



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
*Rakennustekniikan laitos*

PALOLABORATORIO  
LAUSUNTO NRO PALO/1638/2008

**LAUSUNTO ENINTÄÄN KAHDEKSANKERROKSISEN P1-  
LUOKAN RAKENNUKSEN BETONIULKOSEINÄN  
LÄMMÖNERISTEENÄ KÄYTETTÄVÄN POLYURETAANIN  
PALOTEKNISESTÄ TOIMINNASTA**

**25.4.2008**



## Lausunto enintään kahdeksankerroksisen P1-luokan rakennuksen betoniulkoseinän lämmöneristeenä käytettävän polyuretaanin paloteknisestä toiminnasta

Lausunto N:o PALO/1638/2008

9 sivua + 10 liitesivua

**Tilaaaja** SPU Systems Oy  
Tapani Tuominen  
Sillanpäänkatu 20  
38700 Kankaanpää

**Viite** Lausuntopyyntö: SPU Systems Oy / Tapani Tuominen

**Tilauspäivä** 25.3.2008

**Tehtävä** Lausunto enintään kahdeksankerroksisen P1-luokan rakennuksen betoniulkoseinän lämmöneristeenä käytettävän polyuretaanin paloteknisestä toiminnasta

**Tutkijat** Päivi Myllylä, dipl.ins.  
Pertti Iso-Mustajärvi, dipl.ins.  
  
Tampereen teknillinen yliopisto  
Rakennustekniikan laitos  
PL 600  
33101 Tampere

Puhelin (03) 3115 11  
Faksi (03) 3115 2811

### Jakelu

Ympäristöministeriö  
TTY / Rakennustekniikan laitoksen arkisto

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



## Lausunto enintään kahdeksankerroksisen P1-luokan rakennuksen betoniulkoseinän lämmöneristeenä käytettävän polyuretaanin paloteknisestä toiminnasta

### 1. Yleistä

Polyuretaanieristeen käytölle enintään kahdeksankerroksisten P1-luokan rakennusten lämmöneristeenä on ollut voimassa Ympäristöministeriön tyyppihyväksyntä No YM23/6221/2005, joka on rauennut 1.1.2008. Tyyppihyväksynnän uusimisen yhteydessä ympäristöministeriö on edellyttänyt, että hyväksynnässä esitettyjä rakenneratkaisuja kehitetään paloteknisten ja rakennusfysikaalisten ominaisuuksien osalta sekä vastaamaan nykyisiä rakenneratkaisuja.

Tämä lausunto on laadittu tilaajan toimittamien rakennedetaljien pohjalta, jotka on esitetty lausunnon liitteenä. Lausunnossa tarkastellaan enintään kahdeksankerroksisen P1-luokan rakennuksen betoniulkoseinän lämmöneristeenä käytettävän polyuretaanin paloteknistä toimintaa, lausunnossa ei tarkastella ääni- ja kosteusteknisiä kysymyksiä. Lausunto on laadittu Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan laitoksen palolaboratoriossa.

Lausunnossa rakennedetaljien palotekninen tarkastelu tehtiin erikseen sandwich-rakenteiselle ulkoseinälle ja ilmaraoliselle ulkoseinärakenteelle. Erityistä huomiota kiinnitettiin eristeen riittävään palosuojaukseen ovi- ja ikkunaliitosten kohdalla. Lisätietona käytettiin rakenneratkaisun aiemman tyyppihyväksynnän perusteena olleen polttokokeen tuloksia.

### 2. Rakennedetaljien palotekninen tarkastelu

Tarkastelun lähtökohtana oli RakMK:n osan E1 taulukossa 8.3.4 *"Ulkoseinien ulkopintojen tuuletusraon pintojen luokkavaatimukset"* P1 luokan rakennuksille esitetyt vaatimukset sekä Ympäristöoppaan 39 *"Rakennusten paloturvallisuus ja Paloturvallisuus korjausrakentamisessa"* kohta *"P1-luokan rakennusten erilliskysymykset - Milloin voi käyttää palavaa eristettä ulkoseinässä?"*

RakMK:n osan E1 taulukon 8.3.4 mukaan P1-luokan rakennuksien ulkoseinien ulkopintojen, tuuletusraon ulkopinnan ja tuuletusraon sisäpinnan luokkavaatimus on aina B-s1,d0.

RakMK:n osan E1 kohdan 8.3.1 mukaan P1-luokan rakennuksien ulkoseinissä tulee pääosin käyttää vähintään B-s1,d0-luokan rakennustarvikkeita. Em. kohtaan liittyvän ohjeen mukaan lämmöneristys, joka on B-s1,d0-luokkaa huonompaa, tulee suojata ja sijoittaa niin, että palon leviäminen eristykseen, palo-osastosta toiseen ja rakennuksesta toiseen on estetty. Tällöin rappausta tai pelkkää metallilevyä ei yleensä katsota riittäväksi suojaukseksi.

Ympäristöoppaan 39 mukaan suojausta voidaan pitää riittävän tehokkaana, jos sisäverhous, palokatko aukkojen ympärillä sekä ulkoverhous täyttävät puolet kyseisessä tapauksessa osastoivalta rakenteelta vaaditusta palonkestävyyss-

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



ajasta ja rakenteet on kiinnitetty siten, että palokatkot pysyvät paikoillaan vaadittavan palonkestoajan.

Ulkoseinärakenteille ei ole tavallisesti asetettu osastointivaatimusta. Tarkastelun lähtökohtana pidettiin kuitenkin kerrostaso-osastoinnin 60 minuutin palonkestoavaatimusta, jolloin Ympäristöoppaan 39 mukaan palon leviäminen seinärakenteen polyuretaanieristeeseen on estettävä 30 minuutin ajan.

Detaljien tarkastelussa on kiinnitetty erityistä huomiota polyuretaanieristeen suojaamiseen palolta ovi- ja ikkuna-aukoissa ja elementtien välisissä saumoissa. Paloteknisessä tarkastelussa otettiin huomioon polyuretaanin lämpötilankesto sekä syttymislämpötilat. Polyuretaanin (normaalituotteet) käyttölämpötila-alue on  $-40^{\circ}\text{C} \dots 120^{\circ}\text{C}$ . Polyuretaanin syttymislämpötila liekistä on noin  $300^{\circ}\text{C}$  ja ilman liekkiä noin  $400^{\circ}\text{C}$ . Polyuretaanieristeen suojauksen paloa vastaan on katsottu olevan riittävän, kun eristeen lämpötila ei ylitä  $400^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilaa 30 minuutin kuluessa palon alkamisesta.

Tilaja toimitti TTY:lle yhteensä yhdeksän detaljikuvaa, neljä sandwich-seinärakenteesta ja viisi tuulettuvasta seinärakenteesta, joiden palotekninen tarkastelu on esitetty seuraavissa kappaleissa 2.1 ja 2.2.

## 2.1 Sandwich-rakenteinen seinä

Sandwich-rakenteisesta polyuretaanieristeisestä seinästä tarkasteltiin kaksi ikkuna- / oviliitosta, joista toisessa oli puukarmi (detalji 1A) ja toisessa puu-alumiinikarmi (detalji 1B), sekä elementtien välisestä saumasta pystyleikkaus- ja vaakaleikkausdetalji (molemmat merkitty detaljitunnuksella 1).

Seinän ulko- ja sisäkuoren suojauskyvyn tarkastelussa käytettiin Standardin 1992-1-2 ”Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus” liitteessä A annettuja betonin lämpötilakäyriä. Standardin 1992-1-2 liitteessä A esitetään betonilaatalle ajasta riippuvia lämpötilatietoja, joita voidaan soveltaa myös toiselta puoleltaan palolle altistuneille seinille. Standardin lämpötilakäyrien mukaan 30 minuutin palon jälkeen 60 mm päässä palolle alttiista pinnasta lämpötila on noussut n.  $70^{\circ}\text{C}$ :een. Sekä betoniulkokuoren että -sisäkuoren paksuus riittää suojaamaan polyuretaanieristettä syttymiseltä 30 minuutin ajan.

### Detalji 1A, Normaali sandwich-elementti, pystyleikkaus / ikkuna tai ovi, puukarmi

Detaljissa 1A eristeen palosuojaus perustuu puisen vähintään 30 mm paksun karmin suojaavaan vaikutukseen. Detaljin käytön edellytyksenä on, että karmi asennetaan kiinni ulkokuoreen ja karmin sisäreuna tulee vähintään 30 mm kantavan rungon päälle detaljin 1A mukaisesti. Mikäli ehdot eivät täyty, sovelletaan alumiini-puukarmin detaljia 1B.

Tavallinen ikkunalasi kestää standardipaloa särkymättä vain muutaman minuutin, joten kolmilasinen ikkuna on kokonaan rikkoutunut viimeistään viiden minuutin kuluttua palon alusta. Tämän jälkeen puukarmi altistuu kokonaisuudessaan palolle. Tarkastellaan karmin hiiltymistä olettaen, että ikkuna on kokonaan särkynyt kahden minuutin kuluttua ja karmi altistuu palolle 28 minuuttia, jolloin puukarmi hiiltyy standardin ”SFS-EN 1995-1-2:2004 –

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



*Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Rakenteiden palomitoitus*” mukaan laskettuna 29,4 mm. Lisäksi lämmöneristettä suojaa ikkunakarmin tiivistykseen käytetty 10 - 20 mm paksu kerros palopolyuretaania. Puukarmille asetettu 30 mm minimivahvuus yhdessä palopolyuretaanitiivistyksen kanssa riittää suojaamaan polyuretaanieristettä syttymiseltä vaaditut 30 minuuttia.

Puukarmin ja betonisisäkuoren liitoksessa on 30 mm syvyydeltä palopolyuretaania, sauman paksuus 10 -20 mm sekä lisäksi joko puulista tai vaihtoehtoisesti kittaus paloakryylillä tai –silikonilla. Suojaus on mielestämme riittävä estämään sisäpuolisen palon leviämisen sauman kautta eristetilaan vähintään 30 minuuttia.

Detaljissa puukarmin ja betoniulkokuoren liitoksessa ulkokuori ulottuu 30 mm alemmaksi kuin karmin yläpinta. Karmin ja ulkokuoren välinen sauma tiivistetään paloakryylillä tai –silikonilla. Mikäli ulkokuori ei ulotu 30 mm alemmaksi kuin karmin yläpinta, sauma tulee lisäksi suojata puulistalla, jonka koko on vähintään 20\*30 mm. Suojaus on mielestämme riittävä estämään ulkopuolisen palon leviämisen sauman kautta eristetilaan 30 minuutissa.

Rakenteessa voidaan käyttää sekä urittamatonta että uritettua polyuretaanieristettä.

#### Detalji 1B, Normaali sandwich-elementti, pystyleikkaus / ikkuna tai ovi, puu-alumiinikarmi

Detaljissa 1B eristeen palosuojaus perustuu polyuretaanieristeen ja karmin väliin asennettavan verhouksen suojausvaikutukseen.

Detalji 1B sovelletaan, mikäli puukarmi ei täytä detaljissa 1A mainittuja vaatimuksia. Detalji sovelletaan myös tavallisissa puualumiini-ikkunoissa, joissa puukarmin leveys ei ole riittävä suojaamaan polyuretaanieristettä palolta. Alumiinin sulamislämpötila 600-700°C saavutetaan standardipalossa noin 10 minuutissa, jolloin seinän ulkopinnan puoleinen eristeen alakulma altistuu palolle 10-15 minuutin kuluttua palon alusta ellei sitä lisäsuojata. Ennen rikkoutumista ikkunalasit hidastavat alumiinin lämpötilan nousua ulkopuoliteessa noin 2 - 5 minuutin ajan.

Detaljissa 1B karmin ja polyuretaanieristeen väliin on lisätty eristettä suojaava rakennekerros. Eristeen palosuojaus voidaan käyttää vähintään 30 mm paksua puuta, 30 mm paksua A2-s1,d0-paloluokan vaatimukset täyttävää mineraalivillaa, 22 mm paksua Sasmox-levyä tai palo-ominaisuuksiltaan vastaavaa muuta rakennuslevyä. Karmin ja suojaverhouksen väliin jäävä tila tiivistetään polyuretaanivaahdolla. Lisäksi puukarmin ja sisäkuoren sekä alumiinilistan ja ulkokuoren välinen sauma tiivistetään puulistalla tai/ja kittauksella.

Sekä puu että 22 mm paksu Sasmox-levy suojaavat riittävästi polyuretaanieristettä jäljelle jäävät 15-20 minuuttia sen jälkeen, kun ikkunat ovat rikkoutuneet ja karmin alumiiniosat ovat sulaneet pois. Verhouksena käytettävän mineraalivillan tiheyden tulee kuitenkin mielestämme olla vähintään 140 kg/m<sup>3</sup>. Lisäksi verhouksen ja karmin väliin jäävä tila tulee tiivistää palopolyuretaani-vaahdotuksella.

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



Detaljin mukaan toteutettu ikkuna- ja oviliitos suojaa polyuretaanieristettä palolta vaaditut 30 minuuttia, kun detaljin kohtia (3) ja (7) muutetaan seuraavasti:

- (3) Palopolyuretaani-vaahdotiivistys
- (7) Puu 30 mm, A2-s1,d0 –vaatimukset täyttävä mineraalivilla (tiheys min 140 kg/m<sup>3</sup>), Sasmox 22 mm tai palo-ominaisuuksiltaan vastaava rakennuslevy.

Rakenteessa voidaan käyttää sekä urittamatonta että uritettua polyuretaanieristettä.

Polyuretaania palolta suojaava kerros voidaan jättää pois ikkuna- ja oviaukkojen alareunasta, mikäli detaljin kosteustekninen toiminta sitä edellyttää. Pienempiin ikkuna-aukkoihin (korkeus enintään 600 mm) eristettä suojaava kerros tulee asentaa myös aukon alareunaan. Huonepalossa ikkunan rikkouduttua palo saa lisäilmaa ikkunan alaosan kautta ja liekit tulevat ulos ikkunan yläosasta. Lämpörasitus aukkojen alareunaan on pienempi kuin aukon ylä- ja sivuosiin.

Detalji 1, Normaali sandwich-elementti, pystyleikkaus, kantavan laatan ja ulkoseinän välinen liitos

Elementtien välisen vaakasauman kerrokset ovat sementtipohjainen laasti, polyuretaanivaaho, saumanauha sekä kittaus. Elementtien välisen sauman tyypillinen paksuus on n. 20 mm. Sementtipohjainen laasti estää sisäpuoleisen palon leviämien eristetilaan vaaditut 30 minuuttia. Saumanauha ja kittaus ovat mielestämme riittävä suojaus palon leviämisen estämiseksi ulkopuolelta eristetilaan n. 20 mm paksun vaakasuoran elementtisauman kautta.

Detalji 1, Normaali sandwich-elementti, vaakaleikkaus, osastoivan seinän ja ulkoseinäelementin välinen liitos

Elementtien välisen pystysauman kerrokset ovat betonijuotos, polyuretaanivaaho, saumanauha sekä kittaus. Sauman palotekninen toiminta on vastaava kuin vaakasauman. Detaljissa on esitetty väliseinän liitos ulkoseinään, jolloin liitoskohdan betonivalu riittää suojaamaan eristeen palolta vaaditut 30 minuuttia eikä eristeen materiaalilla ole vaikutusta mahdollisen osastoivan väliseinän palonkesto aikaan sisäpuolisessa palossa.

## 2.2 Tuulettuva seinärakenne

Ilmaraolisesta polyuretaanieristeisestä seinästä tarkasteltiin kolme ikkuna- / ovileikkausta, joista yhdessä oli puukarmi (detalji 2A) ja kahdessa puu-alumiinikarmi (detaljit 2B ja 2C). Liitosdetaljien lisäksi tarkasteltiin elementtien välisestä saumasta pystyleikkaus- ja vaakaleikkausdetalji (molemmat merkitty detaljitunnuksella 2).

Ilmaraolisessa rakenteessa sisäkuoren vaaka- ja pystyliitokset sekä liitoskohdissa karmin liitos sisäkuoreen ovat rakenteeltaan vastaavat kuin sandwich-rakenteisessa ulkoseinässä, jonka detaljien palotekninen tarkastelu on esitetty kohdassa 2.1.

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



### Detalji 2A, Ilmaraallinen rakenne, pystyleikkaus, ikkunan liitos

Detaljissa 2A eristeen palosuojaus perustuu ilmaraon sisäpinnassa olevan levyn ja puisen vähintään 30 mm paksun karmin suojaavaan vaikutukseen. Detaljin käytön edellytyksenä on, että karmi ulottuu tuulensuojalevyn ulkopintaan ja karmin sisäreuna tulee vähintään 30 mm kantavan rungon päälle detaljin 2A mukaisesti. Mikäli ehdot eivät täyty, sovelletaan alumiini-puukarmin detaljia 2B.

Puukarmin sisäkuoren puoleisen reunan ja puukarmin ja sisäkuoren välisen liitoksen palotekninen toiminta on käsitelty detaljin 1A kohdalla.

Polyuretaanieriste on detaljissa 2A suojattu ilmaraon puolelta A2-s1,d0 vaatimukset täyttävällä mineraalivillalla, jonka paksuus on 30 mm, sasmox-levyllä 22 mm tai palo-ominaisuuksiltaan vastaavalla muulla rakennuslevyllä.

Sasmox-levy 22 mm ilmaraon sisäpuolisena pintana voidaan katsoa olevan polyuretaanieristeelle riittävä suojaus paloa vastaan vaaditut 30 minuuttia. Eristeen suojarakenteena käytettävän mineraalivillan tiheyden tulee kuitenkin mielestämme olla vähintään 140 kg/m<sup>3</sup>.

Puukarmin ja eristeen välisessä saumassa on palopolyuretaani-vaahdotiivistys ja ilmaraon puoleisessa reunassa 50 mm matkalla A2-s1,d0 vaatimukset täyttävä mineraalivillakaista, jonka paksuus on vähintään 20 mm. Sauman ilmaraon puoleisessa reunassa mineraalivillan kerrospaksuuden tulee kuitenkin mielestämme olla vähintään 30 mm.

Detaljin 2A mukaan toteutettu ikkuna- ja oviliitos suojaa polyuretaanieristettä palolta vaaditut 30 minuuttia, kun karmin ulkoreunan ja eristeen välisen mineraalivillalla tiivistetyn sauman paksuus on vähintään 30 mm ja detaljin kohta (3) muutetaan seuraavasti:

- (3) A2-s1,d0 –vaatimukset täyttävä mineraalivilla (tiheys min 140 kg/m<sup>3</sup>) 30 mm, Sasmox 22 mm tai palo-ominaisuuksiltaan vastaava muu rakennuslevy

Aukon alareunassa tulisi välttää mineraalivillan käyttöä, koska se saattaa aiheuttaa rakenteelle kosteusteknisen riskin. Aukon alareunassa karmin ja eristeen välisessä liitoksessa riittää eristeen palosuojaukseksi palopolyuretaanivaahdotus koko sauman matkalla.

### Detalji 2B, Ilmaraallinen rakenne, pystyleikkaus, ikkunan liitos

Detaljissa 2B eristeen palosuojaus perustuu ilmaraon sisäpinnassa olevan levyn sekä polyuretaanieristeen ja karmin väliin asennettavan verhouksen suojausvaikutukseen.

Detaljia 2B sovelletaan, mikäli puukarmi ei täytä detaljissa 2A mainittuja vaatimuksia. Detaljia sovelletaan myös tavallisissa puualumiini-ikkunoissa, joissa puukarmin leveys ei ole riittävä suojaamaan polyuretaanieristettä palolta. Liitoskohdan palotekninen toiminta karmin kohdalla sekä karmin ja sisäkuoren välisessä liitoksessa ei eroa detaljista 1B. Eristeen riittävä suojaus paloa vastaan edellyttää siten samoja muutoksia kuin detaljissa 1B.

Seinän ulkopinnan puoleisessa reunassa puu-alumiinikarmin ja eristeen välisessä saumassa lisätty rakennekerros ja palopolyuretaani-vaahdotiivistys,

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



7 (9)

joka ulottuu tuulensuojan ulkopintaan asti, suojaavat eristeen palolta vaaditut 30 minuuttia. Polyuretaani on detaljissa 2B suojattu ilmaraon puolelta samalla tavoin kuin detaljissa 2A. Eristeen riittävä suojaus paloa vastaan edellyttää samoja muutoksia kuin detaljissa 2A.

Detaljin 2B mukaan toteutettu ikkuna- / oviliitos suojaa polyuretaanieristettä palolta vaaditut 30 minuuttia, kun detaljin kohtia (3), (6) ja (9) muutetaan seuraavasti:

- (3) A2-s1,d0 –vaatimukset täyttävä mineraalivilla (min 140 kg/m<sup>3</sup>) 30 mm, Sasmox 22 mm tai palo-ominaisuuksiltaan vastaava muu rakennuslevy
- (6) Palopolyuretaani-vaahdotiivistys
- (9) Puu 30 mm, A2-s1,d0 –vaatimukset täyttävä mineraalivilla (min 140 kg/m<sup>3</sup>) 30 mm, Sasmox 22 mm tai palo-ominaisuuksiltaan vastaava muu rakennuslevy

Polyuretaania palolta suojaava kerros voidaan jättää pois ikkuna- ja oviaukkojen alareunasta, mikäli detaljin kosteustekninen toiminta sitä edellyttää. Pienempiin ikkuna-aukkoihin (korkeus enintään 600 mm) eristettä suojaava kerros tulee asentaa myös aukon alareunaan.

#### Detalji 2C. Ilmaraallinen rakenne, pystyleikkaus, ikkunan liitos

Detaljissa 2C eristeen palosuojaus perustuu polyuretaanieristeen ja karmin väliin asennettavan verhouksen suojausvaikutukseen sekä aukon ympäriltä tukittuun ilmarakoon, mikä estää palon leviämisen ilmarakoon.

Detalji 2C on sisäkuoren ja karmin välisen liitoksen sekä karmin ja eristeen välisen liitoksen osalta vastaavanlainen kuin detaljit 1B ja 2B, joiden palotekninen tarkastelu on tehty edellä. Eristeen riittävä suojaus paloa vastaan edellyttää samoja muutoksia kuin edellä on esitetty detaljeihin 1B ja 2B.

Detaljin 2C paloteknisessä tarkastelussa käsitellään ilmaraon alaosan palotekninen toiminta sekä ilmaraon sisäpuoleisen pinnan puolelta eristeen riittävä suojaus paloa vastaan.

Ilmarako on detaljissa 2C tukittu vedenohjainpellillä tai saumanauhalla sekä vähintään A2-s1,d0-vaatimukset täyttävällä mineraalivillalla sullottuna ja/tai sasmox-levyllä 22 mm. Ilmaraon tukkiminen esitetyllä tavalla estää palon leviämisen ilmarakoon ja suojaa polyuretaanieristeen paloa vastaan vaaditut 30 minuuttia. Polyuretaanieristeen ulkopinnassa tulee mielestämme kuitenkin käyttää vähintään suojaverhousvaatimukset täyttävää rakennekerrosta. Tämä toteutuu detaljin mukaan toteutetussa rakenteessa, jossa polyuretaanieriste on suojattu tuulensuojakipsilevyllä tai vastaavalla rakennuslevyllä.

Detaljin 2C mukaan toteutetussa rakenteessa polyuretaanieriste on suojattu paloa vastaan vaaditut 30 minuuttia, kun detaljin kohtia (6) ja (9) muutetaan seuraavasti:

- (6) Palopolyuretaani-vaahdotiivistys
- (9) Puu 30 mm, A2-s1,d0 –vaatimukset täyttävä mineraalivilla (tiheys min 140 kg/m<sup>3</sup>) 30 mm, Sasmox 22 mm tai palo-ominaisuuksiltaan vastaava muu rakennuslevy

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan





Ilmarako voidaan jättää auki yli 600 mm korkeiden ikkuna- ja oviaukkojen alareunasta, mikäli detaljin kosteustekninen toiminta sitä edellyttää.

Detalji 2, Ilmaraallinen rakenne, pystyleikkaus ja vaakaleikkaus, kantavan laatan ja ulkoseinän välinen liitos sekä osastoivan seinän ja ulkoseinän välinen liitos

Ilmaraollisen ulkoseinärakenteen vaaka- ja pystyleikkaukset on molemmat merkitty detaljitunnuksella 2.

Seinän sisäpuoleisten elementtien välisten vaaka- ja pystysaumojen palotekninen toiminta on vastaava kuin sandwich-rakenteisessa ulkoseinässä (detaljitunnus 1), jonka palotekninen tarkastelu on esitetty kohdassa 2.1.

Kun ilma- ja sisäpuoleinen pinta on detaljien 2A, 2B tai 2C mukainen ja elementtien saumoissa oleva palopolyuretaanitiivistys ulottuu ilma- ja sisäpintaan asti, polyuretaanieristeen suojaus paloa vastaan elementtien välisissä saumoissa on mielestämme riittävä.

### 3. Yhteenveto

Lausunnossa tarkasteltiin polyuretaanieristeen soveltuvuutta enintään kahdeksankerroksisen P1-luokan rakennuksen betonirakenteisen ulkoseinän lämmöneristämiseen ja tiivistämiseen. Rakennusratkaisulle on ollut voimassa Ympäristöministeriön tyyppi hyväksyntä, jonka uusimisen yhteydessä ympäristöministeriö on edellyttänyt, että hyväksynnässä esitetyt rakennusratkaisut kehitetään paloteknisten ja rakennusfysikaalisten ominaisuuksien osalta sekä vastaamaan nykyisiä rakennusratkaisuja.

Polyuretaanieristeen betonirakenteisen ulkoseinän palotekninen tarkastelu tehtiin tilaajan toimittamien detaljikuvien perusteella. Lisätietona käytettiin aikaisemman tyyppi hyväksynnän perusteena käytettyä polttokoetta. Palotekninen tarkastelu tehtiin sandwich-rakenteiselle ulkoseinälle sekä ilma- ja sisäpuoleiselle ulkoseinärakenteelle ikkuna- / oviliitoksissa sekä elementtien välisissä vaaka- ja pystysaumoissa. Ilmaraallisessa rakenteessa sekä ikkuna- / oviliitoksissa otettiin huomioon myös kosteusteknisesti mahdollisten riskirakenteiden välttäminen.

Lausunnon liitteenä olevien detaljien mukaan toteutetuissa ulkoseinärakenteissa polyuretaanieriste on mielestämme palolta suojattu vähintään vaaditut 30 minuuttia, kun detaljeihin tehdään seuraavat korjaukset.

- Detaljin 1B kohdan (3) ja detaljien 2B ja 2C kohdan (6) teksti muutetaan  
*Palopolyuretaani-vaahdotiivistys*
- Detaljin 1B kohdan (7) ja detaljien 2B ja 2C kohdan (9) teksti muutetaan  
*Puu 30 mm, A2-s1,d0 –vaatimukset täyttävä mineraalivilla (min 140 kg/m<sup>3</sup>) 30 mm, Sasmox 22 mm tai palo-ominaisuuksiltaan vastaava muu rakennuslevy*
- Detaljien 2A ja 2B kohdan (3) teksti muutetaan  
*A2-s1,d0 –vaatimukset täyttävä mineraalivilla (min 140 kg/m<sup>3</sup>) 30 mm, Sasmox 22 mm tai palo-ominaisuuksiltaan vastaava muu rakennuslevy*

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



- Detaljin 2A karmin ja eristeen välisen sauman ulkokuoren puoleisessa reunassa mineraalivillan kerrospaksuudeksi muutetaan *vähintään 30 mm*.

Detaljeissa 1B, 2B ja 2C polyuretaania palolta suojaava kerros voidaan jättää pois yli 600 mm korkeiden ikkuna- ja oviaukkojen alareunasta, mikäli detaljin kosteustekninen toiminta sitä edellyttää. Aukon alareunassa polyuretaanin palosuojaukseksi riittää mielestämme palopolyuretaanitiivistys. Eristettä suojaavaksi levyksi ilma- ja sisäpintaan soveltuu mineraalivillan ja Sasmox-levyn lisäksi esimerkiksi kalsiumsilikaatiilevyt Promatect<sup>®</sup> H 15 mm (tiheys 800 – 1000 kg/m<sup>3</sup>) ja Promatect<sup>®</sup> L 20 mm (tiheys 400 – 600 kg/m<sup>3</sup>), jotka ovat paloteknisten ominaisuuksiensa puolesta hyviä vaihtoehtoja ilma- ja sisäpintaan.

Tampereella 25.4.2008

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
Rakennustekniikan laitos  
Palolaboratorio

Päivi Myllylä  
Tutkija

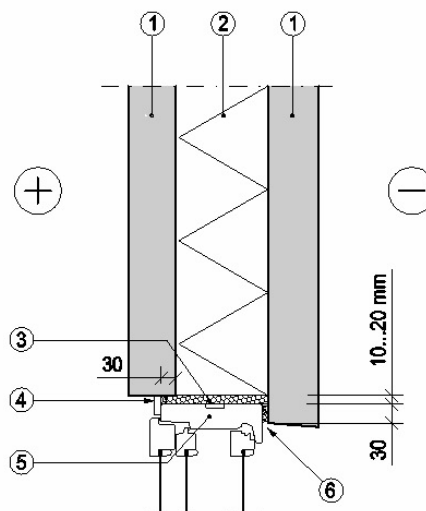
Pertti Iso-Mustajärvi  
Kehittämispäällikkö

Ralf Lindberg  
Professori

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



# 1A NORMAALI SANDWICH-ELEMENTTI - PYSTYLEIKKAUS / IKKUNA TAI OVI



- ① BETONINEN SISÄKUORI / ULKOKUORI RAK.SUUNNITELMIEN MUKAAN
- ② SPU POLYURETAANI ERISTYSVAATIMUKSEN MUKAAN
- ③ PALOPOLYURETAANI -VAAHTOTIIVISTYS
- ④ KITTAUS (PALOAKRYYLI TAI -SILIKONI) JA LISTA YMPÄRI
- ⑤ IKKUNA- TAI OVIKARMI: LEVEYS = ERISTE + 30 mm, VAHVUUS  $\geq$  30 mm  
- MIKÄLI NÄMÄ EIVÄT TÄYTY KÄYTETÄÄN SOVELTAEN DETALJIA 1B
- ⑥ KITTAUS (PALOAKRYYLI TAI -SILIKONI). JOS ULKOKUORI EI YLTÄ  
30 mm KARMIN PÄÄLLE ULKOPUOLELLE PUULISTA min. 20 x 30 YMPÄRI

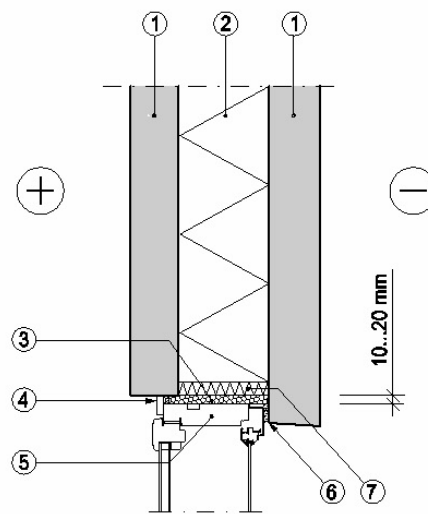
ANSAAT JA RAUDOITUKSET RAKENNESUUNNITTELIJAN OHJEEN MUKAAN  
ERISTE VOI OLLA URITETTU TAI URITTAMATON

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



# 1B

## NORMAALI SANDWICH-ELEMENTTI - PYSTYLEIKKAUS / IKKUNA TAI OVI



- ① BETONINEN SISÄKUORI / ULKOKUORI RAK.SUUNNITELMIEN MUKAAN
- ② SPU POLYURETAANI ERISTYSVAATIMUKSEN MUKAAN
- ③ POLYURETAANI -VAAHTOTIIVISTYS
- ④ KITTAUS TAI LISTA YMPÄRI
- ⑤ PUU-ALUMIINI -IKKUNA- TAI OVIKARMI: LEVEYS  $\geq$  ERISTE
- ⑥ KITTAUS JA / TAI LISTA YMPÄRI
- ⑦ PUU 30 mm, A<sub>2</sub> - S<sub>1</sub>, d<sub>0</sub> -VAATIMUKSET TÄYTTÄVÄ MINERAALIVILLA (min. 80 kg/m<sup>3</sup>) 30 mm, SASMOX 22 mm TAI PALO-OMINAISUUKSILTAAN VASTAAVA MUU RAKENNUSLEVY

ANSAAT JA RAUDOITUKSET RAKENNESUUNNITTELIJAN OHJEEN MUKAAN

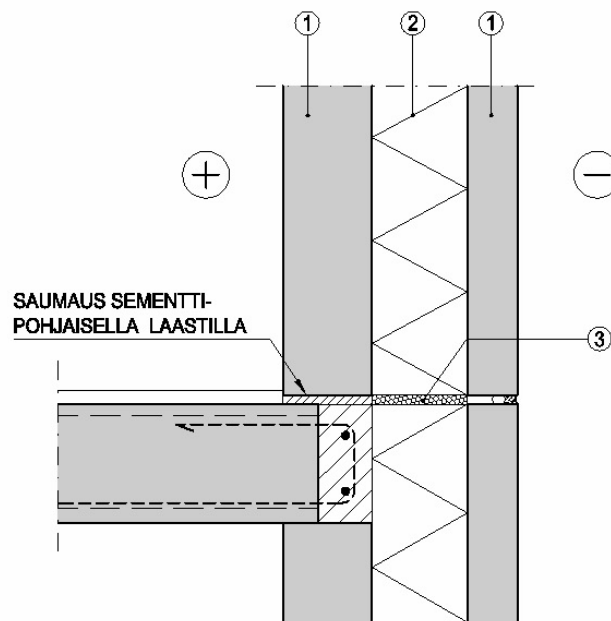
ERISTE VOI OLLA URITETTU TAI URITTAMATON

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



1

## NORMAALI SANDWICH-ELEMENTTI - ELEMENTTIEN VÄLINEN PYSTYLEIKKAUS / VÄLIPOHJA



- ① BETONINEN SISÄKUORI / ULKOKUORI RAK.SUUNNITELMIEN MUKAAN
- ② SPU POLYURETAANI ERISTYSVAATIMUKSEN MUKAAN
- ③ POLYURETAANI -VAHTOTIIVISTYS

ANSAAT JA RAUDOITUKSET RAKENNESUUNNITTELIJAN OHJEEN MUKAAN

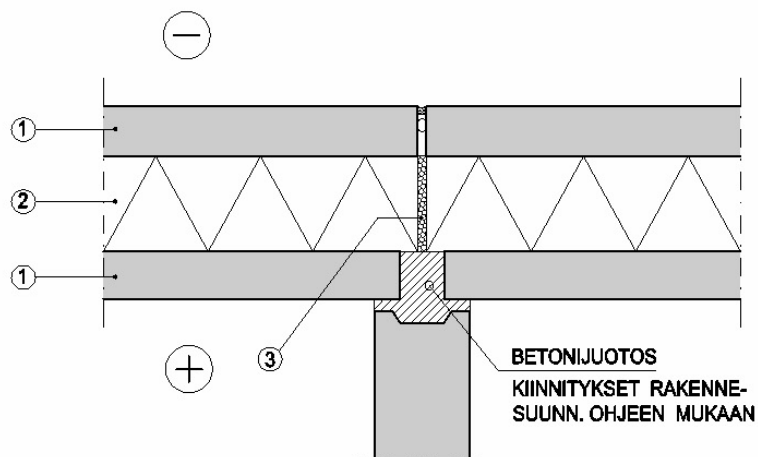
ERISTE VOI OLLA URITETTU TAI URITTAMATON

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



1

## NORMAALI SANDWICH-ELEMENTTI - ELEMENTTIEN VÄLINEN VAAKALEIKKAUS



- ① BETONINEN SISÄKUORI / ULKOKUORI RAK.SUUNNITELMIEN MUKAAN
- ② SPU POLYURETAANI ERISTYSVAATIMUKSEN MUKAAN
- ③ POLYURETAANI -VAAHTOTIIVISTYS

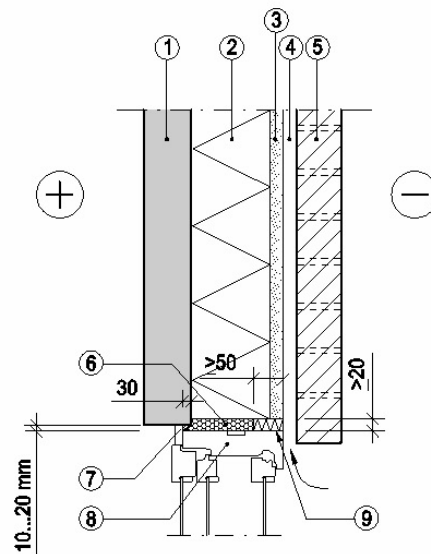
ANSAAT JA RAUDOITUKSET RAKENNESUUNNITTELIJAN OHJEEN MUKAAN

ERISTE VOI OLLA URITETTU TAI URITTAMATON

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



## 2A ILMARAOLLINEN RAKENNE - PYSTYLEIKKAUS



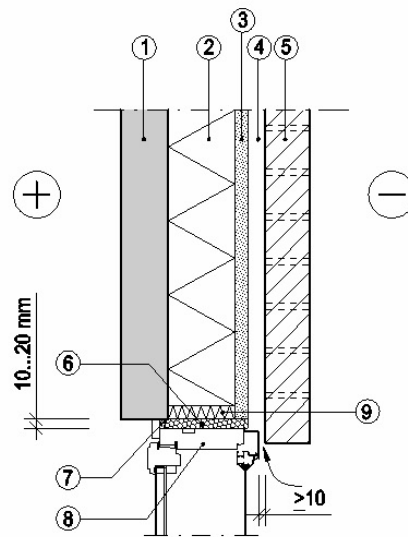
- ① BETONINEN SISÄKUORI RAK.SUUNNITELMIEN MUKAAN
- ② SPU POLYURETAANI ERISTYVAATIMUKSEN MUKAAN
- ③ A<sub>2</sub> - S<sub>1</sub>, d<sub>0</sub> -VAATIMUKSET TÄYTTÄVÄ MINERAALIVILLA (min. 80 kg/m<sup>3</sup>) 30 mm, SASMOX 22 mm TAI PALO-OMINAISUUKSILTAAN VASTAAVA MUU RAKENNUSLEVY
- ④ ILMARAKO
- ⑤ ULKOVERHOUS: BETONI / TIILI / KEVYTBETONI / KALKKIHIIEKKATIILI TAI VAST.
- ⑥ PALOPOLYURETAANI -VAAHTOTIIVISTYS
- ⑦ KITTAUS (PALOAKRYyli TAI -SILIKONI) JA LISTA YMPÄRI
- ⑧ IKKUNA- TAI OVIKARMI: LEVEYS = ERISTE + 30 mm + KOHDAN ③ RAKENNEKERROKSEN PAKSUUS  
- MIKÄLI NÄMÄ EIVÄT TÄYTY KÄYTETÄÄN SOVELTAEN DETALJIA 2B
- ⑨ A<sub>2</sub> - S<sub>1</sub>, d<sub>0</sub> -VAATIMUKSET TÄYTTÄVÄ MINERAALIVILLA AUKON YMPÄRI

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



## 2B

### ILMARAOLLINEN RAKENNE - PYSTYLEIKKAUS



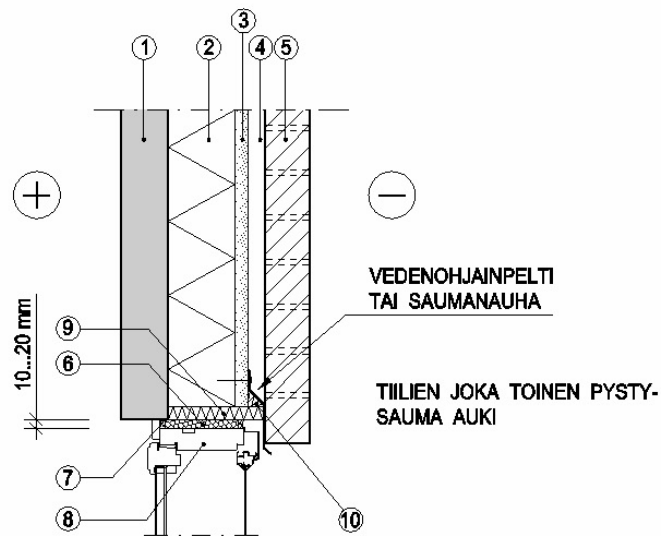
- ① BETONINEN SISÄKUORI RAK.SUUNNITELMIEN MUKAAN
- ② SPU POLYURETAANI ERISTYVAATIMUKSEN MUKAAN
- ③ A<sub>2</sub> - S<sub>1</sub>, d<sub>0</sub> -VAATIMUKSET TÄYTTÄVÄ MINERAALIVILLA (min. 80 kg/m<sup>3</sup>) 30 mm, SASMOX 22 mm TAI PALO-OMINAISUUKSILTAAN VASTAAVA MUU RAKENNUSLEVY
- ④ ILMARAKO
- ⑤ ULKOVERHOUS: BETONI / TIILI / KEVYTBETONI / KALKKIHIIEKKATIILI TAI VAST.
- ⑥ POLYURETAANI-VAAHTOTIIVISTYS
- ⑦ KITTAUS TAI LISTA YMPÄRI
- ⑧ IKKUNA- TAI OVIKARMI: LEVEYS  $\geq$  ERISTE
- ⑨ PUU 30 mm, A<sub>2</sub> - S<sub>1</sub>, d<sub>0</sub> -VAATIMUKSET TÄYTTÄVÄ MINERAALIVILLA (min. 80 kg/m<sup>3</sup>) 30 mm, SASMOX 22 mm TAI PALO-OMINAISUUKSILTAAN VASTAAVA MUU RAKENNUSLEVY

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan





## 2c ILMARAOLLINEN RAKENNE - PYSTYLEIKKAUS



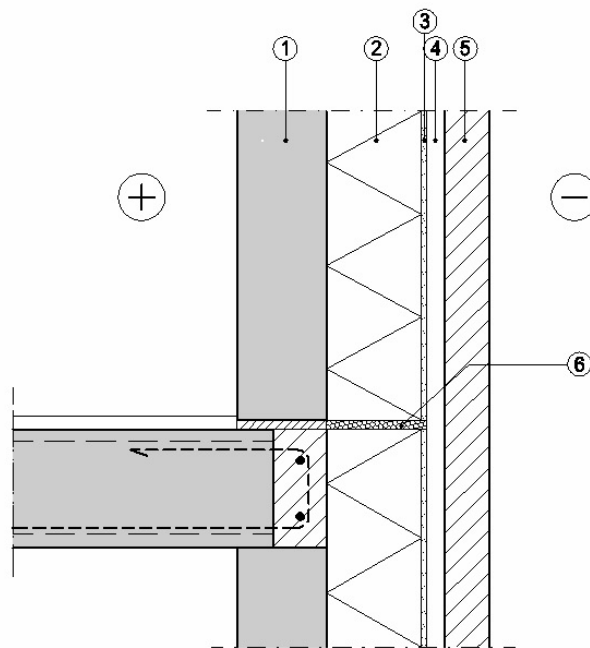
- ① BETONINEN SISÄKUORI RAK.SUUNNITELMIEN MUKAAN
- ② SPU POLYURETAANI ERISTYSVAATIMUKSEN MUKAAN
- ③ TUULENSUOJAKIPSILEVY TAI PALO- JA KOSTEUSOMINAISUUKSILTAAN VASTAAVA MUU RAKENNUSLEVY
- ④ ILMARAKO
- ⑤ ULKOVERHOUS: BETONI / TIILI / KEVYTBETONI / KALKKIHIIEKKATIILI TAI VAST.
- ⑥ POLYURETAANI-VAAHTOTIIVISTYS
- ⑦ KITTAUS JA LISTA YMPÄRI
- ⑧ IKKUNA- TAI OVIKARMI: LEVEYS  $\geq$  ERISTE
- ⑨ PUU 30 mm, A<sub>2</sub>-S<sub>1</sub>, d<sub>0</sub>-VAATIMUKSET TÄYTTÄVÄ MINERAALIVILLA (min 80 kg/m<sup>3</sup>) 30 mm, SASMOX 22 mm TAI PALO-OMINAISUUKSILTAAN VASTAAVA MUU RAKENNUSLEVY
- ⑩ VEDENOJAINPELLIN TAI SAUMANAUHAN ALAPUOLELLE A<sub>2</sub>-S<sub>1</sub>, d<sub>0</sub>-VAATIMUKSET TÄYTTÄVÄ MINERAALIVILLA SULLOTTUNA JA / TAI SASMOX 22 mm

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



## 2

### ILMARAOLLINEN RAKENNE - ELEMENTTIEN VÄLINEN PYSTYLEIKKAUS KANTAVA VÄLIPOHJA



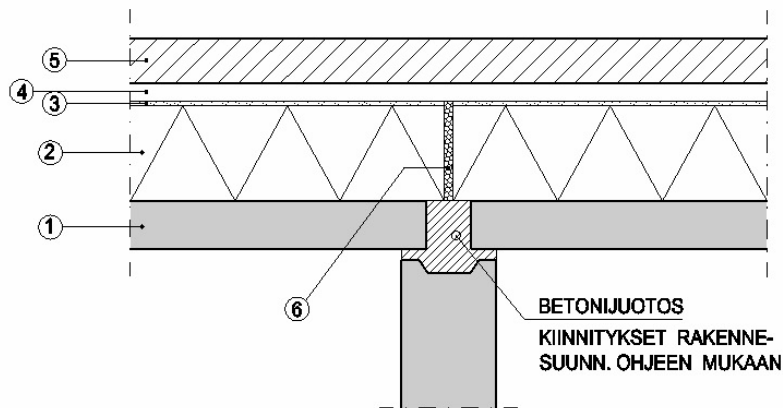
- ① BETONINEN SISÄKUORI RAK.SUUNNITELMIEN MUKAAN
- ② SPU POLYURETAANI ERISTYSVAATIMUKSEN MUKAAN
- ③ LEVY LEIKKAUKSIEN 2A, 2B JA 2C MUKAAN
- ④ ILMARAKO
- ⑤ ULKOVERHOUS: BETONI / TIILI / KEVYTBETONI / KALKKIHIIEKKATIILI TAI VAST.
- ⑥ PALOPOLYURETAANI-VAAHTOTIIVISTYS

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



## 2

### ILMARAOLLINEN RAKENNE - ELEMENTTIEN VÄLINEN VAAKALEIKKAUS



- ① BETONINEN SISÄKUORI RAK.SUUNNITELMIEN MUKAAN
- ② SPU POLYURETAANI ERISTYVAATIMUKSEN MUKAAN
- ③ LEVY LEIKKAUKSIEN 2A, 2B JA 2C MUKAAN
- ④ ILMARAKO
- ⑤ ULKOVERHOUS : BETONI / TIILI / KEVYTBETONI / KALKKIHIIEKKATIILI  
TAI VAST.
- ⑥ PALOPOLYURETAANI -VAAHTOTIIVISTYS

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



## Ulkoseinien ulkopintojen ja tuuletusraon pintojen luokkavaatimukset

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 ”Rakennusten paloturvallisuus, Määräykset ja ohjeet 2002”, luku 8 Palon kehittämisen rajoittaminen

### TAULUKKO 8.3.4 ULKOSEINIEN ULKOPINTOJEN JA TUULETUSRAON PINTOJEN LUOKKAVAATIMUKSET

	Rakennuksen paloluokka ja käyttötapa					
	P1		P2		P3	
	PI-luokan rakennukset yleensä	Enint. 4-kerroksiset asuin- ja työpaikka-rakennukset	Hoito-laitokset	3–4-kerroksiset asuin- ja työpaikka-rakennukset	Muut P2-luokan rakennukset	
Ulkoseinän ulkopinta	B-s1, d0 <sup>1)</sup>	B-s1, d0 <sup>2)</sup>	B-s1, d0 <sup>2)</sup>	B-s1, d0 <sup>2)</sup>	D-s2, d2	D-s2, d2
Tuuletusraon ulkopinta	B-s1, d0 <sup>1)</sup>	B-s1, d0 <sup>2)</sup>	B-s1, d0 <sup>2)</sup>	B-s1, d0 <sup>2)</sup>	D-s2, d2	D-s2, d2
Tuuletusraon sisäpinta	B-s1, d0	B-s1, d0	B-s1, d0	B-s1, d0	D-s2, d2	—

**Taulukon merkintä:** — = ei vaatimusta

**Taulukon huomautukset:** <sup>1)</sup> Enintään kahdeksankerroksisessa P1-luokan rakennuksessa ulkoseinän ulkopinnan osa saa olla luokkaa D-s2, d2, mikäli tällaisia osia ympäröivät rakenteet suojaavat seinäpintaa palon leviämiseltä. Julkisivulevyjen kiinnitykseen saa enintään kahdeksankerroksisessa rakennuksessa käyttää vähäisessä määrin D-s2, d2-luokan rakennustarvikkeita.  
<sup>2)</sup> Luokan D-s2, d2 rakennustarvikkeiden käyttö on sallittu kohdan 8.3.5 edellytyksin.

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan