



## Tutkintaselostus

D5/2010Y

# Sisäkattojen putoamiset Järvenpäässä ja Kittilässä syyskesällä 2010

Tutkintaselostus on tehty turvallisuuden parantamiseksi ja uusien onnettomuuksien ennalta ehkäisemiseksi eikä onnettomuudesta mahdollisesti johtuvaa vastuuta tai vahingonkorvausvelvollisuutta käsitellä. Tutkintaselostuksen käyttämistä muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä. Tutkintaselostusta ei ole kirjoitettu siten, että se olisi tarkoitettu käytettäväksi oikeudenkäynnissä.

**TUTKINNAN TUNNUS:** D5/2010Y  
**VALMISTUNUT:** 26.10.2010

**TUTKIJAT:** Kari Ylönen, Matti Leskelä

## Järvenpää

<b>Tapahtuma-aika:</b>	Viikonvaihte 14.–15.8.2010
<b>Tapahtumapaikka:</b>	Koulu, Järvenpää
<b>Tapahtuman luonne:</b>	Sisäkaton putoaminen
<b>Asianosaiset:</b>	Kaupunki
<b>Seuraukset tai vahingot:</b>	Liikuntahallin varaston sisäkatto ja siihen ripustetut talotekniset laitteet jouduttiin uusimaan kokonaan. Rakennuksesta löytyi vastaavia ongelmia useista tiloista. Osa tiloista oli käyttökiellossa yli kuukauden korjaustöiden johdosta. Ei henkilövahinkoja.
<b>Olosuhteet:</b>	Normaali loppukesän viikonvaihte.

## Kittilä

<b>Tapahtuma-aika:</b>	Maanantai 6.9.2010 kello 10.28
<b>Tapahtumapaikka:</b>	Kauppa, Kittilä
<b>Tapahtuman luonne:</b>	Sisäkaton putoaminen
<b>Asianosaiset:</b>	Rakennuksen omistaja/toiminnanharjoittaja, kymmenen asiakasta
<b>Seuraukset tai vahingot:</b>	Rakennuksen sisäkattoa tuhoutui noin 200 m <sup>2</sup> :n alueelta. Ripustuksia irtosi tätä suuremmalta alueelta. Suuri määrä myytävänä ollutta vaihto-omaisuutta tuhoutui myyntikelvottomaksi. Ei henkilövaihtoja.
<b>Olosuhteet:</b>	Syyspäivä, puolipilvistä.

# 1 TAPAHTUMIEN KULKU JA TAUSTATIEDOT

## 1.1 Järvenpää 15.8.2010

### Tapahtumien kulku

Sunnuntaina 15.8.2010 koululla käymässä ollut vararehtori havaitsi koulun liikuntasalin varaston katon pudonneen alas. Seuraavana aamuna koulun henkilökunnan ja kaupungin teknisen toimen edustajat arvioivat tilannetta ja päättivät evakuoita osan koulusta. Tapahtuneesta ilmoitettiin pelastuslaitokselle, ja päivystävä palomestari asetti koulun tiloja käyttökieltoon. Kaupungin teknisen toimen edustajat alkoivat kartoittaa ongelman laajuutta.

### Taustatiedot

Koulu on rakennettu vuonna 1990.



Kuva 1. Onnettomuuskoulu.

Sisäkaton rakenne ylhäältä alaspäin lueteltuna oli seuraava:

- (kattoristikot k900 mm, alapaarteen leveys 45 mm)
- puhallusvilla noin 200–250 mm (30 kg/m<sup>3</sup>) 6–7,5 kg/m<sup>2</sup>
- höyrynsulkumuovi
- ruoderimat 50 mm x 50 mm k400 mm (1 kg/m); kiinnitetty kattoristikoiden alapaarteeseen jokaisessa liitoksessa alhaalta päin käsin naulatulla 100 mm x 3,4 mm naulalla, 1 naula/liitos 2,5 kg/m<sup>2</sup>
- kipsilevy 13 mm; kiinnitetty rimoihin ruuveilla 9 kg/m<sup>2</sup>
- kipsilevy 13 mm; kiinnitetty ylempään kipsilevyyn ruuveilla, osa ruuveista osunut rimojen kohdille 9 kg/m<sup>2</sup>
- alaslaskettu katto, jossa oli 600 mm x 600 mm kokoiset kipsilevyt (paksuus 13 mm) teräslankojen ja T-listojen varassa. 9 kg/m<sup>2</sup>

Varaston (noin 30 m<sup>2</sup>) sisäkatto oli irronnut lähes kokonaisuudessaan. Ruoderimat kiinnitysnauloineen olivat irronneet kattoristikoiden alapaarteesta. Kattoristikoihin ei ollut jäänyt kiinni yhtään naulaa. Kattoristikot jäivät paikalleen eikä niissä ollut havaittavissa vaurioita. Katto oli irronnut kokonaan kantavan seinän vierestä (kuvassa 2 oikealla) ja jäänyt toisesta päästä kevyen väliseinän päälle roikkumaan.

Rakennepiirustuksissa ei ollut määritelty, miten pettänyt liitos olisi pitänyt tehdä. Piirustuksissa ei ollut mainintaa ripustuskuormista, pois lukien kattoristikoiden piirustuksissa ollut maininta alapaarteen kuormavarauksesta.

Rakenteen oma massa oli noin 35,5–37 kg/m<sup>2</sup>. Toteutuneen rakenteen naulaliitoksien ominaiskestävyys oli 0,35 kN/m<sup>2</sup> (noin 35 kg/m<sup>2</sup>). Lisäksi varaston kattoon oli kiinnitetty ilmastointikanavia ja kaapelihihly. Näistä aiheutui katon keskivaiheella arviolta vähintään 10 kg ripustuskuorma kiinnitintä kohden.



Kuva 2. Varaston pudonnut katto. Katto jäi seinän vieressä seinän läpi tulevan ilmastovaihtoputkiston varaan. Kattorakenteessa alimpana ollut alaslaskettu 600 mm x 600 mm levyistä koostunut kipsilevykatto oli kuvaa otettaessa jo purettu.



Kuva 3. Rimat 50 mm x 50 mm (k400) oli kiinnitetty kattoristikoiden alapaarteeseen 100 mm:n kirkailla käsin naulattavilla lankanuloilla, joiden tunkeuma alapaarteeseen oli 50 mm.

Koululla oli ollut sisäkatto-ongelmia jo noin kymmenen vuotta sitten. Muun muassa luokkien alas lasketuissa katoissa oli ollut silmin havaittavia roikkumia, jotka olivat johtuneet vastaavan naulaliitoksen pettämisestä. Luokissa alas lasketussa katoissa ei ollut kipsilevyä vaan kevyempää akustolevyä. Silloin ongelman laajuutta oli selvitelty ja näkyvissä olleet ongelmakohteet oli korjattu. Onnettomuuden jälkeisissä tarkastuksissa katon painumia löytyi lisää.

Luokkien sisäkattojen painumat eivät olleet johtaneet kattojen putoamiseen, koska luokkien väliset kevyet väliseinät oli rakennettu ruoderimojen kiinnityksen jälkeen ja väliseinät pitivät rakennetta ylhäällä.

## 1.2 Kittilä 6.9.2010

### Tapahtumien kulku

L-muotoisen kauppakeskuksen siivessä olevan ravintolan vahtimestari kuuli lauantain 4.9.2010 ja sunnuntain 5.9.2010 välisenä yönä toisessa siivessä olevan kaupan puolelta kovan pamauksen. Hän kiersi kaupan ympäri epäillen äänen aiheuttajaksi murto miehen toimia, mutta syytä pamaukselle ei löytynyt.

Seuraavana yönä saman ravintolan toinen vahtimestari kuuli vastaavanlaisen pamauksen, mutta silloinkaan selitystä äänelle ei löytynyt.

Maanantaina 6.9.2010 kello 10.28 kaupan vanhan osan sisäkattoa ripustuksineen putosi alas noin 200 m<sup>2</sup>:n alueelta alle viidessä sekunnissa. Pudonnut katto jäi pääosin myymälän hyllyjen varaan. Alimmillaan katon kipsilevy jäi noin 170 cm:n korkeudelle ja katossa vielä kiinni olleet ripustukset noin metrin korkeudelle. Osa ripustuksista putosi lattialle.

Myymälässä oli kymmenen henkilökuntaan kuuluvaa ja kymmenen asiakasta. Kaikki pystyivät poistumaan rakennuksesta turvallisesti; suurin osa pääoven kautta ja osa kaupan päädyssä olleen varaston oven kautta. Kukaan ei loukkaantunut.

Hätäkeskus sai ilmoituksen onnettomuudesta kello 10.29. Paikalle hälytettiin useita pelastuslaitoksen yksiköitä. Pelastustoiminnan johtajana ollut palopäällikkö asetti rakennuksen käyttökieltoon onnettomuuden tutkinnan ajaksi.

### Taustatiedot

Kiinteistön ensimmäinen vaihe on rakennettu vuonna 1991.



Kuva 4. Onnettomuuskauppa.

Sisäkaton alkuperäinen rakenne ylhäältä alaspäin lueteltuna oli seuraava:

- (kattoristikot k900 mm, alapaarteen leveys 45 mm)
- puhallusvilla noin 150–200 mm (30 kg/m<sup>3</sup>) 4,5–6 kg/m<sup>2</sup>
- lasivilla 125 mm (17 kg/m<sup>3</sup>) 2,1 kg/m<sup>2</sup>
- höyrynsulkumuovi
- ruodelaudat 20–24 mm x 100 mm k400 mm (1 kg/m); 2,5 kg/m<sup>2</sup>  
kiinnitetty kattoristikoiden alapaarteeseen jokaisessa  
liitoksessa kahdella 60 mm x 2,8 mm poikkileikkaukseltaan  
neliönmuotoisella konenaulalla
- kipsilevy 13 mm; kiinnitetty lautoihin ruuveilla. 9 kg/m<sup>2</sup>

Ruoteina käytettyjen lautojen paksuudet vaihtelivat 20–24 mm:n välillä.

Rakennepiirustuksissa ei ollut määritelty, miten lautojen ja alapaarteen välinen liitos olisi pitänyt tehdä. Piirustuksissa ei ollut mainintaa ripustuskuormista.

Alkuperäisen rakenteen oma massa oli noin 18,1–19,6 kg/m<sup>2</sup>.

Vuonna 2003 toteutettiin rakennuksen kolmas vaihe sisältäen sekä laajennuksen rakentamisen että vanhan osan muutostyön. Alkuperäiseen sisäkattoon piti tehdä muutoksia. Rakennesuunnitelman mukaan vanha kipsilevy piti poistaa, lautojen väliin piti asentaa uusi 45 mm x 70 mm k400 rimoitus ruuvikiinnityksellä ja rimoitukseen piti kiinnittää 15 mm kipsilevy valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. Suunnitelmissa oli maininta myös siitä, että ”ripustusten vaatimat lisätuennat kuuluvat urakkaan”.

Toteutus ei ollut suunnitelman mukainen. Vanhaa kipsilevyä ei poistettu ja uusi 15 mm:n kipsilevy (12,7 kg/m<sup>2</sup>) kiinnitettiin ruuveilla suoraan vanhaan kipsilevyyn. Uuden rakenteen oma massa oli noin 31–32 kg/m<sup>2</sup>. Toteutuneen rakenteen naulaliitoksien ominaiskestävyys oli 0,43 kN/m<sup>2</sup> (noin 43 kg/m<sup>2</sup>). Tutkinnassa ei selvinnyt, miten päätös poiketa alkuperäisestä suunnitelmasta syntyi.

Onnettomuudessa laudat kiinnitysnauloineen olivat irronneet kattoristikoiden alapaarteesta. Kattoristikoihin ei ollut jäänyt kiinni yhtään naulaa. Kattoristikot jäivät paikalleen eikä niissä ollut havaittavissa vaurioita.



Kuva 5. Pudonnut sisäkatto jäi suurelta osin kaupan hyllyjen varaan.



Kuva 6. Ruodelaudat 20–24 mm x 100 mm (k400) oli kiinnitetty kattoristikoiden alapaarteeseen kahdella 60 mm:n konenaulalla, joiden tunkeuma alapaarteeseen oli enintään 40 mm.

Katon putoaminen tallentui kahden valvontakameran välityksellä kaupan valvontajärjestelmään. Tallenteiden mukaan putoaminen alkoi seinän vierestä.

Kattoon oli tehty muun muassa seuraavia ripustuksia:

- valaisinkiskot niihin kiinnitettyine loisteputkivalaisimineen
- kohdevaloja
- ilmastointiputkia ja venttiilejä
- kaapelihyllyjä, joissa sähköjohtoja ja kylmälaitteiden kupariputkia
- valvontakamerat
- turvalot
- kaiuttimia.

Valvontakameran osoittamassa putoamisen alkamispaikassa kulki seinän vierellä leveää kaapelihyllyä, ja katon keskiosasta kyseiseen kohtaan tuli toinen kaapelihylly. Keskiosasta tulleella kaapelihyllyllä oli 20 eripaksuista sähkökaapelia ja kahdeksan kylmälaitteiden kupariputkea. Hyllyssä oli kannatinpari 2 metrin välein.

Seinän vieressä olleella kaapelihyllyllä oli silmämääräisesti arvioiden huomattavasti enemmän kaapeleita ja myös kupariputkia. Kaapelihyllyn kannattimet olivat 2,4–2,9 metrin välein.

Paikalla tehdyn arvion mukaan keskiosasta tulevan kaapelihyllyn paino oli ainakin 8 kg/m, jolloin kannatinparille tulee 16 kg:n kuorma. Seinän vieressä olleen kaapelihyllyn paino oli silmämääräisesti arvioiden tätä selvästi suurempi. Pitemmästä kannatinvälistä johtuen kannattimille tullut kuorma on saattanut olla arviolta 25 kg. Risteävien kaapelihyllyjen kannatinparit olivat risteyskohdassa 80 senttimetrin päässä toisistaan, jolloin tällä alueella reilun neliömetrin alueelle on tullut ainakin 40 kg:n ripustuskuorma. Lisäksi lähitöllä oli valaistuskisko ja tuloilmakanava, jonka päätelaitteen massa yksinään oli 15 kg.

Kaikki ripustukset oli kiinnitetty ruuveilla kipsilevyjen läpi ruodelautoihin

### 1.3 Katsaus aikaisempiin sisäkatto-onnettomuuksiin

#### **Kauppa, Pudasjärvi, 2000**

Pudasjärvellä putosi vuonna 2000 kaupan sisäkatto kokonaisuudessaan (1 700 m<sup>2</sup>). Kauppa on rakennettu vuonna 1999. Onnettomuustutkintakeskus on laatinut onnettomuudesta tutkintaselostuksen B2/2000Y.

Sisäkaton rakenne ylhäältä alaspäin lueteltuna oli seuraava:

- (kattoristikot k900 mm, alapaarteen leveys 45 mm)
- puhallusvilla noin 250 mm
- höyrynsulkumuovi
- ruoderimat 50 mm x 50 mm k600 mm; kiinnitetty kattoristikoiden alapaarteeseen jokaisessa liitoksessa kahdella 90 mm x 3,1 mm sähkösinkityllä konenaulalla
- rimojen välissä mineraalivillalevy
- laudat 22 mm x 100 mm k400
- pinnoitettu poimulevy.

Sisäkatto irtosi kattoristikoiden alapaarteen ja sen alla olleen 50 mm x 50 mm rimoituksen liitoksesta. Liitoksessa naulan tunkeuma alapaarteeseen oli 40 mm.

Rakenteen oma massa oli noin 20 kg/m<sup>2</sup>. Toteutuneen rakenteen naulaliitoksien ominaiskestävyys oli 0,33 kN/m<sup>2</sup> (noin 33 kg/m<sup>2</sup>).

Naulaliitos ei ollut suunnitelmien mukainen. Suunnittelija oli suunnitellut liitokseen laitettavaksi kolme käsin lyötävää 100 mm x 3,4 mm kirkasta lankanaulaa. Suunnitelmissa ei ollut mainintoja ripustuskuormista.

Onnettomuus tapahtui kaupan sulkemisen jälkeen. Rakennuksen sisällä oli kaksi siivoojaa, jotka eivät loukkaantuneet. Siivoojien ensimmäinen havainto onnettomuudesta oli juuri ennen katon putoamista katosta kuulunut ”napsahtelu”.



Tutkinnassa selvisi, ettei mitään ripustuksia ollut tehty kattoristikoista, vaan kaikkien ripustusten paino rasitti pettänyttä naulaliitosta. Siivoojat pystyivät kertomaan sortuman alkamisalueen, ja tutkinnassa määriteltiin kyseisellä alueella olleiden kaikkien ripustusten katolle aiheuttama kuorma. Keskimääräiseksi ripustusten massaksi tutkitulla 90 m<sup>2</sup>:n alueella saatiin yli 25 kg/m<sup>2</sup> suurimpien pistekuormien ollessa nelinkertaisia keskimääräiseen. Tällä noin 90 m<sup>2</sup> suuruisella alueella olivat koko myymälän suurimmat kuormat, koska kookkaimmat putket, kanavat ja painavimmat kaapelihyllyt lähtivät seinän takana olevasta konehuoneesta ja sähköpääkeskuksesta.

### **Kauppa, Sysmä, 2005**

Sysmässä putosi vuonna 2005 kaupan sisäkattoa noin 400 m<sup>2</sup>:n alueelta. Kauppa on rakennettu vuonna 1997. Onnettomuustutkintakeskus on laatinut onnettomuudesta tutkintaselostuksen B2/2005Y.

Sisäkaton rakenne ylhäältä alaspäin lueteltuna oli seuraava:

- (kattoristikot yleensä k1200 mm (joka kuudes k600), alapaarteen leveys 45 mm)
- puhallusvilla noin 300 mm
- höyrynsulkumuovi
- ruoderimat 50 mm x 50 mm k400 mm 45 asteen kulmassa ristikoihin; kiinnitetty kattoristikoiden alapaarteeseen yleensä kahdella 90 mm x 3,1 mm konenaulalla
- kattoristikoiden suuntaiset laudat 22 mm x 100 mm k400
- kipsilevy 13 mm.

Sisäkatto irtosi kattoristikoiden alapaarteen ja sen alla olleen 50 mm x 50 mm rimoituksen liitoksesta. Liitoksessa naulan tunkeuma alapaarteeseen oli 40 mm.

Rakenteen oma massa oli vähintään 20 kg/m<sup>2</sup>. Toteutuneen rakenteen naulaliitoksien ominaiskestävyys alueella, jossa kattoristikoiden väli oli k1200, oli 0,26 kN/m<sup>2</sup> (noin 26 kg/m<sup>2</sup>).

Rakennekuivissa naulaliitosta ei ollut suunniteltu lainkaan. Suunnitelmien kaikki muut naulaliitokset oli suunniteltu käsin lyötäville nauloille. Kaikki rakenteissa havaitut naulaukset oli tehty konenauloilla. Suunnitelmissa ei ollut mainintoja ripustuskuormista.

Onnettomuuden tapahtuessa kauppa oli auki ja kaupan sisällä oli 25 henkilöä. Vaurioalueella oli yhdeksän henkilöä, joista kukaan ei loukkaantunut. Erään läsnä olleen ensimmäinen havainto onnettomuudesta oli noin 40 sekuntia ennen katon putoamista katosta kuulunut kova pamaus.

Tutkinnassa selvisi, ettei ripustuksia ollut tehty kattoristikoista, vaan kaikkien ripustusten paino rasitti pettäneitä naulaliitoksia. Tutkinnassa ripustuksen keskimääräiseksi massaksi arvioitiin noin 3 kg/m<sup>2</sup> suurimpien pistekuormien ollessa arviolta 20 kg.

Tutkinnan aikana ympäristöministeriö lähetti kuntien rakennustarkastajille kirjeen sisäkattojen rakenteellisesta turvallisuudesta (8.7.2005 YM7/629/2005).

### **Kaksi sikalaa**

VTT:n tutkimuksessa *Suurten maatalousrakennusten rakenteellinen turvallisuus* (Kortesmaa, 2007) on tutkittu myös sisäkattojen ongelmia. Tutkimukseen liittyen saatiin tietoa myös vakuutusyhtiöiltä, mutta vain hajanaisesti ja vähemmän kuin aluksi oletettiin.

Tämä johtui raportin mukaan siitä, että vakuutusyhtiöt korvaavat harvoin rakennusten sortumiin tai vaurioihin liittyviä tapauksia.

Tutkimuksen liitteessä 2 on lueteltu vakuutusyhtiöiltä saadut vauriotiedot. Kolmentoista tapauksen joukossa on kaksi sisäkaton putoamista, jotka molemmat tapahtuivat sikalassa (taulukko 1).

Taulukko 1. Kahden sikalan sisäkaton pettäneiden naulaliitosten vertailu.

	Sikala 1	Sikala 2
<b>Kattoristikot</b>	tehdasvalmisteinen k1200	
<b>Ruodelauta</b>	22 x 100 k900	32 x 100 k500
<b>Naula</b>	konenaula, pituus 65 mm	
<b>Naulojen määrä</b>	2/liitos	2–3/liitos
<b>Sisäkattolevy</b>	alumiiniprofiilipelti	
<b>Ripustuskuorma</b>	valaisimet ja ilmanvaihtolaitteita	

Molemmissa tapauksissa vakuutusyhtiön tietoihin onnettomuuden syyksi oli kirjattu nau-lausten kantavuuden mitoitus. Lisäksi kummassakaan tapauksissa ei voitu täysin sulkea pois ilmanvaihdon aiheuttaman alipaineen mahdollista vaikutusta.

### Lounasravintola, Jyväskylä, 2008

Jyväskylässä putosi vuonna 2008 lounasravintolan sisäkattoa noin 10 m<sup>2</sup>:n alueelta. Ravintola on rakennettu vuonna 1983. Onnettomuustutkintakeskus on laatinut onnettomuudesta tutkintaselostuksen D1/2008Y.

Sisäkaton rakenne ylhäältä alaspäin lueteltuna oli seuraava:

- (sekundääräkannattimet 50 mm x 125 mm k1200)
- villalevyt 250 mm
- huokoinen kuitulevy 12 mm, jonka pinnassa höyrynsulkumuovi
- ruoderimat 50 mm x 50 mm k600; rimat oli kiinnitetty sekundääräkannattimiin käsin naulatuilla kirkailla 100 mm x 3,4 mm nauloilla, pääsääntöisesti yksi nau-la/liitos
- kipsilevy 13 mm
- verhouksen tukipuut 20 mm x 67 mm k300
- puurtiläverhous 20 mm x 35 mm k40.

Sisäkatto irtosi sekundääräkannattimien ja sen alla olleen kuitulevyn liitoksesta. Liitok-sessa naulan tunkeuma alapaarteeseen oli 38 mm, koska naulan kannan puolelle jäi sekä riman paksuus (50 mm) että kuitulevyn paksuus (12 mm).

Sisäkatto on katon lappeen suuntainen (kaltevuus noin 1/3). Osa sekundääräkannatti-mista irronneesta rakenteesta jäi ylös roikkumaan.

Onnettomuuden tapahtuessa ravintola oli auki. Sisällä oli yksi asiakas ja kaksi henkilö-kuntaan kuuluvaa. Ennen katon putoamista paikalla olleet kuulivat kattorakenteista nari-naa ja pientä pauketta. Kukaan ei jäänyt putoavien osien alle eikä tapahtumasta aiheu-tunut henkilövahinkoja.

### Omakotitalo, Tuusula, 2010

Tammikuussa 2010 Tuusulassa tapahtui onnettomuus, jossa omakotitalon olohuoneen sisäkatto putosi alas. Katto jäi toisesta päästään korkean kirjahyllyn päälle. Kaksi talon

iäkstä asukasta oli onnettomuuden tapahtuessa katsomassa televisiota tuoleilla lähellä hyllyä, eivätkä he loukkaantuneet. Katon alle jäänyt tila oli niin ahdas, etteivät he pystyneet poistumaan sieltä omin voimin. Toisen asukkaan matkapuhelin oli hyllyn alatasolla, ja hän pystyi soittamaan hätäkeskukseen.

Pelastuslaitoksen yksiköiden tultua paikalle pelastushenkilöstö raivasi kattoa sen verran, että alle jääneet pääsivät turvaan.

Onnettomuus tapahtui iltapäivällä kello 17 jälkeen. Saman päivän aamuna puhallusvillaurakoitsija oli asentanut yläpohjaan 200 mm lisää eristettä (puhallusvillaa) siellä olleen 300 mm villan päälle. Työhön liittyen asentajat olivat liikkuneet yläpohjassa.

Talo on rakennettu vuonna 1994. Talon rakentajan mukaan kattoristikoiden alapaarteeseen oli kiinnitetty höyrysulun alapuolelle 22 mm x 100 mm ruodelaudat 300 mm väleillä. Rakentajan mukaan laudat oli naulattu kiinni 75 mm konenauloilla. Tätä ei päästy varmistamaan, koska pudonneen katon osat oli hävitetty ennen kuin tapaus tuli tutkijoiden tietoon. Katossa ei ollut tavanomaisesta poikkeavia ripustuskuormia. Rakennepiirustuksissa ei ollut määritelty naulaliitosta, vaan rakentaja kertoi naulanneensa sen, kuten siihen aikaan oli tapana.

Onnettomuuden syystä ei ole varmuutta. Naulaliitoksen irtoaminen voi olla seurausta yläpohjassa liikkumisesta.

#### 1.4 Määräykset ja ohjeet

Puurakenteiden ja niihin liittyvien nauлаusten suunnittelua ohjaa Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa B10, Puurakenteet. Ohje on alun perin vuodelta 1983 ja sitä on muutettu vuosina 1990 ja 2001. Ohjeeseen perustuvan Suomen Rakennusinsinöörien Liiton ohjeen RIL 120 painoksia on ilmestynyt vuosina 1991, 2001 ja 2004. Ohjeessa B10 ei ole missään vaiheessa kielletty sileiden naulojen käyttöä vetorasitettuna pitkäaikaisille kuormille, mutta esistandardiin Eurokoodi 5 (ENV 1995-1-1) perustuvissa ohjeissa asia on mainittu ensi kerran vuonna 1997. Suomen Rakennusinsinöörien Liiton ohjeen B10 pohjalta tehtyyn RIL 120 -ohjeeseen kielto tuli ensimmäisen kerran vuoden 2004 painokseen.

Naulaliitoksen ominaistartuntakestävyys kärjen puoleisessa puussa voidaan B10 mukaan laskea kaavalla  $F_{uk} = f_u d(L-1,5d)$  [N], missä  $f_u$  = naulatyyppikohtainen tartuntalujuus [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ],  $L$  on nimellinen tartuntapituus  $\geq 12d$  ja  $d$  = naulan halkaisija [mm]. Sileällä naulalla  $f_u = 1,6 \text{ N}/\text{mm}^2$ . Pitkäkestoisessa kuormituksessa (kuorman aikaluokka A) sileän naulan kerroin tulee kuitenkin kertoa luvulla 0,5. Kuumasinkityllä nelikulmaisella naulalla  $f_u = 3,1$  ja pitkäkestoisen kuormituksen lisäkerroin on 0,8. Kuumasinkityn nelikulmaisena naulan tartuntakestävyys on laskennallisesti 3,1-kertainen sileään naulaan verrattuna.

Osavarmuusmenettelyn mukaan pysyvän kuorman osavarmuusluku on  $\gamma_g = 1,2$  ja puurakenteiden materiaaliosavarmuusluku  $\gamma_m = 1,3$ , jonka perusteella päädytään ehtoon  $F_{gk} \leq F_{uk}/(\gamma_m \gamma_g) \approx F_{uk}/1,6$ . Siis ominaiskuorma saa olla enintään ominaiskestävyys jaettuna 1,6:lla.

## 2 ANALYYSI

### Naulaliitosten vertailua

Kaikissa edellä mainituissa onnettomuuksissa pettänyt liitos oli sama eli kattoristikon alapaarteen (tai vastaavan rakenteen) ja siihen alhaalta päin naulaamalla kiinnitettyjen rimojen tai lautojen välinen liitos.

Seuraavissa taulukoissa on vertailtu kahden uuden tapauksen (Järvenpää ja Kittilä) sekä kahden vakavimman vanhan tapauksen (Pudasjärvi ja Sysmä) toteutuneita naulaliitoksia. Kaikki neljä rakennusta on rakennettu 1990-luvulla (Järvenpää 1990, Kittilä 1991, Sysmä 1997, Pudasjärvi 1999).

Taulukko 2. Pettäneiden naulaliitosten vertailua.

Paikka	Ruoteen paks x lev [mm]	Liitosta/ m <sup>2</sup>	Naula				
			Kpl/liitos	Kpl/ m <sup>2</sup>	Pit x halk (d) [mm x mm]	Kärjen tunkeuma, [mm]	Tyyppi (B10)
Pudasjärvi	50 x 50	1,9	2	3,8	kone 90 x 3,1	40	sileä
Sysmä	50 x 50	1,5 <sup>1)</sup>	2	3 <sup>1)</sup>	kone 90 x 3,1	40	sileä
Järvenpää	50 x 50	2,8	1	2,8	100 x 3,4	50	sileä
Kittilä	22 x 100	2,8	2	5,6	kone 60 x 2,8	38	sileä

1) Alueella, jossa kattoristikkojako oli k1200 mm.

Naulaliitosten tartuntakestävyydet esitetään taulukossa 3.

Taulukko 3. Tartuntakestävyyden ja rakenteen oman painon vertailua. Tarkastelussa ei ole mukana ripustuksien aiheuttamia kuormia.

Paikka	Liitoksien ominaiskestävyys/katon pinta-ala F <sub>uk</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Liitoksien mitoituskestävyys/katon pinta-ala <sup>2)</sup> [kN/m <sup>2</sup> ]	Sisäkaton oman painon ominaisarvo [kN/m <sup>2</sup> ]	Mitoituskestävyys/oman painon ominaisarvo
Pudasjärvi	0,33	0,25	0,20	1,25
Sysmä <sup>1)</sup>	0,26	0,20	0,20	1,0
Järvenpää	0,35	0,27	0,35	0,75
Kittilä	0,43	0,33	0,31	1,06

1) Alueella, jossa kattoristikkojako oli k1200 mm.

2) Tartuntakestävyyden mitoitusarvo = tartuntakestävyyden ominaisarvo/materiaalin osavarmuusluku 1,3 (ohje B10).

Taulukon 3 viimeinen sarake osoittaa oman painon osavarmuusluvun suuruuden. Vain Pudasjärven tapauksessa se vastasi vaadittua arvoa  $\gamma_g = 1,2$ , kun ripustusten painoa ei oteta huomioon. Siellä tosin ripustuskuormat olivat selvästi suurimmat. Sysmässä ja Kittilässä tartuntalujuuden mitoitusarvo oli suuruusluokaltaan sama kuin rakenteen oma paino. Järvenpään tapauksessa oli suurin alitus.

Kaikissa tapauksissa sisäkaton alapintaan oli kiinnitetty talotekniikkaa kuten yleisvalaisimia ja ilmanvaihtolaitteita. Kaupoissa sisäkattoon oli kiinnitetty toimintaan liittyviä ripustuksia kuten käytävätauluja, kylmälaitteiden putkituksia ja kohdevaloja. Rakenne-

suunnitelmissa ei ripustuskuormia ollut otettu huomioon lukuun ottamatta tapausta, jossa rakennuksen laajennuksen yhteydessä vuonna 2003 suunnitelmiin oli kirjattu maininta ripustusten vaatimien lisätuntojen kuulumisesta urakkaan.

Kolmessa tapauksessa oli henkilöitä paikalla. Näissä kaikissa tapauksissa paikalla olijat kuuluivat katosta tartunnan irtoamiseen liittyviä ääniä ennen romahtamista.

Yhdessä tapauksessa jälkikäteen selvisi, että henkilökunta oli kiinnittänyt huomiota katon notkolla oloon muissa kuin nyt pudonneissa tiloissa. Tutkimuksissa selvisi, että eniten taipuneissa kohdissa naulat olivat irronneet alapaarteesta kokonaan.

Kyseessä oleva naulaliitos on altis paikallisten pistemäisten kuormien aiheuttamalle jatkuvalle sortumalle. Yhden liitoksen pettäminen aiheuttaa kuorman siirtymisen seuraaville liitoksille, ja näin ollen jatkuva sortuma on mahdollinen.

### **Pohdintaa naulaliitoksen käytännön toteutuksesta**

Puurakentamisessa on ollut aina vallalla kirvesmiesten perimätietoa, jonka mukaan on rakennettu ("...ainahan näin on tehty, eikä ongelmia ole ollut..."). Yksi ongelma sisäkattojen kiinnityksissä on edelleen yleinen: kiinnityksiä ei aina mielletä kantaviksi rakenneliitoksiksi.

Runkonaulaimet ja niiden pyöreät sileät konenaulat yleistyivät urakkamiehen työkaluiksi joskus 1980-luvulta alkaen. Kuviteltiin, että vain naulan pituus ratkaisee ja poikkileikkauksella ei ole väliä. Samoin kuviteltiin, että sileä kirkas naula tarttuu yhtä hyvin kuin sinkitty naula. Sinkityksen laatuunkaan ei kiinnitetty huomiota, vaikka sähkösinkitty naula vastaa kirkasta sileää naulaa ja vain upposinkitty karheapintainen naula on se ohjeissa mainittu sinkitty naula.

Tarkasteltavana olevista tapauksista kahdessa liitoksen nauлаusta ei ollut suunniteltu lainkaan. Kolmannessa alkuperäisen liitoksen nauлаusta ei ollut suunniteltu, mutta rakennuksen laajennuksen suunnittelun yhteydessä liitos oli suunniteltu toteutettavaksi ruuveilla. Lopullinen toteutus ei ollut suunnitelman mukainen. Neljännessä nauлаus oli suunniteltu, mutta toteutus poikkesi suunnitellusta.

Sekä näissä tapauksissa, että muissa tutkinnoissa on tullut ilmi, että vielä 1990-luvun loppupuolellakin suunnittelijat saattoivat suunnitella naulaliitoksia perinteisillä lankanauлоilla toteutettavaksi, vaikka maan tapana oli tehdä lähes kaikki nauлаukset konenauлоilla. Näistä aiheutuvat ongelmat ovat tulleet esiin viiveellä.

## **3 JOHTOPÄÄTÖKSET**

Molemmissa tutkittavana olleissa tapauksissa onnettomuuden syy oli kattoristikoiden alapaarten ja siihen nauлаamalla kiinnitetyn sisäkattorakenteen naulaliitoksen riittämättömän tartuntakestävyys.

Liitos ei laskennallisesti kestänyt edes sisäkaton omaa painoa ilman ripustuksia. Kattoihin kiinnitetty, rakennusten käyttötarkoituksen kannalta olennaiset ripustukset pahensivat tilannetta.

Vastaavanlaisia sisäkattorakenteita on julkisissa tiloissa satoja ja asuinrakennuksissa (pientaloissa) tuhansia.

Liitos voi pettää myös omakotitalossa, vaikka siellä huoneiden pinta-alat ovat kokoon-  
tumistiloja pienempiä ja huoneiden väliset kevyet väliseinät saattavat estää rakenteen  
putoamisen.

Asia on ollut tunnettu jo yli kymmenen vuoden ajan, mutta selvästi rakennuksen omista-  
jat eivät ole tunnistaneeet vaaraa.

#### **4 TOTEUTETUT TOIMENPITEET**

Kittilässä rakennusvalvonta on vaatinut korjauksista rakennuslupamenettelyn ja koko  
kiinteistön alakattojen liitosten tarkastamisen.

Järvenpäässä kaupunki on tarkastanut koulun kaikkien tilojen liitokset ja vahvistanut nii-  
tä kulmarauodoilla. Lisäksi kaupunki on kartoittanut mahdolliset riskikohteet (koulut, päi-  
väkodit ja vastaavat) ja aloittanut niiden kohteiden tarkastukset. Rakennusvalvonta on  
vaatinut koulun korjauksista rakennuslupamenettelyn ja tulee vaatimaan menettelyn  
myös muilta mahdollisilta korjauksia vaativilta kohteilta.

Onnettomuustutkintakeskus tiedotti tutkinnassa tehdyistä havainnoista 10.9.2010 muun  
muassa tiedotusvälineille, ympäristöministeriöön, kolmen suuren kauppaketjun edustajil-  
le sekä Opetushallitukseen.

#### **5 TUTKIJOIDEN TOIMENPIDE-EHDOTUKSET**

1) Tarkasteltavana oleva rakenne saattaa olla vaarallinen. Vaara on ollut tiedossa yli  
kymmenen vuoden ajan, mutta tapahtuneet onnettomuudet osoittavat, ettei vaaraa ole  
saatu poistettua. Rakennusten omistajien tulisi tunnistaa vaara, arvioida onnettomuuden  
riski ja ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin.

*Ympäristöministeriön tulisi huolehtia siitä, että tieto naulakiinnitteisen sisäkaton  
vaaroista saataisiin leviämään rakennusten omistajille.*

2) Erityisen riskialttiiksi rakenne tulee, jos sisäkattoon on kiinnitetty ripustuksia.

*Sisäkattoon tulevat ripustukset ja niiden tukeminen tulisi aina suunnitella kohteissa,  
joihin sisältyy henkilövahingon vaara. Rakennusvalvonnan tulisi ohjata hankkeen  
osapuolia siten, että suunnitelmissa esitetään sisäkaton kiinnityksen ohella ripus-  
tusten toteutus.*

## LÄHTEET

1. Pelastustoimen Pronto-tietojärjestelmän tapauksiin liittyvät hälytys- ja onnettomuusselosteet
2. Järvenpään koulun rakennuslupapiirustukset
3. Kittilän kaupan rakennuslupapiirustukset
4. Peräpohjolan poliisilaitoksen tutkintailmoitus nro 8690/S/2450/10
5. Onnettomuustutkintakeskus, 2001. Tutkintaselostus B2/2000Y: Supermarketin sisäkaton putoaminen Pudasjärvellä 27.12.2000
6. Onnettomuustutkintakeskus, 2005. Tutkintaselostus B2/2005Y: Marketin sisäkaton putoaminen Sysmässä 27.4.2005
7. Onnettomuustutkintakeskus, 2008. Tutkintaselostus D1/2008Y: Lounasravintolan kahvion sisäkaton putoaminen Jyväskylässä 22.3.2008
8. Kortesmaa, M., 2007. Suurten maatalousrakennusten rakenteellinen turvallisuus, VTT (<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=75955&lan=fi>);  
liite 2 Vakuutusyhtiöiltä saadut vauriotiedot  
(<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=75958&lan=fi>)
9. Ympäristöministeriö, 1982, 1998. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Määräys B1 - Rakenteiden varmuus ja kuormitukset
10. Ympäristöministeriö, 1983, 1990, 2001. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Ohje B10 – Puurakenteet
11. Ympäristöministeriö 8.7.2005 (YM7/629/2005). Kirje kuntien rakennustarkastajille: Sisäkattojen rakenteellinen turvallisuus.
12. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, 2004. RIL 120 - Puurakenteiden suunniteluohjeet
13. Eurokoodi 5: ENV 1995-1-1