



RAKENNUSTIETO >

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

Viimeaikaiset kattosortumat – mitä olemme oppineet?

Tuomo Karppinen, Kai Valonen, Esko Värttiö
Onnettomuustutkintakeskus
etunimi.sukunimi@om.fi

Laki ja asetus onnettomuuksien tutkinnasta määrittelevät oikeusministeriön yhteydessä toimivan Onnettomuustutkintakeskuksen tehtävät. Tarkoituksena on onnettomuuksia tutkimalla parantaa yleistä turvallisuutta ja ehkäistä onnettomuuksia. Onnettomuustutkintaa tehdään yksinomaan turvallisuuden parantamiseksi eikä tutkinnassa käsitellä mahdollisia syyllisyys- ja vastuukysymyksiä eikä vahingonkorvausvelvollisuutta.

Onnettomuustutkintakeskus ottaa tutkintaan vuosittain 40–50 onnettomuutta ja vaaratilannetta, jotka jakautuvat varsin tarkasti tasan vesiliikenteen, ilmailun ja raideliikenteen kesken. Lisäksi otetaan joka vuosi tutkittaviksi yleensä 1–2 muuta onnettomuutta kuten tulipalo, räjähdys tai rakenteiden pettäminen. Näitä tutkitaan vain siinä tapauksessa, että kyseessä on suuronnettomuus tai suuronnettomuuden vaaratilanne. Suuronnettomuudella tarkoitetaan onnettomuutta, jossa on useita kuolleita tai vakavasti loukkaantuneita. Arvioinnissa otetaan myös huomioon mahdollisesti vaarassa olleiden ihmisten määrä.

Vuonna 2003 sattui neljä kattovauriota, jotka Onnettomuustutkintakeskus arvioi suuronnettomuuden vaaratilanteiksi. Lisäksi vuoden 2004 helmikuussa romahti lumimyräkin seurauksena katto laskettelukeskuksen huoltorakennuksessa Pohjan kunnassa. Onnettomuustutkintakeskus asetti tutkintalautakunnan tutkimaan kutakin onnettomuutta. Seuraavassa lyhyesti vuoden 2003 tapauksiin liittyvät perustiedot.

Monitoimihallin katon vaurioituminen Mustasaarella 17.1.2003

Pääasiassa urheilukäytössä olevassa monitoimihallissa olivat käynnissä normaalit perjantai-iltapäivän urheiluharjoitukset. Silloin katolta alkoi kuulua ääntä, jollaista kuuluu, kun lumi valuu alas kaarimaiselta katolta. Ääntä kuului joitakin sekunteja, jonka jälkeen kattorakenteita ja lunta tuli hallin katsomon ja selostamon kohdalla sisään. Kattoon oli tullut kaksi erillistä reikää, joiden pinta-ala oli yhteensä noin 150 m². Ke-



Kuva 1. Botnia-halli.

tään ei ollut vaurion kohdalla, joten henkilövahinkoja ei aiheutunut.

Kattovaurion välitön syy oli se, että hallin pääkannattajien väliin asennettujen orsiristikoiden kiinnityskorvakkeet irtosivat hitsauksistaan. Yksityiskohta oli suunniteltu puutteellisesti eikä siihen kohdistuvia kuormituksia ollut otettu kunnolla huomioon. Korvakkeen kestävyyttä ei suunnittelussa ollut varmistettu laskelmilla eikä kukaan muu kuin suunnittelija itse ollut tarkastanut suunnitelmia kriittisesti. Ongelmaksi tuli tällöin se, että virhe yksityiskohtaan suunnittelussa pääsi esteettä etenemään koko rakennusprosessin läpi ja johti lopulta katon paikalliseen romahtamiseen.

Messuhallin katon romahtaminen Jyväskylässä 1.2.2003

Jyväskylän messuhallin kaksi viikkoa aikaisemmin valmistuneessa B-hallissa oli edellisenä päivänä päättynyt koulutusalan messut. Näytteilleasettajia ja messuhallin henkilökuntaa oli lauantaiamuna purkamassa näyttelyosastoja, kun kuului kova pamaus. Osa hallissa olleista meni katsomaan mitä oli tapahtunut ja he totesivat yhden liimapuusta valmistetun kattoristikon alaparteen katkenneen. Ihmiset ymmärsivät vaurion olevan vakava ja kehottivat huutamalla hallissa olleita poistumaan ulos. Kaikki 13 henkilöä poistuivat hallista, jonka jälkeen kattoa romahti 2500 m² alueelta. Kukaan ei loukkaantunut.

Romahdus alkoi tappivaarnaliitoksilla kootusta kattoristikosta, jonka yhdessä liitoksessa

oli 33 tappivaarnan sijaan vain 7 tappia. Tappien puuttuminen ei kuitenkaan selitä kattoromahdusta, koska lumikuorma oli pieni. Tutkinnassa todettiin suurten tappivaarnaliitosten pettävän lohkeamismurtumalla, minkä vuoksi niiden kapasiteetti oli vain noin puolet suunnitellusta. Lohkeamismurtumisella tarkoitetaan liitosalueen repeytymistä irti puusta tappiryhmän ulomaisista rivejä pitkin. Ristikoiden suunnittelussa käytetyissä eurooppalaisissa suunnitteluohjeissa ei tällaista murtumistapaa ollut otettu huomioon. Virhe oli korjattu ohjeen uudempaan luonnokseen jo vuosia ennen onnettomuutta ja siitä oli kirjoitettu suomalaisessa ammattilehdessä. Virhe oli siis ollut suppean ammattipiirin tiedossa, mutta tieto asiasta ei ollut levinnyt riittävästi.

Pysyväksi tarkoitettujen välipohjarakenteen putoaminen huoltoasematiyömaalla Orivedellä 25.8.2003

Vanhaa huoltoasemarakennusta oltiin laajentamassa Orivedellä. Teräsrungon varaan oli kaksi viikkoa aikaisemmin nostettu ontelolaattoja välipohjaksi noin 200 m² alalle ja ne oli juotettu kiinni toisiinsa juotosbetonia ja teräksiä käyttäen. Tapahtuma-aamuna ontelolaattakentän päälle oli tehty noin kuusi senttimetriä paksu pintavalu. Työmiehet olivat juuri palaamassa lounastauolta, kun koko ontelolaattakenttä putosi alas muutamassa sekunnissa ilman ennakkovaroitusta. Alla olleista viidestä miehestä kolme ehti hypätä alta



Kuva 2. Jyväskylän messu- ja kongressikeskus.



Kuva 3. Oritupa.

pois, mutta kaksi jäi ontelolaattojen alle. Heistä toinen kuoli ja toinen loukkaantui vakavasti.

Onnettomuus tapahtui, kun kolme kuudesta teräsputkipilarin kylkeen kiinnitetystä konsolistasta irtosi pienahitsausliitoksestaan. Hitsaustyö oli epäonnistunut, sillä hitsillä ei ollut tunkeumaa pilarin suuntaan juuri lainkaan ja liitoksen kapasiteetti oli vain murto-osa suunnitellusta. Teknisenä syynä oli ilmeisesti se, että käytetty hitsausjännite oli ollut liian suuri ja hitsauspoltinta (MIG-hitsaus) oli pidetty jonkin verran väärässä asennossa. Epäonnistuminen oli mahdollista siksi, että hitsaustyössä ei ollut noudatettu rakentamismääräyksissä ja standardeissa esitettyjä menettelyjä työn laadun varmistamiseksi. Teräsrakennetoimittajan sallittiin valmistaa rakenteet ja asentaa ne paikoilleen ilman osoitusta niiden kelpoisuudesta. Osoituksia olisivat olleet menetelmäkokeeseen perustuva hitsausohje, voimassa oleva hitsaajan pätevyystodistus ja hitsaustyöpöytäkirja. Mitään näistä hitsaustyön laadun kannalta oleellisista asiakirjoista ei ollut.

Kylpylän alakaton romahtaminen Kuopiossa 4.9.2003

Kylpylän pääaltaassa oli uimassa kolme henkilöä, kun yllättäen altaan yläpuolella ollut 260 m²:n laajuinen alakatto putosi kokonaisuudessaan alas muutamassa sekunnissa. Uimarit eivät ehtineet juuri suojautua katon iskulta, mutta oli-

vat kuitenkin sijoittuneet niin, että katto ei lyönyt heitä tainnoksiin. He pääsivät omin avuin lähelle altaan reunaa ja kaksi henkilöä myös ylös altaasta. Kolmas uimassa ollut henkilö pääsi henkilökunnan auttamana pois altaasta oltuaan romahtaneen katon alla altaassa hiukan yli kahdeksan minuuttia.

Syynä alakaton romahtamiseen oli ruostumattomasta teräksestä tehtyjen ripustinlankojen katkeaminen jännityskorroosion seurauksena. Muutaman lähellä toisiaan olevan langan katkettua kuorma vieressä oleville langoille kasvoi niin suureksi, että lisää jännityskorroosion heikentämiä lankoja katkesi ja jousiripustimia irtosi kannatinrangoista. Langan materiaaliksi oli valittu ruostumaton teräs AISI 304, koska Eurocode-esistandardi SFS-ENV 1993-1-4 kansallisine soveltamisohjeineen ei ollut hankkeen toteutusaikana suunnittelijoiden, rakentajien ja rakennusvalvontaviranomaisten tiedossa, eikä sitä osattu hyödyntää oikean teräslaadun valintaan uimahalli- ja kylpyläolosuhteisiin. VTT:n tekemän selvityksen mukaan myöskään alkuperäisissä suunnitelmissa ollut ”haponkestävä teräs” AISI 316 ei olisi ollut merkittävästi parempi jännityskorroosioimeessä. Jännityskorroosio ei ole riippuvainen yksinomaan kuormasta johtuvista jännityksistä, vaan tärkeämpi tekijä on langan käsittelyssä syntyneet jäännösjännitykset. Jäännösjännitysten välttäminen on käytännössä lähes mahdotonta, koska niitä syntyy vielä asennusvaiheessakin.



Kuva 4. Rauhalahten kylpylä.

Vuodet 1996–2002

Aikaisempina vuosina Onnettomuustutkintakeskus on perustamisensa 1996 jälkeen tutkinut viisi rakennusalan onnettomuutta:

- Massasäiliön kaatuminen Valkeakoskella 27.3.1996
- Tornan sillan sortuminen 6.8.1998 Imatralla
- Uimahallin katon liimapuupalkin rikkoutuminen Iisalmissa 29.3.2000
- Supermarketin sisäkaton putoaminen Pudasjärvellä 27.12.2000
- Marketin sisäkaton putoaminen Jyväskylässä 26.4.2001

Kaikki tutkintaselostukset ovat Onnettomuustutkintakeskuksen internet-sivuilla osoitteessa www.onnettomuustutkinta.fi.

Miten rakennusala tulisi kehittää?

Onnettomuudet ja niiden tekniset syyt ovat olleet melko erilaisia, joten onnettomuuksien ehkäiseminen yksittäisillä teknisillä toimenpiteillä ei oikein onnistu. Parannuksia ja turvallisuutta on siten pyrittävä aikaansaamaan yleisiä rakennusalan toimintatapoja muuttamalla. Vuonna 2003 sattuneet onnettomuudet ovatkin käynnistäneet vilkkaan keskustelun ja saaneet rakennusosalalla toimivat pohtimaan rakennusalan kykyä tuottaa turvallisia rakenteita. Keskustelu, jossa kaikki merkittävät tahot ovat olleet aktiivisesti mukana, on ollut hyvin rakentavaa ja asiallista.

Yhteistä useille onnettomuuksille on ollut se, että jokin pienehkö yksityiskohta oli suunniteltu tai valmistettu puutteellisesti. Tällaisia yksityiskohtia ovat olleet puurakenteiden liitokset (Iisalmen uimahalli ja Jyväskylän messuhalli), naula-liitokset (Pudasjärven supermarket), hitsatut kiinnityskorvakkeet ja konsolit (Mustasaaren monitoimihalli ja Oriveden huoltoasematyömaa) sekä alakaton ripustuslangat kiinnitysosineen (Jyväskylän marketti ja kylpylä Kuopiossa).

Pettäneet yksityiskohdat ovat useissa tapauksissa mahdollisesti epäonnistuneet sen vuoksi, että kyseisen kohdan kriittisyyttä ei ole riittävästi tiedostettu. Suunnittelijalle tai valmistajalle on sattunut virhe, joita ihmisten tiedetään aina silloin tällöin tekevän. Ongelmana on tällöin ollut, että rakennushankkeessa ei ole pystytty toimimaan virheitä poimivalla ja korjaavalla tavalla. Useissa tapauksissa kukaan muu ei ole kyseistä yksityiskohtaa millään tavalla tarkastanut tai pohtinut vaan koko asia on jäänyt yksittäisen suunnittelijan tai toteuttajan vastuulle.

Onnettomuuksien syyksi on lähes poikkeuksetta paljastunut melko selkeä ja merkittävä virhe rakenteessa, sillä normien vaatimuksia suurempaa lumikuormaa tai muuta poikkeuksellisen suurta kuormaa ei ole tutkimuksissa ilmennyt. Toisinaan on epäilty, että suunnittelun aliarvostus, kova kilpailu ja alhaiset suunnittelupalkkiot ovat vaikuttaneet onnettomuuksiin johtaneisiin virheisiin. Suoranaista yhteyttä ei kuitenkaan ole havaittu, sillä lähes kaikissa onnet-

tomuuksissa suunnittelijat, kuten myös toteuttajat, ovat olleet erittäin päteviä ja kokeneita. Myöskään määräysten ja ohjeiden puutteet eivät ole olleet onnettomuuksiin oleellisesti vaikuttavina tekijöinä lukuun ottamatta Jyväskylän messuhallin kattoramahdusta, joskin kaikki määräykset ja ohjeet eivät aina ole olleet helposti saatavilla.

Onnettomuustutkimnan näkökulmasta näyttäisi siltä, että yksittäiset virheet pääsevät eteneeseen rakennushankkeissa liian helposti aina valmiiseen rakennukseen saakka. Englantilainen professori James Reason on esittänyt, että onnettomuus pyrkii koko ajan tapahtumaan ja siltä pitää aktiivisesti pyrkiä suojautumaan [1]. Onnettomuuksien estämiseksi tarvitaan suojauksia, joita on eri tasoisia. Niitä ovat esimerkiksi ”hyvä rakentamistapa”, koulutus, pätevyysvaatimukset, turvallisuuskulttuuri, lainsäädäntö, laatujärjestelmät, motivointi, rakennusvalvonta, ohjeistus, uusi tekniikka, projektinjohto jne. Kaikissa suojauksissa on aukkoja, minkä vuoksi suojauksia pitää olla useita. Jos yksi pettää, toinen torjuu onnettomuuden. On myös hyvä jos jäljelle jää vielä pitäviä suojauksia, joita ei edes tarvittu. Nyt rakennushankkeisiin pitää saada lisää suojauksia eli kykyä tunnistaa ja torjua riskejä.

Yksi keino turvallisuuden parantamiseksi voisi olla rakenteiden ja ehkä myös rakentamisorganisaation kriittisten kohtien tunnistaminen. Jo hankeen alkuvaiheessa voitaisiin listata niitä rakenteiden kohtia, joiden pettäminen johtaisi sellaisiin seurauksiin, joita ei voida hyväksyä. Samaan aikaan ja myös myöhemmin suunnittelun edetessä voitaisiin mieltää olla yhdessä keskustella, mitkä virheet voisivat johtaa kyseisen yksityiskohtaan pettämiseen ja miten juuri ne virheet järjestelmällisesti vältetään. Samaa listaa voitaisiin hyödyntää rakennuksen huoltokirjaa laadittaessa ja rakenteiden yksityiskohtia voitaisiin ottaa säännöllisesti tarkastettaviksi asioiksi. Kriittisten yksityiskohtien tunnistamista ja riskien vähentämistä voisi helpottaa valtakunnallinen tietokanta, johon olisi kerätty järjestelmällisesti tietoa rakennusalalla sattuneista onnettomuuksista ja vaaratilanteista.

Onnettomuuksien takaa löytyy yleensä puutteita yhteistyössä ja tiedonkulussa. Ei voi välttää vaihtelmalta, että rakennustensa suunnitte-

lussa ja valmistuksessa jokainen osapuoli keskittyy omaan työhönsä eikä muiden tekemään työhön juuri osoiteta kiinnostusta tai puuttua. Tietoa siirretään paperilla paikasta toiseen eikä edes mahdollisista virheistä keskustella. Suunnitelma toteutetaan työmaalla käytännönläheisellä tavalla ja havaitut ”pienet” epäjohtonmuokaisuudet ratkaistaan opituilla tavoilla luottaen omaan kokemukseen. Suunnittelija ei saa palautetta ja samat työmaalla havaitut puutteet suunnitelmissa voivat toistua.

Yhteistyön ja kommunikaation puutteiden välitöntä vaikutusta tapahtuneisiin onnettomuuksiin ei ole helppo osoittaa ja asian esille ottaminen saattaa kuulostaa liian yleiseen asiaan tarttumiselta. Kuitenkin on niin, että onnettomuuksien syyt ovat useimmiten varsin yksinkertaisia ja tarvittava tieto niiden estämiseksi olisi ollut helposti saatavissa jopa rakentamisorganisaatiolta itseltään. Vaativissa rakennushankkeissa lopputulosta ei selvästikään takaa pelkästään rakennushankkeeseen osallistuvien pätevyys vaan toimintatapoja tulisi muuttaa keskustelempaan suuntaan ja muiden työtä kohtaan tulisi osoittaa avointa kiinnostusta. Suunnittelun ja toteutuksen välisen tiedonkulun parantamiseksi olisi hyvä, että suunnittelutyön tilaajat sisällyttäisivät toimeksiantoon työmaakäyntejä. Onhan suunnittelija se, joka parhaiten tietää, kuinka rakenne toimii ja millaiseksi yksityiskohdat on suunniteltu.

Avainasemassa rakennushankkeen turvallisuuskulttuurin luomisessa on rakennuttaja, joka valitsee osapuolet ja määrittää tilauksillaan niiden tehtävät ja velvollisuudet. Rakennuttajan tukena toimii kunnallinen rakennusvalvontaviranomainen, jonka tehtävänä on myös osaltaan olla varmistamassa, että rakentamisorganisaatiolla on rakennushankkeen vaativuuteen nähden riittävät edellytykset selvittää tehtävistään. Hyvien edellytysten merkkejä ovat osapuolten kokemukset, toimivat yhteistyötävät, turvallisuushakuisuus sekä se, että tilaaja on sisällyttänyt toimeksiantoihin turvallisuudesta ja laajemmin ajatellen työn laadusta huolehtimisen.

KIRJALLISUUTTA

- [1] James Reason, *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Ashgate, 1997