehtoviita, T. (2016) *Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla*. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Leino, A. & Pinomäki, T. (2019) *Rakennustyömaan aluesuunnittelu*. Työturvallisuuskeskus Ry. Saatavissa (viitattu 30.3.2022): [https://ttk.fi/files/6729/Rakennustyomaan\\_alue-suunnittelu\\_201901.pdf](https://ttk.fi/files/6729/Rakennustyomaan_alue-suunnittelu_201901.pdf)

Mölsä, S. (2017). Rakennustyömaat ovat 50 vuodessa muuttuneet sotatantereista siisteiksi ja monikansallisiksi työpaikoiksi. *Rakennuslehti*. Saatavissa (viitattu 10.2.2022): <https://www.rakennuslehti.fi/2017/01/rakennustyomaat-ovat-50-vuodessa-muuttuneet-sotatantereista-siisteiksi-ja-monikansallisiksi-tyopaikoiksi/>

Rakennusteollisuus (2022a). *Nolla tapaturmaa*. Saatavissa (viitattu 1.2.2022): <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Tyoturvallisuus/Nolla-tapaturmaa/>

Rakennusteollisuus (2022b). *Työturvallisuus rakennusalalla, perustietoa*. Saatavissa (viitattu 14.2.2022): <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Tyoturvallisuus/Tyoturvallisuus-rakennusalalla-perustietoa/>

Reiman, T., Pietikäinen, E. & Oedewald, P. (2008) *Turvallisuuskulttuuri. Teoria ja arviointi*. Espoo. VTT Publications 700.

RT 10-10992 (2010). *Tietomallinnettava rakennushanke. Ohjeita rakennuttajalle*. Rakennustietosäätiö.

Tapaturmavakuutuskeskus TVK (2020). Tilastosovellus Tikku. Saatavissa (viitattu 9.2.2022): [https://tilastoportaali.vakes.fi/SASVisualAnalyticsViewer/VisualAnalyticsViewer\\_guest.jsp?reportName=Tikku&reportPath=/6.%20Julkinen/3.%20Tapaturma/Raportit/&reportViewOnly=true&reportContextBar=true](https://tilastoportaali.vakes.fi/SASVisualAnalyticsViewer/VisualAnalyticsViewer_guest.jsp?reportName=Tikku&reportPath=/6.%20Julkinen/3.%20Tapaturma/Raportit/&reportViewOnly=true&reportContextBar=true)

Tilastokeskus (2022). Työtapaturman määritelmä. Saatavissa (viitattu 8.2.2022): <https://www.stat.fi/meta/kas/tyotapaturma.html>

Työturvallisuuskeskus (2022). Työturvallisuus- ja työterveysriskien tunnistaminen ja arviointi. Saatavissa (viitattu 14.4.2022) [https://ttk.fi/tyoturvaluisuus\\_ja\\_tyosuojelu/tyosuojelu\\_tyopaikalla/vastuut\\_ja\\_veloitteet/tyon\\_vaarojen\\_selvittaminen\\_ja\\_arviointi#5b20f078](https://ttk.fi/tyoturvaluisuus_ja_tyosuojelu/tyosuojelu_tyopaikalla/vastuut_ja_veloitteet/tyon_vaarojen_selvittaminen_ja_arviointi#5b20f078)

Sysi-Aho, J. (2021.) Rakentamisen työpaikkatapaturmien taajuus laskee yhä. Tapaturmavakuutuskeskuksen analyyseja nro 32. Saatavissa (viitattu 1.2.2022): <https://www.tvk.fi/document/204911/79032072D3F793BCA838688CF220E785EDF00AA76CA9D4A7CEEF373524671E3F>