



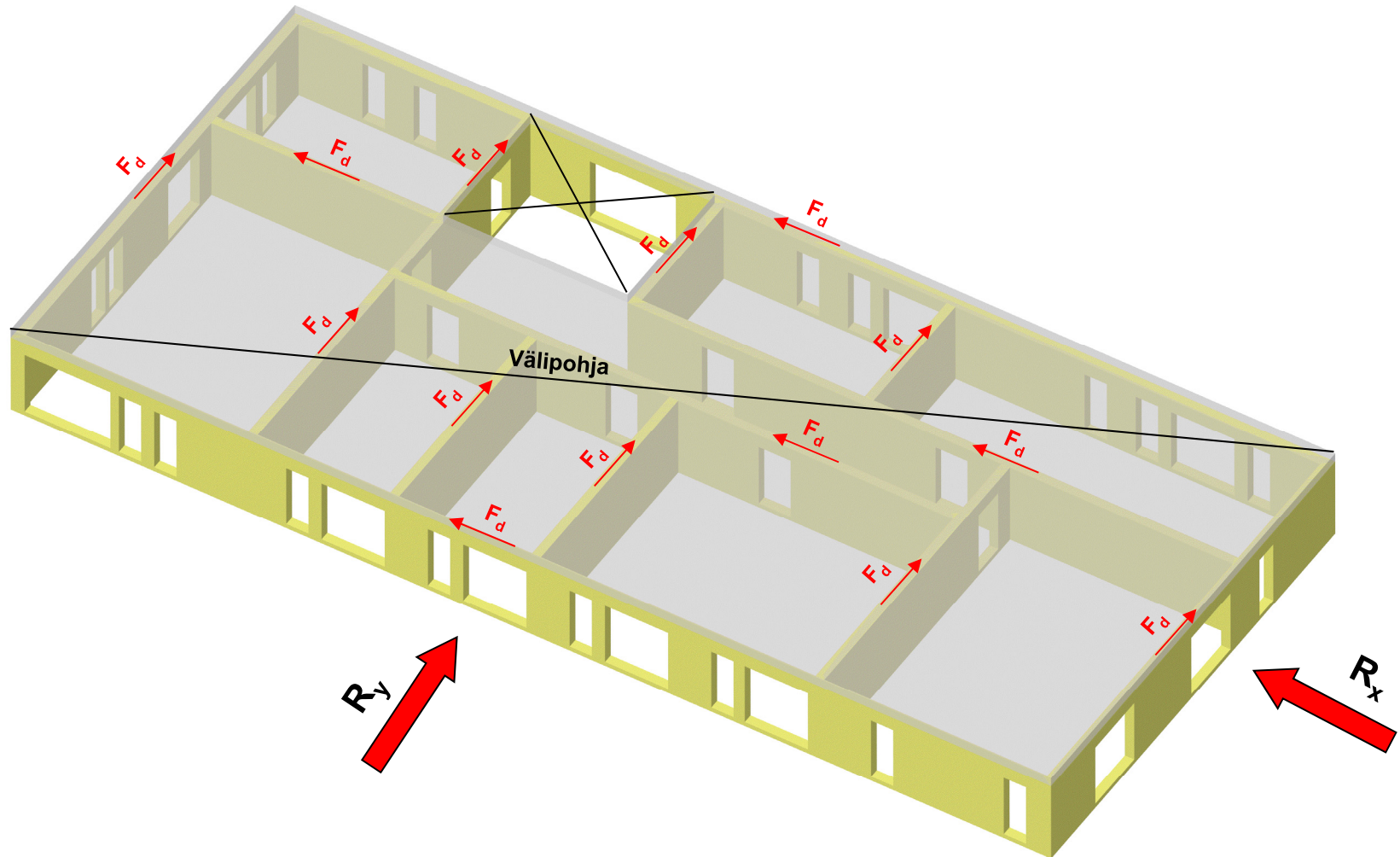
Levyjäykistys puukerrostalossa

Vaativien puurakenteiden suunnittelu -koulutus 2018

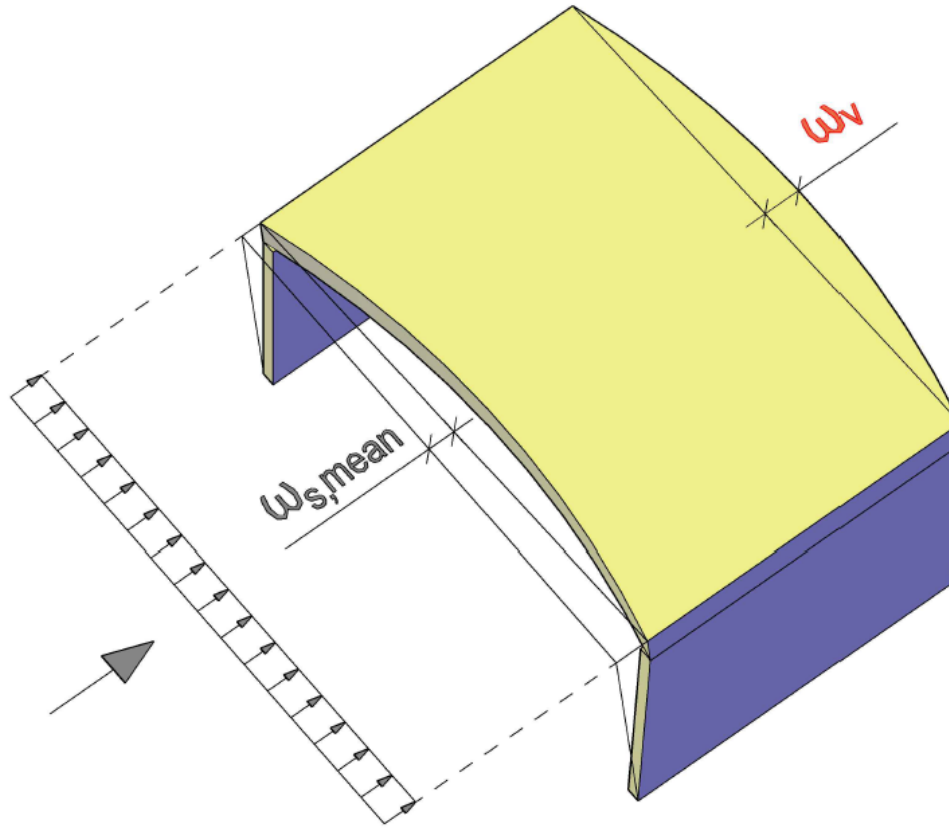
Moduuli 3

Tero Lahtela

Joustamaton vai joustava välipohja?



Maailmalta löytyy erilaisia ohjeita välipohjan jäykkyyksivaatimukselle



Esimerkki maailmalta löytyvistä ohjeista

$$\omega_v \leq 0,5 \cdot \omega_{s,mean}$$

→ Joustamaton välipohja (rigid)

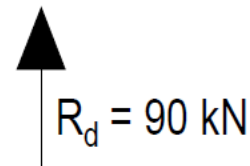
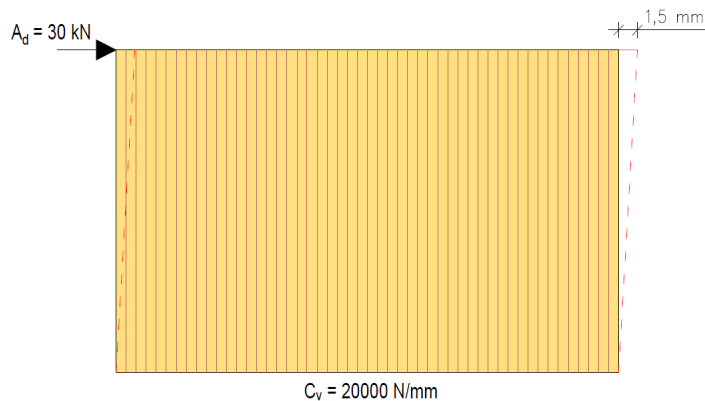
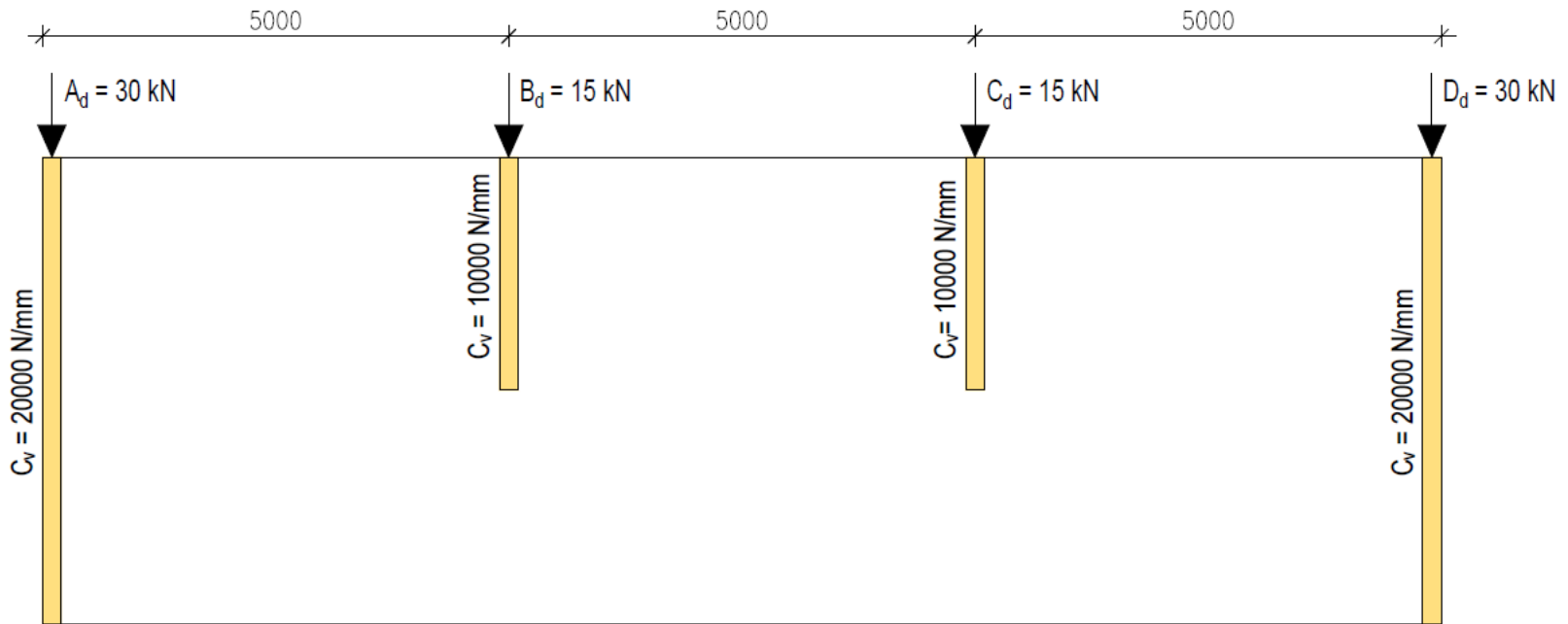
$$0,5 \cdot \omega_{s,mean} < \omega_v \leq 2,0 \cdot \omega_{s,mean}$$

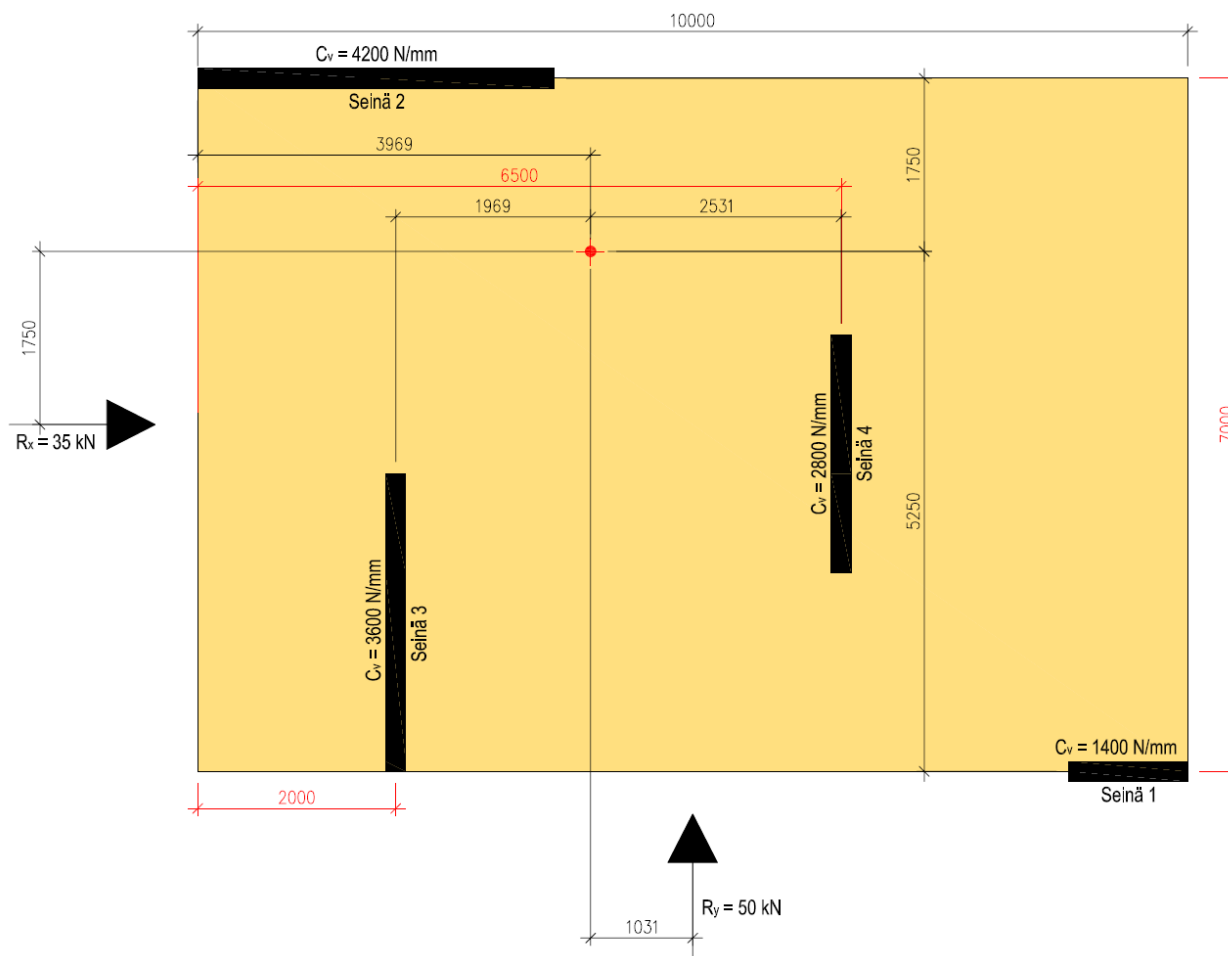
→ Jäykkä välipohja (stiff)

$$\omega_v > 2,0 \cdot \omega_{s,mean}$$

→ Joustava välipohja (flexible)

Joustamaton välipohja (rigid)

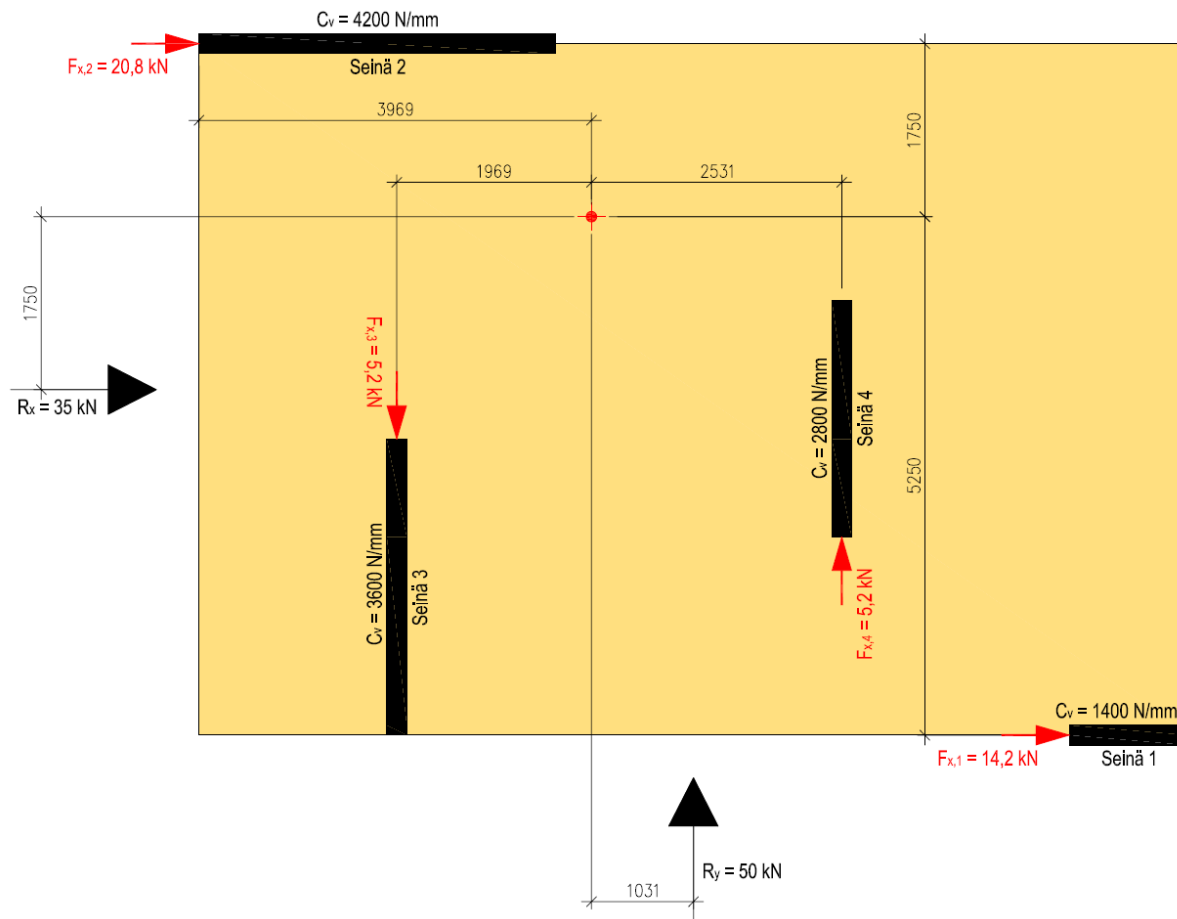




VÄÄNTÖKESKIÖ

$$x_s = \frac{3600 \cdot 2000 + 2800 \cdot 6500}{3600 + 2800} = 3969 \text{ mm}$$

$$y_s = \frac{4200 \cdot 7000 + 1400 \cdot 0}{4200 + 1400} = 5250 \text{ mm}$$



SEINIEN KUORMAT ($R_x = 35 \text{ kN}$)

Seinä 1

$$F_{x,1} = \frac{1400}{1400 + 4200} \cdot 35000 + \frac{35000 \cdot 1750 \cdot 5250 \cdot 1400}{(1400 \cdot 5250^2 + 4200 \cdot 1750^2) + (3600 \cdot 1969^2 + 2800 \cdot 2531^2)} = 14,2 \text{ kN}$$

Seinä 2

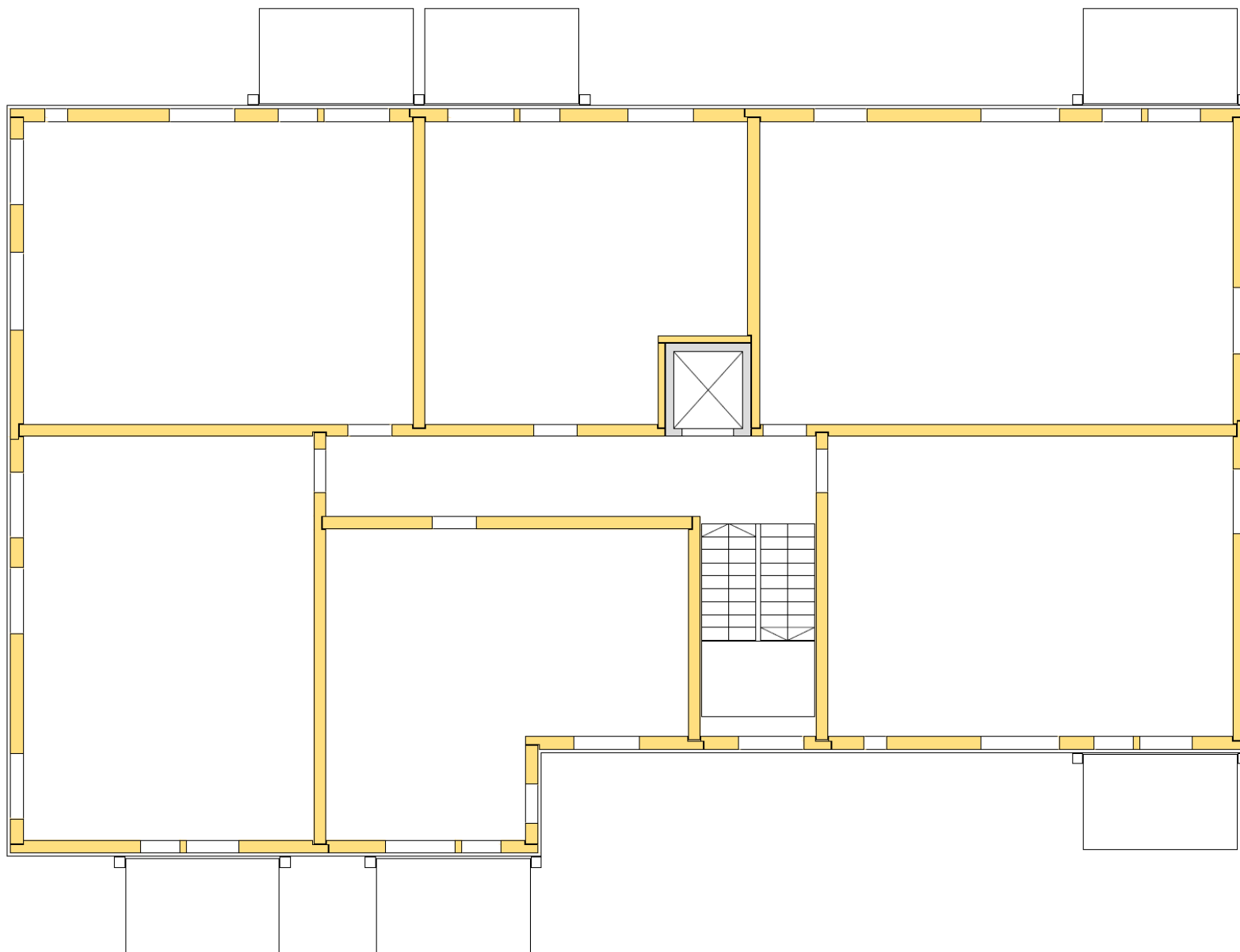
$$F_{x,2} = \frac{4200}{1400 + 4200} \cdot 35000 - \frac{35000 \cdot 1750 \cdot 1750 \cdot 4200}{(1400 \cdot 5250^2 + 4200 \cdot 1750^2) + (3600 \cdot 1969^2 + 2800 \cdot 2531^2)} = 20,8 \text{ kN}$$

Seinä 3

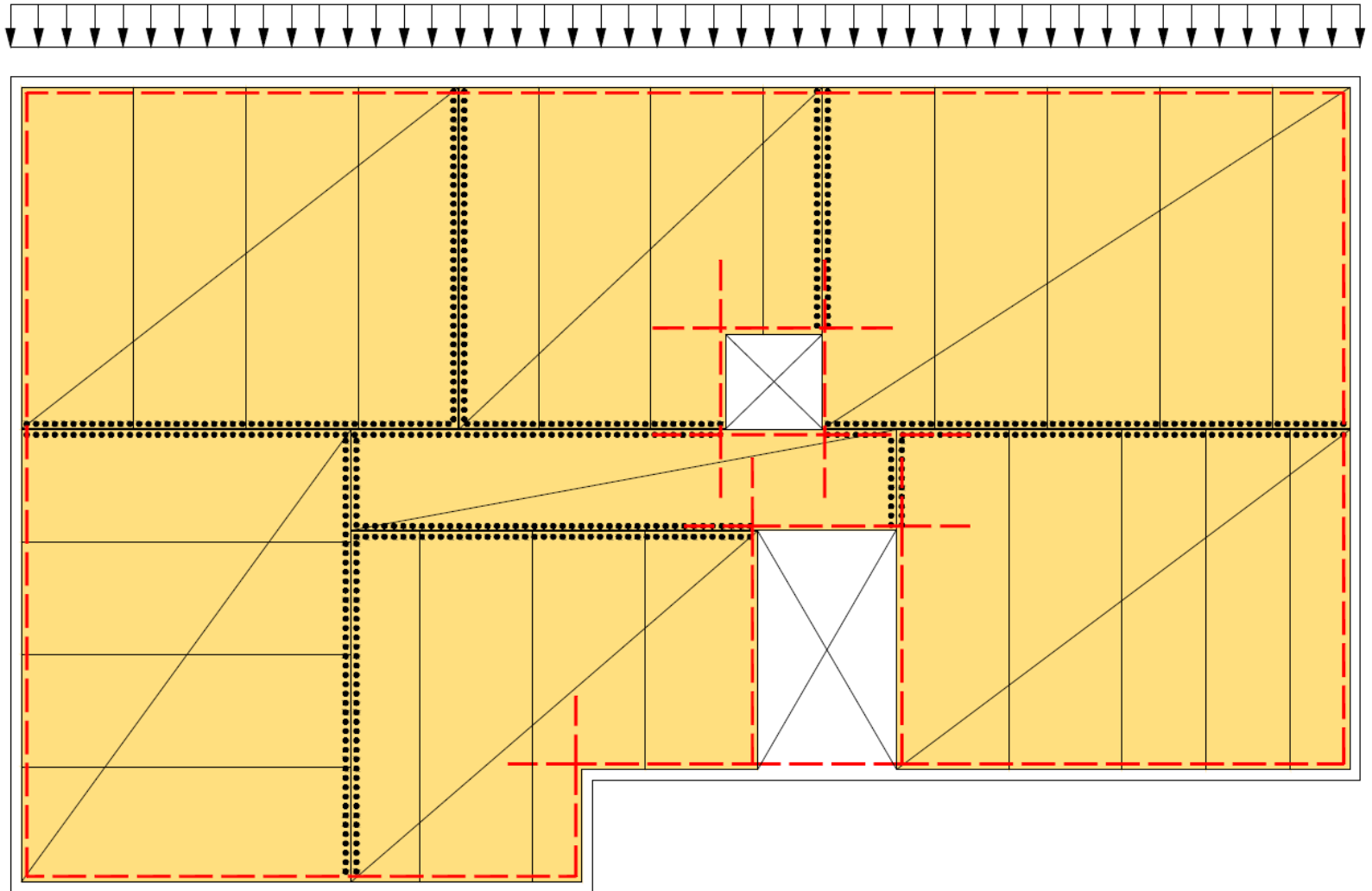
$$F_{x,3} = \frac{35000 \cdot 1750 \cdot 1969 \cdot 3600}{(1400 \cdot 5250^2 + 4200 \cdot 1750^2) + (3600 \cdot 1969^2 + 2800 \cdot 2531^2)} = 5,2 \text{ kN}$$

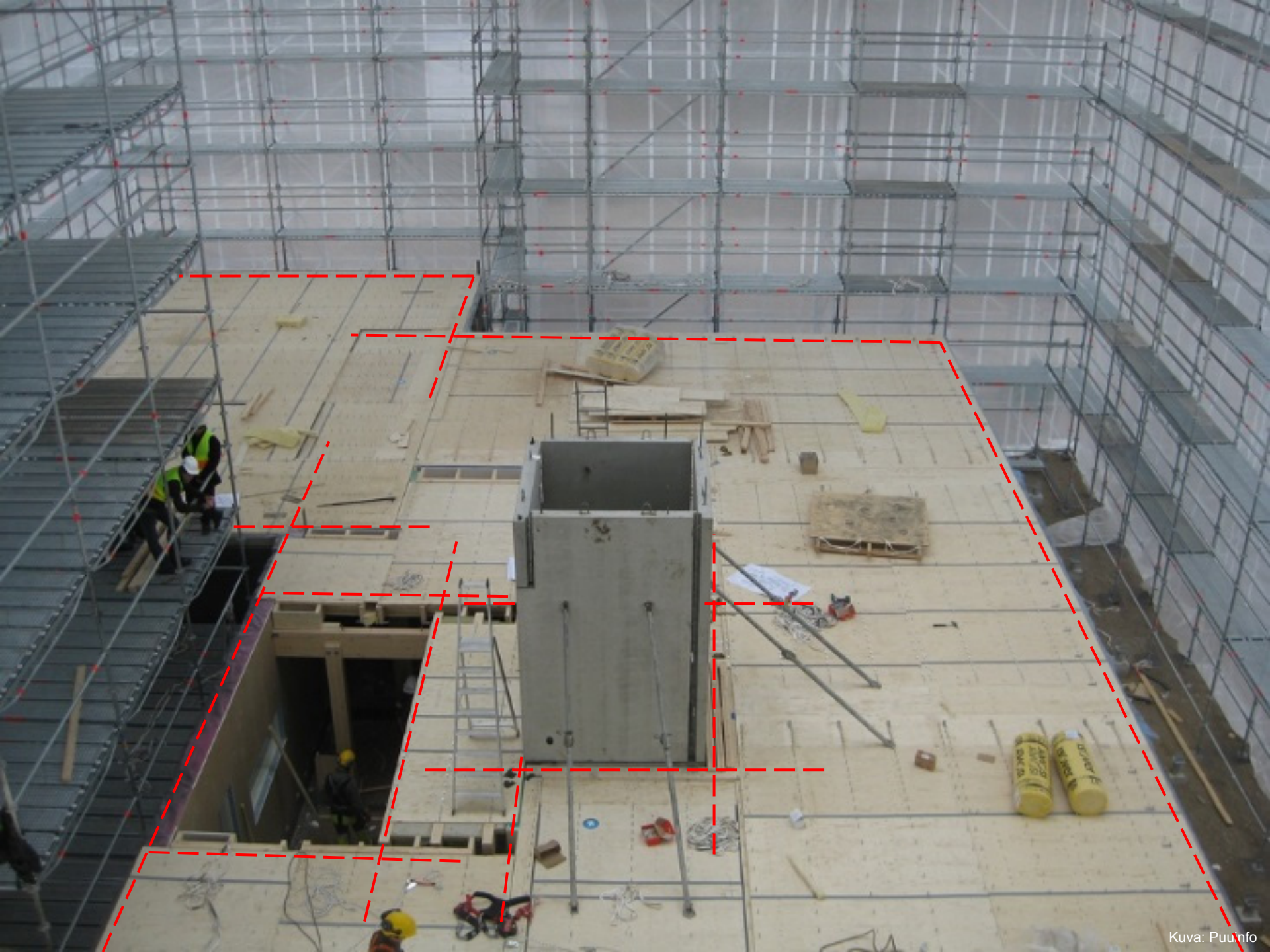
Seinä 4

$$F_{x,4} = \frac{35000 \cdot 1750 \cdot 2531 \cdot 2800}{(1400 \cdot 5250^2 + 4200 \cdot 1750^2) + (3600 \cdot 1969^2 + 2800 \cdot 2531^2)} = 5,2 \text{ kN}$$

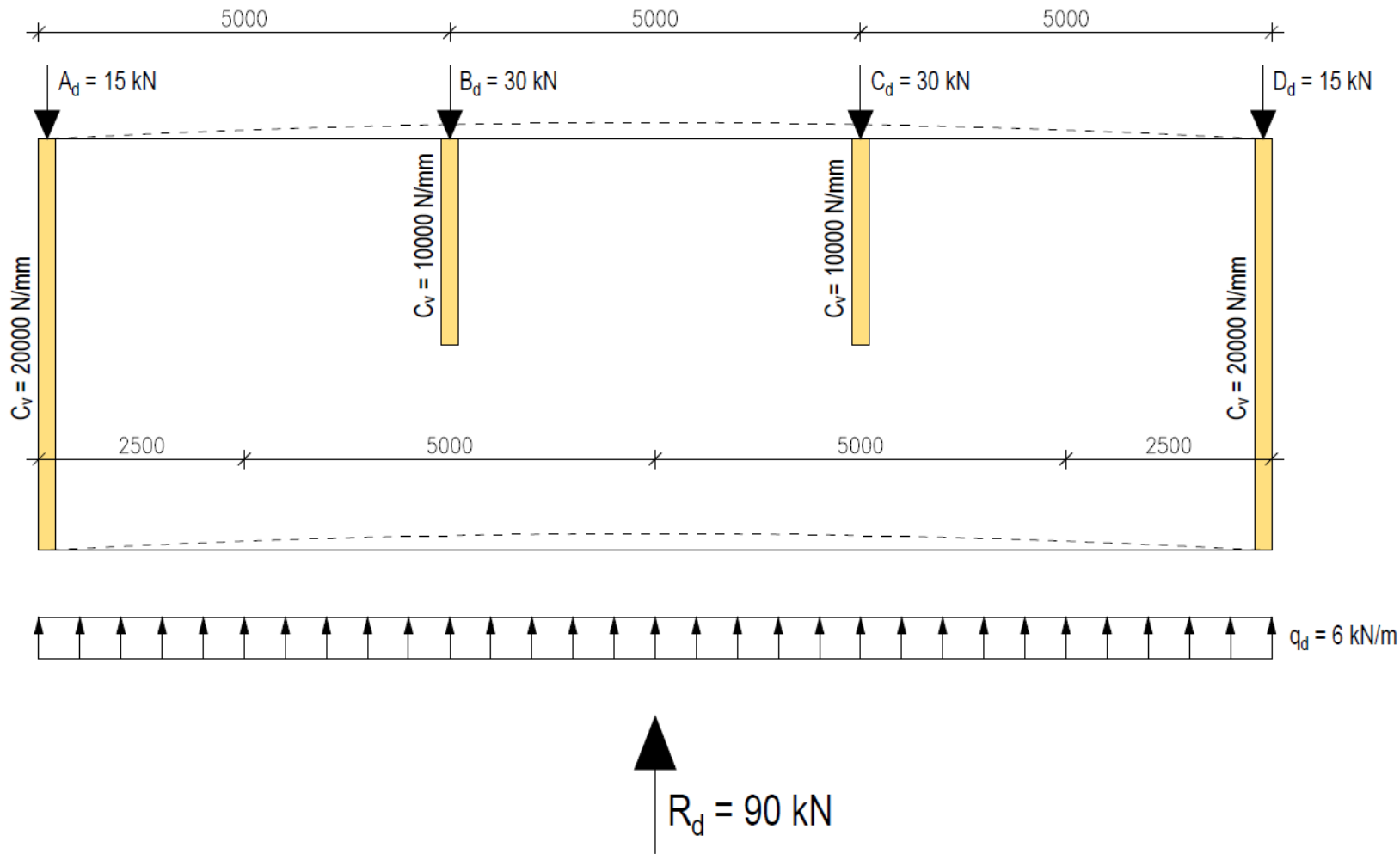


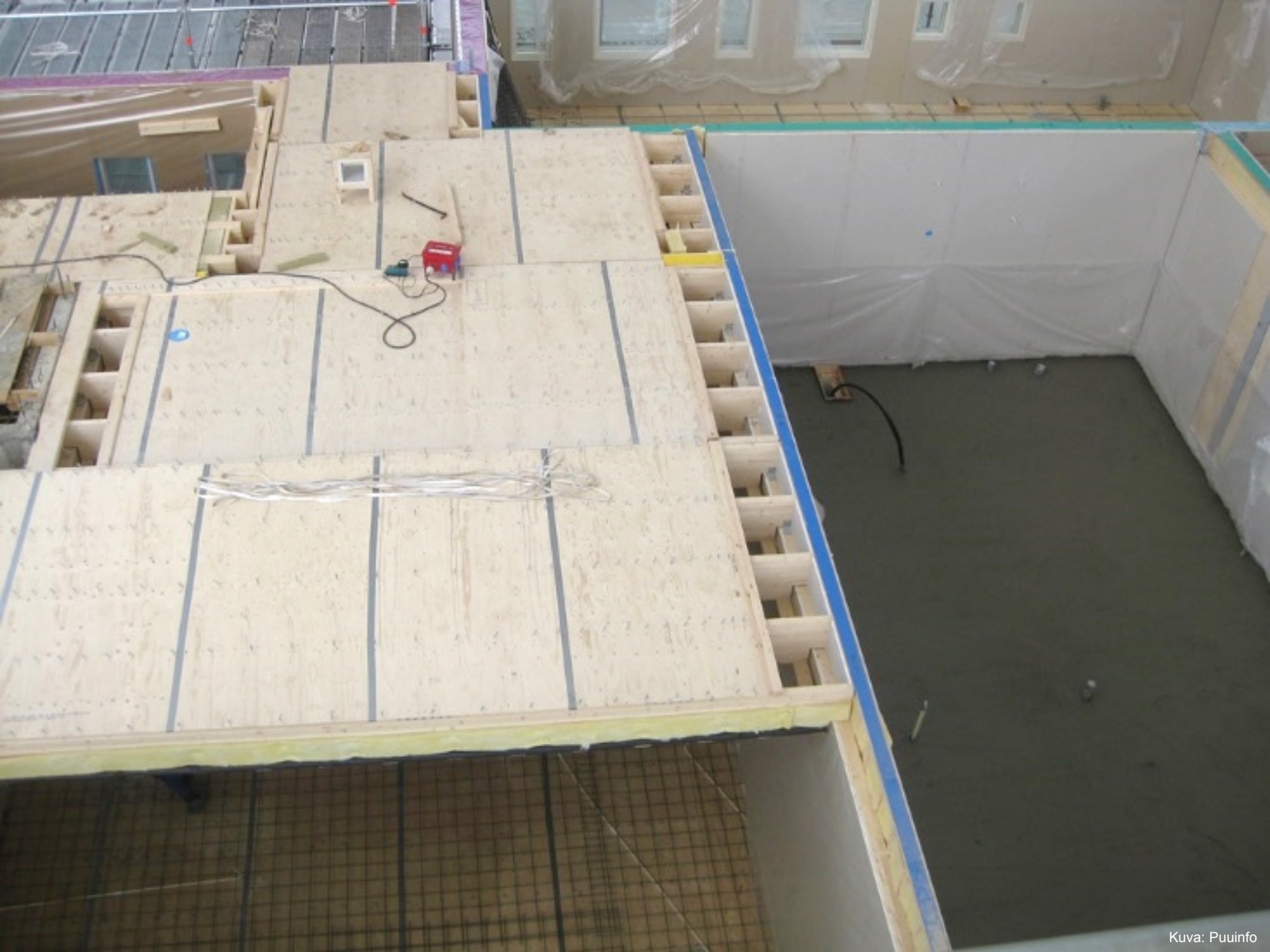


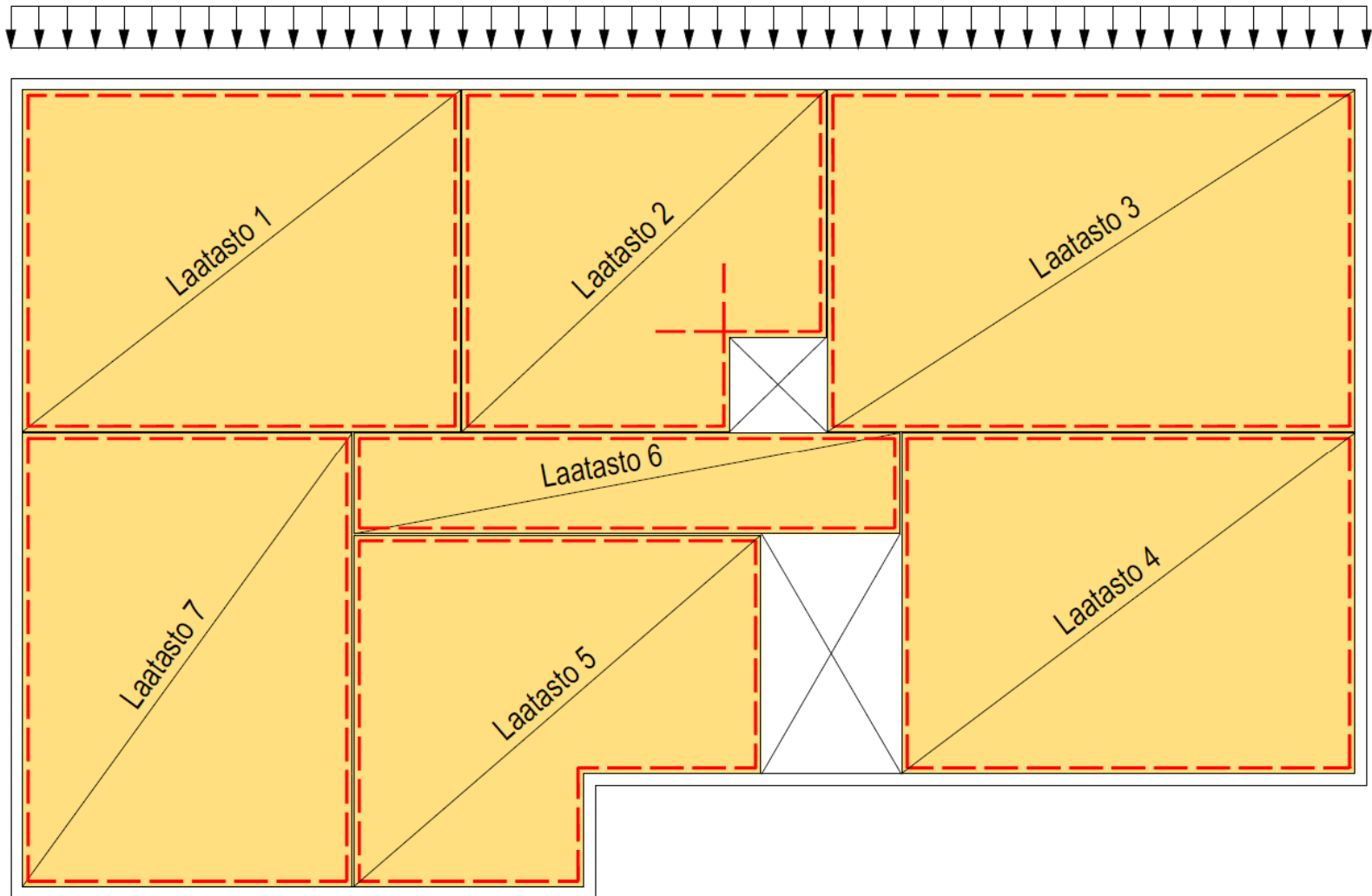


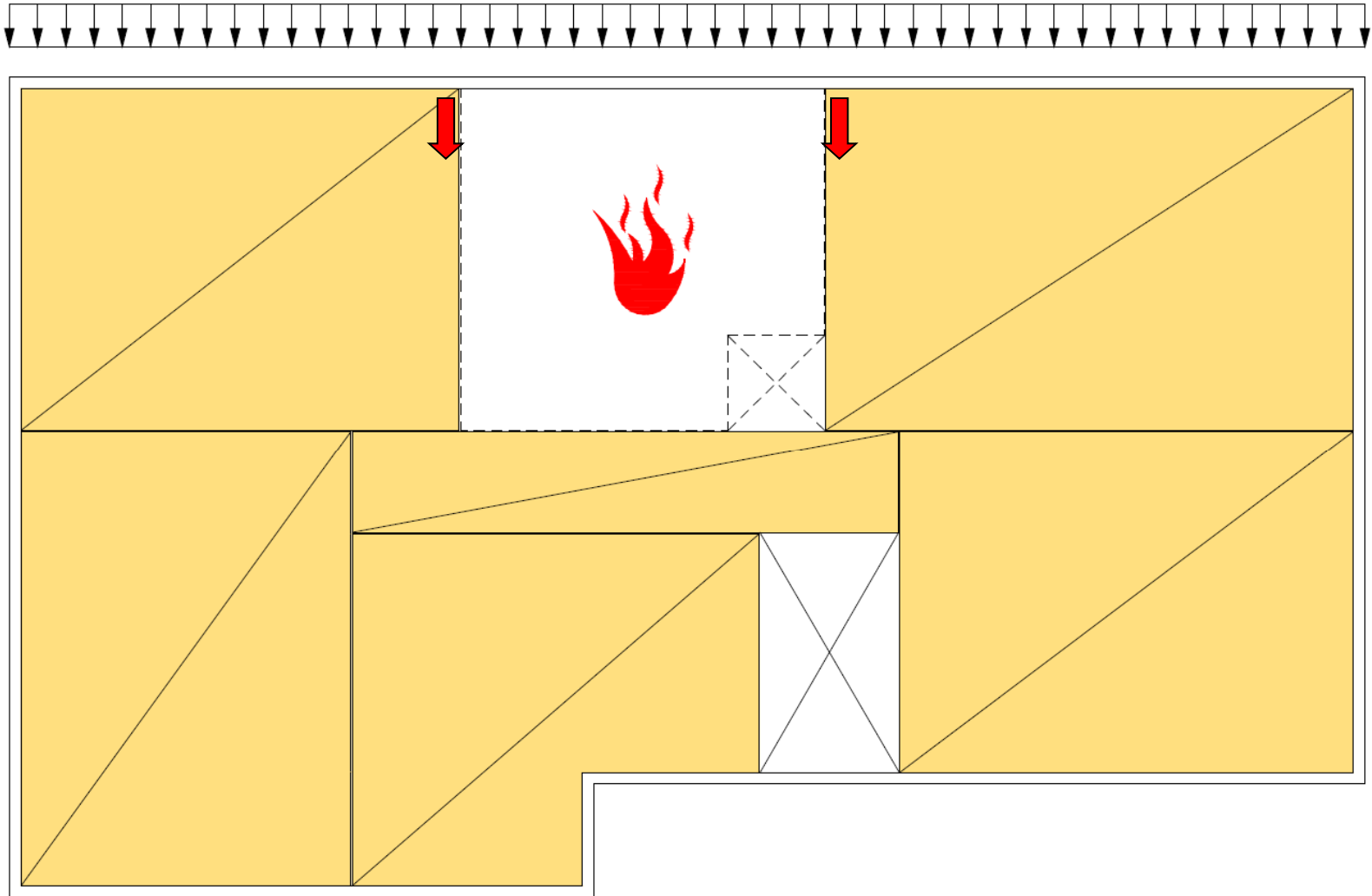


Joustava välipohja (flexible)



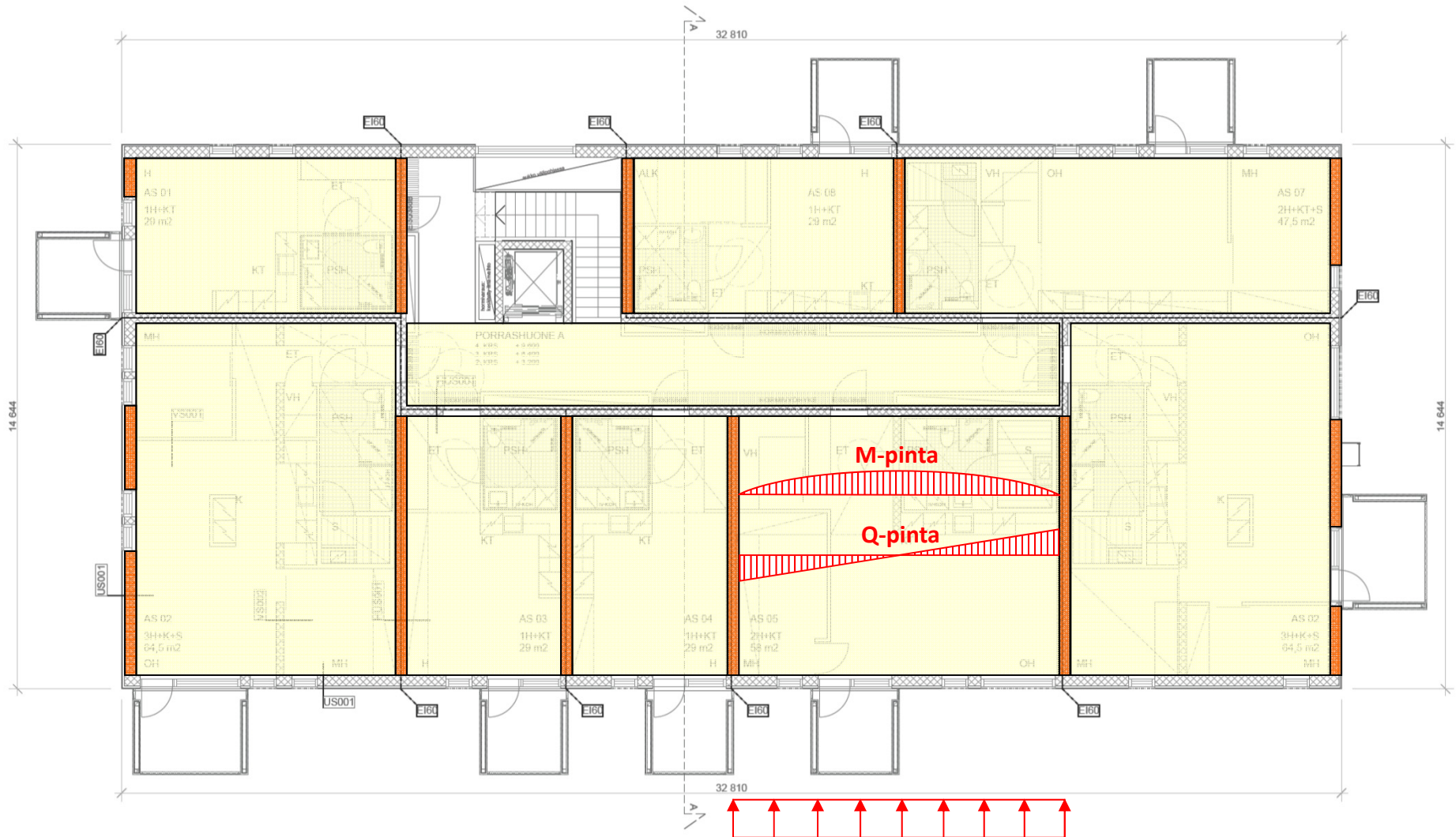






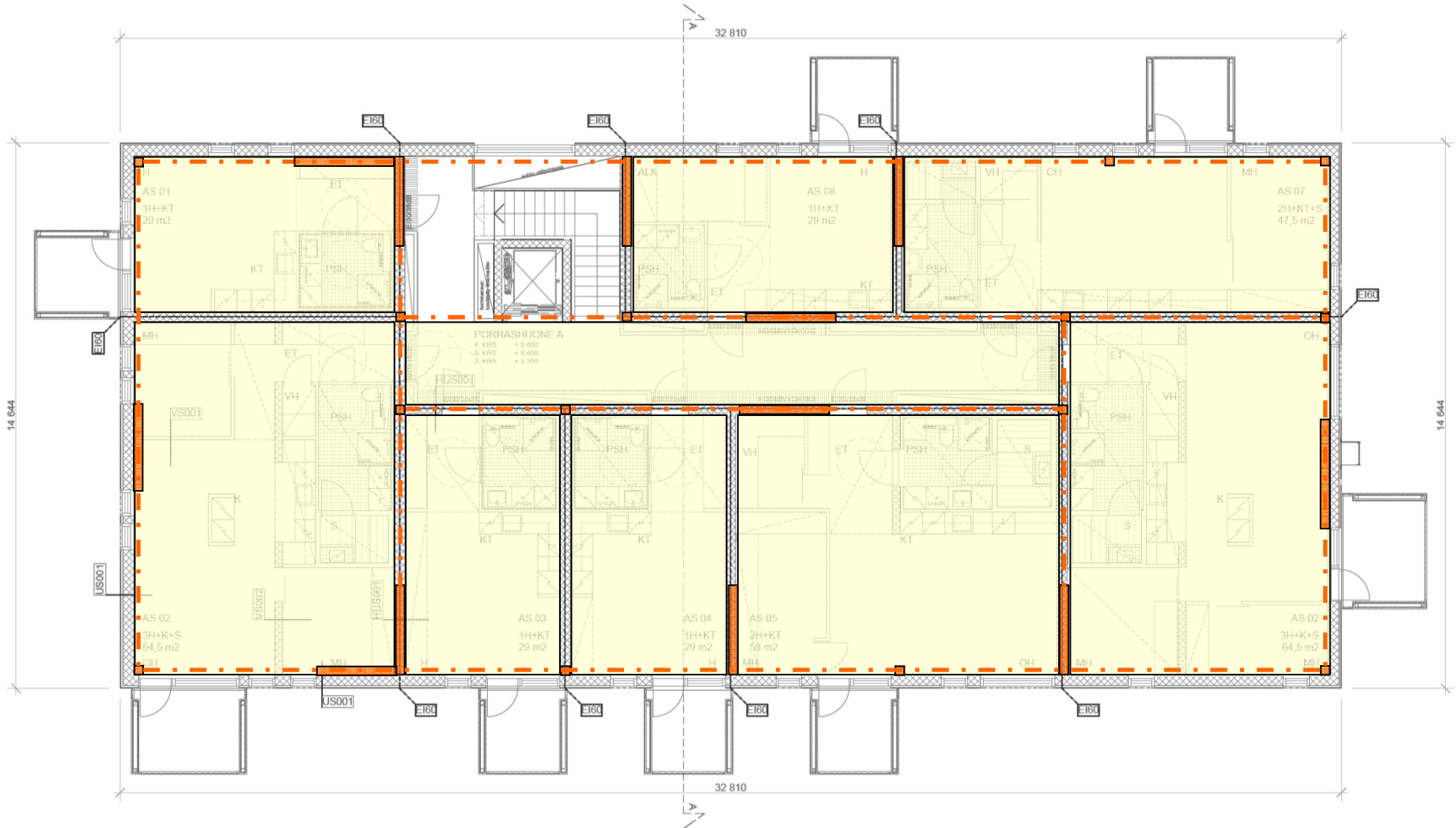
Suurelementtirunko

HUOMIO! Talo koostuu huoneistokohtaisista jäykistysyksiköistä (välipohja ei ole jatkuva)



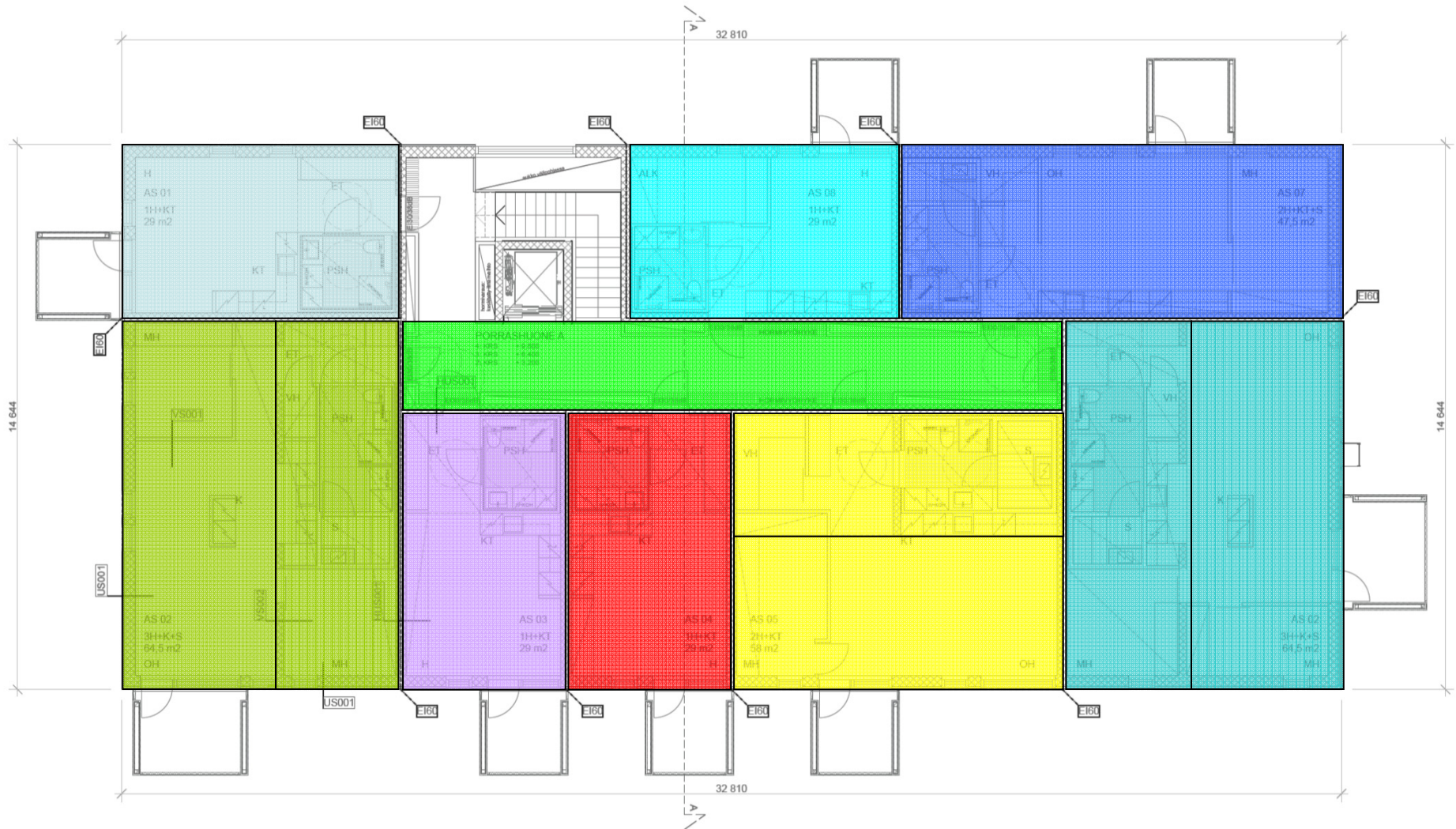
Pilari-palkki-runko

HUOMIO! Talo koostuu huoneistokohtaisista jäykistysyksiköistä (välipohja ei ole jatkuva)

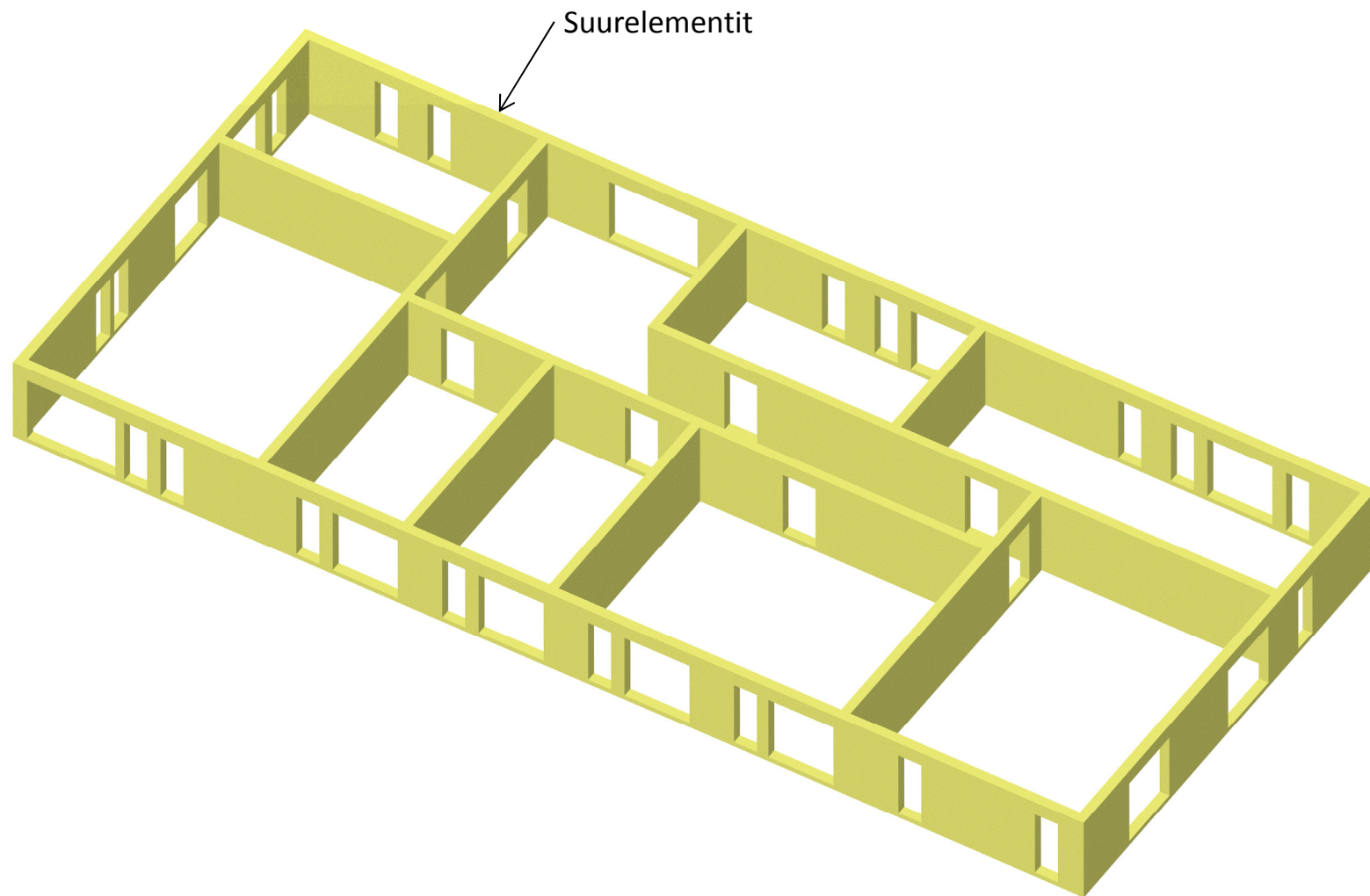


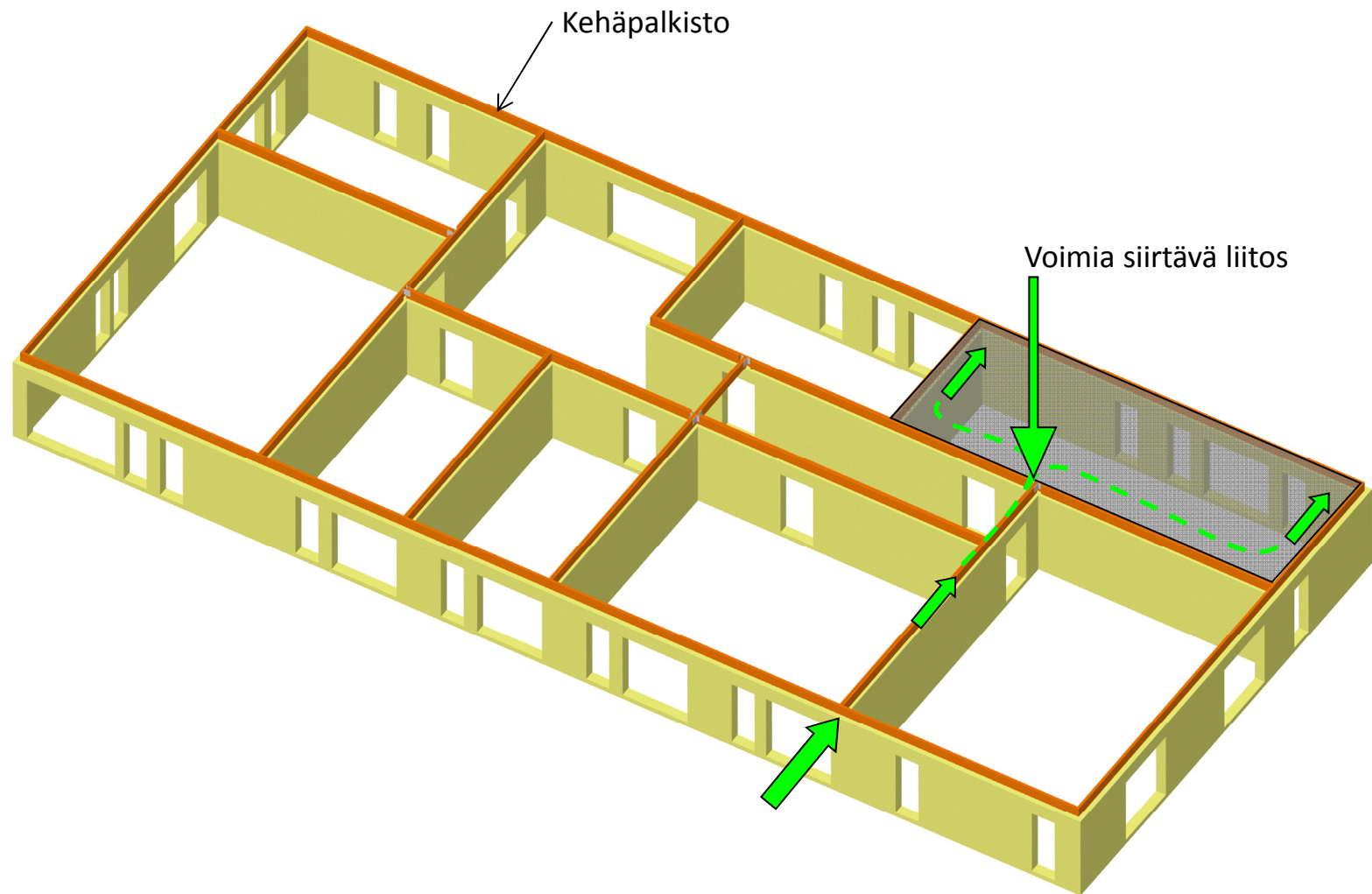
Tilaelementtirunko

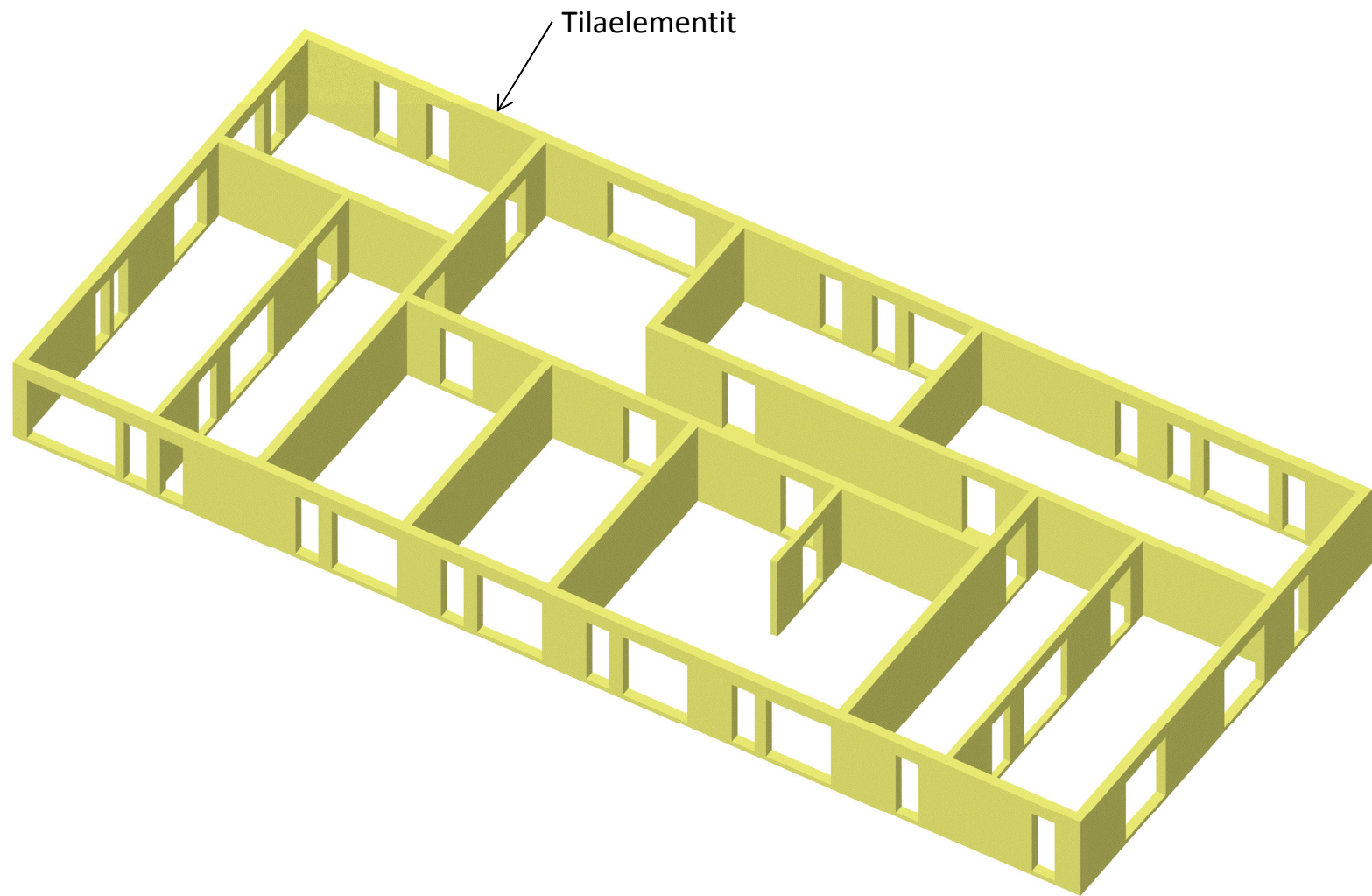
HUOMIO! Talo koostuu huoneistokohtaisista jäykistysyksiköistä (välipohja ei ole jatkuva)

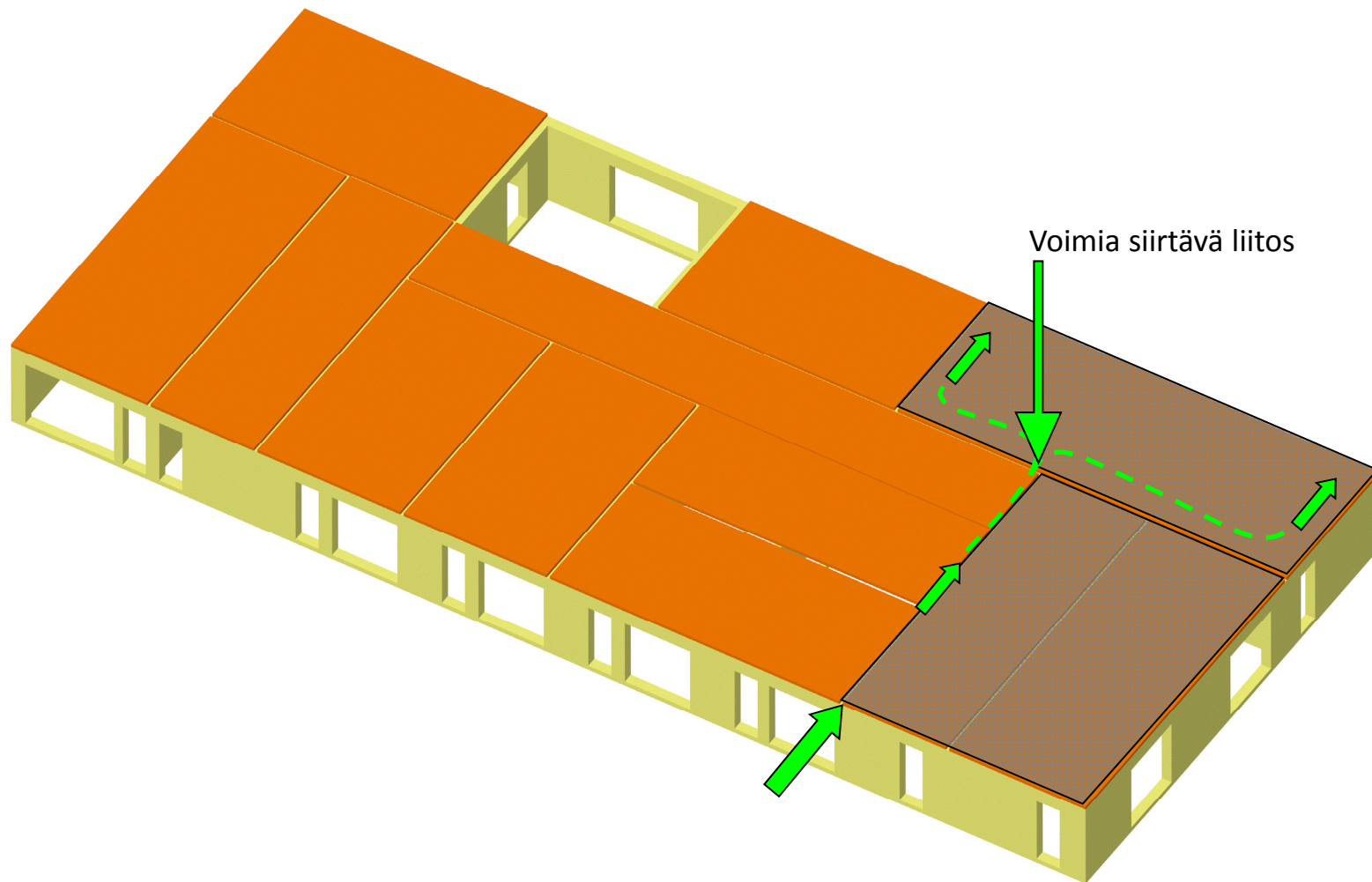


Suurelementtirunko





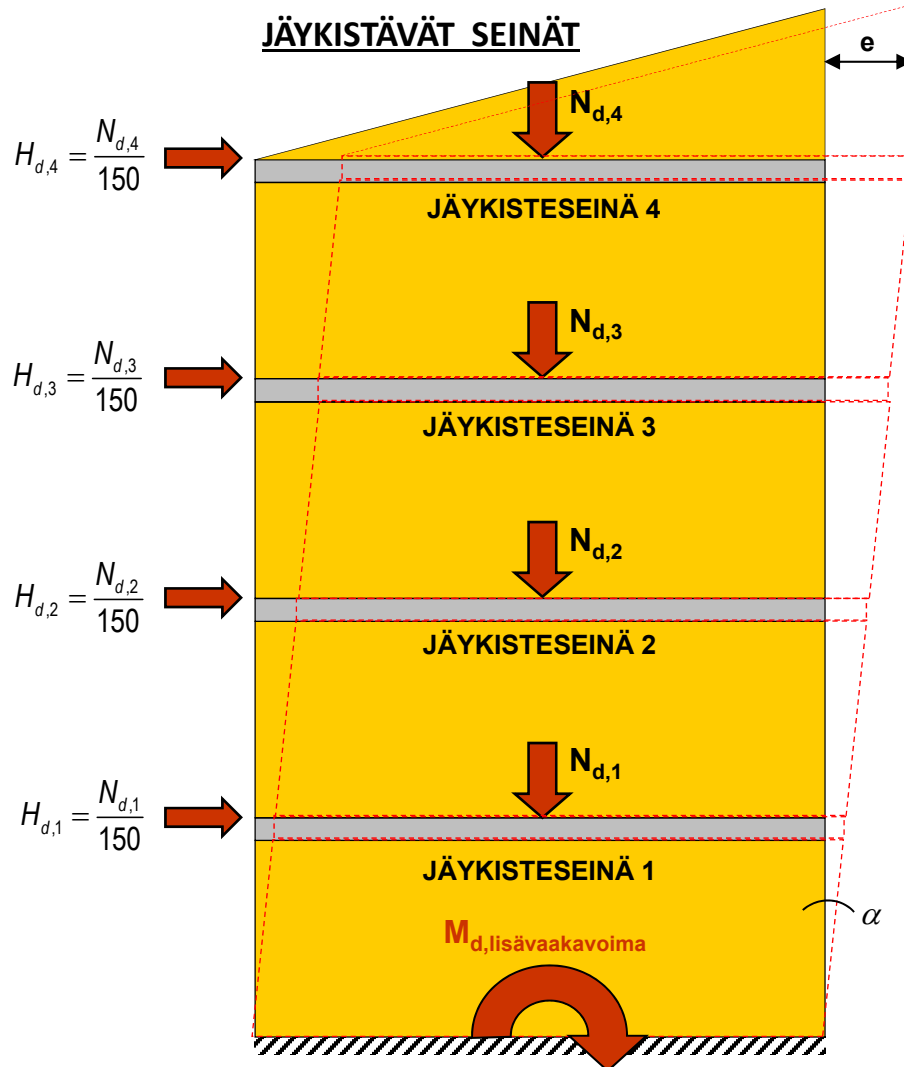




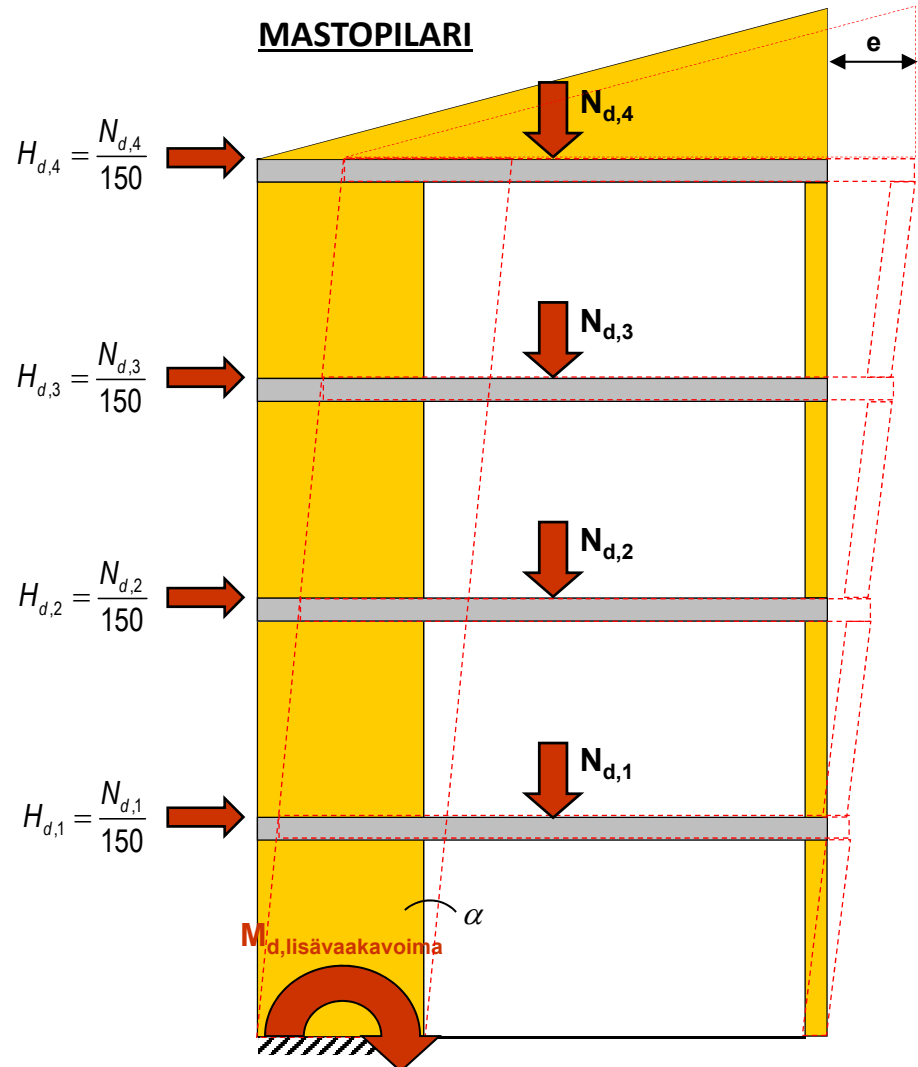
Lisävaakavoiman määrittäminen

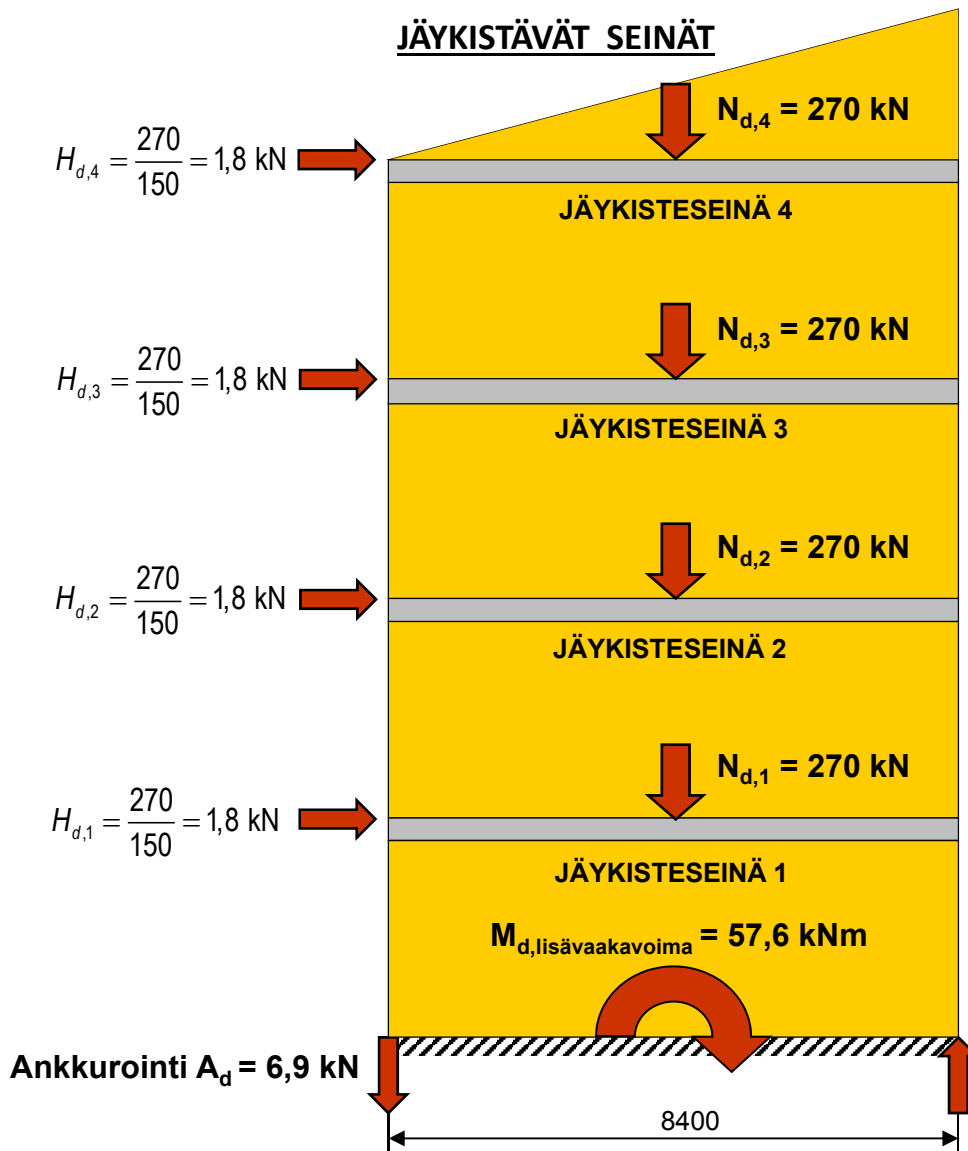
$N_{d,i}$ = Vaakarakenteen kuormituksen resultantti (alueelta, jonka kuormitus kertyy kyseiselle pystyrakenteelle)
 $H_{d,i}$ = Pystyrakenteeseen vaikuttava vaakavoima

JÄYKISTÄVÄT SEINÄT



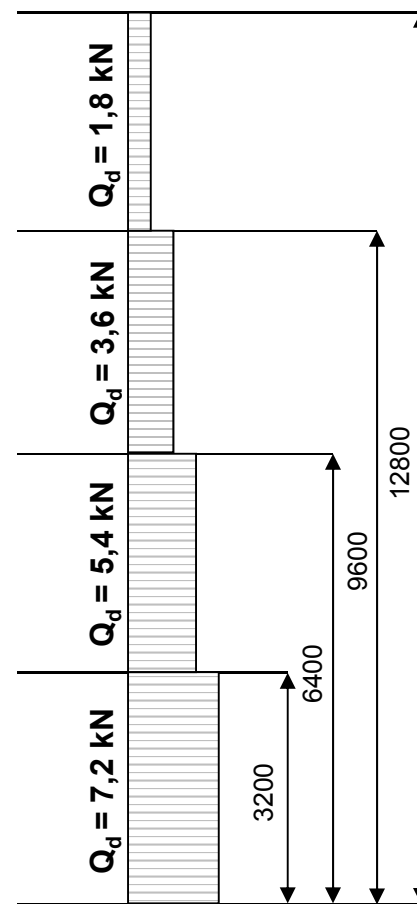
MASTOPILARI

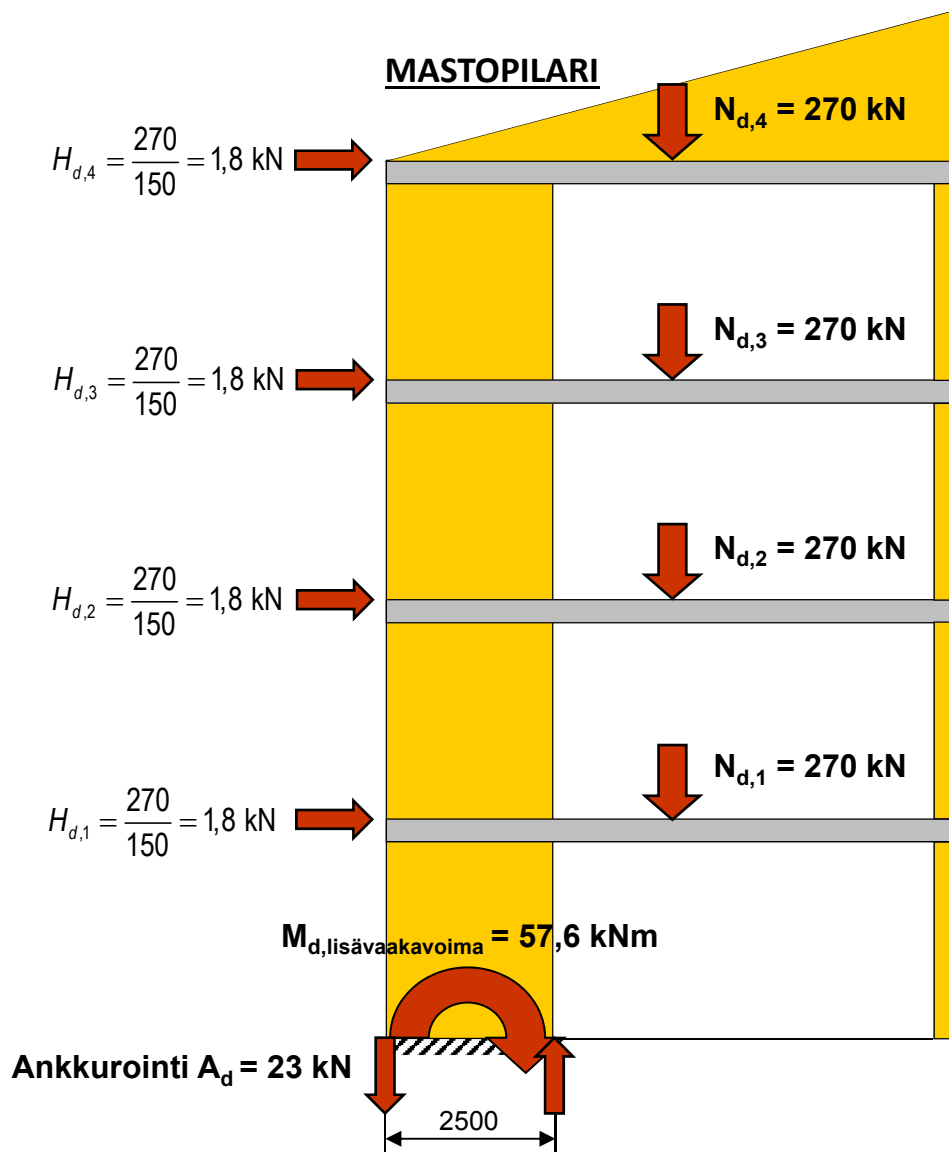




HUOMIO!

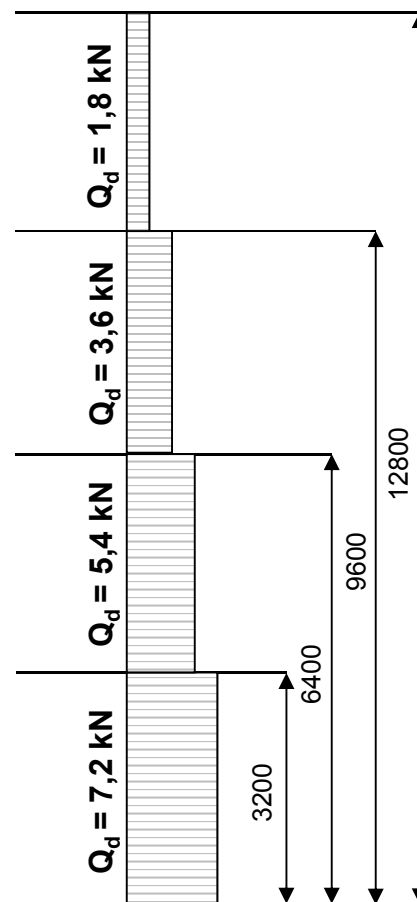
Pienempää lisävaakavoimaa voidaan käyttää, mikäli mittaamalla varmistetaan, että asetettu vinoustoleranssi on kerroksittain saavutettu



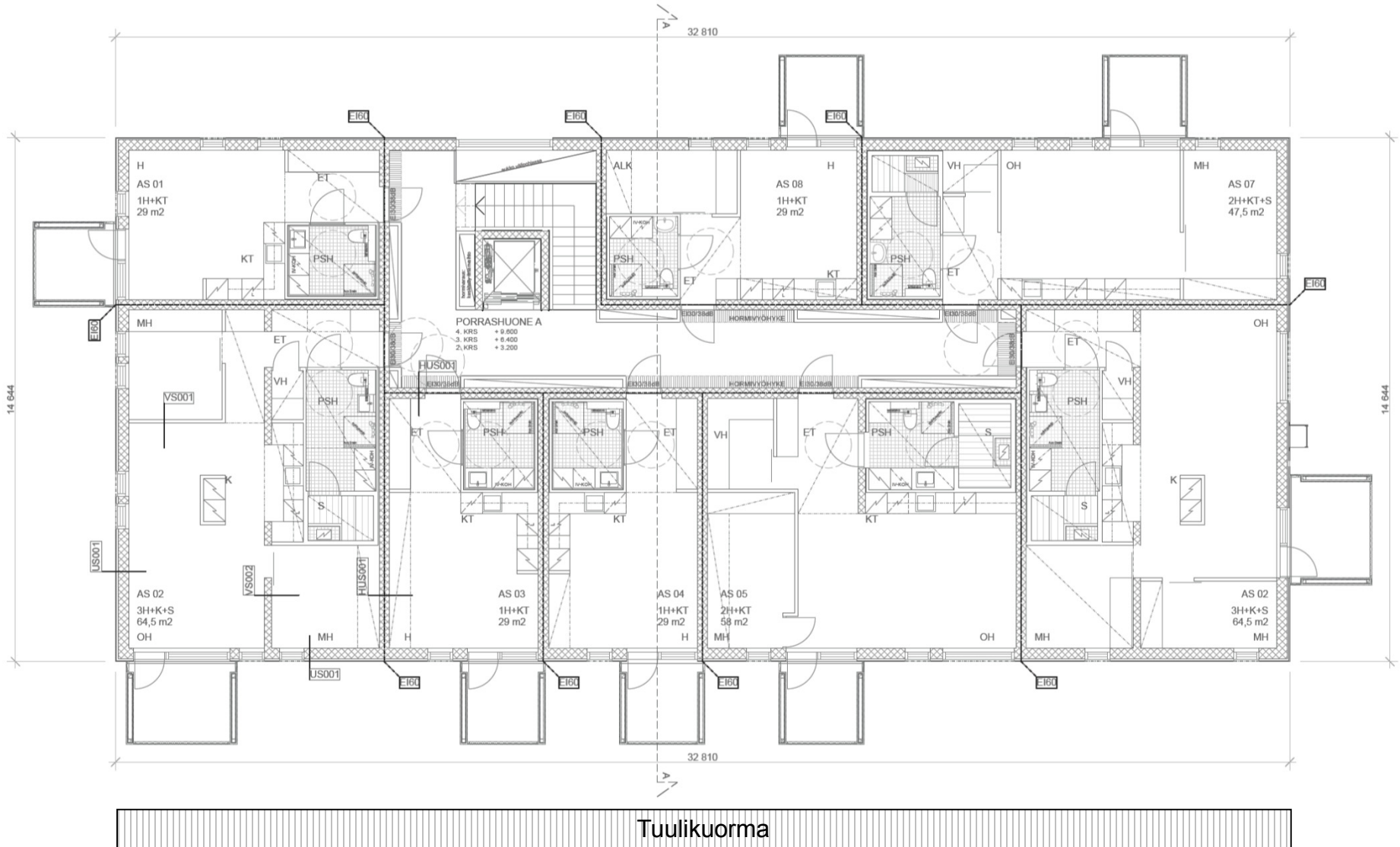


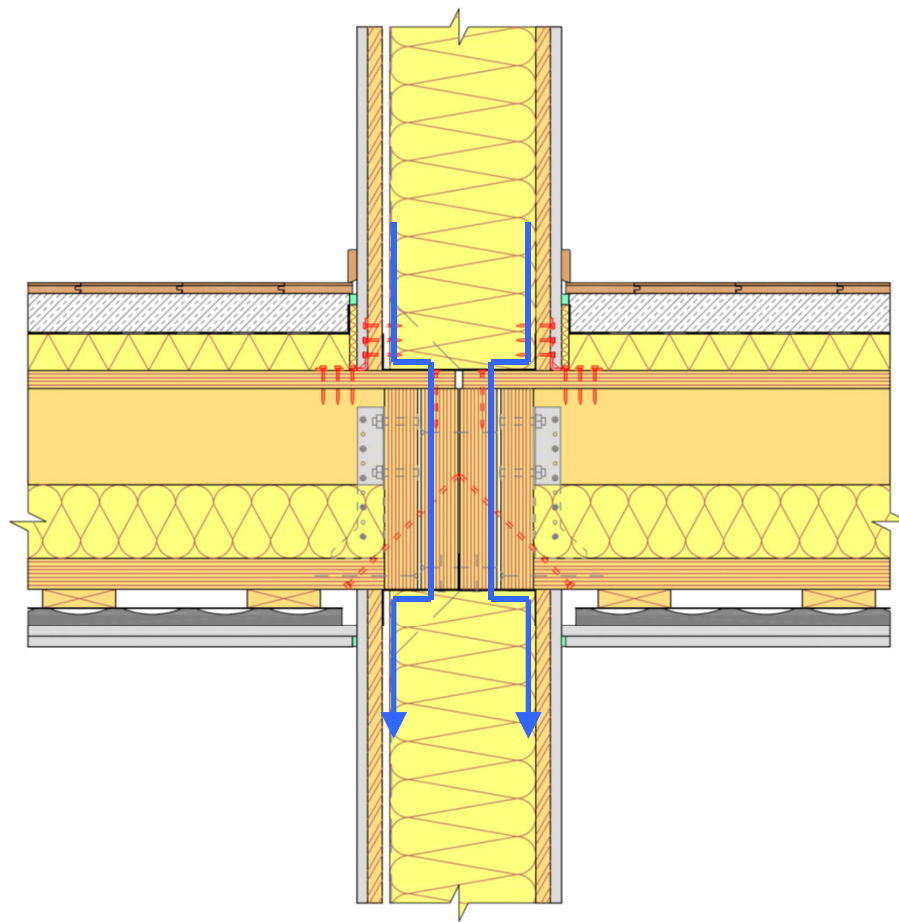
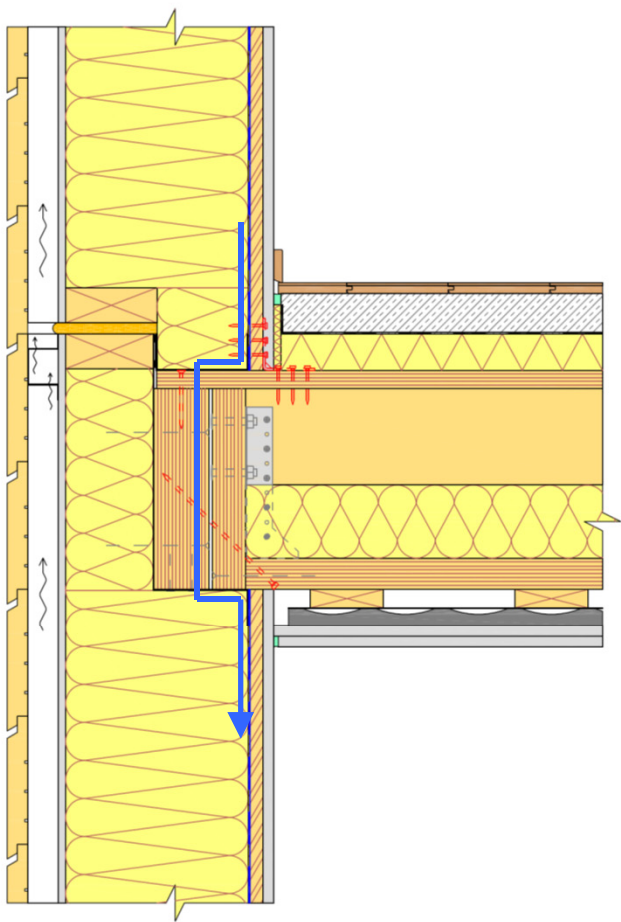
HUOMIO!

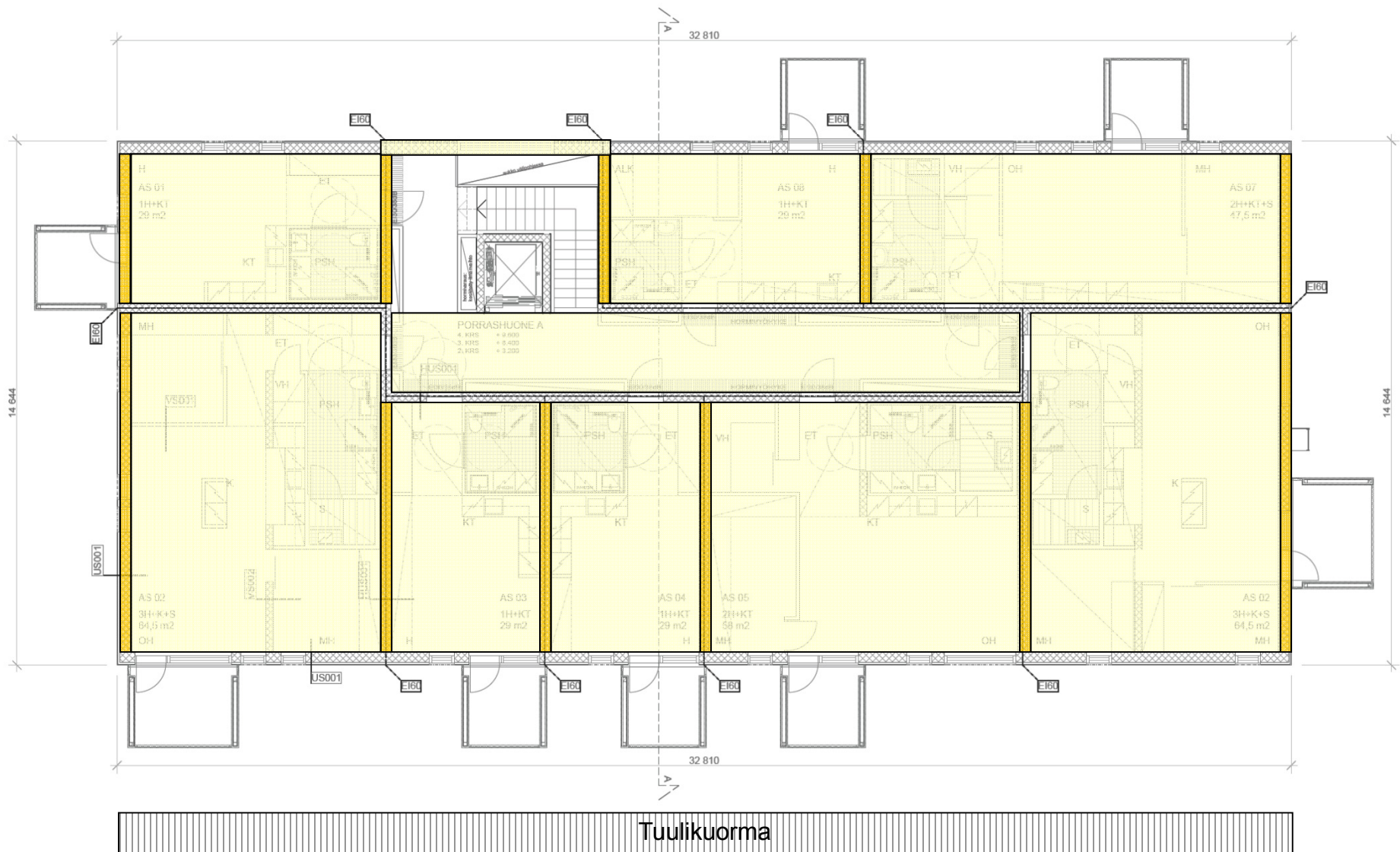
Pienempää lisävaakavoimaa voidaan käyttää, mikäli mittaamalla varmistetaan, että asetettu vinoustoleranssi on kerroksittain saavutettu



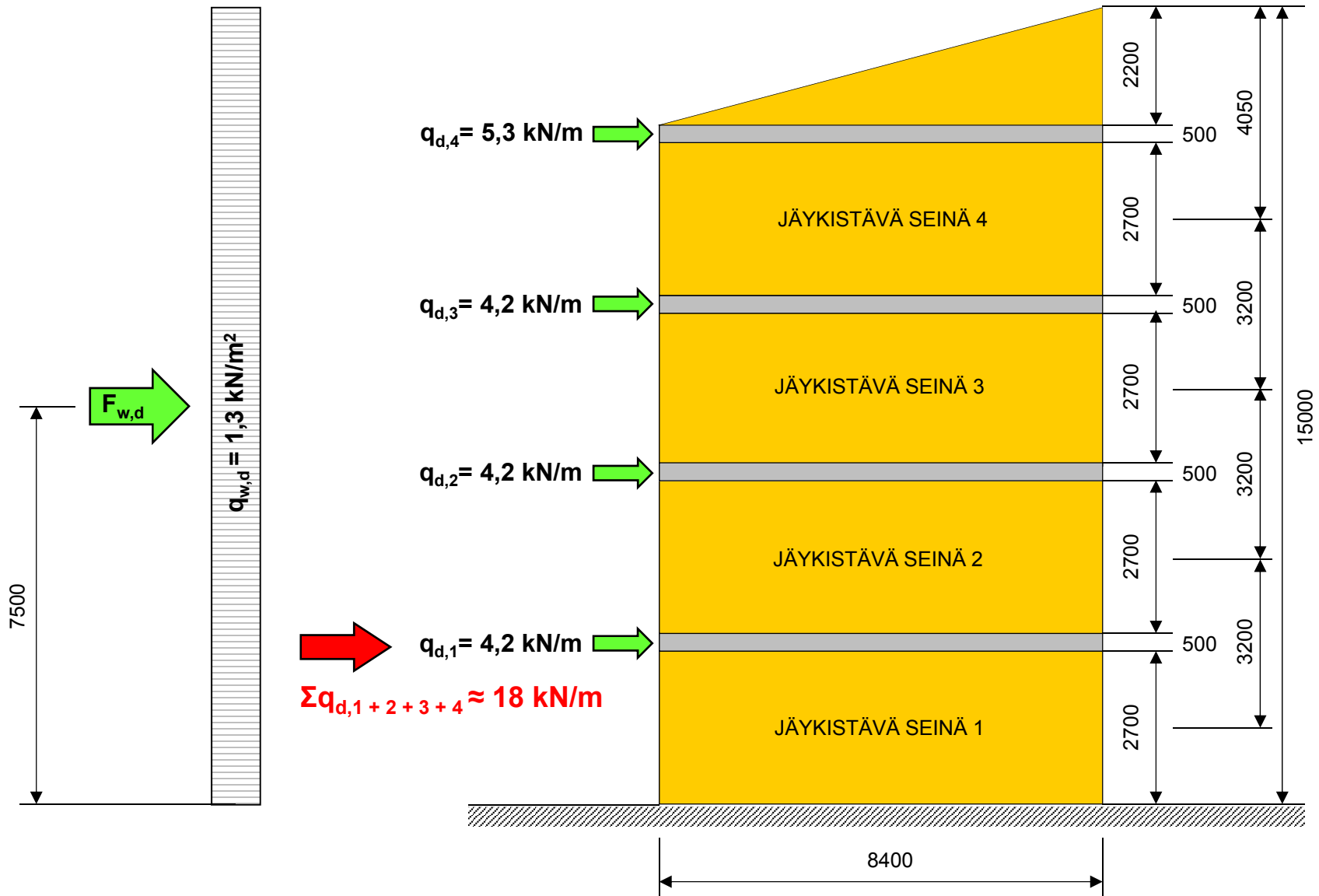
Puukerrostalon jäykistysesimerkki







HUOMIO ! Lisävaakavoima ei tässä mukana (tulee kuitenkin huomioida laskelmissa)



Suunnittelutoimisto	Työn no	Sivu
X	X	1 / 4
Rakennuskohte	Päiväys	Tekijä
X	X	X
Sisältö		
Levyjäykisteen mitoitus		

RAKENTEEEN KÄYTTÖKOHDDE

Rakennemittoitus	Käyttöluokka 1	Aikaluokka: Hetkellinen
------------------	----------------	-------------------------

LEVYN KUORMITUS JA SALLITTU SIIRTYMÄ

Info

Kuorman osavarmuusluku	1,50	
Kuorma [MRT]	$F_{v,Ed} = 10,0 \text{ kN}$	$F_{v,Ek} = 6,7 \text{ kN}$
Kuorman pitkäaikaisuus	$\psi_2 = 20 \%$	
Sallittu siirtymä [KRT]	$\omega = 5 \text{ mm}$	$h / 540$

LEVY JA RANKARUNKO

Info

Koivuvanerilevy - KoskiStandard - 15 - 11 ply - 1200 x (2400 / 2500 / 3000)	
Levykirjasto	
Runkomateriaali - Sahatavara C24	
Käytettävä levyn leveys	$b = 1200 \text{ mm}$
Käytettävä levyn korkeus	$h = 2700 \text{ mm}$
Rankajako	$k / k = 600 \text{ mm}$

LIITTIMET

Kiinnitystapakertoimet	Kiinnitystapa 2 - Liittimet kaikissa rannoissa
Liitinkirjasto	Sileä pyöreä konenaula - 2,5 x 50 (muista reunaetäisyydet)
Liitinjako	$s = 70 \text{ mm}$
Liittimen tartuntapituus	$t_2 = 14,0d$

LOMMAHDUS

Info

Lommahduskäyrä	$k_1 = 4,1$
	$k_2 = 0,1$
Lommahduskerroin	$k = 0,9$ (ks. lommahduskäyrä)

YHDEN LEVYN MITOITUSTULOKSET

Info

[KRT]	[MRT]	[KRT]	[MRT]
C_v	$F_{v,Rd}$	ω_{inst}	$T_d / \sigma_{c,d} / \sigma_{t,d}$
1746 N/mm	10,0 kN	3,8 mm	OK
	100 %	76 %	10 %

Suunnittelutoimisto	Työn no	Sivu
X	X	2 / 4
Rakennuskohte	Päiväys	Tekijä
X	X	X
Sisältö		
Levyjäykisteen mitoitus		

☒ Näytä siirtymätä kuvassa

Lopputila [MRT]

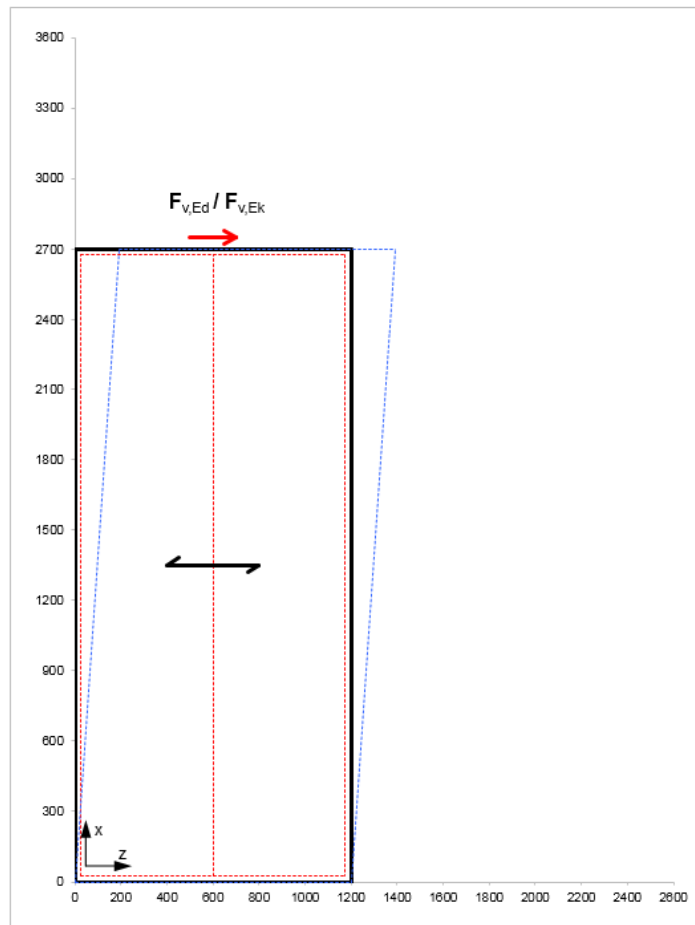
C_{v,fin}

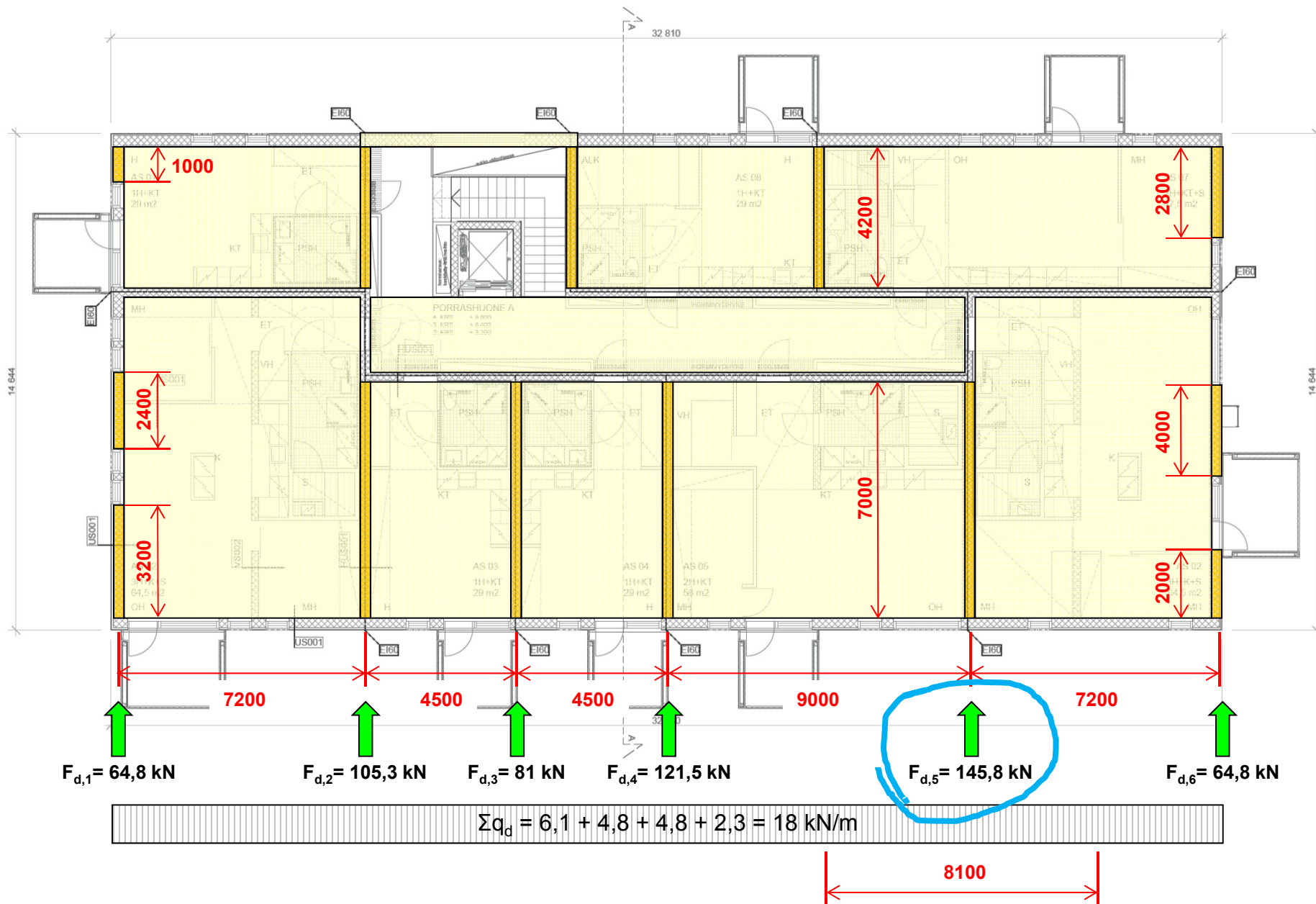
Lopputila [MRT]

 ω_{fin} ☒ Näytä lopputilan jäykkyydet

1746 N/mm

5,7 mm





Siirtolajinnoista	Työn no	Sivu
X	X	1 / 1
Rakennuskohte	Paikka	Tekijä
X	X	X
	Säätö	
	Levyjäykisteen mitoitus	

RAKENTEEN TIEDOT

Info

Levymitoitus

Peräkkäisiä levyjä 6 kpl

☒ Levytyt rungon molemmiin puolin☐ Näytä lopputilan jäykkyytulokset

Kuorman osavarmuusluku

Rakenteen kuorma [MRT]

Sallittu siirtymä [KRT]

$$\Sigma F_{v,Ed} = 115,0 \text{ kN}$$

$$\omega = 5 \text{ mm}$$

$$\Sigma F_{v,Ed} = 76,7 \text{ kN}$$

$$h / 480$$

LEVYJONO 1

Jäykistävä levy 1

Leveys	b = 1200 mm
Korkeus	h = 2400 mm
Jäykkyys	C = 1746 N/mm
Kestävyys	R = 10,0 kN

Jäykistävä levy 2

Leveys	b = 1200 mm
Korkeus	h = 2400 mm
Jäykkyys	C = 1746 N/mm
Kestävyys	R = 10,0 kN

Jäykistävä levy 3

Leveys	b = 1200 mm
Korkeus	h = 2400 mm
Jäykkyys	C = 1746 N/mm
Kestävyys	R = 10,0 kN

Jäykistävä levy 4

Leveys	b = 1200 mm
Korkeus	h = 2400 mm
Jäykkyys	C = 1746 N/mm
Kestävyys	R = 10,0 kN

Jäykistävä levy 5

Leveys	b = 1200 mm
Korkeus	h = 2400 mm
Jäykkyys	C = 1746 N/mm
Kestävyys	R = 10,0 kN

Jäykistävä levy 6

Leveys	b = 1000 mm
Korkeus	h = 2400 mm
Jäykkyys	C = 1328 N/mm
Kestävyys	R = 8,3 kN

LEVYJONO 2

Jäykistävä levy 1

Leveys	b = 1200 mm
Korkeus	h = 2400 mm
Jäykkyys	C = 1746 N/mm
Kestävyys	R = 10,0 kN

Jäykistävä levy 2

Leveys	b = 1200 mm
Korkeus	h = 2400 mm
Jäykkyys	C = 1746 N/mm
Kestävyys	R = 10,0 kN

Jäykistävä levy 3

Leveys	b = 1200 mm
Korkeus	h = 2400 mm
Jäykkyys	C = 1746 N/mm
Kestävyys	R = 10,0 kN

Jäykistävä levy 4

Leveys	b = 1200 mm
Korkeus	h = 2400 mm
Jäykkyys	C = 1746 N/mm
Kestävyys	R = 10,0 kN

Jäykistävä levy 5

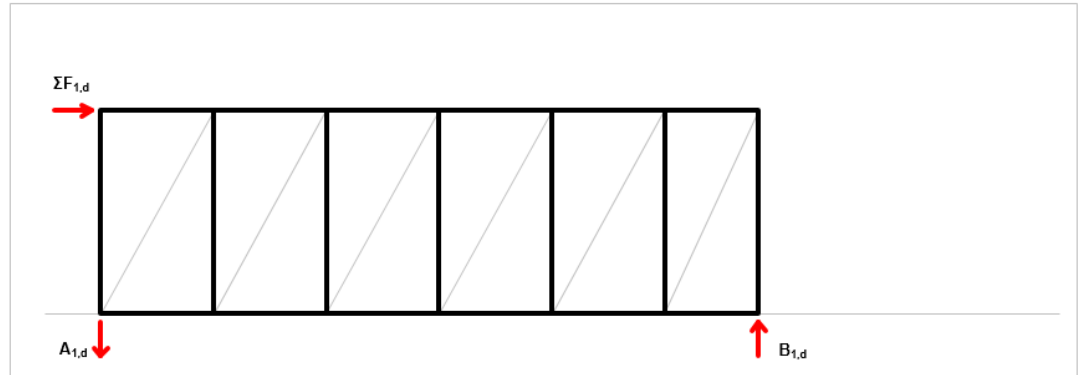
Leveys	b = 1200 mm
Korkeus	h = 2400 mm
Jäykkyys	C = 1746 N/mm
Kestävyys	R = 10,0 kN

Jäykistävä levy 6

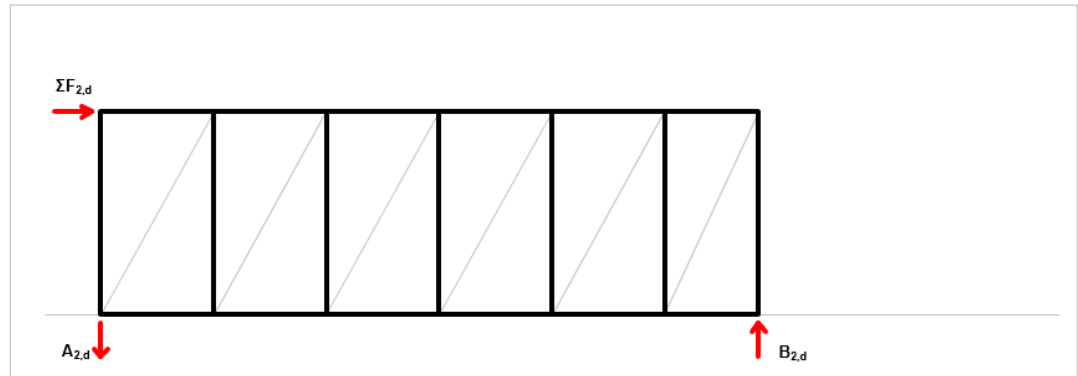
Leveys	b = 1000 mm
Korkeus	h = 2400 mm
Jäykkyys	C = 1328 N/mm
Kestävyys	R = 8,3 kN

RAKENTEEN MITOITUSTULOKSET

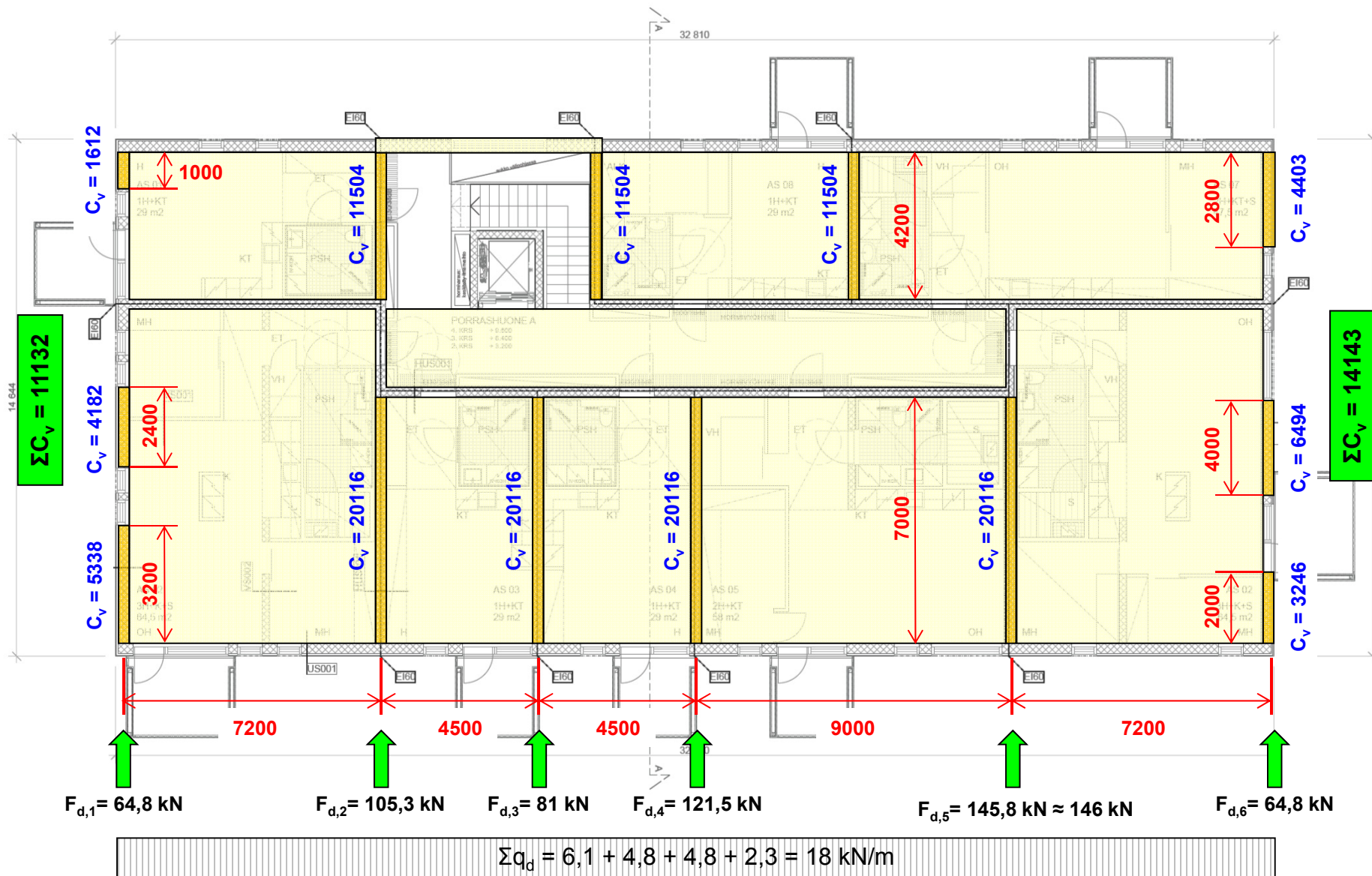
Jäykkyys	Leikkausvoima	Siirtymä	Ulkoiset pystyvoimat rungossa	Pituus
20116 N/mm	115,0 kN	3,8 mm	Tuki A = -39,4 kN Tuki B = 39,4 kN	7000 mm
	100 %	76 %		

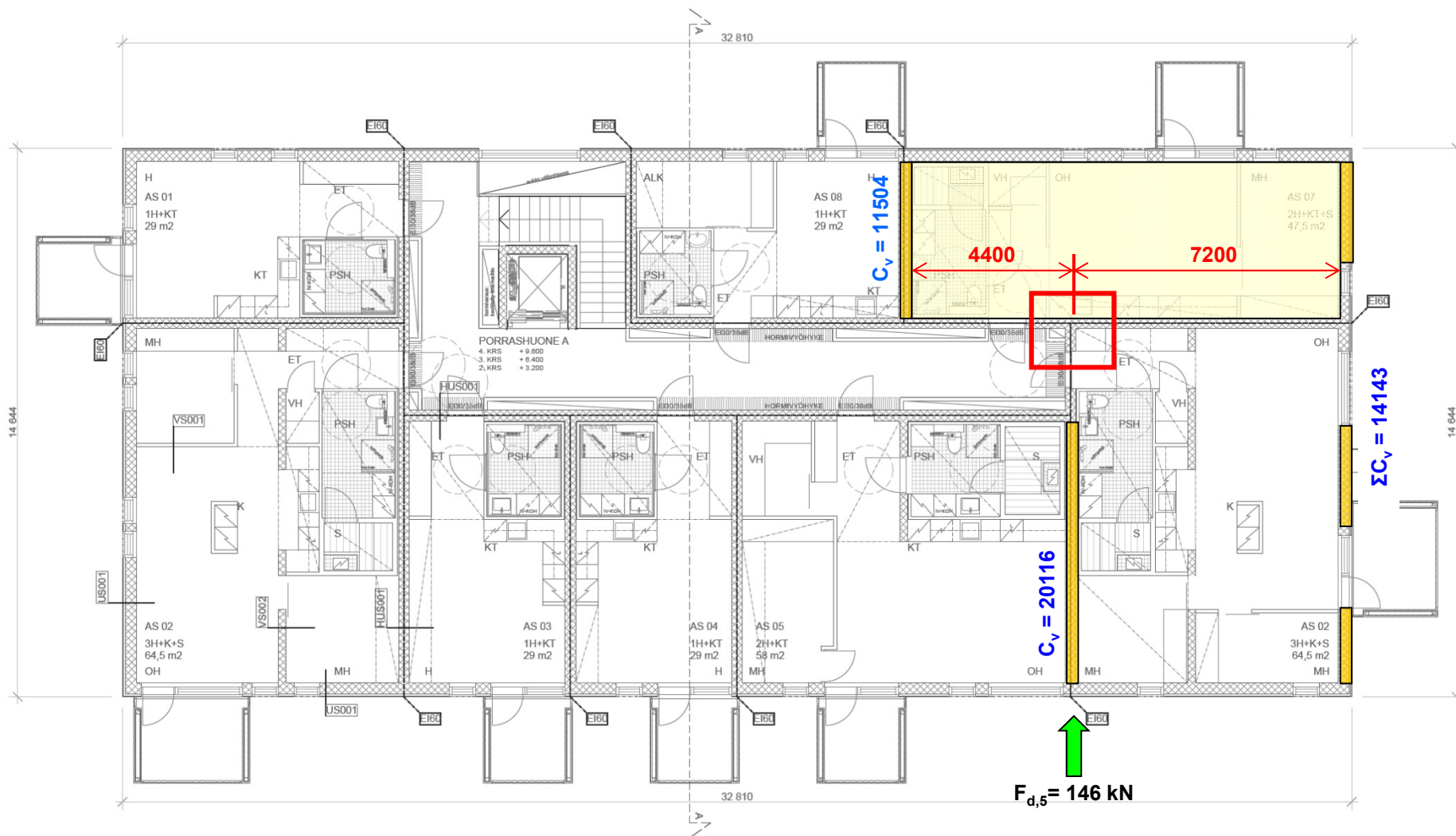


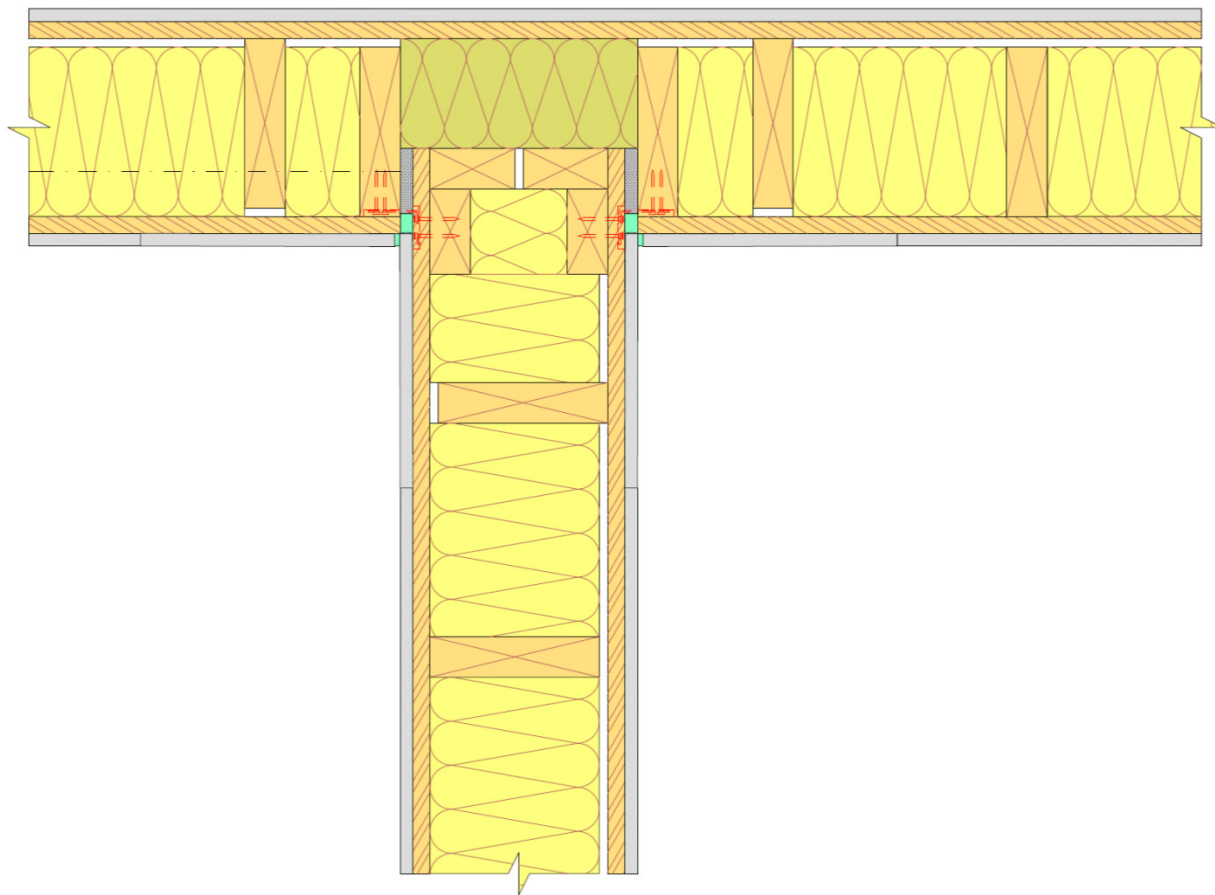
Levyjono 1	Levy 1	Levy 2	Levy 3	Levy 4	Levy 5	Levy 6	ΣC_1	$\Sigma F_{1,d}$
C	1746 N/mm	1746 N/mm	1746 N/mm	1746 N/mm	1746 N/mm	1328 N/mm	10058 N/mm	57,5 kN
R	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	8,3 kN		
F _{1,d}	9,98 kN	9,98 kN	9,98 kN	9,98 kN	9,98 kN	7,59 kN		
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	91 %		

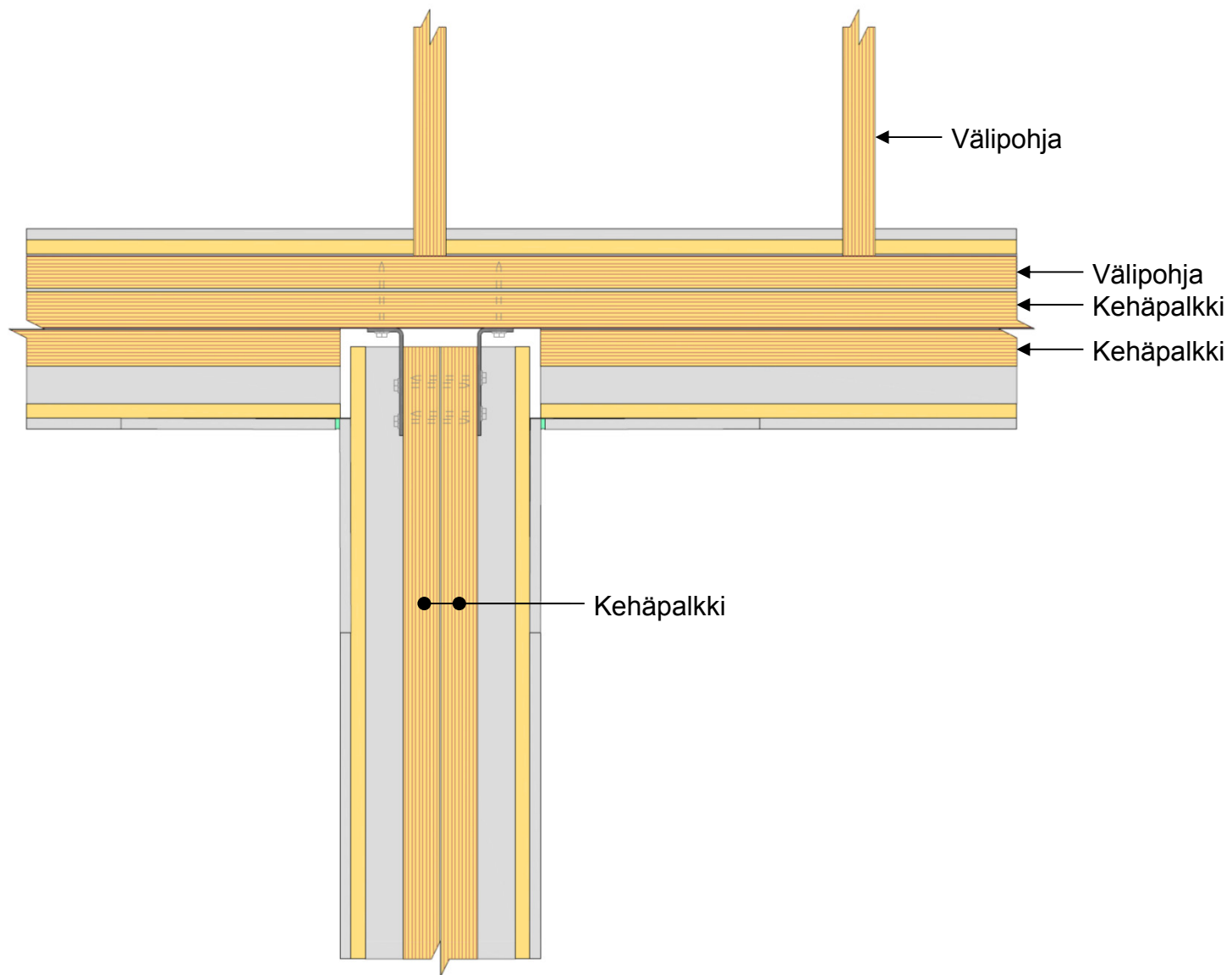


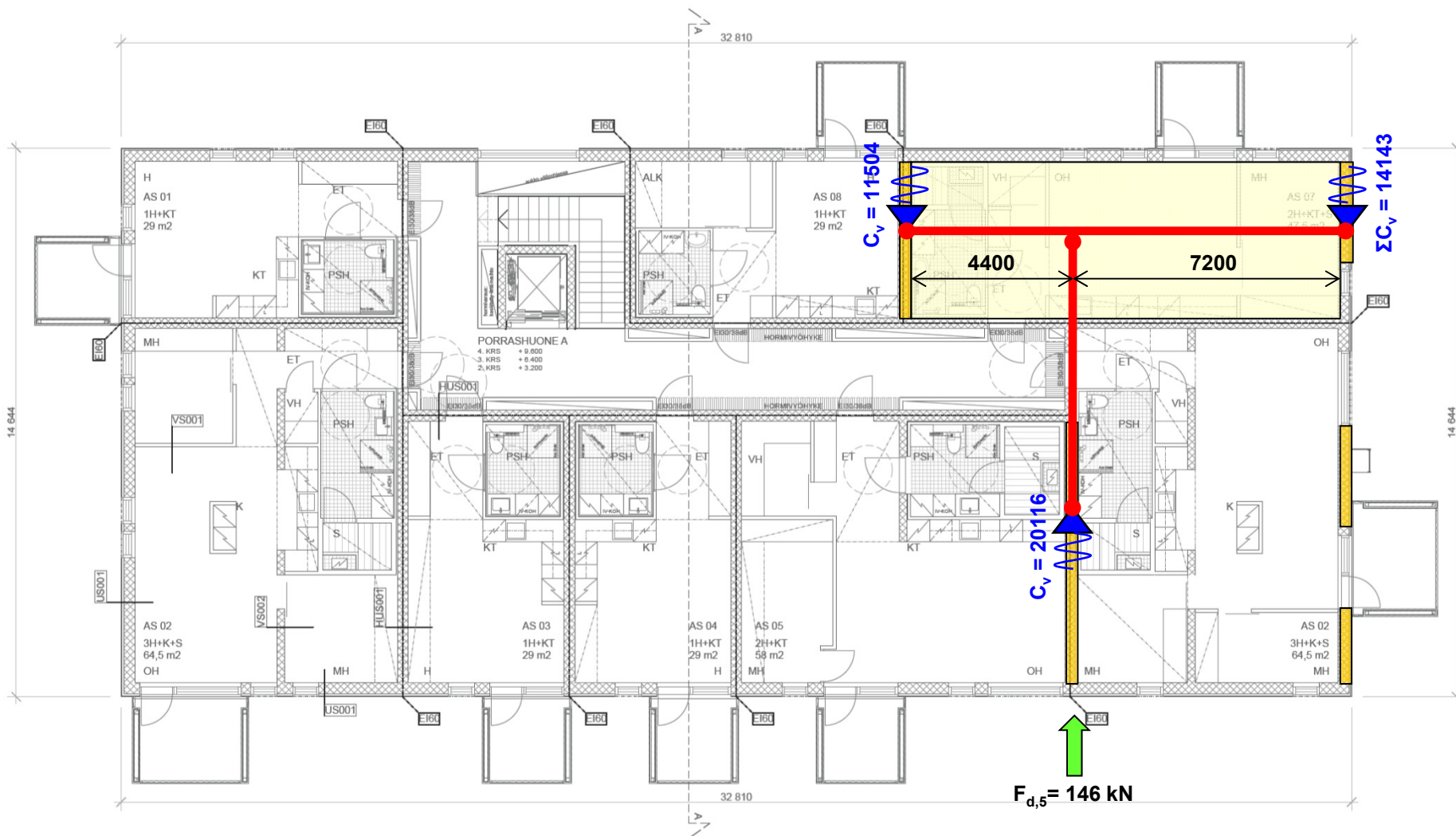
Levyjono 2	Levy 1	Levy 2	Levy 3	Levy 4	Levy 5	Levy 6	ΣC_2	$\Sigma F_{2,d}$
C	1746 N/mm	1746 N/mm	1746 N/mm	1746 N/mm	1746 N/mm	1328 N/mm	10058 N/mm	57,5 kN
R	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	8,3 kN		
F _{2,d}	9,98 kN	9,98 kN	9,98 kN	9,98 kN	9,98 kN	7,59 kN		
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	91 %		

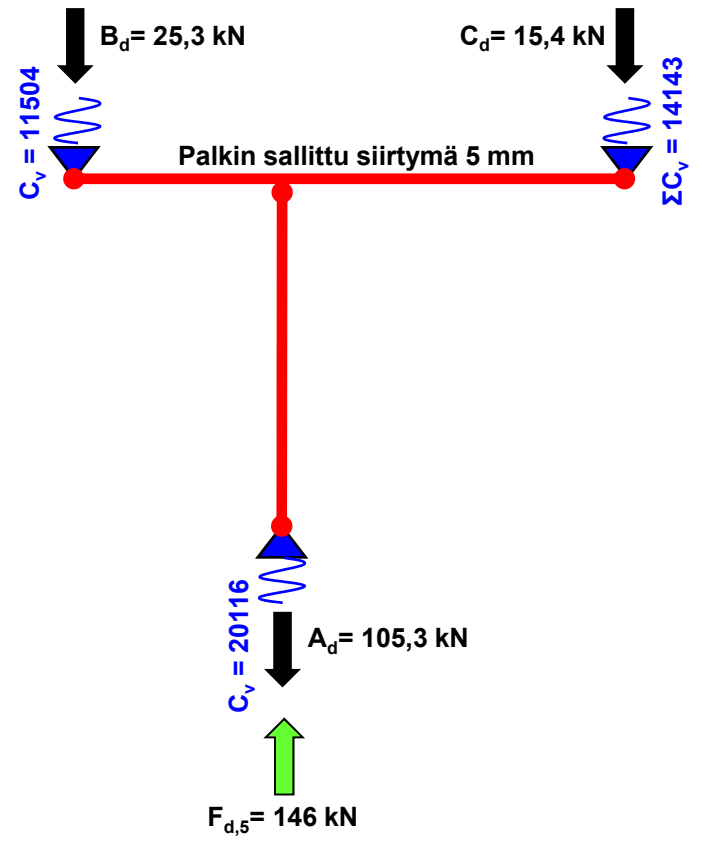


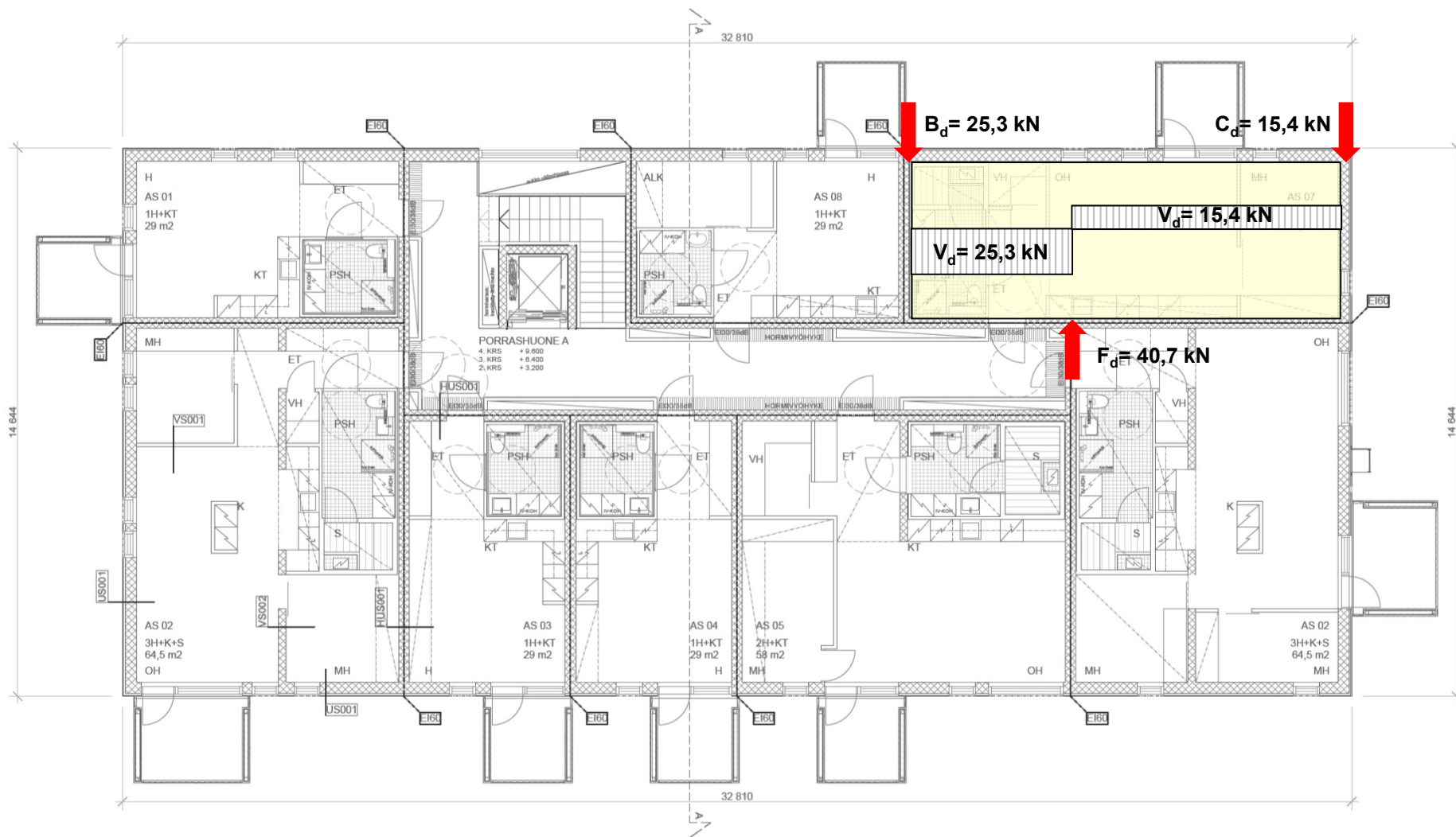






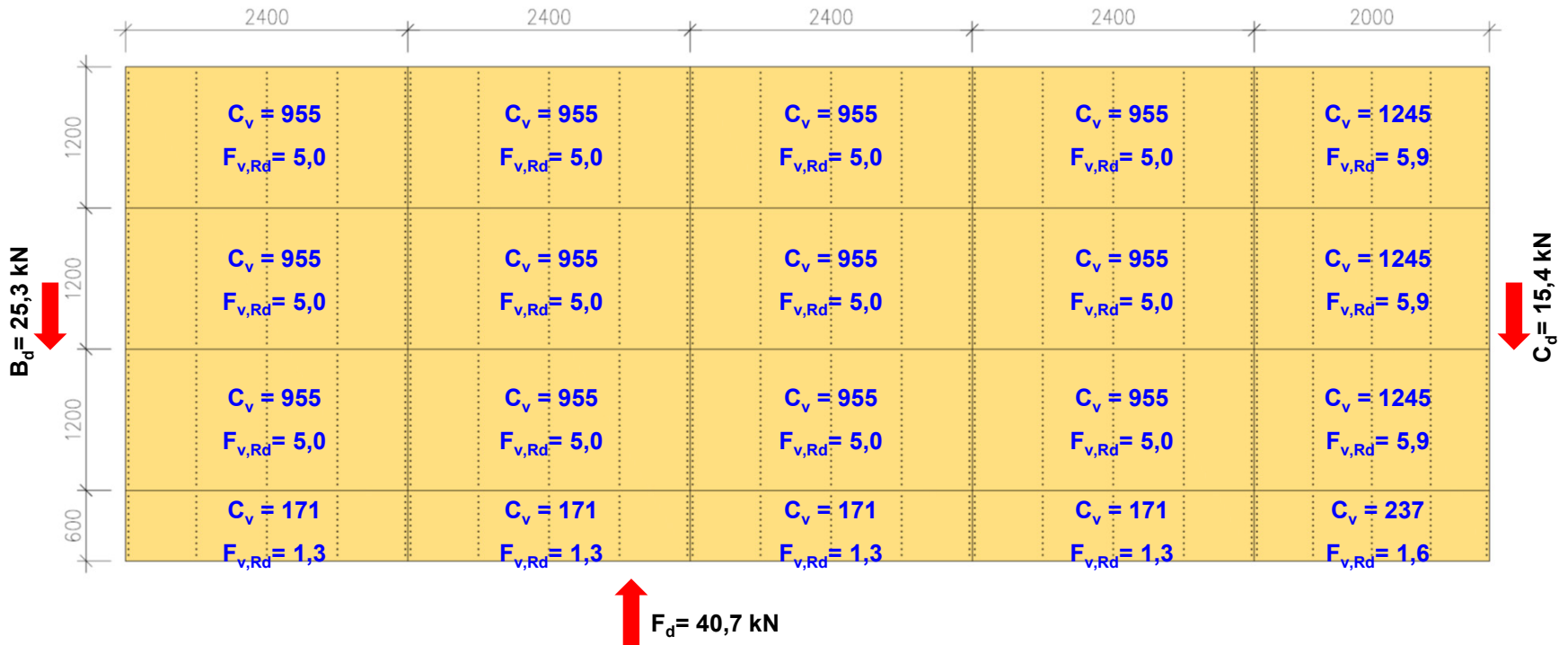






Välipohjan leikkausvoimakestävyys

Havuvaneri 18 mm / Naulat 2,5x50 k50



$$\Sigma F_{v,Rd} = 15,8 \text{ kN} < 25,3 \text{ kN}$$

Ei kestä !

$$\Sigma F_{v,Rd} = 15,8 > 15,4 \text{ kN}$$

OK !

Seuraava vaihtoehto	Työn no	Sivu
X	X	1 / 1
Rakennusohje	Peräkkäisiä levyjä 4 kpl	
X	Levyjäykisteen mitoitus	

RAKENTEEN TIEDOT

Info

Levymitoitus

Peräkkäisiä levyjä 4 kpl

☐ Levytyksen rungon molemmiin puoliin☐ Näytä lopputilan jäykkyydet

Kuorman osavarmuusluku

1,50

Rakenteen kuorma [MRT]

 $\Sigma F_{v,Ed} = 15,8 \text{ kN}$

Sallittu siirtymä [KRT]

 $w = 5 \text{ mm}$ $\Sigma F_{v,Ed} = 10,5 \text{ kN}$
 $h / 480$

LEVYJONO 1

Jäykistävä levy 1

Leveys $b = 1200 \text{ mm}$
 Korkeus $h = 2400 \text{ mm}$
 Jäykkyys $C = 955 \text{ N/mm}$
 Kestävyys $R = 5,0 \text{ kN}$

Jäykistävä levy 2

Leveys $b = 1200 \text{ mm}$
 Korkeus $h = 2400 \text{ mm}$
 Jäykkyys $C = 955 \text{ N/mm}$
 Kestävyys $R = 5,0 \text{ kN}$

Jäykistävä levy 3

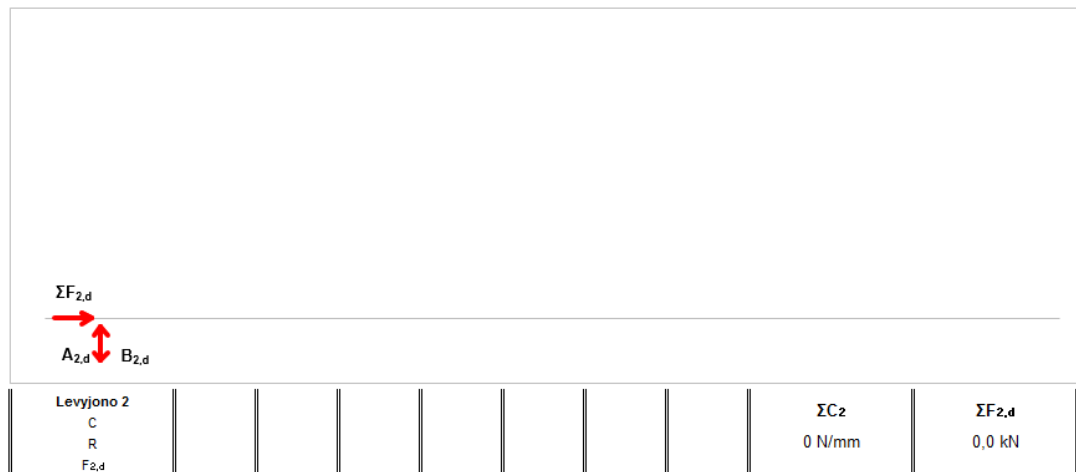
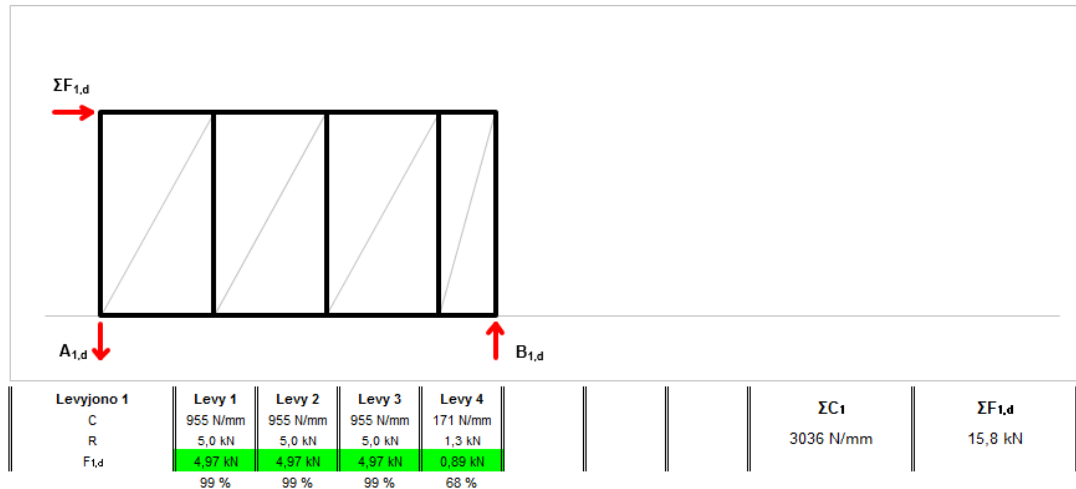
Leveys $b = 1200 \text{ mm}$
 Korkeus $h = 2400 \text{ mm}$
 Jäykkyys $C = 955 \text{ N/mm}$
 Kestävyys $R = 5,0 \text{ kN}$

Jäykistävä levy 4

Leveys $b = 600 \text{ mm}$
 Korkeus $h = 2400 \text{ mm}$
 Jäykkyys $C = 171 \text{ N/mm}$
 Kestävyys $R = 1,3 \text{ kN}$

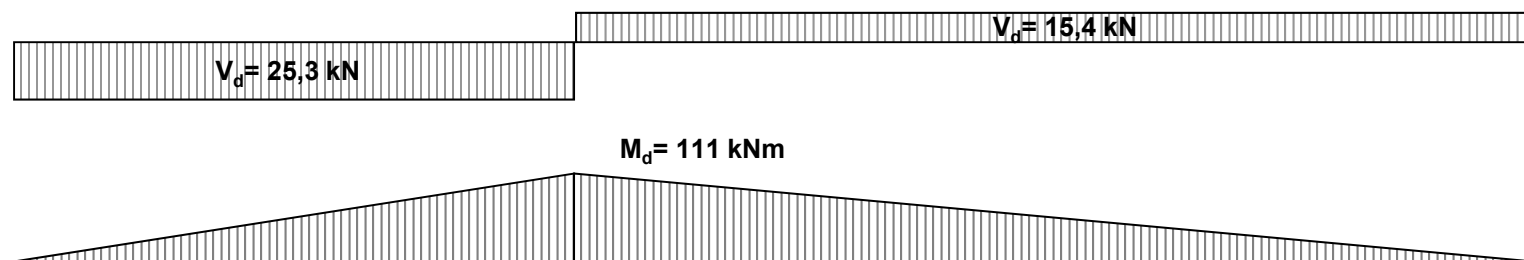
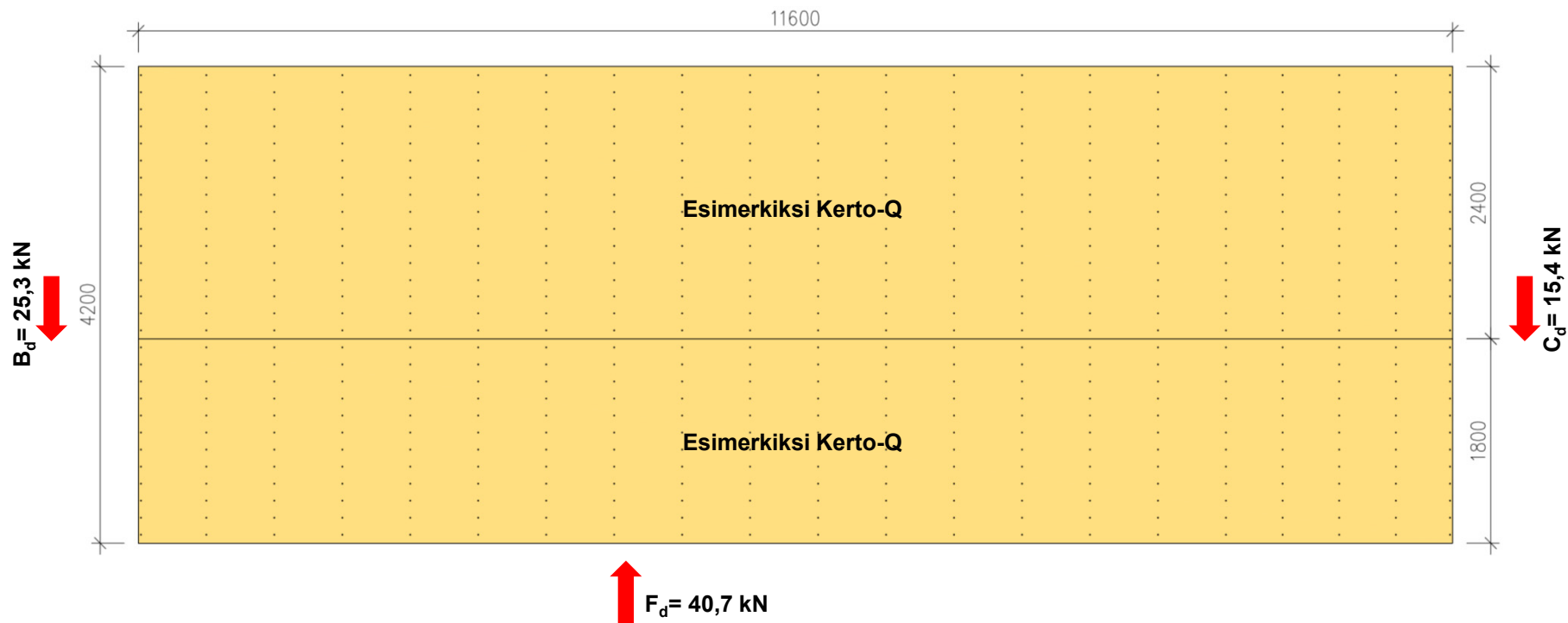
RAKENTEEN MITOITUSTULOKSET

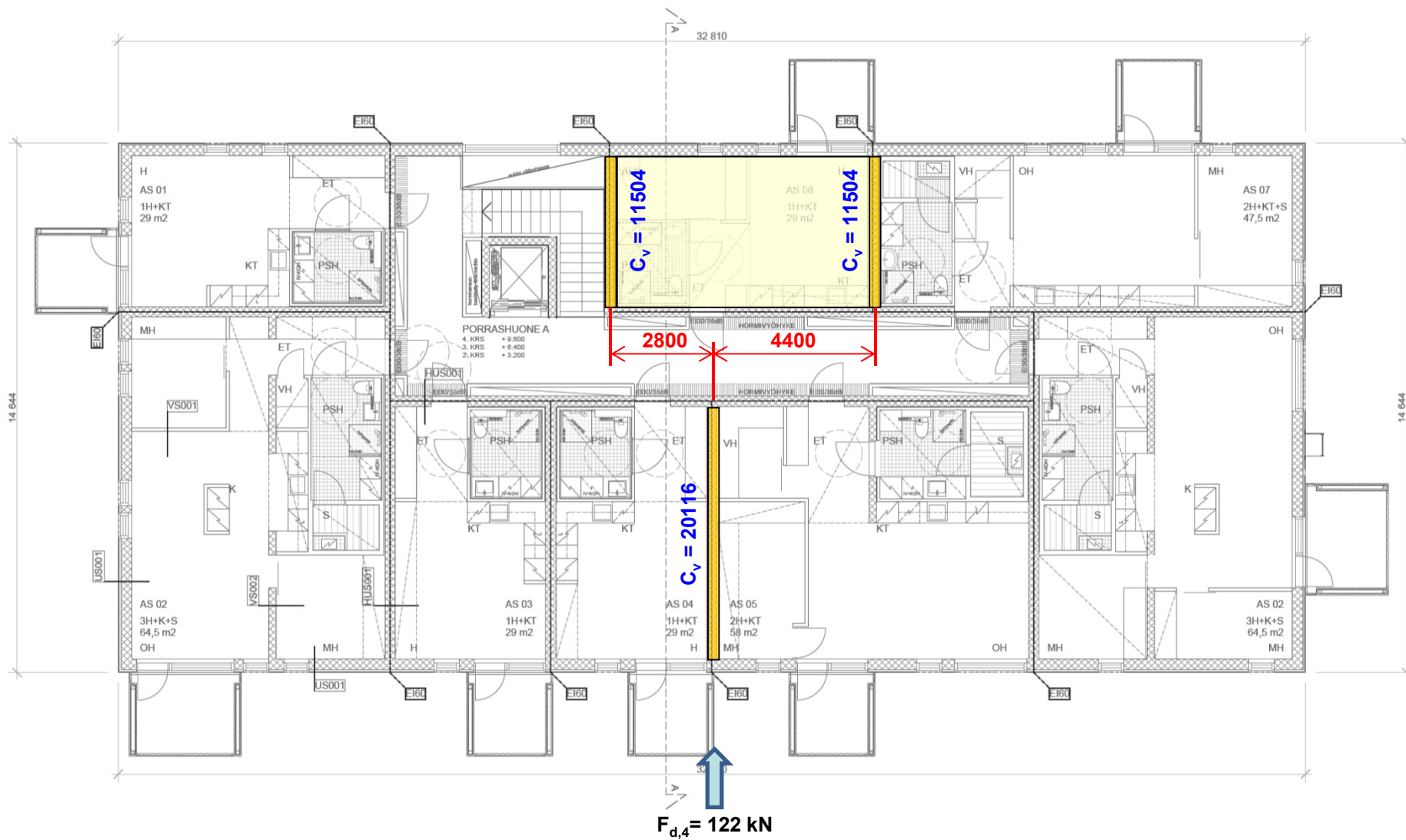
Jäykkyys	Leikkausvoima	Siirtymä	Ulkoiset pystyvoimat rungossa		Pituus
3036 N/mm	15,8 kN	3,5 mm	Tuki A = -9,0 kN	Tuki B = 9,0 kN	4200 mm
	99 %	69 %			

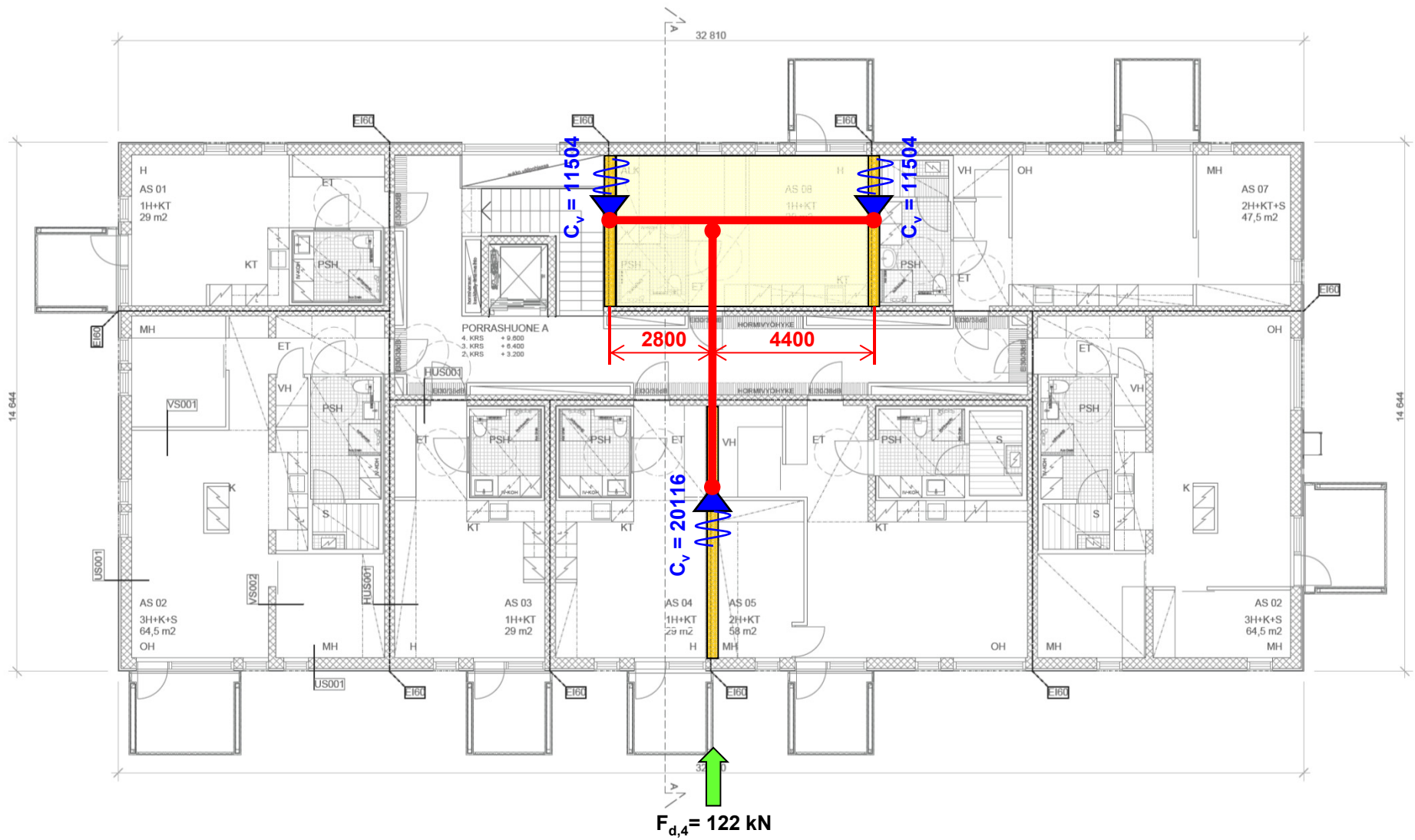


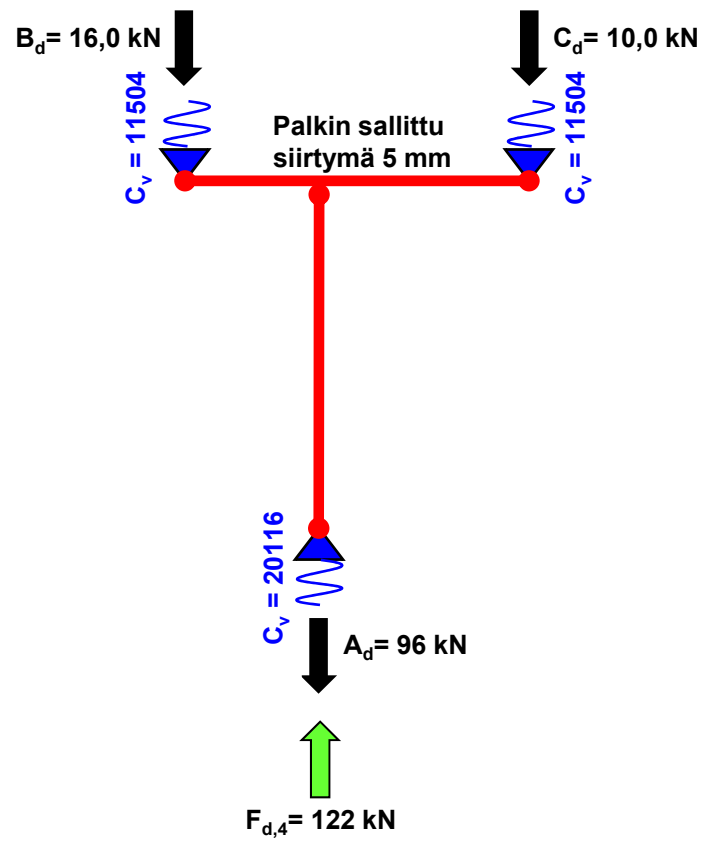
Välipohjan leikkausvoimakestävyys

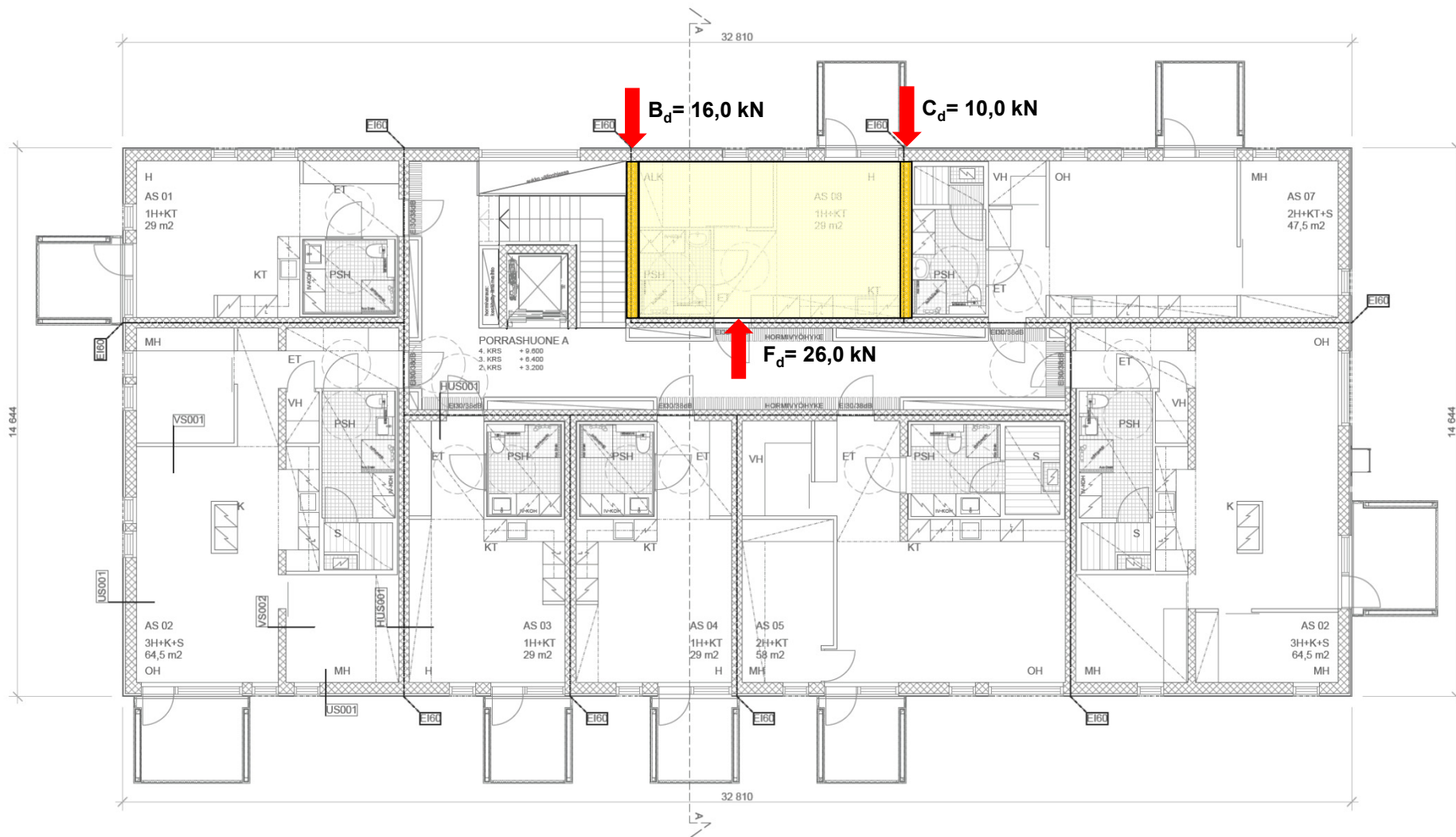
Kerto-Q-levy





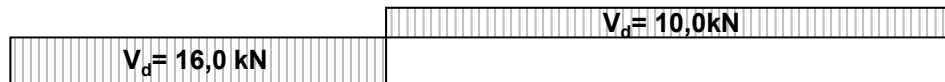
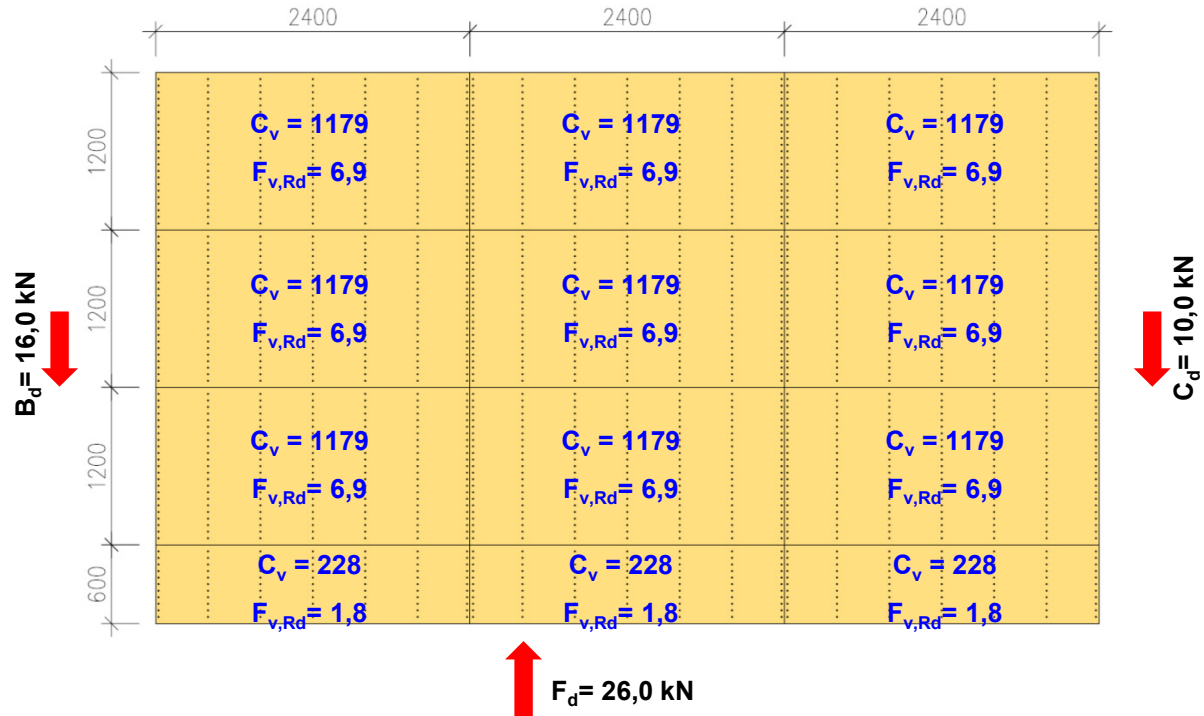






Välipohjan leikkausvoimakestävyys

Havuvaneri 18 mm / Naulat 2,5x50 k50



$$\Sigma F_{v,Rd} = 22 > 16,0 \text{ kN}$$

OK !

$$\Sigma F_{v,Rd} = 22 > 10,0 \text{ kN}$$

OK !

Seurantaohjelma	Työn no	Sivu
X	X	1 / 1
Rakennuskohde	Sääntö	
X	Levyjäykisteen mitoitus	

RAKENTEEN TIEDOT

Info

Levymitoitus

Peräkkäisiä levyjä 4 kpl

☐ Levytyksen molemmiin puolin☐ Näytä lopputilan jäykkyydetulokset

Kuorman osavarmuusluku

Rakenteen kuorma [MRT]

Sallittu siirtymä [KRT]

 $\Sigma F_{v,Ed} =$ 1,50
22,0 kN

----->

 $\Sigma F_{v,Ed} =$

14,7 kN

 $\omega =$

5 mm

----->

h / 480

LEVYJONO 1

Jäykistävä levy 1

Leveys b = 1200 mm

Korkeus h = 2400 mm

Jäykkyys C = 1179 N/mm

Kestävyys R = 6,9 kN

Jäykistävä levy 2

Leveys b = 1200 mm

Korkeus h = 2400 mm

Jäykkyys C = 1179 N/mm

Kestävyys R = 6,9 kN

Jäykistävä levy 3

Leveys b = 1200 mm

Korkeus h = 2400 mm

Jäykkyys C = 1179 N/mm

Kestävyys R = 6,9 kN

Jäykistävä levy 4

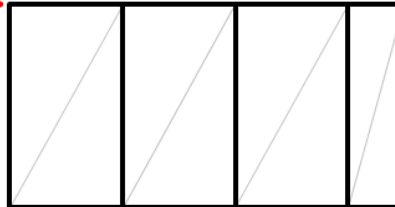
Leveys b = 600 mm

Korkeus h = 2400 mm

Jäykkyys C = 228 N/mm

Kestävyys R = 1,8 kN

RAKENTEEN MITOITUSTULOKSET

Jäykkyys
3765 N/mmLeikkausvoima
22,0 kN
100 %Siirtymä
3,9 mm
78 %Ulkoiset pystyvoimat rungossa
Tuki A = -12,6 kN
Tuki B = 12,6 kNPituus
4200 mm $\Sigma F_{1,d}$ A_{1,d}B_{1,d}

Levyjono 1

C

R

F_{1,d}

Levy 1

1179 N/mm

6,9 kN

6,89 kN

100 %

Levy 2

1179 N/mm

6,9 kN

6,89 kN

100 %

Levy 3

1179 N/mm

6,9 kN

6,89 kN

100 %

Levy 4

228 N/mm

1,8 kN

1,33 kN

74 %

 ΣC_1

3765 N/mm

 $\Sigma F_{1,d}$

22,0 kN

 $\Sigma F_{2,d}$ A_{2,d}B_{2,d}

Levyjono 2

C

R

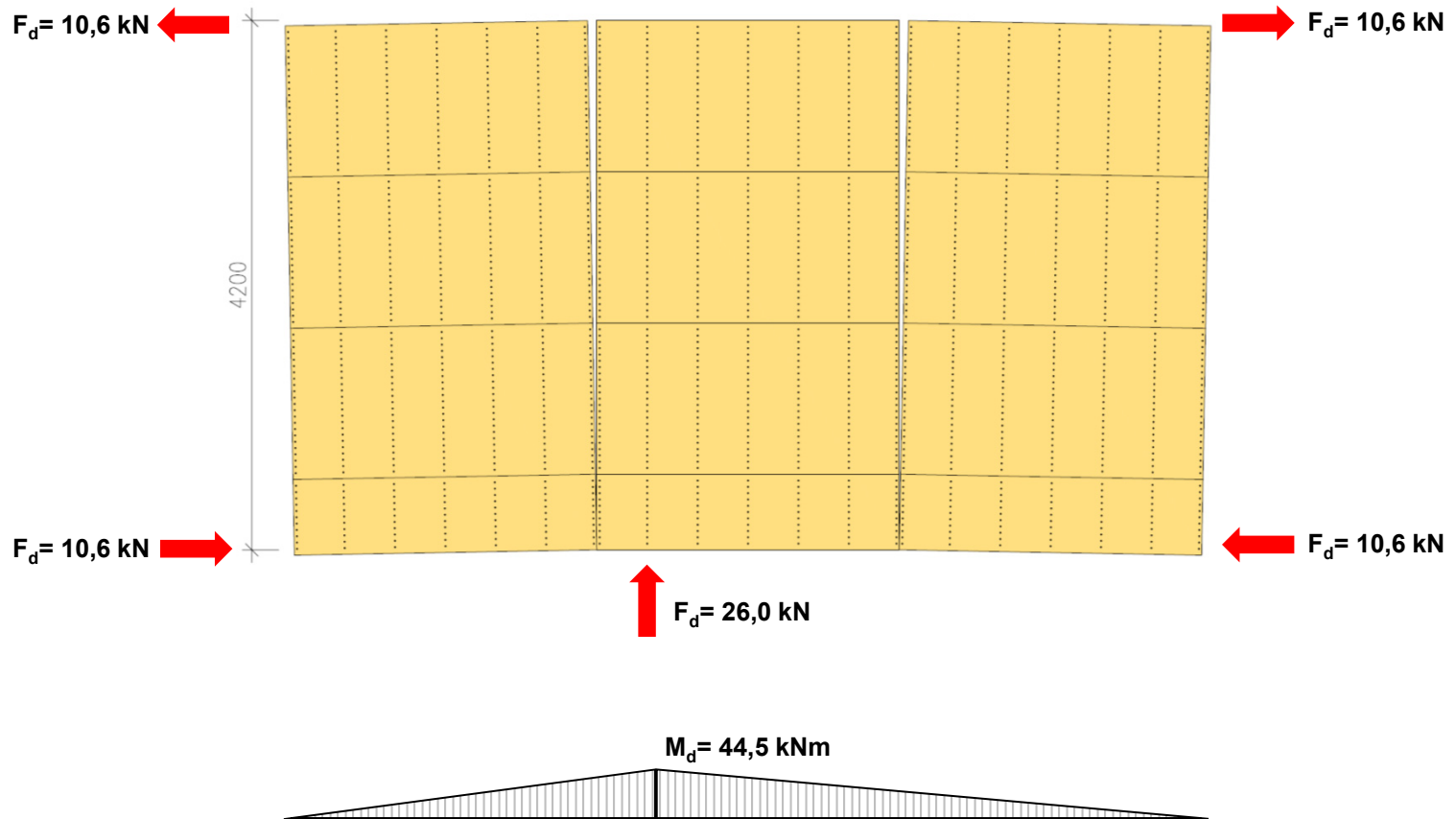
F_{2,d} ΣC_2

0 N/mm

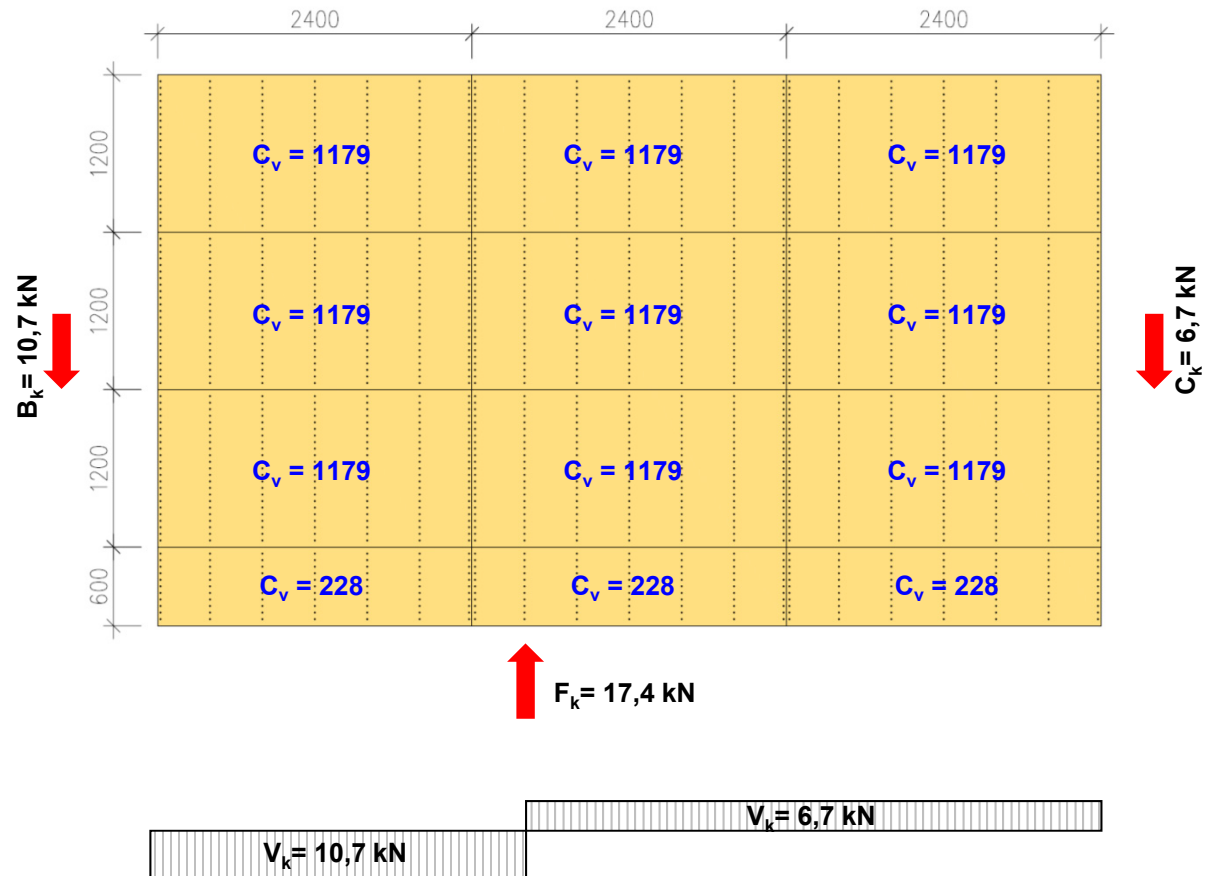
 $\Sigma F_{2,d}$

0,0 kN

Välipohjan momenttikestävyys



Välipohjan siirtymä leikkausvoimasta



Seurantaohjelma	Työn no	Sivu
X	X	1 / 1
Rakennuskohde	Säätö	
X	Levyjäykisteen mitoitus	

RAKENTEEN TIEDOT

Info

Levymitoitus

Peräkkäisiä levyjä 4 kpl

☐ Levytyksen molemmiin puolin☐ Näytä lopputilan jäykkyydet

Kuorman osavarmuusluku

Rakenteen kuorma [MRT]

Sallittu siirtymä [KRT]

 $\Sigma F_{v,Ed} = 16,0 \text{ kN}$
 $\omega = 5 \text{ mm}$
 $\Sigma F_{v,Ed} = 10,7 \text{ kN}$
 $h / 480$

LEVYJONO 1

Jäykistävä levy 1

Leveys $b = 1200 \text{ mm}$
 Korkeus $h = 2400 \text{ mm}$
 Jäykkyys $C = 1179 \text{ N/mm}$
 Kestävyys $R = 6,9 \text{ kN}$

Jäykistävä levy 2

Leveys $b = 1200 \text{ mm}$
 Korkeus $h = 2400 \text{ mm}$
 Jäykkyys $C = 1179 \text{ N/mm}$
 Kestävyys $R = 6,9 \text{ kN}$

Jäykistävä levy 3

Leveys $b = 1200 \text{ mm}$
 Korkeus $h = 2400 \text{ mm}$
 Jäykkyys $C = 1179 \text{ N/mm}$
 Kestävyys $R = 6,9 \text{ kN}$

Jäykistävä levy 4

Leveys $b = 600 \text{ mm}$
 Korkeus $h = 2400 \text{ mm}$
 Jäykkyys $C = 228 \text{ N/mm}$
 Kestävyys $R = 1,8 \text{ kN}$

RAKENTEEN MITOITUSTULOKSET

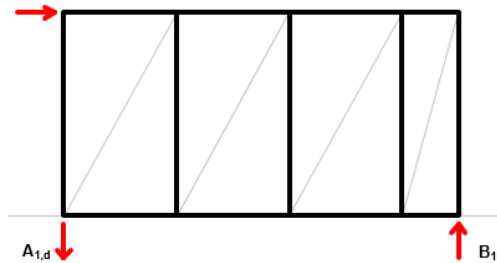
Jäykkyys
3765 N/mm

Leikkausvoima
16,0 kN
73 %

Siirtymä
2,8 mm
57 %

Ulkoiset pystyvoimat rungossa
Tuki A = -9,1 kN Tuki B = 9,1 kN

Pituus
4200 mm

 $\Sigma F_{1,d}$ 

Levyjono 1

C

R

 $F_{1,d}$

Levy 1

1179 N/mm

6,9 kN

5,01 kN

73 %

Levy 2

1179 N/mm

6,9 kN

5,01 kN

73 %

Levy 3

1179 N/mm

6,9 kN

5,01 kN

73 %

Levy 4

228 N/mm

1,8 kN

0,97 kN

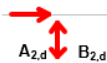
54 %

 ΣC_1

3765 N/mm

 $\Sigma F_{1,d}$

16,0 kN

 $\Sigma F_{2,d}$ 

Levyjono 2

C

R

 $F_{2,d}$ ΣC_2

0 N/mm

 $\Sigma F_{2,d}$

0,0 kN

Seurantaohjelma	Työn no	Sivu
X	X	1 / 1
Rakennusohje	Päiväys	Tekijä
X	X	X
	Säätö	
X	Levyjäykisteen mitoitus	

RAKENTEEN TIEDOT

Info

Levymitoitus

Peräkkäisiä levyjä 4 kpl

☐ Levytyksen molemmiin puoliin☐ Näytä lopputilan jäykkyydet

Kuorman osavarmuusluku

Rakenteen kuorma [MRT]

Sallittu siirtymä [KRT]

 $\Sigma F_{v,Ed} =$ 1,50
10,0 kN

----->

 $\Sigma F_{v,Ed} =$

6,7 kN

 $\omega =$

5 mm

----->

h / 480

LEVYJONO 1

Jäykistävä levy 1

Leveys b = 1200 mm

Korkeus h = 2400 mm

Jäykkyys C = 1179 N/mm

Kestävyys R = 6,9 kN

Jäykistävä levy 2

Leveys b = 1200 mm

Korkeus h = 2400 mm

Jäykkyys C = 1179 N/mm

Kestävyys R = 6,9 kN

Jäykistävä levy 3

Leveys b = 1200 mm

Korkeus h = 2400 mm

Jäykkyys C = 1179 N/mm

Kestävyys R = 6,9 kN

Jäykistävä levy 4

Leveys b = 600 mm

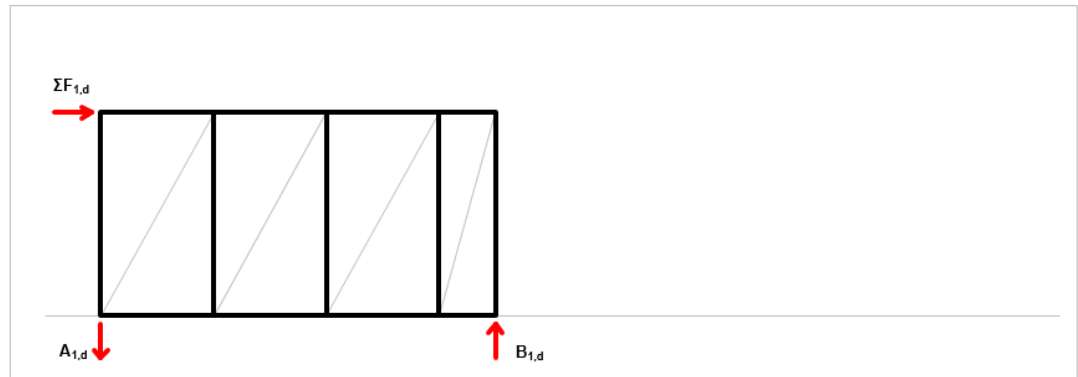
Korkeus h = 2400 mm

Jäykkyys C = 228 N/mm

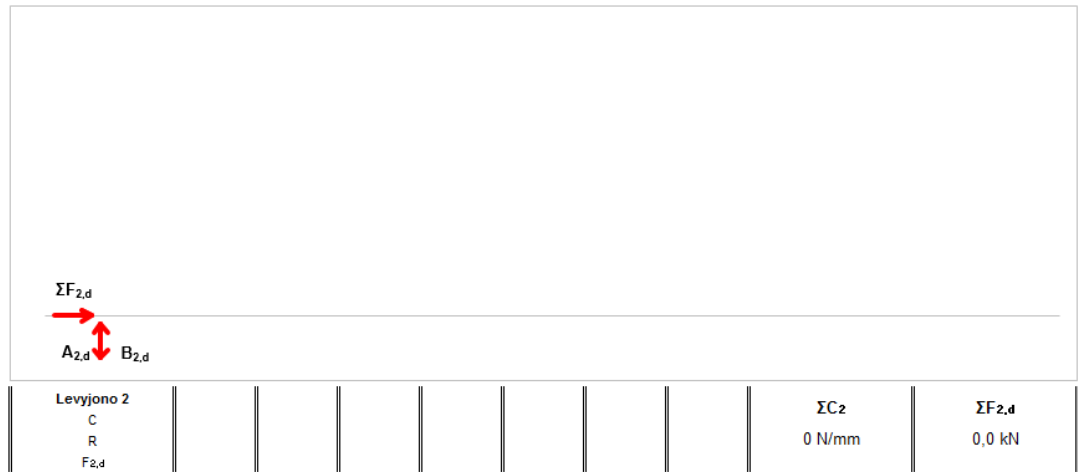
Kestävyys R = 1,8 kN

RAKENTEEN MITOITUSTULOKSET

Jäykkyys	Leikkausvoima	Siirtymä	Ulkoiset pystyvoimat rungossa	Pituus
3765 N/mm	10,0 kN	1,8 mm	Tuki A = -5,7 kN Tuki B = 5,7 kN	4200 mm
	45 %	35 %		



Levyjono 1	Levy 1	Levy 2	Levy 3	Levy 4			ΣC_1	$\Sigma F_{1,d}$
C	1179 N/mm	1179 N/mm	1179 N/mm	228 N/mm			3765 N/mm	10,0 kN
R	6,9 kN	6,9 kN	6,9 kN	1,8 kN				
F _{1,d}	3,13 kN	3,13 kN	3,13 kN	0,61 kN				
	45 %	45 %	45 %	34 %				

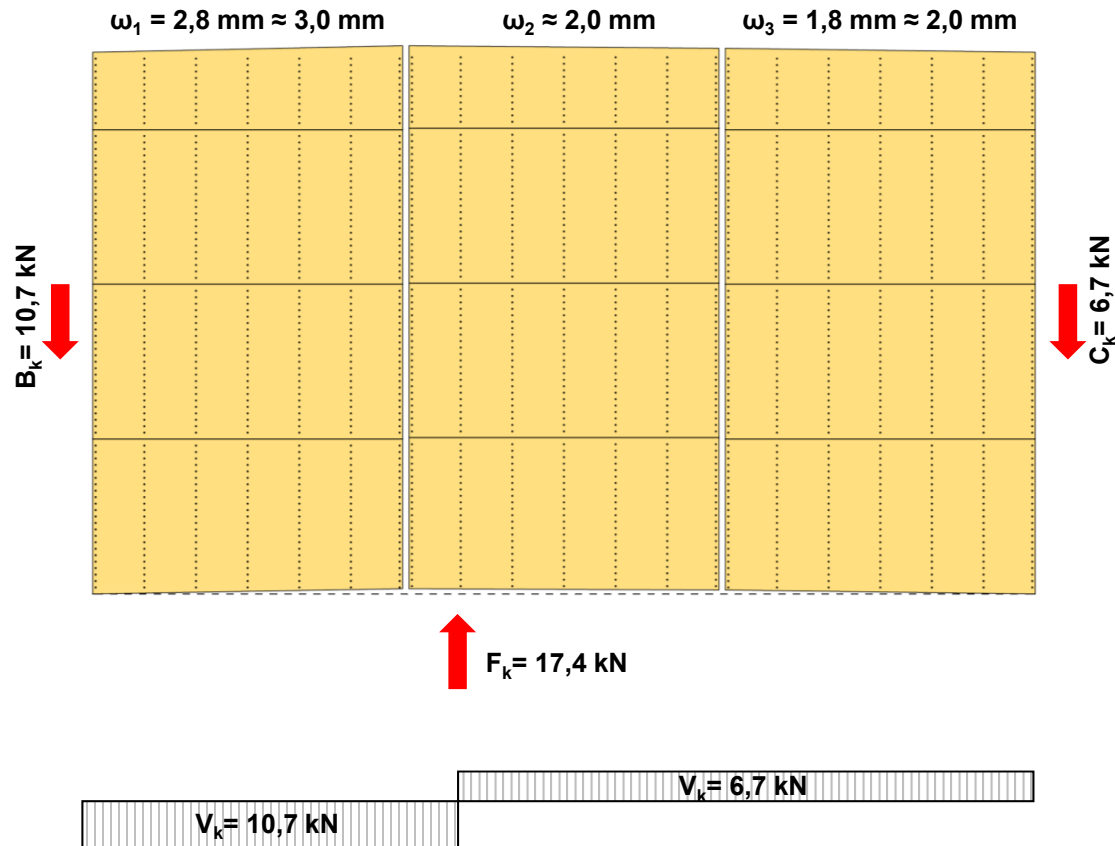


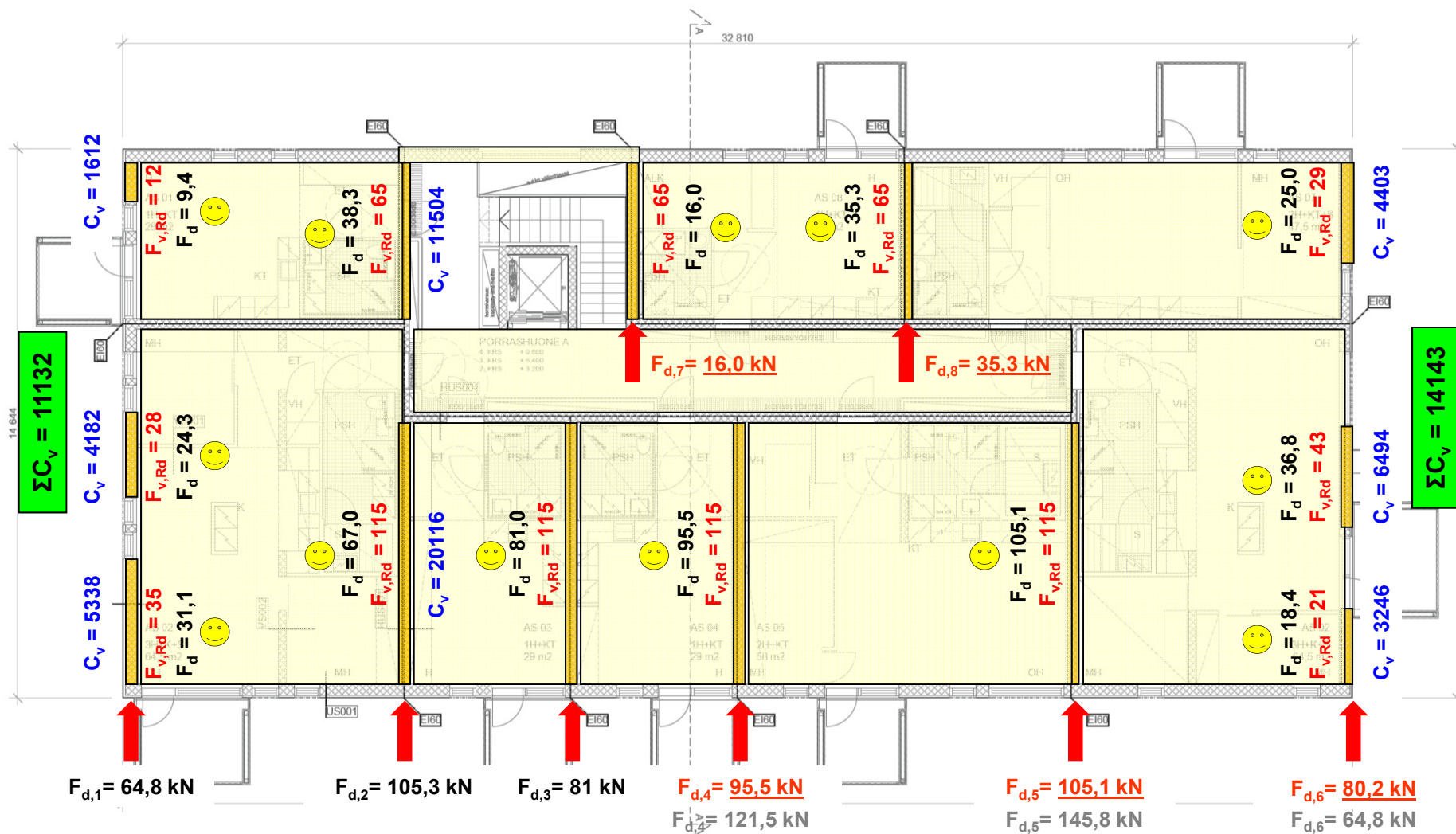
Levyjono 2							ΣC_2	$\Sigma F_{2,d}$
C							0 N/mm	0,0 kN
R								
F _{2,d}								

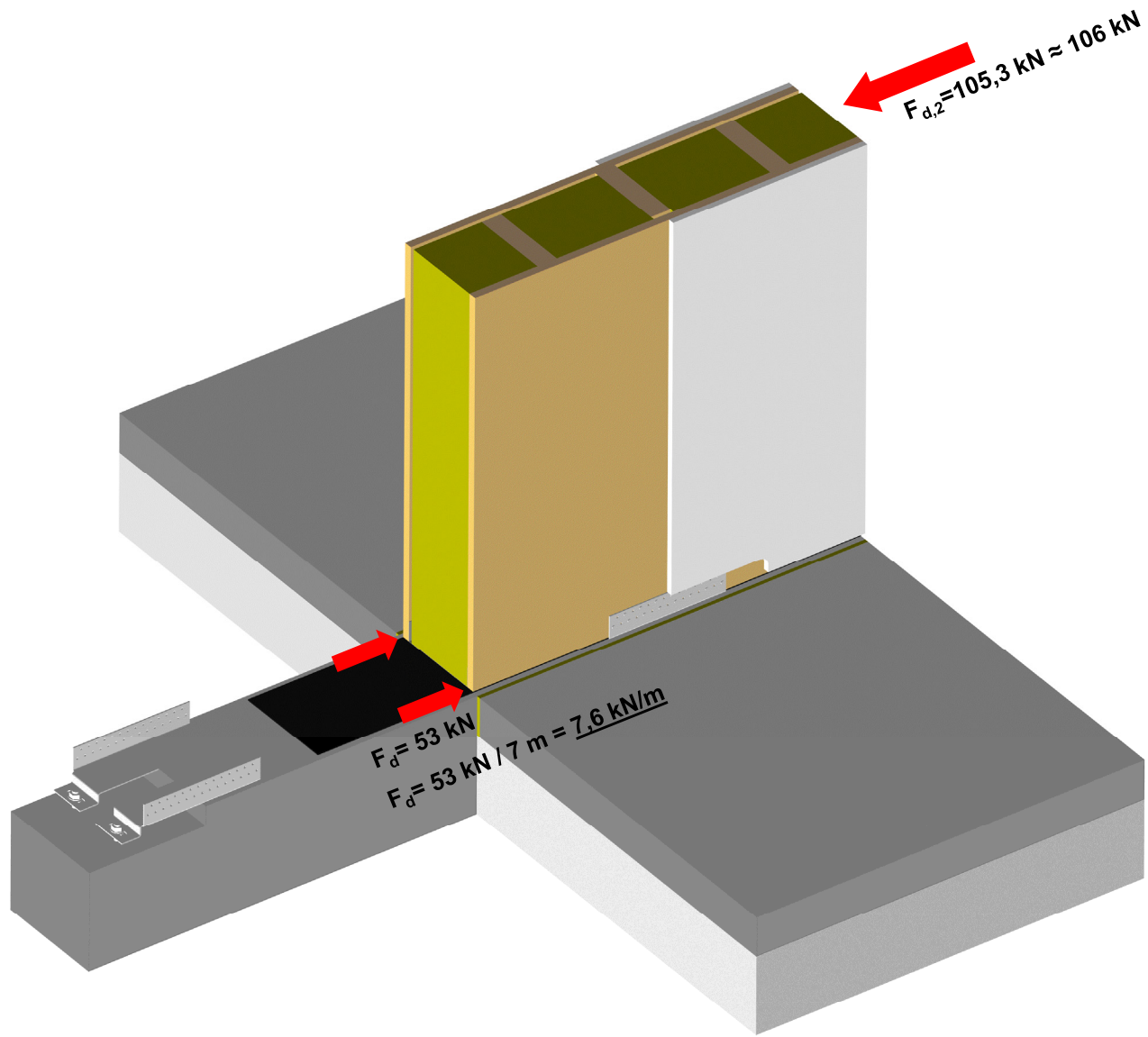
Välipohjan siirtymä leikkausvoimasta

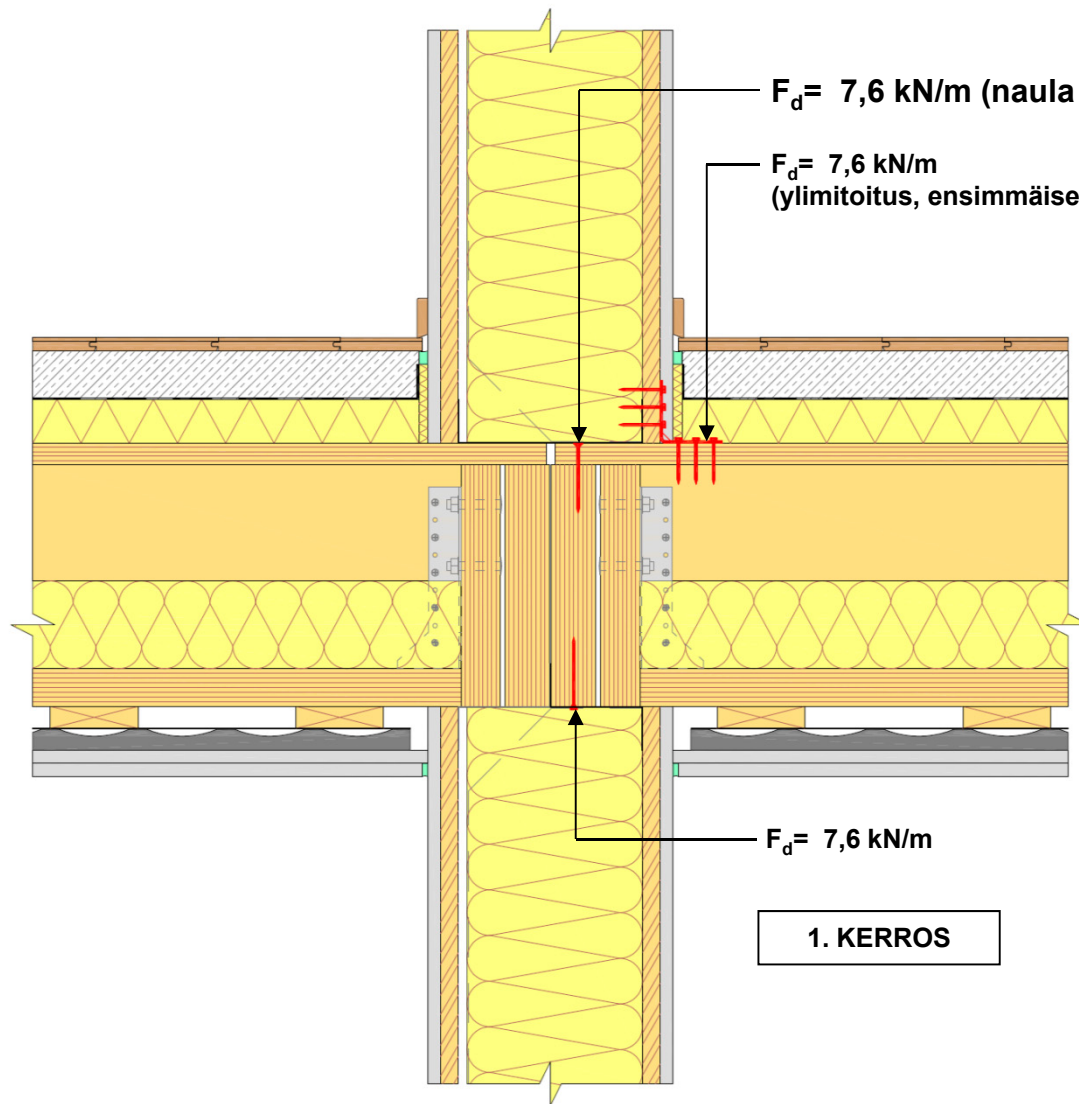
$$\omega_{mean} = \frac{\omega_1 + \omega_2 + \omega_3}{2} = \frac{3,0 + 2,0 + 2,0}{2} = 3,5 \text{ mm (ilman elementtisaumojen siirtymiä)}$$

Staattisessa mallissa välipohjan siirtymäksi arvioitu enintään 5 mm $\approx$ OK









$F_d = 7,6 \text{ kN/m}$ (naula 3,0x70 k60 $\rightarrow \Sigma R_d = 7,4 \text{ kN/m}$) **EI KESTÄ !**

$F_d = 7,6 \text{ kN/m}$
(ylimitoitus, ensimmäisen välipohjan kuorma ylimääräisenä)

Esimerkkinä paksuviiluinen havuvanerilevy 18 mm

Liittimen kestävyys

$$k_p = \sqrt{\frac{\rho_k}{350}} = \sqrt{\frac{480}{350}} = 1,17$$

$$\min \left\{ \begin{aligned} k_\ell &= \left(0,5 + \frac{t}{12 \cdot d} \right) \cdot k_p = \left(0,5 + \frac{18}{12 \cdot 3,0} \right) \cdot 1,17 = 1,17 \\ k_\ell &= 1,2 \cdot k_p = 1,2 \cdot 1,17 = 1,4 \end{aligned} \right.$$

$$R_d = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot k_\ell \cdot 120 \cdot d^{1,7} = \frac{1,1}{1,3} \cdot 1,17 \cdot 120 \cdot 3,0^{1,7} = 769 \text{ N}$$

Kerto-Q:n syrjäliitos

- reunaetäisyys $1,4 \cdot 5d = 21 \text{ mm}$

- paksuus max $\left\{ \begin{aligned} 14d &= 14 \cdot 3,0 = 42 \text{ mm} \end{aligned} \right.$

$\left\{ \begin{aligned} (13d-30) \cdot \frac{\rho_k}{200} &= (13 \cdot 3,0-30) \cdot \frac{480}{200} = 21,6 \text{ mm} \end{aligned} \right.$

- keskinäisetäisyys vähintään $20d = 60 \text{ mm}$

- leikelujuutta pienennetään

$$\sqrt{\left(1 - \frac{2}{d} \right)} \geq \frac{1}{3} = \sqrt{\left(1 - \frac{2}{3,0} \right)} \geq \frac{1}{3} = 0,58$$

$$R_d = 0,58 \cdot 769 = 446 \text{ N}$$

PUURAKENTEISEN VÄLIPOHJALIITYMÄN
KESTÄVYYS

RunkoPES 2.0 -välipohjaliittymä DV401KR

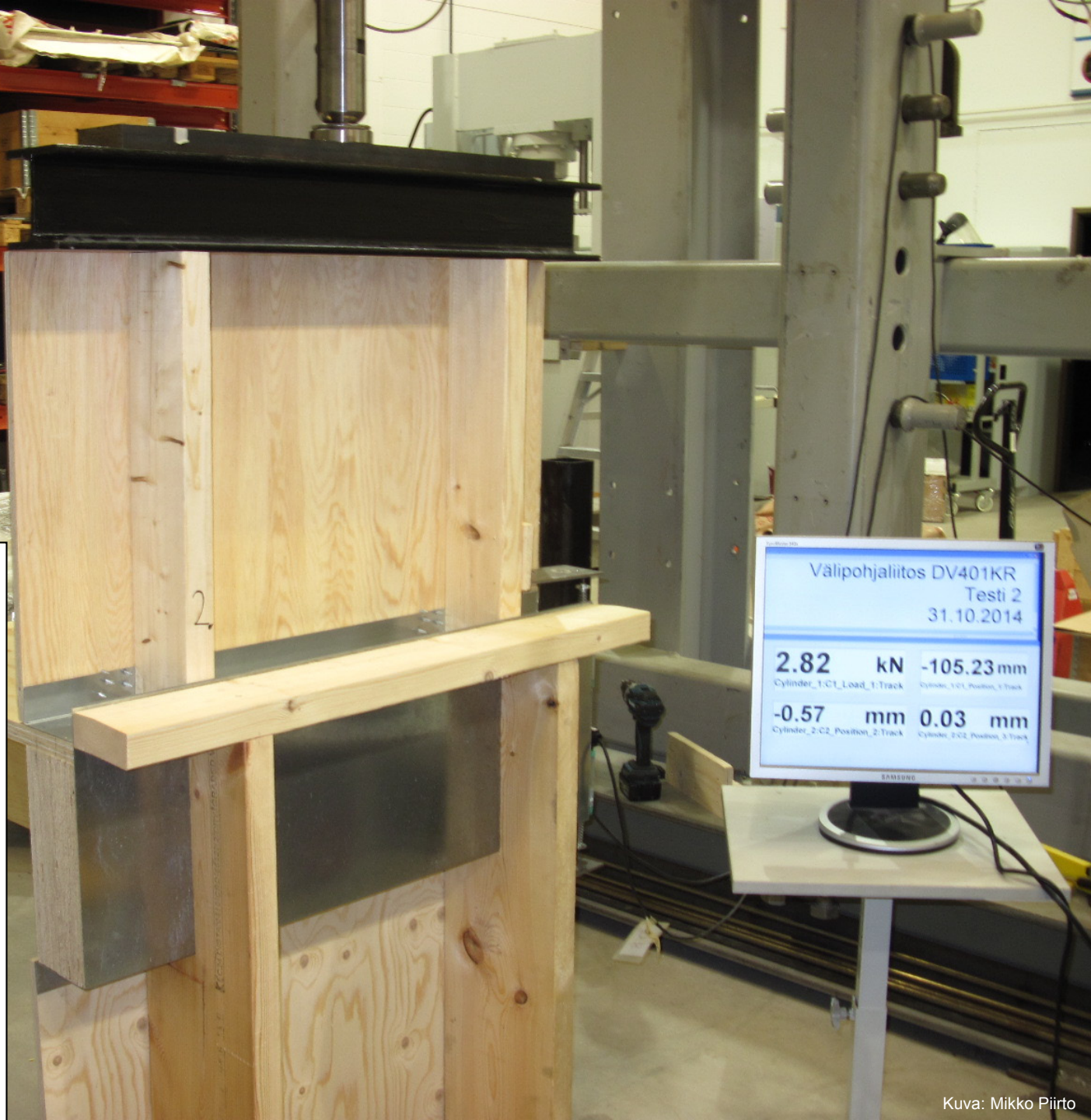
HAMK
HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU

Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Rakennustekniikka

Visamäki, syksy 2014

Mikko Piirto



Kuva: Mikko Piirto

PUURAKENTEISEN VÄLIPOHJALIITTYMÄN
KESTÄVYYS

RunkoPES 2.0 -välipohjaliittymä DV401KR

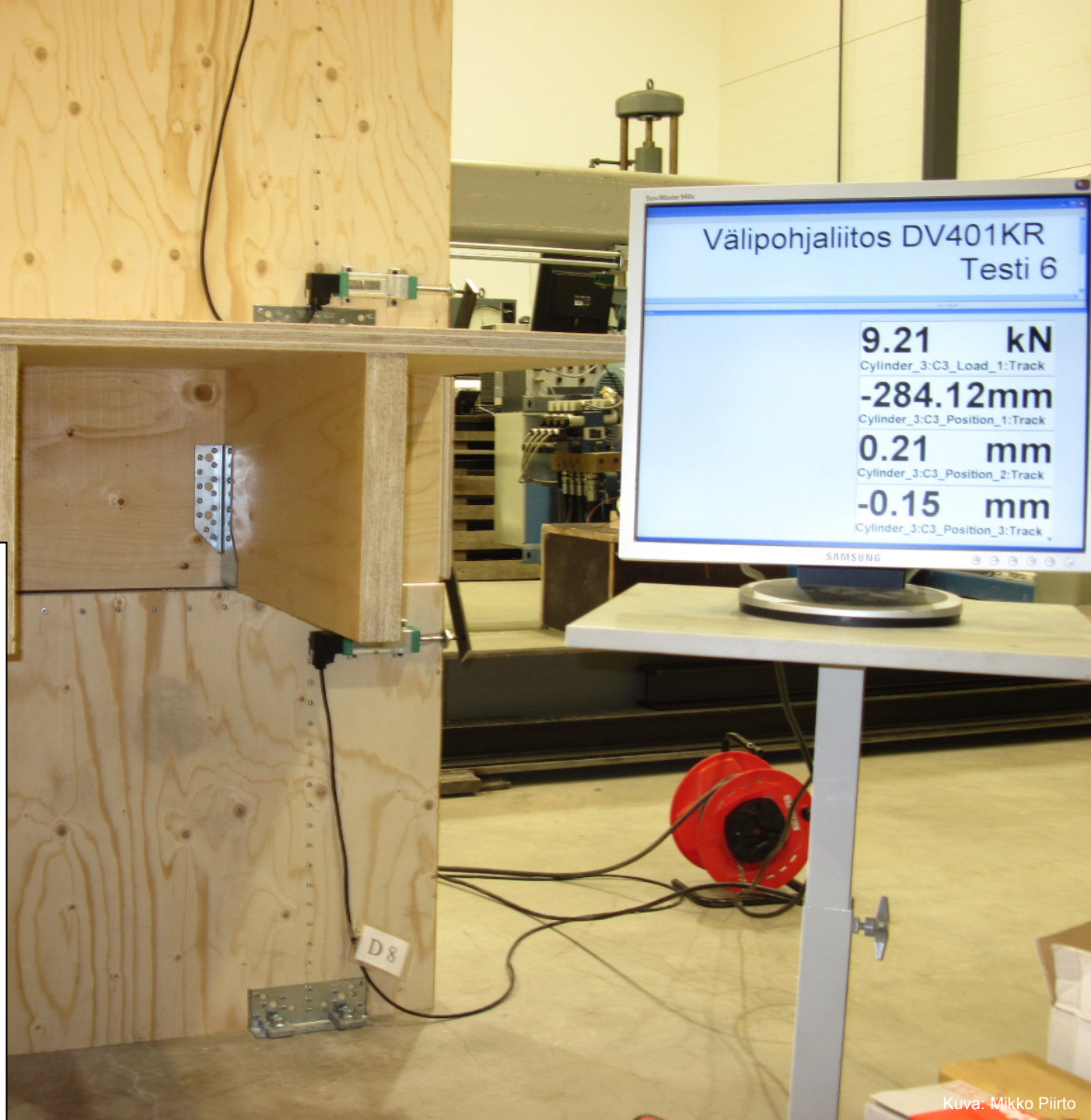
HAMK
HAMKIN AMMATTIOPINNOT

Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Rakennustekniikka

Visamäki, syksy 2014

Mikko Piirto



**PUURAKENTEISEN VÄLIPOHJALIITTYMÄN
KESTÄVYYS**

RunkoPES 2.0 -välipohjaliittymä DV401KR



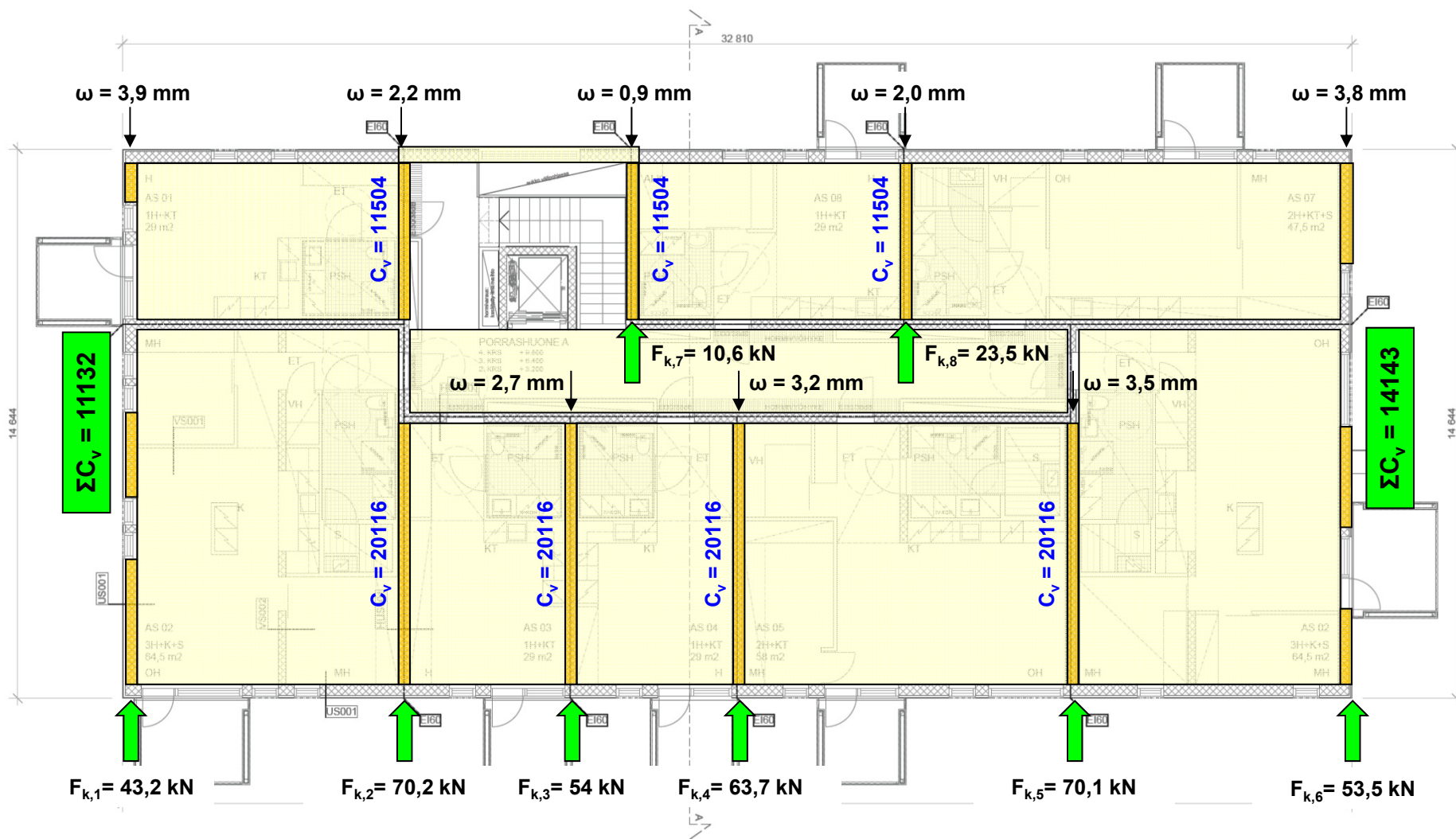
Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Rakennustekniikka

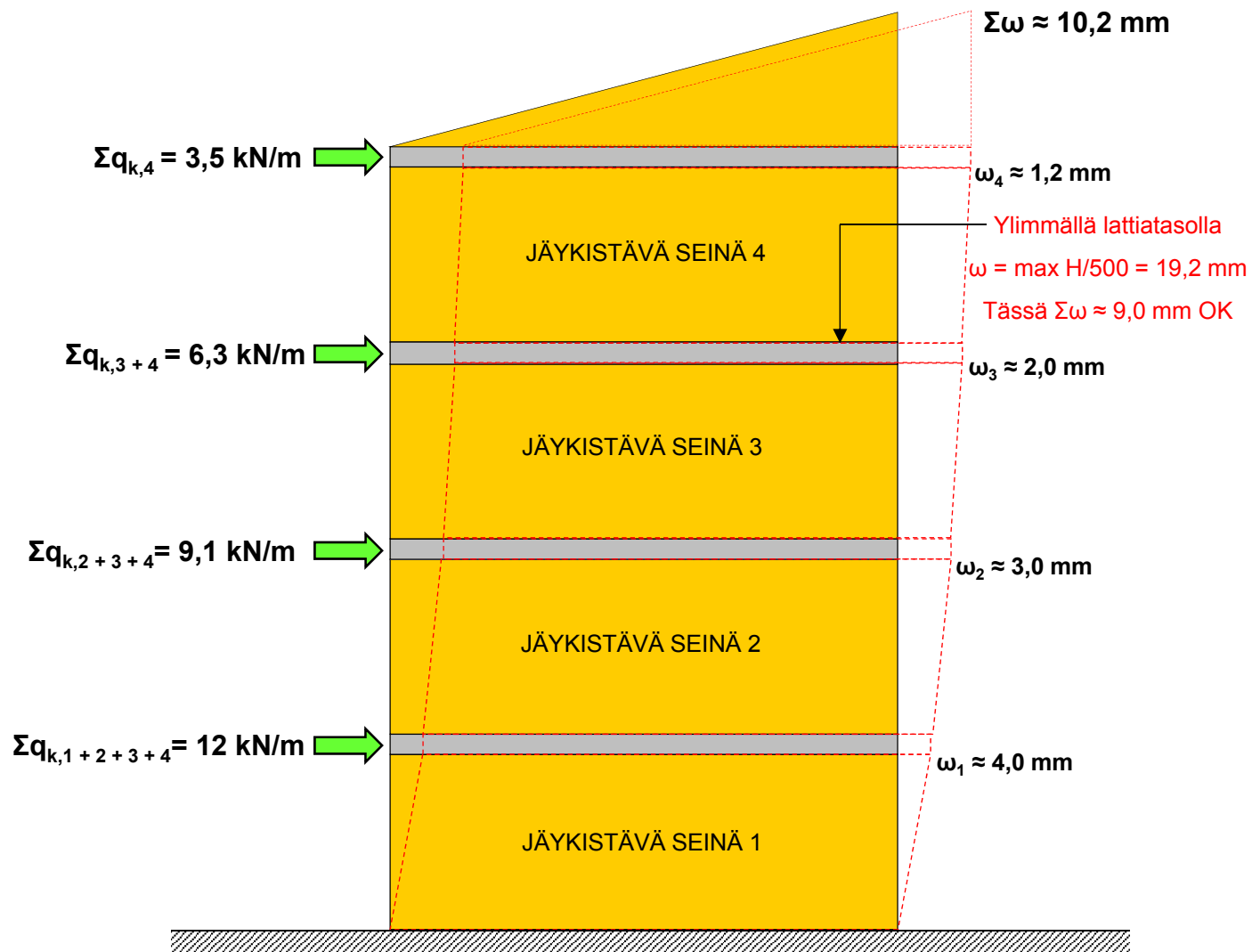
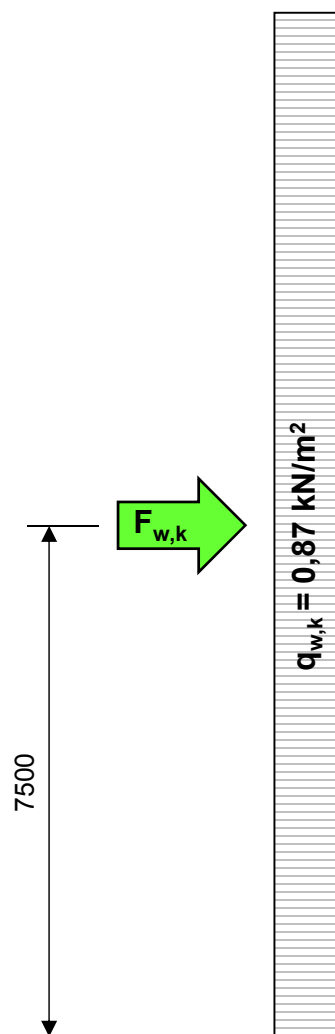
Visamäki, syksy 2014

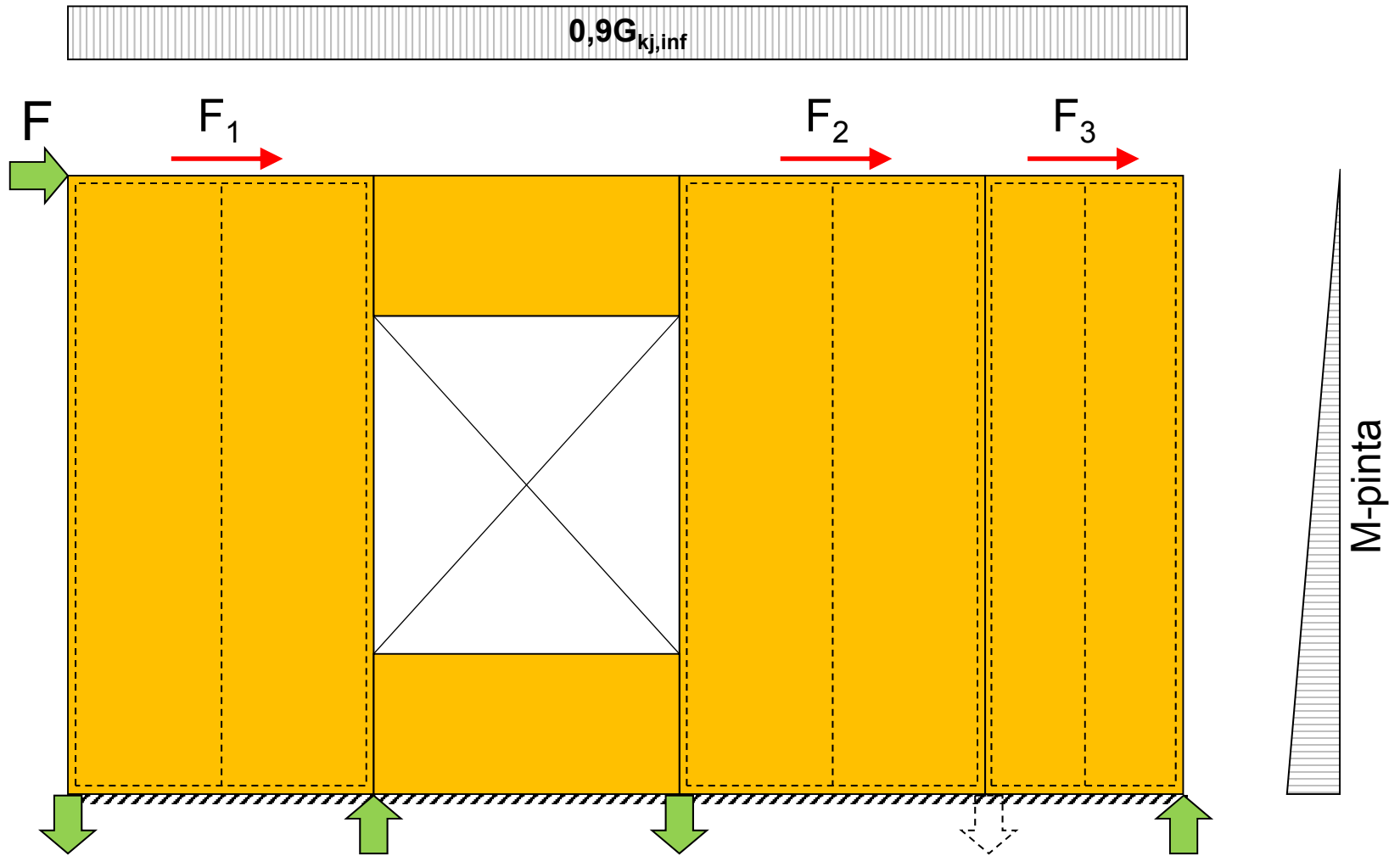
Mikko Piirto

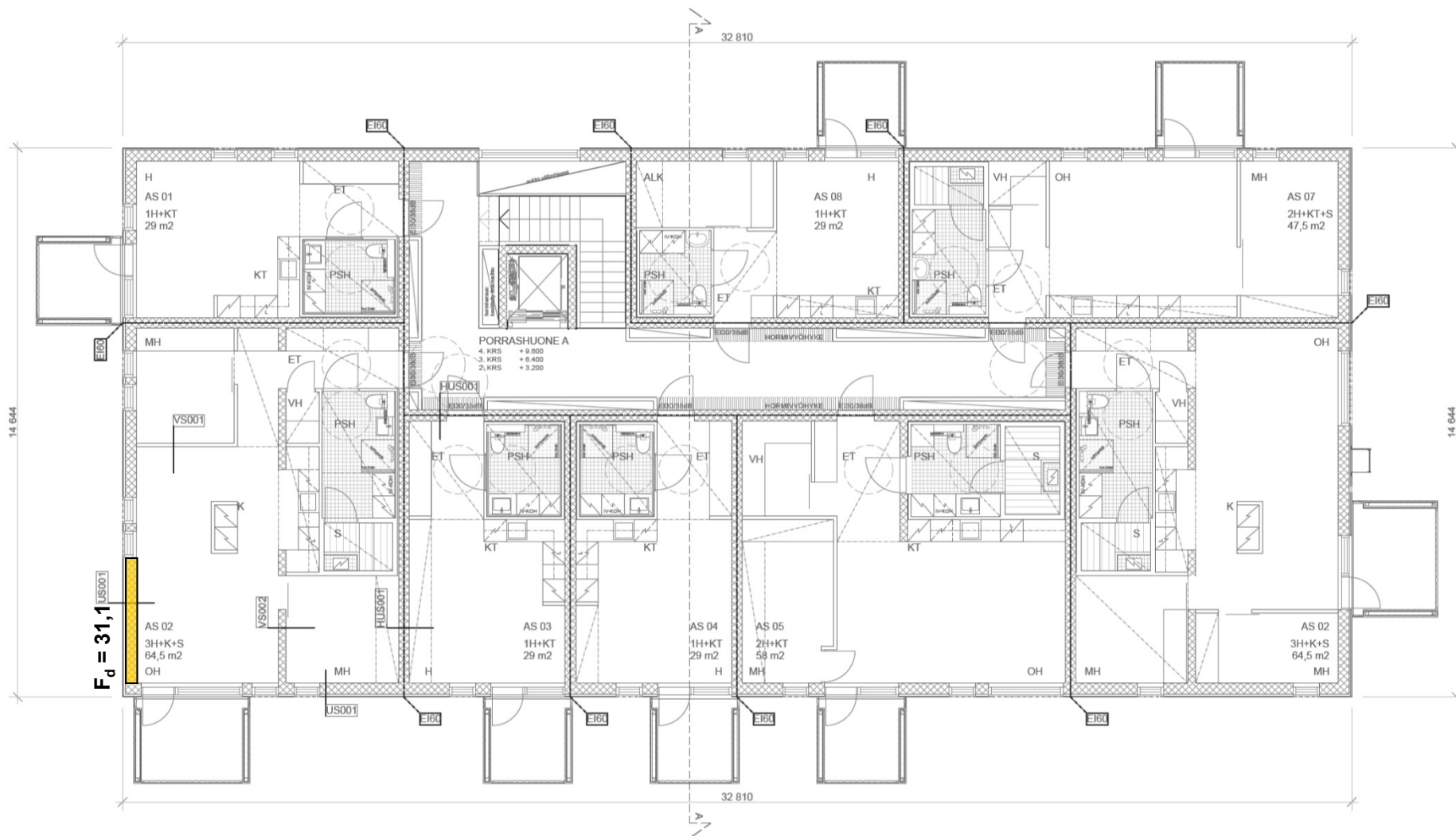
Kokeen kuorma	Kokeen siirtymä		Kestävyys murtorajatilassa
	ylempi jäykistelevy	alempi jäykistelevy	
kN	mm	mm	kN
0,50	0,01	0,00	
1,02	0,02	0,02	
1,52	0,01	0,02	
2,02	0,01	0,01	
2,54	0,01	0,01	
3,00	0,01	0,01	
3,50	0,02	0,01	
4,01	0,03	0,01	
4,52	0,03	0,01	
5,04	0,04	0,00	
5,49	0,06	0,00	
6,02	0,07	0,01	
6,52	0,09	0,02	
7,02	0,09	0,05	
7,51	0,10	0,09	
8,01	0,11	0,12	
8,49	0,13	0,15	
9,01	0,15	0,20	
9,51	0,16	0,23	
10,01	0,16	0,29	
10,50	0,18	0,33	
11,01	0,20	0,39	
11,50	0,21	0,45	
12,01	0,23	0,51	
12,49	0,24	0,57	
13,02	0,27	0,63	
13,50	0,30	0,70	
14,01	0,32	0,77	
14,50	0,34	0,83	
15,00	0,39	0,95	
15,49	0,41	0,97	
15,99	0,49	1,12	
16,82	0,56	1,14	16,80
17,37	0,57	1,14	

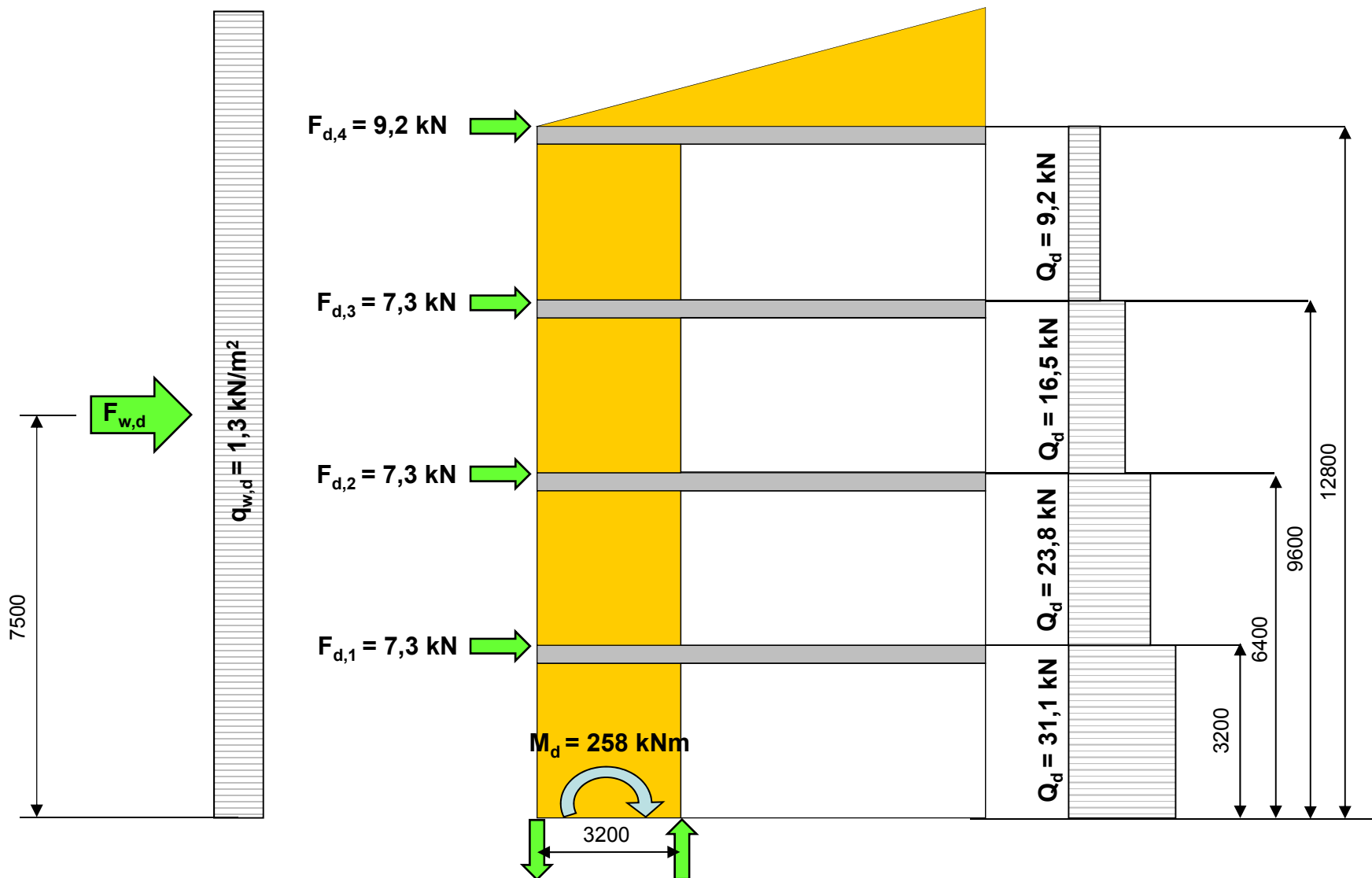


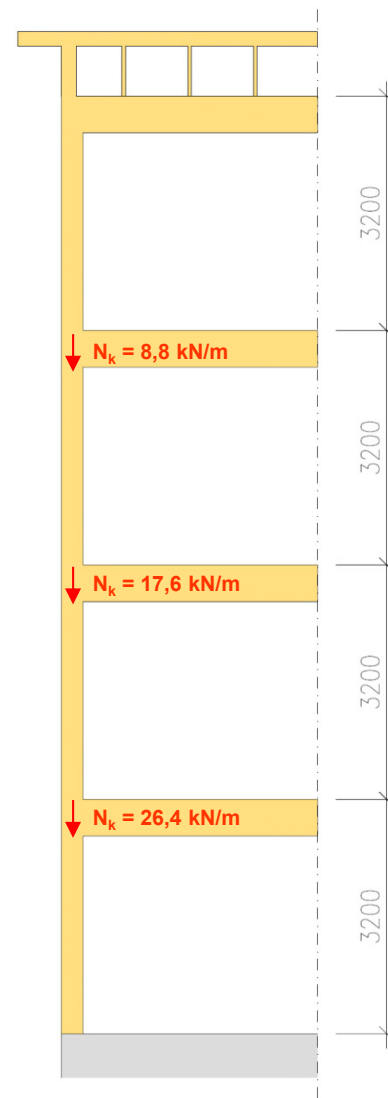
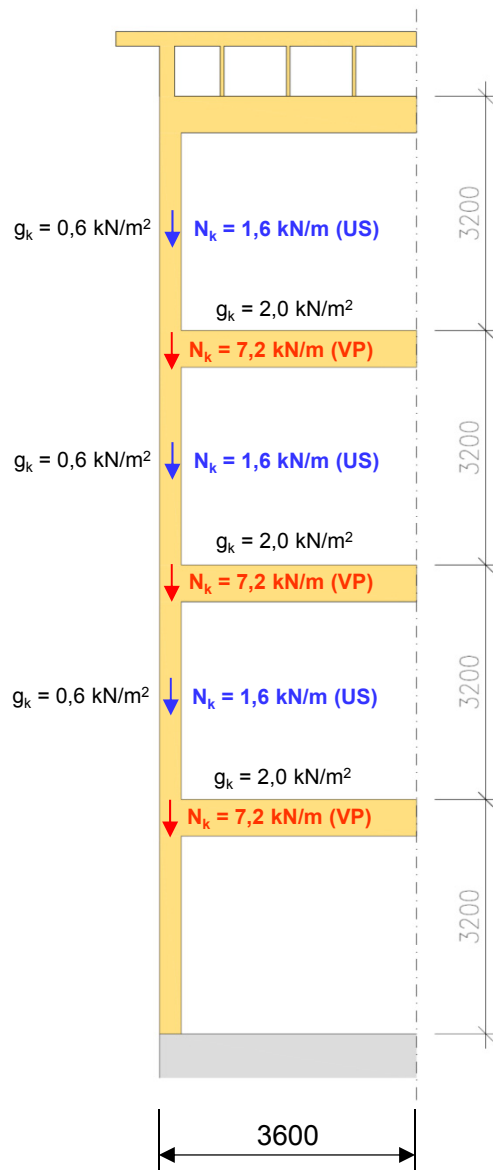
$$\Sigma q_k = 4,1 + 3,2 + 3,2 + 1,5 = 12 \text{ kN/m}$$

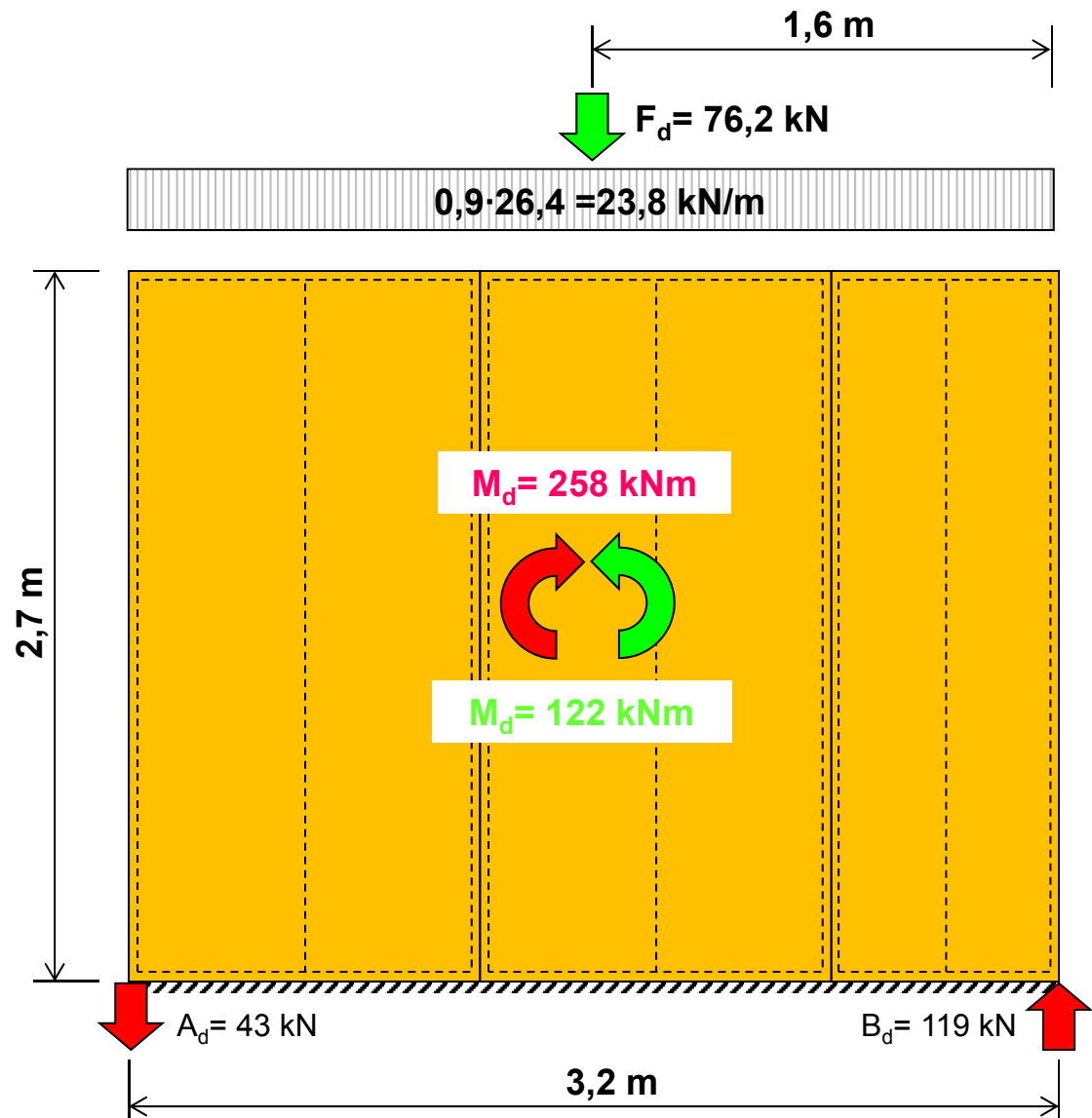








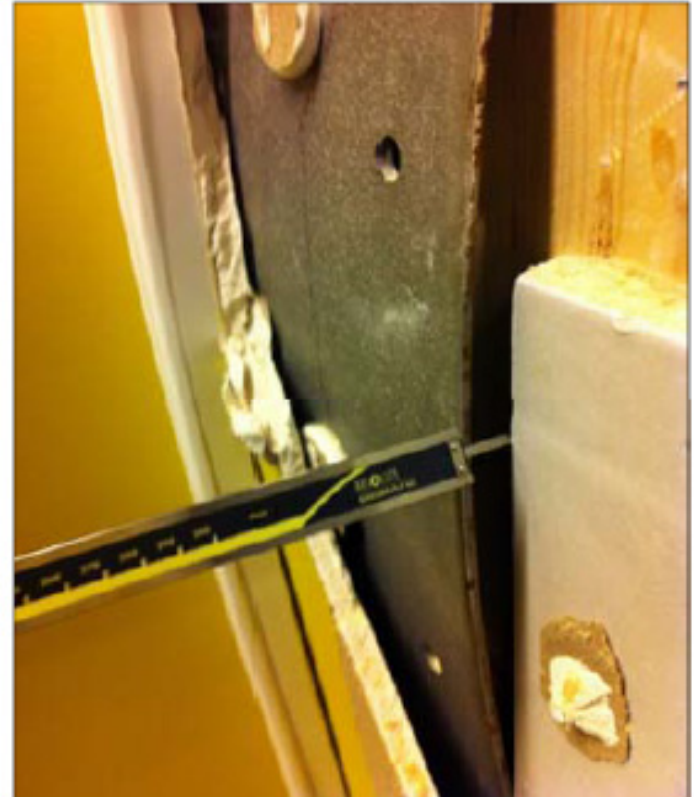






Moisture damage

- Deformation – Design!



Jäykistävä porrastorni

