



## **GYPROC-ISOVER PALOTEKNINEN SUUNNITTELUOHJE**

Gyproc-Isover -palosertifikaatin 2023 lisäohjeistus  
10/2023



# SISÄLLYSLUETTELO

<b>Kiinnitysohje suojaverhoukselle K<sub>2</sub> 10 ja K<sub>2</sub> 30</b> .....	3
Gyproc -kipsilevyjen kiinnitysohje seinärakenteissa .....	3
K <sub>2</sub> 10-suojaverhous kipsilevyllä: .....	4
K <sub>2</sub> 10-suojaverhous tuulensuojakipsilevyllä: .....	4
K <sub>2</sub> 30-suojaverhous kahdella kipsilevyllä: .....	5
K <sub>2</sub> 30-suojaverhous GFL18-kipsilevyllä: .....	5
Kiinnitysohje suojaverhoukselle K <sub>2</sub> 10 ja K <sub>2</sub> 30 väli- ja yläpohjarakenteissa .....	6
Ruuvivälit kattolevytyksessä (väli/yläpohja): .....	7
Kiinnitysohje Isover OL-33 -suojaverhoukselle K <sub>2</sub> 10 .....	7
Vaihtoehto 1. Kiinnikeyhdistelmä ruuvi ja aluslevy .....	7
Vaihtoehto 2. Kiinnikeyhdistelmä muurausside ja lukituslevy .....	8
Vaihtoehto 3. Kiinnitys Termofix -välikkeillä yhdessä julkisivun pystykoolauksen kanssa .....	9
<b>P1- ja P2 -paloluokan rakennusten yläpohjien palosuojaus</b> .....	10
<b>Suunnitteluohje Isover lasivillan käytöstä P2 paloluokan puurakenteisessa yläpohjassa yläpuolisen palon tapauksessa</b> .....	11
<b>Liite A</b> .....	22
Palotekninen lausunto – Puurakenteiden palomitoitus käyttäen ULTIMATE -eristetuotteita. KK-Palokonsultti Oy 23.8.2021. ....	23
<b>Liite B</b> .....	38
Termofix -välikkeen ruuvaustaulukko – A-insinöörit 12/2022 .....	38

Esitetyt ratkaisut ovat palotekninen minimitaso, jota voidaan aina vahventaa. Kohteen suunnittelija vastaa aina rakenteiden ja ratkaisuiden soveltuvuudesta kohteeseen.

# KIINNITYSOHJE SUOJA- VERHOUKSELLE K<sub>2</sub> 10 JA K<sub>2</sub> 30

## GYPROC-KIPSILEVYJEN KIINNITYSOHJE SEINÄRAKENTEISSA

	Yksinkertainen kipsilevytyys	Ruuvi teräsrankaan	Ruuvi puurankaan	Hakanen puurankaan	Naula puurankaan
K <sub>2</sub> 10	GTS 9	QU 32 QM-STW 3,9x32	QU 32 QM-STW 3,9x32	BeA 155/38 VZHZ	HJ15, DPN
	GN 13, GNE 13 Gyproc 4PRO GHOE 13	Tiuha 25 HiLo 32	HiLo 32	BeA 155/38 VZHZ	
	GEK 13 GR 13 GRI 13 GRIX 13	EK Tiuha 25 EK HiLo 32	EK HiLo 32	BeA 155/38 VZHZ	
	Habito	Grabber GHX 26	Grabber GHX 38	BeA 155/38 VZHZ	
	GFL 15	HiLo 32	HiLo 40	BeA 155/38 VZHZ	
K <sub>2</sub> 30	Kaksinkertainen kipsilevytyys	Ruuvi teräsrankaan	Ruuvi puurankaan	Hakanen puurankaan	
	GN 13, GNE 13 Gyproc 4PRO GHOE 13	Tiuha 25 HiLo 40	HiLo 40 Grabber GHX 51	BeA 155/38 VZHZ	
	GEK 13 GR 13 GRI 13 GRIX 13	EK Tiuha 25 EK HiLo 40	Grabber GHX 38 & 51	Verpa Senco B.V. N21BXBB	
	Habito	Grabber GHX 26 & 38	Grabber GHX 38 & 51	Verpa Senco B.V. N21BXBB	
	GFL 15	Tiuha25 HiLo 40	Grabber GHX 38 & 51	Verpa Senco B.V. N21BXBB	
1 x GFL 18	HiLo 32	HiLo 40	BeA 155/38 VZHZ		

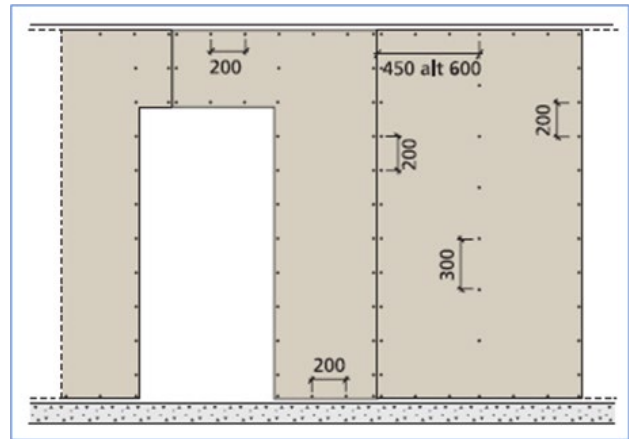
Taulukko 1: Kiinniketyypit seinäpinnan suojaverhouksen kiinnitykseen

## K<sub>2</sub> 10-SUOJAVERHOUS KIPSILEVYLLÄ

K<sub>2</sub> 10 suojaverhoukseen soveltuvat kaikki Gyproc- ja Glasroc -kipsilevyt, joiden paksuus on vähintään 12,5 mm. Kipsilevyt kiinnitetään taulukossa mainituin kiinnikkein.

Levyn reunoilla hakasten minimi kiinnikeväli on 70 mm ja maksimi kiinnikeväli on 150 mm. Levyn keskellä maksimi kiinnitysväli on pienempi arvoista: 300 mm tai 2 x kiinnikeväli reunoilla.

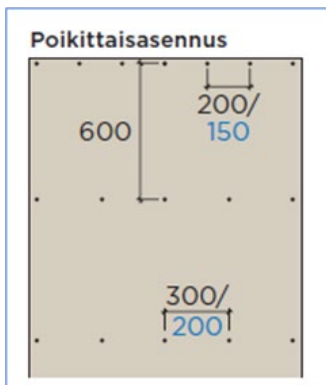
Ruuvien kiinnitysväli reunoilla max. 200 mm ja keskellä max. 300 mm kuvan 1 mukaisesti.



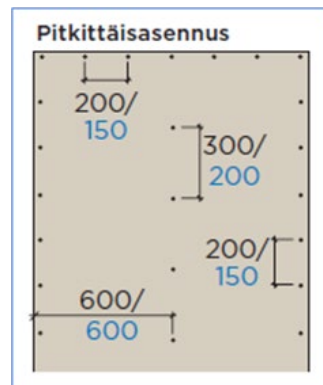
Kuva 1

## K<sub>2</sub> 10-SUOJAVERHOUS TUULENSUOJAKIPSILEVYLLÄ

K<sub>2</sub> 10 suojaverhoukseen soveltuvat kaikki Gyprocin tuulensuojalevyt, joiden paksuus on vähintään 9 mm. Tuulensuojalevyt kiinnitetään taulukossa mainituin kiinnikkein, ruuvien ja naulojen kiinnikeväli kuvien 2 ja 3 mukaisesti.



Kuva 2



Kuva 3

Ruuvien ja naulojen etäisyydet kuvien mukaisesti. Siniset numerot ovat naulojen etäisyyksiä.

Hakasten kiinnikeväli levyn reunoilla on minimissään 70 mm ja maksimissaan 150 mm. Levyn keskellä maksimi kiinnitysväli on pienempi arvoista: 300 mm tai 2 x kiinnikeväli reunoilla.

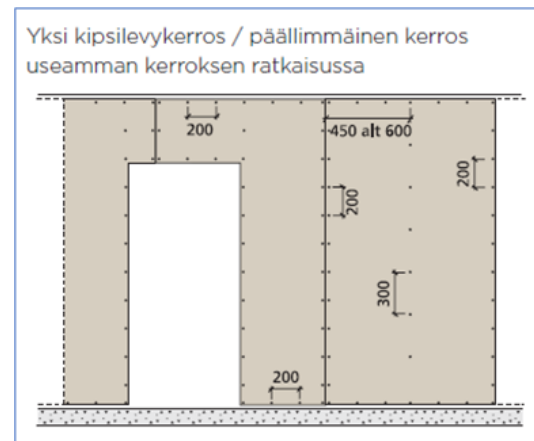
## K<sub>2</sub> 30-SUOJAJERHOUS KAHDELLA KIPSILEVYLLÄ

K<sub>2</sub> 30 suojajerhoukseen soveltuvat kaikki Gyproc- ja Glasroc -kipsilevyt, joiden paksuus on vähintään 12,5 mm. Levykerrokset voivat olla samaa tai eri levytyyppiä. Kipsilevyt kiinnitetään taulukossa mainituin kiinnikkein.

Sekä hakas- että ruuvikiinnikkeillä sisempi levykerros kiinnitetään keskellä ja reunoilla max. 600 mm välein ja päällimmäinen kipsilevy reunoilla max. 200 mm ja keskellä max. 300 mm välein kuvan 4 mukaisesti.



Kuva 4



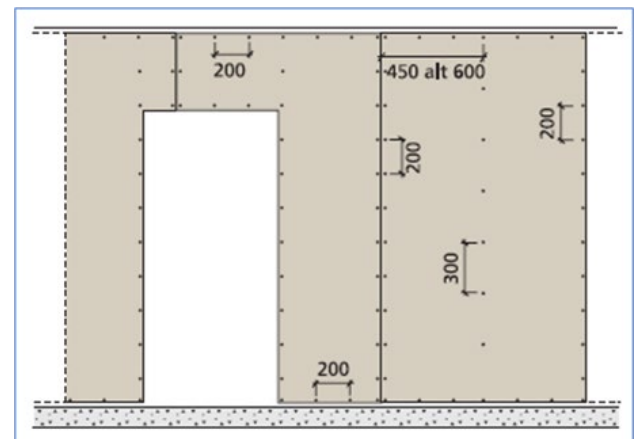
Kuva 5

## K<sub>2</sub> 30-SUOJAJERHOUS GFL18-KIPSILEVYLLÄ

Kipsilevyt kiinnitetään taulukossa mainituin kiinnikkein.

Hakasten kiinnikeväli levyn reunoilla on 70 mm ja keskellä 140 mm.

Ruuvien kiinnitysväli reunoilla max. 200 mm ja keskellä max. 300 mm kuvan 6 mukaisesti.



Kuva 6

## KIINNITYSOHJE SUOJAVERHOUKSELLE K<sub>2</sub> 10 JA K<sub>2</sub> 30 VÄLI- JA YLÄPOHJARAKENTEISSA

Yksinkertaisella levytyksellä toteutettavaan K<sub>2</sub> 10 -suojaverhoukseen soveltuvat kaikki Gyprocin vähintään 9 mm paksuiset kipsilevyt.

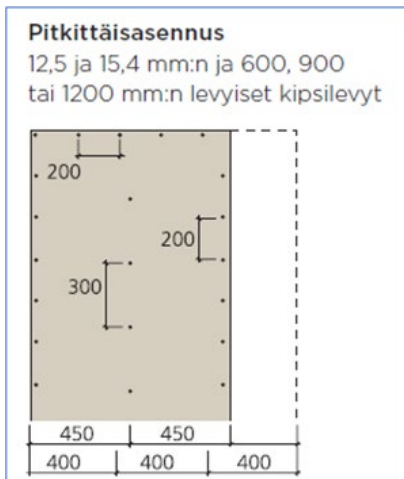
Kaksinkertaisella levytyksellä toteutettavaan K<sub>2</sub> 30 -suojaverhoukseen soveltuvat kaikki paksuudeltaan vähintään 12.5 mm olevat Gyprocin kipsilevyt. Levykerrokset voidaan toteuttaa joko samalla tai kahdella eri levytyypillä.

	Yksinkertainen kipsilevytys	Ruuvi teräsrankaan	Ruuvi puurankaan
K <sub>2</sub> 10	GTS 9	QU 32	QU 32
	GN 13, GNE 13 Gyproc 4PRO GHOE 13	Tiuha 25 HiLo 32	HiLo 32
	GEK 13 GR 13 GRI 13 GRIX 13	EK Tiuha 25 EK HiLo 32	EK HiLo 32
	Habito	Grabber GHX 26	Grabber GHX 38
	GFL 15	HiLo 32	HiLo 40
	Kaksinkertainen kipsilevytys	Ruuvi teräsrankaan	Ruuvi puurankaan
K <sub>2</sub> 30	GN 13, GNE 13 Gyproc 4PRO GHOE 13	HiLo 40	HiLo 40
	GEK 13 GR 13 GRI 13 GRIX 13	EK HiLo 40	Grabber GHX 51
	Habito	Grabber GHX 38	Grabber GHX 51
	GFL 15	HiLo 53/65	Grabber GHX 65
	1 x GFL 18	HiLo 32	HiLo 40 Hakanen <sup>1)</sup>

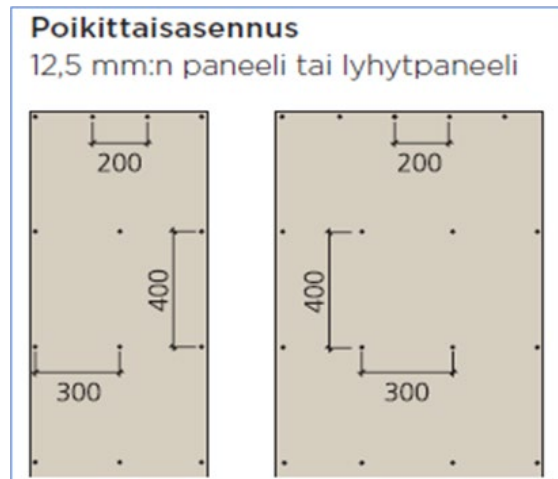
Taulukko 2: Kiinniketyypit kattopinnan suojaverhouksen kiinnitykseen

1) GFL 18 kiinnittämiseen on mahdollista käyttää myös hakasia, BeA 155/38 VZHZ tai Verpa Senco B.V. N21BXBB. Hakasten kiinnikeväli levyn reunoilla on 70 mm ja keskellä 140 mm.

## RUUVIVÄLIT KATTOLEVYTYKSESSÄ (VÄLI/YLÄPOHJA)



Kuva 7



Kuva 8

## KIINNITYSOHJE ISOVER OL-33 -SUOJAVERHOUKSELLE K<sub>2</sub> 10

**Vaihtoehto 1. Kiinnikeyhdistelmä ruuvi ja aluslevy (yleiskiinnitys).**

Suojaverhous koostuu seuraavista tuotteista:

Eristesuojaverhous OL-33 kiinnitetään suojattavaan alustaansa ruuvikiinnikkeellä (Kiinnike 1) ja metallisella aluslevyllä (Kiinnike 2). Eristelevyt tulee asentaa tiiviisti toisiaan vasten. Ruuvi kiristetään siten, että aluslevy painautuu hieman tuulensuojaan Facade -pinnoitetta rikkomatta, ks. kuva 11.

Kiinnikkeitä min. **4 kpl/m<sup>2</sup>**.



Kuva 9. Isover OL-33 Facade peruskiinnitys K<sub>2</sub> 10 suojaverhouksena.

<b>Suojaverhous</b>	OL-33	t <sub>min</sub> = 120 mm	Facade-pinnoite tai pinnoittamaton
<b>Kiinnike 1</b>	Ruuvi	t = 6 mm	Ruuvien tyyppi ja pituus kiinnitysalustan mukaan
<b>Kiinnike 2</b>	Metallinen aluslevy	d = 50 mm	

Taulukko 3. Suojaverhouksen kiinnitystapa.

## Vaihtoehto 2. Kiinnikeyhdistelmä muurausside ja lukituslevy (tiilimuuratut ulkoseinärakenteet).

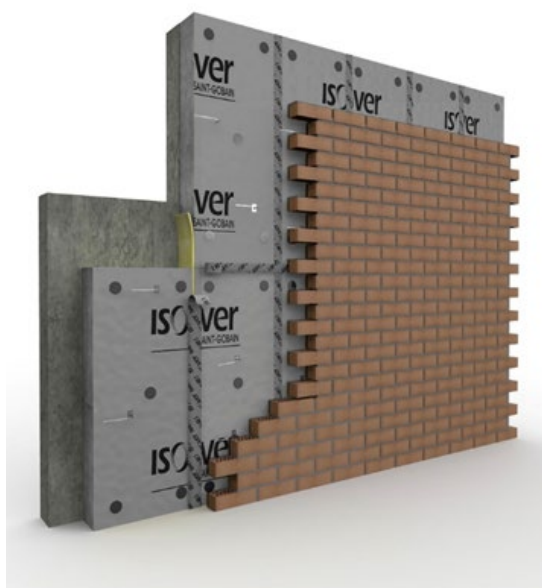
Suojaverhous koostuu seuraavista tuotteista:

ISOVER OL-33 Facade kiinnitetään rakennuksen runkoon tiilisiteillä (Kiinnike 1) ja lukituslevyllä (Kiinnike 2). Eristelevyt tulee asentaa tiiviisti toisiaan vasten. Lukituslevy kiristetään siten, että aluslevy painautuu hieman tuulensuojaan Facade -pinnoitetta rikkomatta, ks. kuva 11..

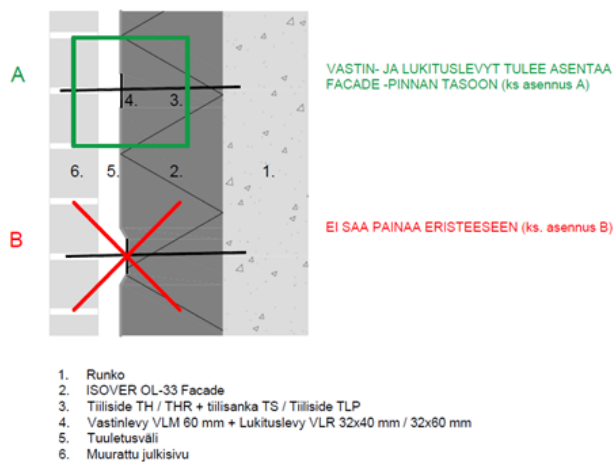
Kiinnikkeitä min. **4 kpl/m<sup>2</sup>**.

Suojaverhous	OL-33	$t_{\min} = 120 \text{ mm}$	Facade-pinnoite tai pinnoittamaton
Kiinnike 1	Tiiliside TH/THR	$t = 4/5 \text{ mm}$	Pituus eristepaksuuden mukaan
Kiinnike 2	Lukituslevy	VLR32x60 mm	

Taulukko 4. Suojaverhouksen kiinnitystapa tiilimuuratun ulkoverhouksen taustalla.



Kuva 10. Isover OL-33 Facade kiinnitys K<sub>2</sub> 10 suoja-verhouksena, kun julkisivu on muurattu.



Kuva 11. Isover OL-33 Facaden kiinnikkeiden oikeaoppinen asennustapa



### Vaihtoehto 3. Kiinnitys Termofix -välikkeillä yhdessä julkisivun pystykoolauksen kanssa

Suojaverhous koostuu seuraavista tuotteista:

Eristesuojaverhous Isover OL-33 Facade kiinnitetään suojattavaan alustaansa kiinnikeyhdistelmällä Termofix (Kiinnike 1) +pystykoolaus vaakaruuvauksella (Kiinnike 2) ja vinoruuvauksella (Kiinnike 3), ks. taulukko 5. Liitteessä B on esitetty erilaisten kiinnikejakojen maksimikuormituskestävyydet.



Kuva 12. Isover OL-33 Facade suojaverhouksena tuulettuvan puuverhouksen taustalla, kiinnitys massiivipuulevyyn.

Ratkaisun käyttö edellyttää rakennuspaikka-kohtaista hyväksyntää hankkeen eri osapuolten välillä.

Suojaverhous	OL-33	$t_{\min} = 120 \text{ mm}$	Facade-pinnoite tai pinnoittamaton
Kiinnike 1	Termofix	Pystyjako max. k900	Vaakajako (max.600 mm) pystykoolauksen mukaisesti. Pituus eristepaksuuden mukaisesti.
Kiinnike 2	Vaakaruuvi	$t = 6 \text{ mm}$	Ruuvien tyyppi ja pituus kiinnitysalustan mukaan
Kiinnike 3	Vinoruuvi	$t = 6 \text{ mm}$	Ruuvien tyyppi ja pituus kiinnitysalustan mukaan, ruuvauskulma min. 30°
Pystykoolaus	min. 100x32	Vaakajako max. k600	Pystykoolauksen jako julkisivusuunnitelmien ja liitteen B mukaan

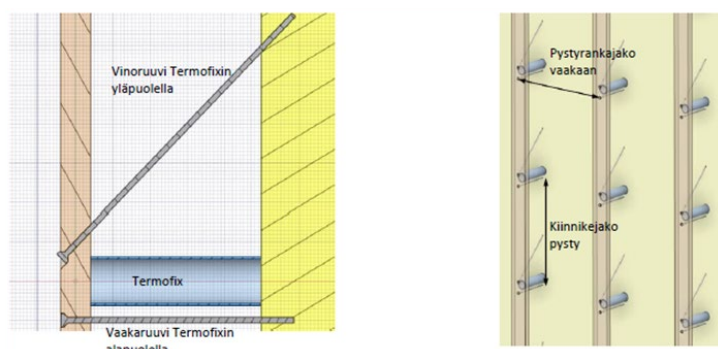
Taulukko 5. Suojaverhouksen kiinnitystapa tuulettuvan julkisivun pystykoolauksen avulla.

ISOVER OL 33 Facade -eristelevyt asennetaan pusksaumaliitoksin ja levysaumat tiivistetään ISOVER Facade-teipillä.

Termofix-välike kierretään eristelevyyn Torx-ruuvaustyökälulla. Välikkeiden pystyjako max. 900 mm. Kiinnikkeitä vähintään 4 kpl/m<sup>2</sup>.

Pystyruukoolaus asennetaan Termofix-kiinnikkeen päälle siten, että Termofix-kiinnike on keskeisesti pystyruukoolauksen alla. Pystyruukoolaukset kiinnitetään massiivipuurunkoon Termofixin alapuolelta vaakaruuvilla ja yläpuolelta vinoruuvilla. Kiinnityspisteiden pystyjako on k300-k900 kuitenkin niin, että yksittäinen pystyruukoolauslauta kiinnitetään vähintään neljästä kiinnityspisteestä.

Pystyruukoolauksen vaakajako on oltava tiheämpi kuin k600, tulee ruukoolauksen olla teollisesti palosuojakäsittelyjä AVCP 1-järjestelmän mukaisesti ja palosuojakäsittelyn pitkäaikaiskestävyys tulee olla osoitettu testeillä.



Kuva 13. Pystykoolauksen välikkeet ja ruuvikiinnitykset.

# P1- JA P2 -PALOLUOKAN RAKENNUSTEN YLÄPOHJIEN PALOSUOJAUS

ISOVER -TUOTTEILLA, KUN PALORASITUS ON YLHÄÄLTÄ  
(TUULETUSTILAN / KÄYTTÄMÄTTÖMÄN TUULETTUVAN  
ULLAKON PUOLELTA)

## ULTIMATE -RATKAISUT, KS. GYPROC-ISOVER -PALOSERTIFIKAATIN TAULUKKO 21. YP5 JA YP6

Isover U Frame Protect 36 mineraalivilla kuuluu **ULTIMATE** -tuoteperheeseen. Isover U Frame Protect 36 tiheys on 18 kg/m<sup>3</sup>.

### REI30, rakennekerrokset sisältäpäin (YP5)

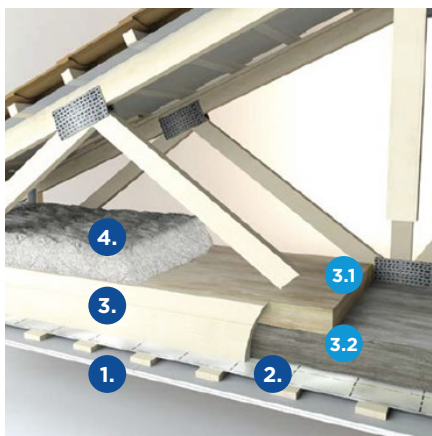
1. Kipsilevytys ja harvalauta:
  - 1.1. 1 x Gyproc GFL 15, harvalauta  $\geq$  22x45 k400, tai vaihtoehtoisesti
  - 1.2. 2 x Gyproc GN 13, harvalauta  $\geq$  22x45 k300
2. Höyrinsulkukalvo
3. Kattokannattajat rakennesuunnitelmien mukaan. Palotilanteessa kantavan palkin palosuojaus sivuilta:
  - 3.1. Ylin kerros palkkien välissä: Isover U Frame Protect 36  $\geq$  100 mm.
  - 3.2. Alempi kerros palkkien välissä: ISOVER Standard<sup>1)</sup>  $\geq$  200 mm
4. Tarvittaessa lisälämmöneristys Isover U Frame Protect 36 -eristyksen päälle Isover A1 tai A2-s1, d0 -luokan lämmöneristeellä.

<sup>1)</sup> tai Isover Premium, Extreme tai U Frame Protect 36.

### REI60, rakennekerrokset sisältäpäin (YP6)

1. Kipsilevytys 2 x GFL 15 ja harvalauta  $\geq$  22x45 k400
2. Höyrinsulkukalvo
3. Kattokannattajat rakennesuunnitelmien mukaan. Palotilanteessa kantavan palkin palosuojaus sivuilta:
  - 3.1. Ylin kerros palkkien välissä: Isover U Frame Protect 36  $\geq$  175 mm.
  - 3.2. Alempi kerros palkkien välissä: Isover Standard  $\geq$  125 mm
4. Tarvittaessa lisälämmöneristys Isover U Frame Protect 36 -eristyksen päälle Isover A1 tai A2-s1, d0 -luokan lämmöneristeellä.

Eristekerrosten 3.1. ja 3.2. kokonaispaksuuden tulee olla yhtä kuin palkin palosuojattava korkeus, kuitenkin vähintään 300 mm.



Palotilanteessa kantavan palkin mitoitus liitteen A (Palotekninen lausunto - Puurakenteiden palomitoitus käyttäen ULTIMATE -eristetuotteita) mukaisesti.

Ratkaisun käyttö edellyttää rakennuspaikkakohtaista hyväksyntää hankkeen eri osapuolten välillä.

# SUUNNITTELUOHJE ISOVER LASIVILLAN KÄYTÖSTÄ P2 PALO-LUOKAN PUURAKENTEISESSA YLÄPOHJASSA YLÄPUOLISEN PALON TAPAUKSESSA

Tämä suunnitteluohje käsittää puurakenteisen yläpohjarakenteen jäännöspoikkileikkauksen laskentamenetelmää yläpuolisen palon tapauksessa tilanteessa, missä puurunko-osien sivut suojataan Isover Standard 36 lasivilla eristeellä.

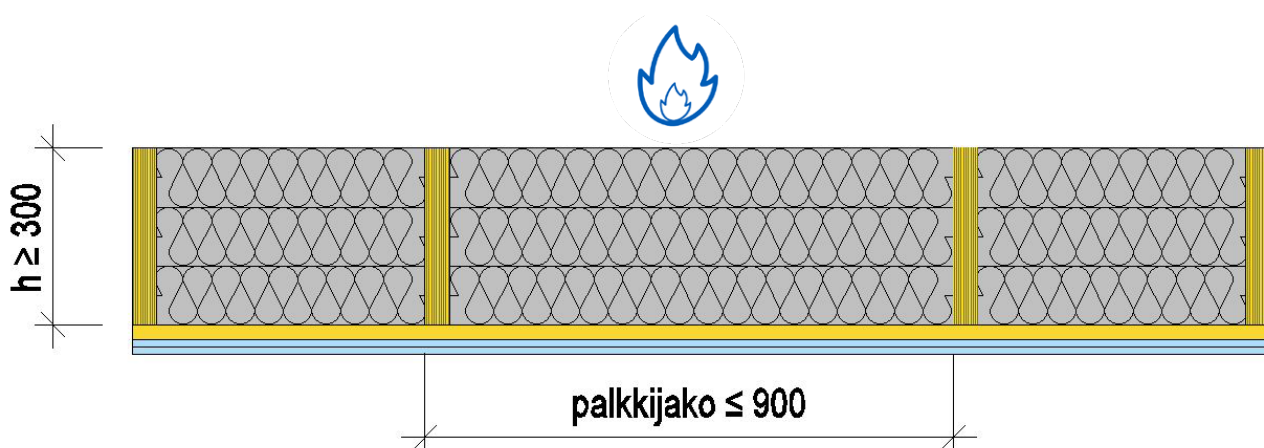
Mitoitusmenettely perustuu Eurofins Expert Services Oy:n analyysiraporttiin Report no EUFI29-23000413-T1.

Ei-kantavan kattorakenteen palonkestävyys on testattu ylhäältä tulevaa paloa vastaan Eurofins Expert Oy:n palolaboratoriossa. Rakenteen arvioimiseksi kantavana rakenteena 30 minuutin palonkestoajalle on analysoitu kantavien palkkien hiiltymisen testissä sekä 2. sukupolven Eurocode 5, prEN1995-1-2:20YY luonnosversiossa esitetyn yksinkertaistetun suunnittelumenetelmän soveltuvuus puiselle rankarunkorakenteelle, kun palkkien välissä on suojaustason PL2 eriste. (Eurofins Expert Services Oy:n analyysiraportti, EUFI29-23000413-T1)

Mitoitettavan palkin dimension on oltava vähintään 42x300 Kerto-S ja palkkijaon enintään 900 mm. Palkiston väleihin asennettavan ja palkistoa palossa suojaavan eristeen tulee olla Isover Standard 36 -luokan eriste tai tiheämpi ja eristyksen tulee täyttää palkkivälit tiiviisti koko palomitoitettavan palkin korkeudelta ( $\geq M300$ ). Palkisto tulee kiepahdustukea palotilanteessa ja palkiston alapuolella tulee olla osastoivuuden vaatima levytys ja koolaus, ks. palosertifikaatin (EUFI29-23000948-C) taulukko 21. Mitoitusmenetelmää voidaan käyttää palkiston jäännöspoikkileikkauksen määrittämiseen enintään 30 minuutin palonkestoajan (REI30) tapauksissa.

## Huom!

Suunnitteluohjeen käyttö/hyödyntäminen yläpohjarakenteen palomitoituksessa edellyttää rakennuspaikkakohtaista hyväksyntää hankkeen eri osapuolten välillä.



## MITOITUKSESSA LASKETAAN TEHOLLINEN JÄÄNNÖSPOIKKILEIKKAUS, JOKA SAADAAN VÄHENTÄMÄLLÄ PALOLLE ALTTIINA OLEVIEN SIVUJEN TEHOLLINEN HIILTYMÄ ALKUPERÄISESTÄ POIKKILEIKKAUKSESTA.

“The draft of the 2nd generation eurocode 5 has in chapter 7 Simplified design methods under the clause 7.2.4 *Design of timber frame assemblies* the instructions for the calculation of effective cross section at the required fire resistance time  $t_{req}$  including constructions which have a protection level PL2 insulation (glass wool) in fully insulated cavities. Below are the relevant parts of the clause for the tested structure to calculate effective cross sections of the beams although there is no panel at the fire exposed side and fire exposure is from above”.

(prEN1995-1-2:20YY [2])

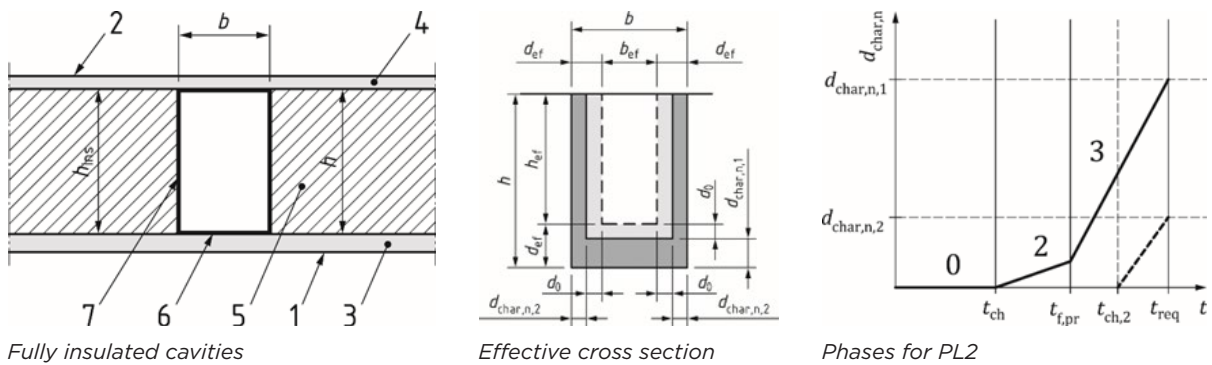


Figure 5: Design model for timber frame assemblies. Note: The tested structure has only the Phase 3 starting at  $t = 0$

Puuosan tehollisen poikkileikkauksen korkeus  $h_{ef}$  ja leveys  $b_{ef}$  lasketaan seuraavasti:

$$h_{ef} = h - k_{side} \times d_{ef} \quad \text{with } d_{ef} = d_{char,n,1} + d_o \quad (7.22), (7.23)$$

$$b_{ef} = b - 2 \times d_{ef} \quad \text{with } d_{ef} = d_{char,n,2} + d_o \quad (7.24), (7.25)$$

### Missä

- $h_{ef}$  poikkileikkauksen korkeussuuntainen tehollinen jäännöspoikkileikkaus [h];
- $h$  poikkileikkauksen alkuperäinen korkeus [h];
- $b_{ef}$  poikkileikkauksen leveysuuntainen tehollinen jäännöspoikkileikkaus [b];
- $b$  poikkileikkauksen alkuperäinen leveys [b];
- $k_{side}$  on palolle alttiina olevien vastakkaisten sivujen lukumäärä;
- $d_{ef}$  tehollinen hiiltymissyvyys;
- $d_{char,n,1}$  on puurunko-osan palolle alttiina olevan sivun nimellinen hiiltymissyvyys;
- $d_{char,n,2}$  on puurunko-osan sivuttaispuolen nimellinen hiiltymissyvyys;
- $d_o$  on lujuuden ja jäykkyyden menettäneen kerroksen paksuus.

Hiiltymisen nimellissyvyys  $d_{char,n,1}$  palolle alttiina olevalle puolelle ja  $d_{char,n,2}$  puutavaran sivupuolelle lasketaan seuraavasti:

$$d_{char,n,1} = \sum_{Phases} (\beta_{n,1} \times t) \quad (7.26)$$

$$d_{char,n,2} = \sum_{Phases} (\beta_{n,2} \times t) \quad (7.27)$$

#### Missä

$d_{char,n,1}$  on puurunko-osalle palolle alttiina olevan puolen nimellinen hiiltymissyvyys [mm]; <sup>1)</sup>

$d_{char,n,2}$  on puurunko-osan sivun nimellinen hiiltymissyvyys [mm]; <sup>2)</sup>

$\beta_{n,1}$  on oletettu hiiltymisnopeus yhden hiiltymisvaiheen aikana, [mm/min]; (palon puoli)

$\beta_{n,2}$  on oletettu hiiltymisnopeus yhden hiiltymisvaiheen aikana, [mm/min]; (puurunko-osan sivu)

$t$  on hiiltymisvaiheen aika, [min].

<sup>1)</sup> **Huom!** Suojaamaton yläpinta altistuu palolle heti, eli hiiltymisvaiheen aika ( $t$ ) = palonkesto aika.

<sup>2)</sup> **Huom!** Kun onteloiden eriste on luokkaa PL2, hiiltymisen alkamisaika puurunko-osan sivuttaispuolella on  $t_{ch,2}$  (7.39). Eli hiiltymisvaiheen aika ( $t$ ) = palonkesto aika -  $t_{ch,2}$ .

Puurunko-osien nimelliset hiiltymänopeudet tulee laskea seuraavasti:

$$\beta_{n,1} = k_{3,1} \times k_{s,n,1} \times \beta_0 \quad (7.29)$$

$$\beta_{n,2} = k_{3,2} \times k_{s,n,2} \times \beta_0 \quad (7.30)$$

#### Missä

$\beta_{n,1}$  ja  $\beta_{n,2}$  on oletettu hiiltymisnopeus yhden hiiltymisvaiheen aikana, [mm/min];

$k_{s,n,1}$  on poikkileikkauksen palolle alttiina olevan puolen muuntokerroin

$k_{s,n,2}$  on poikkileikkauksen sivuttaispuolen muuntokerroin

$k_{3,1}$  on palosuojauksen jälkisuojauskerroin, kolmosvaiheelle, palolle alttiina olevalle puolelle

$k_{3,2}$  on palosuojauksen jälkisuojauskerroin, kolmosvaiheelle, sivusuunnassa

$\beta_0$  on perusrakenteen hiiltymisnopeus, [mm/min].

Poikkileikkauksen palopuolen muuntokerroin  $k_{s,n,1}$  ja sivupuolen muuntokerroin  $k_{s,n,2}$  lasketaan seuraavasti:

$$k_{s,n,1} = \begin{cases} \left(\frac{b}{65}\right)^2 - \frac{b}{21} + 3,62 & \text{jos } b \leq 90 \text{ mm} \\ 1,25 & \text{jos } b > 90 \text{ mm} \end{cases} \quad (7.32)$$

$$k_{s,n,2} = \begin{cases} \left(\frac{h}{65}\right)^2 - \frac{h}{21} + 3,62 & \text{jos } h \leq 90 \text{ mm} \\ 1,25 & \text{jos } h > 90 \text{ mm} \end{cases} \quad (7.33)$$

#### Missä

$b$  on puurunko-osan alkuperäinen poikkileikkauksen leveysuunnassa [mm];

$h$  on puurunko-osan alkuperäinen poikkileikkauksen korkeusuunnassa [mm];

Mineraalivillan PL2 onteloeristyksen jälkisuojauskerroin on:

$$k_{3,1} = 1 + \frac{t_{f,pr}}{58} \text{ tulipalolle alttiina olevalle puolelle} \quad (7.37)$$

$$k_{3,2} = 1 \leq \frac{t_{ch,2}}{20} \leq 2 \text{ sivusuunnassa} \quad (7.38)$$

**Missä**

$t_{f,pr}$  on palonsuojauksen murtumishetki [min], rakenteen yläpuolisessa palossa ilman yläpuolista suojausta  $t_{f,pr} = 0$ .

$t_{ch,2}$  on sivuttaispuolen hiiltymisen alkamisaika [min].

Kun onteloiden eriste on luokkaa PL2, hiiltymisen alkamisaika puurunko-osan sivuttaispuolella  $t_{ch,2}$  lasketaan seuraavasti:

$$t_{ch,2} = t_{f,pr} + \frac{2}{3} \times \frac{h}{v_{rec}} \quad (7.39)$$

**Missä**

$h$  on puurunko-osan alkuperäinen poikkileikkauksen korkeussuunnassa [mm];

$t_{ch,2}$  on sivuttaispuolen hiiltymisen alkamisaika [min];  $t_{ch,2} \leq$  palonkesto aika

$t_{f,pr}$  on palonsuojauksen murtumishetki [min];

$v_{rec}$  on onteloeristeen kuroutumisnopeus, [mm/min].

Ontelon eristyksen PL2 kuroutumisnopeuden  $v_{rec}$  oletusarvo on 30mm/min eristeelle, joka on valmistettu 14 kg/m<sup>3</sup> tiheästä mineraalivillasta. Muita mineraalivillakohtaisia arvoja voidaan määrittää testaamalla prEN1995-1-2:20YY, liitteen D mukaisesti.

Jos on kyse taivutusrasitetuista rankarunkorakenteista, joiden onteloeristys on hyväksytty PL2 - luokkaan paloaltis puoli on puristuksessa, on lujuuden ja jäykkyyden menettäneen kerroksen paksuus  $d_o$  [mm] huomioitava kolmelta sivulta seuraavasti:

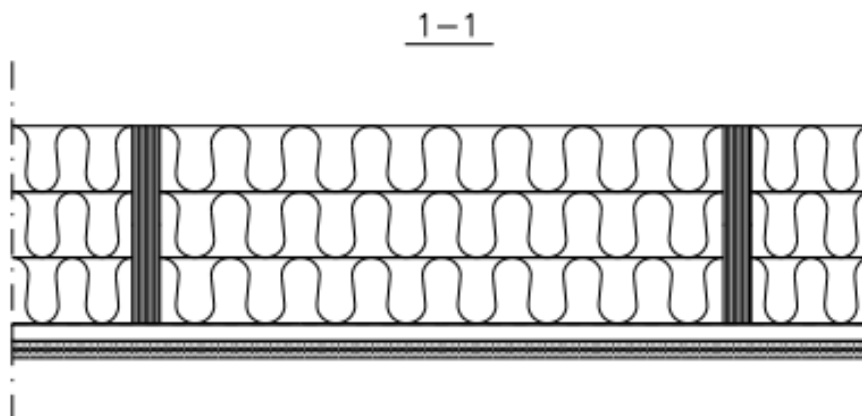
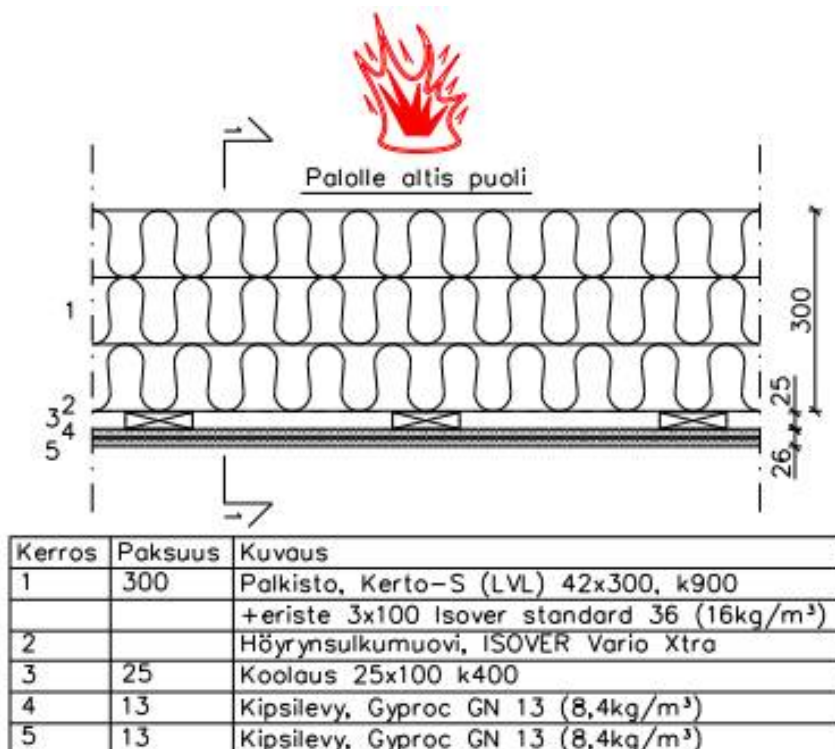
$$d_o = 3 + \frac{b}{33} + \frac{h}{100} \quad (7.49)$$

Isover Standard 36 PL2-mineraalivilla eristeen kuroutumisnopeus rakenteen yläpuolisessa palossa  $v_{rec} = 10$ mm/min, Eurofins Expert Servisec Oy:n analyysiraportti, EUFI29-23000413-T1

## TEHOLLINEN POIKKILEIKKAUKSEN LASKENTA YKSINKERTAISTETULLA SUUNNITTELUMENETELMÄLLÄ, KUN PUISEN RANKARUNKORAKENTEEN ONTELOT ON TÄYSIN ERISTETTY PL2-LUOKAN ERISTEELLÄ.

Kun Isover Standard 36 eristeelle käytetään prEN1995-1-2:20YY: luvun 7.2.4 menetelmän mukaisessa laskennassa kuroutumisnopeutta  $v_{rec} = 10 \text{ mm/min}$ , lasketaan testatun rakenteen alun perin 42x300 mm palkkien tehollinen poikkileikkaus vaaditulla 30 minuutin palonkestävyyssajalla seuraavasti:

Rakenne:



## Esimerkkilaskelma 1 (lumikuormalla $S_k \geq 2.75 \text{ kN/m}^2$ )

Lähtötiedot:

$R(EI) = [t] = 30 \text{ min}$  (paloluokka/aika)

### Kerto LVL S-beam

$b = 42 \text{ mm}$  (palkin leveys)  
 $h = 300 \text{ mm}$  (palkin korkeus)  
 $L = 8 \text{ m}$  (jännevälin pituus)  
 $k/k_0,9 \text{ m}$  (palkkijako)  
 $f_{m,k} = 44 \text{ N/mm}^2$  (taivutuslujuus)  
 $E_{0,05} = 11600 \text{ N/mm}^2$  (kimmomoduulin ominaisarvo, RIL 205-1-2009, s.50)  
 $E_{\text{mean}} = 13800 \text{ N/mm}^2$  (kimmomoduuli)  
 $Y_{M,fi} = 1$  (materiaalien osavarmuusluku palotilanteessa)  
 $k_{\text{mod},fi} = 1$  (aika- ja kosteusluokan muunnoskerroin, tilannekohtainen)  
 $k_{fi} = 1,1$  (kerroin lujuusominaisuuden 20% fraktiilin määrittämiseen, RIL 205-2-2009, s.17)

### Kuormat

$\Psi_{1,1} = 0,5$  (Kuormien yhdistelykerroin, RIL 201-1-2017 s.38)  
 $p_{g,k} = 0,286 \text{ kN/m}$  (pysyvä kuorma, omapaino)  
 $p_{q,k} = 2,0 \text{ kN/m}$  (muuttuva kuorma)  
 $p_{fi} = p_{g,k} + \Psi_{1,1} * p_{q,k} = 1,286 \text{ kN/m}$  (mitoitettava kuorma)

Tehollisen hiiltemissävyvyyden mitoitussarvo (ullakkopalo):

$$d_0 = 3 + \frac{b}{33} + \frac{h}{100} \quad (7.49)$$

$d_0 = 3 + 42 / 33 + 33 / 100 = 7,27 \text{ mm}$  (pyrolyysivyöhykkeen paksuus)  
 $v_{\text{rec}} = 10 \text{ mm/min}$  (palotestin analyysin mukainen arvo)  
 $t_{f,pr} = 0 \text{ min}$  (yläpuolista suojausta ei ole = 0min)

$$t_{\text{ch},2} = t_{f,pr} + \frac{2}{3} \times \frac{h}{v_{\text{rec}}} \quad (7.39)$$

$t_{\text{ch},2} = 0 + 2 / 3 * 300 / 10 = 20 \text{ min}$



$$k_{3,1} = 1$$

$$k_{3,2} = 1 \leq t_{ch} / 20 \leq 2 \Rightarrow 1$$

$$k_{s,n,1} = \begin{matrix} 2,04 & b < 90\text{mm} \\ 1,25 & b > 90\text{mm} \end{matrix} \quad 2,04$$

$$k_{s,n,2} = \begin{matrix} 10,64 & h < 90\text{mm} \\ 1,25 & h > 90\text{mm} \end{matrix} \quad 1,25$$

$$\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min} \quad (\text{nimellinen hiiltymisnopeus, RIL 205-2-2019 s.24})$$

$$\beta_{n,1} = k_{3,1} \times k_{s,n,1} \times \beta_0 \quad \text{tulipalolle alttiina olevalle puolelle} \quad (7.29)$$

$$\beta_{n,1} = 1 \times 2,04 \times 0,65 = 1,324 \text{ mm/min}$$

$$\beta_{n,2} = k_{3,2} \times k_{s,n,2} \times \beta_0 \quad \text{sivusuunnassa} \quad (7.30)$$

$$\beta_{n,2} = 1 \times 1,25 \times 0,65 = 0,813 \text{ mm/min}$$

$$d_{char,n,1} = \sum_{Phases} (\beta_{n,1} \times t) \quad (7.26)$$

$$d_{char,n,1,h} = 1 \times (1,324 \times 30) = 39,72 \text{ mm}$$

$$d_{char,n,2} = \sum_{Phases} (\beta_{n,2} \times t) \quad (7.27)$$

$$d_{char,n,2,b} = 1 \times (0,813 \times (30-20)) = 8,13 \text{ mm}$$

$$d_{ef,h} = d_{char,n,1} + d_0 \quad (7.22)(7.23)$$

$$d_{ef,h} = 39,72 + 7,27 = 47,00 \text{ mm}$$

(tehollisen hiiltymisen mitoitusarvo)

$$d_{ef,b} = d_{char,n,2} + d_0 \quad (7.24)(7.25)$$

$$d_{ef,b} = 8,13 + 7,27 = 15,40 \text{ mm}$$

(tehollisen hiiltymisen mitoitusarvo)

Poikkileikkauksen jäännöspoikkileikkaus:

$$h_{ef} = h - k_{side} \times d_{ef,h}$$

$$h_{ef} = 300 - 1 \times 47 = 253,00 \text{ mm}$$

(tehollisen jäännöspoikkileikkauksen korkeus)

$$b_{ef} = b - 2 \times d_{ef,b}$$

$$b_{ef} = 42 - 2 \times 15,4 = 11,20 \text{ mm}$$

(tehollisen jäännöspoikkileikkauksen leveys)

Seuraavassa taulukossa on lueteltu erilaisten Kerto LVL S-beam (LVL) poikkileikkaukset sekä jäännöspoikkileikkaukset, laskettu samoilla lähtötiedoilla:

Taulukko 1:

Alkuperäinen poikkileikkaus bxh [mm]	Jäännös-pokkileikkaus bxh [mm]
42x300	11,2x253
42x350	13,8x302,5
42x400	18,2x352
42x450	24,5x401,5
42x500	23,5x451
51x300	19,7x257,2
51x350	22,3x306,7
51x400	26,7x356,2
51x450	32,9x405,7
51x500	31,9x455,2
57x300	25,3x259,6
57x350	27,9x309,1
57x400	32,3x358,6
57x450	38,5x408,1
57x500	37,5x457,6

Lasketun jäännöspoikkileikkauksen perusteella, voidaan suorittaa palkin tarvittavat laskennalliset kestävyystarkastelut, kuten:

- Taivutuskestävyys
- Kiepahduskestävyys
- Tukipintojen riittävyys vaaditun palonkestävyyssajan jälkeen (Eurocode 5, prEN1995-1-2)
- Leikkauskestävyys (tarvittaessa)
- Taipuma (tarvittaessa)

#### Palkin kestävyystarkastelu:

Kun syrjällä taivutetun LVL-palkin korkeus on muu kuin 300 mm, taivutuslujuuden ominaisarvoa  $f_{m,k}$  muunnetaan kertoimella  $k_h$ :

$$k_h = \left( \frac{300}{h} \right)^s \leq 1,2$$

missä

$h$  = palkin korkeus (mm)

$s$  = kokovaikutusekspONENTTI

$$k_h = \left( \frac{300}{h_{fi}} \right)^{0,12}$$

$$K_h = (300 / 253)^{0,12} = 1,02 \leq 1,2$$

$$K_h = 1,02$$

$$f_{m,20} = k_g \times k_h \times f_{m,k}$$

$$f_{m,20} = 1,1 \times 1,02 \times 44 = 49,4 \text{ N/mm}^2$$

(taivutuslujuuden mitoitusarvo)

$$f_{m,d,fi} = \frac{k_{mod,fi}}{y_{M,fi}} \times f_{m,20}$$

$$f_{m,d,fi} = 1/1 \times 49,4 = 49,4 \text{ N/mm}^2$$

(taivutuslujuuden mitoittava arvo palotilanteessa)

### Taivutuskestävyys:

$$M_{fi,max} = \frac{p_{fi} \times L^2}{8}$$

$M_{fi,max} = 1,269 \times 8^2 / 8 = 10,29 \text{ kNm}$   
(staattinen momentti)

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{6 \times M_{fi}}{b_{fi} \times h_{fi}^2}$$

$\sigma_{m,y,d,fi} = 6 \times 10,29 \times 10^6 / 11,2 \times 253^2 = 86,1 \text{ N/mm}^2$   
(taivutusjännitys)

$$\sigma_{m,y,d,fi} \leq f_{m,d,fi}$$

$\sigma_{m,y,d,fi} = 86,1 \text{ N/mm}^2 \leq f_{m,d,fi} = 49,4 \text{ N/mm}^2$  (käyttöaste 174%, EI kestä)

### Kiepahduskestävyys:

Alapaarrepalkki tuetaan palkkien väliin asennetuilla kiepahdustuilla, kiepahdustukien oletetaan hiiltyvän samalla tavalla, kuin muut palkit.

Tukien k-jako on  $a = 1000 \text{ mm}$

$$l_{ef,fi} = a + 2 \times h_{fi}$$

$l_{ef,fi} = 1000 + 2 \times 253 = 1506 \text{ mm}$  (tehollinen kiepahduspituus)

$c = 0,58$  (RIL 205-1 kirjasta, kriittinen taivutusjännitys, tuotekohtainen kerroin)

$$\sigma_{m,crit,fi} = \frac{c \times b_{fi}^2}{h_{fi} \times l_{ef,fi}} \times E_{0,05}$$

$\sigma_{m,crit,fi} = (0,58 \times 11,2^2 / 253 \times 1506) \times 11600 = 2,21 \text{ N/mm}^2$   
(kriittinen taivutusjännitys)

$$\lambda_{rel,m,fi} = \sqrt{\frac{k_h \times f_{m,k}}{\sigma_{m,crit,fi}}}$$

$\lambda_{rel,m,fi} = \sqrt{(1,02 \times 44) / 2,21} = 4,50$   
(suhteellinen hoikkuus)

$$k_{crit,fi} = \frac{1}{\lambda_{rel,m,fi}^2}$$

$k_{crit,fi} = 1 / 4,50^2 = 0,049$   
(kiepahduskerroin)

$$\sigma_{m,y,fi} \leq k_{crit,fi} \times f_{m,d,fi}$$

$\sigma_{m,y,fi} = 86,1 \text{ N/mm}^2 \leq 0,049 \times 49,4 \text{ N/mm}^2 = 2,44 \text{ N/mm}^2$  (käyttöaste 3530%, EI kestä)

Tukipintojen riittävyys vaaditun palonkestävyyssajan jälkeen  
(Eurocode 5, prEN1995-1-2)

Rakenne on suojattu alapuolelta, joten tukipituuteen ei tapahdu muutosta eikä tämä tarkastelu ole tässä tapauksessa olennainen.

Taipuma:

Taipumaa ei yleensä tarkisteta palotilanteessa, poikkeuksellisesti jos taipumasta on vaaraa rakenteiden osastoivuudelle ja palosuojauksille.

$$I_{y,fi} = \frac{b_{fi} \times h_{fi}^3}{12}$$

$I_{y,fi} = (11,2 \times 253^3) / 12 = 15114658,5 \text{ mm}^4$   
(poikkileikkauksen jäyhyysmomentti)

$$\omega_{fi} = \frac{5}{384} \times \frac{p_{fi} \times L^4}{E_{mean} \times I_{y,fi}}$$

$\omega_{fi} = 5 / 384 \times (1,296 \times 8000^4 / 13800 \times 15114658,5) = 328,8 \text{ mm}$   
(palkin taipuma)

Kokeillaan suurempaa palkkikokoa 57x450, suoritetaan samat laskelmat:

Esimerkkilaskelma 2 (lumikuormalla  $S_k \geq 2.75 \text{ kN/m}^2$ )

Lähtötiedot:

$$R(EI) = [t] = 30 \text{ min}$$

(paloluokka/aika)

### Kerto LVL S-beam

$$b = 57 \text{ mm}$$

(palkin leveys)

$$h = 450 \text{ mm}$$

(palkin korkeus)

$$L = 8 \text{ m}$$

(jännevälin pituus)

$$k/k_0,9 \text{ m}$$

(palkkijako)

$$f_{m,k} = 44 \text{ N/mm}^2$$

(taivutuslujuus)

$$E_{0,05} = 11600 \text{ N/mm}^2$$

(kimmomoduulin ominaisarvo, RIL 205-1-2009, s.50)

$$E_{\text{mean}} = 13800 \text{ N/mm}^2$$

(kimmomoduuli)

$$Y_{M,fi} = 1$$

(materiaalien osavarmuusluku palotilanteessa)

$$k_{\text{mod},fi} = 1$$

(aika- ja kosteusluokan muunnoskerroin, tilannekohtainen)

$$k_{fi} = 1,1$$

(kerroin lujuusominaisuuden 20% fraktiilin määrittämiseen, RIL 205-2-2009, s.17)

### Kuormat

$$\Psi_{1,1} = 0,5$$

(Kuormien yhdistelykerroin, RIL 201-1-2017 s.38)

$$p_{g,k} = 0,286 \text{ kN/m}$$

(pysyvä kuorma, omapaino)

$$p_{q,k} = 2,0 \text{ kN/m}$$

(muuttuva kuorma)

$$p_{fi} = p_{g,k} + \Psi_{1,1} * p_{q,k} = 1,286 \text{ kN/m}$$

(mitoitettava kuorma)

Laskelmat:

$$h_{ef} = 408,1 \text{ mm}$$

$$b_{ef} = 38,5 \text{ mm}$$

$$K_h = 0,96$$

$$f_{m,20} = 46,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d,fi} = 46,6 \text{ N/mm}^2$$

Kiepahduskestävyys:

$$a = 1000 \text{ mm}$$

$$I_{ef,fi} = 1816,2 \text{ mm}^4$$

$$c = 0,58$$

$$\sigma_{m,crit,fi} = 13,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m,fi} = 1,77$$

$$k_{crit,fi} = 0,318$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = 9,6 \text{ N/mm}^2 \leq 0,318 \times 46,6 \text{ N/mm}^2 = 14,83 \text{ N/mm}^2$$

(käyttöaste 65%, OK kestää)

Taivutuskestävyys

$$M_{fi,max} = 10,29 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = 9,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = 9,6 \text{ N/mm}^2 \leq f_{m,d,fi} = 46,6 \text{ N/mm}^2$$

(käyttöaste 21%, OK kestää)

Taipuma:

$$I_{y,fi} = 2,18345 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$\omega_{fi} = 22,8 \text{ mm}$$

LIITE A

PALOTEKNINEN LAUSUNTO  
- PUURAKENTEIDEN  
PALOMITOITUS KÄYTTÄEN  
ULTIMATE -ERISTETUOTTEITA.  
KK-PALOKONSULTTI OY 23.8.2021.

TILAAJAN NIMI JA OSOITE Saint-Gobain Finland Oy / ISOVER PL 70 (Strömberginkuja 2) 00381 HELSINKI		SISÄLTÖ PALOTEKNINEN LAUSUNTO Puurakenteiden palomitoitus käyttäen ULTIMATE-eristetuotteita	
KK-Palokonsultti Oy Piispanilankuja 4, 02240 ESPOO Puh: +358 44 752 0777 <a href="mailto:etunimi.sukunimi@kk-palokonsultti.com">etunimi.sukunimi@kk-palokonsultti.com</a>			SUUNNITTELUALA JA PIIRUSTUKSEN NUMERO MUUTOS <b>PALO</b>
PÄIVÄYS 23.8.2021	SUUNNITTELIJAN NIMI Katariina Kevarinmäki	KOULUTUS DI, Talorakennustekniikka	SUUNNITTELIJAN ALLEKIRJOITUS 

## Sisällys

1	Lausunnon tavoite .....	3
2	Aineisto.....	3
3	Puurakenteiden laskennallinen palomitoitus.....	4
4	Palolta alkuaan suojattujen palkkien ja tolppien pinnat.....	5
4.1	Hiiltymisnopeudet.....	5
4.2	Hiiltymisen alkaminen .....	7
5	Kantavat välipohjapalkit ja seinäpilarit puurakenteissa, joiden ontelot ovat täysin eristeen täyttämiä .....	8
6	Seinä- ja välipohjarakenteen osastoivuuden analyysi .....	10
6.1	Kansallinen liite ja sovellusohje välipohjarakenteiden osastoivuuden arviointiin 10	
6.2	Eristävyyden perusarvot .....	10
6.3	Sijaintikertoimet.....	11
7	Yhteenveto .....	14



# Puurakenteiden palomitoitus käyttäen ULTIMATE-eristetuotteita

## 1 Lausunnon tavoite

Tässä lausunnossa esitetään asiantuntija-arvio materiaali- ja laskenta-arvoista, joita voidaan käyttää ULTIMATE-eristetuotteille puurakenteiden laskennallisessa palomitoituksessa standardin SFS-EN 1995-1-2+AC (Eurokoodi 5) ja sen kansallisen liitteen mukaan.

## 2 Aineisto

Lausunto perustuu seuraavaan aineistoon:

1. SFS-EN 1995-1-2:2004+AC:2009 Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleistä. Puurakenteiden palomitoitus. 129 sivua.
2. Suomen Rakentamismääräyskokoelma. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Puurakenteet. 2016. 33 sivua. (Ladattavissa verkkosivulta <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>.)
3. SFS-EN 13162:2012+A1:2015 Lämmöneristetuotteet rakentamiseen. Tehdasvalmisteiset mineraalivillatuotteet (MW). Tuotestandardi.
4. Verkkosivu <https://www.isover.fi/tuotteet/tekniset-eristeet/isover-u-frame-protect-36>
5. ISOVER U Frame Protect 36 -eristetuotteen suoritusasoilmoitus No. U Frame Protect 36 – 2021/07/09, päivätty 9.7.2021
6. Suunnitteluohje RIL 205-2-2019 Puurakenteiden palomitoitus. Eurokoodi EN 1995-1-2. 93 sivua.
7. Just, A. & Schmid, J. 2014. ISOVER ULTIMATE – Parameters for fire design according to Eurocode 5. SP Report 2014:21. SP Wood Technology. 9 sivua.
8. Just, A., Schmid, J. & König, J. 2010. The effect of insulation on charring of timber frame members. SP Report 2010:30. SP Wood Technology. 77 sivua.

### 3 Puurakenteiden laskennallinen palomitoitus

Puurakenteiden laskennallinen palomitoitus tehdään Suomessa eurooppalaisen suunnittelustandardin *SFS-EN 1995-1-2+AC. Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleistä. Puurakenteiden palomitoitus* ja sen kansallisen liitteen mukaisesti. Kansallinen liite on ympäristöministeriön laatima ja se on ladattavissa ympäristöministeriön verkkosivuilta. [1, 2]

Tässä lausunnossa arvioidaan niitä Eurokoodi 5 -standardin kohtia, jotka koskevat kivivillan vaikutusta puurakenteiden laskennalliseen palomitoitukseen ja selvitetään, miten ULTIMATE-eristetuotteita voidaan käyttää kivivillan tapaan puurakenteiden kantavuuden ja osastoivuuden laskennallisessa määrittämisessä. Tarkastelut tehdään Eurokoodi 5 -standardin kivivillaa koskevien kohtien mukaisessa järjestyksessä.

ULTIMATE-eristeellä tarkoitetaan tässä lausunnossa Saint-Gobain Oy:n valmistamia patentoituja mineraalivillatuotteita, jotka on CE-merkitty harmonisoidun tuotestandardin *SFS-EN 13162:2012+A1:2015 Lämmöneristetuotteet rakentamiseen. Tehdasvalmisteiset mineraalivillatuotteet (MW). Tuotestandardi* mukaan ja joita käytetään rakennusten lämmöneristeenä pysty- ja vaakarakenteissa. ULTIMATE-eristeiden tuotenimenä on ISOVER U Frame Protect 36. Tässä lausunnossa termeillä ”ULTIMATE-eriste” ja ”ULTIMATE-mineraalivilla” viitataan tähän eristetuotteeseen, jonka suoritusasteilmoitus on ladattavissa valmistajan verkkosivuilta. [3, 4, 5]

Suomessa on julkaistu puurakenteiden laskennalliseen palomitoitukseen ohjekirja *RIL 205-2-2019 Puurakenteiden palomitoitus, Eurokoodi EN 1995-1-2* [6]. Ohjekirjan käytöstä todetaan seuraavaa (suora lainaus ohjeen sivulta 7):

*Ohjeessa on lyhennetty ja tiivistetty alkuperäisen eurokoodi-standardin EN 1995 sisältöä luettavuuden ja helpomman käsiteltävyyden aikaansaamiseksi. Lisäksi kansallisessa liitteessä (National Annex) tehdyt Suomea koskevat valinnat on suoraan sisällytetty ohjeen tekstiin ja kaavoihin.*

*Ohje perustuu pääosin käännökseen 12.2.2007 ja siinä on huomioitu 31.3.2009 mennessä ilmoitetut korjaukset.*

*Joissain kohdin on tehty yksinkertaistavia valintoja, joilla on pyritty saamaan standardin käyttöä helpommaksi. Näillä valinnoilla on saatettu hieman vähentää laskennan teoreettista tarkkuutta kuitenkin niin, että ne johtavat varmalla puolella oleviin tuloksiin.*

Edellä esitettyjen lisäksi RIL 205-2-2019 ohjekirjassa esitetään kansallisia sovellus- tai lisäohjeita Eurokoodi 5 -standardin esittämiin asioihin sekä täydentäviä ohjeita, joita ei ole esitetty Eurokoodi 5 -standardissa [6]. Ohjeet eivät ole velvoittavia, vaikka niitä käytetäänkin yleisesti. Tässä lausunnossa esitetään asiantuntija-arvio, jonka mukaan lausunnossa esitetyt tiedot pätevät suurelta osin myös RIL 205-2-2019 ohjekirjan käyttöön. Osana lausuntoa arvioidaan myös lähtötietoina käytettyjä koetuloksia, jotka on esitetty ruotsalaisen SP Technical Research Institute of Sweden laatimissa julkaisuissa [7, 8].

## 4 Palolta alkuaan suojattujen palkkien ja tolppien pinnat

### 4.1 Hiiltymisnopeudet

Suunnitteluohjeen RIL 205-2-2019 [6] kohdan 3.4.3.2 mukaan puupalkkien ja puupilareiden hiiltymisnopeus ennen palosuojauksen murtumista ( $t_{ch} \leq t \leq t_f$ ) saadaan kertomalla standardin SFS-EN 1995-1-2+AC taulukossa 3.1 esitetyt puutavaran, LVL:n, lautaverhouksen ja puulevyjen hiiltymisnopeudet kertoimella  $k_2$ .

Standardin SFS-EN 1995-1-2+AC [1] kohdassa 3.4.3.3 esitetään, että kivivillalevyillä palosuojatuille kantaville puurakenteille (palkeille ja tolpile) hiiltymisen alkamishetki määritetään  $t_{ch}$  kaavalla (3.13) seuraavasti:

$$t_{ch} = 0,07(h_{ins} - 20)\sqrt{\rho_{ins}} \quad (1)$$

missä:

$t_{ch}$	on hiiltymisen alkamishetki minuutteina
$h_{ins}$	on eristysmateriaalin paksuus millimetreinä
$\rho_{ins}$	on eristysmateriaalin tiheys [ $\text{kg/m}^3$ ].

Ruotsalaisen SP Research Institute of Sweden polttokokeisiin [7, 8] perustuen ULTIMATE-mineraalivillalevyillä palosuojatuille kantaville puurakenteille hiiltymisen alkamishetki  $t_{ch}$  määritetään kaavalla

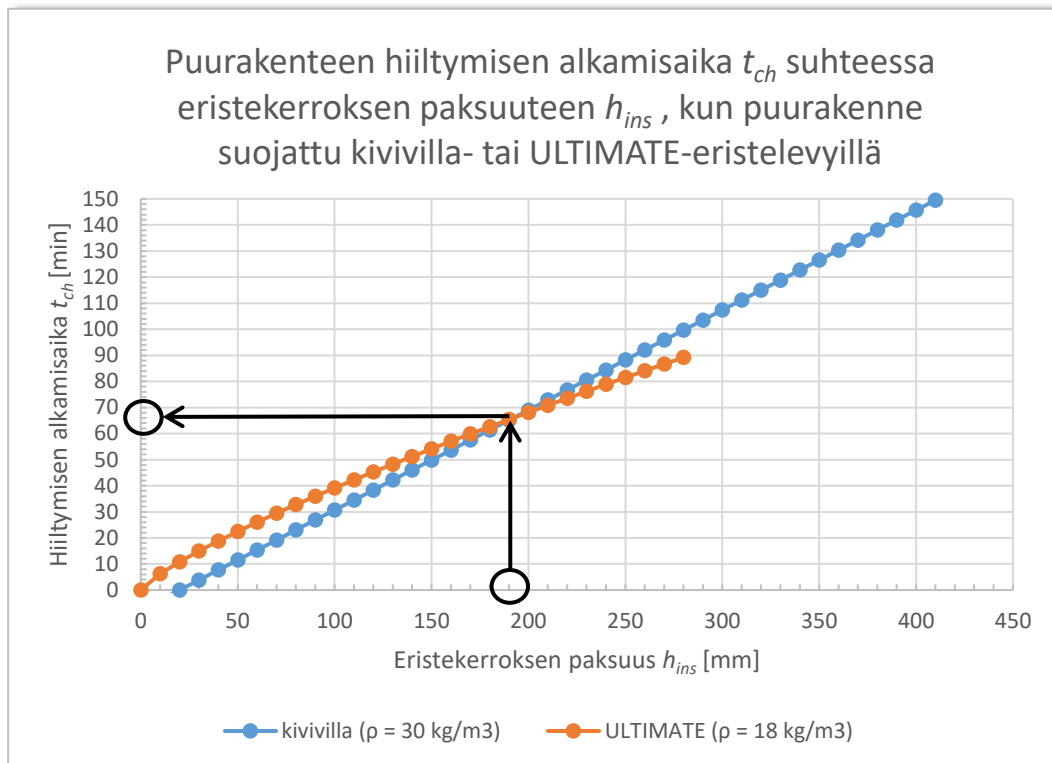
$$t_{ch} = 36 \left(\frac{h}{80}\right)^{0,8} \left(\frac{\rho}{20}\right)^{0,9} \quad (2)$$

missä:

$t_{ch}$	on hiiltymisen alkamishetki minuutteina, enintään 90 minuuttia
$h$	on ULTIMATE-eristeen paksuus millimetreinä
$\rho$	on ULTIMATE-eristeen tiheys [ $\text{kg/m}^3$ ].

Kansallisen liitteen [2] mukaan kantavat välipohjapalkit ja seinäpilarit puurakenteissa, joiden ontelot ovat täysin eristeen täyttämiä, tarkastellaan standardin SFS-EN 1995-1-2+AC liitteen C sijaan kansallisen liitteen dokumentin NCCI 1 mukaan. Tätä menetelmää voidaan käyttää, vaikka puurakenteen ontelotila ei olisikaan täysin eristetty, mikäli eristeen paksuus on vähintään 100 mm ja tiheys vähintään  $30 \text{ kg/m}^3$ . Eristeen tulee olla rakenteen tulen puolella kannattajan syrjän tasolla siten, että se suojaa lappeita hiiltymiseltä.

Kuvassa 1 on esitetty kivivillan ja ULTIMATE-mineraalivillan puuta hiiltymiseltä suojaava aika eli puuosan hiiltymisen alkamishetki  $t_{ch}$  suhteessa eristekerroksen paksuuteen  $h_{ins}$  edellä esitetyillä kaavoilla (1) ja (2) laskettuna. Parametri  $t_{ch}$  [min] kertoo ajan, jossa eristekerroksen suojaaman puisen rakenneosan pinnan lämpötila on noussut enintään  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  asteeseen [1]. Kivivillaaeristeen tiheys on vähintään  $\rho \geq 30 \text{ kg/m}^3$  [2] ja ULTIMATE-eristeen tiheys  $\rho \geq 18 \text{ kg/m}^3$  [7, 8].



**Kuva 1.** Kivivillan ja ULTIMATE-mineraalivillan eristekerroksen paksuuden  $h_{ins}$  suhde puurakenteen hiiltymisen alkamisaikaan  $t_{ch}$

Kuvasta 1 nähdään, että 190 mm eristekerroksen paksuuteen asti ULTIMATE-mineraalivillalla saavutetaan vähintään yhtä hyvä palosuojaus puupalkin tai puupilarin hiiltymistä vastaan kuin kivivillalla. Eristepaksuutta 190 mm vastaava hiiltymisen alkamisaika  $t_{ch}$  molemmilla eristeillä on 65 minuuttia.

Standardin SFS-EN 1995-1-2 +AC kohdan 3.4.3.2 taulukossa 3.2 määritetään kerroin  $k_2$  kivivillalevyille, jonka paksuus on vähintään 20 mm ja tiheys vähintään  $26 \text{ kg/m}^3$  ja joka säilyy yhtenäisenä  $1000 \text{ °C}$  lämpötilaan asti. Paksuuden ollessa 20 mm ja 45 mm välillä voidaan kerroin  $k_2$  määrittää lineaarisella interpolaatiolla. [1]]

**Edellä esitetystä seuraa, että puurakenteiden hiiltymisnopeuksien määrittämisessä ULTIMATE-mineraalivillalle voidaan soveltaa standardin SFS-EN 1995-1-2+AC kohdassa 3.4.3.2 esitettyä kertoimen  $k_2$  taulukkoa 3.2 edellyttäen, että eristeen paksuus on enintään  $h_{ins} \leq 190 \text{ mm}$ . ULTIMATE-mineraalivillalla palosuojatun puurakenteen kertoimen  $k_2$  arvoina käytetään tällöin tämän lausunnon taulukon 1 mukaisia arvoja. Eristepaksuuden ollessa 20 mm ja 45 mm välillä kerroin  $k_2$  voidaan määrittää lineaarisella interpolaatiolla.**

**Taulukko 1.** Standardin SFS-EN 1995-1-2+AC taulukko 3.2 [1] sovellettuna ULTIMATE-mineraalivillalle ( $\rho \geq 18 \text{ kg/m}^3$ )

Eristepaksuus $h_{ins}$ mm	$k_2$
20	1
$45 \leq h_{ins} \leq 190$	0,6

## 4.2 Hiiltymisen alkaminen

Standardin SFS-EN 1995-1-2+AC [1] kohdan 3.4.3.3 mukaan kivivillalla suojatuille puupalkeille ja puupilareille hiiltymisen alkamishetki  $t_{ch}$  määritetään kaavalla (3.13), joka on tässä lausunnossa esitetty kaavana (1).

Lähteiden [7, 8] mukaan ULTIMATE-mineraalivillalla suojatuille puupalkeille ja puupilareille hiiltymisen alkamishetki määritetään lausunnon kohdassa 4.1 esitetyllä kaavalla (2), joka pätee 90 minuuttiin asti.

Ison mittakaavan testaukset, joihin esitetty kaava (2) perustuu, on tehty standardin SFS-EN 1363-1 Fire resistance tests. General requirements mukaisesti käyttäen siinä määriteltyä standardipalorasitusta ja kokeet on tehnyt akreditoitu palotestauslaboratorio TÜV Estonia. Siten kaavan (2) kokeellista pohjaa voidaan pitää riittävän luotettavana.

**Edellä esitetystä seuraa, että standardin SFS-EN 1995-1-2+AC kaavan (3.13) tilalla ULTIMATE-mineraalivillalla ( $\rho \geq 18 \text{ kg/m}^3$ ) palosuojatulle puupalkeille ja puupilareille hiiltymisen alkamishetkenä voidaan käyttää tämän lausunnon kaavalla (3) laskettua  $t_{ch}$  arvoa:**

$$t_{ch} \begin{cases} = 36 \left(\frac{h}{80}\right)^{0,8} \left(\frac{\rho}{20}\right)^{0,9} \\ \leq 90 \text{ min} \end{cases} \quad (3)$$

## 5 Kantavat välipohjapalkit ja seinäpilarit puurakenteissa, joiden ontelot ovat täysin eristeen täyttämiä

Lausunnon kohdan 4.1 mukaisesti Suomessa käytetään standardin SFS-EN 1995-1-2+AC liitteen C sijaan Suomen kansallisen liitteen [2] dokumenttia NCCI 1. Kansallisessa liitteessä esitettyä menetelmää voidaan käyttää, vaikka puurakenteen ontelotila ei olisikaan täysin eristetty, mikäli eristeen paksuus on vähintään 100 mm ja tiheys vähintään 30 kg/m<sup>3</sup>. Eristeen tulee olla rakenteen tulen puolella kannattajan syrjän tasolla siten, että se suojaa lappeita hiiltymiseltä. Rakenteessa tulee olla tulen puolella myös levyverhous.

Tulen puolelta levyverhouksen suojaaman puupalkin tai puutolpan nimellinen hiiltymisnopeus lasketaan dokumentin NCCI 1 kaavalla (1.1), kun  $t_{ch} \leq t \leq t_f$ , ja kaavalla (1.2), kun  $t \geq t_f$ ,

missä:

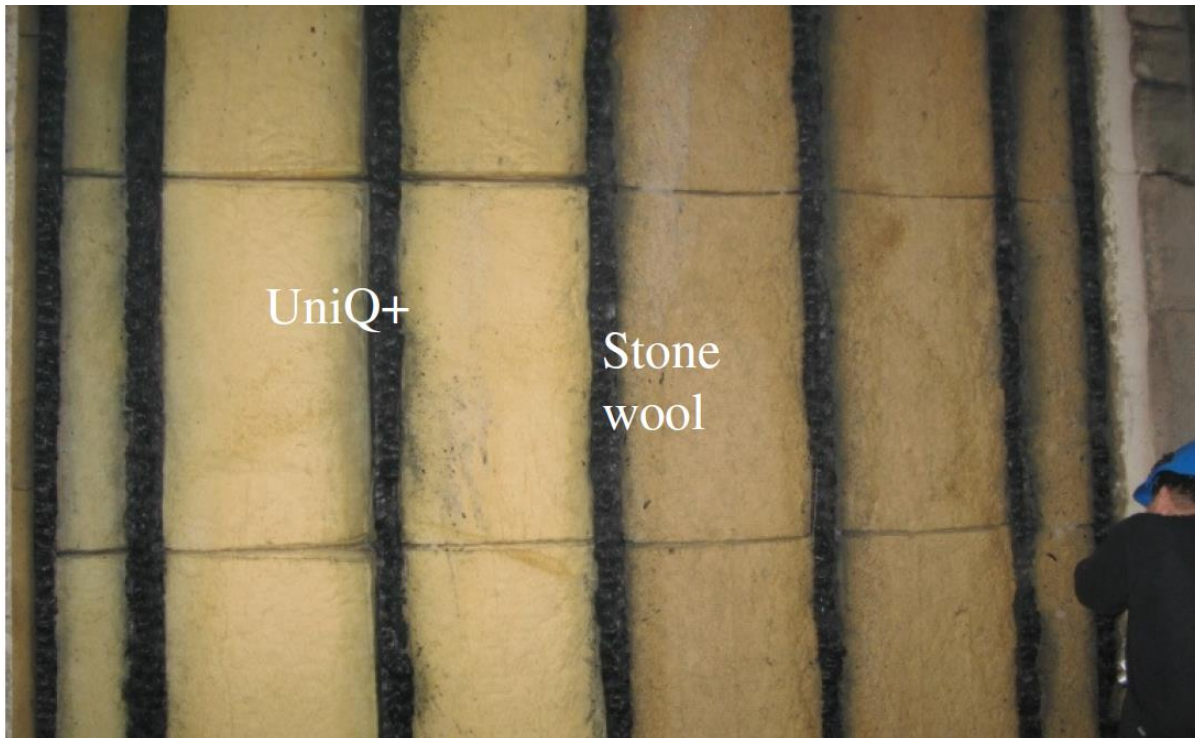
$t_{ch}$	on puisen rakennusosan hiiltymisen alkamishetki minuutteina
$t_f$	on levyverhouksen murtumishetki minuutteina.

Kaavassa (1.2) käytetään jälkisuojauskerrointa  $k_3$ , joka määräytyy dokumentin NCCI 1 taulukosta 2 tai taulukosta 3. Taulukkoa 2 käytetään välipohjarakenteille ja taulukkoa 3 seinäarakenteille.

Välipohjarakenteella jälkisuojauskertoimeen  $k_3$  vaikuttaa onteloita täyttävän ja kantavia palkkeja suojaavan eristeen tukemistapa. Levyverhouksen murruttua eristeen voidaan olettaa pysyvän tuennan avulla paikoillaan. Näin ollen puurakenteen hiiltymisen kannalta määrääväksi tulee tiiviys, joka riippuu eristeen mahdollisista muodonmuutoksista ja käyristymisestä.

Seinäarakenteilla eristeitä ei edellytetä tuettavan millään tavalla, vaan niiden oletetaan pysyvän paikallaan puutolppien välissä kitkan avulla asennusohjeiden mukaisesti mitoitettuna. Jotta kitkan lisäksi tiiviys säilyy palotilanteessa, ei eriste saa palon aikana muuttua muotoaan eikä kutistua.

Lähteessä [8] on käsitelty kivivilla- ja ULTIMATE-eristetuotteita vertailevia palonkestävyyskokeita. Kuvassa 2 on esitetty lähteestä [8] otettu kuva.



*Kuva 2. Kivivilla ja ULTIMATE-mineraalivilla puurakenteen polttokokeen jälkeen [8]*

Kuvasta 2 nähdään, että ULTIMATE-eristelevyjen saumat ovat pysyneet täysin vaakatasossa, mutta kivivillaeristelevyjen saumat ovat valuneet hieman keskeltä alaspäin. Näin ollen voidaan todeta, että ULTIMATE-eristeellä (kuvassa 2 merkitty ”UniQ+”) ja kivivillaeristeellä (kuvassa 2 merkitty ”Stone wool”) on samanlainen tiiviys.

**Edellä esitetystä seuraa, että ULTIMATE-mineraalivillalle voidaan käyttää kivivillan jälkisuojauksertoimen  $k_3$ -arvoja, jotka on esitetty standardin SFS-EN 1995-1-2+AC Suomen kansallisen liitteen dokumentin NCCI 1 taulukoissa 1 ja 2.**

## 6 Seinä- ja välipohjarakenteen osastoivuuden analyysi

### 6.1 Kansallinen liite ja sovellusohje välipohjarakenteiden osastoivuuden arviointiin

Kansallisen liitteen mukaan Suomessa käytetään standardin SFS-EN 1995-1-2+AC liitettä E ainoastaan seinärakenteiden analysointiin [1, 2]. Ohjekirjan RIL 205-2-2019 luvussa 4.3.3 esitetään sovellusohje välipohjarakenteiden osastoivuuden arvioimiseen [6].

### 6.2 Eristävyyden perusarvot

Lausunnon kohdan 4.1 mukaisesti ULTIMATE-mineraalivillalla saavutetaan eristepaksuuteen 190 mm asti vähintään yhtä hyvä palosuojaus puurakenteiden hiiltymistä vastaan kuin kivivillalla. Tästä seuraa, että osittain tai kokonaan puurakenteen ontelon täyttävän ULTIMATE-mineraalivillan eristävyyden perusarvot voidaan määrittää standardin SFS-EN 1995-1-2+AC liitteessä E esitetyn kivivillaeristeen kaavan (E.7) ja taulukon E.2 perusteella seuraavasti [1]:

$$t_{ins,0,i} = 0,2h_{ins}k_{dens}, \quad (4)$$

missä:

$t_{ins,0,i}$  on kerroksen ”i” eristävyyden perusarvo minuutteina

$h_{ins}$  on ULTIMATE-eristeen eristekerroksen paksuus  
( $h_{ins} \leq 190$  mm,  $\rho \geq 18$  kg/m<sup>3</sup>)

$k_{dens}$  saadaan taulukosta E.2, kun ontelon eristeenä on kivivilla

**Edellä esitetystä seuraa, että puurakenteiden osastoivuuksien määrittämisessä ULTIMATE-mineraalivillalle voidaan soveltaa standardin SFS-EN 1995-1-2+AC liitteessä E esitettyä kivivillan eristävyyden perusarvon laskentatapaa tämän lausunnon kaavaa (4) käyttäen ja tämän lausunnon taulukon 2 mukaista kerrointa  $k_{dens}$  käyttäen edellyttäen, että eristeen paksuus on enintään  $h_{ins} \leq 190$  mm.**

*Taulukko 2. Standardin SFS-EN 1995-1-2+AC taulukko E.2 [1] sovellettuna ULTIMATE-mineraalivillalle*

Ontelon materiaali	Tiheys kg/m <sup>3</sup>	$k_{dens}$
ULTIMATE $h_{ins} \leq 190$ mm	18	1,0



### 6.3 Sijaintikertoimet

Lausunnon kohdan 4.1 mukaisesti ULTIMATE-mineraalivillalla saavutetaan eristepaksuuteen 190 mm asti vähintään yhtä hyvä palosuojaus puurakenteiden hiiltymistä vastaan kuin kivivillalla. Tästä seuraa, että osittain tai kokonaan puurakenteen ontelon täyttävän ULTIMATE-mineraalivillan eristekerroksen sijaintikerroimelle  $k_{pos}$  voidaan käyttää kivivillan tavoin standardin SFS-EN 1995-1-2+AC liitteen E kohdan E.2.3 mukaisia arvoja [1]:

$k_{pos} = 1,0$  kun tulen puoleisena levynä käytetään muuta materiaalia kuin F-tyypin kipsilevyä

$k_{pos} = 1,5$  kun tulen puoleisena levynä käytetään F-tyypin kipsilevyä

Niin ikään edellä esitetyin perusteluoin voidaan ULTIMATE-mineraalivillalle käyttää kivivillan tavoin standardin SFS-EN 1995-1-2+AC liitteen E kohdan E.2.4 mukaisia arvoja [1], jotka on koottu seuraavassa esitettyihin taulukoihin 3, 4 ja 5.

**Taulukko 3.** Standardin SFS-EN 1995-1-2+AC taulukon E.3 [1] sijaintikertoimet  $k_{pos}$  sovellettuna ULTIMATE-mineraalivillalle, kun yksikerroksinen levytys on tulen puolella

Tulen puolella oleva levy	Paksuus $h_p$ mm	Levyverhouksen sijaintikerroin, kun verhouksen takana on ULTIMATE-eriste $h_{ins} \leq 190$ mm
Vaneri, jonka ominaistiheys on $\geq 450$ kg/m <sup>3</sup>	9...25	$k_{pos} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,02 h_p + 0,54 \\ 1 \end{array} \right.$
Lastulevy tai kuitulevy, joiden ominaistiheys on $\geq 600$ kg/m <sup>3</sup>	9...25	
Lautaverhous, jonka ominaistiheys on $\geq 450$ kg/m <sup>3</sup>	15...19	
A-, H- tai F-tyypin kipsilevy	9...15	

**Taulukko 4.** Standardin SFS-EN 1995-1-2+AC taulukon E.4 [1] sijaintikertoimet  $k_{pos}$  sovellettuna ULTIMATE-mineraalivillalle, kun yksikerroksinen levyverhous on tulelle vastakkaisella puolella

Tulen puolella oleva levy	Paksuus $h_p$ mm	Sijaintikerroin, kun verhousta vasten on ULTIMATE-eriste, jonka paksuus on $h_{ins} \leq 190$ mm *)		
		45...95	145	195
Vaneri, jonka tiheys $\geq 450$ kg/m <sup>3</sup>	9...25	1,5	3,9	4,9
Lastulevy tai kuitulevy, jonka tiheys $\geq 600$ kg/m <sup>3</sup>	9...25			
Lautaverhous, jonka tiheys $\geq 450$ kg/m <sup>3</sup>	15...19			
A-, H- tai F-tyyppin kipsilevy	9...15			
*) Väliarvot voidaan interpoloida lineaarisesti.				

**Taulukko 5.** Standardin SFS-EN 1995-1-2+AC taulukon E.5 [1] sijaintikertoimet  $k_{pos}$  sovellettuna ULTIMATE-mineraalivillalle, kun seinissä on kahdesta levykerroksesta muodostuva verhouk

Rakenne: Kerroksen numero ja materiaali		Kerroksen numero				
		1	2	3	4	5
1,2,4,5 3	Puulevy ULTIMATE-eriste $h_{ins} \leq 190$ mm	0,7	0,6	1,0	1,0	1,5
1,2,4,5 3	A- tai H-tyypin kipsilevy ULTIMATE-eriste $h_{ins} \leq 190$ mm	1,0	0,6	1,0	0,9	1,5
1,5 2,4 3	A- tai H-tyypin kipsilevy Puulevy ULTIMATE-eriste $h_{ins} \leq 190$ mm	1,0	0,8	1,0	1,0	1,2
1,5 2,4 3	Puulevy A- tai H-tyypin kipsilevy ULTIMATE-eriste $h_{ins} \leq 190$ mm	1,0	0,6	1,0	1,0	1,5

## 7 Yhteenveto

Tämän asiantuntija-arvion mukaisesti voidaan todeta, että lausunnon kohdissa 4, 5 ja 6 esitettyjen perusteluiden ja rajausten mukaisesti ULTIMATE-mineraalivillaa, jonka tiheys on vähintään  $\rho \geq 18 \text{ kg/m}^3$  ja eristekerroksen paksuus enintään  $h_{ins} \leq 190 \text{ mm}$ , voidaan käyttää kivivillan ( $\rho \geq 30 \text{ kg/m}^3$ ) tapaan tässä lausunnossa tarkennetuin määrittelyin standardin SFS-EN 1995-1-2+AC (Eurokoodi 5) ja sen kansallisen liitteen mukaisessa puurakenteiden laskennallisessa palomitoituksessa.

Espoossa 23.8.2021

KK-Palokonsultti Oy



---

Esko Mikkola

TkT, sovellettu fysiikka



---

Katariina Kevarinmäki

DI, talonrakennustekniikka

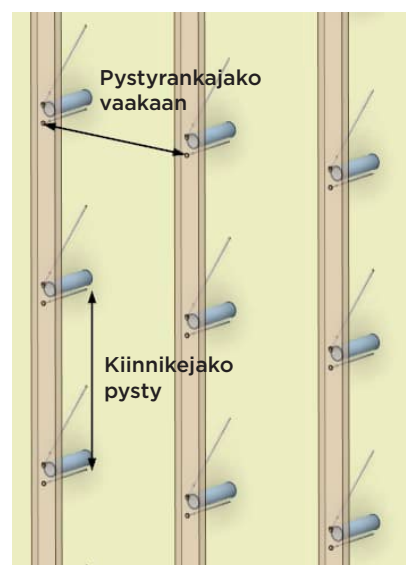
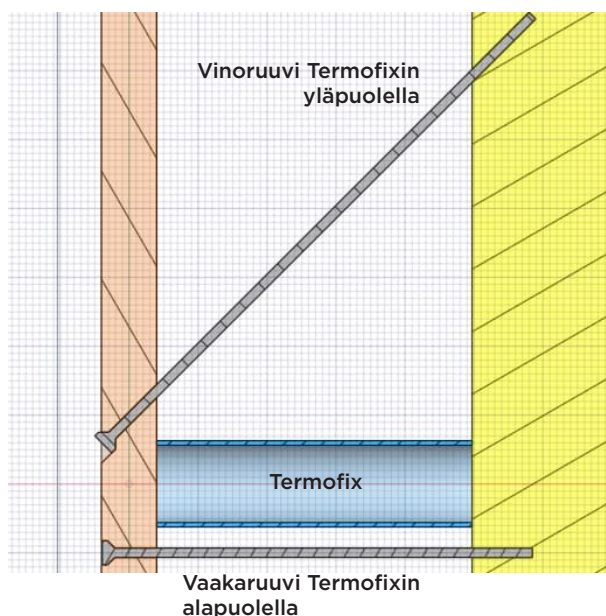


# TERMOFIX -VÄLIKKEIDEN RUUVAUSTAULUKKO

TERMOFIX -VÄLIKKEIDEN 120-180 MM PURISTUSKETÄVYYS  
 $N_{RD} = 3,1 \text{ KN}$  JA 50-100 MM  $N_{RD} = 4,78 \text{ KN}$   
 (MAKSIMIKÄYTTÖLÄMPÖTILA 50 °C).

## TAULUKOT PÄTEVÄT SEURAAVIN OLETUKSIN

- Julkisivurankana käytetään pystysuuntaista 32×100 puurankaa, joka on vähintään 3-aukkoinen (puun tiheys laskelmissa 350 kg/m<sup>3</sup>). Rangan jatkuvuudesta aiheutuva kuormakerroin 1,15 on otettu huomioon.
- Julkisivun massa on 25 kg/m<sup>2</sup>. Vinoruuvaus + Termofix vähintään k1200 pystysuunnassa.
- Puun käyttöluokka on 2. Siihen kuuluu ulkoilmassa kuivana olevat puurakenteet.
- Vinoruuvauksen kulma on minimissään 30° vaakatasosta.
- Ruuvin D = 6 minimietäisyys rangan ja tukirakenteen reunaan on vähintään 4 × D eli 24 mm.
- Ruuvin tunkeumasyvyytenä tukipuussa on käytetty arvoa 30 mm. Pienemmillä tunkeumasyvyyksillä ruuvien ulosvetokestävyys voi tulla määrääväksi.
- Julkisivulevyä, rankaa tai tukirakenteita ei ole tarkasteltu, ja niiden käyttörajatilan taipuma ja murtorajatilan kestävyys tulee tarkastaa erikseen!



### Ruuvi Rothoblaas HBS (normaali), D = 6, minimisyvyys puussa 30 mm

- Mitoituskestävyys, vaakasuora ruuvi, hetkellinen tuulikuorma ( $k_{mod} = 1,1$ ),  $F_{t,Rd} = 1,279$  kN
- Mitoituskestävyys, vinoruuvi, pysyvälle kuormalle ( $k_{mod} = 0,60$ ),  $F_{t,Rd} = 0,70$  kN

#### Mitoitusvaihtoehto A

##### Maksimi puuskanopeuspaine $q_p$

A-vyöhykkeen  $c_{pe,1}$  -kerroin 1,4 ja tuulikuorman varmuuskerroin 1,5 otettu huomioon.

$q_p$ [kPa]	Pystyrankajako (vaakaan)		
	k300	k400	k600
Kiinnikejako pysty k300	5,89	4,42	2,94
k600	2,94	2,21	1,47
k900	1,96	1,47	0,98
k1200	1,47	1,10	0,74

Taulukon arvoja verrataan kohteen puuskanopeuspaineeseen. Julkisivun ranka- ja kiinnikejako on sama kauttaaltaan.

#### Mitoitusvaihtoehto B

##### Maksimi tuulen alipaine $w_e$

Varmuus- tai tuulikuormavyöhyketoimia ei ole otettu huomioon.

$w_e$ [kPa]	Pystyrankajako (vaakaan)		
	k300	k400	k600
Kiinnikejako pysty k300	12,36	9,27	6,18
k600	6,18	4,64	3,09
k900	4,12	3,09	2,06
k1200	3,09	2,32	1,55

Taulukon arvoja verrataan suunnitelijan määrittämiin kohteen vyöhykekohtaisiin murtorajatilan mitoituspaineesiin.

### Ruuvi SPAX, osakierre, D = 6, minimisyvyys puussa 30 mm

- Mitoituskestävyys, vaakasuora ruuvi, hetkellinen tuulikuorma ( $k_{mod} = 1,1$ ),  $F_{t,Rd} = 1,753$  kN
- Mitoituskestävyys, vinoruuvi, pysyvälle kuormalle ( $k_{mod} = 0,60$ ),  $F_{t,Rd} = 0,96$  kN

#### Mitoitusvaihtoehto A

##### Maksimi puuskanopeuspaine $q_p$

A-vyöhykkeen  $c_{pe,1}$  -kerroin 1,4 ja tuulikuorman varmuuskerroin 1,5 otettu huomioon.

$q_p$ [kPa]	Pystyrankajako (vaakaan)		
	k300	k400	k600
Kiinnikejako pysty k300	8,06	6,05	4,03
k600	4,03	3,02	2,02
k900	2,69	2,02	1,34
k1200	2,02	1,51	1,01

Taulukon arvoja verrataan kohteen puuskanopeuspaineeseen. Julkisivun ranka- ja kiinnikejako on sama kauttaaltaan.

#### Mitoitusvaihtoehto B

##### Maksimi tuulen alipaine $w_e$

Varmuus- tai tuulikuormavyöhyketoimia ei ole otettu huomioon.

$w_e$ [kPa]	Pystyrankajako (vaakaan)		
	k300	k400	k600
Kiinnikejako pysty k300	16,93	12,70	8,47
k600	8,47	6,35	4,23
k900	5,64	4,23	2,82
k1200	4,23	3,18	2,12

Taulukon arvoja verrataan suunnitelijan määrittämiin kohteen vyöhykekohtaisiin murtorajatilan mitoituspaineesiin.

## Ruuvi SPAX, täyskierre, D = 6, minimisyvyys puussa 30 mm

- Mitoituskestävyys, vaakasuora ruuvi, hetkellinen tuulikuorma ( $k_{mod} = 1,1$ ),  $F_{t,Rd} = 2,132$  kNN
- Mitoituskestävyys, vinoruuvi, pysyvälle kuormalle ( $k_{mod} = 0,60$ ),  $F_{t,Rd} = 1,108$  kN

### Mitoitusvaihtoehto A

Maksimi puuskanopeuspaine  $q_p$

A-vyöhykkeen  $c_{pe,1}$  -kerroin 1,4 ja tuulikuorman varmuuskerroin 1,5 otettu huomioon.

$q_p$ [kPa]	Pystyrankajako (vaakaan)			
	k300	k400	k600	
Kiinnikejako pysty	k300	9,81	7,36	4,90
	k600	4,90	3,68	2,45
	k900	3,27	2,45	1,63
	k1200	2,45	1,84	1,23

Taulukon arvoja verrataan kohteen puuskanopeuspaineeseen. Julkisivun ranka- ja kiinnikejako on sama kauttaaltaan.

### Mitoitusvaihtoehto B

Maksimi tuulen alipaine  $w_e$

Varmuus- tai tuulikuormavyöhyketoimia ei ole otettu huomioon.

$w_e$ [kPa]	Pystyrankajako (vaakaan)			
	k300	k400	k600	
Kiinnikejako pysty	k300	20,60	15,45	10,30
	k600	10,30	7,72	5,15
	k900	6,87	5,15	3,43
	k1200	5,15	3,86	2,57

Taulukon arvoja verrataan suunnitelijan määrittämiin kohteen vyöhykekohtaisiin murtorajatilan mitoituspaineesiin.





**ISOVER**  
SAINT-GOBAIN

**ISOVER**

**ISOVER**  
SAINT-GOBAIN

**ISOVER**  
SAINT-GOBAIN

**ISOVER**  
SAINT-GOBAIN

**ISOVER**

**ISOVER**  
SAINT-GOBAIN

**ISOVER**  
SAINT-GOBAIN

**ISOVER**  
SAINT-GOBAIN

**ISOVER**  
SAINT-GOBAIN

**ISOVER**  
SAINT-GOBAIN

# TYÖKALUJA SUUNNITTELUN TUEKSI

Me Saint-Gobain Finlandin suunnittelijapalvelussa palvelemme rakennusalan ammattilaisia. Autamme suunnittelussa, rakennusosaoptimoinnissa ja rakenneratkaisuihin liittyvissä kysymyksissä. Mikäli tarvitset tukeamme hankkeessa tai lisätietoa materiaalien soveltuvuudesta, käänny puoleemme.

Suunnittelijapalvelumme yhteystiedot löydät osoitteesta  
[www.saint-gobain.fi/koulutukset-ja-neuvonta#suunnittelijapalvelu](http://www.saint-gobain.fi/koulutukset-ja-neuvonta#suunnittelijapalvelu)

