

TULIPALOT - SISUSTUSTEKSTIILIT

Tiia Ryyänen

VTT

Kivimiehentie 4, PL 1000, 02044 VTT

Johdanto

Suomessa kuolee vuosittain noin 100 ihmistä tulipaloissa. Määrä ei ole viime vuosina vähentynyt, päinvastoin. Mikä on sisustustekstiilien rooli näissä tulipaloissa? Voidaanko palokuolemia vähentää sisustusmateriaalien oikeilla valinnoilla? Useimmat niistä syttyvät palamaan liekin kosketuksesta ja osalla materiaaleista on taipumus syttyä kytevään paloon. Kytevä palo alkaa useimmiten savukkeesta. Kuolemaan johtaneissa tulipaloissa yleisin yksittäinen syttymissy on tupakointi vuoteessa tai sohvalla.

Palokuolemat – sisustustekstiilien osuus

Kuolinsyy tulipaloissa on yleisimmin palokaasuista johtuva myrkytys. Tulipalon syttyä huoneilma muuttuu vaaralliseksi muutamassa minuutissa. Savukaasujen hengittäminen suljetussa tilassa on tappavaa. 45...78 % tulipalon uhreista menehtyy savumyrkytykseen muutamassa minuutissa. Myrkyllisten kaasujen muodotumisen lisäksi happipitoisuuden laskeminen alle 15 % ja hiilidioksidi määrän kasvaminen 6...7 %:iin ovat vaaraksi ihmiselle. Palokaasuissa on 250 eri tavoin myrkyllistä yhdistettä, joista häkä eli hiilimonoksidi on parhaiten tunnettu. Hiilimonoksidin sitoutuu veren hemoglobiiniin. Tämän vuoksi veren happipitoisuus laskee. Korkeita häkäpitoisuuksia kehittyi erityisesti silloin kun huoneistopalo tukahtuu suljetussa tilassa. Veren häkäpitoisuus nousee näissä olosuhteissa nopeasti mistä seuraa tajunnan tason lasku, kouristelu, raajojen jäykkyys ja edelleen hengityksen lamaantuminen, pulssin harveneminen ja kuolema [1].

Hiilimonoksidia syntyy kaikkien orgaanisten aineiden palaessa. Tekstiilien ja sisusteiden palaessa muodostuu usein myös syaanivetyä, joka on erittäin voimakas myrkky. Se imeytyy nopeasti keuhkojen kautta ja lamaa soluhengitystä. Syaanivetyä muodostuu mm. polyuretaanivaahdotuovista, jota on pehmustemateriaalina lähes kaikissa istuinhuonekaluissa ja patjoissa. Myös akryylistä ja villasta muodostuu syaanivetyä.

Kuolemaan johtaneet tulipalot ovat usein alkaneet tupakoinnista vuoteessa tai sohvalla. Savuke sytyttää kytevän palon, joka etenee hitaasti. Voi kestää useita tunteja ennen kuin savukkeen sytyttämä kytevä palo muuttuu liekehtiväksi. Tupakoitsijalla on aikaa vaipua syvään uneen ennen kuin kuumuus tms. herättäisi hänet. Myrkyllisiä, lamaannuttavia savukaasuja vapautuu kuitenkin alusta alkaen ja tupakoitsija menettää nopeasti toimintakyvyn ja tajuntansa. Tupakoinnista alkunsa saaneen palon uhri on usein alkoholin tai muiden päihteiden vaikutuksen alainen. Osalla uhreista liikunta- tai toimintakyky on rajoittunut sairauden tai vamman vuoksi. Tupakoitsijan sytyttämässä tulipaloissa kuolee myös muita kuin tulipalon aiheuttaja. Englannissa tupakan sytyttämässä tulipaloissa kuolleista kaksi viidestä on sivullisia, samassa rakennuksessa asuvia. Nämä uhrit ovat usein lapsia tai vanhuksia [2].

Vuoteen tai pehmustetun huonekalun syttyminen kytevään paloon

Kytevä palo voi syttyä vain sellaisissa huokoisissa materiaaleissa, jotka muodostavat kiinteään hiiltymän kuumuuden vaikutuksesta. Sulavat ja lämpölähteistä poispäin kutistuvat materiaalit eivät syty kytevään paloon. Tyypillisiä kytevän palon materiaaleja ovat selluloosa (esim. puuvilla, pellava) ja polyuretaanisolumuovi. Myös kankaan pinta-alamassa vaikuttaa kytemisherkyyteen. Yli 300 g/m² painoinen selluloosakuituinen kangas syttyy herkemmin kytevään paloon kuin kevyemmät, ja alle 200 g/m² painoisen kankaan syttyminen on epätodennäköistä, ellei alla ole kytevän palon materiaalia.

Selluloosan kytevässä palossa voidaan erottaa kolme eri vyöhykettä [3]:

- pyrolyysivyöhyke, jossa lämpötila nousee nopeasti ja muodostuu näkyvää savua
- hiiltynyt vyöhyke, jossa lämpötila on korkeimmillaan, näkyvää savua ei muodostu ja materiaali hehkuu
- tuhkamainen vyöhyke, joka ei hehku ja jossa lämpötila laskee hitaasti.

Lämpöä vapautuu hiiltyneessä vyöhykkeessä ja lämpötila nousee selluloosamateriaaleilla 600...750 °C:een. Lämpö johtuu tuhoutumattomaan materiaaliin ja saa aikaan pyrolyysin; selluloosan hajoamista ja sen hiiltymistä.

Polyuretaanisolumuovissa kytevä palo etenee periaatteessa samalla tavalla. Lämpötila keski-vyöhykkeessä nousee kuitenkin vain noin 400 °C:een. Tämä ei riitä palon etenemiseen polyuretaanisolumuovissa. Tästä syystä kytevä palo etenee vain, jos solumuoviin tuodaan lisälämpöä. Patjoissa ja huonekaluissa lisälämmönlähteenä toimii esim. riittävän painava kytevä selluloosakuituinen verhoilukangas.

Jos sohvassa on selluloosakuituinen verhoilukangas ja pehmusteena polyuretaanisolumuovi, paranee sohvän paloturvallisuus kytevän palon suhteen kun kankaan ja pehmusteen väissä on polyesterivanu. Vanua käytetäänkin usein istuinmukavuuden vuoksi kankaan ja polyuretaanisolumuovin välissä.

Vuode on paloturvallisuuden suhteen ongelmallinen koska se koostuu erilaisista tuotteista; patjat, sijauspatja, peitto, tyyny ja lakanat.

Paloturvallisessa vuoteessa kaikki osat on valittu niin, etteivät siinä olevat materiaalit ja materiaaliyhdistelmät syty kytevään paloon. Puuvillaisista lakanoista ja tyynyliinoista ei mielellään luovuta, mutta vuoteen paloturvallisuus paranee kun täytteenä tyynyissä ja peitteissä on polyesterivanu tai untuvat, eikä missään tapauksessa puuvillavanu. Tyynyjen, peitteiden ja patjojen päälliskankaana esim. polyesterikangas on puuvillaa parempi vaihtoehto. Patjakankaan ja polyuretaanipehmusteen välissä oleva polyesterivanu pienentää vuoteen kytemisherkyyttä

Tupakoinnista aiheutuvaa paloriskiä on pyritty pienentämään säätämällä asetukset patjojen ja pehmustettujen istuinhuonekalujen paloturvallisuudesta [4,5]. Asetusten mukaan ne eivät saa syttyä testissä palavasta savukkeesta. Testissä kytevä savuke asetetaan testattavan tuotteen päälle, koemenetelminä ovat EN 1021-1 [6] ja EN 597-1 [7].

Myös asetuksen vaatimuksen täyttävä patja tai istuinhuonekalu voi syttyä savukkeen vaikutuksesta tilanteessa, jossa savukkeen päällä on eristävä kerros, esim. peitto, tyyny, vaatteita tai kun puuvillaisen patjan päälliskankaan lisäksi on puuvillaiset lakanat.

VTT:llä vuonna 1990 tehdyssä tutkimuksessa [8] testattiin 24 erilaista tyyppillistä kuluttajille tarkoitettua patjaa. Kokeet tehtiin menetelmän NT FIRE 037 [9] mukaan. Menetelmässä on kaksi savukekoetta; savuke peitettynä puuvillakankaalla (150 g/m²) ja savuke peitettynä puuvillavanulla (150 mm x 150 mm x 20 mm, 20 g). Viisi patjaa syttyi kytevään paloon kun savuke oli peitetty kankaalla, mutta kun savukkeen päällä oli puuvillavanu, 13 patjaa syttyi kytevään paloon. Standardien EN 1021-1 [6] ja EN 597-1 [7] mukaisissa menetelmissä savukkeen päällä ei ole eristävää kerrosta.

Sisustustekstiilien syttyminen liekkikosketuksessa

Savukkeen aiheuttama kytevä palo on huomattavasti merkittävämpi palokuolemien aiheuttaja kuin sisustustekstiilin, esim. verhon syttyminen liekin vaikutuksesta. Useimmat tekstiilit kuitenkin syttyvät muutaman sekunnin liekkikosketuksessa. Tekstiilin syttyminen ja palaminen on monivaiheinen tapahtuma, johon vaikuttavat ennen kaikkea se mistä kuidusta kangas on valmistettu.

- Villa palaa yleensä huonosti, sillä villalla on korkea syttymislämpötila, alhainen palamislämpö ja villasta muodostuu voimakas hiiltymä.
- Selluloosakuidut (puuvilla, pellava, viskoosi yms.) syttyvät helposti ja palavat nopeasti, koska selluloosan hajotessa kuumuudessa syntyy runsaasti herkästi palavia hajoamistuotteita.
- Polyamidit (Nylon) syttyvät huonosti koska sulamis- ja syttymispisteiden välinen lämpötilaero on suuri. Kangas sulaa pois liekin vaikutuspiiristä ennen kuin se ehtii syttyä. Polyamidin palaessa vapautuu paljon lämpöä.
- Polyesterien hajoaminen kuumuudessa on monimutkaista ja syntyy paljon hajoamistuotteita. Polyesterikankaiden palamisominaisuuksissa on suuria eroja, jotka johtuvat kankaan viimeistysaineista ja valmistuksen apuaineista.
- Polyakryyli syttyy herkästi ja palaa rajusti, koska se hajoaa jo alhaisissa lämpötiloissa ja siitä muodostuu paljon palamiskykyisiä hajoamistuotteita.
- Puuvillan sekoittaminen polyamidi- tai polyesterikankaisiin tekee ne herkemmin syttyviksi ja nopeammin palaviksi.

Kankaan rakenne, paksuus, tiheys ja pinta-alamassa, ovat myös tärkeitä tekijöitä syttymisherkkyudessa ja palamisessa:

- Nukkapintaissa puuvillakankaassa saattaa pienikin kipinä tai liekin hipaisu, aiheuttaa nopean leimahtavan nukkapalon.
- Kevyt selluloosakuituinen kangas syttyy herkästi pienestä liekin kosketuksesta ja palo etenee nopeasti.
- Tiiviin ja painavan selluloosakuituisen kankaan syttyminen vaatii paljon pidemmän liekki kosketuksen ja palo etenee tällaisessa kankaassa aluksi hitaasti.
- Painavammasta kankaasta vapautuu palaessa enemmän lämpöä.

Myös ulkoiset tekijät, mm. tuotteen asento, ilmavirtaukset ja hapen saanti, vaikuttavat tekstiilin palamiseen.

Paloturvallisia, vaikeasti syttyviä kankaita valmistetaan erilaisin menetelmin, käyttötarkoituksesta ja kuidusta, riippuen:

- Paloturvallisista kuiduista valmistetut kankaat ovat hyvin kuumuutta kestäviä, paloturvallisia erikoistekstiilejä, esimerkkinä aramidikuidusta valmistettu Nomex.
- Tekokuiduista valmistetut kankaat voidaan palosuojata kuidun valmistusvaiheessa, esimerkkinä palosuojattu polyesteri Trevira CS. Kuidun valmistusvaiheessa tehty palosuojaus on pysyvä.
- Kangas voidaan palosuojata myös jälkikäsitteilyillä. Jälkikäsitteilyaineilla tehdyt palosuojakäsittelyt ja viimeistykset ovat joko pysyviä, pesuja kestäviä, esimerkkinä Proban palosuojamenetelmällä käsitelty puuvilla, tai pesussa pois huuhtoutuvia. Kangasta voidaan palosuojata myös erilaisilla suolakäsittelyillä mutta suojaus lähtee pesussa pois.

Itsestään sammuvat savukkeet

Savukkeen aiheuttamia palokuolemia on pyritty vähentämään yllämainituilla asetuksilla. Myös palovaroittimilla, jotka tulivat pakollisiksi vuonna 2000, on tärkeä rooli palokuolemien vähentämisessä. Itsestään sammuvat savukkeet on otettu viime vuosina yhdeksi keinoksi tässä työssä.

Koska tupakan sytyttämät tulipalot ovat olleet pitkään ongelmana useissa maissa, on itsestään sammuvista savukkeista puhuttu ainakin vuodesta 1979 alkaen [10]. Ensimmäinen itsestään sammuva savukemerkki tuli markkinoille Yhdysvalloissa vuonna 2000, ja vuonna 2004 tulivat savukkeiden paloturvallisuusvaatimukset pakollisiksi New Yorkin osavaltiossa, eli siellä saa olla myynnissä vain itsestään sammuvia savukkeita.

Myynnissä olevat itsestään savukkeet on testattava standardin ASTM E2187-02b [11] mukaisella menetelmällä. Testissä palava savuke asetetaan suodatinpaperien (10 kpl) päälle. Vaatimuksena on, että korkeintaan 25 % testattavasta 40 savukkeen erästä saa palaa loppuun asti.

Vuonna 2005 itsestään sammuvat savukkeet tulivat pakollisiksi Kanadassa. Keskustelua vastaavien vaatimuksien asettamisesta käydään nyt myös Euroopassa.

Savukkeen valmistajat saavat itse määrittää keinot, joilla savukkeen itsestään sammuminen toteutetaan. Savukkeen palamista itsestään voidaan vähentää pienentämällä savukkeen tiheyttä, halkaisijaa ja savukepaperin painoa tai poistamalla palamista kiihdyttävät aineet savukepaperista. Markkinoilla olevat itsestään sammuvat savukkeet on toteutettu savukepaperilla, jossa paperi on 2...3 kohdassa erilaista. Nämä renkaat savukepaperissa vaikuttavat savukkeen kytemiseen. Renkaiden lukumäärä, sijainti ja leveys vaihtelevat savukemerkeittäin [10].

Vielä ei ole saatavilla tietoa siitä kuinka hyvin itsestään sammuvat savukkeet käytännössä ehkäisevät tulipaloja. Tupakoinnista alkunsa saaneita paloja uskotaan kuitenkin voitavan vähentää merkittävästi, jos nykyiset savukkeet korvataan itsestään sammuvilla savukkeilla.

Englannissa tehtiin vuonna 2005 tutkimus, jossa tutkittiin sisustustekstiilien syttyvyyttä tavallisella savukkeella ja itsestään sammuvilla savukkeilla [10]. Tutkimukseen valittiin kaksi itses-

tään sammuvaa savukemerkkiä, jotka edustivat ääripäitä kytemisominaisuuksiltaan: Merit, jolla palamispituus/palamisnopeus oli pienin, ja Camel, jolla arvo oli suurin.

Testattaviksi materiaaleiksi valittiin sisustustekstiileitä, joilla on taipumus syttyä kytevään paloon. Kankaat olivat paksuja (240...330 g/m²) selluloosakuituisia (puuvilla, pellava, viskoosi) kankaita. Pehmusteena yhdistelmissä oli palosuojaamaton polyuretaanisolumuovi (22 kg/m³).

Kun savukkeena oli tavallinen palava savuke, syttyi kytevään paloon 86 koekappaletta, itsestään sammuva Camel sytytti 64 koekappaletta ja Merit 31 koekappaletta.

Englantilaisen tutkimuksen perusteella näyttäisi, että tupakoinnista alkunsa saaneet palot vähenyvät, jos nykyiset savukkeet korvataan itsestään sammuvilla savukkeilla. ASTM testin läpäisseissä itsestään sammuvissa savukkeissa näyttää olevan suuria eroja, ja näyttäisi siltä, että itsestään sammuvia savukkeita on kehitettävä edelleen, ja ilmeisesti myös testausmenetelmää, jolla itsestään sammuvuus todennetaan.

Yhteenveto

Suomessa palokuolemien määrä on korkea muihin maihin verrattuna. Asuintilat on mahdollista tehdä sisustusmateriaalien osalta paloturvallisemmaksi. Verhoiksi, vuodetekstiileiksi, patjoiksi ja pehmustetuiksi istuinhuonekaluiksi on mahdollista valita tuotteita, jotka eivät syty helposti, esim. kynttilän liekistä, eivätkä lähde kytemään palavan savukkeen vaikutuksesta. Nämä tuotteet voivat olla kalliimpia, mutta erityisryhmille järkeviä valintoja. Ikääntyvä väestö saattaa mielellään panostaa kotinsa paloturvallisuuteen, mutta yleinen vaatimus sisustusmateriaalien paloturvallisuudesta ei ole tarkoituksenmukaista.

Sisustusmateriaalien paloturvallisuusmääräykset eivät poistaisi ihmisten heikentyneestä toimintakyvystä, huolimattomuudesta tai välinpitämättömyydestä johtuvia tulipaloja. Palokuoleman uhrin toimintakyky on useimmiten alkoholin/huumeiden vuoksi alentunut. Paloturvallisten sisusteiden käyttö ei poista asuinnoista kaikkea herkästi syttyvää ja paloturvalliset tuotteetkin palavat kun kuumuusrasitus on suurempi kuin testitilanteessa.

Pohdittaessa syitä korkeisiin palokuolemalukuihin onkin otettu esille tarve tehdä vertailevia tutkimuksia samankaltaisesta riskikäyttäytymisestä paloa muistuttavissa tilanteissa kuten liikenneonnettomuuksista, tapaturmista, itsemurhista ja väkivaltarikollisuudesta sekä erilaisista sosiaalisista suhteista [12].

LÄHDELUETTELO

1. Tahvanainen J. Tulipalon aiheuttamat vammat. Pelastustieto 2/1994. s 32-34
2. Comparisons of the Propensity of Fire Safe Cigarettes and Conventional Cigarettes to Ignite Textile Materials used in a Domestic Environment. Fire Research Report 8/2005. Office of the Deputy Prime Minister: London. December 2005. 30 s.

3. Drysdale, D. An introduction to fire dynamics. 1985 Bury St. Edmunds A Wiley-Interscience Publication. s. 265-277.
4. Asetus pehmustettujen istuinhuonekalujen paloturvallisuusvaatimuksista. Nro 743/90, muutos 479/96.
5. Asetus patjojen paloturvallisuusvaatimuksista.. Nro 57/91, muutos 1360/96.
6. SFS-EN 1021-1. Huonekalut. Pehmustettujen huonekalujen syttyvyys. Osa 1: Sytytyslähteenä kytevä savuke. 1994.
7. SFS-EN 597-1. Huonekalut. Patjojen ja runkopatjojen syttyvyys. Osa 1: Sytytyslähteenä kytevä savuke. 1995.
8. Irjala B-L. Patjojen paloturvallisuus. VTT Palotekniikan laboratorio. Heinäkuu 1991. 22 s.
9. NT FIRE 037. Bedding components: Ignitability. 1988.
10. Alpert H.R., Carpenter C., Connolly G.N., Reese V., Wayne G.F. Fire Safer Cigarettes. The Effect of New York State Cigarette Fire Safety Standard on Ignition Propensity, Smoke Toxicity and The Consumer Market. A Preliminary Report. Division of Public Health Practice, Harvard School of Public Health. January 24, 2005.
11. ASTM E2187-02b *Standard Test Method for Measuring the Ignition Strength of Cigarettes*
12. Tillander K. Korhonen T. & Keski-Rahkonen O. Pelastustoimen määräiset mittarit. Palotorjunta tekniikka 2005. s 9-13.