

Jorma Piironen

Suunnitteluprosessin kehittäminen virheiden näkökulmasta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennetekniikka

Insinööryö

27.4.2015

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Jorma Piironen Suunnitteluprosessin kehittäminen virheiden näkökulmasta 53 sivua + 2 liitettä 27.4.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Yksikön johtaja Hannu Nissinen Lehtori Aarne Seppänen
<p>Opinnäytetyö tehtiin Sweco Rakennetekniikka Oy:lle.</p> <p>Insinöörityön tavoitteena oli selvittää, mitkä tekijät aiheuttavat virheitä ja haasteita rakennusprosessissa lähinnä rakennesuunnittelijan näkökulmasta. Työssä selvitettiin erilaisia keinoja näiden virheiden välttämiseksi.</p> <p>Työssä käsiteltiin rakennushankkeen osapuolet, hankkeen eri vaiheet ja tavallisimmat rakennesuunnittelijan tehtävät eri vaiheissa. Tämän lisäksi tutkittiin rakennusprosessin tyypillisimpiä ongelmakohtia ja mietittiin keinoja niiden välttämiseksi. Rakennusprosessin virheitä mietittiin myös esimerkkitapauksen, Laukaan maneesisortuman kautta. Työssä esiteltiin tavallisimmat rakentamisen laadunvarmistusmenetelmät, rakennustuotteiden CE-merkintä sekä vanhojen rakenteiden tarkastusmenettely.</p> <p>Työn tutkimusmenetelmänä käytettiin aiheeseen liittyviä tutkimuksia, ajankohtaisia lehtiartikkeleita sekä kirjallisuutta. Lisäksi insinöörityötä varten tehtiin haastatteluita.</p> <p>Insinöörityö toimii raporttina rakennusinsinöörille. Työstä ilmenee tyypillisimmät haasteita aiheuttavat tekijät rakennusprosessissa sekä tavallisimmat laadunvarmistusmenetelmät. Insinöörityöstä saa myös apua suunnitteluprosessin kehittämiseksi ja virheiden välttämiseksi.</p>	
Avainsanat	prosessi, rakennushanke, ongelma, suunnittelu,

Author(s) Title	Jorma Piironen Developing the Designing Process through Defect Analysis
Number of Pages Date	53 pages + 2 appendices 27 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Hannu Nissinen, Unit Manager Aarne Seppänen, Lecturer
<p>This bachelor thesis was made for Sweco Rakennetekniikka Oy</p> <p>The object of this thesis was to find out which factors causes problems and defects to the construction process. The thesis focuses on how these problems could be avoided.</p> <p>In this bachelor thesis there is also information about the different parties and phases of a building project. The study also contains information about the tasks of a structural engineer in different phases of a building project. Typical problems and ways to avoid them were studied. Problems in construction process were also introduced through an example accident case, where a building collapsed in Laukaa. For the background information, ordinary quality assurance methods, CE marking of construction products and the verification procedure of old structures were introduced.</p> <p>The research method for this thesis was to review different research related to the topic, current journal articles and various literature. Additionally, some interviews were made.</p> <p>A construction engineer can use this thesis as a report where typical problems and ways to avoid them are introduced. This bachelor thesis also helps developing the process of structural planning.</p>	
Keywords	process, building project, problem, designing

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto ja tavoitteet	4
2	Rakennushanke	5
2.1	Rakennushankkeen vaiheet RT-ohjekortin 10-11128 mukaan	5
2.1.1	Tarveselvitysvaihe	5
2.1.2	Hankesuunnitteluvaihe	6
2.1.3	Rakennussuunnitteluvaihe	6
2.1.4	Rakentamisvaihe	6
2.1.5	Rakennuksen käyttö	7
2.2	Hankkeen osapuolet ja niiden tehtävät RT-ohjekortin 10–11128 mukaan	7
2.2.1	Käyttäjä	7
2.2.2	Rakennuttaja	7
2.2.3	Suunnittelija	8
2.2.4	Rakentaja	8
2.2.5	Viranomainen	8
2.2.6	Määräykset hankkeen osapuolille	9
2.3	Prosessin vaikutus suunnitteluvirheisiin	11
3	Suunnitteluprosessi	12
3.1	Suunnittelutehtävät rakennushankkeen eri vaiheissa	12
3.2	Teräsrakenteiden suunnittelun erityispiirteitä	13
3.2.1	Teräsrakenteiden suunnittelun tavanomainen kulku	14
3.3	Paikallavalettujen betonirakenteiden suunnittelun erityispiirteitä	16
3.4	Betonielementtirakenteiden suunnittelun erityispiirteitä	16
3.5	Suunnittelun standardit	17
3.6	Rakennesuunnitelmat	18
4	Suunnittelutyön tyypillisimmät ongelmat ja niiden välttäminen	19
4.1	Betonirakenteet ja betonielementit	19
4.2	Teräsrakenteet	20
5	Rakennusprosessin haasteet	21

5.1	Aikataulu	21
5.2	Vastuualueiden jakautuminen ja kommunikointi	22
5.2.1	Vastuualueiden jakautuminen usealle taholle	22
5.2.2	Vastuualueiden keskittyminen yksittäiselle taholle	23
5.2.3	Osapuolten välinen kommunikointi	23
5.3	Ammattitaidon puute	24
5.4	Resurssipula	24
5.5	Suunnittelu	25
5.5.1	Uudet standardit	25
5.5.2	Lähtötietojen puutteellisuus ja muutostyöt	25
5.5.3	Rakenteiden toiminnan ymmärtäminen ja kokonaisuuksien hallitseminen	26
5.6	Tuotannon virheet	27
5.6.1	Virheet esivalmistuksessa	27
5.6.2	Puutteellinen toteutus	27
5.7	Puutteellinen rakennusvalvonta	27
5.8	Rakenteiden kehittäminen	28
6	Tutkintaselostus (Y2013-01), ratsastusmaneesin sortuminen	28
6.1	Onnettomuuden osapuolet	29
6.2	Onnettomuuden aikaiset säädökset	30
6.3	Materiaalit	30
6.4	Rakenteiden suunnittelu	31
6.5	Teräsrakenteiden esivalmistus	31
6.6	Rakennuksen toteutusvaihe	31
6.7	Rakennuksen käyttö	32
6.8	Onnettomuuden syyt	32
7	Laadunvarmistustoimenpiteet ja tarkastusmenetelmät	34
7.1	Rakennushankkeen normaali laadunvarmistus	34
7.2	Eryitysmenettely rakennushankkeessa	35
7.3	Suunnittelutyön laadunvarmistus	38
7.4	Esivalmistuksen laadunvarmistus/ CE-merkintä	39
7.5	Toteutuksen aikainen laadunvarmistus	40
7.6	Rakenteiden tarkastusmenettely	41
8	Keinot ongelmien välttämiseksi	41

8.1	Resurssit ja aikataulu	41
8.2	Koulutus	41
8.3	Tietomallien käyttö	42
8.4	Yhtenäiset toimintamallit	43
8.5	Benchmarking eli vertailukehittäminen	43
8.6	Suunnitelmien tarkastus	44
8.7	Palaute ja kommunikointi	44
8.8	Yhteistyö ongelmatilanteissa	45
8.9	Asenteiden muuttaminen	45
8.10	Laajemmat toimitussisällöt	46
9	Yhteenveto	46
10	Johtopäätökset ja pohdinta	48
	Lähteet	51
	Liitteet	
	Liite 1. Yhteenvetotaulukko prosessin ongelmista	
	Liite 2. Taulukko suunnittelutyön tyypillisistä virheistä	

1 Johdanto ja tavoitteet

Tämä opinnäytetyö tehdään Sweco Rakennetekniikka Oy:lle. Sen toimialat kattavat kaiken talonrakentamisen rakennusteknisen ja rakennesuunnitteluun liittyvän kokonaisvaltaisen osaamisen. Sweco Rakennetekniikka Oy:ltä löytyy osaamista niin talonrakentamisen suunnittelusta, teollisuusrakentamisesta, puu-, teräs- ja betonirakenteiden suunnittelusta, kuten myös erilaisia rakennetekniikan erityispalveluita ja suunnittelualan erityisosaamista. Sweco Rakennetekniikka Oy kuuluu niin ikään Sweco Finlandiin ja on tätä kautta osa kansainvälistä Sweco-konsernia. Sweco on Pohjoismaiden johtava rakentamisen asiantuntijayritys.

Työn taustalla vaikuttaa ammattikorkeakoulun insinööriopiskelijoiden laatima projektityö liittyen riskirakenteisiin. Työssä analysoitiin, onnettomuuksiin johtaneiden rakennusvirheiden kautta, erilaisia riskirakenteita. Työssä myös käsiteltiin pääpiirteittäin puu-, teräs- ja betonin materiaaliominaisuuksia. Projektityö oli tämän insinööriyön lähtötietoaineistona.

Tutkimustyön päätavoitteena on selvittää tapahtumat ja käytännöt, jotka aiheuttavat virheitä tai luovat haasteita rakennushankkeen eri vaiheissa. Etenkin pyritään selvittämään suunnittelun kannalta sellaiset prosessin vaiheet, mitkä tuottavat haasteita tai ongelmia suunnittelutyössä.

Tutkimuksen taustatietona esitetään rakennushankkeen tavanomainen kulku sekä suunnitteluprosessin liittyminen prosessin eri vaiheisiin. Taustatietona esitetään myös rakennushankkeen eri osapuolet sekä heidän tehtävät. Lisäksi käydään läpi tavanomaiset laadunvarmistusmenetelmät, joiden avulla saadaan vähennettyä rakentamisen ongelmia.

Insinööriyössä pyritään löytämään erilaisia suunnittelijalle käyttökelpoisia välineitä ja ratkaisuja, joilla virheitä aiheuttavat prosessin vaiheet saadaan poistettua. Insinööriyö toimii ohjeistuksena, jonka avulla voidaan välttää suunnitteluvirheitä rakennusprosessin aikana.

Tutkimusmenetelmänä työssä käytetään kirjallisuutta, ajankohtaisia lehtiartikkeleita sekä suunnittelijoiden haastatteluita.

2 Rakennushanke

Kaikki rakennushankkeet ovat aina oma kokonaisuutensa ja siellä on aina omat erityispiirteensä. Tässä kuvataan prosessin eri vaiheet ja niissä tapahtuvat tehtävät tavallisimmassa etenemisjärjestyksessä. Prosessin vaiheet saattavat limittyä toisiinsa ja osa vaiheista ja tehtävistä tai hankkeen osapuolista puuttuu. Prosessi voi myös edetä poikkeavassa järjestyksessä. Rakennushankkeen prosessissa on paljon eri toimijoita, jotka vaikuttavat tavoiteltavaan lopputulokseen.

2.1 Rakennushankkeen vaiheet RT-ohjekortin 10-11128 mukaan

Rakennushankkeen tarkoituksena on tuottaa tiettyä loppuasiakkaan toimintaa palveleva tila. Talonrakennushankkeella tarkoitetaan niitä toimenpiteitä, jotka ovat tarpeen rakennuksen aikaansaamiseksi. Rakennushanke alkaa, kun rakennus tai tila päätetään hankkia rakentamalla. Rakennushanke päättyy kun rakennus saadaan valmiiksi ja otetaan käyttöön. Monissa yhteyksissä valmista tuotosta kutsutaan hankkeen lopputuotteeksi. Lopputuote voi olla uudisrakennus tai korjausrakennettu tila. Tässä opinnäytetyössä käsitellään pääosin uudisrakennushanketta.

Rakennushankkeeseen voidaan liittää toimenpiteitä ja tehtäviä, joita voidaan tarkastella kahdesta eri näkökulmasta. Tehtäviä voidaan tarkastella sen tarvitseman ammattitaidon kautta eli hankkeen osapuolten kautta tai niitä voidaan tarkastella tehtäväkokonaisuuksien kautta. Näissä tehtäväkokonaisuuksissa pyritään tiettyyn välitavoitteeseen hankkeen kulussa. Välivaiheita ja -tavoitteita kutsutaan hankkeen vaiheiksi.

Rakennushankkeen vaiheet ovat tarveselvitysvaihe, hankesuunnittelu, rakennussuunnittelu, rakentaminen ja käyttöönotto (RT-ohjekortti10-11128). Yleensä tietty vaihe päättyy päätökseen siitä, että jatketaanko seuraavaan vaiheeseen rakennusprojektissa.

2.1.1 Tarveselvitysvaihe

Tarveselvitysvaiheessa arvioidaan hankkeeseen ryhtymisen tarpeellisuus. Tässä vaiheessa rakennushanketta mietitään, tarvitaanko uutta tilaa ja arvioidaan rakentamisen edellytyksiä ja mahdollisuuksia. Mietitään, onko resursseja ja pääomaa uuden raken-

nuksen aikaansaamiseksi. Nämä kaikki kootaan tarveselvitykseksi, jonka pohjalta tehdään hankesuunnittelupäätös. Lähtötietojen ja todellisen tarpeen määrittäminen on projektin onnistumisen kannalta tärkeää. Kun hankkeeseen ryhtyvällä on selkeät vaatimukset rakennukselle, on suunnittelun ja rakentamisen organisointi helpompaa. Tällöin myös vältetään mahdollisilta muutostöiltä rakentamisen myöhemmissä vaiheissa.

2.1.2 Hankesuunnitteluvaihe

Hankesuunnitteluvaiheessa tehdään jo yksityiskohtaisia selvityksiä hankkeen toteuttamistarpeista. Tässä vaiheessa mietitään jo tarkasti rakennuksen vaihtoehtoiset toteuttamistavat. Hankesuunnitteluvaiheessa toteuttamistavalle sekä lopputuotteelle asetetaan laajuus- ja laatutavoitteet. Nämä määrittävät pitkälti lopulliset kustannukset sekä rakentamisen aikataulun. Laajuus- ja laatutavoitteiden määrittämisellä asetetaan tavoitteet myös suunnittelutyölle. Tavoitteet ja vaatimukset tulee määritellä hyvin, jotta suunnittelutyössä osataan huomioida tarvittavat asiat. Hankesuunnitelman pohjalta tehdään lopullinen investointipäätös.

2.1.3 Rakennussuunnitteluvaihe

Rakennussuunnitteluvaiheessa laaditaan lopputuotteen arkkitehtoniset suunnitelmat, tekniset järjestelmät ja toteuttamistapa. Nämä tehdään hankesuunnitteluvaiheessa laaditun suunnitelman pohjalta. Yleensä tässä vaiheessa, toteutussuunnittelun ollessa riittävän pitkällä, päätetään urakointitapa ja valmistellaan urakat. Tässä vaiheessa suunnitelmat ovat jo sillä tasolla, että niistä voidaan tehdä urakkalaskentaa. Urakkalaskenta-aineisto on laadittava siten, että se huomioi tulevan rakentamisen. Rakennussuunnitteluvaiheessa tehdään rakentamispäätös ja sovitaan urakkasopimukset.

2.1.4 Rakentamisvaihe

Rakentamisvaiheessa hankkeen suunniteltu rakennus rakennetaan ja vaihe alkaa siitä kun rakentamisesta tehdään urakkasopimus. Vaihe päättyy, kun rakennus vastaanotetaan tai kun tehdään vastaanottopäätös. Rakentamisen aikana on tärkeä huomioida urakoitsijan työmenetelmät suunnitelmissa. Rakentamisen aikana täytyy suunnitteluaikataulu sovittaa yhteen urakoitsijan hankintojen kanssa. Tämän lisäksi urakkamuoto voi vaikuttaa yhteistyön järjestymiseen eri osapuolien välillä.

2.1.5 Rakennuksen käyttö

Rakennuksen käyttövaiheessa käyttäjät perehdytetään rakennuksen käyttöön ja aloitetaan rakennuksessa aiottu toiminta. Kun puhutaan rakennuksen käyttövaiheesta tiettyinä rakennusprosessin vaiheena, niin sen voidaan ajatella päättyvän takuutarkastukseen. Käytön aikaiseen rakennuksen huoltoon on kiinnitettävä huomiota. Huollon merkitystä täytyy korostaa, jotta rakenteiden toiminta säilyy suunniteltuna koko rakennuksen käyttöajan. Huollon vaatimukset tulee ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

2.2 Hankkeen osapuolet ja niiden tehtävät RT-ohjekortin 10–11128 mukaan

2.2.1 Käyttäjä

Käyttäjä edustaa rakennushankkeessa, sen yhtenä osapuolena, lopputuotteessa tapahtuvan toiminnan ja käytön asiantuntemusta. Käyttäjän tilantarvetta varten hanke ylipäättään perustetaan, joten osapuolen esittämät tavoitteet ja vaatimukset ovat ensisijainen lähtökohta rakennushankkeelle. Tärkeimmät tahot käyttäjäorganisaatiossa ovat toiminnasta vastaava taho sekä kiinteistönhoito. Kiinteistön hoidosta vastaava taho ottaa huomioon sen, että heidän näkökulmat tulevat riittävän hyvin otettua huomioon. Monesti käyttäjää edustaa rakennushankkeessa rakennuksen tarkoitettua toimintaa hyvin tunteva asiantuntija

2.2.2 Rakennuttaja

Rakennuttaja on se hankkeen osapuoli, joka huolehtii hankkeen käynnistämisestä ja sen läpiviennistä. Joskus käyttäjä voi, jos sillä on riittävästi asiantuntemusta, toimia itse rakennuttajana. Hankkeesta riippuen voi käyttäjä, tilaaja ja rakennuttaja joskus olla täysin sama taho tai osittain sama taho tai kaikki voivat olla eri organisaatioita. Rakennuttajan keskeiset tehtävät ovat selkeiden tavoitteiden asettaminen hankkeelle, tarvittavien suunnitelmien ja rahoituksen hankkiminen. Lisäksi rakennuttaja huolehtii rakennustöiden toteutumisesta sopimukseen perustuen. Rakennuttajan tehtävänä on koordinaida hanketta niin, että muiden osapuolien paras mahdollinen osaaminen tulee hyödynnettyä.

2.2.3 Suunnittelija

Suunnitteliijaosapuoli, joka osapuolena puhuttaessa kattaa rakennuksen arkkitehtisuunnittelun sekä rakennusteknisen suunnittelun, vastaa tilan toteutussuunnittelusta. Osapuoli muodostuu suunnittelijaryhmästä, jossa ovat kaikki hankkeessa tarvittavat eri alojen suunnittelijat. Pääsuunnittelija vastaa suunnitteluryhmän johtamisesta, joka talonrakennushankkeissa on yleensä arkkitehtisuunnittelusta vastaava suunnittelija. Arkkitehtisuunnittelun tehtävänä on hankesuunnitelmassa sovittujen tavoitteiden pohjalta laatia arkkitehtoninen kokonaisratkaisu käyttäjälle. Rakennustekniseen suunnitteluun kuuluu kaikki rakennuksen kantavien osien mitoitus sekä suunnitelmien laatiminen. Rakennusteknisen suunnittelijan tehtävänä on huolehtia rakennusteknisestä toimivuudesta sekä rakennuksen toteutettavuudesta. Pienissä rakennushankkeissa kaikista rakennusteknisistä suunnittelutehtävistä vastaa yleensä yksi suunnittelija, mutta suurissa ja vaativissa hankkeissa tehtäviä hoitaa monet eri suunnittelijat. Tällöin yksi suunnittelija nimetään vastaavaksi rakennesuunnittelijaksi. Suunnitteluryhmän tehtäviin kuuluu teknisten järjestelmien kuten lämmitys-, vesi-, ja viemärijärjestelmien suunnittelu. Tämän lisäksi he suunnittelevat ilmastointijärjestelmät sekä sähköjärjestelmät.

2.2.4 Rakentaja

Rakentaja vastaa lopputuotteen konkreettisesta rakentamisesta. Rakennushankkeen luonteesta riippuen urakointimuodot vaihtelevat kokonaishintaurakasta osiin jaettuun urakkaan tai voidaan käyttää jotakin muuta urakatapaa.

2.2.5 Viranomainen

Viranomaisten tehtävänä on valvoa rakennushankkeen suunnittelua ja rakentamista perustuen lakiin ja asetuksiin sekä eriasteisiin kaavoihin. Tämän lisäksi heidän tulee valvoa, että rakentaminen ja suunnittelu tapahtuvat yleisten ja paikallisten määräysten, ohjeiden ja normien mukaisesti. Rakentaminen on luvanvaraista toimintaa, joten viranomaisille tulee osoittaa, että rakennusprojekti toteutetaan säännösten mukaan. Viranomaisten päävastuu on kuitenkin rakennusvalvonnassa. Rakennusvalvonnassa puututaan rakennuksen teknilliseen toimivuuteen, turvallisuuteen ja terveellisyyteen. Rakennusvalvontaviranomainen osallistuu suunnitelmien ennakkotarkastuksiin sekä itse rakennuspaikalla pidettäviin katselmuksiin. [1, s. 1-15.]

ryhtyvän, pääsuunnittelijan ja muiden suunnittelijoiden tehtävät. Määräyskokoelmassa on myös vaatimustasot suunnittelijoiden pätevyyksille. Suomessa henkilöpätevyksiä toteaa FISE oy. Pätevyysvaatimusten toteaminen määräyskokoelman mukaisesti on tärkeää hankkeen onnistumisen kannalta. Pätevyysvaatimuksilla pyritään siihen, ettei virheellisesti organisoituja hankkeita pääse muodostumaan. Muodollisia pätevyksiä tulee välttää eli pätevyyksien tulee vastata osaamista. [2, s.5-10; 3.]

Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee huolehtia, että hänellä on käytössään riittävän ajoissa pätevät henkilöt hoitamaan rakennushankkeen vaatimia tehtäviä. Hankkeeseen ryhtyvän tulee selvittää hankkeen vaatimat edellytykset hankkeen suunnittelua ja toteutusta varten.[2, s.5-6.]

Pääsuunnittelijan tehtävänä on huolehtia, että laadittavien suunnitelmien avulla voidaan osoittaa rakentamiselle asetettujen vaatimusten täyttyminen. Pääsuunnittelija toimii suunnittelutyön koordinaattorina. Pääsuunnittelija takaa, että ristiriidattomat lähtötiedot ovat ajan tasalla ja ne ovat suunnittelijoiden käytettävissä.

Rakennesuunnittelija on oman alansa erityisasiantuntija, jonka tehtäviin kuuluu rakennetekninen suunnittelu. Hänen tulee laatia rakennuslupamenettelyssä tai rakentamisen aikana tarvittavat oman alansa suunnitelmat, piirustukset ja muut tarvittavat asiakirjat. Rakennustyön aikana suunnittelijan tulee tehdä tarvittavat muutokset suunnitelmiin. Jos suunnittelijalle määrätään tai aloituskokouksessa osoitetaan rakennustyön valvontaa, tulee hänen huolehtia sen toteutumisesta. Suunnittelijan tulee laatia oman suunnittelualansa osalta käyttö- ja huolto-ohjeet. [2, s. 7-10.]

Vastaava rakennesuunnittelija tarvitaan aina silloin kun rakennushankkeessa on enemmän kuin yksi rakennesuunnittelija. Vastaavan rakennesuunnittelijan tehtäviin kuuluu huolehtia, että rakennuksen kokonaisvakavuus on kunnossa, kantavien rakenteiden varmuus on riittävä ja, että rakenteiden palonkestävyydestä on varmistuttu. Tämän lisäksi vastaavan rakennesuunnittelijan tulee huolehtia, että pohjarakenteet ja kantavat rakenteet toimivat yhdessä, eikä suunnitelmissa ole ristiriitoja. Tämän lisäksi hän tekee rakenteelle käyttöikämitoituksen. Vastaava rakennesuunnittelija kokoaa kaikki kohteen erillissuunnitelmina laaditut rakennesuunnitelmat ja tarkistaa suunnitelmien yhteensopivuuden, toimivuuden sekä riittävyyden. Vastaava rakennesuunnittelija toimittaa suunnitelmat rakennusvalvontaan rakennusvalvontaviranomaisen ohjeistuksen mukaisesti. [2, s. 7-10.]

2.3 Prosessin vaikutus suunnitteluvirheisiin

Rakennushankkeen prosessissa on tapahtumia, jotka vaikuttavat suunnittelutyön onnistumiseen. Tarve- ja hankesuunnitteluvaiheessa tilaajan tulee selvittää rakennukselle asetetut vaatimukset. Lähtötiedot tulee saattaa suunnittelijoiden tietoon riittävän tarkasti, jotta suunnittelun aikana ei tarvitse tehdä suunnitelmamuutoksia. Muutokset suunnitelmissa aiheuttaa aina lisätoimenpiteitä, jolloin virheen mahdollisuus kasvaa.

Rakennuksen suunnitteluvaiheessa korostuu eri toimijoiden välinen yhteistyö. Suunnitteluvaiheessa tulee eri suunnitteliijaosapuolten kommunikaation toimia. Pääsuunnittelijan rooli korostuu. Pääsuunnittelija tiedottaa muutoksista ja huolehtii, että eri suunnittelijoilla on tarvittavat tiedot käytössään. Jos rakennussuunnitteluvaiheessa kommunikatio ei toimi, se lisää mahdollisia virheitä suunnitelmiin. Ongelmat saattavat tulla eteen vasta rakentamisvaiheessa, jolloin suunnitelmia ruvetaan työmaalla sovittamaan yhteen.

Rakennushankkeen alkuvaiheessa laadittu projekti aikataulu vaikuttaa rakennushankkeessa syntyviin virheisiin suuresti. Projekti aikataulu tulisi olla laadittu siten, että suunnittelijoiden aikataulutarpeet on otettu siinä huomioon. Jos aikataulu on laadittu huolimattomasti, tämä saattaa aiheuttaa suunnitelmapuutteita. Suunnitelmien tarkistaminen saattaa myös jäädä pintapuoleiseksi. Kiireessä syntyy myös helpommin inhimillisiä virheitä.

Rakennusvaiheessa, työmaalla tehdyt muutokset vaikuttavat suunnitteluun ja rakennuksen laatuun. Suunnittelija joutuu laatimaan suunnitelmia usein nopeasti työmaalta tulevan paineen takia. Työmaa saattaa toteuttaa muutokset ennen varsinaisia suunnitelmia. Suunnitelmia ei välttämättä keritä yhteensovittamaan muiden suunnitelmien kanssa ja suunnitelmien tarkistaminen saattaa jäädä pintapuoliseksi.

Viranomaisella on merkitystä hankkeessa tapahtuviin virheisiin. Viranomaisen tulee huolehtia rakennuslupamenettelyssä, että rakennushankkeessa on riittävän pätevoityneet suunnittelijat. Viranomaisen huolehtii myös, että toteutusorganisaation vastuuhenkilöt ovat riittävän pätevoityneitä. [1; 2.]

3 Suunnitteluprosessi

3.1 Suunnittelutehtävät rakennushankkeen eri vaiheissa

Rakennesuunnittelun tehtäväluettelossa RAK12:ssa on annettu ohjeistusta talonrakennusta koskevan rakennesuunnittelun tehtävien sisällön ja laajuuden määrittelyyn. Tätä ohjeistusta käytetään suunnittelijan tehtävälaajuuden määrittelyssä, suunnittelukokonaisuuden hallinnassa sekä osana suunnittelun laadunvarmistusta. Rakennesuunnittelijoiden tehtäväluettelo on linkitetty rakennushankkeen eri vaiheisiin, joten se auttaa suunnittelukokonaisuuden hallinnassa. Tehtäväluettelo liitetään yleensä suunnittelusopimukseen.

Tarve- ja hankeselvitysvaiheessa rakennesuunnittelijan tehtävät ovat yleensä avustavia tehtäviä. Rakennesuunnittelijan rooli tarve- ja hankesuunnittelussa on entisestään korostunut, kun rakennetaan haastaviin rakennuspaikkoihin. Haastavia rakennuspaikkoja ovat esimerkiksi tiheästi rakennetut kasvukeskukset. Tällöin rakennesuunnittelija pystyy arvioimaan tarkasti hankkeen rakennusteknisiä riskejä. Suunnitteluvirheiden välttämisen kannalta tärkeää on, että tilaaja selvittää lähtötiedot, sekä hankkii muiden suunnittelualojen suunnitelmat rakennesuunnittelua varten. Tämän lisäksi suunnittelijan tulee antaa mielipiteensä projektiaikatauluun.

Suunnittelun valmisteluvaiheessa suunnittelu organisoidaan eli valitaan suunnittelijat mahdollisen kilpailun kautta ja tehdään suunnittelusopimukset. Tässä vaiheessa varmistetaan tilaajan kanssa lähtötietojen riittävä laajuus, suunnittelutehtävän laajuus sekä vaativuus. Suunnittelun valmisteluvaiheessa sovitaan suunnittelutiedon hallinnasta sekä toimitettavien suunnitelmien laajuudesta ja laadusta. Suunnittelun valmisteluvaiheessa asetetaan tavoitteet rakennuksen suunnittelulle.

Yleissuunnittelussa ehdotussuunnitelmaa kehitetään toteutuskelpoiseksi suunnitelmakeksi. Rakennesuunnittelija tarkastaa yleissuunnitelman niin, että se on toteuttamiskelpoinen ja asetettujen tavoitteiden mukainen. Yleissuunnitteluvaiheen tuloksena syntyy hyväksytty yleissuunnitelma ja pääpiirustukset. Vaiheen päätehtäviä ovat saatujen lähtötietojen sekä tavoitteiden tarkastaminen ja täsmentäminen. Lisäksi määritetään yksityiskohtaisesti suunnittelussa käytettävät kuormitukset rakennemallit ja kokonaisvakuuslaskelmat, tila-osat ja talo-osat. Lisäksi laaditaan onnettomuustilanteen rakenne-

malli ja siihen liittyvät laskelmat. Tässä vaiheessa arvioidaan rakenteellisen turvallisuuden riskit, jonka tarkoituksena on ennakoida ongelmia ja vaaratilanteita.

Yleissuunnittelun jälkeen selvitetään hankkeen laajuuden ja vaativuuden mukaan määräytyvä lupamenettely, sekä varmistetaan suunnittelijoiden kelpoisuus sekä hyväksytään yleissuunnitteluvaiheessa laaditut pääpiirustukset. Tämän lisäksi laaditaan rakennuslupahakemus tarvittavine liitteineen. Tuloksena saadaan rakennuslupa-asiakirjat rakennusvalvonnasta.

Toteutussuunnitteluvaiheessa yleissuunnitelmat kehitetään rakentamisen ja hankinnan edellyttämiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi. Toteutussuunnittelu jakautuu kahden eri vaiheeseen, joiden tuloksina ovat hankintaa palvelevat suunnitelmat ja toisaalta toteutusta palvelevat suunnitelmat. Hankinnalle tärkeitä on, että suunnitelmista on laskettavissa rakennusosien laajuus, määrät, toteutustavat ja laatutaso. Toteutussuunnitelmissa on taas tärkeitä, että sisältö on laadittu riittävän tarkoin detaljein.[4.]

3.2 Teräsrakenteiden suunnittelun erityispiirteitä

Teräsrakenteet suunnitellaan pääsääntöisesti erilaisten tietomallien avulla. Tekla Structures -ohjelma on hyvin yleisesti suunnittelutoimistojen käytössä oleva mallinnusohjelma. Tietomallit auttavat rakenteiden mitoituksessa ja mittojen määrittämisessä, kun mallirakennetta voidaan simuloida tietomallissa. [32; 33.]

Teräsrakenteiden suunnittelua ohjaa suuresti rakenteiden korkea esivalmistusaste. Eli teräsrakenteet tuotetaan hyvin pitkälti konepajoilla eriasteisina kokoonpanoina ja kootaan sitten työmaalla. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnittelijoiden on tunnettava konepajatekniikat ja konepajan tuotantovaiheet. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon konepajan suunnitelmatarpeet eli mitä suunnitelmissa erityisesti tulee olla ja missä muodossa konepaja suunnitelmat haluavat. Korkean esivalmistusasteen ansiota teräsrakenteet ovat työmaalla nopeasti valmiita rakenteita. Teräksiä voidaan kuormittaa heti ja rakenteet eivät tarvitse erikseen kuivuma-aikoja, mikä taas ohjaa betonirakentamista suuresti. [33; 5, s.10.]

Teräsrakenteet tasalaatuisena materiaalina pystytään hyvin tarkkaan analysoimaan ja teräsrakenteet pystytään tällöin hyvin pitkälle optimoimaan. Tällöin rakenteista saadaan

kevyitä, hyvin hoikkia rakenteita. Hoikkuus tulee ottaa huomioon rakenteita suunniteltaessa ja rakenteet tulee tukea nurjahdusta, kiepahdusta ja lommahdusta vastaan. [6, s.117.]

Teräsrakenteiden suunnittelussa liitosten mitoitus on yksi merkittävimmistä osaluista. Suunnittelussa tulee huolehtia, että ruuvi- ja hitsiliitokset mitoitetaan oikeille kuormille. Korkean esivalmistusasteen vuoksi työmaalla tehtävien liitosten merkitys kasvaa. Suunnittelussa tulee huolehtia, että työmaalla tehtävät liitokset on mahdollista, kohtuullisin menetelmin ja turvallisesti suorittaa. Hitsiliitoksia työmaalla tulee välttää. Teräsrakenteisiin voidaan kuitenkin tarvittaessa melko helposti lisäämään ylimääräisiä liitoksia vielä työmaaolosuhteissa. Tämä lisää teräsrakenteiden muuntojoustavuutta. [6, s.27.]

Korkean lujuutensa ansioita teräsrakenteita voidaan suunnitella hyvin pitkillä jänneveleillä. Tämä osaltaan lisää teräsrakentamisen muuntojoustavuutta. Toisaalta tämä aiheuttaa sen, että jatkuvan sortuman merkitys rakenteita suunniteltaessa kasvaa. [7, s.17.]

Teräsrakenteiden huonon palonkestävyyden vuoksi tulee teräsrakenteiden palosuojaus aina tapauskohtaisesti huomioida. Teräsrakenteiden palosuojaustarve tulee selvittää ja tarvittaessa rakenteiden yksityiskohtainen palosuojaus suunnitella. Teräsrakenteiden palonsuojaukseen kiinnitetään aiempaa enemmän huomiota ja palosuojauksessa tulee ottaa huomioon myös pelastustyöntekijät mahdollisen tulipalon aikana. [6, s.125; 32.]

Teräksen pintakäsittelyn tarve tulee myös tapauskohtaisesti tutkia. Pintakäsittelyn lisäksi tulee käytettävä teräslaatu valita olosuhteisiin nähden oikein. Tällöin tulee ottaa huomioon rakenteen ympäristöolosuhteet ja korroosiota edistävät olosuhteet. Jos pintakäsittelyä ei ole suunniteltu tai teräslaatu on valittu väärin, voi rakenteen suunniteltu käyttöikä jäädä oletettua paljon lyhemmäksi. [7. s.84–85.]

3.2.1 Teräsrakenteiden suunnittelun tavanomainen kulku

Teräsrakenteiden rakennesuunnittelun tärkeimpiä osatehtäviä ovat kantavan rungon valinta, liikuntasauvojen paikkojen määrittäminen, rakennusosien yksityiskohtainen mitoitus, liitosten suunnittelu, rakenteiden jäykistämisen suunnittelu sekä korroosion estäminen ja pintakäsittelyn suunnittelu.

Rungon valintaan liittyy päämittojen, liitostapojen sekä käytettävien materiaalien ja tarvikkeiden valinnat. Tässä kohtaa suunnittelussa määrätään jo pitkälti rakennuskohteen toteutuvat kustannukset eli hyvin suunnitellut valinnat edesauttavat taloudelliseen ja toimivaan lopputulokseen pääsemiseen. Runkojärjestelmää valittaessa on käytön asettamien vaatimusten lisäksi otettava huomioon rakennuksen perustamistapa. Eli runkorakenteisiin saattaa oleellisesti vaikuttaa, miten rakennus perustetaan. Rakentamisen perustamistapoja ovat esimerkiksi kalliovarainen perustus, maanvarainen perustus, pilariperustus ja näille kaikille on olemassa omia erityispiirteitä. Nämä erityispiirteet saattavat ohjata rungon materiaalivalintoja sekä dimensioita. Runkorakenteita valittaessa on otettava huomioon myös ympäristöolosuhteet, rakennusaika, laajennustarve ja varaukset, konepajavalmistus, kuljetukset ja asennustyö. Runkorakennetta valittaessa tulee myös ottaa huomioon, tullaanko rakennuksen käyttötarkoitusta myöhemmässä vaiheessa muuttamaan. Jos on tiedossa, että mahdollisesti käyttötarkoitus muuttuu rakennuksen elinkaaren myöhemmässä vaiheessa, niin se tulisi mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon tehtäessä runkotyyppin ja -materiaalien valintoja.

Ennen runkorakenteiden ja runkotyyppin valintaa tulee ympäristö- ja perustamisolosuhteet sekä rakenteille olevat kuormitukset selvitettävä mahdollisimman hyvin. Rakennuksen käyttötarkoituksen sekä kerrosluvun perusteella määräytyy seuraamusluokka. Seuraamusluokka määrittää luotettavuusluokan ja luotettavuusluokan perusteella valitaan kuormitusten mitoitusarvot.

Tavanomaisen teräsrakenteisen talonrakennusprojektin rakennesuunnitteluprosessissa ensin valitaan runko ja tehdään alustava mitoitus. Alustavan mitoituksen tarkoituksena on määrittää rakenneosien alustavat dimensiot ja liitokset tarkempaa tutkimusta varten. Se suositellaan tehtäväksi käsinlaskennalla, koska siten saadaan rakenteiden toimintavasta parempi käsitys ja rasiusten suuruusluokka selville ennen tietokonelaskentaa. Tällä tavalla on helpompi havaita myöhemmin tietokonelaskennassa ohjelmien alkuarvojen syöttämisessä tehdyt virheet. Kun runko on valittu ja alustava mitoitus tehty, niin tehdään voimasuureiden tarkempi laskenta sekä rakenneosien mitoitus. Tämä tehdään yleisesti ottaen tietokoneohjelmien avulla. Tietokonelaskennassa on otettava huomioon, että niiden laskentaoletukset ja varmuustaso vastaa standardin SFS-EN 1993-1-1 tasoa tai ovat muuten luotettavaksi osoitettuja. Tämän jälkeen tehdään rakenteiden liitosten mitoitus. Liitosten suunnittelu onkin teräsrakenteiden rakennesuunnittelussa keskeisessä asemassa, sillä niiden osuus suunnittelu- ja valmistustyössä on huomattava. Liitostapa ja liitoksen muotoilu vaikuttavat liitoksen jäykkyyteen, joka vaikuttaa voi-

masuureiden jakautumiseen ja toisaalta rakenteen toimintatapaan. Tätä kautta ne vaikuttavat kustannuksiin merkittävästi. Liitosten suunnittelun jälkeen tehdään usein palomitoitus, jossa määritetään rakenteiden määräysten mukainen palonkestävyys ja niiden palonsuojaukset. Sitten suunnitellaan rakenneosien jäykisteet sekä runkoa täydentävät rakenneosat, pintakäsittely ja korroosionkesto, asennuksen rakennesuunnittelu, yksityiskohdat ja tämän jälkeen suunnitellaan konepajatuotantoa varten konepajakuvat yksittäisistä rakenneosista. On myös huomattava, että prosessin järjestys ei aina ole sama vaan sisältö ja järjestys saattavat vaihdella projektista toiseen. Järjestys ja sisältö riippuvat esimerkiksi valitusta runkotyypistä sekä odotettavissa olevista rasituksista. Osatehtävät voivat myös lomittua osittain eikä aina seuraa toisiaan peräkkäin. [6. s, 26–27.]

3.3 Paikallavalettujen betonirakenteiden suunnittelun erityispiirteitä

Paikallavalettujen betonirakenteiden suunnittelussa tulee erityisesti ottaa huomioon rakentamisen aikainen työturvallisuus ja rakentamisen aikainen muottien stabiilius. Esimerkiksi pilari-laatta-runkorakenteissa tulee holvivalujen tuentasuunnitelmat laatia. Tämän lisäksi paikallavalettavien rakenteiden raudoitukset tulee varmentaa siten, että ne on laadittu suunnitelmien mukaisesti.

Suunnittelijoiden tulee laatia työn toteuttamista varten laadittavat suunnitelmat riittäväällä tarkkuudella ottaen huomioon, että työmaan toiminta on keskeisessä asemassa vaikuttamassa työn laatuun. Tällöin suunnitelmat tulee olla selkeät, helposti luettavissa ja ristiriidattomat.

3.4 Betonielementtirakenteiden suunnittelun erityispiirteitä

Betonielementtirakenteet yhä useammin suunnitellaan tietomallin avulla. Rakenteet valmistetaan elementtitehtailta hyvin pitkälle jalostettuina, joten elementtisuunnittelijan tulee työssään tuntea hyvin elementtitehtaan tuotantovaiheet ja suunnitelmatarpeet. [9.]

Ylimääräisen työn välttämiseksi sekä vääränlaisten läpivientien estämiseksi tulee suunnittelijan ottaa huomioon läpivientien ja varauskolojen oikea sijoittelu sekä riittä-

vyys. Lämpivientien ja varausten määrittämisessä korostuu suunnittelijoiden välinen yhteistyö. Kun yhteistyö suunnittelijoiden välillä toimii, vääränlaisia läpivientejä ei rakenteisiin tule. [9.]

Betonelementtirakenteissa täytyy rakennuksen kokonaisstabiiliteettiin kiinnittää erityistä huomiota. Suunnittelijan täytyy suunnitella työn ja kuljetusten aikaiset tuennat sekä asennusjärjestys huolellisesti. Tämän lisäksi suunnittelijoiden tulee ottaa huomioon geoteknisessä suunnittelussa nostolaitteista ja elementtien varastoinnista aiheutuvat kuormitukset.

3.5 Suunnittelun standardit

Maankäyttö- ja rakennuslaissa (117§) asetetaan rakentamiselle vaatimuksia. Laissa sanotaan, että rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että se täyttää siihen yleisesti ennakoitavissa oleva kuormitus ja käyttötarkoitus huomioon ottaen 117 a – 117 g §:ssä tarkoitetut olennaiset tekniset vaatimukset. Olennaisia teknisiä vaatimuksia ovat rakenteiden lujuus ja vakaus, paloturvallisuus, terveellisyys, käyttöturvallisuus, esteettömyys, meluntorjunta ja ääniolosuhteet sekä energiatehokkuus. Kun rakennukset suunnitellaan perustuen eurokoodi-järjestelmään ja ympäristöministeriön asetuksina annettujen kansallisten valintojen mukaan, niin tällä voidaan osoittaa rakennusvalvonnalle, että maankäyttö- ja rakennuslain asettamat vaatimukset tulevat täytetyiksi. [10; 11.]

Eurokoodeissa, jotka ovat eurooppalaisia standardeja, annetaan ohjeita kantavien rakenteiden suunnitteluun. Eurokoodit koostuvat kaiken kaikkiaan tällä hetkellä 58 erilaisesta osasta. Suunnitteluohjeet kattavat varmuuden määrittämisen periaatteen, erilaiset kuormat ja kuormitusyhdistelmät sekä materiaalikohtaiset yksityiskohtaiset ohjeet. Eri maihin on laadittu omat kansalliset liitteet, joiden avulla voidaan standardeja soveltaa maassa vallitseviin erityisolosuhteisiin tai -käytäntöihin. Talonrakentamisen puolella kansallisten liitteiden laatimisesta vastaa ympäristöministeriö ja siltojen osalta Liikennevirasto. [12.]

Eurokoodin mukaiset suunnitteluperusteet ovat esitelty eurooppalaisen standardin osassa EN1990, Rakenteiden suunnitteluperusteet. Rakenteiden kuormat ovat standardin osassa EN1991. Standardi EN1991 on jaettu neljään osaan. Ensimmäisessä

osassa on esitelty yleiset kuormat, joita ovat muun muassa tilavuuspainot, omat painot ja hyötykuormat, lumikuormat ja tuulikuormat. Betonirakenteiden suunnittelustandardi on EN1992 ja siinä on kolme eri osaa, yleiset säännöt, betonisillat ja nestesäiliöt sekä siilot. Teräsrakenteiden suunnitteluohjeet ovat standardissa EN1993 ja standardi on jakautunut kaiken kaikkiaan kuuteen eri osaan. [12.]

3.6 Rakennesuunnitelmat

Rakennesuunnitelmissa tulee ympäristöministeriön asetuksen mukaan esittää suunnittelutehtävän laajuudesta riippuen seuraavat asiat:

1. Rakennejärjestelmän rakenteellista toimintaa ja jäykistämistä kuvaavat rakennemallit
2. Seuraamusten vakavuus, toteutusta koskevat vaatimukset tai toteutusluokka, ympäristöolosuhteista johtuva rasitusluokka sekä tarvittaessa toleranssiluokka
3. Kuormat ja kuormien yhdistely
4. Voimasuureet
5. Rakennustuotteiden ominaisuuksille asetetut vaatimukset
 - Suunnittelija esittää vaatimukset. Urakoitsija toimittaa dokumentaation, jolla todennetaan vaatimuksen täytyminen ja kelpoisuusvaatimukset. Suunnittelija varmistaa tuotteiden kelpoisuuden esitetyn aineiston pohjalta. Työmaa ottaa vastuun käytettävistä tuotteista.
6. Murtorajatila- ja käyttörajatilatarkastelut sekä kyseeseen tulevat onnettomuusmitoitustarkastelut sekä mitoitus palotilanteessa
7. Rakenteiden ja sen toiminnallisten osien ja kiinnitysten sekä liitosten mitat sekä nostettavien elementtien paino ja painopisteen paikka
8. Säilyvyys- ja käyttöikä tarkastelut

9. Toteutuksenaikaisen ja valmiin rakenteen jäykistys- ja vakavuustarkastelu
10. Korjaus- ja muutostyössä säilytettävät ja purettavat rakenteet
11. Uusien ja säilytettävien rakenteiden käyttöön ja huoltoon vaikuttavat tiedot [11.]

4 Suunnittelutyön tyypillisimmät ongelmat ja niiden välttäminen

4.1 Betonirakenteet ja betonielementit

Betonirakenteiden suunnittelun tyypillisimpiä puutteita ovat liian tiheät tai puuttuvat raudoitukset. Hakojen määrä on liian pieni, ankkurointipituudet ja terästen jatkospituudet ovat liian lyhyitä. Pakkovoimien ja muodonmuutosten aiheuttamia rasituksia ei ole otettu huomioon. Suunnittelussa ei ole välttämättä otettu kaikkia rakenteelle tulevia kuormituksia huomioon, jolloin rakenteet saattavat ylikuormittua jossakin elinkaarensa vaiheessa. Tämä saattaa johtua virheellisesti tehdystä kuormitusyhdistelystä tai lähtötietojen puutteesta. Ylikuormitus saattaa johtua myös rakenteen/ rakennuksen käyttötarkoituksen muuttumisesta tai epätavallisesta kuormitustilanteesta. Tulipalonaikaiset kuormat ovat esimerkiksi epätavallinen kuormitustilanne. [37, s.266.]

Betonirakenteen suunnittelijan tulee tunnistaa suunniteltavan betonirakenteen toimintatapa ja arvioida rakenteeseen vaikuttavat rasitukset. Suunnittelijan tulee myös tietää betonirakenteiden tuotantotavat. Tällöin suunnittelija tietää, minkälaiset rakenteet ovat mahdollisia toteuttaa ja milloin raudoitus menee liian ahtaaksi. Suunnitelmien tarkistaminen on yksi parhaista keinoista, joilla vältetään suunnittelutyön puutteita. Betonirakenteiden suunnittelijan tulee tuntea suunnitteluohjeet ja osattava tulkita niitä oikein.

Ongelmat betonielementtien suunnittelussa liittyvät yleensä rakenteen raudoitusjärjestelyihin tai punostusten suunnitteluun. Punoksissa vaikuttaa liian suuri esijännitys tai siirtojen aikaisia rasituksia ei ole huomioitu rakenteissa. Tämä tulee huomioida ennen kaikkea HI-palkeissa, I-palkeissa sekä TT-laatoissa. Tällöin pitää ottaa huomioon, ettei nostojen ja siirtojen aikainen vetorasitus palkin yläosassa ylitä vetolujuutta. Suunnitellut raudoitukset eivät välttämättä mahdu rakenteisiin tai raudoitukset ovat sijoitettu rakenteeseen väärin. Kaikkia tarvittavia raudoituksia ei ole välttämättä suunniteltu ollenkaan. Lisäksi tyypillisiä puutteita betonielementeissä ovat rei'itysten ja varauskolojen puuttu-

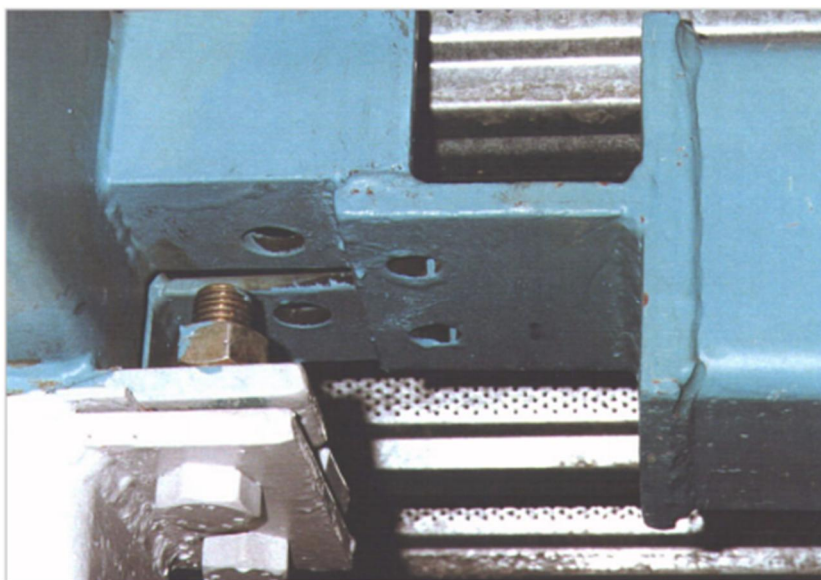
minen sekä elementtien nostoissa tapahtuvat puutteet. Nosto-osia ei ole välttämättä suunniteltu tai suunnitelmat eivät ole yksiselitteisiä. Lisäksi elementtien painopistettä ei ole välttämättä määritelty tai se on määritelty väärin. Tällöin elementtien nosto ei välttämättä tapahdu turvallisesti. Betonielementtirakenteiden suunnittelussa tapahtuu virheitä myös rakentamisen aikaisen stabiiliuden huomioimisessa sekä elementtien liitosten suunnittelussa. Liitosten suunnittelua ei ole tehty huolellisesti, jolloin kuormat eivät välity liitoksen kautta oikein. Rakenne ei välttämättä vastaa vaatimuksia huonon suunnittelun takia. [35.]

Keinot välttää raudituspuutteita on tarkistuttaa elementtisuunnitelmat. Tämän lisäksi suunnittelijan tulee ymmärtää rakenteen todellinen toiminta ja kaikki rakenteessa vaikuttavat rasitukset. Rakenne tulee suunnitella siten, että se kestää kaikki siihen kohdistuvat rasitukset. Rauditukset tulee suunnitella niin, että ne on mahdollista toteuttaa. Tämän lisäksi eri suunnittelualueiden suunnitelmat tulee sovittaa yhteen, jotta tarvittavat varauskolot ja rei'itykset tulevat suunnitelmiin. Tämän lisäksi liitosten vaatimat varauskolot tulee huomioida suunnittelussa, jotta työmaalla ei tarvitse tehdä ylimääräistä työtä. Liitosten tarkalla analysoinnilla ja liitoksen toimintatavan tuntemisella vältetään virheet liitosten suunnittelussa. Elementtien nosto-osat ja nosto tulee aina tapauskohtaisesti suunnitella ja nostotapahtuman kriittisyys tulee ymmärtää.

4.2 Teräsrakenteet

Teräsrakenteiden suunnittelun tyypillisiä virheitä tapahtuu jäykistyksen suunnittelussa ja jatkuvan sortuman estämisessä, liitosten suunnittelussa (etenkin hitsausliitokset), asennusjärjestelyiden suunnittelussa, mittojen määrittämisessä ja rakentamisen aikaisen stabiiliuden huomioimisessa. Jäykistyksen suunnittelussa tehdään huolimattomuusvirheitä ja jäykistyksen suunnittelu on hankalaa etenkin laajarunkoisissa halleissa, jonka sivumitat ovat pitkiä. Jatkuva sortuma on hallirakenteissa pitkien jänneväliden ja jatkuvien rakenteiden takia hankala ottaa huomioon. Jos esimerkiksi yksi kattoristikko sortuu, niin tällöin viereisten kattoristikoiden kuormanlisäys on melko suuri alkuperäiseen kuormitukseen nähden. Teräслиitoksissa käytetään riskialttiita ratkaisuja ja monesti hitsausliitokset ovat alamittaisia, jotka osittain johtuvat yleispiirteisestä suunnittelusta. [36.]

Tietomallissa olevien puutteiden takia saattaa rakenteiden mitat olla systemaattisesti pielessä. Huolellisesti laaditun tietomallin avulla voidaan välttää mittavirheitä. Tietomallia tulee ylläpitää jatkuvasti, jotta mahdolliset muutokset välittyvät myös malliin. Suunnitelmat tulee olla keskenään ristiriidattomat, jotta mittavirheitä ei pääse syntymään. Tyyppiratkaisuiden käyttäminen vähentää virheen mahdollisuuksia liitoksissa. Uusia monimutkaisia liitostyyppiejä tulee välttää. Liitosten toiminta tulee tuntea ja rakenteiden liitokset tulee mitoittaa suunnitteluohjeiden mukaisesti. Ongelmat nostotilanteissa vältetään kun laaditaan aina rakennekohtaiset nostosuunnitelmat. Rakennekokonaisuuksien hallitseminen auttaa hankalana pidettyjen jäykistyksen ja jatkuvan sortumisen estämisen suunnittelussa. [39.]



Kuva 2 Mittavirheen takia työmaalla hitsaten tehty heikko liitos. [39.]

5 Rakennusprosessin haasteet

5.1 Aikataulu

Hyvin monesti rakennushankkeen haasteet liittyvät aikatauluun. Tilaaja voi päättää aloituspäivämäärästä sekä hankkeen valmistuspäivämäärästä etukäteen, eivätkä päivät välttämättä perustu muuhun kuin tilaajan tai rakennuttajakonsultin päätökseen. Lisäksi suunnittelijaosapuolten kesken koordinoitu projekti aikataulu saattaa puuttua, on

puutteellinen tai on laadittu virheellisesti. Suunnittelun, valmistuksen ja asennuksen aikataulut eivät aina kohtaa. Tästä johtuen rakennustyöt aloitetaan ennen kuin suunnitelmat ovat lopullisesti valmistuneet. Tämä puolestaan tarkoittaa sitä, että suunnitelmia yritetään kiireessä laatia siihen kuntoon, että saadaan projektia eteenpäin. On siis selvää, että valmiiseen rakennushankkeen lopputuotteeseen saattaa tulla virheitä, jotka johtuvat siitä, että suunnittelulla ei ole ollut aikaa huomioida kaikkia rakenteisiin vaikuttavia ilmiöitä tai muuten detajiiikkaa täysin valmiiksi. Lisäksi eri alojen suunnitelmia ei ole keritty yhteensovittamaan kiireellisen aikataulun takia. Työmaa hyvin usein toteuttaa omilla suunnitelmillaan, joita ei suunnittelijalle edes välttämättä ilmoiteta. Työmaa saattaa myös poiketa suunnittelijoiden ohjeista jos nähdään, että työmenetelmistä poikkeamalla voitetaan aikaa. Monesti myös rakennusalan kovan kilpailun vuoksi rakennusliikkeet tarjoavat rakennusurakoita liian alhaisella hinnalla, jolloin yritykset eivät kykene muuten suoriutumaan niistä, kuin lyhentämällä rakennusaikaa. [13; 14; 15; 19; 20.]

Myös Rakennusteollisuuden laatiman verkkohaastattelun mukaan suurin syy laatuongelmiin on liian kireät aikataulut. Yksityiskohdat jäävät ratkaisematta ja kiire suunnittelusta siirretään työmaalle. Aika lopullisesta rakennushankkeen aloituspäätöksestä rakennustöiden alkuun jää lyhyeksi, joten suunnitteluun ennen toteutusta ei jää hirveästi aikaa. Kyselyyn oli vastannut noin tuhat rakennusalan ammattilaista. Kun suunnitteluun ei jää tarpeeksi aikaa, suunnitelmien tarkastaminen saatetaan tehdä rutiininomaisesti. Tällöin myös on vaarana, että suunnitelmiin jää periaatetasolla olevia ratkaisuja tai ratkaisuja toisista projekteista, joita ei ole viimeistelty kyseiseen projektiin sopivaksi. Myös onnettomuustutkintakeskus on todennut, että suunnitelmien kopiointi on ollut osatekijänä onnettomuuteen johtaneessa rakenteen sortumisessa. [16, s. 21.]

5.2 Vastuualueiden jakautuminen ja kommunikointi

5.2.1 Vastuualueiden jakautuminen usealle taholle

Kun mietitään, miten paljon rakennusprosessin läpiviemisessä vaikuttaa erilaisia tahoja, hyvin helposti huomaa sen tuomat haasteet. Luvussa 2 on esitelty eri tahot rakennushankkeen läpiviemiseksi. Näiden kaikkien henkilöiden pyrkimys on luoda turvallista ja terveellistä rakennusta, mutta aina kommunikointi ei toimi täysin saumattomasti. Tähän lisättyä se, että työmaa on jo toteuttamassa rakennusta, ennen kuin suunnitelmia

on edes keritty yhteensovittaa, niin voi olla, että työmaalla joudutaan tekemään pikaisia päätöksiä keskeneräisten suunnitelmien takia.

Tämän lisäksi rakennusprosessia on ohjaamassa loputtomalta tuntuva määrä vaatimuksia ja erilaisia normeja, joita viranomaistaho pyrkii valvomaan. Kommunikoinnin ontuminen vähänkin eri tahojen välillä aiheuttaa haasteita ja myöhemmin ilmeneviä ongelmia prosessissa. [13.]

Alan pirstaleisuus sekä projektiluonteisuus sekä kokonaisnäkömyksen puuttuminen, joka osaltaan johtuu siitä, että vastuualueet jakautuvat niin usealle taholle, aiheuttavat haasteita. Kun on paljon erilaisia toimijoita alalla voi käydä niin, että vastuualueiden rajapinnat hämärtyvät eikä selkeitä vastuualueita ole. Eri toimijoiden suuri määrä voi johtua nykyisistä urakkamalleista [14; 15; 17.]

5.2.2 Vastuualueiden keskittyminen yksittäiselle taholle

Kuten luvussa 6 havainnollistetaan, niin joskus rakennushankkeen vastuualueet keskittyvät liikaa yhdelle henkilölle. Tällöin on vaarassa, että yksi henkilö voi tehdä kustannuspaineiden alla päätöksiä, jotka vaikuttavat lopputuotteen laatuun heikentävästi. Riskinä on tällöin myös se, että yhden henkilön laatimiin suunnitelmiin on tarkistuksen puutteen vuoksi jäänyt puutteita tai yhden henkilön tekemän päätöksen takia jokin osa rakennuksesta toteutetaan virheellisesti. Tämä taas saattaa aiheuttaa yhdessä muiden puutteiden kanssa rakenteen heikkenemistä niin, että vaaratilanteet ovat mahdollisia. [18, s.42.]

5.2.3 Osapuolten välinen kommunikointi

Yksi päätekijä rakentamisen laatuongelmiin on osapuolten välinen heikko kommunikointi. Kun toimijoita on paljon, niin kommunikointi eri toimijoiden välillä tulisi olla mutkatonta ja kaikesta tulisi tiedottaa osapuolten välillä. Kun keskustelu eri toimijoiden välillä ei onnistu niin ongelmakohdat saattavat jäädä selvittämättä ja ongelmien ratkomiin kuluu ylimääräisiä resursseja hankkeen eri vaiheissa. [15.]

Rakennustöiden ketjuttaminen ja pilkkominen on aiheuttanut myös sen, että varsinaisella asennustyön tekijällä ei välttämättä ole keskusteluyhteyttä suunnittelijan kanssa.

Tällöin voi olla, että ongelmakohdissa asentaja ei saa yhteyttä asennettavan rakenteen suunnittelijaan lisätietojen kysymiseen. [33.]

5.3 Ammattitaidon puute

Ammattitaitoisen henkilöstön käyttö projekteissa ontuu. Ammattilaisten oman työn kunnioitus sekä tietynlainen ammattilypeys on hieman kateissa. Henkilöstön asenteissa ja työmoraalissa on selkeitä puutteita. Työ kyllä saadaan nopeasti toteutettua, mutta monesti se tehdään työn laadun kustannuksilla. Pätevyysvaatimuksilla pyritään huolehti-
maan siitä, että suunnittelussa ja toteutuksessa olisi riittävät pätevyysvaatimukset omaava henkilöstö. Pätevyudet eivät kuitenkaan vastaa aina osaamistasoa. [17.]

Rakentamisen kulttuurista on häviämässä niin kutsuttu mestari-kisälli perinteet. Tämä näkyy niin suunnittelu- kuin toteutuspuolella. Rakentamisen projektiluonteisuus osaltaan on lisännyt tämän perinteen häviämiseen.

Tämän lisäksi standardisoituja järjestelmiä ei välttämättä noudateta oikein tai ollenkaan. Standardisoitujen järjestelmiä ei tunneta, mikä saattaa johtua ammattitaidottomuudesta. [15.]

5.4 Resurssipula

Hyvin usein on, että hankkeen osapuolilla ei ole riittävästi resursseja. Rakentamisen hankaloituessa tulisi resursseja lisätä rakentamisen joka osa-alueella. Suunnitelmien laatimiseen on varattu saman verran aikaa ja suunnittelijoita kuin aiemmin, vaikka tutkimusti on osoitettu hankkeiden vaativuustason kasvaneen. Tampereen teknillisen korkeakoulun laatimassa tutkimuksessa (Elementtirakentamisen kipupisteet) on otettu huomioon esimerkiksi rakennuksen nurkkien määrä pohjassa, viistojen nurkkien määrä, teräsrakenteiden määrä ja julkisivutyyppeiden määrä. Lisäksi uudet energiamääräykset, pysäköintitilat kellarikerroksessa sekä yhdistelmärakenteet, joissa käytetään monia eri materiaaleja sekä rakentamistekniikoita, ovat lisänneet rakentamisen vaikeusastetta. Esivalmistuksessa on erilaisia elementtejä ja osakokoonpanoja aiempaa enemmän ja työmaalla erilaisia liikkuvia osia enemmän. Vastaavasti resurssit ovat osittain säilyneet ennallaan, jolloin sama henkilömäärä tekee isomman työn. Tästä seuraa se, että

työhön varattu aika ei riitä, jolloin joudutaan joustamaan suunnitelmien ja toteutuksen laadusta. Resurssipula koskee myös viranomaisia sekä suunnittelun ohjausta. Suunnittelun ohjausta on myös hankala järkevästi järjestää, koska elementtisuunnittelua tekeviä suunnittelutoimistoja on niin paljon. Viranomaisilla ei ole riittävästi aikaa ja resursseja työnaikaiseen valvontaan, jolloin laatu puutteet eivät tule niin helposti ilmi. [15; 17; 21.]

5.5 Suunnittelu

5.5.1 Uudet standardit

Suunnittelussa on siirrytty eurokoodien käyttöön. Tämä aiheuttaa väärinkäsityksiä miten niitä tulisi soveltaa käytäntöön. Uusien standardien astuessa voimaan sekoitetaan ohjeistuksesta huolimatta normijärjestelmiä keskenään. Eli rakenteellisesti yhtenä kokonaisuutena toimivia rakenteita tulee suunnittelussa ja toteutuksessa käyttää ainoastaan yhtä normijärjestelmää. On ollut tapauksia, jossa työmaita on jopa jouduttu keskeyttämään, koska suunnitelmissa on tapahtunut virheitä ja toisaalta rakennustuotteilla ei ole ollut riittävä kelpoisuutta. Esimerkiksi työmaan perustussuunnittelu on laadittu Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisesti ja työmaalla käytetyt tuotteet eurokoodeihin perustuen ja ulkomaisilla kansallisilla liitteillä. [21.]

Toisaalta on tullut ilmi, että eurokoodit ovat uutena järjestelmänä varsinkin vanhemmalle suunnittelijasukupolvelle monimutkaisia. Eurokoodissa on viittauksia useaan eri standardiin ja rakentamismääräyskokoelmaan tottuneet eivät viitsisi opetella käyttämään uutta standardia. Muutenkin eurokoodit ovat rakentamismääräyskokoelman ohjeisiin verrattuna huomattavasti yksityiskohtaisempia. Tärkeintä on ymmärtää, miten rakenne toimii ja rakenteiden muodostamat kokonaisuudet. Tämän lisäksi on erittäin tärkeä ymmärtää suunnitteluohjeiden periaatteet ja filosofia, jotta suunnitelmiin ei tule puutteita virheellisten tulkintojen johdosta. [21; 31; 32; 33.]

5.5.2 Lähtötietojen puutteellisuus ja muutostyöt

Ongelmat rakentamisen prosessissa saattaa johtua lähtötietojen puutteellisuudesta tai liian yleispiirteisestä suunnittelusta rakentamisen hankesuunnittelussa tai suunnitteluvaiheessa. Lähtötietojen puutteellisuus heijastaa koko rakentamiseen - etenkin toimitti-

lasektorilla. Asuntotuotannossa asiat ovat melko hyvin hallinnassa. Puhutaan suunnittelun noidankehästä. Joskus on niin, että tilaaja ei tiedä, mitä käyttäjä haluaa. Ei ole mietitty tarpeeksi tarkkaan tarve- ja hankesuunnitteluvaiheessa rakennukselle asetettuja tarpeita. Tällöin käy helposti niin, että suunnitelmiin tulee muutoksia ja täydennyksiä tarpeiden muuttumisen mukaan. Suunnittelijat eivät saa tällöin riittävän tarkkoja lähtötietoja, riittävän ajoissa. Tästä johtuen suunnitelmat saattavat myöhästyä ja niihin jää kiireessä suunnitelmapuutteita. Työmaa rakentaa samalla kun suunnitellaan ja työmaa joutuu suunnittelemaan itse. Rakennusliike saattaa myös tehdä suunnitelmiin muutoksia ilman suunnittelijoiden hyväksyntää saadakseen kustannuksia alhaisemmaksi. Muutoksista ei tiedoteta osapuolille, jolloin virheet saattava kertaantua esimerkiksi elementtitehtaalla tai esivalmistuksessa. Usein suunnittelijoita syytetään rakennushankkeen virheistä. [19.]

5.5.3 Rakenteiden toiminnan ymmärtäminen ja kokonaisuuksien hallitseminen

Rakenteen toiminnan ymmärtäminen on edellytys hyvälle suunnittelulle. Jos suunnittelija ei ymmärrä rakenteen oikeata toimintaa, saattaa toteutettavan rakenteen kestävyys, kantokyky ja stabiilitteetti olla suunniteltuun rakenteeseen nähden aivan toisenlainen. Sen lisäksi, että suunnittelija ymmärtää yksittäisen rakenteen toiminnan tärkeää on ymmärtää ja hallita rakennekokonaisuuksia. Suunnittelijan tulee ymmärtää eri rakenteiden liittyminen toisiinsa sekä liitoksissa vaikuttavat rasitukset ja ilmiöt. Rakennusfysiikkaaliset ilmiöt tulee huomioida rakenteiden suunnittelussa. Huomioimatta jääneet rasitukset vaikuttavat keskeisesti rakenteen käyttöikään.

Jatkuva sortuma on ilmiönä erittäin tärkeä suunnittelun osa-alue, joka tulee ottaa rakenteita suunniteltaessa huomioon. Tämä on myös onnettomuustilanteissa erittäin suuressa osassa. Jatkuvan sortuman hallitseminen, etenkin teräsrakenteisissa rakennuksissa on haastavaa johtuen rakenteiden pitkistä jänneväleistä ja onnettomuustilanteen kuormien jakautumisesta. Myös betonielementtirakenteissa jatkuvan sortuman huomioiminen on tärkeää. Jatkuvan sortuman tarkastelu on ollut onnettomuuksiin johtaneissa rakenteiden sortumisissa puutteellista ja aiheuttanut rakenteiden laajoja sortumisia. [18.]

5.6 Tuotannon virheet

5.6.1 Virheet esivalmistuksessa

Esivalmistuksen ”virheet” johtuvat laatujärjestelmän puutteista, jolloin työmaalle tulee tuotteita, jotka ovat huonolaatuisia. Tämä näkyy etenkin betonielementtirakentamisessa. Urakoitsijat riitelevät elementtitehtaan kanssa heikkolaatuisista elementeistä tai joskus asennuksen laatu on niin heikkoa, että tilaaja tai esimerkiksi tasoiteurakoitsija hyväksy sitä. Esimerkiksi elementtien saumoja joudutaan sahaamaan työmaalla tai ikkunapenkkejä oikomaan. Elementtien huono laatu aiheuttaa paljon jälkitöitä. Työmaalla joudutaan kehittämään erilaisia kyhäelmiä elementeissä olevien puutteiden takia tai asennusten yhteydessä joudutaan käyttämään hitsaria. [15.]

5.6.2 Puutteellinen toteutus

Tuotannon virheet liittyvät hyvin suuresti aikataulu- sekä kustannuspaineisiin. Tiukkojen aikataulujen alla ei malteta odottaa riittäviä suunnitelmia vaan rakennetaan puutteellisin suunnitelmin. Monesti työmaille on asetettu suuret sakot, jos aikataulut venyvät. Myös työnjohdon bonusjärjestelmät ovat usein aikataulusidonnaiset, jolloin heillä on intressi saada työmaat nopeasti valmiiksi, joskus jopa lopputuotteen laatutasosta tinkimällä. Työmaan ongelmat liittyvät myös sääsuojauksiin sekä paloturvallisuuteen. Rakenteiden ei anneta riittävästi kuivua. Lisäksi työmaahenkilöstön laatukäsitykset vaihtelevat.[20.]

5.7 Puutteellinen rakennusvalvonta

Puutteellinen valvonta on yleensä seurausta tiukasta aikataulusta sekä resurssipulasta. Rakennusvalvontaviranomaisilla ei ole välttämättä riittävästi aikaa valvontaan. Voi olla, että käydään tekemässä ainoastaan määräysten mukaiset katselmukset, jolloin muu rakentamisen aikainen valvonta jää vajavaiseksi. Tämän lisäksi valvontaviranomaiset tarkastavat lähinnä pistokoeluontoisesti suunnitelmia. Suunnitelmien tarkastamisessa tarkistetaan lähinnä se, että suunnitteluperiaatteet ja rakennemallit ovat oikein. Lisäksi voi olla, että tarkistusta vaativat rakenteet ovat jääneet piiloon, esimerkiksi pintarakenteiden taakse. Puutteellisen rakennusvalvonnan seurauksena saattaa rakenteisiin jäädä laatua heikentäviä, etenkin toteutusvaiheessa syntyviä, virheitä. Rakennusvalvon-

nan puutteet saattavat johtua myös kokemattomuudesta hankkeen laajuuteen tai haastavuuteen nähden.

5.8 Rakenteiden kehittäminen

Suomen Kuvalehden (SK 10/2015) mukaan ihmisen perusluonteeseen kuuluu halu luoda uutta, se on ihmisenä olemisen tunnusmerkki. Tätä inhimillistä piirrettä myös rakennusprosessin eri osapuolet, arkkitehdit, usein rakennuttajat, eri suunnittelijat ja myös rakennushankkeen toteuttajat pyrkivät omalla tahollaan toteuttamaan. Arkkitehdit eivät halua rakennuksia, joita on rakennettu viimeisen sadan vuoden aikana lukemattomia määriä, suunnittelijat haluavat ja joutuvat kehittämään uusia rakenteita ja rakennuksen toteuttajat työtä helpottavia ratkaisuja. Uusia ideoita lanseerataan markkinoille koko ajan ja aina ne eivät ole toimivia. Kun tehdään uutta, saattaa syntyä myös vikoja, pieniä virheitä, eli joskus ongelmien synnyn syy on pohjimmiltaan tässä ajatusmaailmassa. Ammatti-ihmisen tulee kuitenkin pystyä toteamaan, miksi virhe on sattunut ja otettava siitä opiksi. [13.]

Prosessien ja tuotteiden kehittäminen saattaa myös helposti unohtua. Etenkin valmistus- ja rakentamisessa saatetaan helposti ajatella, että ”tällaista se on aina ollut”. On kuitenkin syytä huomata, että rakentamisen hankaloituessa ja rakennusten muuttuessa monimuotoisemmaksi täytyisi prosessia kehittää koko ajan rakentamisen mukana. Kehitysprojekteihin voi olla yleisen asenteen ja toimintakulttuurin takia hankala löytää kehityskumppaneita. [15.]

6 Tutkintaselostus (Y2013-01), ratsastusmaneesin sortuminen

Luvussa käsitellään tapahtumia ja virheitä ratsastusmaneesin rakennushankkeen prosessissa, jotka johtivat rakenteiden sortumiseen. Luvussa käsitellään, mitkä olivat selkeimmät puutteet rakennushankkeen eri vaiheissa ja millä tavalla ne olisi voitu välttää. Esimerkin avulla pyritään konkreettisesti osoittamaan, mitä virheitä rakennushankkeen aikana voi tapahtua. Tämän lisäksi pyritään osoittamaan, että onnettomuuteen johtaneet rakenteiden sortumat vaativat yleensä useita virheellisiä tapahtumia. Esimerkin kautta pyritään myös miettimään keinoja rakennushankkeen prosessin parantamiseksi. Luvussa on käsitelty ainoastaan yhtä onnettomuuteen johtanutta rakenteen sortumista,

mutta onnettomuustutkintakeskuksen laatimat tutkimukset osoittavat, että samat ongelmat toistuvat samankaltaisissa hankkeissa.



Kuva 3 Laukaan sortunut maneesi [18.]

Tapausta käsiteltäessä on huomioitava, että 1990-luvun puolella rakennushankkeen puutteellinen organisoituminen oli mahdollista kun rakennuslupaan liittyvät vaatimukset olivat nykyistä kehittymättömämmät. Nykyiset pätevyysvaatimukset pyrkivät rajoittamaan muun muassa puutteellisten organisaatioiden syntymisen, mutta eivät ne välttämättä estä sitä kokonaan. Rakennusvalvonnan resurssit ja osaaminen vaihtelee edelleen suuresti kunnittain. Valvontakäytännöt, etenkin pienissä kunnissa, saattavat vaihdella resurssien rajallisuuden takia. Lisäksi pienten kuntien rakennusvalvonnassa saattaa olla kokemusta ainoastaan pienten hankkeiden valvonnasta, jolloin isompien hankkeiden valvonta saattaa olla rajallista.

6.1 Onnettomuuden osapuolet

Rakennuksen rakennuttajana, arkkitehtisuunnittelijana sekä pääsuunnittelijana toimi sama henkilö, rakennuksen omistaja. Hän toimi myös rakennushankkeen vastaavana työnjohtajana. Teräsrunko tilattiin tuoteosakauppana, johon kuului rungon rakenteellinen suunnittelu, konepajatoteutus sekä toimitus työmaalle. Rakennuttaja vastasi asenuksesta. Suunnittelun teki yksityinen suunnitteluyrittäjä. Suunnittelijalla ja konepajalla

ei ollut tiettävästi aiempaa kokemusta toisistaan. Rakennuksen ylläpidosta huolehti rakennuttaja. Rakennusvalvonta edellytti rakennusluvassa piirustukset kantavista rakenteista ja perustuksista.

Voidaan todeta, että tällainen menettely, jossa yhdelle henkilölle kasautuu paljon vastuuta ja veloituksia on riskialtista. Esimerkiksi, kun yksi henkilö pääsee tekemään päätöksiä, on helppo kustannuspaineiden alaisena poiketa hyvästä rakentamistavasta. Lisäksi omille virheille ja päätöksille saattaa ”tulla sokeaksi”. Pienen toteutusorganisaation takia yhden henkilön toimesta aiheutuneet riskit saattavat jäädä rakenteisiin.

Runkotoimitukseen sisältyvät suunnitelmat olivat puutteelliset, johtuen väärinkäsityksestä kahden suunnitelman laatijan välillä [18, s.24–25].

6.2 Onnettomuuden aikaiset säädökset

Rakentamisaikaiset määräykset ja ohjeet ovat olleet sillä tasolla, ettei kaikkia nykyään tunnettuja toimenpiteitä tai tehtäviä rakennushankkeessa ole vaadittu. Esimerkiksi rakennuslaki ei tuntenut termiä pääsuunnittelija, eikä suunnitelmien yhteensovittamisesta ollut säädöksiä. Tässä projektissa pääsuunnittelijaksi kuitenkin nimettiin rakennushankkeeseen ryhtyvä, jolla oli myös muita, luvussa 6.1 mainittuja tehtäviä. Myöskään vastaavan rakennesuunnittelijan nimeämistä ei vaadittu.

Maankäyttö- ja rakennuslaki ohjeistaa, että rakennus on pidettävä sellaisessa kunnossa, että se täyttää terveellisyden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset. Lisäksi pelastuslain mukaan rakennuksen omistajan on ehkäistävä muun muassa vaaratilanteiden syntymistä. [18, s.28.]

6.3 Materiaalit

Sortuneista rakenteista, pulteista, runkorakenteista sekä teräs- ja hitsiliitoksista otettiin näytteitä ja todettiin niiden olevan tarkoituksenmukaisia ja ne täyttivät laatuvaatimukset. Hitsausliitokset olivat suunnitelmista poikkeavat ja osin puutteelliset. Suunnittelijan suunnitelmista oli poikettu ilman, että suunnitelmat olisivat antaneet luvan sille. Osa hitsauksista oli niin huonolaatuista, että se vaikutti hitsien kestävyysolosuhteisiin.

Myös hitsien railomuodot eivät pääsääntöisesti olleet tarkoituksenmukaisia.[18, s.29–31.]

6.4 Rakenteiden suunnittelu

Rakenteiden suunnittelu perustui tuolloin vuonna 1992 Suomen Rakentamismääräyskokoelmaan ja sen ohjeistukseen rajatilamenettelystä. Tutkintalautakunta teetätti analyysin rakenteiden kestävydestä ja siinä todettiin, että teräsrakenteiden mitoitus oli tehty puutteellisesti tai väärin. Siinä todettiin muun muassa, että useiden sauvojen rasi-
tukset olivat kapasiteetteihin nähden moninkertaisia ja teräsrakenteiden sauvojen hoikkuudet olivat liian suuria. Myös peruspulttien kapasiteetit ylittyivät lähes 2,5-kertaisesti. Todettiin myös puristettujen rakenneosien stabiliteetin sekä kokonaisjäykistyksen suunnittelussa puutteita. Myöskään jatkuvan sortuman huomioon ottamisesta ei ollut mitään näyttöä rakenteita suunniteltaessa. Suunnitelmapuutteet johtuivat osittain kahden suunnittelijan välisestä inhimillisestä väärinkäsityksestä, jolloin rakenteiden kokonaisvarmuus oli suunnitteluohjeisiin nähden liian pieni. [18, s.31–33]

6.5 Teräsrakenteiden esivalmistus

Rungon valmisti alihankintana metallialan yritys, jolla oli aikaisemmin hitsausta vaativia työtehtäviä. Kuitenkaan konepajalla ei ollut käytänteitä tai ennalta tehtyjä hitsaussuunnitelmia tämän tyyppisten rakenteiden hitsaustyöhön. Työt suoritettiin ilman valmistussuunnitelmia. Suunnitelmissa oli puutteita hitsien koon ja laadun suhteen. Osa hitsausliitoksista oli mahdoton toteuttaa. Näistä syistä osasta hitsausliitoksista tuli heikkoja ja hauraita. Tämä osaltaan mahdollisti hauraan ja nopean murtotavan. Pintakäsittely oli olosuhteisiin nähden kevyt, joten rakenteiden pinnalle kertyi rakenteita heikentävää ruostetta. Esivalmistusprosessissa oli huomattavia puutteita.[18, s.36.]

6.6 Rakennuksen toteutusvaihe

Perustussuunnitelmien olemassaolosta ei ole näyttöä, eikä sitä vaadittu esitettäväksi loppukatselmuksessa. Näin kuitenkin rakennuslupaa hakiessa oli kirjallisesti vaadittu. Vesikaton jäykistämiseen tarkoitettuja jäykistäviä vaijereita ei missään vaiheessa asennettu. Sitä vastoin suunnitelmista poiketen rakennuksen päätyjen suuntaiset vaije-

rit oli asennettu. Rakennuksesta puuttui siis pituussuuntainen jäykistysjärjestelmä. Rakennuksen keskeisiä rakennusosia toteutettiin ilman kunnollisia suunnitelmia. Lisäksi suunnitelmiin tehtiin poikkeuksia ilman vastuullisen suunnittelijan suostumusta. Rakennusvalvonnan loppukatselmuksessa ei otettu kantaa näihin selkeästi näkyviin puutteisiin ja muutoksiin.

Toteutusvaiheen valvonta oli puutteellista ja päävastuun jakautuminen yhdelle henkilölle aiheutti sen, että toteutuksen aikana niin monessa kohtaa poikettiin suunnitelmista. Puutteellinen rakennusvalvonta näkyi esimerkiksi siten, että vaadittavia toteutusvaiheen suunnitelmia rakennuksen perustuksista ei ikinä tarvinnut esittää. Rakennusvalvonnan puutteet näkyivät myös siitä, että suunnitelmapuutteisiin sekä toteutuksen tekemisiin suunnitelmamuutoksiin ei koskaan puututtu. Tämän lisäksi merkittäviä työsuorituksia suoritettiin ilman kriittistä valvontaa. [18, s.36.]

6.7 Rakennuksen käyttö

Rakennuksen omistaja poisti rakennuksen katolta lunta, koska tiesi orsien taipuvan pienenkin lumikuorman alaisena, kuitenkin talvella 2012–2013 lumen poisto keskeytyi ja lumikuorma kasvoi tavallista suuremmaksi. Kondenssivedestä aiheutunut jään kertyminen vaurioituneeseen liitokseen on saattanut olla lisätekijä sortumassa, mutta todistettavaa näyttöä sille ei kuitenkaan ole.

Vaikka lumikuormat eivät missään vaiheessa ylittäneet normien vaatimusten tasoa, niin rakennuksen omistaja tiesi orsien taipuvan jo pienestä lumikuormasta. Tällöin lumien poistoa ei olisi saanut lopettaa. Myös lumikuorman aiheuttamia taipumia ei olisi saanut jättää huomiotta. [18, s.37.]

6.8 Onnettomuuden syyt

Onnettomuuden välitön syy oli kolminivelkehän niin sanotun kainaloliitoksen pettäminen, joka johti nopeaan ja jatkuvaan sortumaan. Rakenteet oli selkeästi alimitoitettuja sekä huonosti toteutettuja. Tämä johtui suunnittelun ja esivalmistuksen virheistä sekä virheistä rakennustyössä. Tämä hanke olisi vaatinut parempia laadunvarmistustoimenpiteitä sekä parempaa hankkeen kokonaishallintaa. Työsuoritusten vastualueet olivat

epäselviä, eikä yleinen laadunhallinta missään hankkeen vaiheessa ollut kunnossa. Hyvää suunnittelua ja rakentamista varmistavia menettelyjä ei ollut, eikä rakennusvalvonta ollut toimivaa. Taulukossa 1 on kootusti esitetty onnettomuuden keskeisimmät syyt. Siinä on myös kuvattu keinoja, jolla ongelmat olisi mahdollisesti voitu välttää.[18, s.41–42]

Taulukko 1. Tutkintaselostuksessa (Y2013-01) esitetyn ratsastusmaneesin onnettomuuteen vaikuttavia tekijöitä ja keinoja niiden estämiseksi

Onnettomuuteen vaikuttavat tekijät	Keinot ongelmien välttämiseksi
Rakennushankkeen puutteellinen organisointuminen, vastuualueiden keskittyminen	> Vastuullisia tehtäviä olisi pitänyt jakaa, rakennusvalvonnan kunnollinen toteutuminen
Inhimillinen väärinkäsitys kahden suunnittelijan välillä > Rakenteiden alimitoitus (Rakenteiden toiminnasta ei ollut kokonaiskäsitystä) suunnitelmapuutteet (rungon jäykistys, perustussuunnitelmat, työselosteet)	> Suunnittelijoiden pätevyyksien valvonta > Ammattitaitoisten suunnittelijoiden käyttö > Suunnitelmien tarkistaminen > Suunnitelmien kolmannen osapuolen tarkistus > Rakennusvalvontaviranomaisen olisi pitänyt vaatia puuttuvat suunnitelmat esitettäväksi. > Toteuttajan olisi pitänyt teettää perustussuunnitelmat ja vaatia suunnitelmapuutteisiin selvitykset
puutteellinen laadunvarmistus esivalmistuksessa	> Laadunvarmistusmenetelmät rungon toimittajalle,
puutteellinen toteutus	> Vastuualueiden jakaminen > Laadunvarmistusmenetelmät toteutusorganisaatiolle > Rakentamisen lähtökohdat kuntoon (suunnitelmat valmiiksi ennen toteutusta) > Suunnitelmiin ei olisi pitänyt tehdä muutoksia ilman vastuullisen suunnittelijan lupaa

Puutteellinen rakennusvalvonta	> Rakennusvalvonnan resurssien varmistaminen > Dokumenttien vaatiminen ->(esimerkiksi rakennustoiminnan jäädyttäminen, jos vaadittuja dokumentteja ei saada
Huollon laiminlyönnit käytön aikana	> Rakenteiden vahvistus, koska tiedettiin pienenkin lumikuorman aiheuttavan rakenteiden taipumaa > Lumen pudotus ei olisi saanut keskeytyä > Rakenteiden korroosio ja vaurioituneet liitokset olisivat olleet havaittavissa huoltotöiden yhteydessä.

Tutkintaselostuksesta ilmenee hyvin se, että rakenteiden sortuminen yleensä vaatii useita puutteellisia tapahtumia tai asioita vaikuttamaan samaa aikaan. Tässä projektissa käytännössä koko prosessi oli epäonnistunut. Prosessin ongelmat lähtevät vastuuhenkilöiden nimeämisestä. Vastuualueet keskittyivät suuresti yhdelle taholle ja vastuuhenkilöiden pätevyys tehtäviinsä oli puutteellista. Vastuuasemassa ollut henkilö pystyi vaikuttamaan suuresti toteutustapaan ja rakennus toteutettiin puutteellisin suunnitelmin ja suunnitelmista poiketen. Tämän lisäksi laadunvarmistusmenetelmät prosessin jokaisessa vaiheessa olivat puutteelliset. Suunnittelijoiden kesken tapahtunut väärinymmärrys rakenteiden mitoituksessa ja huollon laiminlyönnit sekä prosessin muut ongelmat aiheuttivat rakenteen sortumisen.

7 Laadunvarmistustoimenpiteet ja tarkastusmenetelmät

Toimivien laadunvarmistusmenetelmien avulla rakentamisen laatu paranisi. Laadunvarmistusmenetelmien avulla puutteet suunnittelussa, esivalmistuksessa ja toteutuksessa vähenivät huomattavasti. Luvussa 7 on esitelty tavallisimmat rakennushankkeen eri osapuolten laadunvarmistusmenetelmät.

7.1 Rakennushankkeen normaali laadunvarmistus

Normaali laadunvarmistus pitää sisällään toimenpiteitä, jotka osaltaan liittyvät yrityksen sisäiseen laadunvarmistukseen. Hankkeesta ja sen sisältämistä tehtävistä laaditaan yleensä alustava riskiarvio. Alustavassa riskiarviossa kuvataan hankkeen yleistiedot,

mahdolliset vahinkojen seuraamukset (seuraamusluokka) sekä hankkeen vaativuus. Hankkeen vaativuuteen vaikuttavat vaativat suunnittelu- tai toteutustehtävät, sekä vaativat kuormitustekijät. Hankkeen vaativuus voi myös määräytyä hankkeen organisaation tai tiedonhallinnan kannalta.[22; 23.]

Normaalimenettelyyn kuuluu huolehtia, että pätevyudet ja hankekohtaiset kelpoisuudet ovat riittävät. Ympäristöministeriö asettaa vaatimukset henkilöiden pätevyyksistä ja kelpoisuusvaatimuksista. Normaalimenettelyssä huolehditaan myös, että vastaava rakennesuunnittelija on nimetty. Määräysten asettamista tehtävistä on kerrottu aiemmin, luvussa 2.2.6. Valvontaviranomainen pitää huolen siitä, että rakennesuunnitelmat ovat riittävän kattavat tehtävän luonteeseen verrattuna. Urakoitsijoilla ja tuotevalmistajilla on oltava omat laadunvarmistusmenettelyt. [2; 22; 24.]

Rakennesuunnittelijoilla on oma sisäinen laadunvarmistusjärjestelmä, joka pitää sisällään dokumentoitavien asiakirjojen tarkastuksen. Hankkeen alussa sovitaan, yhdessä rakennusvalvontaviranomaisen kanssa suunnitelmien ja asiakirjojen tarkastusmenettelyistä. Suunnittelijoiden laadunvarmistusjärjestelmästä kerrotaan tarkemmin luvussa 6.3.

Rakennuksen ja rakenteiden tärkeimmät kohdat on tunnistettu. Rakennesuunnittelijan vaaditaan osallistuvan tärkeimpien työvaiheiden tarkastuksiin. Tarkastukset voivat liittyä esimerkiksi liitosten toteuttamiseen tai betonirakenteiden raudoituksiin.

Viranomaistarkastukset ja Rakentamismääräyskokoelman osassa A1 mainitut laadunvarmistustoimenpiteet suoritetaan asianmukaisesti. [22, s.11.]

7.2 Erityismenettely rakennushankkeessa

Rakentamismääräyskokoelman osan A1 mukaan rakennushankkeessa toteutetaan erityismenettelyä, kun rakennuksen suunnittelussa, rakentamisessa tai käytössä tapahtuvasta virheestä voi seurata suuronnettomuuden vaara. Rakennusvalvontaviranomainen päättää rakennusluvassa, aloituskokouksessa tai jostakin erityisestä syystä rakennushankkeen aikana tarvittavasta erityismenettelystä ja sen laajuudesta hankkeessa. Erityismenettelyä voidaan soveltaa myös tiettyyn rakennushankkeen osaan, jos sen katsotaan esimerkiksi vaativan erityisen huolellista suunnittelua tai toteutusta. Erityis-

menettelyn toimenpiteitä voi vaatia myös hankkeen tilaaja tai hankkeeseen investoineet tahot. Tällöin tavoitteena on pienentää sijoituksen riskitekijöitä takaamalla rakennuksen tekninen ja taloudellinen toiminta. [25, s. 5.]

Erityismenettelyä sovelletaan aina erittäin vaativissa hankkeissa, joita ovat esimerkiksi Rakentamismääräyskokoelmassa A2, vaativuusluokkaan AA tai rakenneluokkaan 1 kuuluvat rakennukset. Jos hankkeet sisältävät vaikeita riskeille altistavia olosuhteita, toteutusmenetelmiä tai rakentamisolosuhteet ovat muuten vaikeat, sovelletaan silloin erityismenettelyä. Erityismenettelyä käytetään myös silloin, kun todetaan työkokonaisuuden vaativan erityisosaamista tai hanke sisältää rakennusvirheiden kannalta riskillisiä työvaiheita. Erityisosaamista vaativia tehtäviä, joissa sovelletaan erityismenettelyä, ovat esimerkiksi vaativat perustustyöt vaikeissa olosuhteissa, kantavien rakenteiden vaativat asennus- ja liittorakennetyöt sekä työmaalla valmistettavat jännitetyt betonirakenteet.[22, s.13.]

Erityismenettelyn tarvetta arvioitaessa tutkitaan seuraamusluokka sekä vaativuusluokka. Näiden perusteella arvioidaan rakennuksen riskitasoluokka. Riskitasoluokan määrittämisen avulla helpotetaan erityismenettelyn tarpeen arviointia. Seuraamusluokassa otetaan huomioon henkilövahingot, ympäristövahingot ja taloudelliset vahingot. Ympäristövahingolla tarkoitetaan esimerkiksi rakenteen sortumisesta ympäristölle aiheuttavaa haittaa, joka välillisesti aiheuttaa vahinkoa myös ihmiselle. Vaativuusluokassa otetaan huomioon suunnittelun ja toteutuksen kannalta vaativat rakenteet ja suunnittelun kannalta normaalista poikkeavat staattiset tai dynaamiset kuormitustilanteet. Tämän lisäksi vaativuusluokkaa määrittäessä otetaan huomioon hankkeen vaativuus käytön, huollon tai rakennuksen ympäristö- tai käyttöolosuhteen mukaan.[22, s.20–26.]

Kuvassa 4 on esitetty riskitasoluokan määrittely. Riskitasoluokan mukaan voidaan helposti arvioida erityismenettelyn tarvetta. Riskitasoluokka määräytyy hankkeen vaativuusluokan ja seuraamusluokan perusteella. Jos riskitasoluokasta saadaan 3, vaaditaan erityismenettely. Riskitasoluokan ollessa 2, sovelletaan erityismenettelyä valikoidusti ja riskitasoluokan ollessa 1 hanke ei kuulu erityismenettelyn piiriin.

Hankkeen vaativuus (<u>vaativuusluokka</u>):	Vahingon seuraamus (<u>seuraamusluokka</u>):		
	Suuri (3)	Keskisuuri (2)	Vähäinen(1)
Suuri (3)	③	③	②
Keskisuuri (2)	③	②	1
Vähäinen (1)	②	1	1



= erityismenettely



= erityismenettelyä valikoidusti

Kuva 4 Erityismenettelyn tarpeen arviointi [22.]

Erityismenettelyn toteutumisen tärkeimpiä tehtäviä hankkeessa ovat rakennesuunnitelmien ulkopuolinen tarkistus, rakenteiden työmaatoteutuksen ulkopuolinen tarkistus, tehostettu tiedonkulku ja rakennesuunnitteluresurssien varmistaminen. Erityisen tärkeää on, että hankkeen osapuolet ymmärtävät hankkeen vaatimukset ja vaativuustason. Hankkeen osapuolille on osoitettu erilaisia tehtäviä hankkeen eri vaiheissa. Tehtäviä on kuvattu tarkemmin kuvassa 5. [22, s.16.]

Mainittakoon esimerkiksi, että suunnittelutyön toteutuksen aikana dokumentoitavia asioita ovat poikkeamat, toimeksiannon muutokset ja lisäykset eli lisä- ja muutostyöt sekä suullinen informaatio, jolla voi olla vaikutusta toimeksiantoon. Poikkeamia voi olla esimerkiksi poikkeamat suunnitelmista ja suunnitelmien parannusehdotelmat. Valvontavaiheessa suunnittelutyön laatija, tarkistaja ja hyväksyjä allekirjoittavat ja tarkastaa suunnitelmat.[27]

7.4 Esivalmistuksen laadunvarmistus/ CE-merkintä

Euroopan markkinoilla oleville rakennustuotteille vaaditaan CE-merkintä. CE-merkinnällä rakennustuotteen valmistaja osoittaa, että tuotteen ominaisuudet ovat eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin (hEN) tai eurooppalaisen teknisen arvioinnin (ETA) mukainen. CE-merkintä tuli pakolliseksi heinäkuussa 2013. CE-merkinnän lisäksi tuotteelta tulee löytyä suoritustasoilmoitus. CE-merkinnän ja suoritustasoilmoitusten avulla suunnittelijat ja tuotteen käyttäjät voivat vertailla eri tuotteita helposti keskenään. Vaikka rakennustuotteet ovat CE-merkittyjä, tulee myös aina tarkastaa vastaako tuotteelle merkinnässä ilmoitetut ominaisuudet kansallisia vaatimustasoja. [28.]

CE-merkityn tuotteen valvonta muodostuu tuotteen suoritustason pysyvyyden arvioinnista ja varmentamisesta. Tuotteen valmistaja, maahantuojaja sekä tuotesertifiointilaitos vastaavat suoritustason arvioinnista ja varmentamisesta. Tämän lisäksi markkinavalvontaa tekee Suomessa Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). Lisäksi kilpailijat ja kuluttajat voivat osaltaan ilmoittaa vaatimusten vastaisista tuotteista markkinavalvontavirastolle.[28.]

CE-merkintä lisää rakennustuotteiden laatua, koska CE-merkityillä tuotteilla täytyy olla toimiva laadunvarmistusjärjestelmä. Tämä vähentää virheellisten rakennustuotteiden käyttöä rakennustöissä, joka toisaalta vähentää rakennustuotteiden valmistuksessa tapahtuvien virheiden aiheuttamia ongelmia rakenteissa ja rakennuksissa. CE-merkinnän avulla rakennusprosessia on saatu selkeämmäksi. [28.]

7.5 Toteutuksen aikainen laadunvarmistus

Toteutuksen kannalta tärkeimmät viranomaisten edellyttämät laadunvarmistustoimenpiteet ovat aloituskokous, rakennustyön tarkastusasiakirja sekä laadunvarmistusselvitys. Aloituskokouksen tavoitteena on varmistaa ja täsmentää rakennushankkeeseen ryhtyvän huolehtimisvelvollisuus. Hankkeeseen ryhtyvän huolehtimisvelvollisuuteen kuuluu seurata koko hankkeen ajan, että vastuulliset henkilöt tekevät heille määrätyt tehtävät. Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää rakennustyön aikaista tarkastusasiakirjaa. Tarkastusasiakirjaan on tehtävä merkinnät katselmuksista ja viranomaisten toimittamista tarkastuksista. Sen tehtävänä on helpottaa rakentamisen valvontakäytäntöä sekä yhteistä asioiden kirjaamista. Tarkastusasiakirjaan sisällytetään sellaiset asiat, joiden perusteella varmistetaan, että rakennustyö on tehty määräysten ja hyvän rakentamistavan mukaisesti. Laadunvarmistusselvitys on valvontaviranomaisen vaatima erityismenettely, joka tarvitaan, kun epäillään rakentamisen laatutason poikkeavan määräyksistä tai säännöksistä. Laadunvarmistusselvitykseen kirjataan sellaiset toimet, jolla rakennushankkeeseen ryhtyvä osoittaa varmistavansa rakentamisen saavuttavan hyvän rakennustavan täyttävän lopputuloksen.

Rakennuttajan pääasiallisena laadunvarmistustoimenpiteenä on työmaavalvonta. Tämän lisäksi rakennuttaja valvoo suunnittelun toteutumista. Työmaavalvontaa suorittaa rakennuttajan palkkaama valvoja, viranomaiset, urakoitsijat, suunnittelijat ja mahdollisesti erikoisvalvojat. Työmaavalvonnan tavoitteena on urakoitsijan tekemän rakennustyön sopimuksen mukaisuuden osoittaminen ja toisaalta virheiden ja ongelmien ennaltaehkäiseminen. Rakennuttajalla on myötävaikutusvelvollisuus ja rakennuttajan tärkein velvollisuus laadun näkökulmasta on suunnitelma-asiakirjojen toimittaminen aikataulun mukaisesti urakoitsijan käyttöön. Rakennuttaja laatii omaa toimintaansa palvelevan laatusuunnitelman.

Urakoitsijan laadunvarmistustoimenpiteet koskevat työmaata tai yksittäistä tehtävää. Urakoitsijan on vaadittaessa esitettävä kirjallisesti laadunvarmistuksensa laatusuunnitelmalla. Laadunvalvontaa suoritetaan erilaisin mittauksin, katselmuksin ja tarkastuksin. Rakennusurakan yleiset sopimukset antavat laadunvarmistuksesta velvoittavia määräyksiä, jotka liittyvät erilaisiin tarkastuksiin ja toimenpiteisiin laatupoikkeamissa. [29, s.445–448.]

7.6 Rakenteiden tarkastusmenettely

Rakennusinsinöörien Liitto Ry (RIL) on laatinut onnettomuustukintakeskuksen raporttien pohjalta ohjeistusluonnoksen, jonka voi ladata esimerkiksi Rakennusinsinööriliiton nettisivuilta. Ohjeistus on laadittu olemassa olevien rakennusten kantavien rakenteiden tarkastusmenettelyä varten. Ohjeistus tarjoaa systemaattisen työkalun rakenteiden tarkastuksia varten. Ohjeen päätarkoitus on varmistaa kantavien rakenteiden tekninen toiminta. Tarkastusten avulla pyritään ehkäisemään onnettomuuksiin johtavia ja vaarantilanteita aiheuttavia rakenteiden sortumisia. [30.]

8 Keinot ongelmien välttämiseksi

8.1 Resurssit ja aikataulu

Suunnittelun tarpeet tulee resursoida tarkasti, jotta osataan varata riittävä määrä suunnittelijoita laatimaan rakennesuunnitelmia. Suunnitteluun tulee myös varata ja vaatia riittävästi aikaa, jotta suunnitelmat saadaan riittävällä tarkkuudella laadittua. Suunnitelmien yhteensovittamiselle ja tarkistamiselle tulee varata riittävästi aikaa. Aikataulun laadinnassa tulee ottaa huomioon käytettävissä olevat resurssit. Tarvittaessa aikataulua päivitetään vastaamaan käytettävissä olevia resursseja. Aikataulua voidaan myös tarkentaa esimerkiksi muutostöiden tai puutteellisten lähtötietojen takia. Kun aikataulu ja resurssit ovat riittävät, parantaa se huomattavasti suunnitelmien laatutasoa. [33.]

Resurssien määrittämisellä ja aikataulutuksella pyritään siihen, että suunnittelijoilla on riittävästi aikaa tehdä laadukkaita suunnitelmia. Aikataulutuksella varmistetaan se, että suunnitelmat ovat valmiita kun tuotanto tarvitsee niitä.

8.2 Koulutus

Koulutuksen lisääminen henkilöstölle lisää ammattitaitoa ja vähentäisi virheitä hankkeen jokaisessa vaiheessa. Työnjohtajien ja suunnittelijoiden sekä viranomaisten osallistuminen koulutuksiin, jossa he voisivat perehtyä rakentamisen toteutukseen liittyviin asioihin, lisää osapuolten osaamista ja ammattitaitoa. Tämän lisäksi kouluttautumisen mahdollistaminen suunnittelutoimistoissa lisää uusien järjestelmien ja etenkin uusien

hankalana pidettyjen standardien hallintaa. Koulutusta on myös toivottu rakennusvalvontaviranomaisille [21.]

Suunnitteluhenkilöstön koulutus mallinnusjärjestelmien ja laskentaohjelmien käyttöön vähentäisi virheitä tietomallien laadinnassa sekä virheellisten rakennemallien käyttöä. Lisäksi laskentaohjelmien ja tietomallien koulutuksilla saataisiin parempi hyöty irti laskentaohjelmista. Suunnittelijat pystyisivät tarkistamaan laskelmiaan vertailemalla käsin laskemalla saatuja tuloksia tietokoneohjelmien avulla saatuihin arvoihin.

Tämän lisäksi suunnittelijoiden kouluttaminen työn ohessa on tärkeää, koska kouluissa ei pystytä opettamaan kuin perustiedot kaikesta. Vastavalmistuneiden insinöörien ja diplomi-insinöörien mekaniikan osaaminen on keskimääräistä heikompaa kuin ennen. Vaatimukset rakennesuunnittelussa kasvavat, mutta koulutuksen taso on ollut toinen. Rakentamisen vaativuus on kasvanut ja osittain tästä syystä uusien aihealueiden määrä lisääntynyt. Esimerkiksi tietomallintamisen osaaminen on korostunut ja rakennusfyysiikan osaamisen tarpeet ovat kasvaneet. Tällöin rakennesuunnittelijoiden koulutuksesta on joutunut mekaniikan opettamista vähentämään ja tämän osaamisen taso on laskenut. [34.]

8.3 Tietomallien käyttö

Tietomallien käyttö suunnittelussa ja toteutuksessa helpottavat projektin hallintaa. Ne parantavat hankkeen ohjattavuutta ja virheet ovat helpommin havaittavissa kun tietomallit ovat laadittu huolellisesti. Tietomallin avulla pystytään parantamaan hankkeen laatua ja tuottavuutta sen jokaisessa vaiheessa. Kun tietomallit on laadittu järkevästi ja oikea-aikaisesti, saavat suunnittelijat mitoitettua rakenteet helposti. Suunnittelijat pystyvät myös tarkistamaan eri suunnitelmien yhteensopivuuden vaivattomasti. Tietomallien avulla suunnittelijat saavat erilaisia piirustuksia nopeasti. Hankkeiden hankaloituessa mittamaailman hallinta tietomallin avulla helpottuu ja työmaalla tehtävät muutokset elementteihin ja teräsrakenteisiin vähenevät. Esituotantoa varten tietomallipohjaisesta suunnittelusta on suuri hyöty. Tietomalliin voidaan mallintaa kaikki liitokset ja raudoitukset sekä valmisosat, jolloin elementti ja osakokoonpanopiirustukset saadaan tarkasti laadittua. Tuotanto voi tehdä tietomallin avulla määrälaskentaa ja työmaasuunnittelua. Yleensä tietomalleista saadaan erilaista informaatiota vaivattomasti, jota suunnittelijat

ja esituotanto ja toteutus voi hyödyntää. BIM-sovelluksien käyttöön pitäisi saada selkeät työkalut ja ohjeet. Mallinnusjärjestelmät tulisi laatia yhtenäisiksi.[19.]

8.4 Yhtenäiset toimintamallit

Parma Oy on laatinut tutkimuksen, jossa tutkittiin suunnittelutoimistojen tuotantopiirustusten laatutasoa. Tutkimuksessa todettiin, että piirustukset sisälsivät selkeitä puutteita. Sen lisäksi tutkimuksessa todettiin, että saman suunnittelutoimiston toimittamien piirustusten taso vaihteli selkeästi. Voidaan todeta, että suunnittelutoimistot tarvitsevat selkeät ja yhtenäiset toimintamallit, jotta erot suunnitelmien välillä häviävät. Toisaalta suunnittelutoimistot tarvitsivat yhtenäisen ohjeistuksen esimerkiksi betonielementtien suunnittelua varten, jotta suunnitelmat olisivat laadukkaita ja niissä olisi elementtitehtaan tarvitsemat tiedot. Elementtitehtaan ja suunnittelutoimiston tulee sopia suunnitelmien laajuudesta ja laadusta aina toimittajakohtaisesti heti projektin alussa. Valmisosia suunniteltaessa tulee huomioida esituotannon, asennuksen ja huollon tarpeet. Suunnitelmien taso ei selity sillä, käytetäänkö tietomallinnusta vai ei, mutta huolellisesti laaditun tietomallin avulla virheitä voidaan karsia. [31.]

Toimintamalleja yhtenäistämällä ja suunnitelmien vaatimusten sopimisesta projektin alussa vältetään suunnitelmapuutteiden syntymistä. Suunnittelijat tuntevat tällöin tuote-toimittajan ja asentajien tarpeet ja osaavat ottaa sen heti suunnittelutyössään huomioon.

8.5 Benchmarking eli vertailukehittäminen

Suunnittelutoimistot voisivat kehittää omaa toimintaansa vertailemalla suunnitelmiaan keskenään ja tilastoimalla niiden hyviä puolia ja niiden puutteita. Tällaisella vertailulla voitaisiin saada hyvää informaatiota omista suunnitelmista ja voitaisiin kehittää omaa laadunhallintajärjestelmää sekä suunnitteluprosessia. Parhaimmillaan tällaisella järjestelmällä saataisiin karsittua suunnitelmapuutteita ja virheitä pois omasta suunnitteluprosessista. [31.]

8.6 Suunnitelmien tarkastus

Suunnitelmien tarkistuttaminen on erittäin hyvä keino karsia puutteita suunnitelmista. Laatujärjestelmän mukaan kaikki suunnitelmat tulee tarkastaa ennen niiden toimittamista eteenpäin. Suunnitelmien tarkistamisessa tulee huolehtia siitä, että tuotanto ja valmistus pystyvät toteuttamaan virheettömiä rakenteita. Suunnitelmista on hyvä tarkistaa myös, etteivät ne ole virheellisiä. Tärkeintä suunnitelmista on tarkastaa rakenteiden kestävyys. Rakenteet tulee olla oikeilla kuormilla ja oikeilla osavarmuusluvuilla mitoitettu, rakennemallin tulee vastata mahdollisimman hyvin toteutettavaa rakennetta ja rakenteiden muodostama kokonaisuus on toimiva. Suunnitelmista tulee nähdä, että suunnittelija on ymmärtänyt rakenteiden toimintatavan. Suunnitelmien tarkastus ei saa olla pelkästään rutiininomainen vilkaisu, vaan tarkastaminen on syytä tehdä huolellisesti. Tällä vältetään, ettei puutteellisia suunnitelmia toimiteta eteenpäin. Lähtökohtaisesti suunnitelmat tarkistetaan suunnitelmien toteuttajan toimesta, mutta myös kolmannen osapuolen tarkistus on oiva keino virheiden välttämiseksi. Kolmannen osapuolen tarkistuksella viimeistään poistetaan suunnitelmista virheet ja osoitetaan niiden turvallisuus ja määräysten mukaisuus.

Tarkistamisen tavoitteena on karsia suunnitelmapuutteita ja -virheitä suunnittelutyöstä. Suunnitelmien tarkistaminen ja tarkistuttaminen kolmannella osapuolella on yksi parhaista keinoista välttää suunnitelmapuutteiden aiheuttamia ongelmia rakennushankkeessa.

8.7 Palaute ja kommunikointi

Alalla tyypillistä on antaa palautetta silloin, kun jokin asia ei ole mennyt niin kuin pitäisi. Toki on tärkeää, että virheet eivät toistu. Yleensä palautteen antaminen jää vähäiselle tai sitä ei anneta jos jokin asia on hoidettu hyvin. Jos jokin asia on suoritettu erityisen hyvin tai mutkattomasti olisi syytä nostaa esille, että mitkä olivat suorituksen hyviä puolia. Tällöin palautteesta voi muutkin oppia ja rakentamisen tai suunnittelun prosessia saadaan kehitettyä ja henkilöstön ammattitaito paranee

Tämän lisäksi palautetta eri toimijoiden välillä tulisi antaa reilusti. Haastattelussa tuli ilmi, että palautetta suunnittelijoiden ja konepajan, elementtitehtaan tai työmaan välillä ei anneta ehkä tarpeeksi tai palaute ei mene suunnitelmien laatijoille asti. Palautteella

suunnitelman laatija osaisi ottaa seuraavissa tehtävissään huomioon jos suunnitelmis-
sa on puutteita tai virheitä. Lisäksi suunnittelijoiden on hyvä myös kysellä toteutuspuo-
lelta palautetta omista suunnitelmistaan. Mikä suunnitelmissa on ollut hyvää ja missä
on ollut puutteita. [32; 33.]

Erittäin tärkeää olisi myös, että suunnittelijoilla ja toteutuspuolella olisi avoin keskuste-
luhyteys. Eli suunnittelija voisi esimerkiksi kysyä toteutukselta tai tehtaalta, että onko
suunnitelman mukainen tuote mahdollista toteuttaa. Tai suunnittelija voi ottaa tehtaan
tai esivalmistuksen toiveet huomioon suunnitelmissaan. Myös ongelmatilanteissa on
hyvä, että ongelmia pystyttäisiin ratkomaan yhdessä. [33.]

Palautteen antamisella ja palautteen vaatimisen saataisiin arvokasta tietoa omien
suunnitelmien tasosta.

8.8 Yhteistyö ongelmatilanteissa

Esituotannossa ja työmaalla tulee tilanteita, jossa tarvitaan suunnittelijan mielipidettä
tai apua. Tämä saattaa johtua monesta syystä. Suunnitelmissa saattaa olla puutteita,
suunnitelmat ovat ristiriitaisia, eri suunnittelualojen suunnitelmat eivät toimi yhdessä tai
tarvitsee tehdä kantaviin rakenteisiin muutoksia. Tällöin suunnittelijan olisi hyvä resurs-
sien puitteissa päästä paikan päälle katsomaan rakennetta. Tästä suunnittelija saisi
parhaan käsityksen ongelman laajuudesta ja oppisi sitä kautta ottamaan asioita huomi-
oon. Tämän lisäksi suunnittelijan arvostus kasvaa työmaalla, kun suunnittelija on aktii-
vinen ja palautetta ja kysymyksiä saa jatkossa helpommin. Ongelmiin pystytään yhdes-
sä ammattitaitoisten työmaahenkilöstön kanssa miettimään toimivia ratkaisuja. Samalla
suunnittelija pystyy seuraamaan suunnitelmien toteuttamista kun käy työmaalla. Esi-
merkiksi työmaakäynneillä on hyvä seurata, että elementit ja terästuotteet asennetaan
asennussuunnitelman mukaisessa järjestyksessä ja, että tilapäistuennoista on huoleh-
dittu.

8.9 Asenteiden muuttaminen

Rakennushankkeessa on mukana paljon eri toimijoita ja välillä vastualueet ovat hie-
man häilyviä. Tällöin tulee helposti vastaan tilanteita, että saa vastaukseksi ” ei kuulu

minulle”. Asenteet pitäisi olla sellaiset, että ymmärrettäisiin kaikkien olevan mukana yhteisessä projektissa. Toteutushenkilöstön ja suunnittelijoiden tulisi kunnioittaa ja arvostaa toistensa työtä. Asenteet pitäisi myös muuttaa enemmän laatumyönteisiksi. Ammattilypeys on hieman kadonnut rakentajien arvomaailmasta ja sen takaisin saaminen lisäisi laatua. Ammattilypeyden puute näkyy kaikkien osapuolien tekemän työn laadun heikkenemisessä, sekä yleisenä välinpitämättömyytenä. Erilaiset palkitsemisjärjestelmät olisi hyvä olla tiettyyn laatuun pohjautuvia. Tällä saataisiin mahdollisesti työntekijöitä inspiroitua tavoittelemaan laadukasta rakentamista.

8.10 Laajemmat toimitussisällöt

Eräs vaihtoehto virheiden karsimiseen on toimitussisältöjen laajentaminen. Jos esimerkiksi esivalmistus suunnittelu ja toteutus/asennus tulisi samalta toimijalta, niin rakennushankkeen eri toimijoiden määrä vähenisi, jolloin oletettavaa on, että tuotteiden laatu paranisi. Esimerkiksi, jos betonielementtien tai teräskokoonpanon suunnittelu, toimitus ja asennus tulisivat samalta toimijalta, niin kommunikaatiokatkokset vähenisivät. [15; 33.]

9 Yhteenveto

Tutkimustyötä tehdessä selvisi, että rakentamisen prosessissa on tapahtumia ja asioita, jotka vaikuttavat prosessin onnistumiseen oleellisesti. Seuraavaksi on koottu keskeisimmät ongelmat rakennushankkeen prosessissa, jotka aiheuttavat haasteita suunnitteluun ja puutteita rakentamisen laatuun. Listauksessa on esitetty ongelma ja esimerkkiratkaisu sen välttämiseksi.

- ❖ Liian tiukka aikataulu aiheuttaa suunnitelmapuutteita ja työn laadun heikkenemistä. Suunnitelmapuutteet siirtyvät helposti työmaan ratkottavaksi ja tämä aiheuttaa lisätöitä hankkeen eri vaiheissa.
- Varmistetaan lähtötietojen riittävä laajuus ja laaditaan projektiaikataulu vastaamaan lähtötietojen asettamia vaatimuksia. Yhteensovitetaan eri suunnittelualojen aikataulut, koordinoidaan aikatauluja, tarvittaessa päivitetään aikataulua muutostöiden tai lähtötietojen puutteiden takia. Varataan riittävästi resursseja.

- ❖ Resurssipula aiheuttaa kiirettä ja on yksi syy rakentamisen laadun heikkenemiseen
 - Varataan lähtötietojen perusteella riittävät resurssit ja riittävän pätevät henkilöt projektiin nähden. Riittävän pätevät henkilöt ymmärtävät projektin laajuuden ja osaavat määrittää sen mukaiset resurssit. Resurssien määrittämistä varten tarvitaan riittävän tarkat lähtötiedot. Tarvittaessa päivitetään aikataulua vastaamaan resursseja tai ollaan valmiita maksamaan resurssien lisäämisestä.

- ❖ Vastuualueiden keskittyminen liikaa yhdelle henkilölle saattaa aiheuttaa laadun heikkenemistä virheellisten päätösten takia. Henkilö saattaa kustannus- ja aikataulupaineiden alla poiketa suunnitelmista tai toteuttaa puutteellisten suunnitelmien avulla. Suunnitelmat saattavat jäädä tarkistamatta, jolloin puutteita suunnitelmiin saattaa jäädä
 - Henkilöpätevyysien selvittäminen ja oikeasti tehtäviin pätevien henkilöiden käyttö projektissa.

- ❖ Vastuualueiden jakautuminen ja vastuualueiden hämärtyminen on yksi prosessin haasteista. Tämä saattaa aiheuttaa informaatiokatkoksia ja kommunikaatio-ongelmia. Tällöin suunnitelmat saattavat jäädä ristiriitaisiksi tai puutteellisiksi. Vastuualueiden jakautuminen saattaa johtua projektin urakkamuodoista ja lisääntyneistä rakentamisen vaatimuksista.
 - Kokousjärjestelyt voivat auttaa pirstaleisen projektin aiheuttamien ongelmien hallinnassa. Tämän lisäksi vastuullisten henkilöiden tulee olla projektin luonteen nähden riittävän päteviä. Vastuuhenkilöiden, esimerkiksi pääsuunnittelijan, tulee osata koordinoida eri osapuolia siten, että kukin hoitaa omat työnsä.

- ❖ Puutteellinen kommunikointi aiheuttaa informaatiokatkoksia osapuolten välillä ja johtuu usein projektin pirstaleisuudesta.
 - Kokousjärjestely -> projektikurin ylläpitäminen, palautteen antaminen ja vaatiminen, urakoiden ketjuttamisen välttäminen.

- ❖ Määräysten ja ohjeiden tulkinta ja niiden ymmärtäminen on puutteellista. Suunniteluohjeiden periaatteita ei ymmärretä

- Henkilöstön koulutus ja koulutuksen mahdollistaminen ajallisesti ja rahallisesti.

- ❖ Laatu puutteet prosessin eri vaiheissa (suunnittelu, esituotanto, toteutus)
 - Toimiva laatujärjestelmä, kokemus toteutettavista tuotteista

- ❖ Huollon laiminlyönnit saattavat johtua kustannusten välttelystä, resurssien puutteesta tai ammattitaidon puuttumisesta.
 - Huoltotöiden merkityksen korostaminen, rakenteiden tarkastusmenettely, huoltoa suorittavien henkilöiden kouluttaminen tehtäviin vähentäisi huollon laiminlyönneistä johtuvia ongelmia.

Tämän lisäksi liitteessä 1 on taulukoituna laajemmin prosessin ongelmia. Liitteessä 2 on kuvattu suunnittelutehtävien ongelmia ja vaihtoehtoisia ratkaisuja niihin.

10 Johtopäätökset ja pohdinta

Rakennusprosessissa on erilaisia vaiheita, jossa hankkeen osapuolilla on erilaisia tehtäviä hankkeen läpiviemiseksi. Jotta rakennushanke saadaan valmiiksi ilman suurempia ongelmia, on osapuolten hoidettava omat tehtävänsä ja avainasemassa olevien henkilöiden oltava ammattitaitoisia. Esimerkiksi projektin pääsuunnittelijan on hallittava kokonaisuus siten, että projektin tarvittavat suunnitelmat ja dokumentit tulee laadittua. Suunnitelmien laadintaan tulee varata riittävästi aikaa. Pääsuunnittelijan tulee koordinaida hanketta siten, että suunnittelijat saavat muilta osapuolilta tarvitsemansa lähtötiedot ja, että tiedonkulku osapuolten välillä on muutenkin mahdollista. Rakennusvalvontaviranomainen huolehtii siitä, että hankkeen vastuhenkilöt ovat määräysten asettamien vaatimusten mukaisesti kelpoisia hoitamaan heidän tehtävänsä.

Laadunvarmistusmenettelyt ovat nykyään hyvin kattavia ja kaikilta rakennushankkeen osapuolilta vaaditaan käytännössä oman toiminnan laadunvarmistusmenettely dokumentoituna tai sertifioituna. Lisäksi rakennustuotteille vaaditaan CE-hyväksyntä, joka pitää sisällään tuotteen laadunvarmistuksen hyväksytyin menetelmin. Tämä tarkoittaa sitä, että rakentamisen laatutason pitäisi olla korkea. Kuitenkin erilaisten tutkimusten ja kyselyjen perusteella rakennetaan osittain huonolla menestyksellä.

Rakennusprosessissa tyypillisimpiä ongelmakohtia tulee liian kireästä aikataulusta ja resurssien puutteesta. Tämän lisäksi ongelmia aiheuttaa vastuualueiden jakautuminen liian usealle eri osapuolelle tai vastaavasti vastuiden kasaantuminen yksittäiselle taholle. Haasteita tuo myös ammattitaidon puute, työmoraalin ja asenteiden puute sekä rakentamisen kulttuuri ja projektiluontoisuus. Rakentamisen kulttuurista on häviämässä mestari-kisälli-asetelma ja osittain rakennusammattilaisten ammattilypeys on hieman kadoksissa. Osapuolten välinen kommunikointi on puutteellista, palautetta ei anneta eikä pyydetä ja muutoksista tai suunnitelmapuutteista ei tiedoteta. Suunnittelutyössä haasteita tuo lähtötietojen puutteellisuus, muutostyöt sekä uudet ja jatkuvasti muuttuvat vaatimukset ja standardit. Uusia standardeja on myös kritisoitu vaikeakäyttöisiksi. Tuotannon virheet ovat lähinnä suuret toleranssit esivalmistettujen tuotteiden laadussa sekä kireän aikataulun aiheuttamat laatu puutteet toteutuksessa. Rakentamisen virheitä aiheuttavat myös laadunvalvonnan puutteet.

Rakentamisen vaatavuustaso on kasvanut ja uusien rakenteiden kehittäminen aiheuttaa haasteita. Aina kun kehitetään uutta, tulee sen mukana haasteita ja joudutaan miettimään uusia ratkaisuja. Tällöin on mahdollista, että rakenteisiin tulee helposti virheitä, joita ei ole osattu ottaa huomioon uuden rakenteen suunnittelussa. Uusien rakenteiden kehittäminen on myös hankalaa, koska kehitysprojekteihin ei välttämättä olla innokkaita lähtemään ja ajatellaan helposti, että ”näin se on aina tehty”. Vaatavuustason kasvaminen lisää työtä ja eri työvaiheita prosessin jokaisessa vaiheessa eikä tähän ole välttämättä varauduttu. Rakennuksia toteutetaan liian pienellä organisaatiolla ja liian kireällä aikataululla. Vaatavuustason kasvaessa tulisi rakentamisen valvonnan lisääntyä, mutta samat aikatauluun ja resursseihin liittyvät haasteet ovat myös valvontaviranomaisilla.

Työssä perehdyttiin onnettomuustutkintakeskuksen raportin (Y2013-01) kautta rakenteiden sortuman aiheuttamaan onnettomuuteen Laukaassa. Sortuma johtui alimitoitettun teräsristikkorakenteen pettämisestä. Onnettomuuden kautta oli hyvä käsitellä hankkeen prosessissa tapahtuneita virheitä. Virheitä tapahtui esimerkiksi vastuualueiden keskittymisessä liikaa yhdelle henkilölle, työsuoritusten kuten suunnittelutyön vastuualueet olivat epäselviä, toteutus oli puutteellista eikä laadunvarmistusta tapahtunut missään vaiheessa. Valvontaviranomainen ei puuttunut puutteellisiin suunnitelmiin ja rakenne toteutettiin suunnitelmista poiketen.

Pelkästään rakenteen suunnitteluvirhe ei yleensä johda onnettomuuteen, vaan se on yleensä monen tekijän aiheuttama tapahtuma. Onnettomuuteen johtaneissa rakentei-

den sortumisissa lähes poikkeuksetta on ollut mukana muitakin tekijöitä, kuten rakentamisen huono laatu sekä rakennushankkeen heikko valvonta. Hyvin usein on myös niin, että eri osapuolten pätevyudet eivät ole olleet riittävät kyseiseen hankkeeseen nähden.

Keinoja hankkeen ongelmien välttämiseksi etenkin suunnittelijan näkökulmasta on riittävän suunnitteluaikeita sekä resurssien varaaminen projektiin, riittävien lähtötietojen vaatiminen sekä pätevien suunnittelijoiden käyttäminen projektissa. Tietomalleilla on todettu, että projekteista saadaan helpommin hallittavia ja virheitä karsittua, kun kaikki osapuolet käyttävät sitä. Tietomallin tehokas käyttö edellyttää kaikkien rakennushankkeen osapuolien sitoutuneisuutta ja heidän välistä koordinaointia. Suunnittelu-työn laadunvarmistus, johon liittyy suunnitelmien ja dokumenttien tarkistaminen ja tarkistuttaminen on hyvä keino suunnitelmapuutteiden karsimiseksi.

Suunnittelijoiden kannalta ennaltaehkäiseviä keinoja virheiden ja ongelmien välttämiseksi on suunnittelijoiden koulutus ja mahdollisesti erilaiset suunnitelmien vertailut (Benchmarking) ja palautteen antaminen. Virheitä voidaan karsia myös säilyttämällä keskusteluyhteys suunnittelijoiden ja toteuttajien välillä. Suunnittelijan olisi myös hyvä käydä konkreettisesti paikan päällä tutkimassa asioita, joissa on ollut haasteita tai joista tulee kyselyitä suunnittelijalle, koska kaikkea ei välttämättä huomaa tietokoneen näytöltä, vaikka käytössä olisikin kattavat tietomallit.

Jatkotutkimuksena aiheeseen liittyen olisi hyvä laatia laajamittainen kysely, jossa saataisiin suunnittelijoiden, esivalmistuksen ja toteutuksen näkökulmia prosessin ongelmiin liittyen. Kysely jäi tämän tutkimuksen ulkopuolelle kireän toteutusaikataulun ja resurssien rajallisuuden takia. Kyselyn avulla prosessin ongelmakohdat ja eri vaiheiden tyypillisimmät haasteet konkretisoituisivat. Tämän pohjalta voisi sitten miettiä erilaisia keinoja, joilla haasteet voitaisiin poistaa rakennushankkeen prosessista. Kyselytutkimuksen avulla voitaisiin kehittää rakentamisesta entistä laadukkaampaa.

Lähteet

- 1 Rakennustieto. RT-ohjekortti. Talonrakennushankkeen kulku. 1989. RT 10-10387. Luettu 16.2.2015.
- 2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa A2. 2002. Verkkodokumentti. Edilex. <<http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/a2.pdf>>. Luettu 18.2.2015.
- 3 Yritysesittely. 2015. FISE Oy:n verkkosivut, http://www.fise.fi/default/www/suomi/esittely_ja_yhteystiedot/. Luettu 18.2.2015.
- 4 Rakennustieto. RT-ohjekortti. Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo. 2013. RT 10-11128, Luettu 24.2.2015.
- 5 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. 1990. RIL-167-3 Teräsrakenteet III. Vammalan kirjapaino Oy. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. Luettu 25.2.2015.
- 6 Teräsrakenneyhdistys. 2010 Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus, Eurocode 3 – oppikirja. Forssan Kirjapaino Oy. Teräsrakenneyhdistys ry. Luettu 26.2.2015.
- 7 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. 1988. RIL 167-1 Teräsrakenteet I. Hangon Kirjapaino Oy. Suomen Rakennusinsinöörien liitto. Luettu 26.2.2015.
- 8 Esitys. 2012. Rakenne - ja elementtisuunnittelun vaikutus työturvallisuuteen, Juha Valjus, Suomen betoniyhdistys ry. Luettu 28.2.2015
- 9 Mallintava elementtisuunnittelu.2015. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/mallintava-suunnittelu>. Luettu. 2.3.2015.
- 10 Maankäyttö- ja rakennuslaki. 2000. Finlex.<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>. Luettu 3.3.2015.
- 11 Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista. 17.6.2014. Finlex. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140477>. Luettu 3.3.2015.
- 12 Eurokoodi Help Desk. <http://www.eurocodes.fi/index.htm>. Luettu 4.3.2015.
- 13 Heikkinen, Susan. 2015. Mitä se arkkitehti oikein ajatteli. Suomen kuvalehti 10/2015, s46-52. Luettu 16.3.2015
- 14 Suikka, Arto. 2012. Talonrakentamisen tuottavuutta ja laatua kehittämään. Betoni 3/2012, s. 59-61. Luettu 13.3.2015.

- 15 Tutkimus. Elementtitoimitusten kipupisteet – Tuottava runkorakentaminen. 2012. Tampereen teknillinen yliopisto. Luettu 18.3.2015
- 16 Tutkintaselostus, Järvenpään salibandy hallin katon romahdus. 2010. Verkkodokumentti. Onnettomuustutkintakeskus. < http://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/muutonnettomuudet/2010/b12010y_tutkintaselostus/b12010y_tutkintaselostus.pdf >. Luettu 20.3.2015.
- 17 Rakennuslehti, nro 11. 2015. Asennetta, ammattilypeyttä, koulutusta ja kiireestä luopumista. Rakennuslehti 20.3.2015, s. 4. Luettu. 20.3.2015.
- 18 Tutkintaselostus, Ratsastusmaneesin sortuminen Laukaassa. 2013. Verkkodokumentti. Onnettomuustutkintakeskus. < http://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/XR3OvQZwt/Y2013-01_Laukaa.pdf>. Luettu 23.3.2015.
- 19 Rakennuslehti, nro 3. 2015. Rakentamaan lähdetään liian puutteellisin suunnitelmin. 23.1.2015, s. 9. Luettu. 25.3.2015.
- 20 Rakennuslehti, nro 2. 2015. Kerrostalorakentamisen virheet vähenisivät yksinkertaisilla keinoilla. 16.1.2015, s. 10-11. Luettu. 25.3.2015.
- 21 Rakennettu Ympäristö (RY). 2009. Eurokoodit rakennustarkastajan arkipäivässä. 4/2009. s. 15. Luettu 26.3.2015
- 22 Esitys. Erityismenettely - keinoja rakenteellisen turvallisuuden varmistamiseksi. 14.3.2007. Gunnar Åström. Luettu 24.3.2015.
- 23 Alustava riskiarviolomake. 2007. Suomen Rakennusinsinöörien liitto. <http://www.ril.fi/kirjakauppa/product/show/2/ohjeet-ja-normit/6/ril-241-2007-rakenteellisen-turvallisuuden-varmistaminen-erityismenettelyn-soveltamisohje>. Luettu 25.3.2015
- 24 Ympäristöministeriön ohje rakennusten suunnittelijoista. 2015. [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Asetuksilla_yhtenaisyytta_rakentamisen_o\(32965\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Asetuksilla_yhtenaisyytta_rakentamisen_o(32965)). Luettu 25.3.2015.
- 25 Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa A1. 2002. Verkkodokumentti. Edilex. < http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/a1_2006.pdf >. Luettu 24.3.2015.
- 26 RALA-sertifiointi. 2015. <http://www.rala.fi/palvelut/sertifiointi/>. Luettu 27.3.2015
- 27 SWECO@work. Sweco: n intranet. Luettu 30.3.2015

- 28 hEN Helpdesk. <http://henhd.multiedition.fi/www/fi/ce-merkinta/index.php>. Luettu 30.3.2015
- 29 Junnonen Juha-Matti. 2001. Rakennushankkeen laadunvarmistus. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020202.pdf>. Luettu 12.3.1015.
- 30 Kantavien rakenteiden tarkastusmenettely. 2014. <http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tarkastusmenettely.html>. Luettu 27.3.2015
- 31 Tutkimus. Tuotantopiirustukset ja laatu. 2013. Parma Oy. Luettu 12.3.2015
- 32 Inkala, Fia. Sweco Rakennetekniikka OY. Keskustelu 24.3.2015
- 33 Kalamies, Unto. Inspecta Oy. Keskustelu 25.3.2015
- 34 Rakennuslehti nro 12. 2015. Kerrostalorakentamisen virheet vähenisivät yksinkertaisilla keinoilla. 27.3.2015, s. 4, 26. Luettu. 7.4.2015
- 35 Projektiraportti. 2006. Betonivalmisosien laatu poikkeamien käsittely, verkkodokumentti, Betonikeskus ry. https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCsQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.elementtisuunnittelu.fi%2FDownload%2F23246%2FBetonielementtien_laatu puutteet-Loka-kuu2006%5B1%5D.pdf&ei=lp0vVeOrNqm qywPr9oCADA&usg=AFQjCNEMyG2WiZGZDCowNEDNMfNhmZ8cvw&bvm=bv.91071109,d.bGQ&cad=rja. Luettu 16.4.2015.
- 36 Projektiraportti. 2006. Laajarunkoisten liikuntahallien rakenteellinen turvallisuus. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2006/Jul05_20-3-2006.pdf, Luettu 16.4.2015.
- 37 Kaivonen, Juha-Antti, Rakennusten korjaustekniikka ja talous, 2006, Helsinki: Rakennustieto, Luettu 16.4.2015.
- 38 Esitys. 2010 Rakennusprojektin kulku. Verkkodokumentti. http://freshproject.eu/data/user/01_public-area/Articles/Rakennusprojektin_kulku__Ky%C3%B6sti_27_4_2010.pdf. Luettu 18.2.2015
- 39 Rakennusvirhepankki, Fise Oy, http://www.fise.fi/default/www/suomi/rakennusvirhepankki/suunnittelu__s_/, Luettu 16.4.2016

Liite 1 Yhteenvertotaulukko prosessin ongelmista

YHTENVERTOTAUUKKO PROSESSIN ONGELMISTA			
ONGELMA	SYY	SEURAUUS	KEINOJA VÄLTÄÄ
Lilän tiukka aikataulu	Puutteelliset lähtötiedot aiheuttavat lisätyötä, ei ole alkuperäisessä aikataulussa otettu huomioon, mahdolliset muutostyöt, puutteellisesti laadittu projektaikataulu, aikataulujen yhteensovittaminen osapuolten välillä puutteellista,	Suunnitelmapuutteet, suunnitelmien yhteensovittaminen ja suunnitelmien tarkistaminen jää pintapuoleiseksi -> ongelmat siirtyvät työmaalle	Varmistetaan lähtötietojen riittävä laajuus -> lähtötietojen perusteella ja tarve/hankeselvitysvaiheessa asetettujen suunnittelutavoitteiden mukaan laaditaan projektaikataulu, yhteensovitaan ajoissa eri suunnitteluajon aikataulut (aikataulun koordinoiti) -> pidetään suunnittelukokouksia, jossa aikatauluja tarkennetaan,
resurssipula	Rakentaminen hankaloitunut ja monimutkaistunut (rakennusten muoto, hankkeiden koko, ympäristö johon rakennetaan, julkisivutyypit, materiaalit sekä tekniset järjestelmät), määräykset ja vaatimukset kasvaneet -> varattu sama määrä suunnittelijoita/työntekijöitä kuin helpompiin projekteihin, virheellisesti organisoitu projekti	Kireät aikataulut, työn laadun heikkeneminen, suunnitelmapuutteet	Projektin tarkka organisointi, Ymmärretään projektin vaatimat resurssit, ollaan valmiita maksamaan resursseista tai päivittämään aikataulua
Vastuualueiden keskittyminen	Projektiorganisaation virheellinen muodostuminen, muodolliset pätevyudet,	Yhden henkilön tekemät päätökset voivat olla virheellisiä (kustannus- ja aikataulupaineet), suunnitelmien tarkistus puutteellinen, toteutuspuolella tehdään ratkaisuja, jotka jäävät yhden henkilön päätöksen ja mielipiteen varaan	Projektionnisaation muodostaminen, pätevien henkilöiden käyttäminen, rakennusvalvonnassa huomioidaan henkilöiden pätevyys tehtäviin
Vastuualueiden jakautuminen usealle taholle	Projektin urakamuoto, määräykset,	Kommunikointi hankkeen osapuolten välillä ei toimi, tarvittava informaatio ei kulje, Lähtötiedot jäävät epäselviksi ->suunnitelmapuutteet, tiedot suunnitelmamuutoksista eivät mene kaikille osapuolille ->eri suunnitelmien yhteensovittamisessa ongelmia, vastuualueet hämärtyvät	Kokousjärjestelyt, projektikuri, oikeat henkilöt oikeisiin tehtäviin (ei muodollisia pätevyyskysymyksiä, osapuolten välinen koordinoiti), -> vastuuhenkilöiden ammattitaito korostuu (esim. pääsuunnittelija),
Osapuolten välinen puutteellinen kommunikointi	Osapuolia ja projektin vaikuttavia tahoja paljon, projektin ositus ja ketjuttaminen,	Ongelmakohtat jäävät suunnitteluvaiheessa selvittämättä -> ongelmat siirtyvät työmaalle tai jää kokonaan ratkaisematta ->laatu heikkenee, asentajalla ei ole keskusteluyhteyttä suunnittelijaan, jolloin ongelmatilanteissa tehdään virheellisiä ratkaisuja ilman suunnittelua,	Kokousjärjestelyt, rakentava palaute eri osapuolten välillä, suunnittelija kysyy toteutuksen mielipidettä ja toisinpäin
Ammattitaidon puute	Ammattilaisten oman työn kunnioitus, ammattipätevyys kateissa, asenteet, työmoraaali, pätevyudet eivät vastaa osaamista, mestari-kisälli perinteiden häviäminen (rakentamisen projektiluonteisuus/projektimuodot), vakioituja järjestelmiä ei tunneta, kokemattomat henkilöt vastuullisissa tehtävissä (muodolliset pätevyudet),	suunnitelmapuutteet, yleispiirteiset suunnitelmat, suunnitelmien tarkistus jää pintapuoleiseksi, toteutuspuolella työn laatu jää toissijaiseksi asiaksi,	Pätevyysvaatimukset, oikeat henkilöt oikeisiin tehtäviin, kaikkien osapuolten asenteet/työmoraaali/ammattipätevyys kuntoon, henkilöstön koulutus,
Virheelliset tulkinnat muuttavien ohjeiden ja normijärjestelmien käytössä	Kokemattomuus uusien järjestelmien käytössä, normien periaatteita ei ymmärretä,	Suunnitteluohjeita tulkitaan väärin tai suunnitteluohjeita sekoitetaan keskenään ->suunnitelmapuutteita tai virheitä	Koulutus
Lähtötietojen puutteellisuus/ muutostyöt	Rakentamisen tavoitteita ei ole mietitty tarpeeksi tarkasti, kustannuspaineet rakentamisen aikana,	Suunnitelmapuutteet	Suunnitelmatarkistukset, työselostusten läpikäynti, lähtötietojen määrittäminen ja tarkistaminen, suunnittelutyön "jäädyttäminen" kunnes tarvittavat lähtötiedot ovat selvillä
Virheet esivalmistuksessa	Laatujärjestelmän puutteet, laatu ei vastaa tilaajan/rakentajan vaatimuksia	Aiheuttaa paljon jälkitöitä työmaalla, työmaalla joudutaan kehittälemään viritelmä puutteiden takia, hitsarin käyttö asennuksissa,	Toimiva laatujärjestelmä,
Virheet toteutuksessa	Toteutetaan ennen kunnollisia suunnitelmia, aikataulu- ja kustannuspaineet, puutteellinen laatujärjestelmä	työn laatutaso heikkenee,	asenteet/ ammattipätevyys joka osapuolelle kuntoon -> oman työn arvostus, toimiva laatujärjestelmä
Virheet suunnittelussa	Laatujärjestelmän puutteet, inhimilliset tekijät, kireä aikataulu, puutteelliset lähtötiedot, muutostyöt, ammattipätevyys	suunnitelmapuutteet -> suunnit	Koulutus, tietomallit, omien suunnitelmien vertailu, palautteiden huomiointi, vakioitujen järjestelmien käyttö
Huollon laiminlyönnit	Ammattitaidon puute, resurssipula, välittömien kustannusten välittäminen	Rakenteet pääsevät heikkenemään, rakenteille tulee enemmän rasituksia esimerkiksi lumen kiinnostamisesta,	Rakenteiden tarkastusmenettely, Huollotyön merkityksen korostaminen,

Liite 2 Taulukko suunnittelutyön tyypillisistä ongelmat

YHTEENVETOTAULUKKO TAVALLISIMMISTA VIRHEISTÄ SUUNNITTELUYTYÖSSÄ

VIRHE/ONGELMA	SYY	SEURAUUS	KEINOJA VÄLTÄÄ
BETONIELEMENTTIEN SUUNNITTELU			
Virheelliset rauditusjärjestelyt	Rakenteen toimintaa ei ymmärretä, inhimillinen virhe, suunniteltu virheellisille kuormituksille, suunnitteluohjeiden väärä tulkinta, virheelliset lähtötiedot	Rakenteeseen tulee siihen kuulumatonta halkeilua, rauditukset eivät mahdu rakenteeseen -> tiheä rauditus voi aiheuttaa halkeilua, tarvittavia raudituksia ei tule (alimitoitettu rakenne)	Suunnitelmien tarkistus, kouluttautuminen, rakenteiden toiminnan opettelu ja suunnitteluohjeiden tunteminen, lisäksi opetellaan rakenteiden tuotantomenetelmät
Jännepunosten suunnittelussa virheitä	Punostusten jännitykset mitoitettu ylisuuriksi	Punostuksen jännitykset aiheuttavat halkeilua rakenteisiin	
rei'itykset ja varaukolojen suunnitelmat puutteellisia	Suunnitelmien yhteensovittaminen on ollut huolimaton, huolimattomuusvirhe	varaukoloja joudutaan tekemään työmaalla, aiheuttaa lisätöitä	suunnitteluohjeiden varmistaminen, suunnitelmat yhteensovitetaan -> kokousjärjestelyt
elementtien nostojen suunnittelussa puutteita	inhimilliset tekijät (huolimattomuus, yksityiskohtaista suunnittelua ei pidetä tärkeänä),	työturvallisuus heikkenee jos nosto-osat ovat huolimattomasti suunniteltu tai elementteihin kohdistuu odottamattomia rasituksia nostojen yhteydessä, rakenteet saattavat vaurioitua nostotilanteissa	Ymmärretään nostotapahtuman tärkeys, nosto-osat suunnitellaan aina tapauskohtaisesti, osallistutaan asennussuunnitelman laadintaan,
Asennusten aikainen rakenteiden stabiilius pettää		Työturvallisuus heikkenee	Osallistutaan asennussuunnitelman tekoon, suunnittelussa otetaan huomioon rakentamisjärjestys -> mietitään vaikuttavat rasitukset ja kokonaisstabiileetti kaikissa tilanteissa
Elementtien liitokset eivät toimi	Rauditusjärjestelyt virheellisiä (liitosterästen sijainti, ankkurointiterästen pituus -> yleensä vaatii erityisjärjestelyjä, liitoksen toiminta epäselvä,	liitokset pettävät, pahimmillaan rakenteiden sortumat	Suunnitelmien tarkistus, kouluttautuminen, rakenteiden toiminnan opettelu ja suunnitteluohjeiden tunteminen
PAIKALLAVALLETTUJEN BETONIRAKENTEIDEN SUUNNITTELU			
Liian tiheät tai puutteelliset rauditusjärjestelyt	rakenteen toiminta, kokonaiskäsitys suunniteltavasta rakenteesta puuttuu	rakenteen kestävyys alenee	Tarkat lähtötiedot ja oikeat kuormitusyhdistelmät, tunnetaan suunnitteluohjeet ja tuotantomenetelmät, Suunnitelmien tarkistus
Kuormitusten määrittäminen puutteellista	Suunnittelukokonaisuuden ymmärtäminen on puutteellista	Epätavalliset kuormitustapaukset jäävät huomioimatta, rakenteelle tulee kuormia, joita ei ole suunnittelussa huomioitu	Suunnitteluperiaatteiden hallitseminen
TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU			
Liitosten mitoitus	Hitsiliitosten suunnittelu yleispiirteisä, Suunnitellut ratkaisut ovat mahdoton toteuttaa, Riskialttiit liitostyyppit, Käsinlaskentamenetelmät ei sovellu oudoissa liitostyypeissä,	Heikkolaatuiset liitokset, etenkin hitsiliitokset, -> rakenteiden sortumat yleensä alkaneet liitosten kohdalta	Tyyppiratkaisujen käyttäminen, liitosten tarkka suunnittelu ja analysointi,
Mittavirheet	Tietomallit -> saattavat aiheuttaa systemaattista virhettä, suunnitelmien ristiriitaisuus	Joudutaan kehrittelemään virityksiä, tulee liitoksia joiden kestävyyttä ei pystytä tarkkaa arvioimaan, työmaa toteuttaa muutokset ilman suunnittelijaa	Tietomallien ylläpito muutoksissa, tietomallin koordinointi, suunnitelmien tarkistus,
Jäykistyminen, Jatkuvan sortuman estäminen	Huolimattomuus suunnittelussa, ei ymmärretä kokonaisuutta	Rakenteiden kokonaisstabiileetti heikkenee	
Teräsrakenteiden asennus ja nostot	Yleispiirteiset suunnitelmat, eivät kohteeseen tai suunniteltuun rakenteeseen soveltuvat	Rakenne saattaa vaurioitua	Rakennekohtaiset nostosuunnitelmat