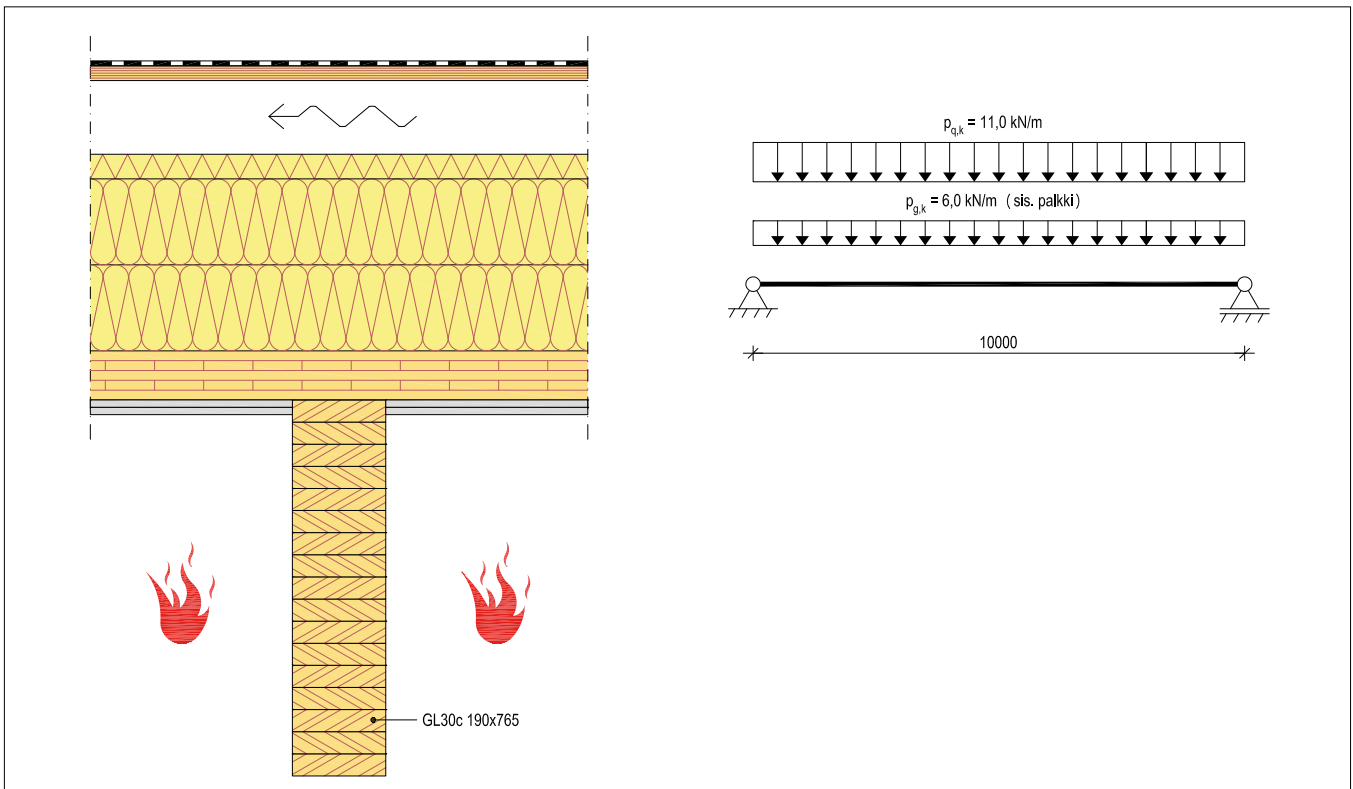


Esimerkki 1

SUOJAAMATTOMAN LIIMAPUUPALKIN PALOMITOITUS LUOKKAAN R 60



1 Palotilanteen kuormitus

$\psi_{1,1} = 0,5$ (tässä esimerkissä muuttuva kuorma on lumikuorma)

$$p_{fi} = p_{g,k} + \psi_{1,1} \cdot p_{q,k} = 6,0 + 0,5 \cdot 11,0 = 11,5 \text{ kN/m}$$

2 Palkin materiaaliominaisuudet

$$f_{m,k} = 30 \text{ N/mm}^2$$

Palkin korkeus on yli 600 mm, joten $k_h = 1,0$

$$k_{fi} = 1,15 \text{ (RIL 205-2 taulukosta)}$$

$$f_{m,20} = k_{fi} \cdot f_{m,k} = 1,15 \cdot 30 = 34,5 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{\text{mod},fi} = 1,0$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

$$f_{m,d,fi} = \frac{k_{\text{mod},fi}}{\gamma_{M,fi}} \cdot f_{m,20} = \frac{1,0}{1,0} \cdot 34,5 = 34,5 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,05} = 10800 \text{ N/mm}^2$$

$\beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$ nimellinen hiiltymisnopeus, sisältää kulmapyöristykset ja halkeamat

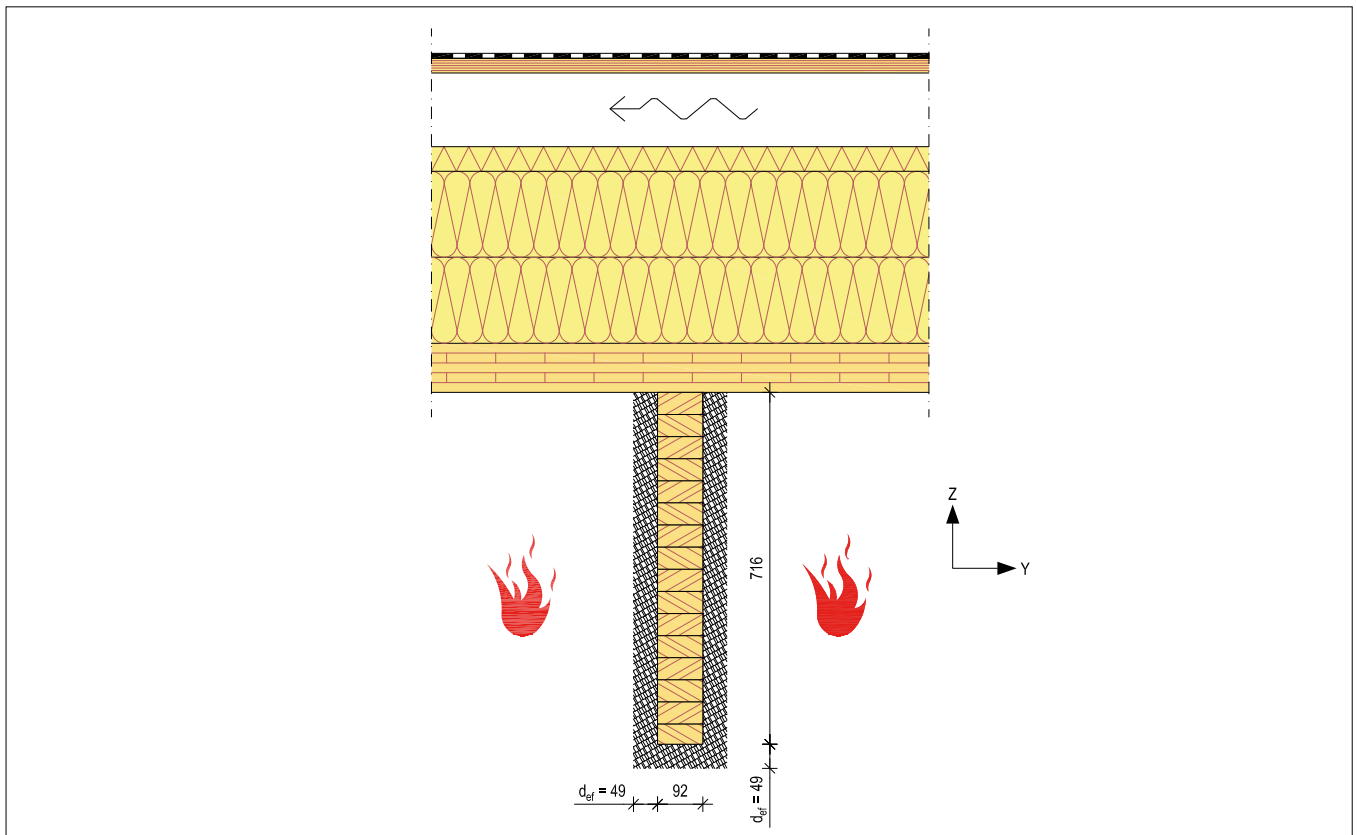
3 Tehollisen hiltymissyvyyden mitoitusarvo

$$\begin{aligned}\beta_n &= 0,7 \text{ mm/min (RIL 205 taulukosta)} \\ t &= 60 \text{ min (tässä esimerkissä)} \\ d_{char,n} &= \beta_n \cdot t = 0,7 \cdot 60 = 42 \text{ mm} \\ t &\geq 20 \text{ min} \Rightarrow k_0 = 1,0 \\ d_0 &= 7,0 \text{ mm (vakio)} \\ d_{ef} &= d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 42 + 1,0 \cdot 7,0 = 49 \text{ mm}\end{aligned}$$

4 Tehollinen poikkileikkaus

Palkki altistuu palolle kolmelta sivusta, koska kattorakenne suojaa palkin yläpintaa.

$$\begin{aligned}b_{fi} &= 92 \text{ mm} \\ h_{fi} &= 716 \text{ mm}\end{aligned}$$



5 Taivutuskestävyys

$$\begin{aligned}M_{fi,max} &= \frac{p_{fi} \cdot L^2}{8} \Rightarrow M_{fi,max} = \frac{11,5 \cdot 10^2}{8} = 143,8 \text{ kNm} \\ \sigma_{m,y,d,fi} &= \frac{6 \cdot M_{fi}}{b_{fi} \cdot h_{fi}^2} = \frac{6 \cdot 141,8 \cdot 10^6}{92 \cdot 716^2} = 18,0 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{m,y,d,fi} &\leq f_{m,d,fi} \Rightarrow 18,0 \text{ N/mm}^2 < 34,5 \text{ N/mm}^2 \quad (52 \% \text{ OK kestäää})\end{aligned}$$

ESIMERKKI 1**6 Kiepahduskestävyys**

Tarkastetaan kestäväkö palkki kiepahtamatta, kun sitä ei ole palotilanteessa tuettu sivusuunnassa.

$$\ell_{ef,fi} = 0,9 \cdot L + 2 \cdot h_{fi} = 0,9 \cdot 10000 + 2 \cdot 716 = 10432 \text{ mm}$$

$$c = 0,71$$

$$\sigma_{m,crit,fi} = \frac{c \cdot b_{fi}^2}{h_{fi} \cdot \ell_{ef,fi}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,71 \cdot 92^2}{716 \cdot 10432} \cdot 10800 = 8,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m,fi} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit,fi}}} = \sqrt{\frac{30}{8,7}} = 1,86$$

$$k_{crit,fi} = \frac{1}{\lambda_{rel,m,fi}^2} = \frac{1}{1,86^2} = 0,29$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} \leq k_{crit,fi} \cdot f_{m,d,fi} \Rightarrow 18,0 \text{ N/mm}^2 > 0,29 \cdot 34,5 \text{ N/mm}^2 = 10,0 \text{ N/mm}^2 \quad (180 \% \text{ VIRHE})$$

Palkki kiepahtaa palotilanteessa, jos sitä ei ole tuettu sivusuunnassa. Palkin kiepahdustuennan tulee säilyä koko palonkestoajan (tässä esimerkissä 60 min).

7 Leikkauskestävyys

Ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa, koska palkin poikkileikkaus on suorakaide.

8 Tukipainekestävyys

Ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa.

9 Taipuma

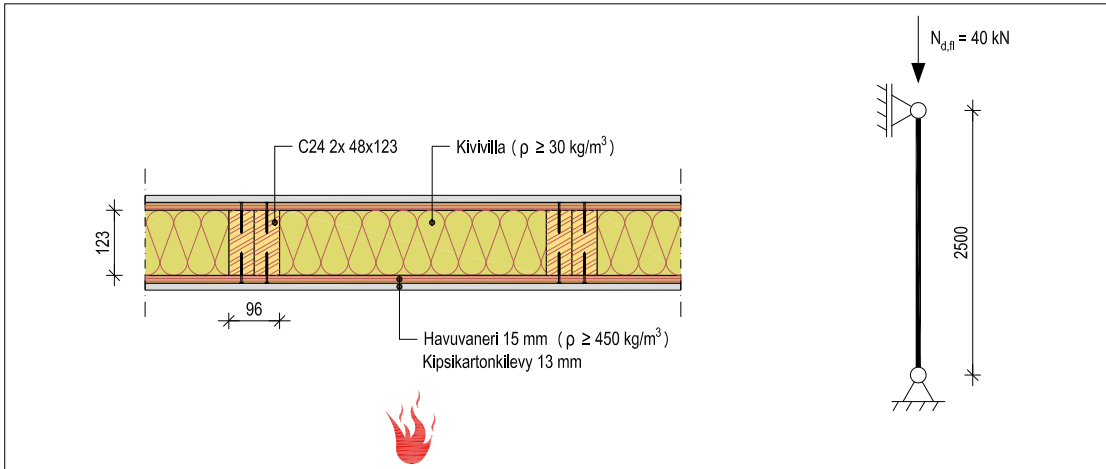
Taipumaa ei yleensä tarvitse tarkastaa palotilanteessa, ellei siitä ole vaaraa muille rakenteille ja rakenteiden palo-suojauksille. Esimerkiksi tässä tapauksessa taipuma tulisi tarkastaa, jos palkin alla olisi ei-kantava osastoiva seinä, koska palkki taipuman vuoksi kuormittaisi seinää ja näin heikentäisi seinän osastointikykyä.

10 Yhteenveto

Palkki täyttää vaatimuksen R 60, kun sen kiepahtaminen estetään palkin päällä olevan CLT-levytyksen avulla.

Esimerkki 2

LEVYSUOJATUN RANKASEINÄN PALOMITOITUS LUOKKAAN R 60



1 Nimellinen hiiltymisnopeus ennen levyjen murtumista

Hiiltymisvaihetta ennen levyjen murtumista ei ole, koska kysymyksessä on tavallisen kipsikartonkilevyn ja puulevyn yhdistelmä.

t_{ch} = hiiltymisen alkamishetki

t_f = levytyksen murtumishetki

$t_{ch} = t_f = 40$ min (RIL 205-2 taulukosta)

Havuvaneri on paksumpi kuin 12 mm, joten t_{ch} - ja t_f -arvoja voidaan korottaa määrällä Δt

$\beta_0 = 1,0$ mm/min (RIL 205-2 taulukosta, vanerille)

$$k_\rho = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} = \sqrt{\frac{450}{450}} = 1,0$$

$$k_h = \sqrt{\frac{20}{h_p}} = \sqrt{\frac{20}{15}} = 1,15$$

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_0 \cdot k_\rho \cdot k_h = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 = 1,15 \text{ mm/min}$$

$d = 15$ mm (vaneri)

$$\Delta t = \frac{d - 12}{\beta_0} = \frac{15 - 12}{1,15} = 2,6 \text{ min} \approx 3,0 \text{ min}$$

$t_{ch} = t_f = 43$ min

$\beta_{n,2} = 0$ mm/min

2 Nimellinen hiiltymisnopeus levyjen murtumisen jälkeen

$b = 96$ mm

$b \geq 90$ mm $\Rightarrow k_s = 1,0$ (RIL 205 taulukosta)

$k_3 = 1,0$ (RIL 205 taulukosta)

$k_n = 1,5$ (vakio)

$\beta_0 = 0,65$ mm/min (RIL 205 taulukosta, tolपाले)

$$\beta_{n3} = k_s \cdot k_3 \cdot k_n \cdot \beta_0 = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 0,65 = 0,98 \text{ mm/min}$$

3 Nimellinen hiiltemissävyuden mitoitussarvo

$$\beta_{n2} = 0 \text{ mm/min}$$

$$t_f = 43 \text{ min}$$

$$t_{ch} = 43 \text{ min}$$

$$\beta_{n3} = 0,98$$

$$t = 60 \text{ min (tässä esimerkissä)}$$

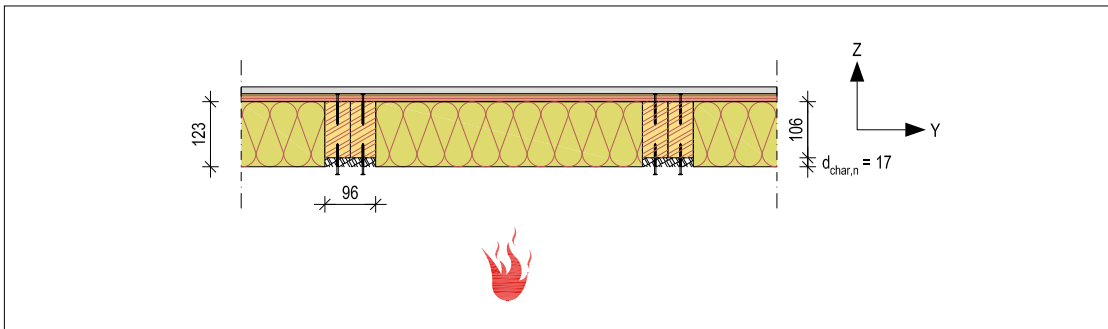
$$d_{char,n} = \beta_{n2} \cdot (t_f - t_{ch}) + \beta_{n3} \cdot (t - t_f) = 0 \cdot (43 - 43) + 0,98 \cdot (60 - 43) = 16,7 \text{ mm} \approx 17 \text{ mm}$$

4 Nimellinen jäännöspoikkileikkaus

Kivillä suojaa tolppien kylkiä, joten tolpat hiiltemivät vain yhdestä suunnasta.

$$b_{fi} = 48 \text{ mm (yksi tolppa)}$$

$$h_{fi} = 106 \text{ mm}$$



5 Palotilanteen rasitukset tolpan Z-suunnassa

$$\text{Hiiltemän aiheuttama epäkeskisyys } e_{ch} = \frac{d_{char,n}}{2} = \frac{17}{2} = 8,5 \text{ mm}$$

$$N_{d,fi} = 40 \text{ kN}$$

$$M_{y,ch,d,fi} = e_{ch} \cdot N_{d,fi} = 0,0085 \cdot 40 = 0,34 \text{ kNm}$$

$$M_{y,d,fi} = 0,34 \text{ kNm}$$

Tolppia on 2 kpl rinnakkain, joten yhden tolpan rasitukset ovat

$$N_{d,fi} = 20 \text{ kN}$$

$$M_{y,d,fi} = 0,17 \text{ kNm}$$

6 Tolpan materiaaliominaisuudet

$$f_{c,0,k} = 21 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{fi} = 1,25 \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta})$$

$$f_{c,0,20} = k_{fi} \cdot f_{c,0,k} = 1,25 \cdot 21 = 26,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{d_{char,n}}{h} = \frac{17}{123} = 0,14$$

$$k_{mod,c,fi} = 0,45 \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta, interpoloitu})$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

$$f_{c,0,d,fi} = \frac{k_{mod,c,fi}}{\gamma_{M,fi}} \cdot f_{c,0,20} = \frac{0,45}{1,0} \cdot 26,25 = 11,81 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,k} = 24 \text{ N/mm}^2$$

$$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2} \leq 1,3 = \left(\frac{150}{123}\right)^{0,2} = 1,04 \leq 1,3 \Rightarrow 1,04$$

$$f_{m,k} = k_h \cdot f_{m,k} = 1,04 \cdot 24 = 24,96 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{fi} = 1,25 \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta})$$

$$f_{m,20} = k_{fi} \cdot f_{m,k} = 1,25 \cdot 24,96 = 31,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{d_{char,n}}{h} = \frac{17}{123} = 0,14$$

$$k_{mod,fm,fi} = 0,45 \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta, interpoloitu, palo puristetulla puolella})$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

$$f_{m,d,fi} = \frac{k_{mod,fm,fi}}{\gamma_{M,fi}} \cdot f_{m,20} = \frac{0,45}{1,0} \cdot 31,20 = 14,04 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ N/mm}^2$$

7 Nurjahduskestävyys Z-suunnassa

$$L_{c,z,fi} = 1,0 \cdot L = 1,0 \cdot 2500 = 2500 \text{ mm}$$

$$I_{y,fi} = \frac{b_{fi} \cdot h_{fi}^3}{12} = \frac{48 \cdot 106^3}{12} = 4,76 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{fi} = b_{fi} \cdot h_{fi} = 48 \cdot 106 = 5088 \text{ mm}^2$$

$$i_{y,fi} = \sqrt{\frac{I_{y,fi}}{A_{fi}}} = \sqrt{\frac{4,76 \cdot 10^6}{5088}} = 30,59 \text{ mm}$$

$$\lambda_{y,fi} = \frac{L_{c,z,fi}}{i_{y,fi}} = \frac{2500}{30,59} = 81,73$$

$$\lambda_{rel,y,fi} = \frac{\lambda_{y,fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{81,73}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,39$$

$$\beta_c = 0,2$$

$$k_{y,fi} = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y,fi} - 0,3) + \lambda_{rel,y,fi}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (1,39 - 0,3) + 1,39^2) = 1,58$$

$$k_{c,y,fi} = \frac{1}{k_{y,fi} + \sqrt{k_{y,fi}^2 - \lambda_{rel,y,fi}^2}} \leq 1 = \frac{1}{1,58 + \sqrt{1,58^2 - 1,39^2}} = 0,43 \leq 1 \Rightarrow 0,43$$

$$\sigma_{c,0,d,fi} = \frac{N_{d,fi}}{A_{fi}} = \frac{20000}{5088} = 3,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{6 \cdot M_{y,d,fi}}{b_{fi} \cdot h_{fi}^2} = \frac{6 \cdot 0,17 \cdot 10^6}{48 \cdot 106^2} = 1,89 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{k_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,d,fi}} \leq 1 = \frac{3,93}{0,43 \cdot 11,81} + \frac{1,89}{14,04} = 0,91 < 1 \quad (91 \% \text{ OK kestä})$$

8 Kiepahduskestävyys

Palotilanteessa tolppien puristettu reuna on tukematon.

$$\ell_{ef,fi} = 1,0 \cdot L + 2 \cdot h_{fi} = 1,0 \cdot 2500 + 2 \cdot 106 = 2712 \text{ mm}$$

$$c = 0,78$$

$$\sigma_{m,crit,fi} = \frac{c \cdot b_{fi}^2}{h_{fi} \cdot \ell_{ef,fi}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 48^2}{106 \cdot 2712} \cdot 7400 = 46,26 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m,fi} = \sqrt{\frac{k_{fi} \cdot f_{m,k}}{\sigma_{m,crit,fi}}} = \sqrt{\frac{1,04 \cdot 24}{46,26}} = 0,73$$

$$k_{crit,fi} = 1,0 \quad (\lambda_{rel,m,fi} \leq 0,75) \Rightarrow \text{Tolppa ei ole kiepahdusaltis}$$

9 Leikkauskestävyys

Ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa, koska tolpan poikkileikkaus on suorakaide.

10 Tukipainekestävyys

Ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa.

11 Taipuma

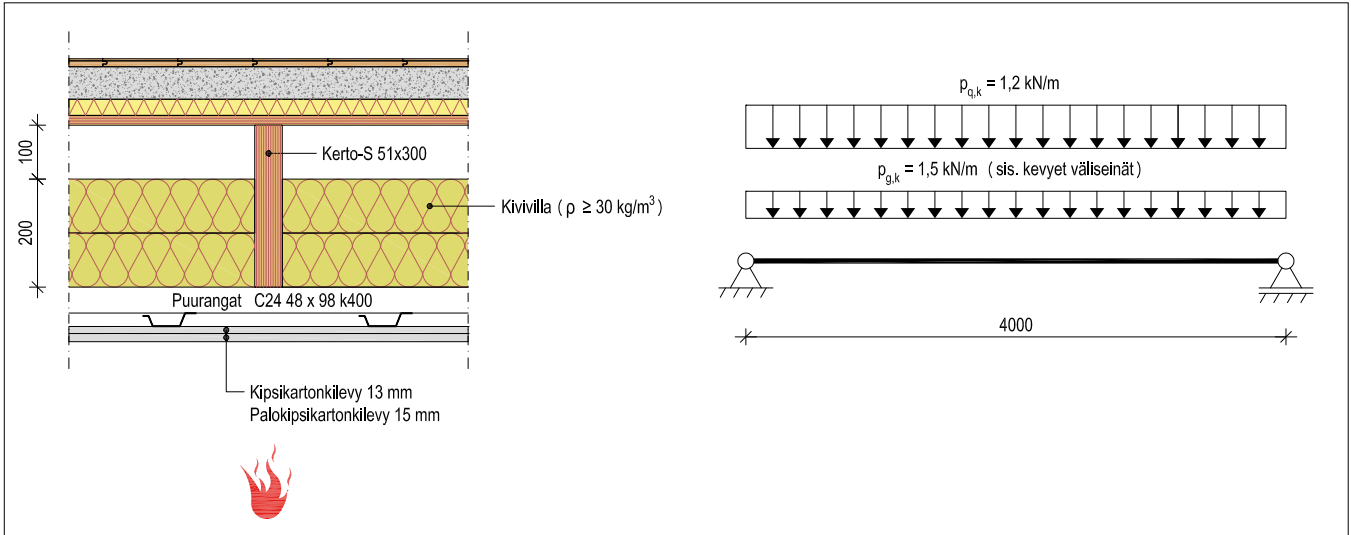
Taipumaa ei yleensä tarvitse tarkastaa palotilanteessa, ellei siitä ole vaaraa muille rakenteille ja rakenteiden palosuojauksille.

12 Yhteenveto

Rankaseinä täyttää vaatimuksen R 60, kun rankojen nurjahtaminen Y-suunnassa on estetty palon vastaisen puolen levytyksellä.

Esimerkki 3

LEVYSUOJATUN PALKKIVÄLIPOHJAN PALOMITOITUS LUOKKAAN R 60



1 Palotilanteen kuormitus

$\psi_2 = 0,3$ (tässä esimerkissä muuttuva kuorma on hyötykuorma)

$$p_{fi} = p_{g,k} + \psi_2 \cdot p_{q,k} = 1,5 + 0,3 \cdot 1,2 = 1,86 \text{ kN/m}$$

2 Ontelon korkeus

$$\frac{h_{\text{ontelo}}}{h_{\text{palkki}}} \leq 0,6 \Rightarrow \frac{100}{300} = 0,33 \leq 0,6$$

Ontelon korkeus täyttää vaatimuksen

3 Nimellinen hiiltymisnopeus ennen levyjen murtumista

Hiiltyminen alkaa ennen levytyksen murtumista, koska levytyksessä käytetään palokipsilevyä.

$$b = 51 \text{ mm}$$

$$k_s = 1,22 \text{ (RIL 205-2 taulukosta, interpoloitu)}$$

$$k_2 = 0,85 \text{ (RIL 205-2 taulukosta)}$$

$$k_n = 1,5 \text{ (mitoitusmenetelmään sisältyvä vakio)}$$

$$\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min (RIL 205-2 taulukosta, LVL:lle)}$$

$$\beta_{n2} = k_s \cdot k_2 \cdot k_n \cdot \beta_0 = 1,22 \cdot 0,85 \cdot 1,5 \cdot 0,65 = 1,01 \text{ mm/min}$$

4 Nimellinen hiiltymisnopeus levyjen murtumisen jälkeen

$$b = 51 \text{ mm}$$

$$k_s = 1,22 \text{ (RIL 205-2 taulukosta, interpoloitu)}$$

$$k_3 = 5,0 \text{ (RIL 205-2 taulukosta, eristeet kannatettu puurangoilla)}$$

$$k_n = 1,5 \text{ (mitoitusmenetelmään sisältyvä vakio)}$$

$$\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min (RIL 205-2 taulukosta, LVL:lle)}$$

$$\beta_{n3} = k_s \cdot k_3 \cdot k_n \cdot \beta_0 = 1,22 \cdot 5,0 \cdot 1,5 \cdot 0,65 = 5,95 \text{ mm/min}$$

5 Nimellinen hiiltymissyvyyden mitoitusarvo

$$\beta_{n2} = 1,01 \text{ mm/min}$$

$$t_f = 45 \text{ (RIL 205-2 taulukosta, interpoloitu)}$$

$$t_{ch} = 40 \text{ min}$$

$$\beta_{n3} = 5,95 \text{ mm/min}$$

$$t = 60 \text{ min (tässä esimerkissä)}$$

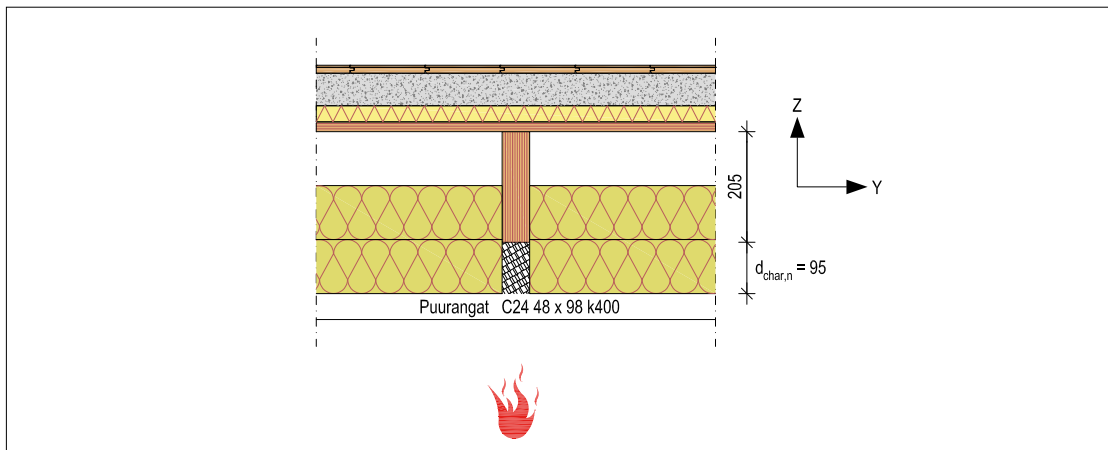
$$d_{char,n} = \beta_{n2} \cdot (t_f - t_{ch}) + \beta_{n3} \cdot (t - t_f) = 1,01 \cdot (45 - 40) + 5,95 \cdot (60 - 45) = 94,3 \text{ mm} \approx 95 \text{ mm}$$

6 Nimellinen jäännöspoikkileikkaus

Kivivilla suojaa palkkien kylkiä, joten palkit hiiltyvät vain yhdestä suunnasta.

$$b_{fi} = 51 \text{ mm}$$

$$h_{fi} = 205 \text{ mm}$$



7 Palkin materiaaliominaisuudet

$$f_{m,k} = 44,0 \text{ N/mm}^2$$

Palkin korkeus on 300 mm, joten $k_h = 1,0$

$$k_{fi} = 1,1 \text{ (RIL 205-2 taulukosta)}$$

$$f_{m,20} = k_{fi} \cdot f_{m,k} = 1,1 \cdot 44,0 = 48,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{d_{char,n}}{h} = \frac{95}{300} = 0,32$$

$$k_{mod,fi} = 0,69 \text{ (RIL 205-2 taulukosta, interpoloitu, palo vedetyllä puolella)}$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

$$f_{m,d,fi} = \frac{k_{mod,fi}}{\gamma_{M,fi}} \cdot f_{m,20} = \frac{0,69}{1,0} \cdot 48,4 = 33,4 \text{ N/mm}^2$$

8 Taivutuskestävyys

$$M_{fi,max} = \frac{p_{fi} \cdot L^2}{8} = \frac{1,86 \cdot 4^2}{8} = 3,7 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{6 \cdot M_{fi}}{b_{fi} \cdot h_{fi}^2} = \frac{6 \cdot 3,7 \cdot 10^6}{51 \cdot 205^2} = 10,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} \leq f_{m,d,fi} \Rightarrow 10,4 \text{ N/mm}^2 < 33,4 \text{ N/mm}^2 \text{ (31 \% OK kestäää)}$$

9 Kiepahduskestävyys

Palkin puristettu reuna on kiepahdustuettu palon vastaisen puolen levytyksellä koko palonkestoajan.

10 Leikkauskestävyys

Ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa, koska palkin poikkileikkaus on suorakaide.

11 Tukipainekestävyys

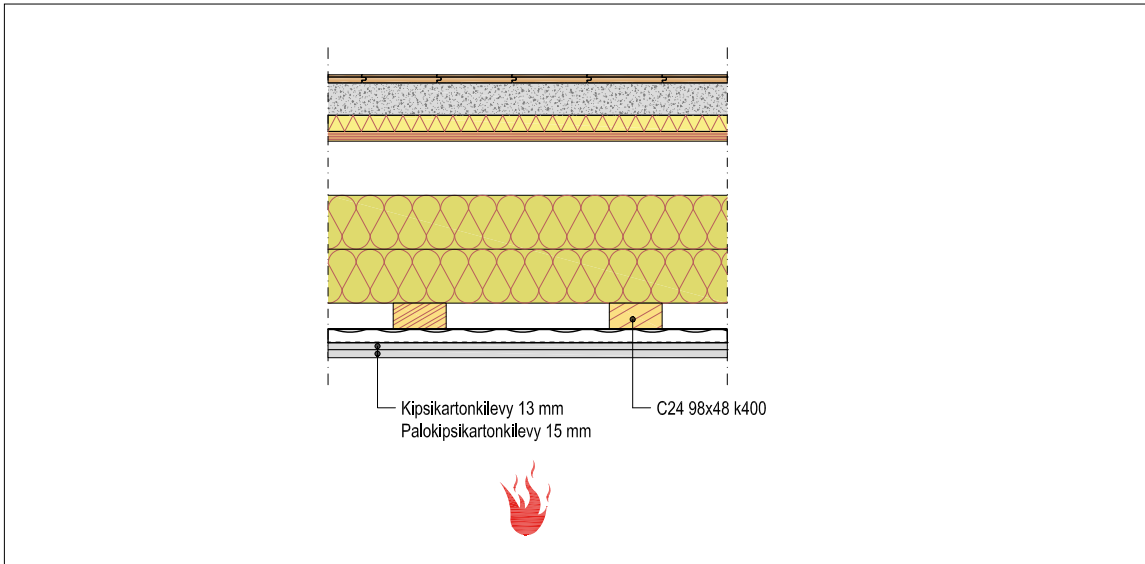
Ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa.

12 Taipuma

Taipumaa ei yleensä tarvitse tarkastaa palotilanteessa ellei siitä ole vaaraa muille rakenteille ja rakenteiden palosuojauksille.

13 Ontelon palosuojavillojen kannatusrangat

Ontelon villat kannatetaan palkiston alapinnassa olevilla puurangoilla koko palonkestoajan. Villojen kannatus akustisilla jousirangoilla ei ole yleensä järkevää, koska niiden kiinnitysruuvien tulee yltää hiiltymättömään palkin osaan. Tällöin kiinnitysruuveista tulee yleensä erittäin pitkiä. Mitoitetaan tämän esimerkin välipohjan villojen kannatukseen käytettävien puurankojen koko. Puurangat ovat sahatavaraa ja ne altistuvat palolle kolmelta sivulta.



14 Kannatusrankojen nimellinen hiiltymisnopeus ennen levyjen murtumista

Hiiltyminen alkaa ennen levytyksen murtumista, koska levytyksessä käytetään palokipsilevyä.

$$k_2 = 0,85 \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta})$$

$$\beta_n = 0,8 \text{ mm/min} \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta, sahatavaralle})$$

$$\beta_{n2} = k_2 \cdot \beta_n = 0,85 \cdot 0,80 = 0,68 \text{ mm/min}$$

15 Kannatusrankojen nimellinen hiiltymisnopeus levyjen murtumisen jälkeen

$$k_3 = 2,0 \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta})$$

$$\beta_n = 0,8 \text{ mm/min} \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta, sahatavaralle})$$

$$\beta_{n3} = k_3 \cdot \beta_n = 2,0 \cdot 0,80 = 1,6 \text{ mm/min}$$

16 Kannatusrankojen tehollisen hiiltymissyvyyden mitoitusarvo

$$t_f = 45 \text{ min} \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta})$$

$$t_{ch} = 40 \text{ min} \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta})$$

$$t = 60 \text{ min} \quad (\text{tässä esimerkissä})$$

$$t_a = \frac{25 - (t_f - t_{ch}) \cdot k_2 \cdot \beta_n}{k_3 \cdot \beta_n} + t_f = \frac{25 - (45 - 40) \cdot 0,85 \cdot 0,8}{2 \cdot 0,80} + 45 = 58,5 \text{ min}$$

t_a = aika, jolloin hiiltyminen on edennyt 25 mm:n syvyyteen ja hiiltymisnopeus palautuu normaaliksi

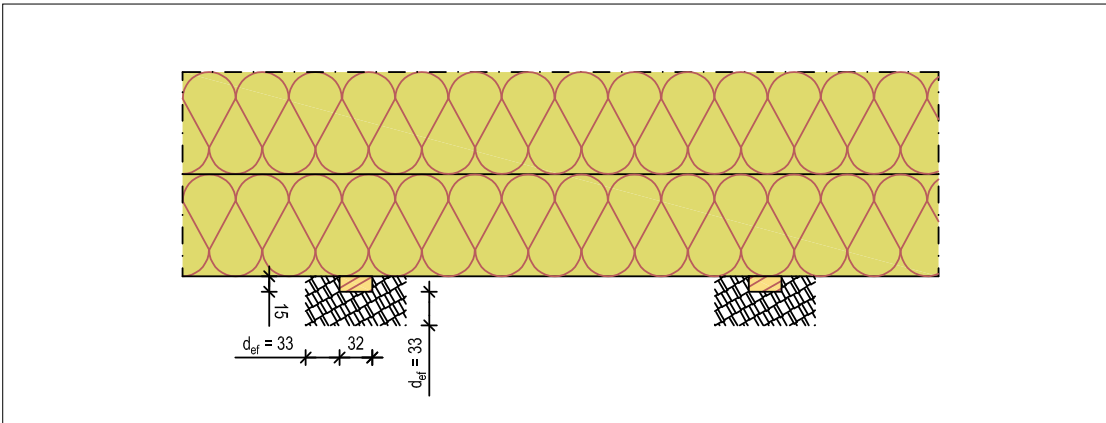
$$d_{char,n} = \beta_{n2} \cdot (t_f - t_{ch}) + \beta_{n3} \cdot (t_a - t_f) + \beta_n \cdot (t - t_a)$$

$$d_{char,n} = 0,68 \cdot (45 - 40) + 1,6 \cdot (58,5 - 45) + 0,8 \cdot (60 - 58,5) = 26,2 \text{ mm} \approx 26 \text{ mm}$$

$$t \geq 20 \text{ min} \Rightarrow k_0 = 1,0$$

$$d_0 = 7,0 \text{ mm} \quad (\text{vakio})$$

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 26 + 1,0 \cdot 7,0 = 33 \text{ mm}$$



17 Yhteenveto

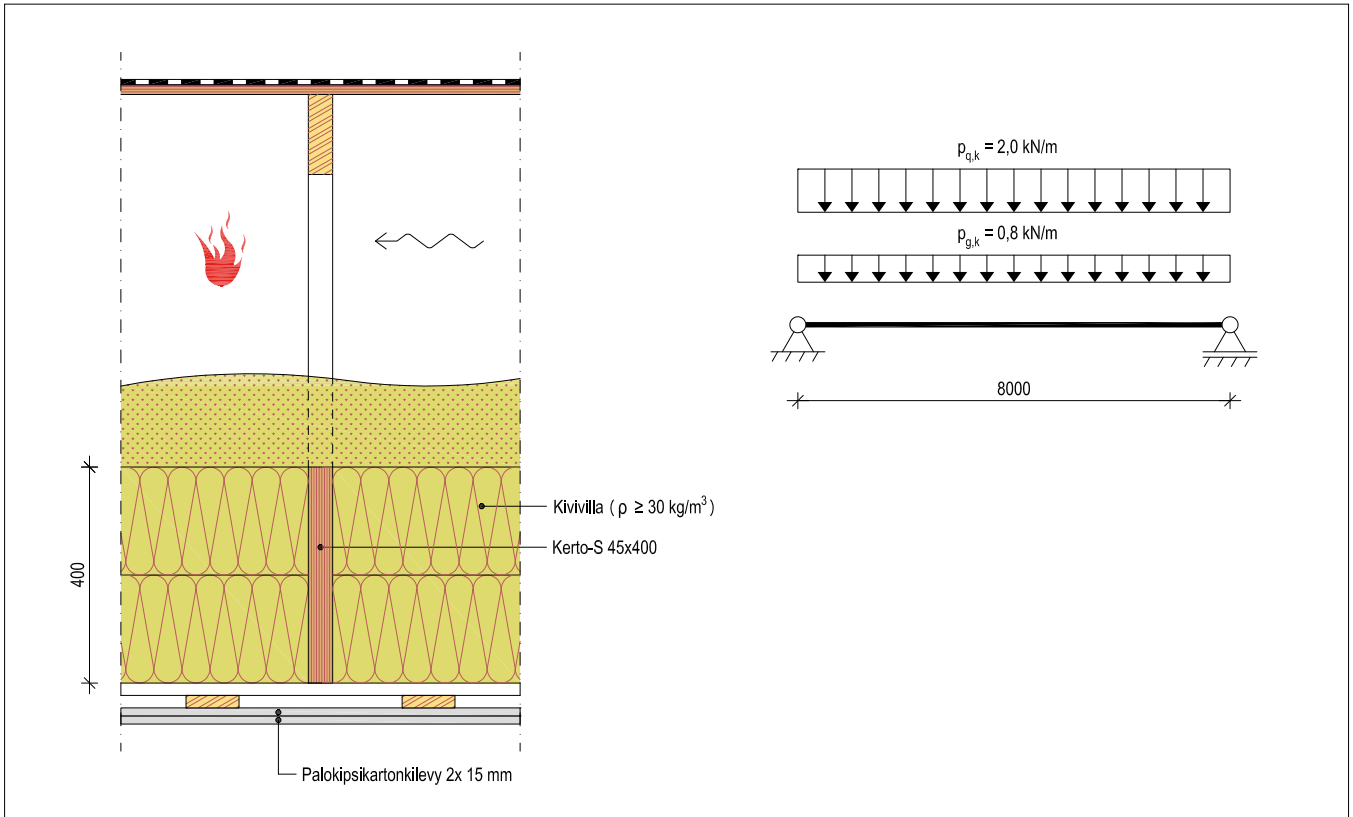
Välipohjan palkisto täyttää vaatimuksen R 60, kun palkkien kiepahtaminen on estetty palon vastaisen puolen levytyksellä.

Kivillalevyjen kannatusrangat C24 98x48 k400 ovat riittävät, koska 60 min palon jälkeen rangan tehollinen poikkileikkaus on 32x15, jonka voidaan olettaa kantavan kivivillalevyt ajanhetkellä 60 min.

Käytännön toteutusratkaisuisa on suositeltavaa käyttää alakatossa 15 mm + 15 mm palokipsilevytystä, jolloin puurakenteet on palosuojattu koko palonkestoajalle (tässä 60 min). Tällöin villalta ei vaadita palosuojausominaisuuksia ja alakaton koolauksena voidaan käyttää tavallista lautaa.

Esimerkki 4

LEVYSUOJATUN NR-YLÄPOHJAN PALOMITOITUS LUOKKAAN R 60



1 NR-ristikon toiminta palotilanteessa

NR-yläpohja on suojattu alapuolista paloa vastaan palokipsilevyillä koko palonkestoajalle, joten alapuolista paloa ei tarvitse tutkia tässä esimerkissä. Ullakkopalossa NR-ristikon toiminta ristikkona menetetään, jolloin palotilanteen kantavuus mitoitetaan alapaarrepalkin varaan. Alapaarrepalkkina käytetään Kerto-S-palkkia 45x400, joka on osa NR-ristikkoo.

2 Alapuolinen palo

F-tyyppin kipsikartonkilevyt 2x 15 mm

$t_{ch} = 60 \text{ min} \rightarrow$ suojattu koko palonkestoajalle

3 Palotilanteen kuormitus alapaarrepalkille

$\psi_{1,1} = 0,5$ (tässä esimerkissä muuttuva kuorma on lumikuorma)

$p_{fi} = p_{g,k} + \psi_{1,1} \cdot p_{q,k} = 0,8 + 0,5 \cdot 2,0 = 1,8 \text{ kN/m}$

4 Alapaarrepuun materiaaliominaisuudet

$$f_{m,k} = 44,0 \text{ N/mm}^2$$

$$k_h = \left(\frac{300}{h}\right)^{0,12} = \left(\frac{300}{400}\right)^{0,12} = 0,97 \leq 1,2$$

$$k_{fi} = 1,1 \text{ (RIL 205-2 taulukosta)}$$

$$f_{m,20} = k_{fi} \cdot k_h \cdot f_{m,k} = 1,1 \cdot 0,97 \cdot 44,0 = 46,9 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

$$f_{m,d,fi} = \frac{k_{mod,fi}}{\gamma_{M,fi}} \cdot f_{m,20} = \frac{1,0}{1,0} \cdot 34,5 = 34,5 \text{ N/mm}^2$$

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

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

5 Tehollisen hiiltemissyvyyden mitoitusarvo (yläpuolinen palo)

$$\beta_n = 0,7 \text{ mm/min (RIL 205 taulukosta)}$$

$$t = 60 \text{ min (tässä esimerkissä)}$$

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t = 0,7 \cdot 60 = 42 \text{ mm}$$

$$t \geq 20 \text{ min} \Rightarrow k_0 = 1,0$$

$$d_0 = 7,0 \text{ mm (vakio)}$$

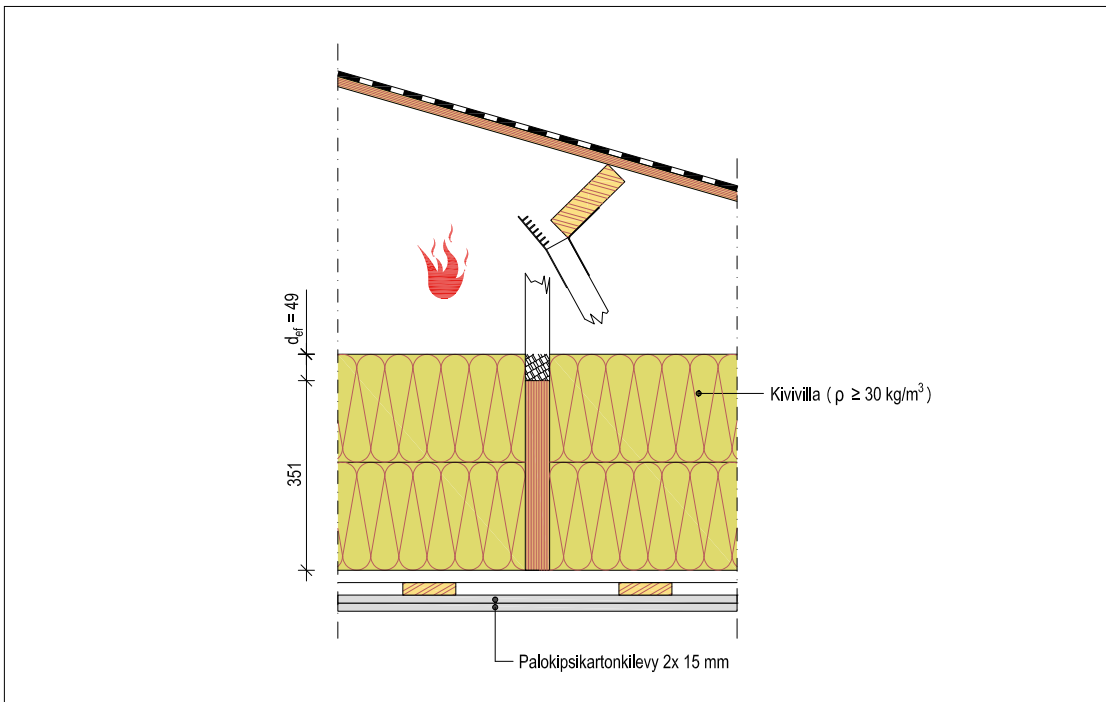
$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 42 + 1,0 \cdot 7,0 = 49 \text{ mm}$$

6 Tehollinen poikkileikkaus (yläpuolinen palo)

Kivillä suojaa palkkien kylkiä, joten palkit hiiltävät vain yhdestä suunnasta.

$$b_{fi} = 45 \text{ mm}$$

$$h_{fi} = 351 \text{ mm}$$



7 Taivutuskestävyys (yläpuolinen palo)

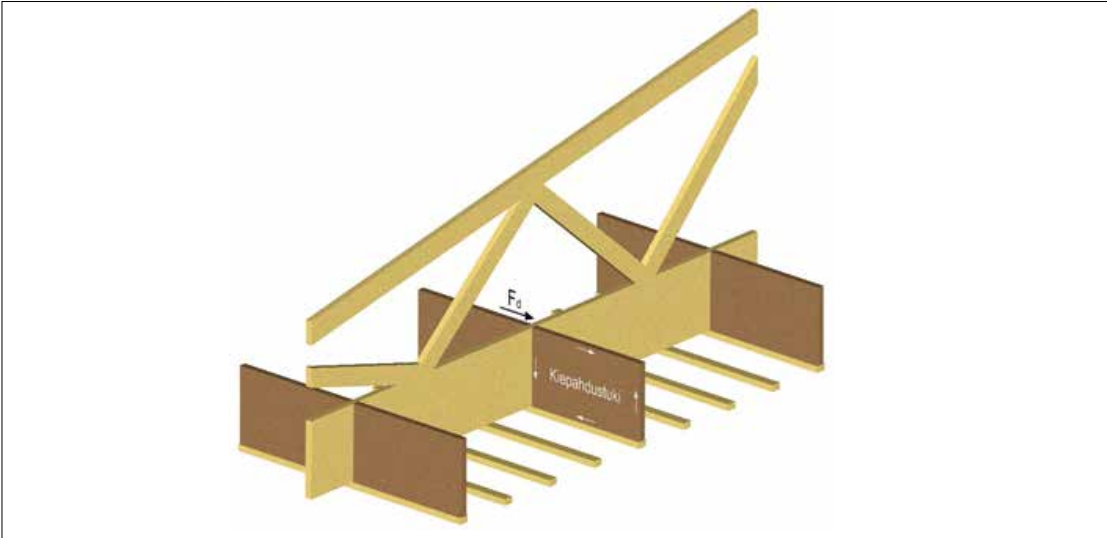
$$M_{fi,max} = \frac{p_{fi} \cdot L^2}{8} \Rightarrow M_{fi,max} = \frac{1,8 \cdot 8^2}{8} = 14,4 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{6 \cdot M_{fi}}{b_{fi} \cdot h_{fi}^2} = \frac{6 \cdot 14,4 \cdot 10^6}{45 \cdot 351^2} = 15,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} \leq f_{m,d,fi} \Rightarrow 15,6 \text{ N/mm}^2 < 34,5 \text{ N/mm}^2 \quad (45 \% \text{ OK kestä})$$

8 Kiepahduskestävyys (yläpuolinen palo)

Alapaarrepalkki tuetaan palkkien väliin asennetuilla kiepahdustuilla, jolloin kiepahdustuet toimivat koko palonkestoajan (hiiltyvät vain yläreunasta). Tukien k-jako on $a = 1000$ mm.



$$\ell_{ef,fi} = a + 2 \cdot h_{fi} = 1000 + 2 \cdot 351 = 1702 \text{ mm} \quad (a\text{-mitta kiepahdustukien jako} \rightarrow \text{varmalla puolella})$$

$$c = 0,58$$

$$\sigma_{m,crit,fi} = \frac{c \cdot b_{fi}^2}{h_{fi} \cdot \ell_{ef,fi}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,58 \cdot 45^2}{351 \cdot 1702} \cdot 11600 = 22,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m,fi} = \sqrt{\frac{k_h \cdot f_{m,k}}{\sigma_{m,crit,fi}}} = \sqrt{\frac{0,97 \cdot 44,0}{22,8}} = 1,37$$

$$k_{crit,fi} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m,fi} = 1,56 - 0,75 \cdot 1,37 = 0,53$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} \leq k_{crit,fi} \cdot f_{m,d,fi} \Rightarrow 15,6 \text{ N/mm}^2 > 0,53 \cdot 34,5 \text{ N/mm}^2 = 18,3 \text{ N/mm}^2 \quad (85 \% \text{ OK kestä})$$

9 Leikkauskestävyys

Ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa, koska palkin poikkileikkaus on suorakaide.

10 Tukipainekestävyys

Ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa.

11 Taipuma (yläpuolinen palo)

Taipumaa ei yleensä tarvitse tarkastaa palotilanteessa, ellei siitä ole vaaraa muille rakenteille ja rakenteiden palosuojauksille. Tarkastetaan kuitenkin alapaarrepalkin taipuma tässä tapauksessa.

$$I_{y,fi} = \frac{b_{fi} \cdot h_{fi}^3}{12} = \frac{45 \cdot 351^3}{12} = 162 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

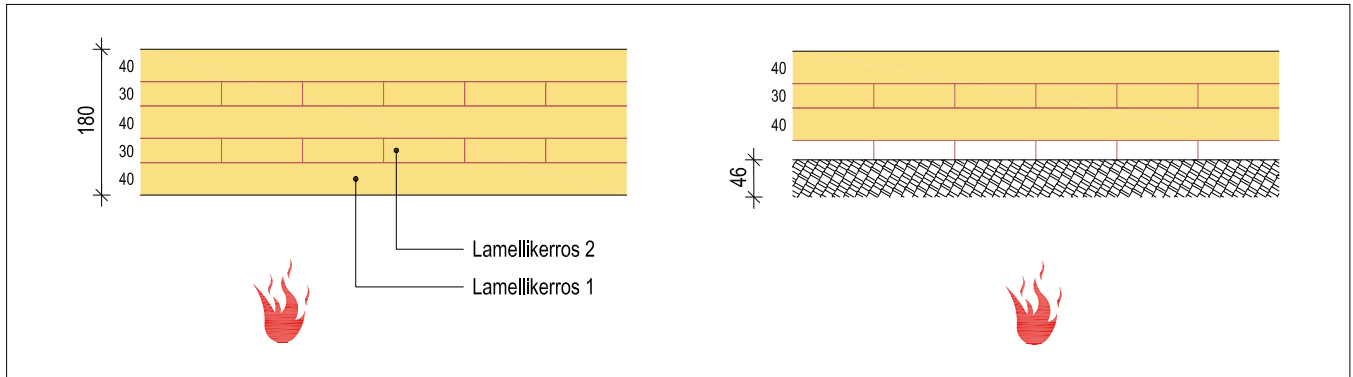
$$\omega_{fi} = \frac{5}{384} \cdot \frac{p_{fi} \cdot L^4}{E_{mean} \cdot I_{y,fi}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,8 \cdot 8000^4}{13800 \cdot 162 \cdot 10^6} = 42,9 \text{ mm}$$

12 Yhteenveto

NR-yläpohja täyttää vaatimuksen R 60, kun alapaarrepalkkien kiepahtaminen on estetty palkkien välissä olevilla kiepahdustuilla.

Esimerkki 5

PALOSUOJAAMATTOMAN CLT-VÄLIPOHJAN HIILTYMISSYVYYS



1 Yleistä

Tässä esimerkissä tarkastellaan syrjäliimatusta CLT-levystä tehtyä välipohjaa palotilanteessa. Laskelma tehdään CLT-levyvalmistajan ohjeiden mukaan. Tässä esimerkissä levyvalmistaja on Stora Enson. Palo sijaitsee välipohjan alapuolella. Välipohjassa ei ole palosuojausta, joten CLT-levyn hiiltyminen alkaa välittömästi levyn pinnalta. Palonkesto-aika on 60 minuuttia.

2 Lamellikerroksen 1 hiiltyminen

Lamellikerros 1 hiilty nopeudella $\beta_{0,1} = 0,65$ mm/min liimasaumaan saakka

$d_1 = 40$ mm (lamellikerros 1)

$\beta_{0,1} = 0,65$ mm/min

Lamellikerros 1 ei hiilly kokonaan 60 minuutin palonkesto-aikana.

$d_{char,0,1} = \beta_{0,1} \cdot t = 0,65 \cdot 60 = 39$ mm

3 Tehollinen hiiltymissyvyys

$d_{char,0} = d_{char,0,1} = 39$ mm

$t \geq 20$ min $\Rightarrow k_0 = 1,0$

$d_0 = 7$ mm

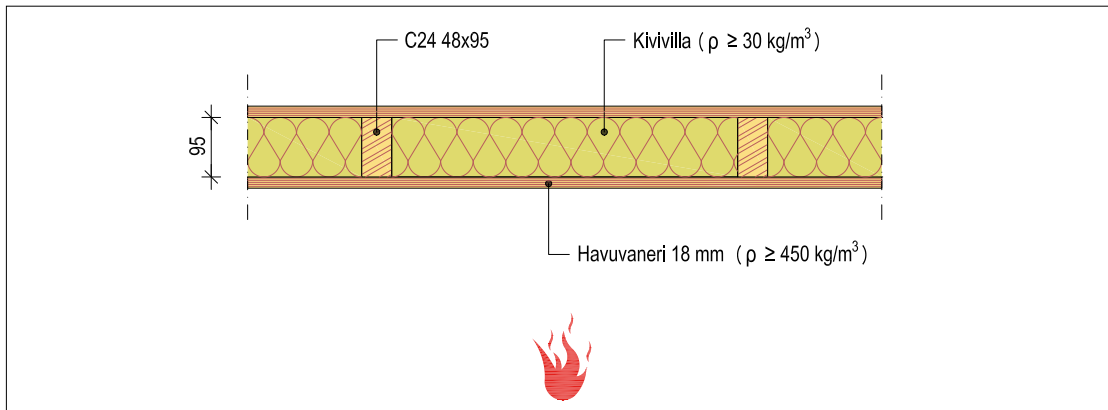
$d_{ef} = d_{char,0} + k_0 \cdot d_0 = 39 + 1,0 \cdot 7 = 46$ mm

4 Yhteenveto

CLT-levystä hiiltyy 60 minuutin palonkesto-aikana 46 mm. Poikittainen lamellikerros 2 tulee vähentää tehollisesta poikkileikkauksesta, koska se ei ole kuormia kantava lamellikerros. Näin ollen tehollinen poikkileikkaus on symmetrinen 3-kerroslevy (40+30+40).

Esimerkki 6

SEINÄN OSASTOIVUUDEN MITOITUS



1 Yleistä

Tässä esimerkissä tarkastellaan ei-kantavan rankaseinän osastoivuutta. Kyseinen mitoitusmenetelmä pätee enintään 3 m korkeille seinille. Osastoivuuden lisäksi tulee tarkastaa, että rangan kestävyys on riittävä siihen kohdistuville rasituksille palonkestoajan (ei tarkastella tässä esimerkissä). Rangan hiiltymissyvyys on riippuvainen seinän levytyksen palo-ominaisuuksista. Myös ontelon täyteen tyyppi vaikuttaa rangan hiiltymiseen.

2 Palon puoleinen vanerilevy

$$t_{ins,0,1} = 17 \text{ min (eristävyuden perusarvo)}$$

$$k_{pos,1} = 0,90 \text{ (sijaintikerroin)}$$

$$k_{j,1} = 1,0 \text{ (saumakerroin)}$$

3 Ontelotila

$$h_{ins} = 95 \text{ mm}$$

$$k_{dens} = 1,02$$

$$t_{ins,0,2} = 0,2 \cdot h_{ins} \cdot k_{dens} = 0,2 \cdot 95 \cdot 1,02 = 19 \text{ min (eristävyuden perusarvo)}$$

$$k_{pos,2} = 1,0 \text{ (sijaintikerroin)}$$

$$k_{j,2} = 1,0 \text{ (saumakerroin)}$$

4 Palon vastaisen puolen vanerilevy

$$t_{ins,0,3} = 17 \text{ min (eristävyuden perusarvo)}$$

$$k_{pos,3} = 1,5 \text{ (sijaintikerroin)}$$

$$k_{j,3} = 1,0 \text{ (saumakerroin)}$$

5 Seinän osastoivuus

$$t_{ins} = \sum t_{ins,0,j} \cdot k_{pos} \cdot k_j = 17 \cdot 0,9 \cdot 1,0 + 19 \cdot 1,0 \cdot 1,0 + 17 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 59,8 \text{ min} \approx 60 \text{ min}$$

6 Yhteenveto

Seinän osastoivuus on EI 60.