

Seinäjoen
ammattikorkeakoulun
julkaisusarja

B

Autio Veli, Björkman Jouni,
Grönberg Peter, Heinisuo Markku
ja Ylihärsilä Heikki

**Rakennusten
palokuormien
inventaariotutkimus**

Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja
B. Raportteja ja selvityksiä 47

Autio Veli, Björkman Jouni,
Grönberg Peter, Heinisuo Markku
ja Ylihärsilä Heikki

Rakennusten palokuormien inventaaritutkimus

Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja
Publications of Seinäjoki University of Applied Sciences

- A. **Tutkimuksia** Research reports
- B. **Raportteja ja selvityksiä** Reports
- C. **Oppimateriaaleja** Teaching materials
- D. **Opinnäytetöitä** Theses

Myynti:

Seinäjoen korkeakoulukirjasto
Keskuskatu 34 PL 97, 60101 Seinäjoki
puh. 020 124 5040 fax 020 124 5041
seamk.kirjasto@seamk.fi

ISBN 978-952-5863-08-6 (verkkojulkaisu)
ISSN 1797-5573 (verkkojulkaisu)

ALKUSANAT

Seinäjoen ammattikorkeakoulun hallinnoima Rakennusten palokuormien inventaariotutkimus on toteutettu yhteistyössä Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen, Tampereen teknillisen yliopiston ja Seinäjoen ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön kanssa. Tutkimuksesta julkaistaan tämä julkinen loppuraportti ja tuloksia tullaan esittelemään kotimaisissa ja kansainvälisissä konferensseissa ja seminaareissa. Tutkimuksen teon yhteydessä syntyi tutkimukseen liittyen kaksi opinnäytetyötä Seinäjoen ammattikorkeakoulun Rakennustekniikan koulutusohjelmassa (Hiipakka 2010, Hööpakka 2010).

Tutkimuksen päärahoittaja on Palosuojelurahasto sekä muina rahoittajina ovat Ympäristöministeriö, Teräsrakenneyhdistys, Seinäjoen kaupunki/ Seinäjoen seudun elinkeinokeskus liikelaitos ja Tampereen teknillinen yliopisto.

Tutkimuksen ohjausryhmään ovat kuuluneet Olli Kaitila (Teräsrakenneyhdistys ry, puheenjohtaja), Jorma O. Jantunen (Ympäristöministeriö), Jyri Outinen (Rautaruukki Oyj), Jukka Pajunen (Seinäjoen kaupunki), Jussi Rahikainen (Sisäasianministeriö) aluksi ja hänen siirryttyä muihin tehtäviin tilalle tuli Kati Tillander, Jouni Björkman (Seinäjoen ammattikorkeakoulu), Veli-Matti Hakala (Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitos), Esko Mikkola (Valtion teknillinen tutkimuskeskus).

Tutkimuksella on ollut työryhmä, joka vastasi hankkeen toteutumisesta, ja siihen kuuluivat Markku Heinisuo (Tampereen teknillinen yliopisto / Metallirakentamisen tutkimuskeskus), Kati Tillander (VTT) aluksi ja hänen siirryttyä muihin tehtäviin tilalle tuli Peter Grönberg (VTT) sekä Seinäjoen ammattikorkeakoulun tekniikan yksiköstä Veli Autio, Jouni Björkman ja Heikki Ylihärsilä.

Kiitämme tutkimuksen rahoittajia, jotka tekivät tämän tutkimuksen mahdolliseksi. Projektin ohjausryhmää ja työryhmää kiitämme aktiivisuudesta tutkimuksen ohjauksessa. Erityisesti kiitämme Seinäjoen ammattikorkeakoulun rakennustekniikan opiskelijoita, jotka omalla työpanoksellaan mahdollistivat tämän tutkimuksen kohteena olleiden rakennusten palokuormien inventaarion toteutuksen. Kiitoksen ansaitsevat myös liikkeet ja niiden vastuuhenkilöt, jotka antoivat suorittaa inventaarion tiloissaan.

Seinäjoki 23.11.2010

Seinäjoen ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö



Heikki Ylihärsilä
Koulutusohjelmapäällikkö



Veli Autio
Projekti-insinööri

Sisällys

TIIVISTELMÄ	7
ABSTRACT	8
1. JOHDANTO	9
1.1 Palokuormien määrittämisen tarve	9
1.2 Eurokoodien mukainen palokuorman laskenta	9
1.3 Eurokoodien palo-osien käyttö.....	11
1.4 Palokuormien määrittäminen yleisesti.....	11
1.5 Tämän tutkimuksen tavoitteet	14
2. PALOKUORMAKARTOITUKSEN NYKYTILA	16
2.1 Palokuorman määrittäminen	16
2.2 Palokuormamääritykset Suomessa	16
2.3 Palokuormamääritykset ulkomailla.....	17
3 MITTAUKSET	20
3.1 Mittauskohteet.....	20
3.2 Mittausmenetelmät	21
3.3 Palokuorman laskenta	22
3.4 Mittauksien eteneminen kentällä.....	22
3.5 Inventaarion haasteet ja ongelmat.....	23
4 TULOKSET	24
4.1 Palokuorman tiheys: Liiketilat ja aputilat	24
4.2 Jakauman sovittaminen mittauksiin	28
4.3 Erytystapaukset: päivittäistavaraliikkeet, pienet erikoisliikkeet sekä varastot	32
4.4 Sovituksen hyvyys	35
4.5 Pohdintoja.....	36
4.6 Muut tulokset.....	39
5 YHTEENVETO	40
LÄHTEET	44
Liite 1. COST action TU0604.....	46
Liite 2. Tiedonkeruulomake	51
Liite 3. Laskennassa käytettyjä palamislämpötiloja.....	56
Liite 4. Saate tutkimusehdokkaille	57
Liite 5. Mittaustulokset.....	58

KUVAT

KUVA 1.	Keittiön palokuorman kumulatiivinen kertymäfunktio.	13
KUVA 2.	Liiketilojen tyyppijakauma.	24
KUVA 3.	Aputilojen tyyppijakauma.	24
KUVA 4.	Liiketilojen (a) ja aputilojen (b) kokonaispalokuorman jakautuminen irtaimen ja kiinteään.	25
KUVA 5.	Irtaimen palokuorman koostumus liike- (a) ja aputiloissa (b).	27
KUVA 6a.	Liiketilojen sovitettut tiheysfunktiot $f(x)$ ja kertymäfunktiot $F(x)$. Mittausten perusteella laskettujen palokuormatiheyksien sijoittuminen on kuvattu histogrammilla ja palokuorman tiheyden kertymä ”porraskäyrällä”.	30
KUVA 6b.	Aputilojen sovitettut tiheysfunktiot $f(x)$ ja kertymäfunktiot $F(x)$. Mittausten perusteella laskettujen palokuormatiheyksien sijoittuminen on kuvattu histogrammilla ja palokuorman tiheyden kertymä ”porraskäyrällä”.	31
KUVA 7.	Päivittäistavaraliikkeiden ja ostoskeskuksien erikoisliikkeiden palokuorman tiheyksien sijoittuminen kertymäkäyrällä.	32
KUVA 8.	Varastojen palokuorman tiheyksien sijoittuminen kertymäkäyrällä.	33
KUVA 9.	Liiketilojen (a) ja aputilojen (b) palokuorman tiheyden ja lattiapinta-alan vastinpisteet.	34
KUVA 10.	Liiketilojen (a) ja aputilojen (b) palokuorman kokonaismäärän riippuvuus tilan koosta.	38
KUVA 11.	Kauppojen palokuormien vertailu Gumbelin jakauman mukaan. ...	42

TAULUKOT

TAULUKKO 1.	Palokuormatutkimukset Suomessa ja ulkomailla.	19
TAULUKKO 2.	Tuloksiin huomioidut myymälä- ja liiketilojen mitat.	20
TAULUKKO 3.	Laskennassa käytettyjen palamislämpöjen keskiarvoja.	22
TAULUKKO 4.	Jakaumaparametrit liiketiloille.	29
TAULUKKO 5.	Jakaumaparametrit aputiloille.	29
TAULUKKO 6.	χ^2 -testin tulokset liiketiloille.	35
TAULUKKO 7.	Kauppatilojen mitattuja palokuormia.	41

TIIVISTELMÄ

Paloturvallisuuteen liittyen Eurokoodeissa annetaan rakennuksille palokuormien tiheydet käyttötavan mukaan (EN 1991-1-2, 2003). Kansallisen liitteen (NA, EN 1991-1-2, 2007) mukaan Eurokoodin EN 1991-1-2 liitettä E ei kuitenkaan ole otettu Suomessa käyttöön, kun määritetään palokuormien tiheyksiä eri tiloihin. Ostoskeskuksissa ja erilaisissa myymälätiloissa palokuormat saattavat vaihdella huomattavasti, joten tässä tutkimuksessa päätettiin keskittyä näihin. Tämän tutkimuksen tuloksen, yhdessä meneillään olevien (erityisesti asuinrakennuksia koskevan tutkimuksen) sekä aiempien Suomessa ja muualla tehtyjen tutkimusten tulosten kanssa, toivotaan muodostavan perustan, jonka mukaan palokuormien tiheyksien minimiarvot voidaan määrittää maamme Eurokoodien mukaiseen rakennusten suunnitteluun.

Tutkimuskohteiksi etsittiin erikokoisia ja erityyppistä tavaraa myyviä liikkeitä Seinäjoelta ja sen lähiympäristöstä. Liikkeiden maantieteellisellä sijainnilla ei katsottu olevan suurta merkitystä tutkimuksen tuloksiin. Kohteiden valinnassa pyrittiin myös siihen että mukaan tulisivat myös kohteet, joissa olisi mahdollisimman suuri tai pieni palokuorman tiheys.

Mittauksia tehtiin yhteensä 30 liikkeessä ja niihin liittyvissä muissa tiloissa. Muut tilat olivat lähinnä varastoja ja takahuoneita. Tutkittua lattiapinta-alaa oli yhteensä lähes 28000 m², joista pienin liike oli 54 m² ja suurin 4550 m² + 800 m²:n varasto. Edustettuihin olivat esimerkiksi kenkä-, vaate- ja kirjakauppoja, huonekaluliikkeitä ja yhdeksän päivittäistavaraliikettä. Tutkimuksessa sovellettiin Theuvoyen et al. (2008) kuvaamaa mittausmenetelmää, jossa palavat materiaalit jaettiin puuhun, tekstiileihin, muoviin, paperiin ja sekalaisiin materiaaleihin. Kiinteään palokuormaan liittyvät mittaukset tehtiin rakenteita rikkomatta, tilojen sisäpinnoista. Seinäjoen ammattikorkeakoulun rakennustekniikan koulutusohjelman opiskelijoista muodostettu ryhmä suoritti palokuormien mittauksen kohteissa. Liikkeistä kerättiin myös tietoja paloturvallisuuteen oleellisesti liittyvistä laitteista. Saatujen palokuormien tilastanalyysi tehtiin VTT:llä.

Liiketilojen palokuorman tiheys vaihteli välillä 153–974 MJ/m² ja aputiloissa välillä 116–1787 MJ/m². Sekä Gumbel- että logaritminen normaalijakauma otettiin lähtökohdaksi tässä tutkimuksessa, kun haettiin parasta esitystä kerätylle palokuormatiedolle. Eurocode 1 (EN 1991-1-2) esittää rakennusten palokuormien tiheydet Gumbel-jakautuneina. Tutkimuksen tulokset olivat samaa suuruusluokkaa kuin eurokoodeissa esitetyt arvot. Tuloksista havaittiin myös palokuorman tiheyden noudattavan logaritmista normaalijakaumaa merkittävästi luotettavammin kuin Gumpel-jakaumaa. Tässä tutkimuksessa havaintojen ja sovitettujen käyrien välistä luotettavuuden astetta tarkasteltiin χ^2 -testillä.

Asiasanat: Inventointi, liikerakennukset, paloturvallisuus, palokuorma, tilastollinen jakauma

ABSTRACT

The new European standards (Eurocodes) in building engineering will be applied in Finland as of 2011. In the eurocodes relating to fire safety the fire load densities are given according to (EN 1991-1-2, 2003). However, the national annex in Finland (NA, EN 1991-1-2, 2007) does not allow applying the above mentioned eurocode-tables of fire load densities to different room types. The fire loads may vary a lot in shopping malls and shops. Accordingly, this fire load study concentrates on those types of premises. We hope that the results of this study, besides the results of former and ongoing other research projects, will give the basis for the Eurocode based fire load density determining building design.

Different types of shops with highly varying fire load densities in Seinäjoki and its surrounding areas were chosen to be investigated. The geographical location of the shops was not considered to be significant. Thirty shops with relating storages and associated rooms were investigated. The total floor area was 28000 squaremeters. The floor area of the smallest shop was 54 squaremeters and that of the biggest one was 4550 squaremeters with a storage of 800 squaremeters. The types of the shops were shoe-, textile-, book- and furniture shops in addition to nine groceries. According to the research method applied, the materials were divided into tree, textile, plastics, paper and miscellaneous materials. Fixed fire load was measured from the inner surfaces of the rooms without breaking the structures. The measurements were carried out by the students of Seinäjoki University of Applied Sciences. Information about active fire safety arrangements, such as fire detection and suppression systems, was also collected. The statistical analyses of the fire loads were carried out in Technical Research Centre of Finland (VTT).

The fire load density in the shops varied between 153 and 974 MJ/m² and that of the associated spaces was between 116 ... 1787 MJ/m². Gumbel and Logarithmic distributions were fitted to the data points. Eurocode 1 (EN 1991-1-2) shows the fire safety densities of buildings to be distributed according to Gumbel distribution. The results of the study were of the similar magnitude as the estimates in the Eurocodes. In this study the lognormal distribution was found to be better fitting in fire load data points. The reliability of the fitting was investigated by using χ^2 -test.

Keywords: Inventory, commercial building, fire safety, fire load, statistical distribution

1 JOHDANTO

1.1 Palokuormien määrittämisen tarve

Rakennusten paloturvallisuuden suunnittelun lähtökohta on se, että palokuormat tunnetaan riittävän luotettavasti eri tiloille tilojen suunnitellun käytön (toiminta + käyttöikä) mukaan. Palokuorma on keskeinen suure, kun arvioidaan palotehoa ja edelleen palon kehittymistä huonetilassa. Muita tärkeitä tarkasteltavia asiakokonaisuuksia ovat palon leviäminen, ilmanvaihto sekä aktiivinen ja passiivinen palontorjunta rakennuksessa. Palon kehittymisen mukaan voidaan arvioida lämpötiloja, myrkkyykaasujen ja savun muodostumista rakennuksen eri tiloissa. Näiden perusteella suunnitellaan pelastustoimintaa tulipalon aikana. Tilojen lämpötilojen avulla voidaan laskea lämpötilojen kehittyminen rakenteissa ja näiden perusteella määritellään rakenteiden kestävyys palossa. Tässä tutkimuksessa keskitytään palokuormiin, jotka ilmaistaan nykyään yksikössä MJ/m², suure on nimeltään palokuorman tiheys, missä neliöt tarkoittavat tilojen lattiapinta-aloja.

Akuutti tarve tällaiselle tutkimukselle on se, että Suomessa siirrytään vuonna 2011 eurooppalaisten standardien (eurokoodit) käyttöön talonrakentamisessa. Sillanrakennuksessa eurokoodeja alettiin käyttää 1.6.2010. Suomi muiden EU ja EFTA maiden kanssa on allekirjoittanut Rakennustuotedirektiivin 89/106/ETY, jossa allekirjoittajamaat tunnustavat, että eurokoodit toimivat viiteasiakirjoina, kun osoitetaan rakennusten sekä maa- ja vesirakennuskohteiden täyttävän olennaiset vaatimukset, joita ovat erityisesti mekaaninen lujuus ja paloturvallisuus.

1.2 Eurokoodien mukainen palokuorman laskenta

Paloturvallisuuteen liittyen eurokoodeissa annetaan rakennuksille palokuormien tiheydet käyttötavan mukaan (EN 1991-1-2, 2003, Taulukko E.4) sekä palon kehittymisnopeus ja lämmönluovutusnopeuden maksimiarvo käyttötavan mukaan (EN 1991-1-2, 2003, Taulukko E.5).

Taulukko E.4 Palokuorman tiheys $q_{f,k}$ [MJ/m²] tilan käyttötavan mukaan

Käyttötapa	Keskiarvo	80 % fraktiili
Asuinhuone	780	948
Sairaala (huone)	230	280
Hotelli (huone)	310	377
Kirjasto	1500	1824
Toimisto	420	511
Koulun luokkahuone	285	347
Ostoskeskus	600	730
Teatteri, elokuvateatteri	300	365
Liikenneterminaali (yleisötilat)	100	122

HUOM. Fraktiiliarvot perustuvat Gumbel-jakautumaan, jota palokuorman tiheyden oletetaan noudattavan.

Taulukko E.5 Palon kehittymisnopeus ja RHR_f eri käyttötavoilla

Lämmönluovutusnopeuden maksimiarvo RHR_f (= Rate of heat release)			
Käyttötapa	Palon kehittymisnopeus	t_{α} [s]	RHR_f [kW/m ²]
Asuinhuone	Keskinkertainen	300	250
Sairaala (huone)	Keskinkertainen	300	250
Hotelli (huone)	Keskinkertainen	300	250
Kirjasto	Nopea	150	500
Toimisto	Keskinkertainen	300	250
Koulun luokkahuone	Keskinkertainen	300	250
Ostoskeskus	Nopea	150	250
Teatteri, elokuvateatteri	Nopea	150	500
Liikenneterminaali (yleisötila)	Hidas	600	250

Taulukon E.4 palokuorman tiheys ei ole palokuorman mitoitussarvo. Palokuorman mitoitussarvo $q_{f,d}$ [MJ/m²] lasketaan standardin (EN 1991-1-2, 2003, kaava (E.1)) kaavasta:

$$q_{f,d} = q_{f,k} m \delta_{q1} \delta_{q2} \delta_n \quad (1)$$

missä

- suure $q_{f,k}$ katsotaan taulukosta E.4,
- m on palokuorman palava suhteellinen osuus, joka määritetään standardin kohdan E.3 mukaan (suuruusluokka $\approx 1,0$),
- δ_{q1} on kerroin, jonka avulla otetaan huomioon palotilan koon mukainen palonsyttymisriski, ja kerroin on annettu standardin taulukossa E.1 (vaihteluväli 1,10 – 2,13),
- δ_{q2} on kerroin, jonka avulla otetaan huomioon käyttötavan mukainen palonsyttymisriski, ja kerroin on annettu standardin taulukossa E.1 (vaihteluväli 0,78 – 1,66),
- δ_n on kerroin, jonka avulla otetaan huomioon erilaiset aktiiviset palontorjuntatoimenpiteet i (sprinkleri, ilmaisin, automaattinen hälytyksen välitys, palokunta, ...). Kerroin lasketaan tulona

$$\prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$$

missä kertoimet δ_{ni} on annettu standardin taulukossa E.2 (vaihteluväli 0,61 – 1,50).

1.3 Eurokoodien palo-osien käyttö

Eurooppalaisessa COST C26-hankkeessa tehtiin kyselytutkimus eurokoodien palo-osien käytöstä hankkeeseen osallistuvissa maissa keväällä 2008 (Heinistö 2008). Vastauksia saatiin 10 eri maasta. Liite E (EN 1991-1-2, 2003), jossa edellä mainitut taulukot on, on opastava (informatiivinen), mikä tarkoittaa sitä, että kukin maa saa omassa kansallisessa liitteessään (NA, National Annex) määrittää, saako liitettä käyttää kyseisessä maassa vai ei. Liitettä E saa käyttää Belgiassa, Tšekissä, Unkarissa, Italiassa, Puolassa ja Romaniassa. Ranskassa, Portugalissa ja Britteillä on oma Liitteen E korvaava normi. Portugalissa muutokset koskevat vain liitteen osaa E1. Suomessa Liitteen E osaa E4 saa käyttää, mutta muita ei. Taulukko E.5 on osassa E4, joten sitä saa käyttää, mutta Taulukko E.4 on osassa E2, joten sitä ei saa käyttää Suomessa. Palokuorman suunnitteluvarvon laskentakaava (1) on standardin Liitteen E osassa E1, joten sitä ei voi käyttää Suomessa, joten palon syttymisriski ja aktiivisten palontorjuntatoimenpiteiden vaikutus palokuormaan on laskettava jollakin muulla tavoin kuin standardin mukaan.

Suomen kansallisen liitteen (NA, EN 1991-1-2, 2007) mukaan edellä olevaa taulukkoa ei käytetä, kun määritetään palokuormien tiheyksiä eri tiloihin. Kansallisessa liitteessä ei anneta ohjetta, jonka mukaan palokuormien tiheydet tulisi määrittää, joten ratkaisu jää päätettäväksi projektikohtaisesti. Ratkaisun tekee rakentaja ja asianomainen viranomainen. Rakentajaa edustaa tässä päätöksenteossa tyypillisesti paloturvallisuussuunnittelija yhteistyössä rakennesuunnittelijan, LVISA-suunnittelijan ja arkkitehdin kanssa ja asianomainen viranomainen on rakennustarkastaja yhteistyössä paloviranomaisen kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että käytännössä saattaa olla hyvinkin kirjava käytäntö samankaltaisissa kohteissa. Projektikohtaisesti on määriteltävä sekä palokuorma että palokuorman suunnitteluvarvon laskenta eli se, kuinka syttymisriski ja aktiivinen palontorjunta otetaan huomioon palokuorman suunnitteluvarvossa.

1.4 Palokuormien määrittäminen yleisesti

Palokuormat, kuten mekaaniset kuormat, tulee aina määrittää projektikohtaisesti ottaen huomioon tilojen suunniteltu käyttötarkoitus ja käyttöikä sekä muut turvallisuuteen vaikuttavat tekijät. Standardeissa annetaan minimivaatimukset, joita voi

käyttää turvallisen rakennuksen suunnitteluun eri olosuhteisiin, jos muuta tietoa ei ole. Sama koskee palokuormien tiheyksiä eri käyttötarkoituksissa. Käytännön rakennusprojektien kaikkien osapuolten toimintaa helpottaisi paljon, jos palokuormien tiheydet annettaisiin vieläpä Euroopan-laajuisesti. Tässä tutkimuksessa keskitytään Suomeen ja tavoitteena on saada aikaan suunnitteluarvot maahamme palokuormien tiheyksiin eri käyttötarkoituksissa.

Rakennusten palokuormia on määritelty 1920-luvulta lähtien. Perinteinen tapa määrittää palokuorma tilassa on mitata (survey) olemassa olevista rakennuksista palavien materiaalien määrät, ja palamislämpöjen avulla lasketaan palokuorman tiheys, nykyään lattianeliöitä kohti. Palokuorma lasketaan olettaen palo tapahtuvaksi siten, että happi riittää ja kaikki palava materiaali voi palaa loppuun. Myös nettikyselyä on käytetty. Nykyään on saatavilla jonkin verran tietoa, joka perustuu palokokeisiin ja simulointeihin. Palokuormia määritetään usein perustuen yhdistelmään, jossa käytetään mittaustietoja olemassa olevista rakennuksista sekä testituloksia ja laskennallista simulointia olettaen eri tiloihin erilaisia tavaroita.

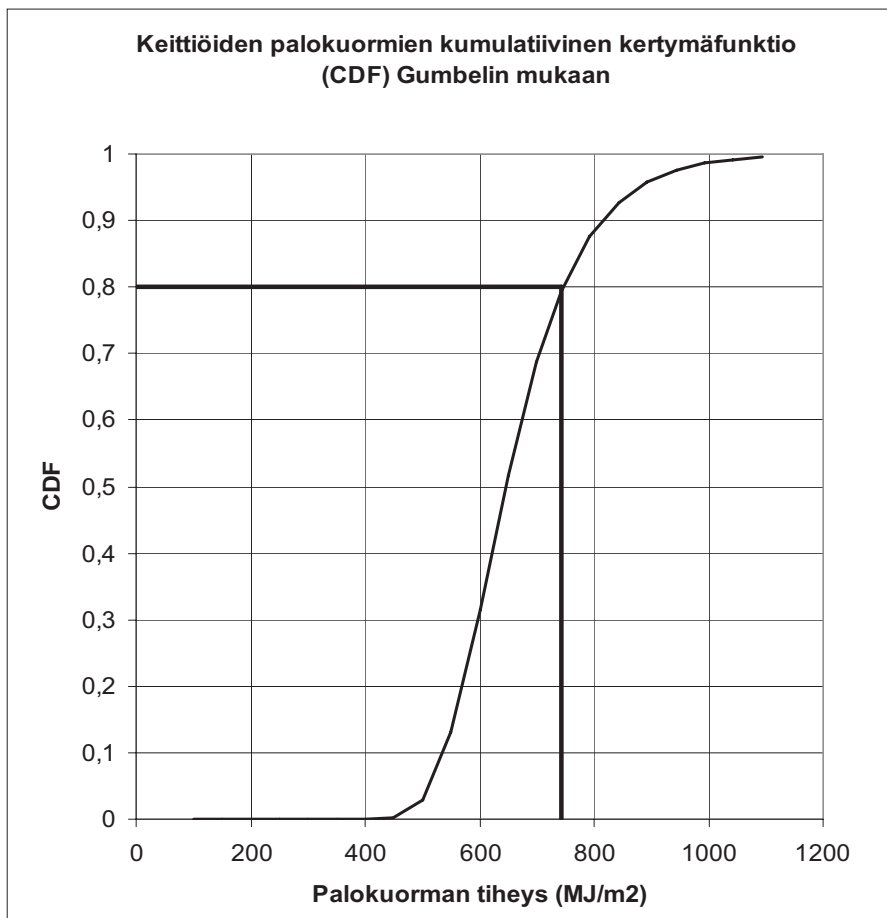
Palokuorma eritellään irtaimiston (movable) ja kiinteään (fixed) palokuormaan. Kiinteä palokuorma lasketaan tilan vaipan (lattia, seinät, katto) palavien rakenteiden mukaan. Irtaimiston palokuorma jaotellaan mittauksissa ja muissa tutkimuksissa eri materiaalien mukaan. Suunnitteluarvo on kaikkien summa ja se annetaan koko tilalle. Palokuorma eritellään tilojen käytön mukaan.

Mittauksista koottu näyte sovitetaan johonkin tilastolliseen jakaumaan. Jakauman sopivuuden mittarina käytetään χ^2 -testiä. Käytettyjä jakautumia palokuormille ovat normaalijakauma, logaritminen normaalijakauma, 3-parametrinen gamma-jakauma ja Gumbel (maksimi ja minimi). Eurokoodeissa käytetään Gumbelin jakaumaa. Suunnitteluarvoina tutkimuksissa on annettu keskiarvo sekä 80 %:n, 90 %:n ja 95 %:n fraktiilit. Eurokoodeissa on annettu keskiarvo ja 80 %:n fraktiili. Mekaanisille kuormille (esim. lumi ja tuuli) käytetään normaalijakaumaa ja 98 %:n fraktiilia, eli mitoituskouma ylitetään kerran 50 vuodessa tai kaksi kertaa sadassa vuodessa. Kuormia mietittäessä on huomattava, että normien tekijä varautuu tiettyihin riskeihin. Äärimmäiset arvot ovat eri asia kuin suunnitteluarvot, kuten kirjallisuudessa on esitetty. Palokuormissa on tyypillistä, että keskiarvo ja hajonta ovat samaa suuruusluokkaa. Paloturvallisuuden kannalta on oleellista, että äärimmäiset tilanteet saadaan selville. Näitä ei välttämättä saada mitaamalla olemassa olevia kohteita, mutta tilastollisia jakaumia käytettäessä nämä tulevat mukaan. Varmuustaso määritellään olettaen tietty käyttöikä rakennukselle tai rakennuksen osalle ja sallien tietty määrä suunnitteluarvojen ylityksiä käyttöiän aikana.

Tarkastellaan esimerkkinä keittiön palokuormaa Gumbelin jakauman avulla. Alkuarvot ovat lähteestä (Hietaniemi & Mikkola 2010). Palokuorman tiheyden keskiarvo ja liittyvät Gumbel-jakauman parametrit ovat (kaavat annetaan luvussa 4)

- Gumbel (maksimi) parametri $\mu = 613$
- Gumbel (maksimi) parametri $\sigma = 88,9$
- Palokuorman keskiarvo = 665 MJ/m^2

Kumulatiivinen kertymäfunktio (CDF) on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Keittiön palokuorman kumulatiivinen kertymäfunktio.

Kuvasta 1 voidaan lukea seuraavat tulokset:

- | | |
|--|--|
| - Fraktiiliarvo | - 95 % fraktiili = 877 MJ/m^2 |
| - 80 % fraktiili = 747 MJ/m^2 (viivat kuvassa 1) | - 98 % fraktiili = 960 MJ/m^2 |
| - 90 % fraktiili = 813 MJ/m^2 | - 99 % fraktiili = 1022 MJ/m^2 |

Yllä olevista luvuista nähdään palokuorman muuttuminen, kun vaadittu fraktiilitaso muuttuu.

1.5 Tämän tutkimuksen tavoitteet

Ostoskeskuksissa ja erilaisissa myymälätiloissa palokuormat saattavat vaihdella huomattavasti, joten tässä tutkimuksessa päätettiin keskittyä näihin. Toiminnallisessa paloturvallisuussuunnittelussa erityisesti suurten markettien palokuormien suunnitteluarvot kaipasivat tutkimustietoa tuekseen. Suurten markettien paloturvallisuuden suunnittelussa päädytään lähes aina toiminnalliseen palomitoitukseen, koska lattiapinta-alat ovat niin suuret, että perinteisellä taulukkomitoituksella näitä rakennuksia ei voi suunnitella. Muista maista löytyy mittaustutkimusten tuloksia erilaisiin myymälöihin. Suurten markettien paloturvallisuuden suunnittelu on tyypillisesti yhdistelmä taulukkomitoituksesta ja toiminnallisesta palomitoituksesta.

Varastotilojen palokuormat, kuten mekaaniset kuormatkin, on syytä määritellä aina tapauskohtaisesti. Mekaanisiin kuormiin varastoille on annettu eurokoodeissa minimikuormat (EN 1991-1-1, 2002). Varastojen palokuormia ei ole ehdotettu eurokoodeissa. Useissa palokuormien mittaustutkimuksissa on eritelty varastokuormat ja niiden suunnitteluarvot on annettu erikseen.

Tässä tutkimuksessa päätettiin koota mittaamalla 30 kaupan palokuormat Seinäjoen seudulta Suomessa ja esittää mittaustulosten perusteella suunnitteluarvot eurokoodeihin perustuvaan paloturvallisuuden suunnitteluun. Kauppatilojen käyttö on oletettavasti samankaltaista ympäri Suomea, joten Seinäjoen seudun kauppojen oletetaan kuvaavan kauppvoja Suomessa riittävästi. Tutkimuskohteiksi etsittiin erikokoisia ja erityyppistä tavaraa myyviä liikkeitä Seinäjoelta ja sen lähiseuduilta. Mittaustuloksia verrataan myös muissa maissa tehtyjen tutkimusten tuloksiin.

Tutkimus toteutettiin inkrementaalisesti aloittaen pienistä kohteista opetellen käytettyjen mittausten menetelmien ja tulosten keräyslomakkeiden käyttöä. Seinäjoen ammattikorkeakoulun rakennustekniikan koulutusohjelman opiskelijoista muodostettu ryhmä suoritti projekti-insinöörin johdolla kolmenkymmenen liikerakennuksen palokuormien mittauksen. Saatujen palokuormien tilastoanalyysi tehtiin VTT:llä.

Tämän tutkimuksen tuloksen, yhdessä meneillään olevien, erityisesti asuinrakennuksia koskevan sekä aiempien Suomessa ja muualla tehtyjen tutkimusten tulosten kanssa, toivotaan muodostavan perustan, jonka mukaan palokuormien tiheyksien minimiarvot voidaan määrittää maahamme eurokoodien mukaiseen rakennusten suunnitteluun. Myös palokuorman suunnitteluarvon laskentaan on saatava säännöt Suomeen. Näiden sääntöjen määrittäminen ei kuulu tämän tutkimuksen piiriin.

Seuraavaksi kuvataan aiempia palokuormien tutkimuksia tarkemmin, tässä tutkimuksessa tehdyt mittaukset sekä niiden pohjalta tehty tilastollinen analyysi ja lopuksi esitetään tämän tutkimuksen tulokset ja yhteenveto.

2. PALOKUORMAKARTOITUKSEN NYKYTILA

2.1 Palokuorman määrittäminen

Palokuorma koostuu sekä sisällön että rakennusten siitä palamisesta, joka voi osallistua palamiseen. Palokuorma siis määräytyy huonetilan irtaimistosta (irtain palokuorma) ja lähinnä seinien, katon ja lattian pinnoitemateriaaleista (kiinteä palokuorma). Palokuorma on palavassa tilassa olevan palavan aineen täydellisessä palamisessa vapautuva kokonaislämpömäärä, siis tulipalotilanteessa vapautuva lämpömäärä. (Sleich & Cajot 2001).

Eurokoodin mukaan palokuormaan sisältyy kaikki palava rakennuksen irtaimisto ja rakennuksen asianomaiset palavat osat, mukaan lukien verhoukset ja pinnoitteet. Palavan ainemäärän palavia osia, jotka eivät hiilly palon aikana, ei tarvitse ottaa huomioon (EN 1991-1-2 Liite E, 2003).

Suomen rakentamismääräyskokoelman, E1:Rakennusten paloturvallisuus, mukaan palokuorma on vapautuva kokonaislämpömäärä, kun tilassa oleva aine täydellisesti palaa. Siihen luetaan kantavat, runkoa jäykistävät, osastoivat ja muut rakennusosat sekä irtaimisto. Palokuorma määritetään ensi sijassa palo-osaston käyttötavan perusteella. Palokuorma voidaan määrittää myös luotettavan arvion perusteella tai laskemalla. Eri käyttötavat asetetaan palokuormaryhmiin palokuorman tiheyden mukaan. Palokuormaryhmät ovat: 1) yli 1200 MJ/m², 2) 600 ... 1200 MJ/m², 3) alle 600 MJ/m². Kantavien ja osastoivien rakennusosien palonkestävyysvaatimukset perustuvat edellä esitettyyn palokuormaryhmittykseen. (E1:Rakennusten paloturvallisuus 2002).

2.2 Palokuormamääritykset Suomessa

Syttyvän tilan palokuorma on erittäin tärkeä syöteparametri paloanalyseissa, kuten tulipalojen numeerisessa simuloinnissa ja paloriskianalyseissa. Tästä on ollut käytettävissä heikosti ajantasaista tietoa niin Suomessa kuin ulkomailinkin. Tilastokeskuksen asuntotietokannassa on erilaisia tietoja asunnoista, mutta niiden palokuormat ja muut paloanalyseissa tarvittavat tiedot puuttuvat tietokannasta lähes kokonaan. Rakennuksen mittojen ja ilmanvaihdon lisäksi palokuormat ovat tarvittavista suureista tärkeimpiä.

Ensimmäinen Suomessa tehty palokuormia koskeva tutkimus lienee vuodelta 1969. Se käsitti 62 asunnon palokuorman määrityksen yhteensä 181 huonetilasta. Palokuormat eivät näyttäneet riippuvan huoneistotyypeistä. Irtaimen palokuorman

osuus oli 60 % asunnoissa, 85 % niiden olohuoneissa, 64 % makuuhuoneissa ja 13 % keittiöissä. Aineistosta myöhemmin VTT:llä tehdyn tilastollisen analyysin mukaan aineiston palokuormat jakautuivat Gumbelin-jakauman mukaan. Keskimääräinen palokuorman tiheys asunnoissa oli 509 MJ/m² ja 80 %:n fraktiili 575 MJ/m². Irtaimen palokuorman keskiarvo ja 80 %:n fraktiili olivat vastaavasti 321 MJ/m² ja 390 MJ/m². (Holm & Oksanen 1970). 1990-luvulla tehtiin palokuormakartoituksia lähinnä opinnäytetyönä VTT:llä. Niissä on tutkittu toimistorakennusten (Korpela 1999, Korpela & Keski-Rahkonen 2000) ja liikuntahallien palokuormia (Korpela & Keski-Rahkonen 1998). Toimistorakennusten palokuormatutkimus oli kattava katsaus suomalaisiin toimistoihin käsittäen 100 toimistoa, joissa oli yhteensä 1500 toimistohuonetta. Keskimääräinen palokuormatiheys mitattiin olevan 1000 MJ/m².

Palokuormien analyysi on keskeisenä osatehtävänä käynnissä olevassa Sisäasiainministeriön tutkimusohjelmassa, jossa on tavoitteena laatia laskentamalli, joka ennustaa Suomen palokuolemien torjunnan keinojen tehokkuutta kvantitatiivisesti käyttäen paloriskianalyseissä tulipalojen numeerista simulointia ja MonteCarlo-laskentaa (Keski-Rahkonen et al. 2009). Tähän laskentaan tarvitaan lähtötietona palokuormatietokantoja erityisesti asunnoista, sillä palokuolemat tapahtuvat yleensä asunnoissa. Tutkimusohjelman palokuormia koskeva osatehtävä on jo valmistunut esitutkimuksessa 2008–2009. Siinä analysoitiin ammattikorkeakouluopiskelijoiden vuosina 2003–2005 opintosuorituksina keräämä aineisto asuinhuoneistojen palokuormista ja määritettiin kerrosalojen, tilojen korkeuksien, tilavuuksien sekä irtaimen ja kokonaispalokuorman teoreettiset jakaumat. Esitutkimuksen jatkona käynnistynyt pääohjelma on tavoitteena saada päätöksen maaliskuussa 2011. Palokuorma-aineiston keruuta asunnoista on jatkettu kampanjamuotoisena, jossa Pelastusopiston opiskelijat ja henkilökunta keräävät palokuorma-aineistoa kotiseuduiltaan ja syöttävät tulokset sähköiseen tietokantaan, jolloin tiedonkeruun valvojat voivat tuoreeltaan tarkastaa tiedon ja kehittää keruun ohjausta. Laitoksissa asuvien sekä liikuntarajoitteisten, vanhuk-sien ja sosiaalirajoitteisten henkilöiden asuntojen palokuormia on tarkoitus tutkia viranomaisten avustuksella (Keski-Rahkonen 2009).

2.3 Palokuormamääritykset ulkomailla

Havaittuaan yhteyden palokuormien ja rakennuksen palonkestävyyden välillä Ingberg aloitti 1920-luvulla ensimmäisenä systemaattiset yksityiskohtaiset palokuormakartoitukset, jotka hän julkaisi vuonna 1942 ja 1957. Yhdysvaltalainen tutkimuslaitos National Bureau of Standards (NBS) (nykyään NIST) julkaisi asuntojen ja toimistojen palokuormakartoituksen 1970–1980 luvuilla. Sveitsissä tehtiin varsin yksityiskohtainen tutkimus palokuormista 1967–69 Sveitsin palon-torjuntajärjestölle (Bukowski 2006).

Sveitsissä ja Ranskassa on tehty sittemmin laajahkoja kiinteitä ja irtaimia palokuormia käsittävät palokuormatutkimukset. Sveitsiläinen tutkimus käsittelee teollisuus- ja liikerakennusten palokuormia Sveitsissä. Tutkimus käsittää 40 sektoria edustavan 95 yrityksen 336 palokuormamittausta. Aineistolle on tehty tilastollinen analyysi ja se osoitti, että aineisto noudattaa paremmin logaritmista normaalijakaumaa kuin Gumbel-jakaumaa. Ranskalainen tutkimus käsittää julkisten rakennusten, kuten ostoskeskusten, hotellien ja sairaaloiden sekä toimistorakennusten palokuormia. Aineistossa on käsitelty yhteensä 139 huonetta. Tilastollisessa analyysissä havaittiin palokuormien noudattavan yhtä hyvin logaritmista normaalijakaumaa kuin Gumbel-jakaumaa. Palokuormien koostumuksessa puun havaittiin olevan merkittävä. Sveitsiläisessä aineistossa palokuorman keskiarvo oli tuotantolaitoksissa 1080 MJ/m² ja keskihajonta 1920 MJ/m². Varastoissa vastaavat luvut olivat 11874 MJ/m² ja 32774 MJ/m². Tutkimuksen toisen osan tavarataloissa palokuormien keskiarvo oli 571 MJ/m² ja keskihajonta 372 MJ/m² (Thauvoye et al. 2008).

Kanadassa Ottawassa ja Gatineauissa on tehty vuonna 2003 palokuormamääryityksiä 168 liiketilassa (Zalok et al. 2005). Tutkituissa kaupoissa oli vaatteita, jalkineita, leluja, tietokonelaitteistoja, kirjoja, ruokatarvikkeita, alkoholia, lääkkeitä, taidesineitä sekä valokuvaus- ja hiustenhoitotuotteita. Näitä lähtötietoja käytettiin tutkimuksessa palokokeissa, joissa palokuorman tiheydet vaihtelivat välillä 661 ... 4900 MJ/m². Palokuormat noudattivat logaritmista normaalijakaumaa, jossa keskiluku oli 747 MJ/m². Palokuormantiheyden vaihteluväli oli vaateliikkeissä 142 ... 755 MJ/m², kenkävarastoissa 686 ... 4896 MJ/m², ja yleisesti varastotiloissa 56 ... 4899 MJ/m².

Kanadassa on tehty myös asuinhuoneiden palokuormia koskeva pilottitutkimus Internet-kyselynä (Bwalya, A. et al. 2004). Tutkimuksen päätavoitteena oli määrittää asuinrakennuksen pohjakerroksen ja ensimmäisen kerroksen irtainta palokuormaa. Tutkimuksessa saatiin 74 vastausta. Ensimmäisen kerroksen ja pohjakerroksen asuinhuoneiden palokuorma osoittautui olevan samantyyppistä, mutta pohjakerroksen huonekalutyypeissä oli paljon vaihtelua. Palokuormantiheydet laskettiin huonekalujen arvioitujen massojen avulla, ja ne havaittiin olevan kirjallisuusarvojen vaihteluvälillä. Keskimääräiset palokuormat ja palokuormantiheydet erityyppisissä asunnoissa raportoitiin olevan välillä 7000 12000 MJ ja 300 ... 550 MJ/m².

Intiassa on tutkittu 35 asuinrakennuksen palokuormia (Kumar & Rao 1995). Inventointimenetelmällä tehty tutkimus käsittää 35 asuinrakennusta, joiden kokonaislattiapinta-ala on 4256,6 m². Keskimääräiset palokuormat vaihtelevat välillä 278 ... 852 MJ/m² keskiarvon ollessa 487 MJ/m². Palokuorman standar-

dipoikkeamat vaihtelevat välillä 87 ... 621 MJ/m², ollen keskimäärin 255 MJ/m². Palokuormat on esitetty huonetyypeittäin ja histogrammeina ja taulukkoina huoneen lattiapinta-alan funktiona. Tulokset osoittavat, että maksimi ja keskimääräinen palokuorma vähenevät lattiapinta-alan lisääntyessä 16 m²:iin asti, mutta siitä lähtien lattiapinta-alan kasvulla ei ole vaikutusta palokuormaan. Tulosten perusteella rakennuksen korkeudella kolmeen kerrokseen asti ei ole vaikutusta palokuormaan.

Historiallisten kohteiden palokuormantiheyksiä on kartoitettu Brasiliassa. Inventointimenetelmä käsittää 43 rakennusta, joissa yhden tai kahden tai koko rakennuksen palokuorman tiheys on määritetty. Keskimääräiseksi palokuormantiheydeksi saatiin 2989 MJ/m² ja keskihajonnaksi 2833 MJ/m². Kaupan varaston palokuorman tiheys oli suurimmillaan jopa 14560 MJ/m². Tämä on toki yksittäistapaus eräässä elintarvikeliikkeessä. Irtaimesta palokuormasta 35 % ja kiinteästä palokuormasta 37 % oli puuta. [Claret & Andrare 2009].

TAULUKKO 1. Palokuormatutkimukset Suomessa ja ulkomailla.

VIITE	KOHDE	PALOKUORMA (MJ/m ²)	AINEISTON KOKO (N)	SAATU JAKAUMA
Thayvoye et. al 2008	Tuotantolaitokset (Sveitsi)	1080	336	lognormaali
Thayvoye et. al 2008	Varastot (Sveitsi)	11874		
Thayvoye et. al 2008	Tavaratalot (Ranska)	571	139	lognormaali ja Gumbel
Zalok et al. 2005	Liiketilat (Kanada)	747	168	lognormaali
Bwalya et al 2004	Asuinrakennukset (Kanada)	300... 550	74	
Kumar & Rao 1995	Asuinrakennukset (Intia)	487	35	
Claret & Andrare 2009	Historialliset kohteet (Brasilia)	2989	43	
Holm & Oksanen 1970	Asunnot (Suomi)	509	181	Gumbel
Korpela 1999	Toimistot (Suomi)	1000	1500	

3 MITTAUKSET

3.1 Mittauskohteet

Tutkimuskohteiksi etsittiin erikokoisia ja erityyppistä tavaraa myyviä liikkeitä Seinäjoelta ja sen lähiympäristöstä. Liikkeiden maantieteellisellä sijainnilla ei katsottu olevan suurta merkitystä tutkimuksen tuloksiin. Kohteiden valinnassa pyrittiin myös siihen, että mukaan tulisivat myös kohteet, joissa olisi mahdollisimman suuri tai pieni palokuorman tiheys. Aluksi mittaukset kohdistuivat pienempiin kohteisiin, joista saatua oppia ja kokemusta sovellettiin sitten isompiin kohteisiin. Liikkeiden toivomuksesta mittaukset pyrittiin suorittamaan aamupäivän aikana, jolloin häirittäisiin mahdollisimman vähän liikkeen normaalia toimintaa. Kaikista tutkimuskohde-ehdokkaista mittauskohteiksi päättyi lopulta noin 75 % liikkeistä.

Mittauksia tehtiin yhteensä 30 liikkeestä ja niihin liittyvissä muissa tiloissa. Muut tilat olivat lähinnä varastoja ja takahuoneita. Tutkittua lattiapinta-alaa oli yhteensä lähes 28000 m², joista pienin liike oli 54 m² ja suurin 4550 m² + 800 m²:n varasto. Edustettuina olivat esimerkiksi kenkä-, vaate- ja kirjakauppoja, huonekaluliikkeitä ja yhdeksän päivittäistavaraliikettä. Taulukossa 2 on eritelty tuloksiin huomioidut myymälä- ja liiketilojen mitat. Lattiapinta-ala on ilmoitettu neliömetreinä, korkeus metreinä ja tilavuus kuutiometreinä.

TAULUKKO 2. Tuloksiin huomioidut myymälä- ja liiketilojen mitat

	Liiketyyppi	Pinta-ala m²	Korkeus m	Tilavuus m³
1	Lelukauppa	82	3	254
2	Videovuokraamo	420	4	1596
3	Urheiluvälinekauppa	491	3	1473
4	Kangaskauppa	486	4	2040
5	Optikko	75	4	311
6	Kirjakauppa	400	4	1760
7	Videovuokraamo	205	4	861
8	Kenkäkauppa	316	3	1005
9	Kirjakauppa	205	3	554
10	Vaatekauppa	368	4	1435
11	Kenkäkauppa	143	3	443
12	Laukkukauppa	80	3	240
13	Vaatekauppa	82	3	230
14	Kemikalio	54	3	151

15	Päivittäistavarioliike	899	6	5392
16	Päivittäistavarioliike	138	3	471
17	Päivittäistavarioliike	122	3	306
18	Päivittäistavarioliike	706	4	3036
19	Päivittäistavarioliike	868	4	3732
20	Päivittäistavarioliike	345	3	1070
21	Päivittäistavarioliike	265	4	928
22	Huonekaluliike	1440	4	5904
23	Huonekaluliike	1370	5	6713
24	Kodinkoneliike	754	7	4901
25	Kodinkoneliike	600	4	2220
26	Päivittäistavarioliike	4550	7	30940
27	Päivittäistavarioliike	3088	8	25630
28	Vaatekauppa	2190	4	8979
29	Sisustustarvikeliike	1523	3	5178
30	Rautakauppa	1172	7	8204

3.2 Mittausmenetelmät

Tutkimuksessa sovellettiin Theuvoyen et al. (2008) kuvaamaa mittausmenetelmää, jossa palavat materiaalit jaettiin puuhun, tekstiileihin, muoviin, paperiin ja sekalaisiin materiaaleihin. Kiinteään palokuormaan liittyvät mittaukset tehtiin rakenteita rikkomatta tilojen sisäpinoista. Tutkimuksessa käytetyt mittalaitteet olivat tavallisia keittiö- ja henkilövaakoja, mittanauhoja ja laser-etäisyysmittoja.

Pienemmissä kohteissa kaikki käsin siirrettävissä olevat tavarat punnittiin ja arvioitiin eri materiaalien osuus painosta. Isompien esineiden massa mitattiin tilavuuden mukaan tai silmämääräisesti, kuinka paljon kyseinen esine voisi painaa. Suuremmissa kohteissa osa materiaaleista punnittiin ja näin saatu massaa/hyllymetri arvoa käytettiin arvioitaessa koko hyllyn sisältämän palavan materiaalin massaa.

Kiinteään palokuormaan on laskettu kaikki lattian, seinien ja katon verhousmateriaalit esim. parketti. Määrä arvioitiin mittaamalla materiaalien pinta-ala ja kertomalla se paksuudella. Näin saatu tilavuus on kerrottu ainetiheydellä jolloin saadaan tietää kuinka monta kiloa kyseistä materiaalia on tilassa.

Varsinaisen palokuormatiedon lisäksi kohteista kerättiin muuta tietoa paloturvallisuuteen liittyen. Kohteista luettelointiin esimerkiksi aukkotiedot, kiinteistön paloluokka, etäisyys paloasemaan, kiinteistön pelastussuunnitelman olemassa olo, kiinteistössä olevat paloturvallisuuslaitteet, jne. Kaikki tiedot kerättiin tiedonkeruuta varten tehdylle lomakkeelle (liite 2). Lisäksi kaikista kohteista piirrettiin karkea pohjakuva, jos sitä ei ollut saatavissa.

3.3 Palokuorman laskenta

Laskennassa pyrittiin käyttämään mahdollisimman tarkasti oikeita palamislämpöjä eri esineistä/tavaroista löytyville materiaaleille. Kirjallisuudesta löytyviä materiaalien palamislämpöjä pyrittiin hakemaan vain luotettavista lähteistä (Di-
Nenno et al. 2002, EN1991-1-2 2003, Kumar & Rao 1995). Mikäli materiaalia ei pystytty tarkemmin tunnistamaan, se luokiteltiin yleisesti esimerkiksi ryhmään muovi, jolle on tutkimuksessa käytetty keskiarvoa 30 MJ/kg. Osaa esineistä on käsitelty esinekohtaisesti, jolloin lähteistä on löytynyt esineelle kokonaispalokuorma. Tällainen esine on esimerkiksi televisio, jonka kokonaispalokuorma on oikeastaan täysin muovia.

Taulukossa 3 on esimerkkejä laskennassa käytetyistä palamislämpöjen keskiarvoista. Materiaalikohtainen luettelo palamislämmöistä liitteessä 3.

TAULUKKO 3. Laskennassa käytettyjen palamislämpöjen keskiarvoja.

puu	17,5 MJ/kg
paperi/pahvi	20 MJ/kg
muovit	30 MJ/kg
tekstiilit	20 MJ/kg
elintarvikkeet	15 MJ/kg

3.4 Mittauksien eteneminen kentällä

Ensimmäinen tehtävä oli laatia tutkimuskohde-ehdokkaille saatekirje (liite 4), jossa esiteltiin tutkimukseen osallistuvat tahot sekä kerrottiin tutkimuksen luonteesta ja tavoitteista. Seuraavaksi tutkimuskohde-ehdokkaat kartoitettiin kiertelemällä erityyppisiä liikkeitä mieltien, sopisivatko ne tutkimuskohteiksi. Mikäli kohde havaittiin mittauksille soveltuvaksi, otettiin yhteyttä myymälävastaavaan tai muuhun liikkeen toiminnasta vastaavaan henkilöön. Oikean henkilön löytyttyä hänelle esiteltiin tutkimusprojekti ja annettiin saatekirje. Mikäli saatiin lupa suorittaa

inventaarior, sovittiin heille parhaiten sopiva ajankohta mittauksille. Varsinaisissa kenttämittauksissa pyrittiin noudattamaan seuraavanlaista järjestystä.

- Ensimmäisenä kohteesta kirjattiin ylös kiinteistön yleistiedot, kuten rakennustyyppi, runkomateriaali, kerroksien lukumäärä ja sijainti.
- Toisena vaiheena kirjattiin ylös kohteesta löytyvät paloturvallisuuslaitteet, kuten automaattinen paloilmoin, automaattinen sammutusjärjestelmä, käsisammuttimet, turva- ja merkkivalaistukset sekä palopostit.
- Seuraavaksi tiloista mitattiin pinta-alat ja korkeudet. Lisäksi mitattiin ovet ja ikkunat aukkotietoihin. Mikäli tiloista ei ollut saatavilla pohjapiirrosta, kohteesta luonnosteltiin pohjakuva ja mitat merkittiin siihen.
- Varsinainen palokuorman inventaario aloitettiin kiinteän palokuorman arvioinnilla luetteloimalla lattian, katon ja seinien palavien pintamateriaalit pinta-alan ja paksuuden mukaan.
- Lopuksi myymälätilassa oleva irtain tavara luetteloiitiin ja punnittiin tai mikäli niitä ei kyetty liikuttelemaan, niiden massa arvioitiin materiaalien tilavuuden mukaan. Lisäksi palavat materiaalit jaettiin seuraaviin materiaalityryhmiin puu, paperi, tekstiili, muovi ja sekalaista. Massan ja palamislämpöarvojen perusteella materiaaleista ja tavaroista määriteltiin myymälän irtain palokuorma.

3.5 Inventaarion haasteet ja ongelmat

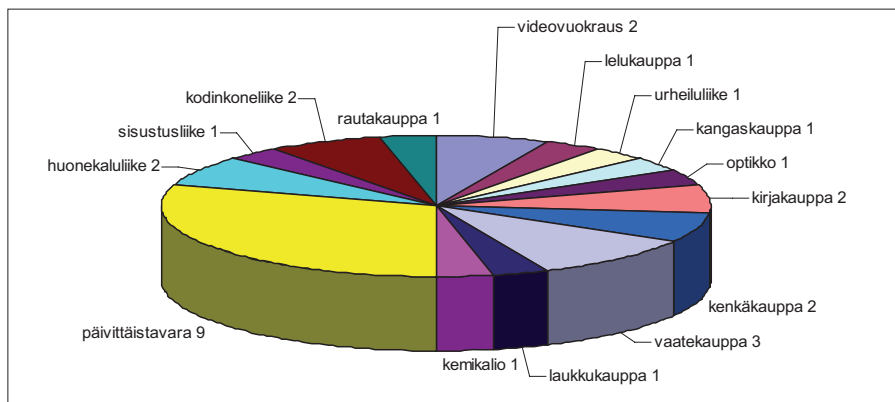
Liikkeissä suoritettu inventaario koettiin varsin haastavaksi. Suurimmaksi ongelmaksi koettiin liikkeissä olevien eri materiaalien suuri määrä ja niiden tunnistaminen. Esimerkiksi erilaisia muoveja löytyi kaupoista valtavat määrät, ja niistä osa oli hyvin merkitty/tunnistettavissa ja osa mahdotonta tarkemmin luokitella. Lähes kaikki varsinaiset tuotteen on myös pakattu johonkin pakkausmateriaaliin, jolloin punnittu massa tuli jakaa varsinaisen tuotteen massaan sekä pakkauksen ja pehmusteiden massaan.

Suurten kappaleiden, joita ei kyetty punnitsemaan, massan arviointi pyrittiin suorittamaan tilavuuteen perustuvalla arvioinnilla. Tämä oli kuitenkin hyvin työlästä ja loppuvaiheessa käytettiin hyväksi enemmän laskettuja arvoja arvioitaessa samantyyppisiä kappaleita. Haasteellisimpia isoissakin kappaleissa olivat kappaleet, jotka sisälsivät montaa eri materiaalia.

4 TULOKSET

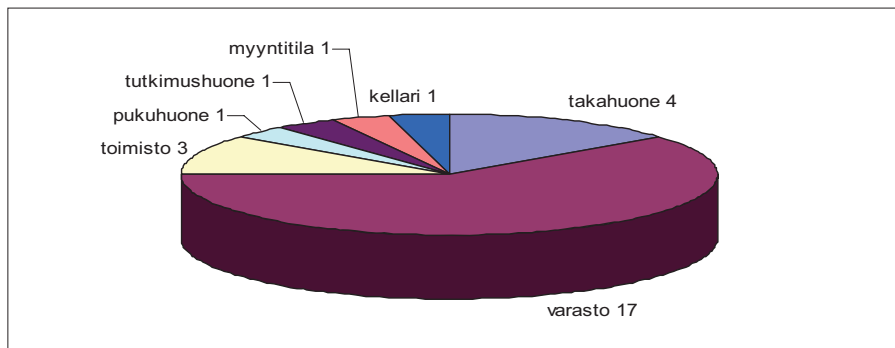
4.1 Palokuorman tiheys: Liiketilat ja aputilat

Analysoitavana oli 30 kohteen eritelty palokuorman määrittäminen. Kohteet olivat tyypiltään liiketiloja joiden lattiapinta-alat vaihtelivat välillä 54–4550 m². Pienimmät liikkeet olivat tyypillisesti erikoisliikkeitä, jotka sijaitsivat ostoskeskuksissa. Suurimmat liiketilat olivat päivittäistavaraliikkeitä, rakennustarvikeliikkeitä ja kodinkone- ja huonekaluliikkeitä.



KUVA 2. Liiketilojen tyypijakauma.

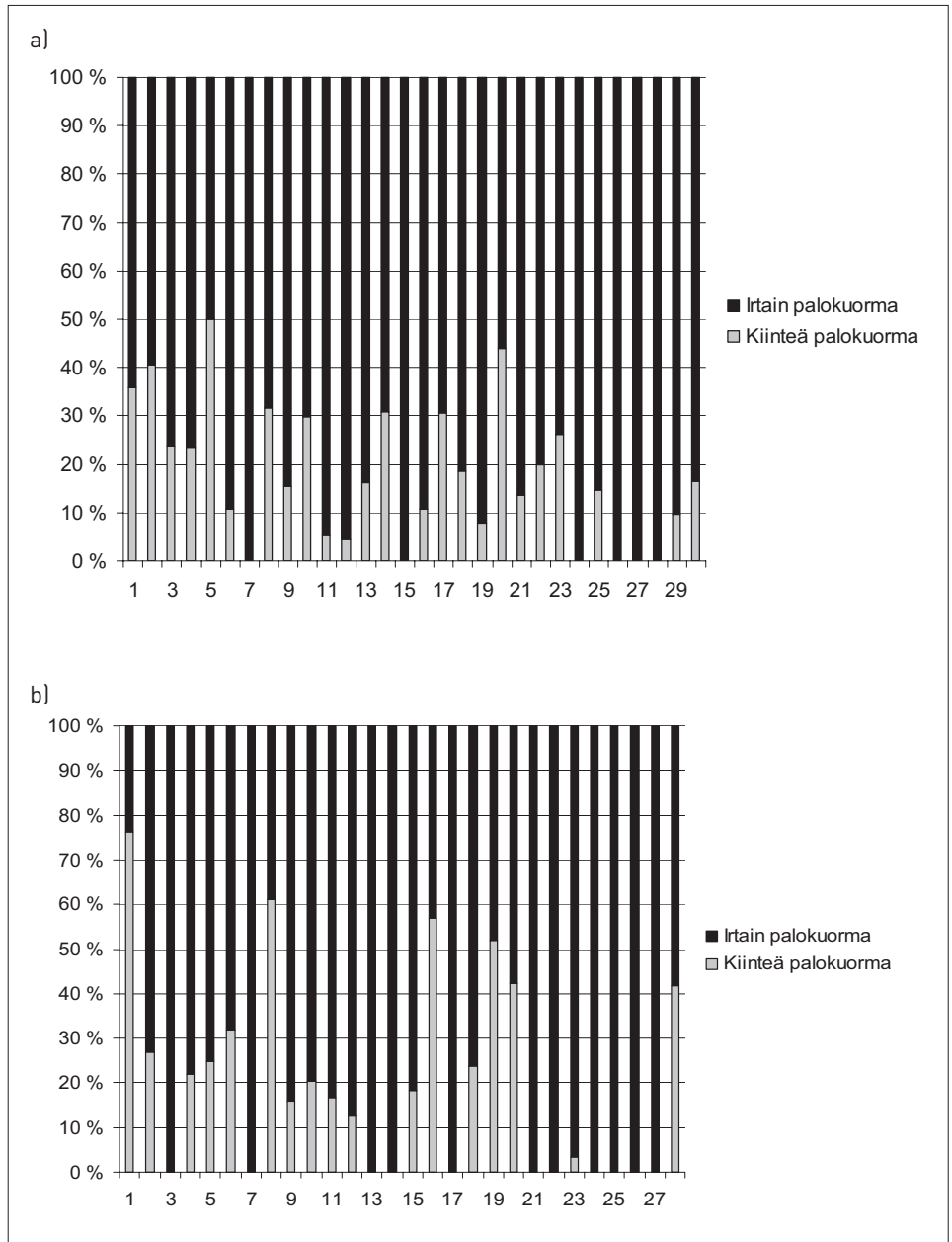
Myös liiketilojen yhteydessä sijaitsevien aputilojen palokuorma määritettiin. Tilat jakautuivat tyypeittäin alla olevan kuvan mukaisesti.



KUVA 3. Aputilojen tyypijakauma.

Näiden tilojen lukumäärä oli 28, koska yksi varastoista oli kahden huonekaluliikkeen yhteinen ja yhden varaston mittauslupaa ei kiinteistön haltijalta saatu.

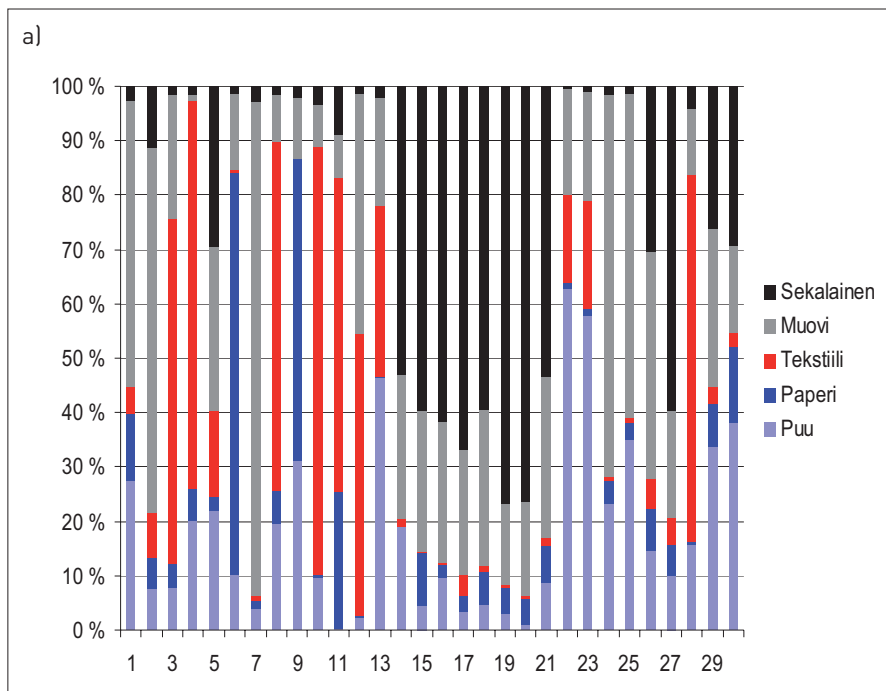
Kohteissa määritettiin sekä irtaimen palokuorman määrä että kiinteä, rakennuksen palavista osista muodostuva palokuorma. Tähän jälkimmäiseen luetaan mukaan verhoukset ja pinnoitteet.

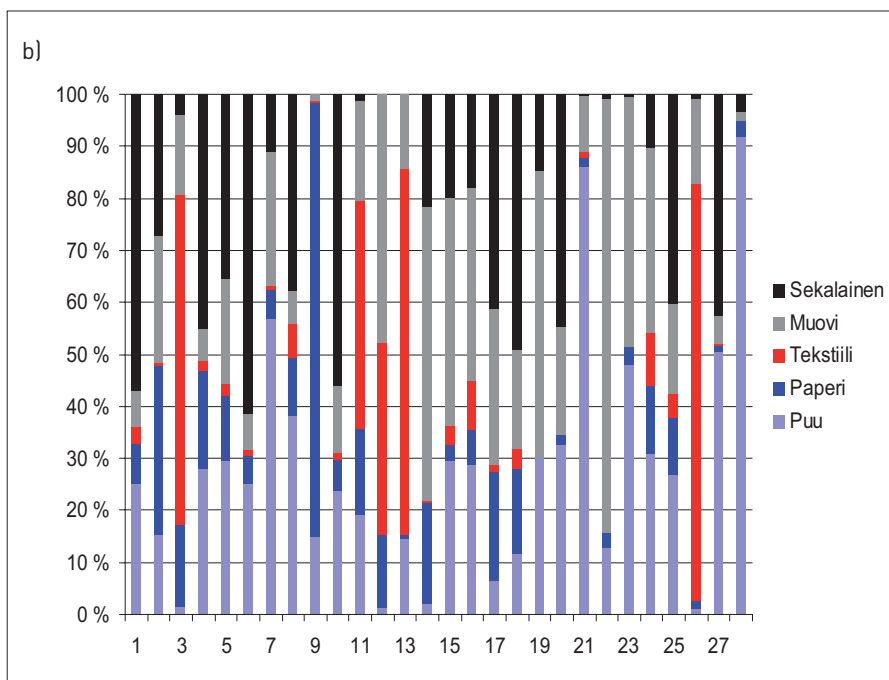


KUVA 4. Liiketilojen (a) ja aputilojen (b) kokonaispalokuorman jakautuminen irtaimen ja kiinteään.

Kuvasta 4 nähdään, että prosentuaalisesti suurin osa liiketilojen palokuormasta muodostui kohteiden irtaimesta materiaalista. Aputiloissa löytyi kohteita, joissa kiinteän palokuorman määrä oli suurempi kuin irtaimen. Aputilojen joukosta löytyi myös kohteita, joissa kiinteän palokuorman osuus palokuormasta oli selvästi pienempi kuin mitä liiketiloilla pienimmillään. Tältä osin aputilojen palokuorman jakautumisen ääri vaihtelu oli suurempaa kuin liiketiloilla.

Irtain palokuorma luokiteltiin viiteen luokkaan. Palokuormaan lukeutuva irtain jaoteltiin luokkiin puu, paperi, tekstiili, muovi ja sekalaiset.





KUVA 5. Irtaimen palokuorman koostumus liike- (a) ja aputiloissa (b).

Palokuorman jakaminen luokkiin ja niiden suhteellisten osuuksien esittäminen luo eräänlaisen kohteen ”sormenjäljen”. Samantyyppisillä liikkeillä on havaittavissa samantyyppisiä sormenjälkiä. Esimerkiksi tekstiiliä esiintyy prosentuaalisesti paljon vaatetusliikkeissä (ja erityisesti kangaskaupoissa). Muovin osuus on suuri videovuokraamoiden ja kodinkoneliikkeiden tapauksessa, mutta myös lelukaupan tapauksessa. Rauta- sisustus- ja huonekaluliikkeissä on huomattavia määriä puupohjaista palokuormaa. Tällä palokuormajalla huomataan myös, että eriteltyjen luokkien ulkopuolelle jäävää, sekalaista palokuormaa esiintyy odotettavasti paljon päivittäistavari-liikkeissä (elintarvikkeet) sekä kemikalion tapauksessa, jolla on pitkälti samantyyppinen sormenjälki edellisten kanssa. Paperin suhteellinen osuus on suuri tietenkin kirjakaupan tapauksessa, mutta myös toisen kenkäkaupan tapauksessa.

Osa huomioista on ilmeisiä, mutta jaottelu kertoo myös monia tärkeitä ja huomionarvoisia seikkoja tutkittavista kohteista. Yksi tällainen palokuorman koostumukseen vaikuttava asia on myytävien / säilytettävien artikkelien pakkauksista ja -tapa ja säilytystapa. Siten esimerkiksi ruokakaupassa tai kenkäkaupassa saattaa olla paljon paperiksi ja muoviksi luokiteltavaa pakkauksissa sekä puuta ja muovia tuotteiden esillepanossa (hyllyt, telineet, kylmäsäilytysratkaisut yms.) vaikka tämä ei ole välttämättä ilmeistä myytävien artikkelien perusteella.

4.2 Jakauman sovittaminen mittauksiin

Lähteessä (DeNennoet et al. 2002) todetaan, että rakennusten palokuorman tiheyden oletetaan monesti olevan logaritmisesti normaalijakautunut. Eurocode 1 (EN 1991-1-2) esittää rakennusten palokuormien tiheydet Gumbel-jakautuneina. Tässä työssä tarkasteltiin näiden kahden todennäköisyysmallin sopivuutta mittausten perusteella lasketuille palokuorman tiheyksille.

Työssä määritettiin liiketilojen ja aputilojen palokuormien tiheyksien mittaustuloksiin sovitettujen käyrien suurimman todennäköisyyden (MLE) parametriestimaatit sekä arvot keskiarvolle, keskihajonnalle sekä kertymäfunktioiden eri fraktiileja. Parametreille käytetty esitys poikkeaa hieman kirjallisuudessa esiintyvistä esitystavoista. Esitystapa on valittu tässä siten, että molemmat todennäköisyysjakaumat on kuvattu samojen symbolien μ ja σ avulla ilmaistuna (vaikkakin nämä ovat luonteeltaan eri parametreja logaritmisesti normaalijakauman ja Gumbel-jakauman tapauksessa). Tiheys- ja kertymäfunktioita voidaan ilmaista siten:

Jakauma	Tiheysfunktio	Kertymäfunktio
lognormal	$f(x \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$	$F(x \mu, \sigma) = \frac{1}{2} \operatorname{erf}\left(-\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)$
Gumbel (maksimi)	$f(x \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right) \exp\left(-\exp\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right)$	$F(x \mu, \sigma) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right)$
Gumbel (minimi)	$f(x \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) \exp\left(-\exp\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right)$	$F(x \mu, \sigma) = 1 - \exp\left(-\exp\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right)$

Ero näiden kahden Gumbel-jakauman välillä on, pidetäänkö sovitettavan otoksen pisteitä luonteeltaan mini- vai maksimi-ilmentymänä tietystä ilmiöstä (tässä palokuorman tiheyden ilmentymä). Molemmat sovitukset Gumbel-jakauman tapauksessa tehtiin, jotta nähtiin, kumman lähestymistavan tiheys- ja kertymäfunktio paremmin kuvaa otosta. Voidaan ajatella, että Gumbel-jakauman tapauksessa molemmissa tapauksissa on kyse samasta sovitettavasta jakaumasta, mutta sovitus haetaan joko otosjoukolle (X) tai sen peilikuvalle ($-X$). Tällä tavoin saadaan sovitettua jakauman vinous ja otoksen vinous (skewness).

Taulukossa 4 annetaan MLE-sovituksella saadut parametrit liiketilatiedolle.

TAULUKKO 4. Jakaumaparametrit liiketiloille.

Jakauma	parametrit	keskiarvo	keskihajonta	Fraktiilit
<i>Gumbel(min)</i> (n=30)	$\mu = 595.26$ $\sigma = 245.05$	453	314	80%: 712 90%: 800 92%: 822 95%: 864 98%: 930
<i>Gumbel2(max)</i> (n=30)	$\mu = 371.58$ $\sigma = 167.53$	468	215	80%: 623 90%: 749 92%: 788 95%: 869 98%: 1025
<i>log-normal</i> (n=30)	$\mu = 6.05$ $\sigma = 0.48$	477	241	80%: 635 90%: 784 92%: 831 95%: 932 98%: 1132

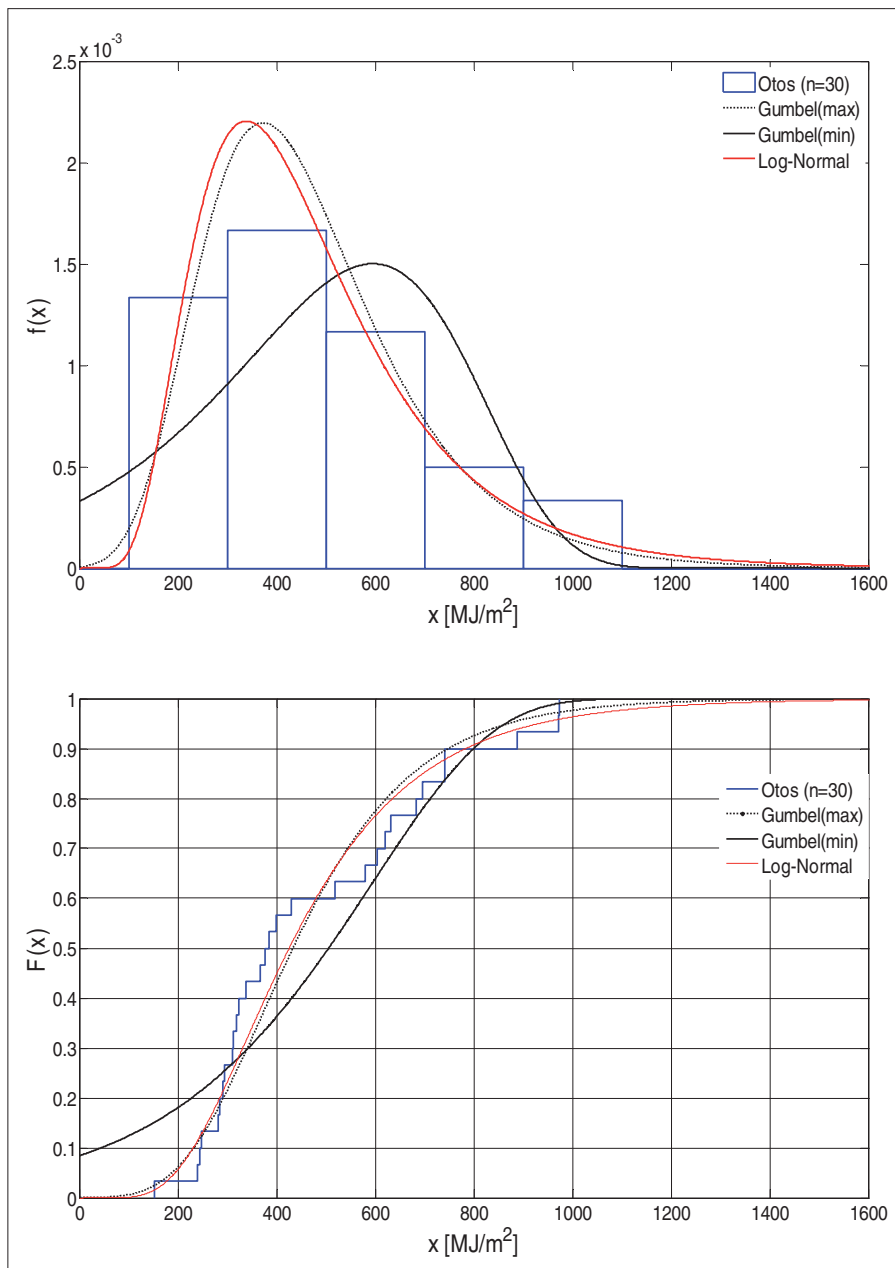
Vertailun vuoksi mainittakoon tässä kohtaa, että Eurocode 1:n (EN 1991-1-2 Taulukko E.4) mukainen ostoskeskusten palokuorman tiheyden keskiarvo on 600 MJ/m² ja 80%:n fraktiili 730 MJ/m².

Vastaavat sovituksella saadut arvot aputilojen tapauksessa on esitetty taulukossa 5.

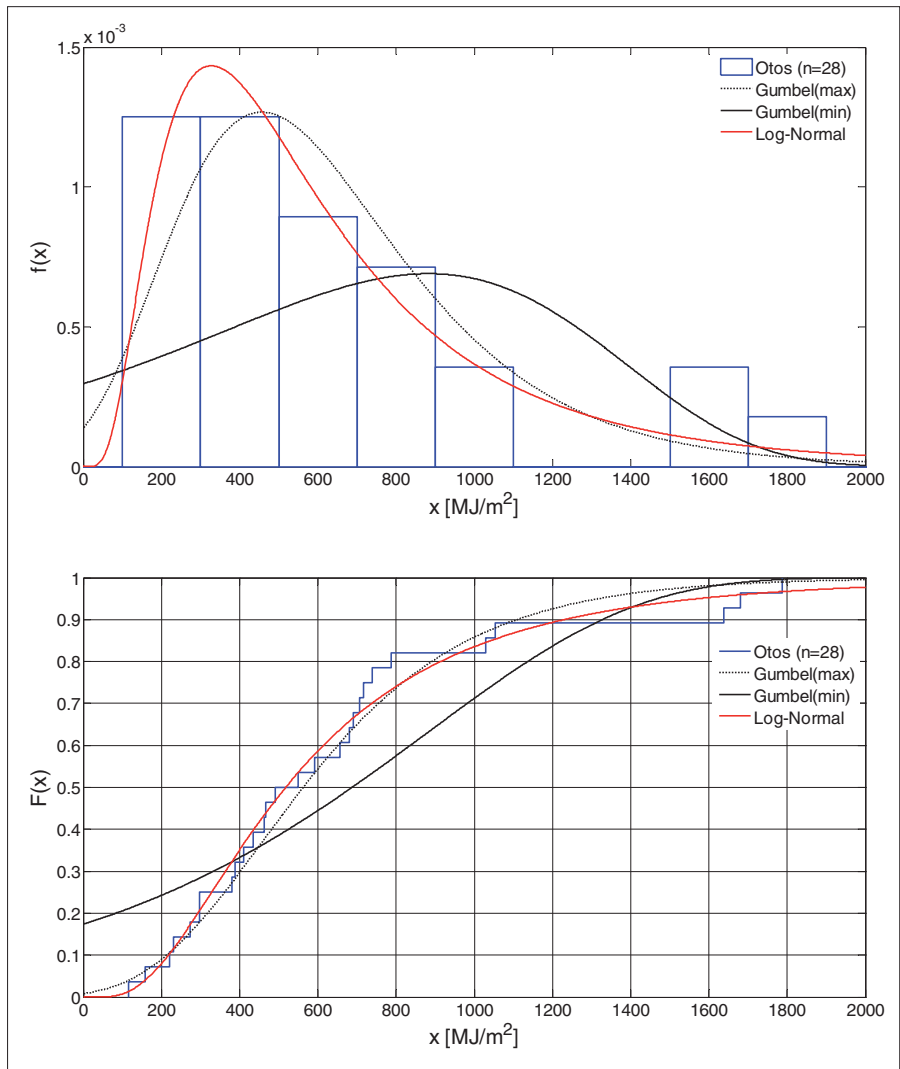
TAULUKKO 5. Jakaumaparametrit aputiloille.

Jakauma	parametrit	keskiarvo	keskihajonta	fraktiilit
<i>Gumbel (min)</i> (n=28)	$\mu = 883.18$ $\sigma = 533.19$	575	684	80%: 1137 90%: 1328 92%: 1377 95%: 1468 98%: 1611
<i>Gumbel (max)</i> (n=28)	$\mu = 455.81$ $\sigma = 290.30$	623	372	80%: 891 90%: 1109 92%: 1177 95%: 1318 98%: 1589
<i>log-normal</i> (n=28)	$\mu = 6.25$ $\sigma = 0.68$	650	495	80%: 914 90%: 1230 92%: 1337 95%: 1573 98%: 2073

Seuraavassa kuvassa on sovitettujen jakaumien tiheys- ja kertymäfunktiot kuvattu yhdessä mittausten perusteella lasketujen palokuorman tiheyksien esiintymisen (histogrammina) ja kertymän (porraskäyrä) kanssa.



KUVA 6a. Liiketilojen sovitetut tiheysfunktiot $f(x)$ ja kertymäfunktiot $F(x)$. Mittausten perusteella lasketujen palokuormatiheyksien sijoittuminen on kuvattu histogrammilla ja palokuorman tiheyden kertymä "porraskäyrällä".

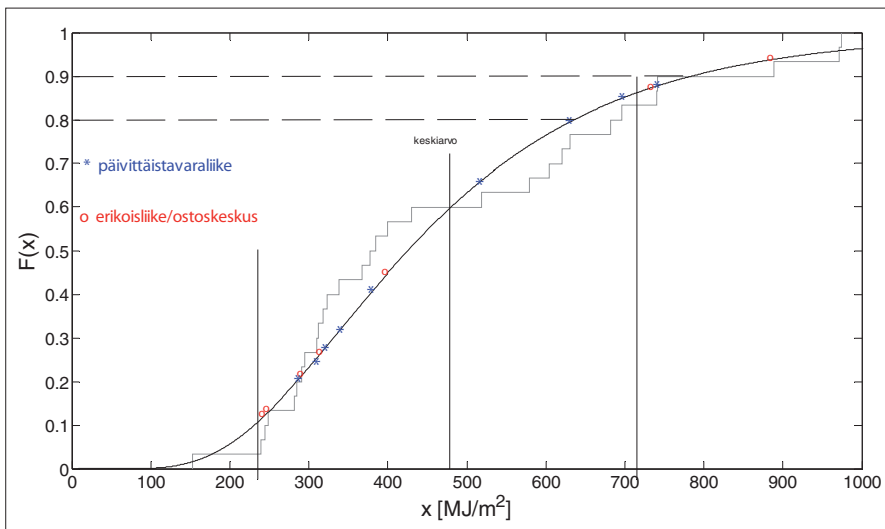


KUVA 6b. Aputilojen sovitetut tiheysfunktiot $f(x)$ ja kertymäfunktiot $F(x)$. Mittausten perusteella laskettujen palokuormatiheyksien sijoittuminen on kuvattu histogrammilla ja palokuorman tiheyden kertymä "porraskäyrällä".

Nähdään, että logaritmisesti normaalijakautunut ja Gumbel(maksimi)-jakauma noudattaa tiheyden muotoa hyvin ja kertymät ovat varsin yhtenäiset.

4.3 Erityistapaukset: päivittäistavaraliikkeet, pienet erikoisliikkeet sekä varastot

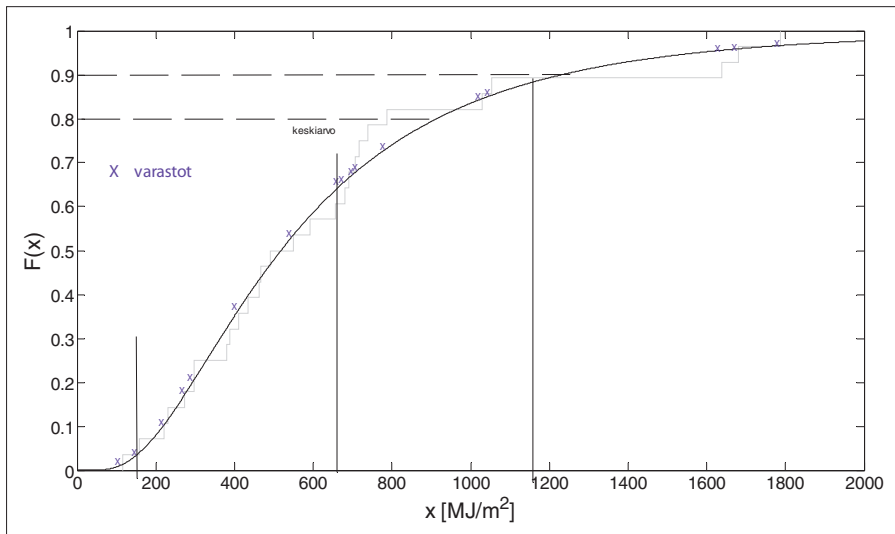
Kuvassa 7 on sijoitettu päivittäistavaraliikkeiden sekä ostoskeskuksen yhteydessä sijaitsevien pienehköjen erikoisliikkeiden mitatut palokuormien tiheydet saadulle log-normal-käyrälle. Harmaa porraskäyrä on mitatun palokuorman tiheyden kertymä. Kuva havainnollistaa näiden liiketyyppien palokuorman tiheyksien sijoittumisen suhteessa kaikkiin mittauksiin ja suhteessa sovitettuun log-normal-käyrään. [Kuvassa logaritmisien normaali-jakauman ”keskiarvo”-pystyviivan molemmin puolin on pystyviivat kuvaamassa jakauman keskihajonnan mittaista etäisyyttä keskiarvosta.]



KUVA 7. Päivittäistavaraliikkeiden ja ostoskeskuksien erikoisliikkeiden palokuorman tiheyksien sijoittuminen kertymäkäyrällä.

Kuvasta nähdään, että näistä liikkeistä neljällä palokuorman tiheyden arvo on yli 80%:n fraktiilin ja edelleen yhden liikkeen arvo yli 90%:n fraktiilin.

Samalla tavoin aputiloista niiden kohteiden, jotka olivat varastotiloja, palokuorman tiheyksien suhteellista sijoittumista on esitetty kuvassa 7. Suurimmista tiheyksistä viisi on yli 80%:n fraktiilin ja näistä edelleen kolme yli 90%:n (ja 95%:n) fraktiilin.



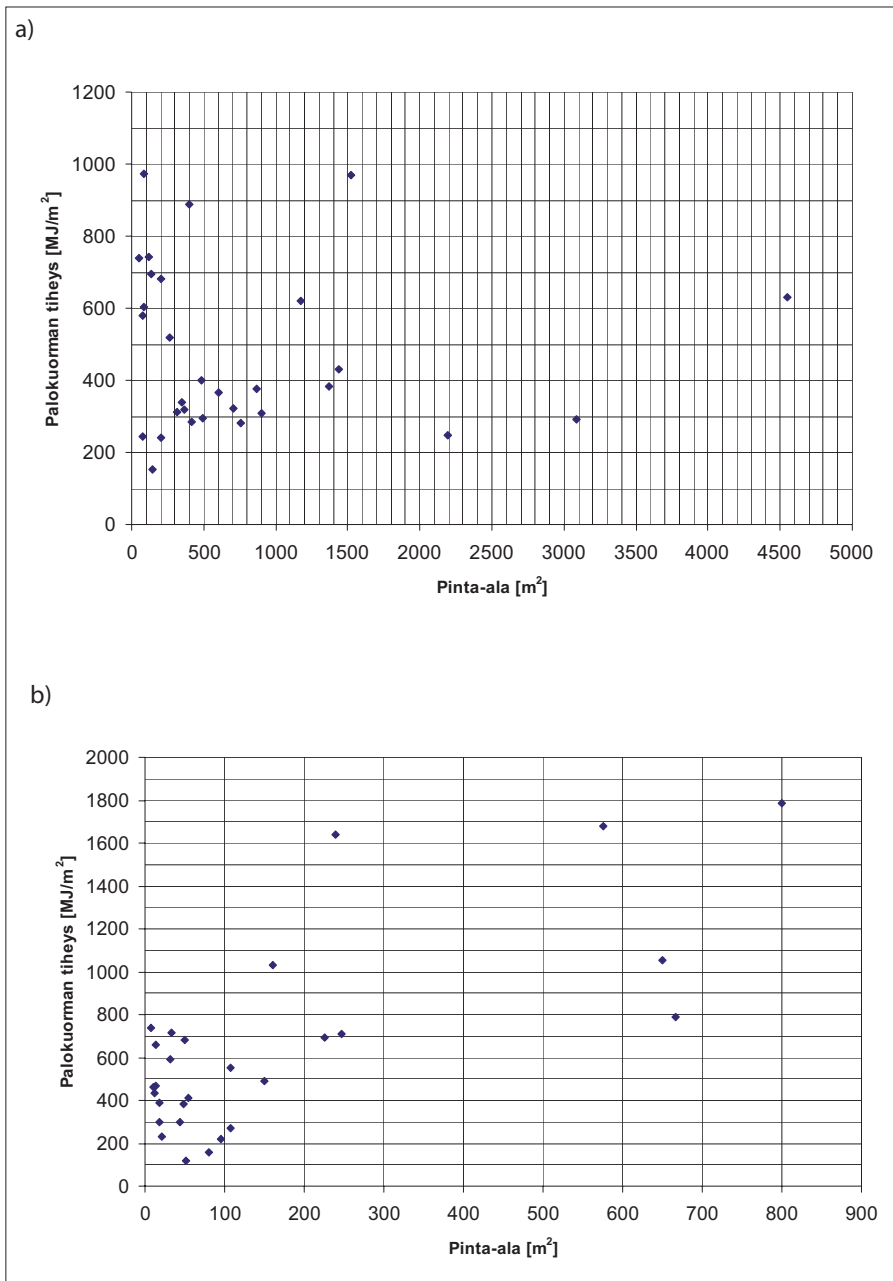
KUVA 8. Varastojen palokuorman tiheyksien sijoittuminen kertymäkäyrällä.

Yleisemmin voidaan vielä tarkastella palokuormien tiheyksien suhdetta tilan lattiapinta-alaan. Kuvassa 9 on näytetty liiketilojen (a) ja aputilojen (b) pinta-alan ja palokuorman vastinpiheet koko kerätyn palokuormatiedon osalta.

Voidaan havaita, että liiketilojen tapauksessa kohteita, joissa palokuorman tiheys on 600 MJ/m^2 tai yli, on 10 tapausta 30:stä. Näistä kuusi esiintyy liiketiloissa, joiden pinta-ala on 300 m^2 tai alle ja ovat tyypiltään:

- lelukauppa
- kirjakauppa
- vaatekauppa
- kemikalio
- 2 päivittäistavaraaliikettä.

Myös suurin mitattu palokuorman tiheys esiintyy tässä joukossa. Tätä suuremmissa $300\text{--}1500 \text{ m}^2$ kokoisissa kohteissa valtaosassa palokuorman tiheysistä on alle 400 MJ/m^2 .



KUVA 9. Liiketilojen (a) ja aputilojen (b) palokuorman tiheyden ja lattiapinta-alan vastinpiisteet.

Vastaavasti aputilojen tapauksessa yli $600 \text{ MJ}/\text{m}^2$:n palokuormatiheyksiä on 12 tapauksessa 28:sta. Näistä kahdeksan esiintyy tiloissa, joiden pinta-ala on 300 m^2 tai alle ja ovat tyypiltään:

- takahuone
- toimisto
- 6 varastotilaa.

Loput neljä tapausta, joissa palokuorman tiheys on yli 600MJ/m^2 ja lattiapinta-ala suurempi kuin 300 m^2 , ovat tyypiltään varastoja (suurin lattiapinta-ala 800 m^2).

Liiketiloiissa ja aputiloissa alle 300 m^2 tiloissa havaitaan yli puolet mitatuista 600 MJ/m^2 :n tai yli menevistä palokuorman tiheyksistä, sillä erotuksella, että liiketiloiissa nämä suuret tiheydet ovat enemmistö tuossa pinta-alaryhmässä ja aputilojen tapauksessa alle 600 MJ/m^2 :n palokuorman tiheyksiä esiintyy kuitenkin määrällisesti enemmän tässä ryhmässä.

4.4 Sovituksen hyvyys

Kertymäfunktioiden kuvaajista on nähtävissä, että sovitettu logaritminen normaali-jakauma näyttäisi noudattavan paremmin kerätyn palokuormatiedon kertymää. Silmämääräinen arviointi on kuitenkin varsin vaikeaa ja virhealtista.

Tässä työssä havaintojen ja sovitettujen käyrien välistä luotettavuuden astetta tarkasteltiin niin sanotulla χ^2 -testillä. Testissä tarkastellaan suuretta

$$\sum_{i=1}^k \frac{(O_i - \hat{E}_i)^2}{\hat{E}_i}, \quad (2)$$

missä k on keskenään riippumattomien kategorioiden määrä ja O_i on kategoriaan i osuvien havaintojen määrä ja \hat{E}_i on tuon kategorian havaintojen määrän (oletusmallin mukainen) ennuste. Tämä suure kuvastaa tehtyjen havaintojen ja mallin ennustamien havaintojen välistä eroa tai epäsuhtaa. Tämä suure on χ^2 -jakautunut ja jakauma antaa testin niin kutsutun p -arvon. Tämä arvo kertoo, kuinka todennäköistä on havaita suureen ilmoittaman suuruista (tai suurempaa) epäsuhtaa, jos havainnot ovat peräisin oletetusta todennäköisyysjakaumasta. Se, että havainnot ovat peräisin oletuksen mukaisesta todennäköisyysjakaumasta, on niin kutsuttu *nollahypoteesi*.

TAULUKKO 6. χ^2 -testin tulokset liiketiloiille.

Oletettu jakauma	Testisuureen arvo	p-arvo
<i>Gumbel (minimi)</i>	27.0	0.000001
<i>Gumbel (maksimi)</i>	3.8	0.05
<i>log-normal</i>	4.8	0.09

Taulukossa 6 annetuista arvoista käy ilmi, että testisuure, joka on verrannollinen mittausten ja sovitetun jakauman väliseen epäsuhtaan, on Gumbel-jakauman (minimi) tapauksessa lähes kuusinkertainen verrattuna logaritmiselle normaalijakauman tapaukseen. Toisaalta Gumbel-jakauman (maksimi) tapauksessa arvo on pienempi kuin logaritmisellä normaalijakaumalla. Merkittävää on kuitenkin

se, kuinka todennäköistä tuon suuruisen testisuureen arvon ilmeneminen on nollihypoteesin vallitessa.

Jos mittaustulosten oletetaan noudattavan logaritmisesti normaalijakaumaa, havaitaan mallin ja mittausten välillä poikkeamaa, kuten tässä mittauksessa 10%:ssa tapauksista.

Toisaalta jos oletettaisiin, että mittaukset olisivat olleet Gumbel-jakautuneesta (minimi) joukosta, olisi kerätty aineisto poikennut havaitun verran (tai enemmän) vain 0.0001%:ssa tapauksista, mikä on varsin epätodennäköistä. Toisin sanoen on varsin epätodennäköistä, että havainto olisi Gumbel-jakautuneesta (minimi) joukosta.

Gumbel-jakauma (maksimi) tapauksessa poikkeama esiintyy 5 % tapauksista ja siten ei merkittävästi poikkea logaritmisesti normaalijakautuneesta tapauksesta, ottaen huomioon pienehkön otoksen koon.

Kohteista mitattu ja laskettu palokuorman tiheys noudattaa **logaritmisesti normaalijakaumaa merkittävästi luotettavammin** kuin Gumbel-jakaumaa (minimi) ja **hiukan luotettavammin** kuin Gumbel-jakaumaa (maksimi).

Aputilojen osalta tulokset ovat vastaavat, eli **logaritmisesti normaalijakautunut sovitus on merkittävästi luotettavampi** (kuin minimi Gumbel) ja **hieman luotettavampi** (kuin maksimi Gumbel).

Loppupäätelmänä **logaritminen normaalijakauma kuvaa mittaustuloksista saatuja palokuorman tiheyksiä luotettavammin, joskin maksimi-Gumbel-jakauman tapauksessa ei ero ole merkittävä.**

4.5 Pohdintoja

Eri tutkimusten yhteydessä kerättyjä palokuorman tiheyksiä on tyypillisesti kuvattu joko Gumbel-jakautuneina tai logaritmisesti normaalijakautuneina. Se, miksi tietyssä tapauksessa toinen jakaumista (tai jokin muu) soveltuu paremmin mittajoukolle, on lähtökohtaisesti kysymys, johon ei löydy vastausta ilman kunkin tapauksen seikkaperäistä tutkimista. Tekijät, kuten

- mittajoukon variaatiokerroin (keskihajonnan ja keskiarvon suhde); tässä tapauksessa liiketiloilla 0.5 ja aputiloilla 0.7,
 - kohteen rakenne (onko kyseessä tiloja, jotka muodostuvat yhdestä tai useammasta tilasta/huoneesta) ja
-

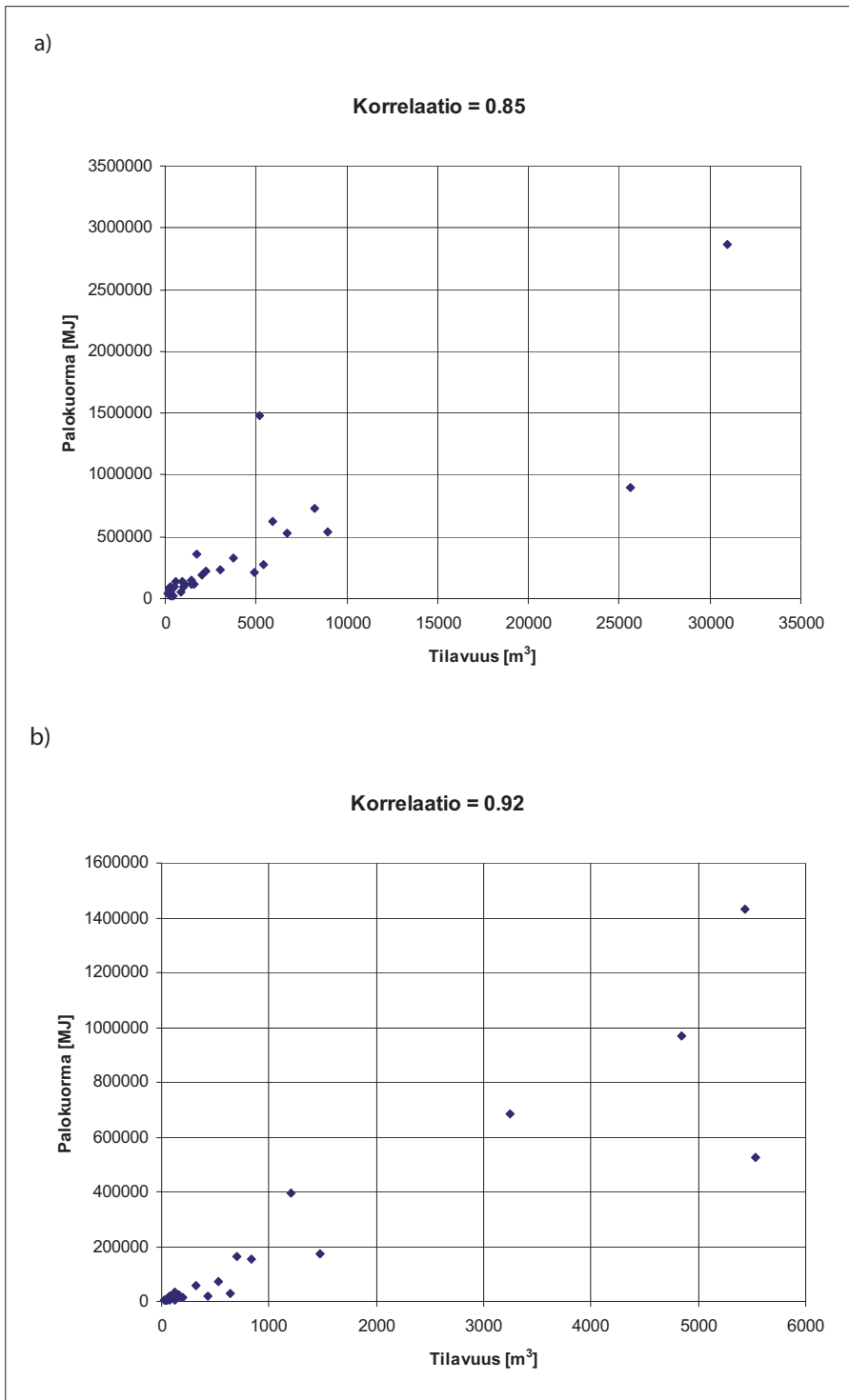
- palokuorman suhteellinen jakautuminen kiinteään ja irtaimeen palokuormaan

näyttäisivät vaikuttavan jakaumien soveltuvuuteen ja muotoon. Ei tietenkään pidä unohtaa eri jakaumien lähtökohtaisia eroja; ne kuvaavat eriluonteisia ilmiöitä ja tapahtumaprosesseja.

Ensinnäkin havaitun (mitatun) joukon keskihajonnan ja keskiarvon suhteen lähestyessä nolaa konvergoivat monet jakaumat kohti normaalijakaumaa. Toiseksi palokuorman voidaan olettaa olevan eräänlainen summa: palavien materiaalien massojen ja lämpöarvojen summa. Tietyn tilan tai rakennuksen palokuorma taas on sen huoneiden palokuormien summa. Lisäksi voidaan olettaa, että irtaimen palokuorman kertymistä ohjaavat toisenlaiset mekanismit kuin kiinteän palokuorman muodostumista; tavallaanhan kiinteä palokuorma on myös riippuvainen olemassa olevan tilan koosta (tilavuudesta). Ja tilavuus on taas tilan dimensioiden tulon määrittämä.

Keskeisestä raja-arvolauseesta seuraa likipitään, että ilmiö, joka on eritavoin jakautuneiden riippumattomien muuttujien summa, on suurilla otoksilla normaalijakautunut. Samoin ilmiö, joka on eritavoin jakautuneiden riippumattomien muuttujien tulo, on suurilla otoksilla logaritmisesti normaalijakautunut.

Jos oletetaan, että tässä mitatun palokuorman määrä olisi riippuvainen sen tilan tilavuudesta, missä se sijaitsee, olisi palokuorman ilmenemisellä riippuvuus tilan korkeuden, leveyden ja pituuden tulosta. Tässä työssä tutkittiin kokonaispalokuorman ja liike- tai aputilan tilavuuden välistä lineaarista korrelaatiota, toisin sanoen, olisiko toinen toisen avulla selitettävissä. Alla olevat kuvat esittävät vastinpari-pisteet. Liiketilojen osalta korrelaatio on 0.85 ja aputilojen / varastojen osalta peräti 0.92. Tämä on varsin merkittävä korrelaatioaste.



KUVA 10. Liiketilojen (a) ja aputilojen (b) palokuorman kokonaismäärän riippuvuus tilan koosta.

Tämä tarkoittaa sitä, että vallitsevan mittaustiedon perusteella vaikuttaa, että mitatun palokuorman ja tilan tilavuuden välillä on merkittävää lineaarista korrelaatiota, joka osaltaan selittää logaritmisesti normaalijakautunutta käytöstä. Tämä selittää myös sitä, että Gumbel-sovituksessa pitää olettaa otoksen kuvastavan palokuorman tiheyden maksimi-ilmentymiä (yleensä perusilmiön logaritmisesti normaalijakautuneisuus indikoi tämän).

4.6 Muut tulokset

Liikkeistä kerättiin myös tietoja paloturvallisuuteen oleellisesti liittyvistä laitteista. Hyvänä tuloksena voidaan pitää sitä, että kaikista liikkeistä löytyi alkusammutukseen sopiva käsisammutin, vaikkakin huonoiten varustellussa kohteessa oli vain yksi sammutin koko rakennuksessa (n. 850 m²).

Suurin osa tutkituista liikkeistä oli vuokralla toisen omistamissa tiloissa. Tästä huolimatta huonona tuloksena voidaan pitää, ettei 19 haastateltua osannut sanoa, onko kiinteistössä pelastussuunnitelmaa. Kymmenen tiesi, että kiinteistöön on laadittu pelastussuunnitelma. Vain yksi ilmoitti, ettei pelastussuunnitelmaa ole tehty.

Turva- ja merkkivalaistus olivat asianmukaiset 28 liikkeessä. Kahdessa liikkeessä, joista valaistus puuttui, oli jälkivalaisevat poistumisopasteet.

Automaattinen paloilmoitinlaitteisto löytyi 22 tutkimukseen osallistuneesta kiinteistöstä ja automaattinen sammutuslaitteisto oli 12 liikkeessä.

Laukaistava savunpoisto löytyi 15 liikkeestä ja pikapalopostit 14 kohteesta. Todennäköisesti pikapaloposteja löytyy useammasta kiinteistöstä, mutta ei tutkituista liikkeistä eikä niiden välittömästä läheisyydestä.

5 YHTEENVETO

Aluksi kerättiin kirjallisuustietoja kaikkien rakennusten palokuormatutkimuksista. Suurin puute todettiin olevan liikeilojen palokuormissa. Liikeilat saattavat olla hyvinkin laajoja, jolloin päädytään toiminnalliseen palomitoitukseen. Tämä tutkimus päätettiin kohdentaa liikeilojen palokuormien mittaukseen, mittaustulosten analysointiin ja vertailuun muualla tehtyihin mittauksiin. Paloturvallisuuden suunnittelun lähtökohta Suomessa tulee olemaan eurokoodijärjestelmä, jolloin lähtökohtana on standardin EN 1991-1-2 mukainen ostoskeskuksen palokuorman karakteristinen arvo. Se on annettu standardissa 80 % fraktilina perustuen Gumbel-jakautumaan: 730 MJ/m². Tässä tutkimuksessa on tutkittu tämän suunnitteluarvon käyttökelpoisuutta mittaamalla alkuvuodesta 2010 Seinäjoen seudulla 30 erilaisen ja erikokoisen liikeilan palokuormat. Mittaustuloksille on tehty tilastollinen analyysi sovittamalla mittaustulokset tilastollisiin jakaumiin mahdollisimman hyvin.

Kauppailojen eri mittaustutkimusten tulosten vertailu on sangen hankalaa, koska

- joissakin tuloksissa on mukana kiinteä palokuorma ja joissakin ei,
- käytetyt jakaumat ovat erilaisia ja eri fraktiliarvoja annetaan,
- erityisesti se, että joissakin tuloksissa on mukana varastoja ja muita aputiloja ja joissakin ei.

Esimerkiksi kanadalaisessa tutkimuksessa (Zalok et al, 2005) on mitattu 168 kauppailan palokuormat. Näistä vertailukelpoisia tämän tutkimuksen kanssa ovat harvat tulokset. Nämä on esitetty taulukossa 6. Lähteessä (Burkowski 2006) on annettu vanhempien suunnitteluohjeiden arvoja. Näistä on esitetty taulukossa 6 yhdet arvot perustuen sveitsiläisiin tutkimuksiin vuodelta 1969. Paras vertailu tämän tutkimuksen tulosten kanssa voidaan tehdä ranskalaisten mittaustulosten kanssa perustuen lähteeseen (Thauvoye et al, 2008), koska lähteessä annetaan tulos sekä Gumbelin että logaritmisin normaalinjakautuman parametreina. Lähteessä ei anneta suositusta suunnitteluarvoksi.

TAULUKKO 7. Kauppatilojen mitattuja palokuormia.

Lähde:Zalok E., Bwalya A., Hadjisopocleous G., Medium-scale fire experiments of commercial premises, NRCC-45397, A version of this document is published in: 2005 Fire and Material Conference, San Francisco, Jan. 31-Feb.2, 2005, pp. 1-12.						
Näytteiden ottopaikka ja vuosi: Ottawa, Gatineau, Canada, 2003						
Tyyppi	Näyte- määrä	Keskiarvo MJ/m ²	Hajonta MJ/m ²	Fraktiiliarvo MJ/m ²	Fraktiilin prosentti	Jakautuma
Clothing stores	14	393	164	661	95	Lognormal
Fast food shops	18	526	320	881	95	Lognormal
Restaurants	11	298	190	582	95	Lognormal
Kitchens (fast food/restaurant)	8	314	161	553	95	Lognormal
Burkowski R., Determining Design Fires for Design-level and Extreme Events, SFPE 6th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Methods, June 14-16, 2006, Tokyo, 11 pages. / Swiss data (1969)						
Shop	?	400	?	660	90	Normal
Thauvoye C., Zhao B., Klein J., Fontana M., Fire Loa Survey and Statistical Analysis, Fire Safety Science – Proceedings of the Ninth International Symposium, 2008, pp. 991-1002.						
Näytteiden ottopaikka ja vuosi: Ranska, 2006						
Shopping centers	26	571	372	Jakautumien parametrit annetaan		Lognormal ja Gumbel

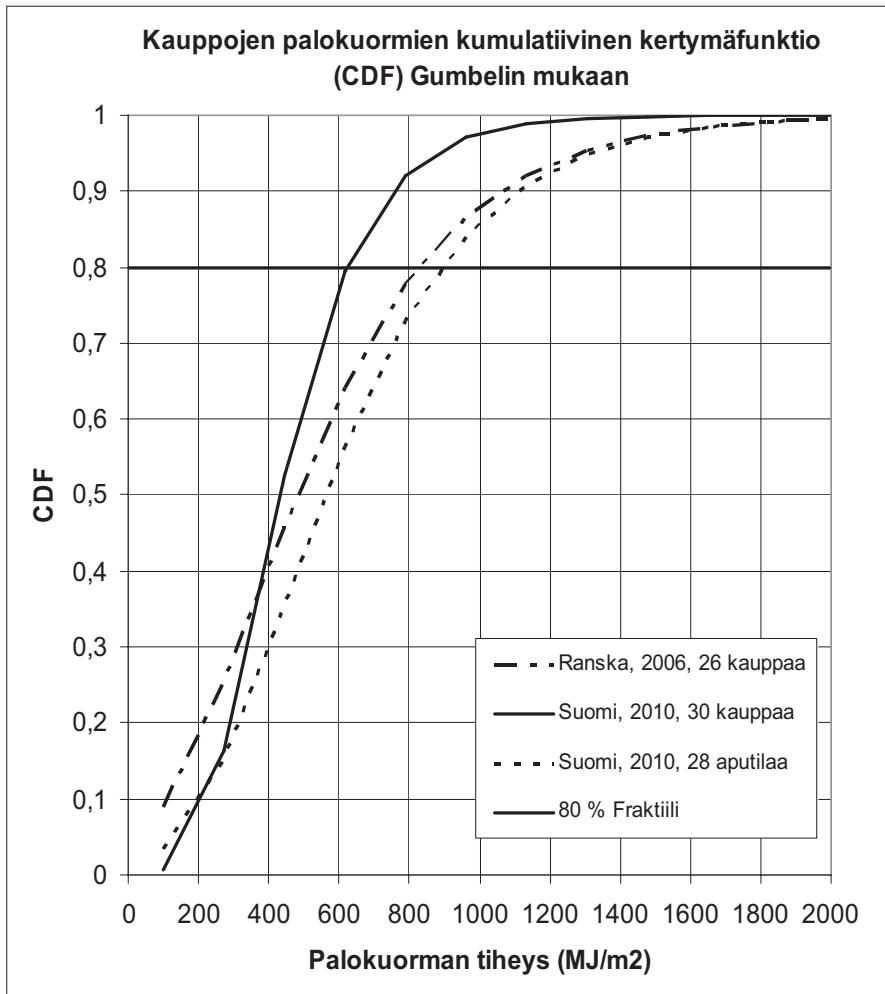
Lähteessä (Thauvoye et al, 2008) annetaan seuraavat jakautumaparametrit perustuen 26 kauppakeskuksen mittaustuloksiin Ranskassa:

- Lognormal: $\mu = 6.12$, $\sigma = 0.78$,
- Gumbel (maksimi): $\mu = 370$, $\sigma = 306$.

Tässä tutkimuksessa päädyttiin seuraaviin jakautumaparametreihin perustuen 30 kaupan mittaustuloksiin Seinäjoen seudulla:

- Lognormal: $\mu = 6.05$, $\sigma = 0.48$,
- Gumbel (maksimi): $\mu = 372$, $\sigma = 168$.

Kuvassa 11 on verrattu ranskalaisten tulosta tämän tutkimuksen tuloksiin.



KUVA 11. Kauppojen palokuormien vertailu Gumbelin jakauman mukaan.

Kuvasta 11 nähdään, että ranskalaisten tulos sattuu tämän tutkimuksen kauppatilojen ja aputilojen käyrien väliin. Lähteestä (Thauvoye et al, 2008) ei käy ilmi, kuinka paljon näytteissä on aputiloja.

Yhteenvetona voidaan todeta, että

- kohteista (30 liiketilaa) mitattu ja laskettu palokuorman tiheys noudattaa logaritmista normaalijakaumaa merkittävästi luotettavammin kuin Gumbel-jakaumaa (minimi) ja hiukan luotettavammin kuin Gumbel-jakaumaa (maksimi).
- perustuen tässä tutkimuksessa mitattujen palokuormien analyysiin ja vastaaviin ulkomaisten tutkimusten tuloksiin (lähinnä Thauvoye et al, 2008, 26 kauppakeskusta Rankassa) voidaan todeta, että Eurocoden 80 %:n fraktiiliarvo 730 MJ/m² on käypä karakteristinen arvo ostoskeskusten liiketilojen (pois lukien varastot/aputilat) suunnitteluun. Tämän fraktiiliarvon alle jääviä suunnitteluarvoja ei tulisi käyttää, koska tutkimuksessa havaittiin loppuun 20 %:iin kuuluvan runsaasti 80 %:n fraktiiliarvon ylittäviä palokuormia. Vaikka näiden osuus on pieni, voivat niiden seuraukset olla vakavia.
- varastojen/aputilojen palokuormat olivat mitatuissa kohteissa noin 1,5-kertaiset liiketiloihin verrattuna.
- erityisesti varastojen palokuormat saattavat vaihdella suuresti ja niiden palokuorma on syytä määrittää varastoitavan tavaran laadun, määrän ja sijoittelun mukaan.

Jatkotutkimuksina ehdotetaan seuraavia tutkimuksia tärkeysjärjestyksessä:

- kaavan (1) kertoimien δ selvitys (kirjallisuustutkimus),
 - teatterin, elokuvateatterin tai vastaavan tilan palokuormien mittausta ja analyysiä kuten tässä on tehty,
 - kirjastojen vastaava palokuormien mittausta ja analyysiä kuten tässä on tehty.
-

LÄHTEET

- Bukowski, R. W. 2006. Determining design fires for design-level and extreme events. SFPE 6th International conference on performance-based codes and fire safety design methods, June 14 – 16, 2006, Tokyo.
- Bwalya, A. C., Sultan, M. A. & Benichou N. 2004. A pilot survey of fire loads in Canadian homes. Research Report No. 159, NRC.
- Claret, A. M. & Andrade, A. T. 2007. Fire load survey of historic buildings: A case study. *Journal of fire protection engineering* 17, 103-112.
- DiNenno, P. et al. 2002. SFPE Handbook of fire protection engineering. 3. ed. Quincy: The National Fire Protection Association.
- E1: Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. 2002. Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö.
- Heinisuo, M. 2008. Fire resistance design in Europe. Datasheet no 8, International Symposium, Urban habitat constructions under catastrophic events, COST ACTION C26. 23–25 October, 2008, Malta.
- Hietaniemi, J. & Mikkola, E. 2010 Design fires for fire safety engineering. Espoo: VTT. VTT Working Papers 139.
- Hiipakka, M. 2010. Vähittäistavaraliikkeiden palokuormien inventaariotutkimus. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö, rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Holm, C. & Oksanen, P. 1970. Palokuorman määrä kerrostalojen asuinhuoneistoissa. *Palontorjuntatekniikka* 2, 1–4.
- Höopakka, J. 2010. Liikerakennusten palokuormien inventaariotutkimus. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö, rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Keski-Rahkonen, O. 2009. Palokuormien jakaumat palokuoleman ehkäisykeinojen arviointiohjelmassa. *Palotutkimuksen päivät 2009*.
- Keski-Rahkonen, O., Karhula, T. & Hostikka, S. 2009. Palokuoleman ehkäisykeinojen arviointiohjelma – tuloksia esitutkimuksesta. *Pelastustieto* 60 (6), 36–41.
- Korpela, K. 1999. Toimistorakennusten palokuormat. Teknillinen korkeakoulu Espoo, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Diplomityö.
- Korpela, E. & Keski-Rahkonen, O. 1998. Suurten liikuntahallien palokuormat. *Palontorjuntatekniikka* 28 (4), 18–21.
- Korpela, E. & Keski-Rahkonen, O. 2000. Fire loads in office buildings. Teoksessa: *Proceedings of the 3rd international Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods*, Lund, Sweden, 15-17 June 2000. Lund University, 2000, 178–286.
-

- Kumar, S. & Rao, C. V. S. K. 1995. Fire loads in residential buildings, building and environment 30 (2), 29–305.
- Schleich, J. B. & Cajot, L.-J. 2001. Valorisation project. Natural fire safety concept. ProfilArbed.
- SFS-EN 1991-1-2. 2003. Eurocode 1: Rakenteiden kuormat: Palolle altistettujen rakenteiden rasitukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- Thayvove, C., Zhao, B., Klein, J. & Fontana, M. 2008. Fire load survey and statistical analysis. Fire safety science – Proceedings of the 9th international symposium 991–1002, IAFSS.
- Zalok, E., Bwalya, A. & Hadjisopcleous, G. 2005. Medium-scale fire experiments of commercial premises. In: Fire and Materials Conference, San Fransisco.
-

Liite 1. COST action TU0604

WG1- Markku Heinisuo, markku.heinisuo@tut.fi

DESIGN FIRES IN BUILDINGS

The definition of fires of assumed characteristics, design fires, is one of the most important steps when considering the fire safety of buildings. Design events are those fires that are expected to occur over the life of the building for which the building is expected to meet its design safety objectives. Design fires are determined as fires that are reasonably expected and which represent the maximum threats that should be mitigated. Fire characterisations have been based on the survey (inventory or web-based questionnaire) of existing buildings, fire tests, mathematical fire modelling or combinations of all these. Normal, lognormal, 3-parameter gamma and Gumbel distributions have been used for the statistics of the data and mean and fractile values from 80 % to 95 % are used to give the design fires. In the most novel European standards the fire load densities (MJ/m^2) are given as 80 % fractile values supposing Gumbel distribution. Maximum rates of heat releases are given for different occupancies in the standard, too. In the literature for some cases 95 % fractiles are recommended to be used. In special cases very severe design fires are proposed. In some cases fixed (building's structures) and movable (building's combustible contents) fire loads are given separately, in some cases not.

Fire load survey of commercial premises in Finland

Thirty commercial premises were surveyed using the inventory method in the city of Seinäjoki, Finland, during spring 2010. The total floor area was about 28000 m^2 , the smallest shop was 54 m^2 and the largest $4550 \text{ m}^2 + \text{store } 800 \text{ m}^2$. Fixed fire loads (MJ/m^2) were studied separately for floors and for walls/ceilings as well movable fire loads were considered. The movable fire loads were distributed in wood, paper, textiles, plastics and others following similar distributions in the literature. The fire loads varied between $115\text{-}1787 \text{ MJ}/\text{m}^2$. The largest value ($1787 \text{ MJ}/\text{m}^2$) did not include any fixed fire load, only movable loads. The sample was fitted to lognormal and Gumbel distributions. The χ^2 test showed that the lognormal distribution describes the sample little bit better than Gumbel. The 80 % fractile value was $635 \text{ MJ}/\text{m}^2$ using the lognormal distribution and $623 \text{ MJ}/\text{m}^2$ using Gumbel. Based on this study and recent French study for similar samples the Eurocode value is proposed to be proper to be used in commercial premises. The fire loads for storages should be calculated based on the stored materials.

Reference: Björkman J., Autio V., Grönberg P., Heinisuo M., A paper will be proposed to Prague Fire Conference, April, 2011.

Design fires for fire safety engineering

The report describes an approach to fire characterisation that is based on the concept of fire load entities. Entity means a fundamental 'unit' that is describing the initial fire, not only MJ/m^2 but also heat release versus time. The initial fires are quantified using heat release rates which are dependent on the usage of the building. Assessment of fire growth and spread is based on the capability of the FDS to make conservative estimations how rapidly and how large a fire may grow within a given space. The report summarises the basics of performance criteria, fire safety engineering process and procedure for estimation of initial fires and fire development. Design fires for different occupancies are described in detail: sports and multipurpose halls, dwellings, warehouses and shops. Key issues concerning timber structures under design fire exposures are described. Comprehensive list of references is included.

Reference: Hietaniemi J., Mikkola E., Design Fires for Fire Safety Engineering, VTT Working Papers 139, VTT, 2010, 101 pages. ISBN 978-951-38-7479-7 ([URL:http://www.vtt.fi/publications/index.jsp](http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)), ISSN 1459-7683 ([URL:http://www.vtt.fi/publications/index.jsp](http://www.vtt.fi/publications/index.jsp))

Fire load distributions in the program to prevent fatal events in fire

Preliminary survey of fire loads in residential houses in Finland was done during 2003-2005. Totally 67 houses were surveyed by the students of the Fire Safety College of Finland. Data was collected for three types of buildings (single family houses, bungalow typed houses, block of flats) and for the different use of the rooms. Data was collected for movable and fixed fire loads (MJ/m^2), and the fixed loads are given separately for floors, walls and ceilings. Lognormal distribution was used when evaluating the data. A combination of fixed and movable fire load lognormal distributions is proposed. No proposal is given for the design values. This preliminary study is planned to be continued in the near future.

Reference: Keski-Rahkonen O., Karhula T., Hostikka S., Palokuormien jakaumat palokuoleman ehkäisykeinojen arviointiohjelmassa, Palotutkimuksen Päivät, 2009, pp. 108-114 (in Finnish).

Fire load survey and statistical analysis

Statistical results based on a survey in 475 rooms including hotel, hospital, shopping centers, offices and industrial buildings are presented. 336 rooms were in Switzerland and in Lichtenstein and 139 rooms in France. Fixed and movable fire loads were observed. Sets of parameters (e.g. based on use of the building) were found using last squares method and a chi-square test. The lognormal was found to give always satisfactory results while Gumbel law can be used if the coefficient of the variation is less than 1.0. Wood was found to be in shopping areas, hotels, offices and hospitals very often the main material for the composition of the fire load. In Swiss production areas 95 % of the fire load densities are lower than $2500 \text{ MJ}/\text{m}^2$. The mean value is $1080 \text{ MJ}/\text{m}^2$ and the standard deviation $1920 \text{ MJ}/\text{m}^2$. For storage areas the same numbers are: $35000 \text{ MJ}/\text{m}^2$, $11874 \text{ MJ}/\text{m}^2$ and $32774 \text{ MJ}/\text{m}^2$. The sample includes one silo with $433710 \text{ MJ}/\text{m}^2$. Without this the mean is $9806 \text{ MJ}/\text{m}^2$ and the standard deviation $14055 \text{ MJ}/\text{m}^2$, twice smaller than before. In French study 26 stores were surveyed, 90 % of fire load densities are in the range $0 - 910 \text{ MJ}/\text{m}^2$ with the mean and the standard deviation $571 \text{ MJ}/\text{m}^2$ and $372 \text{ MJ}/\text{m}^2$. The results are compared to the Eurocode values.

Reference: Thauvoye C., Zhao B., Klein J., Fontana M., Fire Load Survey and Statistical Analysis, Fire Safety Science – Proceedings of the Ninth International Symposium, 2008, pp. 991-1002.

Fire load survey of historic buildings: A case study

The results of a fire load density survey carried out in Ouro Preto, Brazil, are presented. The survey covered 43 historic baroque buildings, some of which were built in the latter part of the 17th century. The buildings were divided in a variety of occupancies, with residences and commercial stores being most frequent. The inventory method was used with all buildings, which were researched for their fixed and movable combustible contents. The average fire load density was $2989 \text{ MJ}/\text{m}^2$ with the standard deviation $2833 \text{ MJ}/\text{m}^2$. In a drugstore a single maximum density of $14,560 \text{ MJ}/\text{m}^2$ was found. Wood contributes a substantial portion of fire load, being 35 % of movable load and 37 % of fixed fire load. The measured values could exceed Brazilian standard NBR 14432 values by up to a factor of 10. In the paper is listed four main reasons why these kinds of buildings are particularly vulnerable to fires.

Reference: Claret A., Andrade A., Fire Load Survey of Historic Buildings: A Case Study, Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 17-May 2007, pp- 103-112. (<http://jfe.sagepub.com/gci/content/abstract/17/2/103>)

Determining design fires for design-level and extreme events

Difference between design level and extreme events is clearly stated in the paper. As an example design winds for buildings do not cover hurricane winds. Tornados are considered extreme events against which buildings are not expected to perform. History of fire load surveys starting at Ingberg 1928 is briefly referred. Fire load (MJ/m²) representations using 90 % or 95 % fractile values are recommended. Problems to define the design fire loads are outlined based on: spread of fire, ventilation of the building, the existence of active and passive fire protection features and finally: fire is a stochastic event that is highly dependent on the conditional probabilities on mitigating factors, planned or unplanned. Finally: *It is possible to conduct extreme events analysis in a way that meets the growing need for risk informed regulation.*

Reference: Burkowski R., Determining Design Fires for Design-level and Extreme Events, SFPE 6th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Methods, June 14-16, 2006, Tokyo, 11 pages.

Medium-scale fire experiments of commercial premises

The report presents and discusses the results of a fire load survey and a set of medium-scale fire experiments to determine the burning characteristics of combustibles in commercial premises. The inventory method was used in 2003 in the Canadian cities of Ottawa and Gatineau for 168 commercial premises. The results simulate the fuel loads found in the different shops. Fuel packages consisting of high plastic, rubber and edible-oil content attained high peak heat release rates (1,300 to 1,950 kW) an exhibited fast fire growth and significant smoke production (0.96 to 2.74 OD/m). The paper also presents the test of the fuel packages simulating a fast food shop. The results show that the fire reached a peak heat release rate of about 1562 kW at 6.5 minutes from ignition, and a peak gas temperature of 735 °C in the hot layer. The fire load densities of all 168 stores surveyed have lognormal distribution with a mean of 747 MJ/m² and a standard deviation 833 MJ/m², indicating significant spread, as can be expected. 95 % fractile value is 2,050 MJ/m² for all cases. For shoe stores (3 samples) and for general stores (43 samples) 95 % fractile values 4,612 and 4,289 MJ/m² are given, respectively. The measured total HR values for clothing storage and fast food tests show excellent agreement with the results of the survey.

Reference: Zalok E., Bwalya A., Hadjisopocleous G., Medium-scale fire experiments of commercial premises, NRCC-45397, A version of this document is published in: 2005 Fire and Material Conference, San Francisco, Jan. 31-Feb.2, 2005, pp. 1-12. (<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ircpubs>)

A pilot survey of fire loads in Canadian homes

The report presents the results of a pilot survey of movable loads in residential living rooms located on the main floor and basement levels. The survey was conducted using a web-based questionnaire. The survey attracted 74 respondents. The efficacy of the survey methodology is discussed, and the main combustible furniture is identified. The main floor furniture was found to be similar but basements contained a greater variety of furniture. The values of fire load densities calculated using estimated weights of furniture were within the range of values found in the literature. The results are given as mean values (in 74 homes) for main floor and basement living rooms (500-600 MJ/m²) and they are compared to US (200 and 70 rooms) and Japanese (214 rooms) survey results and to building code values in New Zealand (400-1200 MJ/m²) and Sweden (600 MJ/m²).

Reference: Bwalya A., Sultan M., Benichou N., A Pilot Survey of Fire Loads in Canadian Homes, IRC-RR-159, NRC, March 9, 2004, 24 pages.

Literature review on design fires

The main parameters affecting fire development in small rooms are identified, together with the methods for characterizing design fires for pre-flashover and post-flashover stages. Numerous combustion data, from the fire tests involving real and mock-up furniture, from various laboratories around the world, was found. Large variations in furniture designs and materials as well in fire loads published during last two decades were found. The most important observation was an absence of fire load data for residential and commercial occupancies in Canada. Reference: Bwalya A., Benichou N., Sultan M., Literature Review on Design Fires, IRC-RR-137, NRC Publications Archive (NRARC), June 25, 2003, 31 pages. (<http://nparc.cisti-icist.nrc-cnrc.gc.ca/npsi/ctrl?lang=en>)

Fire loads in office buildings

Fire load survey of 100 offices is given. More than 1500 office rooms are considered. The distribution of fire load density found as a main result of the study. The mean of fire load per floor area seemed to be approximatively the same as in some other studies, 1000 MJ/m². The maximum rates of heat releases in different types of rooms were calculated as well as the worst realistic fire situations in some open plan offices and atria. Extreme value distribution was the best estimation to the distributions of fire load density, maximum rate of heat release, the amount of paper and the amount of machinery in fire load. This work has given a representative view of fire loads in Finnish offices, and allows a reliable foundation to performance based fire safety design.

Reference: Korpela K., Fire loads in office buildings, Master's Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Helsinki University of Technology, Espoo, 1999, 84 + 115 pages (in Finnish).

Fire load in residential buildings

The results of a fire load survey carried out in Kanpur, India are presented. Thirty-five residential buildings with a total floor area of 4256.6 m² were surveyed. The inventory method was used. The results show that the maximum and mean fire loads decrease with increase in floor area up to 16 m², but thereafter it shows no variation with further increase in floor area. The results show no relationship between load magnitude and building height (up to three floors). The mean loads varied from 278 MJ/m² to 852 MJ/m² with an overall average of 487 MJ/m². The standard deviation of fire load ranged from 87 MJ/m² to 621 MJ/m² with an average of 255 MJ/m². A single maximum fire load of 2174 MJ/m² was encountered in a storeroom. The storeroom and kitchen were found to be most heavily loaded. The fire loads contributed by the fixed load and the movable load are 52.66 and 47.34 %, respectively. The reduction in use of timber in structural and non-structural members may reduce the fire loading considerably, is given as a summary.

Reference: Kumar S., Rao C., Fire Loads in Residential Buildings, Building and Environment, Vol 30, No 2, 1995, pp. 299-305.

Fire loads in apartments of block of flats

Survey of fire loads in 62 apartments in Finnish block of flats built during 1966 is reported. No differences in fire loads were found between apartment types. The movable fire load parts were in entire apartments 60 %, in living rooms 85 %, in bed rooms 64 % and in kitchens 13 %. The data of this research has been recalculated (VTT, Tutkimusselostus NRO RTE1461/05) and Gumbel distribution is used for the data. After raising the results about 30 % the result was that the mean of the fire load for the entire apartment is 509 MJ/m² and 80 % fractile 575 MJ/m². The values for the movable fire loads are 321 and 390 MJ/m², respectively. The results are compared to the values of Eurocode for the entire apartment (780, 948 MJ/m²) and to US studies (Cambell J., Confinement of Fire in Buildings. Fire Protection Handbook. NFPA Handbook, USA, 1981, 320, 425 MJ/m²) and to a Canadian study for living rooms (Bwalya A., An extended survey of combustible contents in danadian residential living rooms. Ottawa, Canada: National research Council Canada. Research Report No. 176, 2004, 445, 565 MJ/m²).

Reference: Holm C., Oksanen P., Palokuorman määrä kerrostalojen asuinhuoneistoissa. Palontorjuntateknikka. Nro 2, 1970. pp. 1-4 (in Finnish).

Liite 2. TIEDONKERUULOMAKE

KIINTEISTÖN YLEISTIEDOT

TUTKIMUKSEN TEKIJÄ _____

PÄIVÄMÄÄRÄ _____

KOHDE _____ (OSOITE)

RAKENNUSTYYPPI _____ (ESIM OSTOSKESKUS)

RUNKOMATERIAALI _____ (ESIM BETONI)

RAKENTEIDEN PALOSUOJAUS ON ____ EI ____ (HUOM. KOHTAAN SUOJAUKSEN
TYYPPI)

KERROKSIEN LUKUMÄÄRÄ _____

PALOLUOKKA _____ (P1,P2,P3)

ETÄISYYS PALOASEMAAN _____ KM

PELASTUSSUUNNITELMA ON ____ EI ____ EI TIETOA ____

PALOTEKNISET SUUNNITELMAT LIITTEENÄ _____

KIINTEISTÖN PALOTURVALLISUUSLAITTEET

AUTOMAATTINEN PALOILMOITIN ____ TURVA- JA MERKKIVALAISTUS ____

AUTOMAATTINEN SAMMUTUSJÄRJESTELMÄ ____ KUULUTUSLAITTEET ____

LAUKAISTAVA SAVUNPOISTO ____ PIKAPALOPOSTIT ____

KÄSISAMMUTTIMET ____

HUOM. _____

LIIKKEEN TIEDOT

LIIKKEEN TYPPI _____ (ESIM KIRJAKAUPA, PÄIVITTÄISTAVARALIIKE)

KERROS _____

MYYMÄLÄN TIEDOTMYYMÄLÄN PINTA-ALA _____ M² KORKEUS _____ M TILAVUUS _____ M³

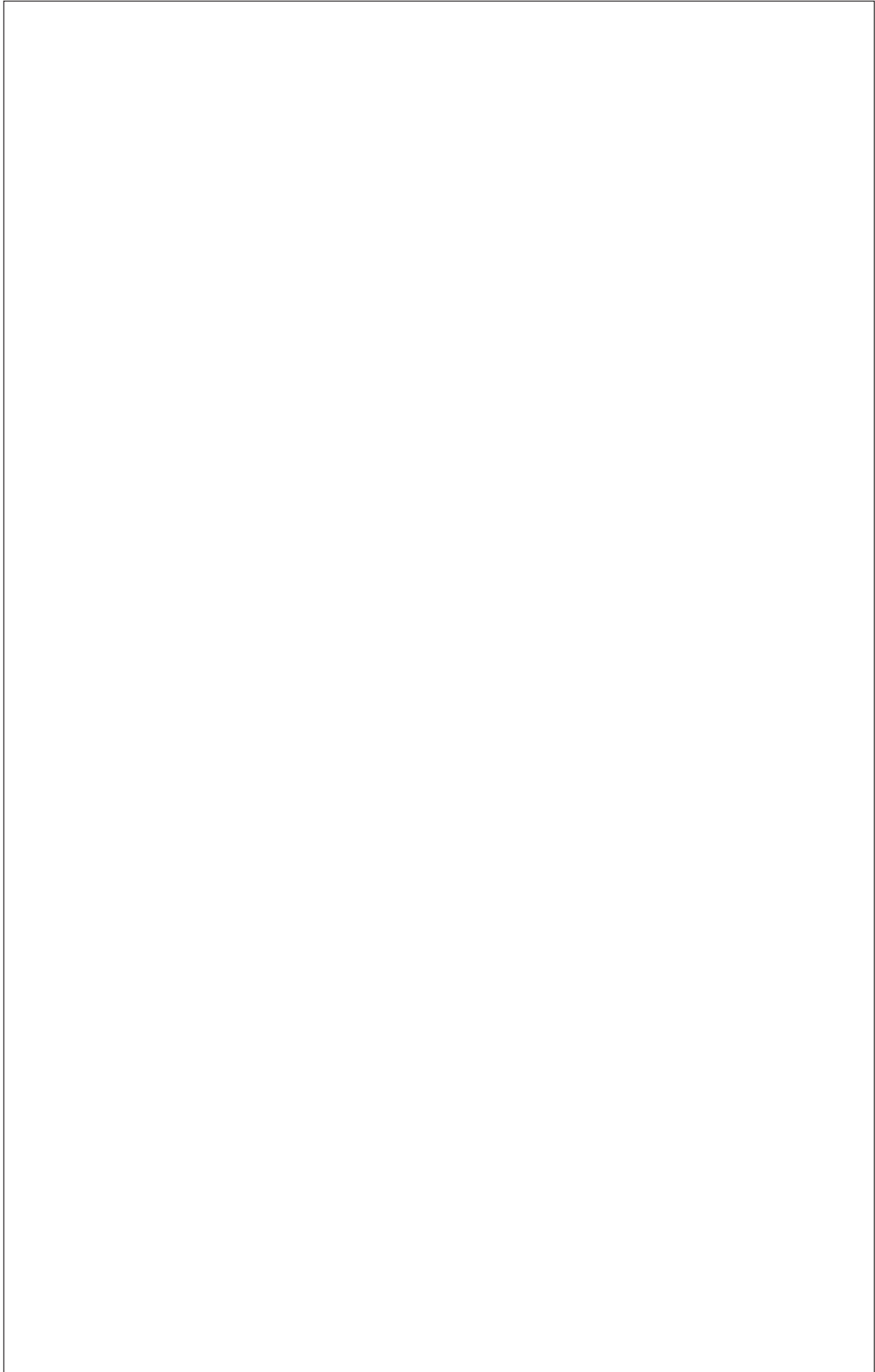
AUKKOTIEDOT

AUKKO	TYYPPI (OVI/IKKUNA/ MUU)	KOKO (L x K)	MATERIAALI (ESIM LASI)	ALAREUNAN ETÄISYYS LATTIASTA
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				
13.				
14.				
15.				

HUOM. _____

POHJAPIIRROS.

MIKÄLI KOHTEESTA EI OLE KÄYTÖSSÄ VALMIITA PIIRUSTUKSIA TEHDÄÄN KOHTEESTA ERILLINEN POHJAPIIRROS JOHON MERKITÄÄN PÄÄMITAT, AUKOT, HYLLYT, ALTAAT, JNE. (TARVITTAESSA KÄYTETÄÄN ISOMPAA/USEAMPAA PAPERIA)



Liite 3. Laskennassa käytettyjä palamislämpötiloja.

Laskennassa käytettyjä palamislämpöjä

MATERIAALI	PALAMISLÄMPÖ (MJ/kg)
ABS	35
Bitumi	40
Elintarvikkeet (ka)	15
Korkki	33
Kumi (auton rengas)	33
Lastulevy	14
Linoleum	21
Mineraaliöljy	45
Nahka	20
Pahvi	17
Paperi (aikausilehti)	13
Paperi (sanomalehti)	19
Paperi (vahattu)	21
Polykarbonaatti	29
Polypropeeni	43
Polystyreeni	40
Puu	17,5
Puuvilla	18
PVC	18
Villa	23

LAITTEISTOJEN PALOKUORMIA

LCD-televisio 42"	230 MJ
Tietokoneen keskusyksikkö	200 MJ
Pakastin (300 litraa)	660 Mj
Jääkaappi/pakastin (korkea)	600 Mj
Astianpesukone	360 Mj
Pyykinpesukone	320 MJ
Pyykinkuivain	230 MJ
AV ym. Laitteet 2-5 kg	100 MJ
Mikroaaltouuni	200 Mj

Liite 4. Saate tutkimusehdokkaille



TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Saate tutkimusehdokkaille

Rakennusten palokuormien inventaariotutkimus

SeAMK Rakennustekniikka, TTY ja VTT etsii tutkimusmateriaalia myymälärakennusten palokuormakartoitukseen. Tutkimuksen tavoitteena on inventoida Suomen rakennuskantaa siten, että saadaan selville tämänhetkinen tilanne, paljonko palokuormaa erityyppisissä rakennuksissa on käyttötavan mukaan. Kyseessä on paloturvallisuuden oleellisesti liittyvä empiirinen tutkimus.

Tulosten soveltaminen ei ole rajoittunut vain rakenteelliseen paloturvallisuuteen, vaan oikea tieto rakennusten palokuormasta on välttämätön lähtötieto myös poistumisturvallisuutta arvioitaessa ja suunniteltaessa sekä savunpoistoa mitoitettaessa. Nämä ovat välttämättömiä toimenpiteitä suurten kohteiden suunnittelussa.

SeAMK Rakennustekniikka kartoittaa myymälärakennusten palokuormia ja tutkimusaineisiksi toksi tarvitaan myymälätiloja ja niihin liittyviä muita tiloja esimerkiksi takahuoneet, kylmiöt ja varastot. Tutkimuksessa määritetään tutkittavasta tilasta palavat materiaalit, mitataan niiden määrät ja mitataan myymälätilassa olevien ikkuna- ja oviaukkojen mitat. Materiaalien määrittäminen tapahtuu silmä- ja käsivaraisesti materiaaleja vahingoittamatta. Mittaukset suoritetaan mittanauhalla ja pienillä vaa'oilla tai muilla vastaavilla välineillä.

Etukäteen tehtäviä valmisteluja varten olisi hyvä saada kopiot tutkittavien tilojen pohjapiirustuksista sekä myymälän paloturvallisuudesta vastaavan henkilön yhteystiedot. Mittaukset tehdään myymälän normaaleina aukioloaikoina mahdollisimman vähän häiriöitä aiheuttaen.

Tutkimukseen on tarkoitus saada tilastollisesti merkittävä määrä myymälärakennuksia ja niistä saadut tiedot ja tulokset käsitellään luottamuksellisesti siten, ettei yhteenvedoista voida yksilöidä mitään tutkittua kohdetta.

Pyydämme lupaa suorittaa kyseinen mittaus myymälässänne.

Rakentavaa yhteistyötä toivoen

Projektipäällikkö

Veli Autio
040-830 4162
veli.autio@seamk.fi

Projektia rahoittavat: Palosuojelurahasto, Ympäristöministeriö, Teräsrakenneyhdistys, Seinäjoen seudun elinkeinokeskus, Tampereen teknillinen yliopisto

SeAMK Tekniikka
Kampusranta 9 A / PL 64
60320 Seinäjoki
puh. 020 124 4903
faksi 020 124 4909
tekniikka@seamk.fi

Törnäväntie 26
60200 Seinäjoki
puh. 020 124 5327
faksi 020 124 5301

Vaasantie 1 C
60100 Seinäjoki
puh. 020 124 5322
faksi 020 124 5338

Liite 5. Mittaustulokset

Kohde nro.	LIUKETILAT	Lattia-pinta-ala (m ²)	Tilan korkeus (m)	Palo-kuorma (MJ)	Puu (MJ)	Paperi (MJ)	Tekstiili (MJ)	Muovi (MJ)	Sekalajista (MJ)	Kiinteä kuorma seinä/katto (MJ)	Kiinteä kuorma lattia (MJ)	Kiinteä kuorma yhteensä (MJ)	Palokuorman tiheys (MJ/m ³)
1	Leilukauppa	82,0	3,1	49561,2	8750,0	3927,0	1580,0	16736,0	840,0	10112,2	7616,0	17728,2	604,40
2	Videovuokraamo	420,0	3,8	119736,3	5342,5	4233,0	5600,0	47816,0	8078,0	4564,8	44100,0	48666,8	285,09
3	Urheiluvälinekauppa	491,0	3,0	144814,4	8729,0	4709,0	70113,0	25187,0	1600,0	34476,4	0,0	34476,4	294,94
4	Kangaskauppa	485,8	4,2	194157,0	29739,0	8806,0	106168,0	1568,0	2180,0	0,0	45696,0	45696,0	399,66
5	Optikko	75,0	4,2	18349,0	2012,5	238,0	1440,0	2771,0	2700,0	7087,5	2100,0	9187,5	244,65
6	Kirjakauppa	400,0	4,4	355450,0	32410,0	234804,0	1532,0	44384,0	4520,0	0,0	37800,0	37800,0	888,63
7	Videovuokraamo	205,0	4,2	49016,5	1942,5	816,0	280,0	44598,0	1380,0	0,0	0,0	0,0	239,10
8	Kenkäkauppa	316,0	3,2	98574,8	13160,0	4080,0	43399,0	5824,0	980,0	0,0	31131,8	31131,8	311,95
9	Kirjakauppa	205,0	2,7	139864,0	36974,0	65450,0	257,0	13088,0	2570,0	0,0	21525,0	21525,0	682,26
10	Vaatekauppa	368,0	3,9	116975,0	7896,0	527,0	64644,0	6272,0	2840,0	0,0	34776,0	34776,0	317,87
11	Kenkäkauppa	143,0	3,1	21863,5	52,5	5185,0	11974,0	1632,0	1830,0	1190,0	0,0	1190,0	152,89
12	Laukukauppa	80,0	3,0	46346,0	1050,0	102,0	22954,0	19520,0	620,0	2100,0	0,0	2100,0	579,33
13	Vaatekauppa	82,0	2,8	79874,5	31097,5	85,0	21000,0	13376,0	1380,0	5320,0	7616,0	12936,0	974,08
14	Kemikallio	54,0	2,8	39981,4	5250,0	51,0	320,0	7328,0	14640,0	7442,0	4950,4	12392,4	740,40
15	Vähittäistavaraliike	898,6	6,0	278350,0	12075,0	27000,0	900,0	72450,0	165925,0	0,0	0,0	0,0	309,76
16	Vähittäistavaraliike	138,4	3,4	96317,0	8313,0	1940,0	425,0	22290,0	53055,0	10294,0	0,0	10294,0	695,93
17	Vähittäistavaraliike	122,3	2,5	90616,0	2100,0	1800,0	2500,0	14400,0	41950,0	20498,0	7368,0	27866,0	740,93
18	Vähittäistavaraliike	706,0	4,3	227775,0	8890,0	11200,0	1625,0	53400,0	110300,0	0,0	42360,0	42360,0	322,63
19	Vähittäistavaraliike	868,0	4,3	327300,0	8575,0	14800,0	2250,0	44790,0	231300,0	25585,0	0,0	25585,0	377,07
20	Vähittäistavaraliike	345,0	3,1	116784,0	700,0	3100,0	325,0	11220,0	50120,0	51319,0	0,0	51319,0	338,50
21	Vähittäistavaraliike	265,0	3,5	137318,0	10150,0	8200,0	1750,0	35100,0	63355,0	2863,0	15900,0	18763,0	518,18
22	Huonekatuliike	1440,0	4,1	619562,0	311640,0	5700,0	80625,0	96187,0	2450,0	35210,0	87750,0	122960,0	430,25
23	Huonekatuliike	1370,0	4,9	524692,0	224672,0	5000,0	77850,0	77810,0	3610,0	35000,0	102750,0	137750,0	384,45
24	Kodinkoneliike	754,0	6,5	212632,0	49769,0	8840,0	1513,0	149060,0	3450,0	0,0	0,0	0,0	282,01
25	Kodinkoneliike	600,0	3,7	220253,0	66045,0	5860,0	1625,0	112410,0	2250,0	22500,0	9563,0	32063,0	367,09
26	Vähittäistavaraliike	4550,0	6,8	2870766,0	423990,0	215640,0	153900,0	1206720,0	870516,0	0,0	0,0	0,0	630,94
27	Vähittäistavaraliike	3088,0	8,3	894560,0	89425,0	51180,0	45250,0	175140,0	535565,0	0,0	0,0	0,0	290,34
28	Vaatekauppa	2190,0	4,1	543625,0	85225,0	3560,0	366850,0	65800,0	22190,0	0,0	0,0	0,0	248,23
29	Maaliitike+ [parkeitt, muovimat.]	1523,0	3,4	1478858,8	449400,0	105700,0	41875,0	389580,0	348750,0	6483,8	137070,0	143553,8	971,02
30	Rautakauppa	1172,0	7,0	727343,0	233188,0	83320,0	15625,0	98100,0	177860,0	112125,0	7125,0	119250,0	620,60

Kohde nro.	Kuormatyyppi	Lattia-pinta-ala (m ²)	Tilan korkeus (m)	Palo-kuorma (MJ)	Puu (MJ)	Paperi (MJ)	Tekstiili (MJ)	Muovi (MJ)	Sekalaisia (MJ)	Kiinteä kuorma seinä/katto (MJ)	Kiinteä kuorma lattia (MJ)	Kiinteä kuorma yhteensä (MJ)	Palo-kuorman tiheys (MJ/m ²)
MUUT TILAT													
1	Takahuone	7,5	3,1	5535,4	332,5	102,0	40,0	96,0	750,0	3506,1	708,8	4214,9	738,05
2	Takahuone	18,5	2,5	7197,5	805,0	1700,0	40,0	1280,0	1430,0	0,0	1942,5	1942,5	389,05
3	Takahuone/varasto	107,5	3,0	59105,0	875,0	9350,0	37500,0	9120,0	2260,0	0,0	0,0	0,0	549,81
4	Toimisto	12,0	2,9	5208,9	1137,5	765,0	80,0	244,0	1840,0	0,0	1142,4	1142,4	434,08
5	Tuokimuhuoneet	48,0	2,7	18282,0	4040,0	1734,0	320,0	2752,0	4880,0	4534,0	0,0	4534,0	380,88
6	Takahuone/pukuhuone	18,0	2,5	5341,0	910,0	204,0	40,0	256,0	2230,0	0,0	1701,0	1701,0	296,72
7	Takahuone	21,0	3,3	4837,5	2747,5	272,0	40,0	1248,0	530,0	0,0	0,0	0,0	230,36
8	Toimisto	14,3	3,2	9395,0	1400,0	408,0	240,0	224,0	1390,0	1470,0	4263,0	5733,0	656,99
9	Kellari	32,0	2,2	18949,5	2362,5	13311,0	60,0	192,0	0,0	0,0	3024,0	3024,0	592,17
10	Taukuhuone/toimisto	11,0	3,7	5082,0	962,5	238,0	60,0	512,0	2270,0	0,0	1039,5	1039,5	462,00
11	Varasto	80,0	2,5	12610,5	2012,5	1734,0	4630,0	1984,0	150,0	2100,0	0,0	2100,0	157,63
12	Takahuone	14,0	3,0	6546,0	70,0	816,0	2100,0	2720,0	0,0	840,0	0,0	840,0	467,57
13	Varasto	34,0	3,2	24342,5	3552,5	170,0	17100,0	3520,0	0,0	0,0	0,0	0,0	715,96
14	Varasto	[eri mittauslupaa]											
15	Varasto	107,4	6,0	29260,0	630,0	5640,0	125,0	16530,0	6335,0	0,0	0,0	0,0	272,44
16	Varasto	55,1	3,0	22592,0	5425,0	600,0	650,0	8100,0	3680,0	4137,0	0,0	4137,0	410,02
17	Varasto	50,0	2,5	33988,0	4200,0	1000,0	1375,0	5400,0	2650,0	16363,0	3000,0	19363,0	679,76
18	Varasto	95,0	4,5	20995,0	1365,0	4400,0	250,0	6330,0	8650,0	0,0	0,0	0,0	221,00
19	Varasto	160,0	4,4	164445,0	14875,0	20000,0	5000,0	24000,0	61500,0	39270,0	0,0	39270,0	1029,03
20	Varasto	51,9	2,4	6005,0	875,0	0,0	0,0	1590,0	420,0	0,0	3120,0	3120,0	115,70
21	Varasto	44,0	3,5	13046,0	2468,0	140,0	0,0	1560,0	3375,0	2863,0	2640,0	5503,0	296,50
22, ja 23	Varasto	650,0	5,0	684845,0	589645,0	12000,0	8000,0	73200,0	2000,0	0,0	0,0	0,0	1053,61
24	Varasto	246,5	6,0	174290,0	22400,0	4800,0	325,0	145440,0	1325,0	0,0	0,0	0,0	707,06
25	Varasto	225,0	3,7	155690,0	72030,0	5400,0	0,0	72030,0	780,0	5250,0	0,0	5250,0	691,07
26	Varasto	800,0	6,8	1429960,0	441560,0	184200,0	147500,0	510750,0	145950,0	0,0	0,0	0,0	1787,45
27	Varasto	666,0	8,3	524443,0	141523,0	56920,0	23375,0	91800,0	210825,0	0,0	0,0	0,0	787,45
28	Varasto	240,0	5,0	393038,0	3675,0	7000,0	315013,0	64500,0	2850,0	0,0	0,0	0,0	1637,66
29	Varasto	576,0	8,4	968225,0	488775,0	12000,0	1250,0	54000,0	412200,0	0,0	0,0	0,0	1680,95
30	Keittiömyynti	150,0	3,5	73580,0	39375,0	1280,0	0,0	700,0	1475,0	19500,0	11250,0	30750,0	490,53

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUSARJA

A. TUTKIMUKSIA

1. Timo Toikko. Sosiaalityön amerikkalainen oppi. Yhdysvaltalaisen caseworkin kehitys ja sen yhteys suomalaiseen tapauskohtaiseen sosiaalityöhön. 2001.
2. Jouni Björkman. Risk Assessment Methods in System Approach to Fire Safety. 2005.
3. Minna Kivipelto. Sosiaalityön kriittinen arviointi. Sosiaalityön kriittisen arvioinnin perustelut, teoriat ja menetelmät. 2006.
4. Jouni Niskanen. Community Governance. 2006. (verkkojulkaisu)
5. Elina Varamäki, Matleena Saarakkala & Erno Tornikoski. Kasvu-yrityttöjyyden olemus ja pk-yritysten kasvustrategiat Etelä-Pohjanmaalla. 2007.
6. Kari Jokiranta. Konkretisoituva uhka. Ilkka-lehden huumekirjoitukset vuosina 1970–2002. 2008.

B. RAPORTTEJA JA SELVITYKSIÄ

1. Seinäjoen ammattikorkeakoulusta soveltavan osaamisen korkeakoulu – tutkimus- ja kehystoiminnan ohjelma. 1998.
 2. Elina Varamäki - Ritva Lintilä - Taru Hautala - Eija Taipalus. Pk-yritysten ja ammattikorkeakoulun yhteinen tulevaisuus: prosessin kuvaus, tuotokset ja toimintaehdotukset. 1998.
 3. Elina Varamäki - Tarja Heikkilä - Eija Taipalus. Ammattikorkeakoulusta työelämään: Seinäjoen ammattikorkeakoulusta 1996-1997 valmistuneiden sijoittuminen. 1999.
 4. Petri Kahila. Tietoteollisen koulutuksen tilanne- ja tarveselvitys Seinäjoen ammattikorkeakoulussa: väliraportti. 1999.
 5. Elina Varamäki. Pk-yritysten tuleva elinkaari - säilyykö Etelä-Pohjanmaa yrittäjämaakuntana? 1999.
 6. Seinäjoen ammattikorkeakoulun laatu järjestelmän auditointi 1998–1999. Itsearviointiraportti ja keskeiset tulokset. 2000.
-

-
7. Heikki Ylihärtilä. Puurakentaminen rakennusinsinöörien koulutuksessa. 2000.
 8. Juha Ruuska. Kulttuuri- ja sisältötuotannon koulutus selvitys. 2000.
 9. Seinäjoen ammattikorkeakoulusta soveltavan osaamisen korkeakoulu. Tutkimus- ja kehitystoiminnan ohjelma 2001. 2001.
 10. Minna Kivipelto (toim.). Sosionomin asiantuntijuus. Esimerkkejä kriminaalihuolto-, vankila- ja projektityöstä. 2001.
 11. Elina Varamäki - Tarja Heikkilä - Eija Taipalus. Ammattikorkeakoulusta työelämään. Seinäjoen ammattikorkeakoulusta 1998-2000 valmistuneiden sijoittuminen. 2002.
 12. Varmola T., Kitinoja H. & Peltola A. (ed.) Quality and new challenges of higher education. International Conference 25.-26. September, 2002. Seinäjoki Finland. Proceedings. 2002.
 13. Susanna Tauriainen & Arja Ala-Kauppi. Kivennäisaineet kasvavien nautojen ruokinnassa. 2003.
 14. Päivi Laitinen & Sanna Välisaari. Staphylococcus aureus -bakteerien aiheuttaman utaretulehduksen ennaltaehkäisy ja hoito lypsykarjatiljoilla. 2003.
 15. Riikka Ahmaniemi & Marjut Setälä. Seinäjoen ammattikorkeakoulu - Alueellinen kehittäjä, toimija ja näkijä. 2003.
 16. Hannu Saari & Mika Oijennus. Toiminnanohjaus kehityskohteena pk-yrityksessä. 2004.
 17. Leena Niemi. Sosiaalisen tarkastelua. 2004.
 18. Marko Järvenpää (toim.) Muutoksen kärjessä. Kalevi Karjanlahti 60 vuotta. 2004.
 19. Suvi Torkki (toim.). Kohti käyttäjäkeskeistä muotoilua. Muotoilija-koulutuksen painotuksia SeAMK:ssa. 2005.
 20. Timo Toikko (toim.). Sosiaalialan kehittämistyön lähtökohta. 2005.
 21. Elina Varamäki & Tarja Heikkilä & Eija Taipalus. Ammattikorkeakoulusta työelämään. Seinäjoen ammattikorkeakoulusta v. 2001-2003 valmistuneiden sijoittuminen opiskelun jälkeen. 2005.
 22. Tuija Pitkälöski, Sari Pajuniemi & Hanne Vuorenmaa (ed.). Food Choices and Healthy Eating. Focusing on Vegetables, Fruits and Berries. International Conference September 2nd - 3rd 2005. Kauhajoki, Finland. Proceedings. 2005.
 23. Katariina Perttula. Kokemuksellinen hyvinvointi Seinäjoen kolmella asuinalueella. Raportti pilottihankkeen tuloksista. 2005.
-

24. Mervi Lehtola. Alueellinen hyvinvointitiedon malli – asiantuntijat puhujina. Hankkeen loppuraportti. 2005.
 25. Timo Suutari, Kari Salo & Sami Kurki. Seinäjoen teknologia- ja innovaatiokeskus Frami vuorovaikutusta ja innovatiivisuutta edistävänä ympäristönä. 2005.
 26. Päivö Laine. Pk-yritysten verkkosivustot – vuorovaikutteisuus ja kansainvälistyminen. 2006.
 27. Erno Tornikoski, Elina Varamäki, Marko Kohtamäki, Erkki Petäjä, Tarja Heikkilä, Kirsti Sorama. Asiantuntijapalveluyritysten yrittäjien näkemys kasvun mahdollisuuksista ja kasvun seurauksista Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla –Pro Advisor –hankkeen esiselvitystutkimus. 2006.
 28. Elina Varamäki (toim.) Omistajanvaihdosnäkömät ja yritysten jatkuvuuden edistäminen Etelä-Pohjanmaalla. 2007.
 29. Beck Thorsten, Bruun-Schmidt Henning, Kitinoja Helli, Sjöberg Lars, Svensson Owe and Vainoras Alfonsas. eHealth as a facilitator of transnational cooperation on health. A report from the Interreg III B project "eHealth for Regions". 2007.
 30. Anmari Viljamaa, Elina Varamäki (toim.) Etelä-Pohjanmaan yrittäjyyskatsaus 2007. 2007.
 31. Elina Varamäki - Tarja Heikkilä - Eija Taipalus – Marja Lautamaja. Ammattikorkeakoulusta työelämään. Seinäjoen ammattikorkeakoulusta v.2004–2005 valmistuneiden sijoittuminen opiskelujen jälkeen. 2007.
 32. Sulevi Riukulehto. Tietoa, tasoa, tekoja. Seinäjoen ammattikorkeakoulun ensimmäiset vuosikymmenet. 2007.
 33. Risto Lauhanen & Jussi Laurila Bioenergian hankintalogistiikka. Tapaustutkimuksia Etelä-Pohjanmaalta. 2007. (verkkójulkaisu)
 34. Jouni Niskanen (toim.). Virtuaalioppimisen ja -opettamisen Benchmarking Seinäjoen ammattikorkeakoulun, Seinäjoen yliopistokeskuksen sekä Kokkolan yliopistokeskuksen ja Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakouluun Averkon välillä keväällä 2007. Loppuraportti. 2007. (verkkójulkaisu)
 35. Heli Simon & Taina Vuorela. Ammatillisuus ammattikorkeakoulujen kielten- ja viestinnänopetuksessa. Oulun seudun ammattikorkeakoulun ja Seinäjoen ammattikorkeakoulun kielten- ja viestinnänopetuksen arviointi- ja kehittämishanke 2005–2006. 2008. (verkkójulkaisu)
 36. Margit Närvä - Matti Ryhänen - Esa Veikkola - Tarmo Vuorenmaa. Esiselvitys maidontuotannon kehittämiskohteista. Loppuraportti. 2008.
-

-
37. Anu Aalto, Ritva Kuoppamäki & Leena Niemi. Sosiaali- ja terveysalan yrittäjyyspedagogisia ratkaisuja. Seinäjoen ammattikorkeakoulun Sosiaali- ja terveysalan yksikön kehittämishanke. 2008. (verkkojulkaisu)
 38. Anmari Viljamaa, Marko Rossinen, Elina Varamäki, Juha Alarinta, Pertti Kinnunen & Juha Tall. Etelä-Pohjanmaan yrittäjyyskatsaus 2008. 2008. (verkkojulkaisu)
 39. Risto Lauhanen. Metsä kasvaa myös Länsi-Suomessa. Taustaselvitys hakkuumahdollisuuksista, työmääristä ja resurssitarpeista. 2009. (verkkojulkaisu)
 40. Päivi Niiranen & Sirpa Tuomela-Jaskari. Haasteena ikäihmisten päihdeongelma? Selvitys ikäihmisten päihdeongelman esiintyvyydestä pohjalaismaakunnissa. 2009. (verkkojulkaisu)
 41. Jouni Niskanen. Virtuaaliopetuksen ajokorttikonsepti. Portfoliotyyppinen henkilöstökoulutuskokonaisuus. 2009. (verkkojulkaisu)
 42. Minttu Kuronen-Ojala, Pirjo Knif, Anne Saarijärvi, Mervi Lehtola & Harri Jokiranta. Pohjalaismaakuntien hyvinvointibarometri 2009. Selvitys pohjalaismaakuntien hyvinvoinnin ja hyvinvointipalveluiden tilasta sekä niiden muutossuunnista. 2009. (verkkojulkaisu)
 43. Vesa Harmaakorpi, Päivi Myllykangas ja Pentti Rauhala. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tutkimus-, kehittämis- ja innovaatio toiminnan arviointiraportti. 2010.
 44. Elina Varamäki (toim.) Pertti Kinnunen, Marko Kohtamäki, Mervi Lehtola, Sami Rintala, Marko Rossinen, Juha Tall ja Anmari Viljamaa. Etelä-Pohjanmaan yrittäjyyskatsaus 2010. 2010.
 45. Elina Varamäki, Marja Lautamaja & Juha Tall. Etelä-Pohjanmaan omistajan-vaihdosbarometri 2010. 2010.
 46. Tiina Sauvula-Seppälä, Essi Ulander ja Tapani Tasanen (toim.). Kehittyvä metsäenergia. Tutkimusseminaari Seinäjoen Framissa 18.11.2009. 2010.

C. OPPIMATERIAALEJA

1. Ville-Pekka Mäkeläinen. Basics of business to business marketing. 1999.
 2. Lea Knuuttila. Mihin työohjausta tarvitaan? Oppimateriaalia sosiaali-alan opiskelijoiden työnohjauskurssille. 2001.
 3. Mirva Kuni & Petteri Männistö & Markus Välimaa. Leikkauspelot ja niiden hoitaminen. 2002.
-

D. OPINNÄYTETÖITÄ

1. Hanna Halmesmäki – Merja Halmesmäki. Työvoiman osaamistarvekartoitus Etelä-Pohjanmaan metalli- ja puualan yrityksissä. 1999.
 2. Tiina Kankaanpää – Maija Luoma-aho – Heli Sinisalo. Kymmenen metrin kävelytestin suoritusohjeet CD-rom levyllä: aivoverenkiertohäiriöön sairastuneen kävelyn mittaaminen. 2000.
 3. Laura Elo. Arvojen rooli yritysmaailmassa. 2001.
 4. Nina Anttila. Päälle käyvää – vaatemallisto ikääntyvälle naiselle. 2002.
 5. Jaana Jeminen. Matkalla muotoiluyrittäjyyteen. 2002.
 6. Päivi Akkanen. Lypsääkö meillä tulevaisuudessa robotti? 2002.
 7. Johanna Kivioja. E-learningin alkutaival ja tulevaisuus Suomessa. 2002.
 8. Heli Kuntola – Hannele Raukola. Naisen kokemuksia minäkuvan muuttumisesta rinnanpoistoleikkauksen jälkeen. 2003.
 9. Jenni Pietarila. Meno-paluu -lauluillan tuottaminen. Produktion tuottajan käsikirja. 2003.
 10. Johanna Hautamäki. Asiantuntijapalvelun tuotteistaminen case: 'Avaimet markkinointiin, kehittyvän yrityksen asiakasohjelma -pilotti projekti'. 2003.
 11. Sanna-Mari Petäjistö. Teollinen tuotemuotoiluprosessi – Sohvapöydän ja sen oheistuotteiden suunnittelu. 2004.
 12. Susanna Patrikainen. Nuorekkaita asukokonaisuuksia Mode LaRose Oy:lle. Vaatemallien suunnittelu teolliseen mallistoon. 2004.
 13. Tanja Rajala. Suonikohjuleikkaukseen tulevan potilaan ja hänen perheensä ohjaus päiväkirurgisessa yksikössä. 2004.
 14. Marjo Lapiolahti. Maksuvalmiuslaskelmien toteutuminen sukupolvenvaihdoistiloilla. 2004.
 15. Marjo Taittonen. Tutkimusmatka syrjäytymisen maailmaan. 2004.
 16. Minna Hakala. Maidon koostumus ja laatutekijät. 2004.
 17. Anne Uusitalo. Tuomarniemen ympäristöohjelma. 2004.
 18. Maarit Hoffrén. Vaihtelua kasviksilla. Kasvisruokalistan kehittäminen opiskelijaravintola Risettiin. 2004.
 19. Sami Karppinen. Tuomarniemen hengessä. Arkeista antologiaksi. 2005.
 20. Elina Syrjänen – Anne-Mari Uschanoff. Messut – ideasta toimintaan. Messutoteutus osana yrityksen markkinointiviestintää. 2005.
-

21. Ari Sivula. Metahakemiston ja LDAP-hakemiston asennus, konfigurointi ja ohjelmointi Seinäjoen koulutuskuntayhtymälle. 2006. (verkkójulkaisu)
22. Johanna Väliniemi. Suorat kaaret – kattaustekstiilien suunnittelu yhteistyössä tekstiiliteollisuuden kanssa. 2006. (verkkójulkaisu)



Seinäjoen ammattikorkeakoulu
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Seinäjoen korkeakoulukirjasto
Keskuskatu 34 PL 97, 60101 Seinäjoki
puh. 020 124 5040 fax 020 124 5041
seamk.kirjasto@seamk.fi

ISBN 978-952-5863-08-6 (verkkojulkaisu)
ISSN 1797-5573 (verkkojulkaisu)