

**FISKARS OYJ  
PARKVILLAN  
KOPPARHAMMARVÄGEN 3  
10470 RASEBORG**

**LAUSUNTO SAVIRAPPAUKSEN  
PALOTEKNISESTÄ KÄYTTÄYTYMISESTÄ**

**Laadittu 7.5.2017**



**PALOTEKNINEN INSINÖÖRITOIMISTO  
MARKKU KAURIALA**



## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO .....	3
2	TARKASTELTAVA KOHDE JA RAKENNE.....	3
2.1	Kohde .....	3
2.2	Rakenne .....	6
3	RAKMK E1:N VAATIMUKSET .....	6
4	KIRJALLISUUSTARKASTELU.....	7
5	RAKENTEEN PALONKESTON ARVIOINTI.....	9
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	11
	KIRJALLISUUSLÄHTEET .....	12

## 1 JOHDANTO

Tässä lausunnossa tarkastellaan Raaseporissa sijaitsevan, olemassa olevan rakennukseen suunniteltua savirappausta ja sen paloteknistä käyttäytymistä.

Eurokoodit (SFS-EN 1995-1-2 [1]) eivät sisällä suunnittelumenetelmiä savirappauksen palotilanteen suojausvaikutuksen laskemiseksi. Tämän takia savirapatun hirsiseinän palonkestoa arvioidaan soveltuvien polttokokeiden ja niiden perusteella tehtyjen mitoitusmenetelmien avulla. Lisäksi sovelletaan Saksan DIN-standardeja.

Kirjallisuuden perusteella arvioidaan millä edellytyksillä savirappattu, asuntojen välinen, osastoiva seinä täyttää RakMK E1:n [2] luokkien ja lukuarvojen mukaisen mitoituksen arvot ts. täyttää olennaiset tekniset vaatimukset paloturvallisuuden osalta.

## 2 TARKASTELTAVA KOHDE JA RAKENNE

### 2.1 Kohde

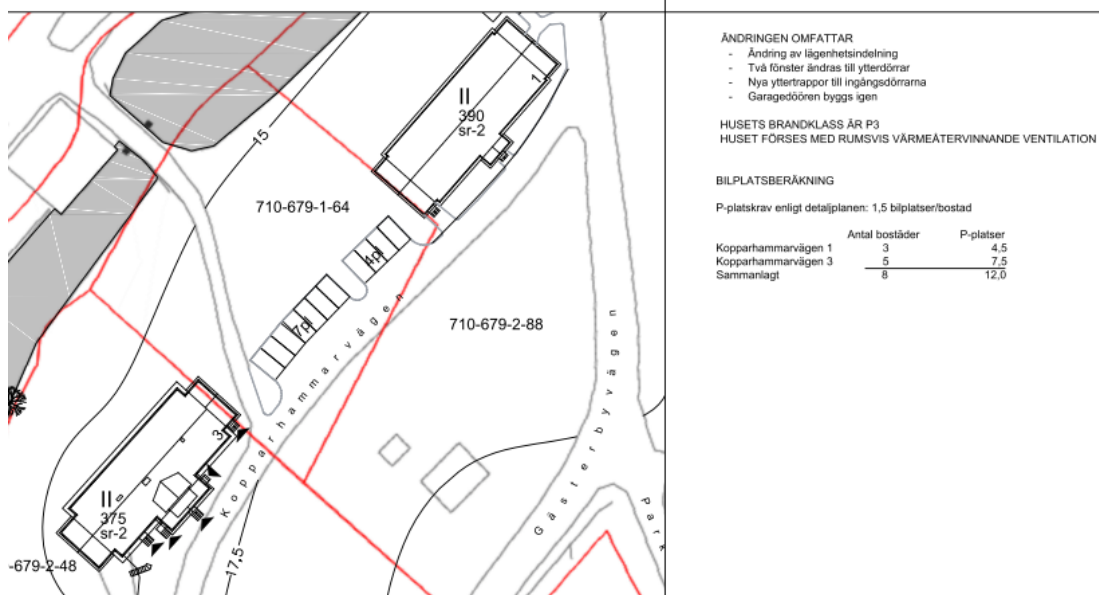
Tarkasteltava kohde on P3-paloluokan hirsitalo, josta tehdään asuntoja. Kuvissa 1 – 5 on esitetty valokuvia ja piirustuksia kohteesta. Rakennus on alun perin rakennettu 1800-luvulla.



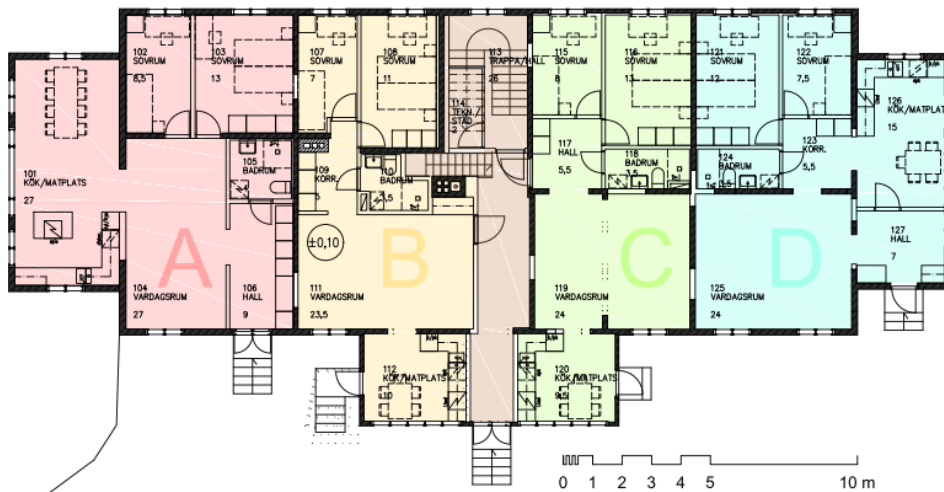
Kuva 1. Parkvillan etelästä päin kuvattuna.



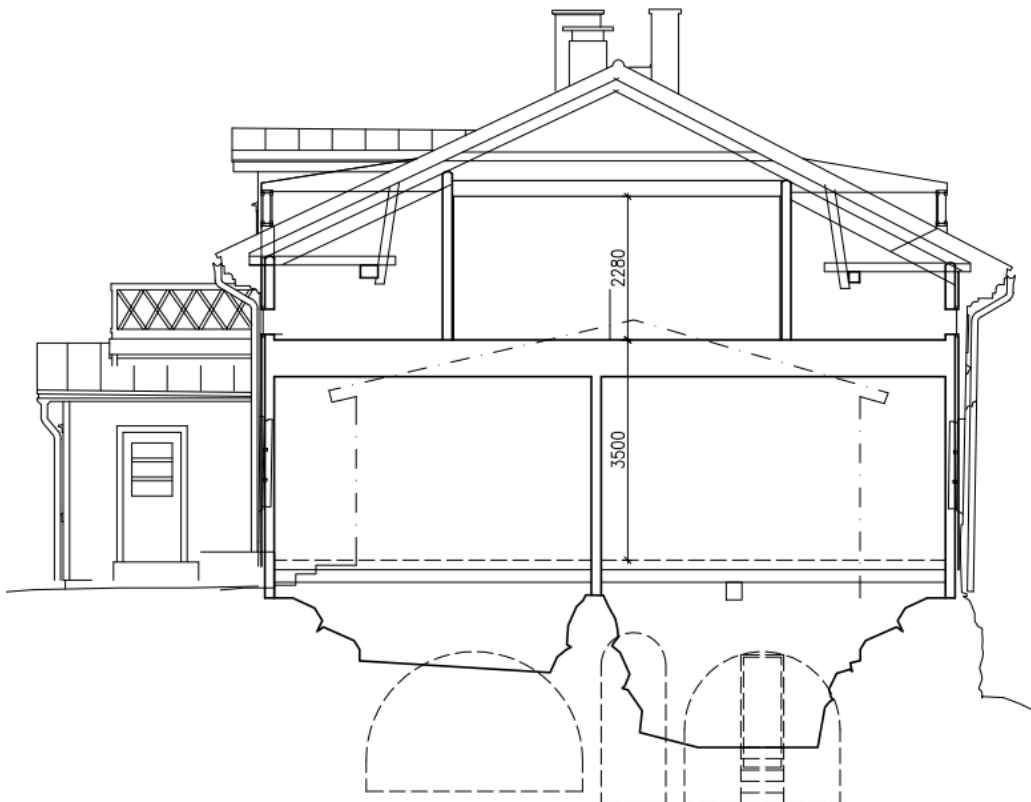
Kuva 2. Parkvillan luoteesta päin kuvattuna.



Kuva 3. Ote kohteen asemapiirustuksesta. (Piir. nro. ARK-P1, SITUATIONSPLAN, alustava 11.4.2017, Arkitektbyrå Kasper Järnefelt AB).



Kuva 4. Ote kohteen 1. kerroksen pohjapiirustuksesta. (Piir. nro. ARK-P3, PLANRITNING 1. VÅN, alustava 11.4.2017, Arkitektbyrå Kasper Järnefelt AB).



Kuva 5. Ote kohteen leikkauspiirustuksesta. (Piir. nro. ARK-P5, TVÄRSNITT OCH KONSTRUKTIONSTYPER, alustava 11.4.2017, Arkitektbyrå Kasper Järnefelt AB).

## 2.2 Rakenne

Tarkasteltava rakenne on asuntojen välinen, osastoiva seinä (1. krs). Seinä koostuu hirsirakenteesta, jonka paksuus on noin 125 mm. Hirren pintaan on tarkoitus asentaa savirappaus. Nykyiset Eurokoodi-standardit eivät sisällä savirappausta puurakenteen suojauksena. Tämän takia savirappauksen osalta vaaditaan, että se täyttää saksalaisten DIN-standardien vaatimukset. Kuvassa 6 on esitetty valokuva kohteen sisältä, josta näkyy olemassa olevat hirsiseinät.



Kuva 6. Valokuva kohteen sisältä.

## 3 RAKMK E1:N VAATIMUKSET

Kohde on paloluokan P3 rakennus. Näin ollen sen kantaville rakenteille ei ole lähtökohtaisesti palotilanteessa kantavuusvaatimuksia (RakMK E1, taulukko 6.2.1). Asuntojen välisillä osastoivilla seinillä on kuitenkin vaatimus EI30. (RakMK E1, taulukot 5.2.1 ja 7.2.1) Näin ollen seinän kantavilta rakenteilta vaaditaan yhtä pitkä palonkesto ts. seinän palonkestovaatimus on: REI30 (RakMK E1, kohta 6.1.2).

P3-luokan asuinrakennuksen seinien pintaluokkavaatimus on RakMK E1 taulukon 8.2.2 mukaan D-s2, d2, joka RakMK E1:n sanallisen selostuksen mukaan tarkoittaa seuraavaa:

- D: tarvikkeen osallistuminen paloon on hyväksyttävissä,
- s2: savuntuotto on vähäistä
- d2: palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia ts. palavilta pisaroilta / osilta ei vaadita, että ne sammuvat nopeasti.

Esimerkiksi suojaamaton puupinta täyttää tyyppisesti pintaluokan D-s2, d2 -vaatimuksen.

Tässä lausunnossa otetaan kantaa, millä edellytyksillä seuraavien vaatimusten voidaan arvioida täyttyvän tarkasteltavassa kohteessa.

## 4 KIRJALLISUUSTARKASTELU

Viime vuosina on tehty suhteellisen paljon polttokokeita savirappauksen suojausvaikutuksesta palotilanteessa. Alla on tehty yhteenvetoa polttokokeiden tärkeimmistä tuloksista.

Johanna Liblikin lopputyössä [3] tehtiin pienen skaalan polttokokeita, joiden tärkeimmät tiedot on lueteltu alla:

- Yhteensä 24 poltettua 100 mm x 100 mm x 100 mm:n kappaletta
- savirappauksen suojausvaikutusta tutkittiin tarkastelemalla puun hiiltymisen alkamishetkeä ja hiiltymisnopeutta, kun se alkaa.
- Koekappaleissa käytettiin kolmea erilaista savirappausta
- Savirappauksen paksuus vaihteli välillä 10 – 40 mm
- Koekappaleet altistettiin lämpövuolle, jonka oli tarkoitus vastata standardipalon vastaavaa. Varsinkin 30 minuuttiin asti kappaleisiin kohdistuvan lämpövuon voidaan arvioida olevan varmalla puolella standardipaloon verrattaessa.

Yllä mainittujen polttokokeiden perusteella kehitettiin mitoituskaavat sille kuinka eri paksuiset savirappaukset suojaavat puupintaa.

Lähteen [3] tuloksia verrattiin SP Technical Research Institute of Sweden:in raportissa [4] suuren skaalan polttokokeisiin, joiden tärkeimmät tiedot on lueteltu alla:

- 2 poltettua 1,2 m x 1,2 m x 0,12 m:n kokoista CLT-rakenteista koekappaletta
- savirappauksen suojausvaikutusta tutkittiin vastaavasti kuin pienen skaalan kokeissa
- Savirappausten paksuus kokeissa oli 10 mm ja 30 mm
- Molemmissa kokeissa käytettiin samaa savirappausta
- Koekappaleet altistettiin standardipalolle 120 minuutin ajan

Yllä mainittujen polttokokeiden tulokset olivat hyvin samanlaisia kuin pienen mittakaavan kokeitten vastaavat. Pienen skaalan testien perusteella määritettyihin mitoituskaavoihin tehtiin kuitenkin pieniä muokkauksia, ja ne esitettiin näiden kokeiden perusteella seuraavassa muodossa:

$$t_{ch} = h_p - 1,4 \quad (1)$$

missä  $t_{ch}$  on hiiltymisen alkamishetki [min]  
 $h_p$  on savirappauksen paksuus [mm]

$$k_2 = 0,9 - 0,01 h_p \quad (2)$$

missä  $k_2$  on kerroin, jolla suojaamattoman rakenteen hiiltymisnopeus voidaan kertoa kun se on suojattu savirappauksella  
 $h_p$  on savirappauksen paksuus [mm]

Lähteiden [3,4] mukaisten polttokokeiden tärkeimmät johtopäätökset on lueteltu alla:

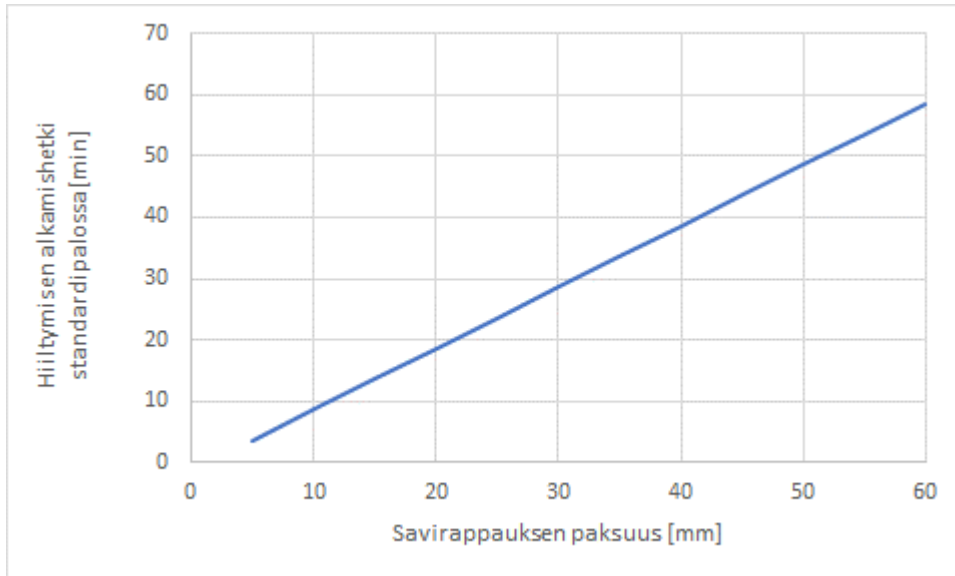
- Savirappaus soveltuu hyvin puurakenteiden palosuojaukseen
- Hiiltymisen alkamihetki viivästyy selvästi savirappausta käytettäessä
- Kun hiiltymisen savirappauksen takana alkaa, on hiiltymisnopeus pienempi kuin vastaavalla suojaamattomalla rakenteella
- Palosuojauksena tulee käyttää DIN 18947:n [5] mukaisia savirappauksia
- Savirappauksen halkeilua tulee välttää. Tämän takia savirappauksessa suositellaan käytettävän vahvistusverkkoa
- Koetulosten perusteella ei pystytty määrittämään savirappauksen murtumisaikaa, koska sellaista ei havaittu kokeissa

Saksalaisessa tutkimuksessa [6] tarkasteltiin savirappauksen suojausvaikutusta olkipaaliseinän suojaamisessa. Yllä Kyseisen raportin tulosten perusteella 60 mm:n paksuinen savirappaus suojaasi olkipaalia syttymästä vähintään 60 minuuttia standardipalossa. Tällä perusteella yllä esitetyt mitoituskaavat antoivat varmalla puolella olevia tuloksia myös tämän polttokokeen tapauksessa.

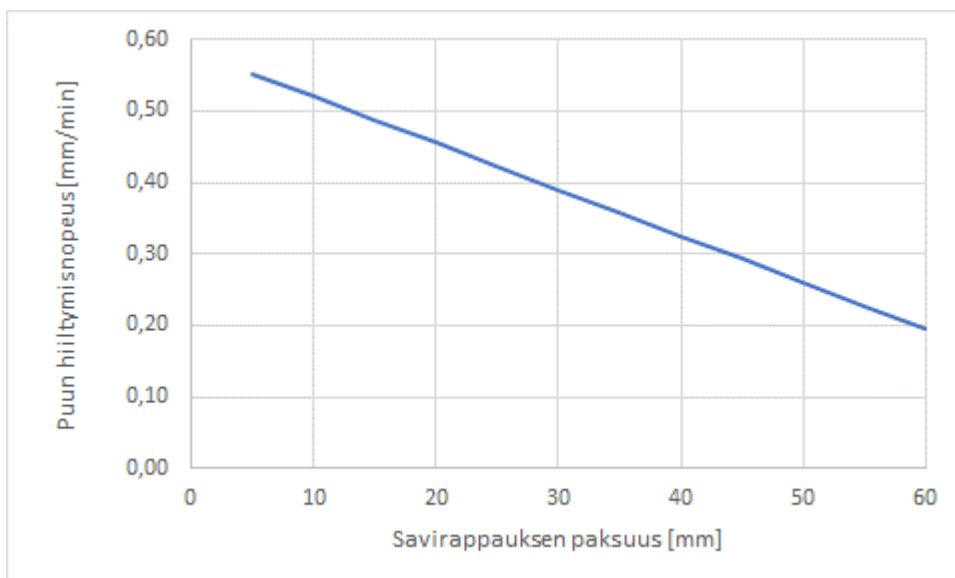


## 5 RAKENTEEN PALONKESTON ARVIOINTI

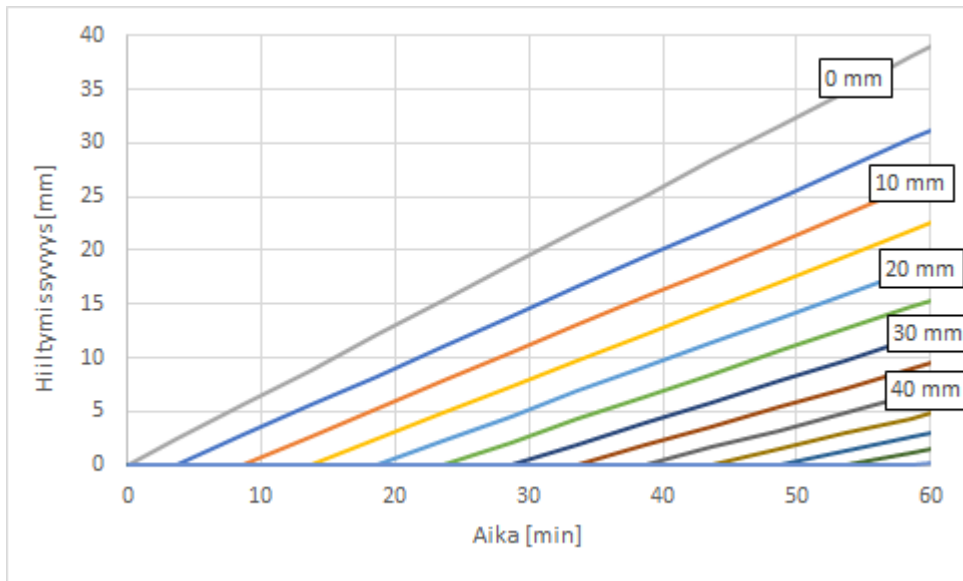
Käytetään hirsirakenteen hiiltymätarkatelussa Liblikin tutkimuksissa määrittämiä mitoituskäyriä (1) – (2). Kuvissa 7 – 10 on esitetty laskennallisia tuloksia hiiltymän alkamishetkelle, hiiltymisnopeudelle ja lopulliselle hiiltymälle 30 minuutin standardipalossa, kun savirappauksen paksuutta vaihdellaan. Suojaamattoman hirren hiiltymisnopeutena standardipalossa käytettiin arvoa 0,65 mm/min.



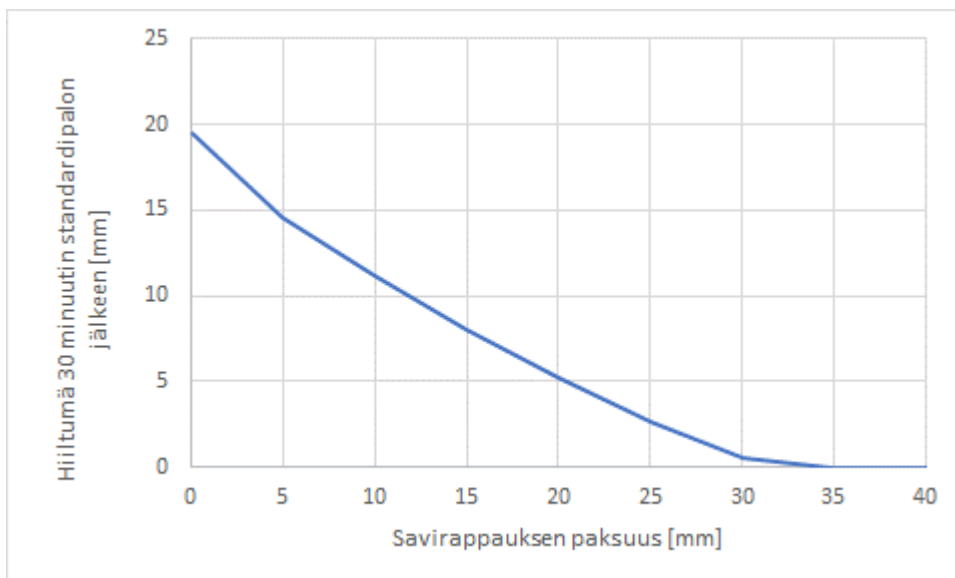
Kuva 7. Laskennallinen hiiltymisen alkamishetki savirappauksen paksuuden funktiona.



Kuva 8. Laskennallinen hiiltymisnopeus savirappauksen paksuuden funktiona.



Kuva 9. Laskennalliset hiiltymissyvydet ajan funktiona eri savirappauksen paksuuksilla.



Kuva 10. Laskennalliset hiiltymissyvydet 30 minuutin kohdalla eri savirappauksen paksuuksilla.

Kuvissa 7 – 10 esitettyjen tulosten perusteella nähdään, että kun tarkasteltavassa tapauksessa käytetään vähintään 30 mm paksua savirappautta, niin hiiltymä hirsirakenteessa jää hyvin pieneksi (< 1 mm) tai sitä ei tapahdu ollenkaan.

On myös syytä huomata, että rakenne voisi hiiltyä palossa jonkin verran rakenteellisen paloturvallisuuden heikkenemättä, koska palotilanteen mitoituskuormille voidaan käyttää pienempiä arvoja kuin normaalitilanteessa. Tässä tapauksessa (vanha rakenne) tarkkoja kuormituksia ja materiaaliominaisuuksia ei ole kuitenkaan käytettävissä, joten lähdetään paloteknisessä mitoituksessa siitä, että hiiltymä jää hyvin pieneksi tai sitä ei tapahdu ollenkaan. Näin johtopäätösten voidaan katsoa olevan selvästi varmalla puolella.

Seinän osastoivuuden (EI) voidaan katsoa täyttyvän pelkällä käytettävällä hirsiseinärakenteella, joten savirappauksen vaikutusta tähän ei tutkita tarkemmin.

## 6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä lausunnossa tarkasteltiin Raaseporissa sijaitsevan, olemassa olevan rakennukseen suunniteltua savirappausta ja sen paloteknistä käyttäytymistä.

RakMK E1:n mukaiset vaatimukset kohteen asuntojen välisille, osastoiville seinille on REI30, pintaluokka D-s2, d2

Savirapatun hirsiseinän arvioidaan täyttävän kyseiset vaatimukset seuraavasti:

- REI30 luokka toteutuu, kun savirappauksen paksuus on vähintään 30 mm
- Savirappaus täyttää pintaluokkavaatimuksen D-s2,d2 selvästi

Koetulosten perusteella savirappauksen tyyppi ei vaikuta juurikaan tuloksiin. Käytettävältä savirappaukselta edellytetään kuitenkin, että se on standardin DIN 18947 mukainen.

Tampereella 7.5.2017

PALOTEKNINEN INSINÖÖRITOIMISTO  
MARKKU KAURIALA Oy

Mikko Salminen  
Johtava asiantuntija  
TKT, Rakennetekniikka  
FISE vaativan luokan paloturvallisuussuunnittelija

## KIRJALLISUUSLÄHTEET

---

1. SFS-EN 1995-1-2: 2004. Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleistä. Puurakenteiden palomitoitus. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki.
2. Ympäristöministeriö. 2011. E1 SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. 43 s.
3. Liblik, J. 2015. Protective Effect of Clay Plaster for the Fire Design of Timber Constructions. Tallinna Tehnikaulikool, Ehitusteaduskond, Ehitiste projekteerimise instituut. Tallinna.
4. Liblik, J. Performance of Constructions with Clay Plaster and Timber at Elevated Temperatures – Comparison of different methods in small and model scale. SP Technical Research Institute of Sweden. SP Wood Technology. SP Report 2016:69.
5. DIN 18947: 2013: Maa-aineiset rappaukset – termit ja määrittelyt, vaatimukset, testuasmenetelmät (saksaksi). NABau. Berlin, 2013.
6. Watchling, J., Hosser, D., Zehfuss, J. Fire protection of multi-storey straw bale buildings. Institute of Building Materials, Concrete Construction and Fire Protection (iBMB) & Technische Universität Braunschweig (Institute of Tehcnology), Braunschweig, Saksa.