



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

**Apmācību semināru cikls**  
**«Moderno koka konstrukciju projektēšana un**  
**ugunsaizsardzība»**

ID Nr. EM 2021/42

**Rīga, 2021**



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

**Training seminar / Apmācību seminārs**

**Modern Timber Structures**  
**Modernas koka konstrukcijas**

**2021. gada 19. oktobris, Rīga**

**Andrew Lawrence and Ishan Abeyssekera (United Kingdom)**

## Tehniskie norādījumi

### ETIĶETE

- Esiet modri un ar mums
- Ievērojiet laika grafiku
- Pasākums tiek ierakstīts, palīdziet mums uzturēt ieraksta kvalitāti
- Lietojiet savu īsto vārdu, uzvārdu, ja nepieciešams
- Reģistrējieties ierakstot savu vārdu čatā
- Izvēlieties vēlamo valodu
- Jautājumus uzdodiet un novērojiet čatā
- Izslēdziet mikrofonu un kameru
- Izslēdziet mikrofonu un kameru

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

3

## Norises plāns

09:00 – 10:00	Reģistrācija
10:00 – 11:30	Ievads Koksnes īpašības un EC5 Mūsdienīgi koksnes būvmateriāli
11:30 – 12:00	Kafijas pauze
12:00 – 13:30	Koka konstrukciju sistēmas Koka konstrukciju savienojumi Projektēšana ar trauslu materiālu
13:30 – 14:00	Pusdienu pārtraukums
14:00 – 15:30	CLT Pārsegumu dinamika – jaunā EC5 metode Specifika un bieži sastopamās kļūdas
15:30 – 16:00	Jautājumi un atbildes

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

4

## Autortiesības

- Visu apmācībās iekļauto materiālu autortiesības pieder Arup, ja nav norādīts citādi.
- Nevienu no materiāliem nedrīkst koplietot vai rediģēt bez Arup atļaujas
- Mēs esam interpretējuši būvniecības normatīvus, pētniecības dokumentus, nozares dokumentus u.c., lai iepazīstinātu ar pašreizējo projektēšanas praksi. Iesniegtie materiāli ir paredzēti tikai, lai sniegtu norādījumus; gala atbildību par projektēšanu uzņemas būvinženieris vai projektētājs

## Norises plāns / 10:00 - 11:30

- Ievads
- Koksnes īpašības un EC5
- Mūsdienīgi koksnes būvmateriāli



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

## Training seminar / Apmācību seminārs

### Koksnes īpašības un EC5 Sadaļa Nr.1

**Andrew Lawrence and Ishan Abeyssekera (Arup, United Kingdom)**

#### Koku tipi

##### Skuju koki



- Egle
- Priede
- Baltegle

##### Cietās koksnes lapu koki

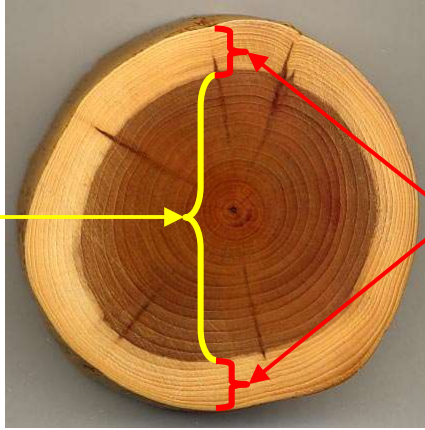


- Osis
- Ozols
- Tīkkoks

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 8

### Koka stumbrs



Kodols

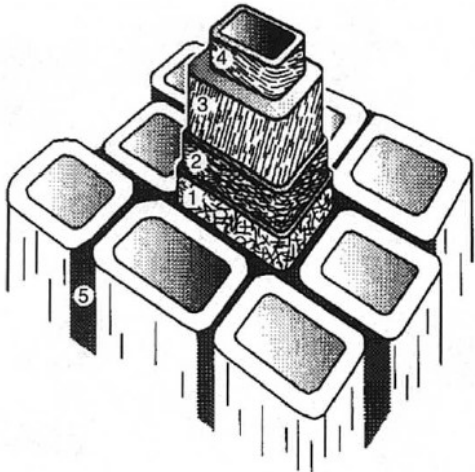
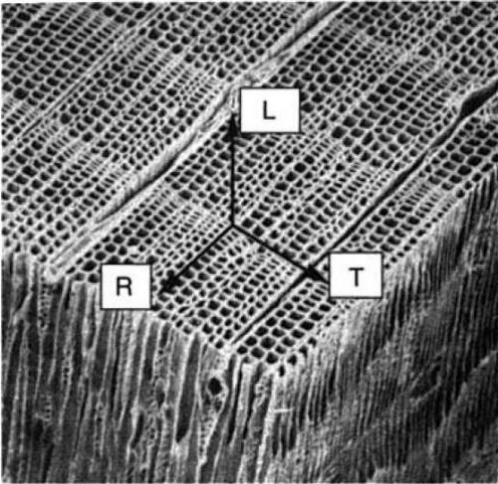
Aplieva

"File:Taxus wood.jpg" by MPF is licensed under CC BY-SA 3.0

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 9

### Koksnes mikrostruktūra



L

R

T

1

2

3

4

5

Thelandersson, S., Larsen, H. J., 2003, Timber Engineering, Wiley, England

Thelandersson, S., Larsen, H. J., 2003, Timber Engineering, Wiley, England

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 10

## Projektēšana ar dabiskiem materiāliem

Salīdzinājumā ar tēraudu

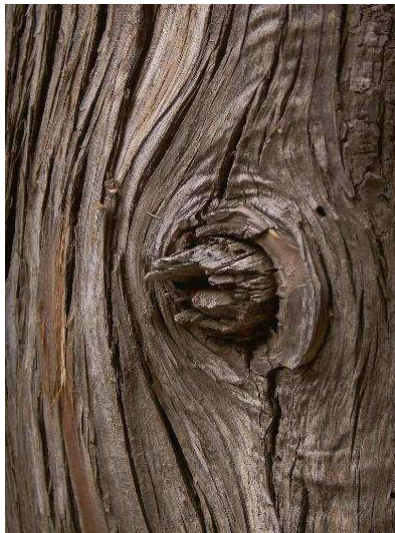
- mainīgs
- anizotropisks

tādejādi atšķirīga pieeja

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>11</sup>

## Zari



"Pine Tree Knot" by sobalt23 is licensed under [CC BY-NC 2.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>12</sup>

### Zari

Zariem ir lielāka ietekme uz lieces stiprību, kad tie ir tuvāk malai

**ARUP** 13

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls “Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība” ID Nr. EM 2021/42

### Līmētās koksnes stiprības pēc EN 14080

Īpašība	Simbols	GL 24h [N/mm <sup>2</sup> ]
Lieces stiprība	$f_{m,g,k}$	24
Stiepes stiprība	$f_{t,0,g,k}$	19.2
	$f_{t,90,g,k}$	0.5
Spiedes stiprība	$f_{c,0,g,k}$	24
	$f_{c,90,g,k}$	2.5
Skaldes stiprība (skalde un vērpe)	$f_{v,g,k}$	3.5
Vērpjošās cirpes stiprība	$f_{r,g,k}$	1.2
Elastības modulis	$E_{0,g,mean}$	11500
	$E_{0,g,05}$	9600
	$E_{90,g,mean}$	300
	$E_{90,g,05}$	250
Bīdes modulis	$G_{g,mean}$	650
	$G_{g,05}$	540
Vērpjošās bīdes modulis	$G_{r,g,mean}$	65
	$G_{r,g,05}$	54
Blīvums <small>BS EN 14080</small>	$\rho_{g,k}$	385
	$\rho_{g,mean}$	420

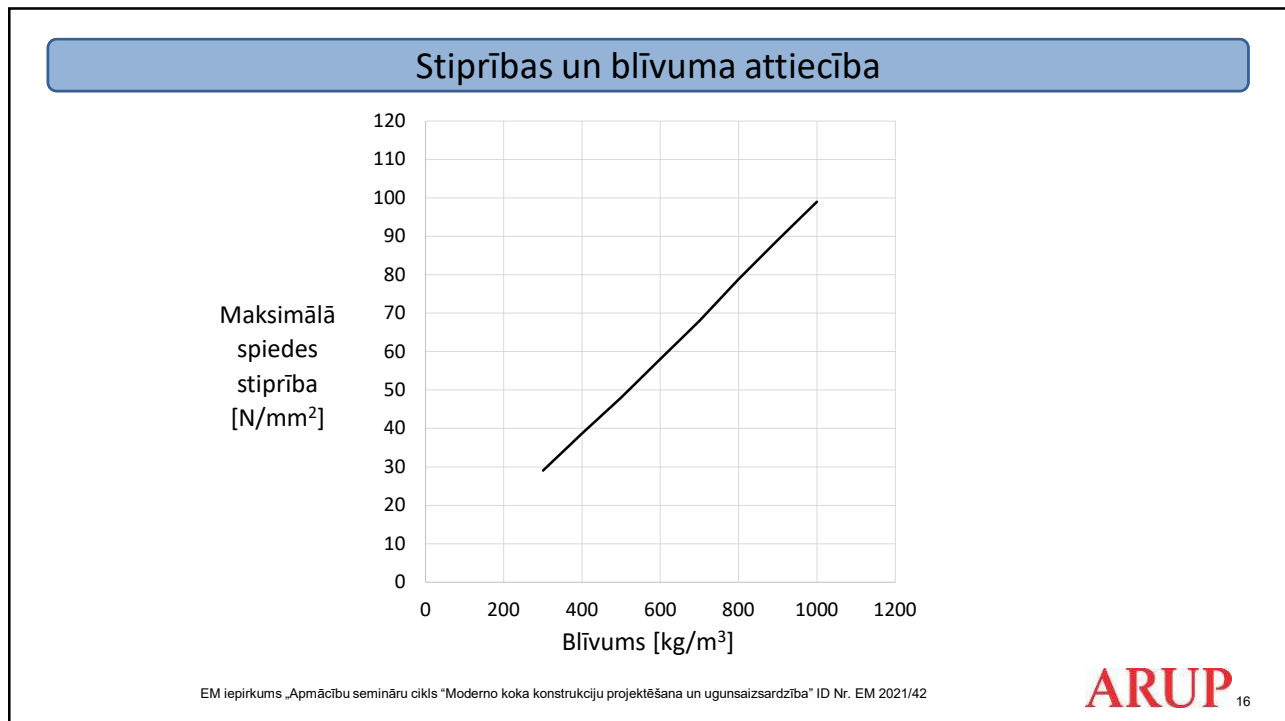
**ARUP** 14

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls “Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība” ID Nr. EM 2021/42

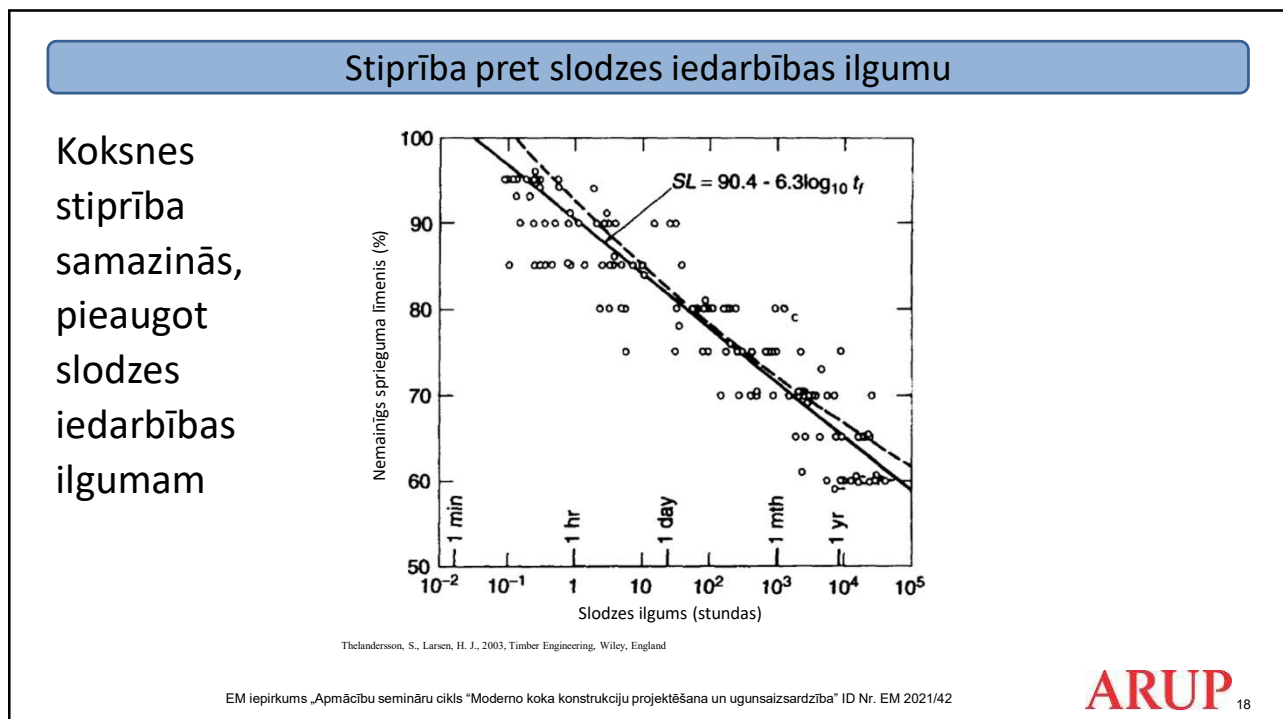
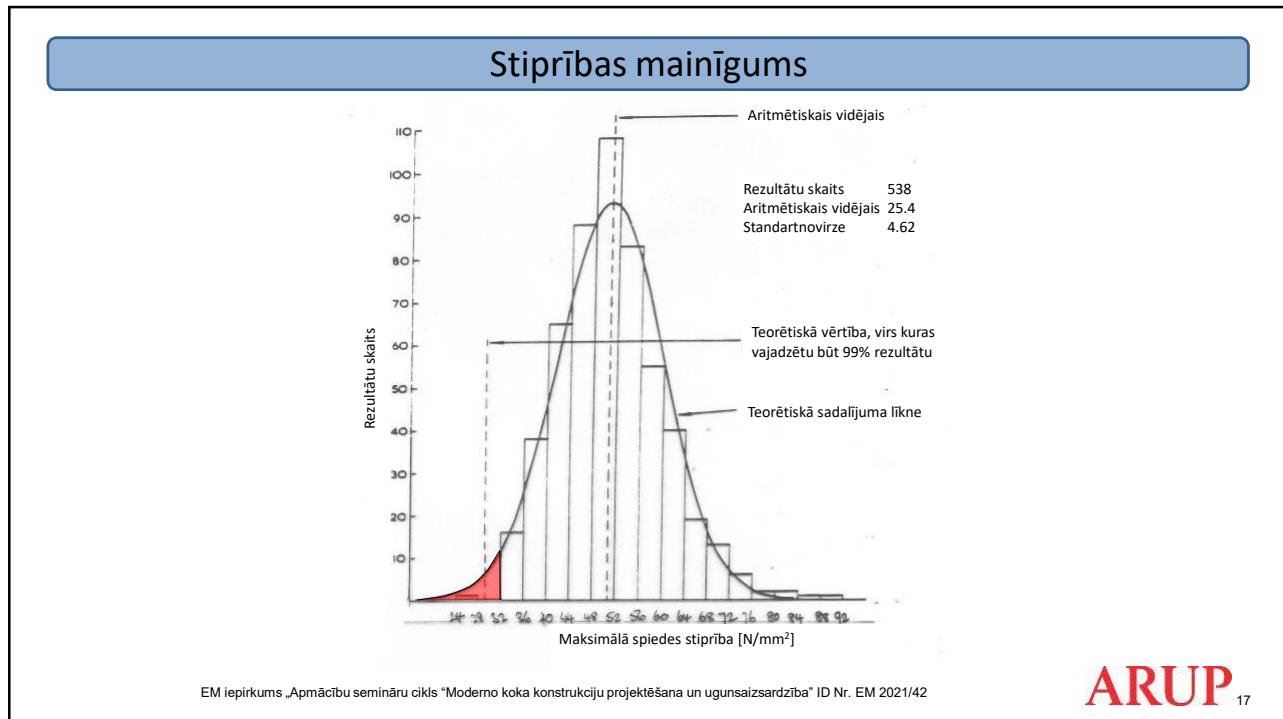
Kādēļ stiprība  
stiepē ir mazāka  
kā lieces stiprība  
paralēli  
šķiedrām?

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 15







### Stiprība pret slodzes iedarbības ilgumu

Ilgtermiņa koksnes uzvedība pie dažādiem sprieguma līmeņiem:  
 $\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3 < \sigma_4 < \sigma_5$

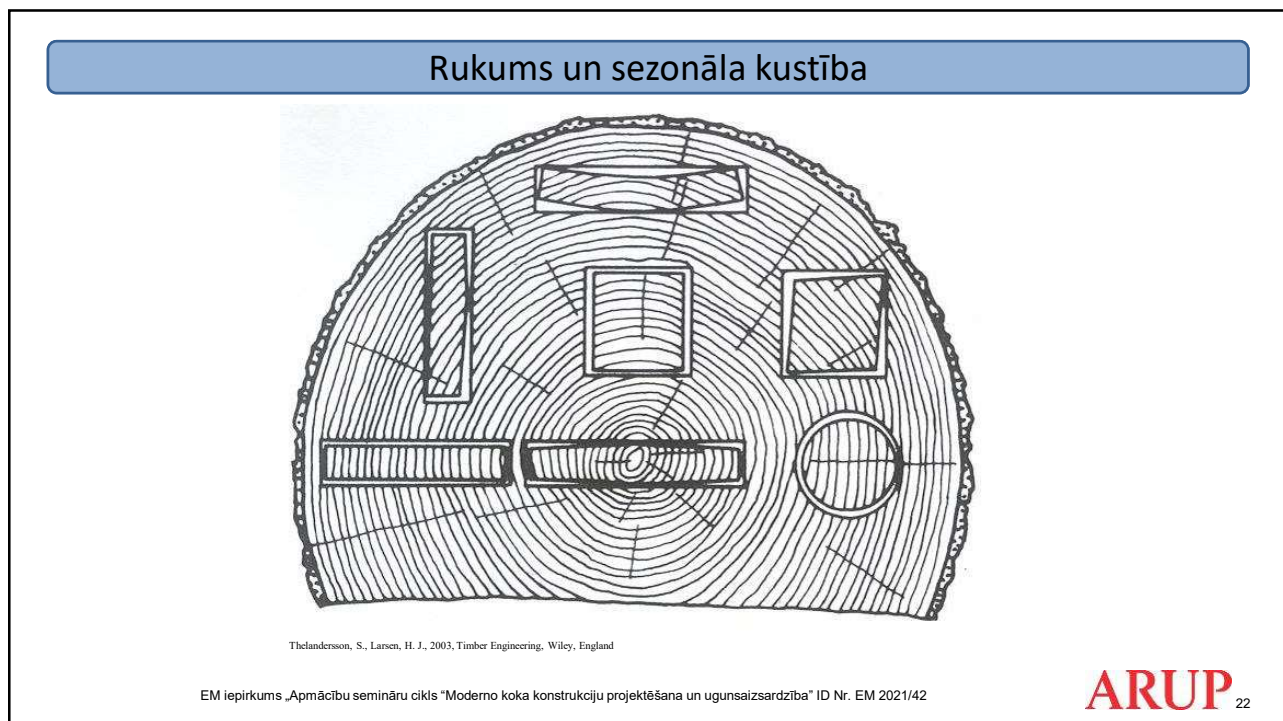
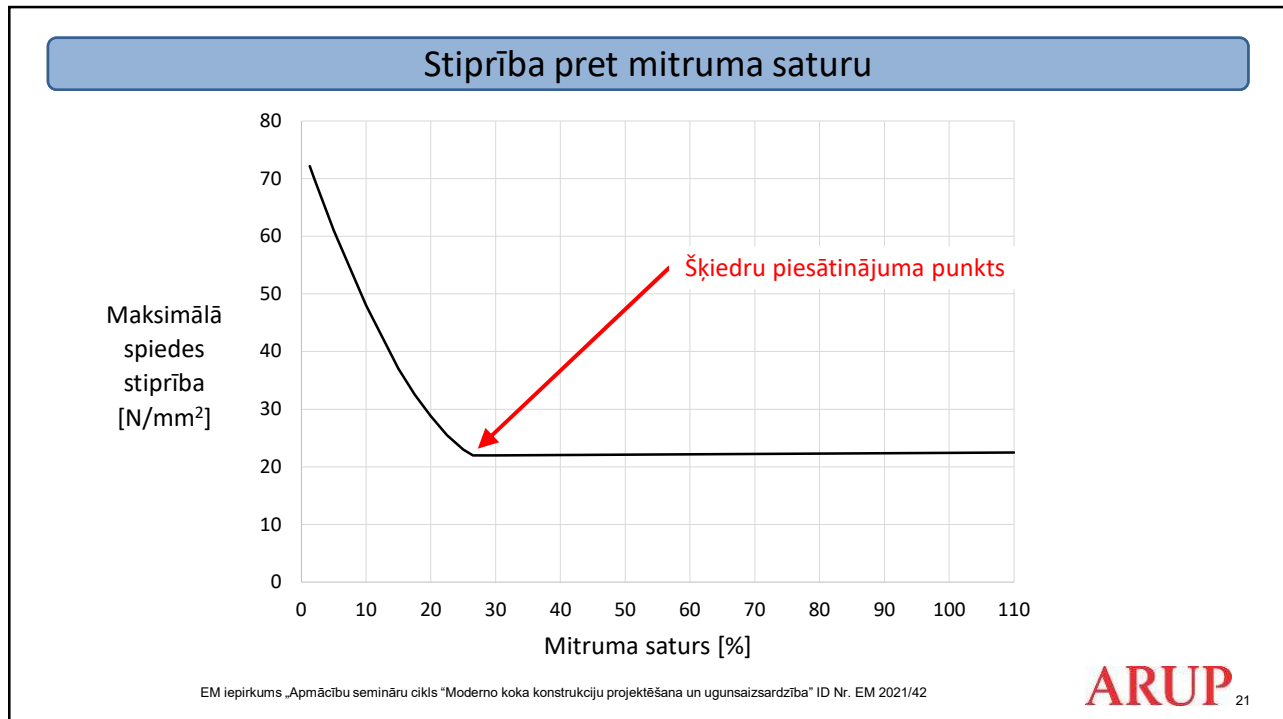
STRUCTURAL TIMBER EDUCATION PROGRAMME. Timber Engineering STEP 1: Basis of design, material properties, structural components and joints. Report A19 Creep.

**ARUP** 19

### Kas notiek ar šo jumtu?

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls “Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība” ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 20



### Skujkoksnes rukums

- 0.25% pie katras 1% LMS izmaiņas (perpendikulāri šķiedrām)
- 0.0025% pie katras 1% LMS izmaiņas (paralēli šķiedrām)

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība" ID Nr. EM 2021/42

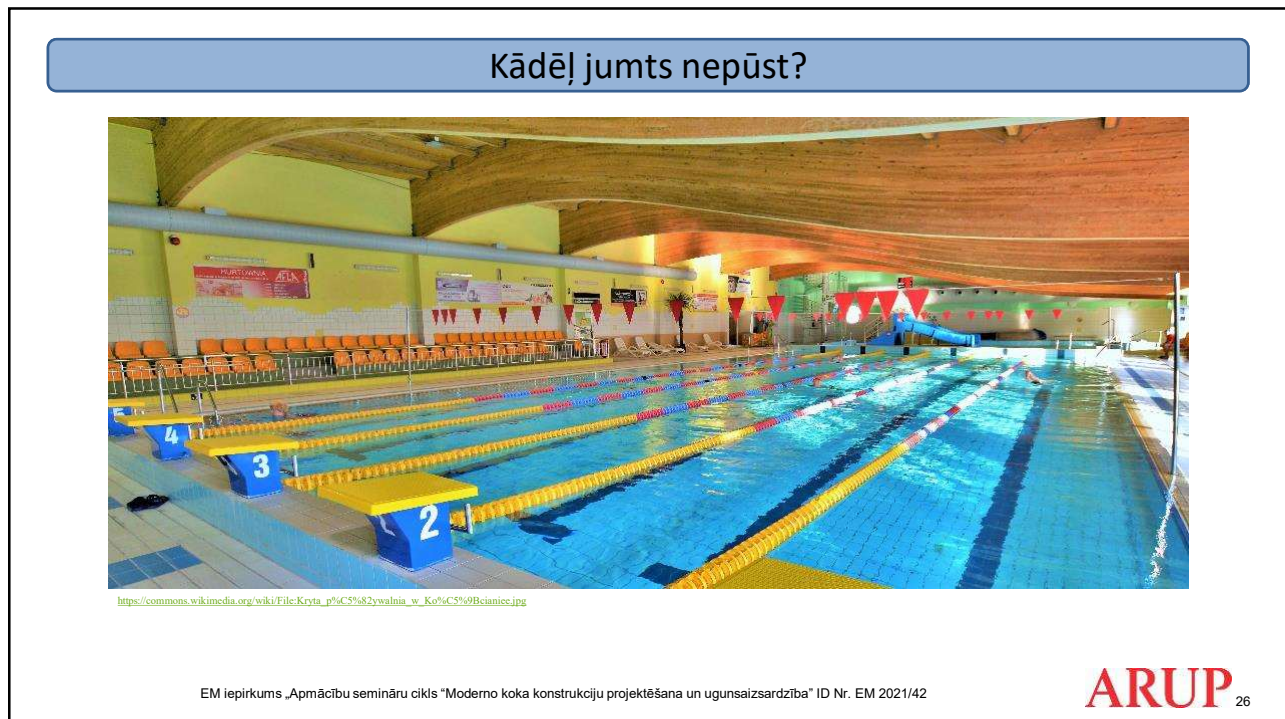
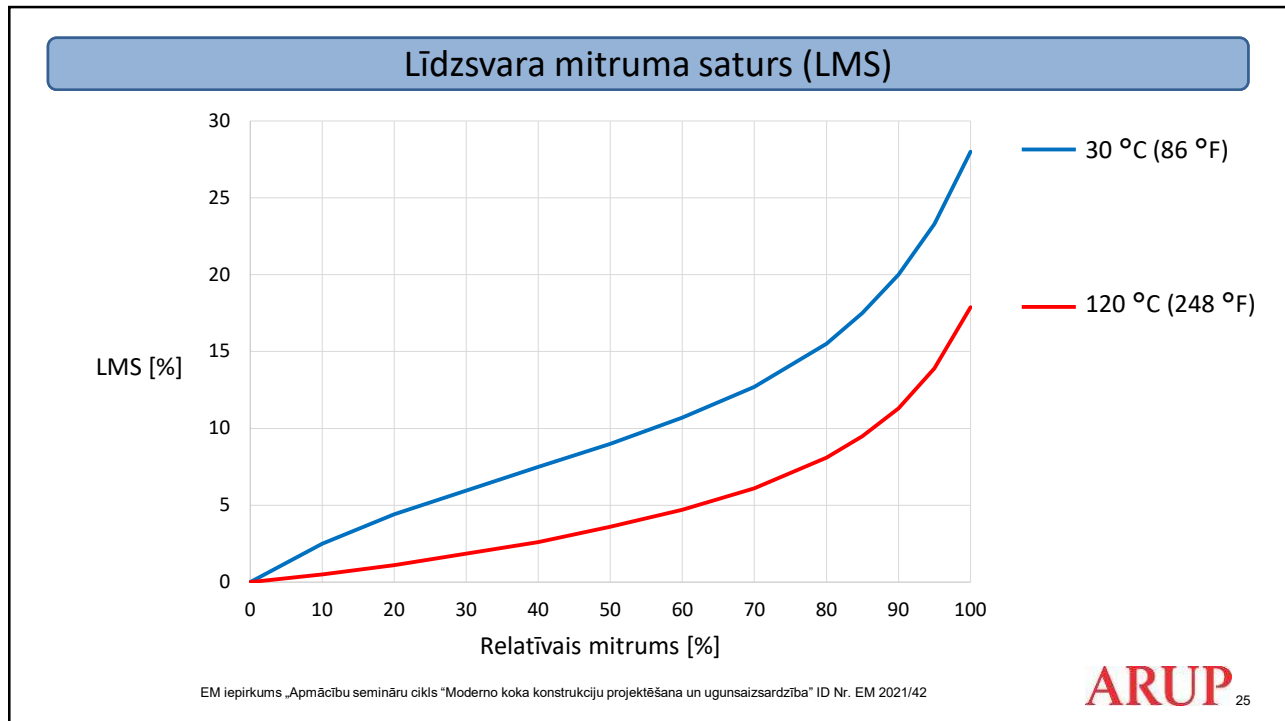
ARUP<sup>23</sup>

### Kādēļ kolonna ir saplaisājusi?



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>24</sup>



## Ilgizturība

- Vienmēr uzturēt koksni sausu
- Izvairīties no tiešas lietus iedarbības
- Koksne ēkas iekšpusē ir 1. lietojamības klase atbilstoši EN 1995-1-1

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP**<sup>27</sup>

## Koksne ir trausla

- Slodze nepārdalās
- Tādēļ koksne nav tik pielaidīga, kā labi projektēts dzelzsbetons (tur sabrukuma veidu nosaka tērauda plūstamība) vai tērauds, no kuriem abi ir plastiski.

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP**<sup>28</sup>

## Elementu projektēšana pēc EN 1995

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 29

## Aprēķina stiprība

Īpašība	Simbols	GL 24h [N/mm <sup>2</sup> ]
Lieces stiprība	$f_{t,0,g,k}$	24
Stiepes stiprība	$f_{t,90,g,k}$	19.2
	$f_{t,90,g,k}$	0.5
Spiedes stiprība	$f_{c,0,g,k}$	24
	$f_{c,90,g,k}$	2.5
Skaldes stiprība (skalde un vērpe)	$f_{v,g,k}$	3.5

BS EN 14080

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} k_h k_{crit} k_{sys} f_{m,k}}{\gamma_m}$$

Aprēķina stiprība

Raksturīgā stiprība

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 30

### Materiāla faktors

	Parciālais faktors
<b>Pamata kombinācijas</b>	
Masīva koksne	1.3
Līmētā koksne	1.25
LVL, saplāksnis, OSB	1.2
Kokskaidu plātnes	1.3
Cietās kokšķiedru plātnes	1.3
Vidēji cietās kokšķiedru plātnes	1.3
MDF tipa kokšķiedru plātnes	1.3
Mīkstās kokšķiedru plātnes	1.3
Savienojumi	1.3
Perforēto metāla plākšņu savienotājlīdzekļi	1.25
<b>Ārkārtējas kombinācijas</b>	1.0

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} k_h k_{crit} k_{sys} f_{m,k}}{\gamma_m}$$

31

BS EN 1995 (NA) – Table 2.3    EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

### Slodzes iedarbības ilgums

Stiprība mainās ar slodzes iedarbības ilgumu, tāpēc lielākā slodze ne vienmēr ir noteicošā

RAFTER

Ilgums (EC5 NA)	Slodžu gadījums (ECO)
Pastāvīgā	1.35 DL
Ilgstošā (< 10 yrs)	1.35 DL + 1.5 Uzglabāšana
Vidēja ilguma (< 6 mths)	1.35 DL + 1.5 Lietderīgā
Īslaicīgā (< 1 week)	1.35 DL + 1.5 Sniegs
Acumirklīgā	1.35 DL + 1.5 Vējš

32

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42



### Slodzes iedarbības ilgums

Slodzes iedarbības ilguma klase	Raksturīgās slodzes akumulētās iedarbības ilgums	Slogojuma piemēri
Pastāvīgā	Vairāk kā 10 gadi	Pašsvars
Ilgstošā	6 mēneši – 10 gadi	Materiālu uzglabāšana
Vidēja ilguma	1 nedēļa – 6 mēneši	Lietderīgā slodze uz pārsegumu
Īslaicīgā	Mazāk kā 1 nedēļa	Sniegs, vējš
Acumirklīgā		Vējš, ārkārtēja slodze

**ARUP** 33

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls “Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība” ID Nr. EM 2021/42

### $k_{mod}$ faktors

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} k_h k_{crit} k_{sys} f_{m,k}}{\gamma_m}$$

Materiāls	Lietojamības klase	Slodzes iedarbības ilguma klase				
		Pastāvīga	Ilgstošā	Vidēja ilguma	Īslaicīgā	Acumirklīgā
Masīvā koksne	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
	2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
	3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90

Lielāks ilgums un mitrāks = vājāks

↑

Slodze ar mazāko darbības ilgumu slogojuma gadījumā nosaka, kāds būs slogojuma gadījuma iedarbības ilgums un kāda  $k_{mod}$  vērtība jāizmanto.

**ARUP** 34


EM iepirkums „Apmācību semināru cikls “Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība” ID Nr. EM 2021/42

### k faktori

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} k_h k_{crit} k_{sys} f_{m,k}}{\gamma_m}$$

Faktors	
$k_h$	Izmērs (liece vai stiepe)
$k_{crit}$	Noturība darba plaknē (LTB)
$k_{c,y}$	Ļodze (spiede)
$k_{sys}$	Slodžu sadalījums
$k_{cr}$	Pieļaujamā plaisāšana

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

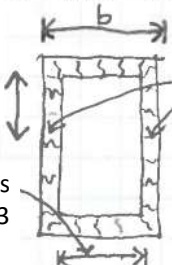


### $k_{cr}$ plaisu faktors

67 "Plaisu faktors" tiek pielietots visām skaldes pārbaudēm [EUS - SECTION 6.1.7(2)]


Šķērsspēka virziens:

Sijas skaldes platums =  $2b/3$



Plaisu zonas dziļums =  $b/6$   
(Plaisas no atšķirīga sijas kodola un sijas virsmu rukuma)

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42



### Kombinētie spriegumi – biaksiālā liece (greizā liece)

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 37

### Kombinētie spriegumi – aksiāls slogojums un liece

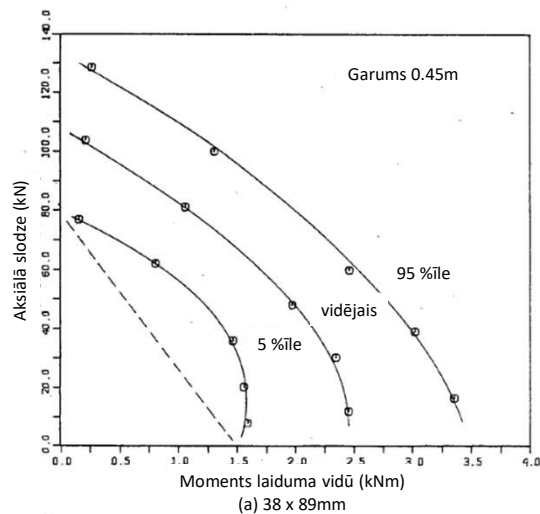
$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 38

## Kombinētie spriegumi – aksiāls slogojums un liece



Buchanan, A. H (1984): *Strength Model and Design Methods for Bending and Axial Load Interaction in Timber Members*. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy. University of British Columbia.

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 39

## Elastības modulis

$$W = \frac{bd^2}{6}$$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 40

## Papildus pārbaudes liekti līmētai koksnei



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 41

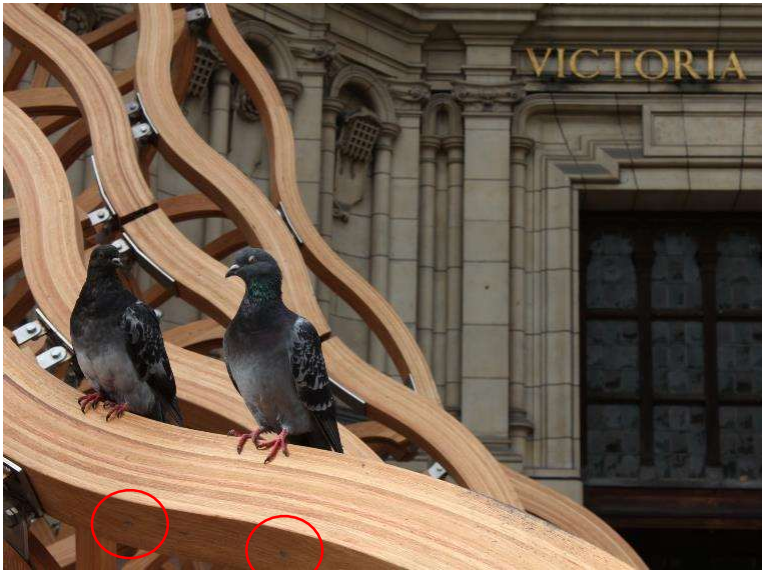
## The Timber Wave



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 42

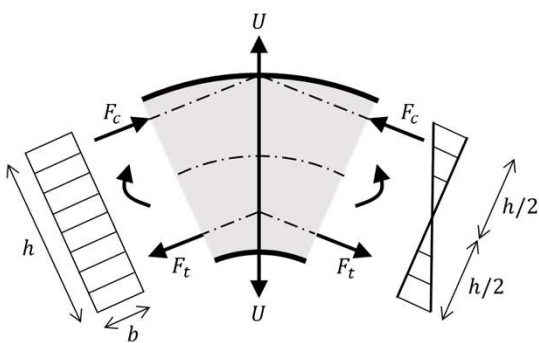
## The Timber Wave



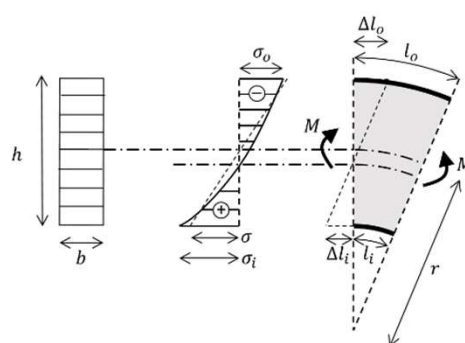
EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 43

## Liekti līmētā koksne



- Stiepe perpendikulāri šķiedrām



- Nelineāru spriegumu sadalījuma korekcija
- Ievērtē paliekošos spriegumus lamelās

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 44

## Lietojamība

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>45</sup>

## Elastīgā izliece

- $E_{mean}$  lietojamībai
- Neaizmirst bīdes izlieci

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>46</sup>

## Šļūde

- No pašsvara un 'kvazi-pastāvīgās' mainīgās slodzes ( $\Psi_2$  no ECO)
- Dzīvojamo telpu grīdām  $\Psi_2 = 0.3$ , jumtam  $\Psi_2 = 0$  (šo pārbaudiet nacionālajā pielikumā!)
- $w_{creep} = w_{inst} \times k_{def}$

Materiāls	Lietojamības klase		
	1	2	3
Masīvā koksne	0.60	0.80	2.00
Līmētā koksne	0.60	0.80	2.00

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 47

## Izlieču robežvērtības

- Izlieču robežvērtības skatīt nacionālajā pielikumā
- $w_{fin} = w_{inst} + w_{creep}$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 48



## Dinamika

Atcerieties, ka vibrācijas parasti ir noteicošās

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 49



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

**Training seminar / Apmācību seminārs**

**Mūsdienīgi koksnes būvmateriāli**  
**Ievads. Sadaļa Nr.2**

**Andrew Lawrence and Ishan Abeysekera (Arup, United Kingdom)**

## Skuju koki



© Andrew Lawrence

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 51

## Mežizstrāde

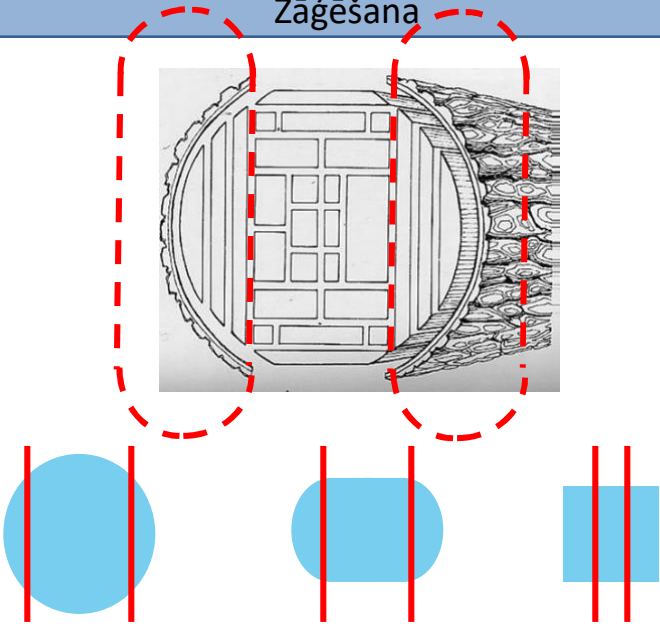


© Andrew Lawrence

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 52

Zāģēšana



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 53

Kaltēšana

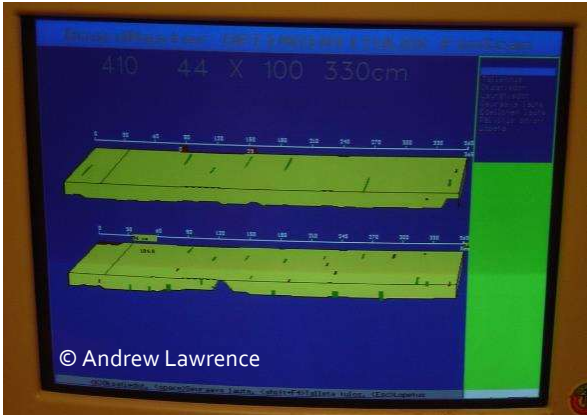


© Peter Ross

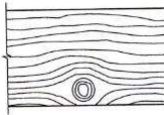
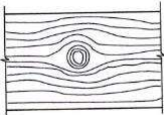
EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 54

### Šķirošana



© Andrew Lawrence

Augstas šķirasZemas šķiras

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 55

### Uzglabāšana





© Andrew Lawrence

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 56

### Mitrumizturīgas līmes





© Peter Ross


EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 57

### Ķīļtāpas savienojums



© Peter Ross



© Peter Ross

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 58

## Līmēšana



© Andrew Lawrence

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 59

## Presēšana



© Andrew Lawrence

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 60

## Ēvelēšana



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 61

## Līmēšana blokā



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 62

## Pārvadāšanas ierobežojumi

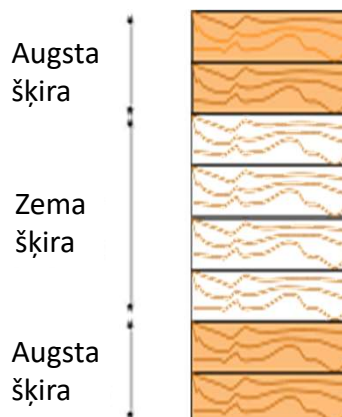


© Andrew Lawrence

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 63

## Kombinētu šķiru līmētā koksne

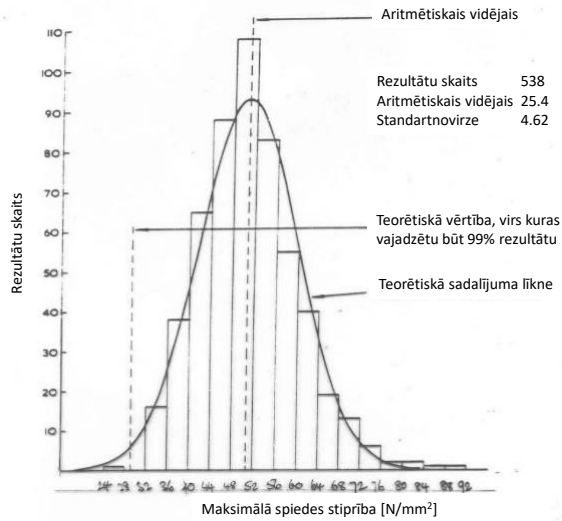


EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 64



## Līmētā koksne ir stiprāka



© Peter Ross

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 65

## Garenšķiedru finieru plātnes (LVL)

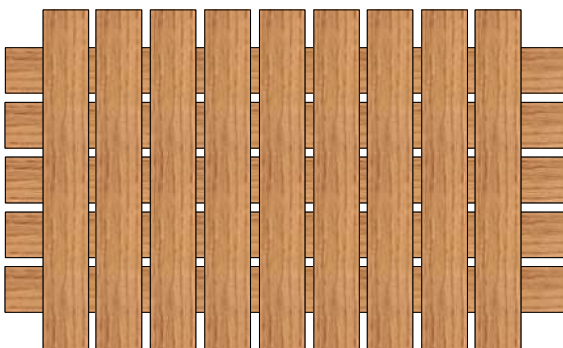


Video reproduced courtesy of Metsawood

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 66

## Krusteniski līmēti kokmateriāli (CLT)



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 67

## Kokbetona kompozīts



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 68

Kopsavilkums		
	Maksimālie izmēri	Pielietojums
Līmētā koksne	260 x 2400 x 40m	Sijas, kolonnas
CLT	12m x 3m x 300	Pārsegumi, sienas
LVL	100 x 2000 x 20m	Jumti, spriegoti pārsegumi, sijas, kolonnas

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 69



## Norises plāns / 12:00 - 13:30

- Koka konstrukciju sistēmas
- Koka konstrukciju savienojumi
- Projektēšana ar trauslu materiālu

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

71



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

## Training seminar / Apmācību seminārs

### Koka konstrukciju sistēmas Sadaļa Nr.3

**Andrew Lawrence and Ishan Abeysekera (Arup, United Kingdom)**

## Koksnes būvmateriālu ēkas

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 73

## Stadthaus, Londona

Būvkonstrukciju projektētājs: Techniker



© Waugh Thistleton Architects



© Andrew Lawrence

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 74

### Forte Tower, Melburna



Image supplied courtesy of Lendlease

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 75

### Sky Believe in Better Building, Londona



© B&K

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 76

## Sky Believe in Better Building



© B&K

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>77</sup>

## Sky Believe in Better Building



© Simon Kennedy

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>78</sup>

## Sky Health & Fitness



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP**<sub>79</sub>

## Cik augstas būves mēs varam uzbūvēt no koka?

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP**<sub>80</sub>



## Forte Tower, Melburna

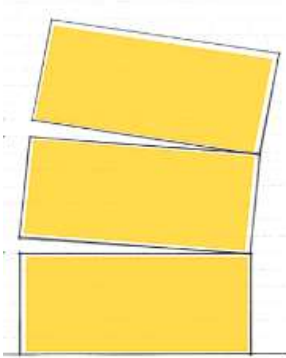
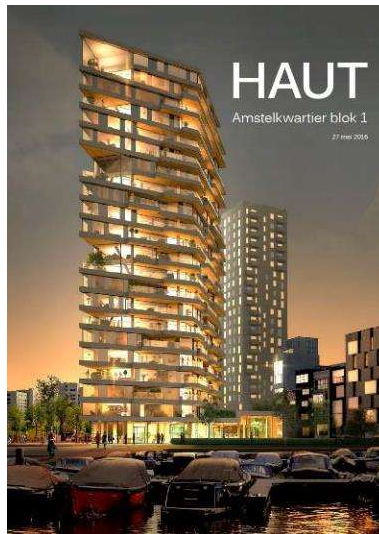


Image supplied courtesy of Lendlease

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 81

## Haut, Amsterdamā

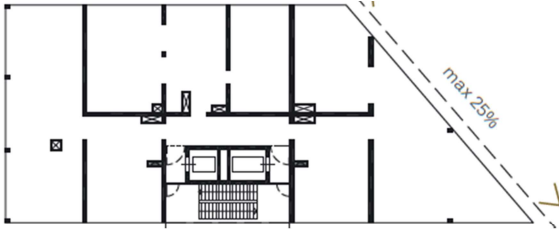


© Team V Architecture

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 82

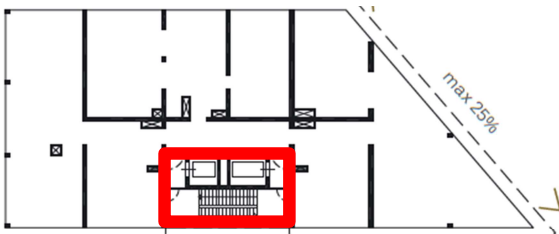
Haut, Amsterdam



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 83

Haut, Amsterdam



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 84

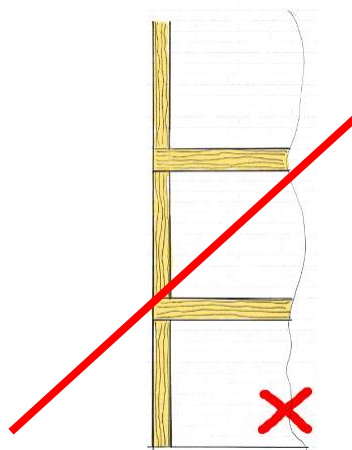
### Dzelzsbetona kodols ar koka vertikālajām konstrukcijām

- Dzelzsbetonam un koksnei ir dažādi stingumi un dažādi šļūdes ātrumi
- Līdz ar to pastāv risks, ka laika gaitā no vertikālās slodzes koka konstrukcijām būs lielāki aksiālie pārvietojumi kā kodolam
- Tas būtu jāpārbauda, izmantojot secīgas būvniecības aprēķina procedūru
- Atšķirīgi aksiālie pārvietojumi vispamanāmākie ir ēkas augšdaļā.

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 85

### Izvairīties no spēkiem perpendikulāri šķiedrām augstākās ēkās



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 86

## Brock Commons / Fast & Epp



© naturallywood.com / Brudner

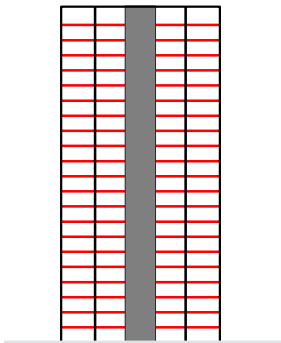


© naturallywood.com / KK Law

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 87

## Sky Central



© Andrew Lawrence

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 88

## Sky Central



© Hufton + Crow

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 89

## Sky Central



© Hufton + Crow

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42


ARUP 90

  
Ministry of Economics  
Republic of Latvia

**Training seminar / Apmācību seminārs**  
**Koka konstrukciju savienojumi**  
**Sadaļa Nr.4**

**Andrew Lawrence and Ishan Abeysekera (Arup, United Kingdom)**

1000 gadus savienojumi nemainījās

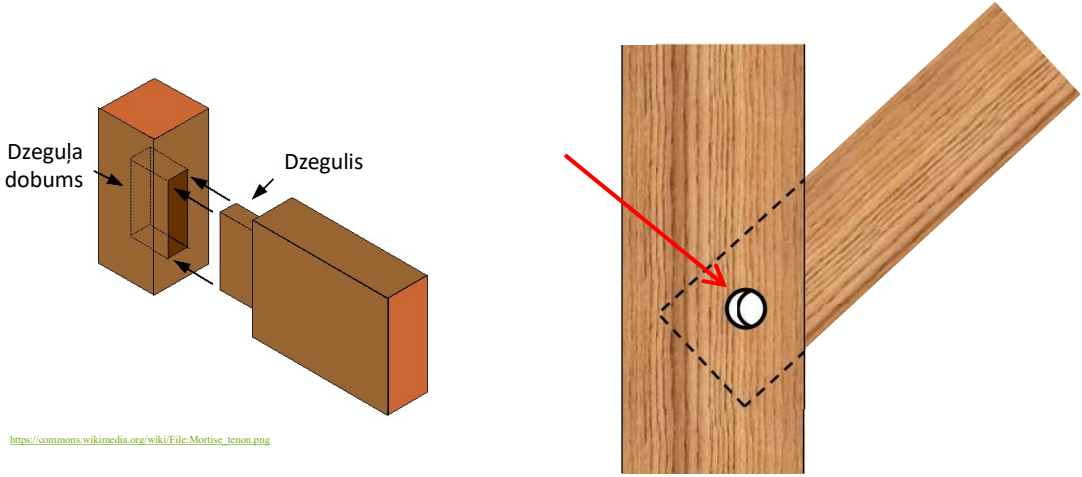


© Andrew Lawrence      © Peter Ross

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 92

### Dzeguļa dobums un dzegulis

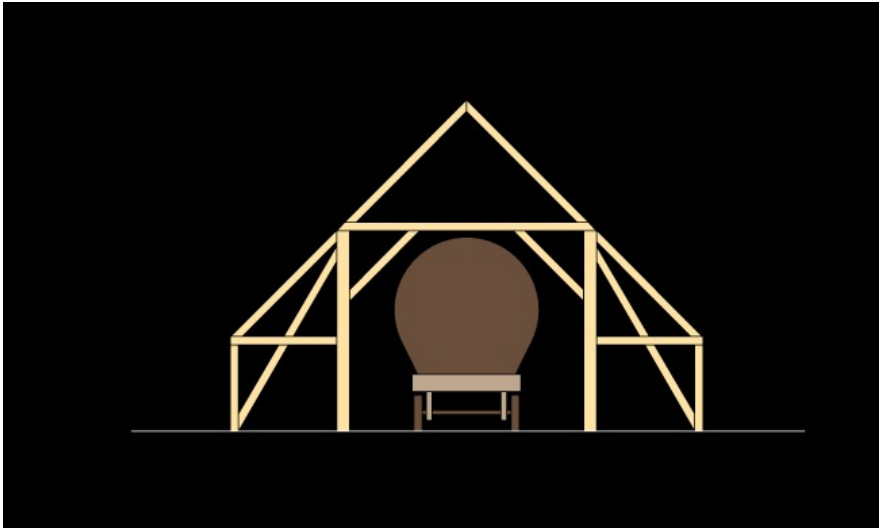


[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mortise\\_tenon.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mortise_tenon.png)

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 93

### Atgāžņi, kas darbojas tikai spiedē



© Peter Ross

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 94

Atgāžņi, kas darbojas tikai spiedē

The diagram shows a cross-section of a timber truss structure with a central opening containing a chair. The truss consists of a central vertical post, two side vertical posts, and a gabled roof. Diagonal members connect the top of the side posts to the central post. Blue arrows on the right side indicate wind pressure pushing from right to left. The truss members are shown in yellow, and the diagonal members are highlighted in red.

© Peter Ross

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 95

Atgāžņi, kas darbojas tikai spiedē

The diagram shows a cross-section of a timber truss structure with a central opening containing a chair. The truss consists of a central vertical post, two side vertical posts, and a gabled roof. Diagonal members connect the top of the side posts to the central post. Blue arrows on the left side indicate wind pressure pushing from left to right. The truss members are shown in yellow, and the diagonal members are highlighted in red.

© Peter Ross

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 96



## Namdaru savienojumi

- Nav stiprība stiepē
- Darbietilpīgi
- Vājinājums elementos



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Harmondsworth\\_Great\\_Barn\\_interior.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Harmondsworth_Great_Barn_interior.jpg)

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

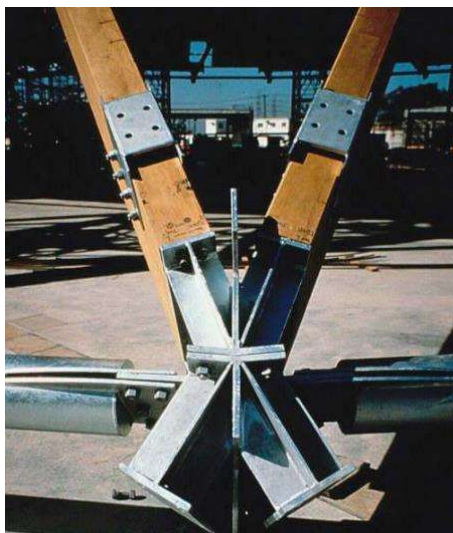
**ARUP**<sup>97</sup>

## Mūsdienīgi koka konstrukciju savienojumi

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP**<sup>98</sup>

### Gala balstījums

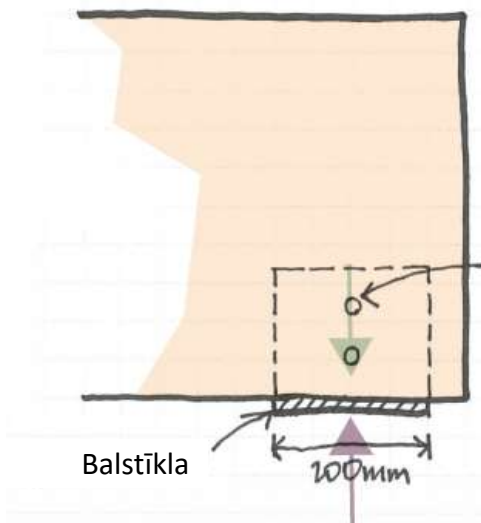


© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>99</sup>

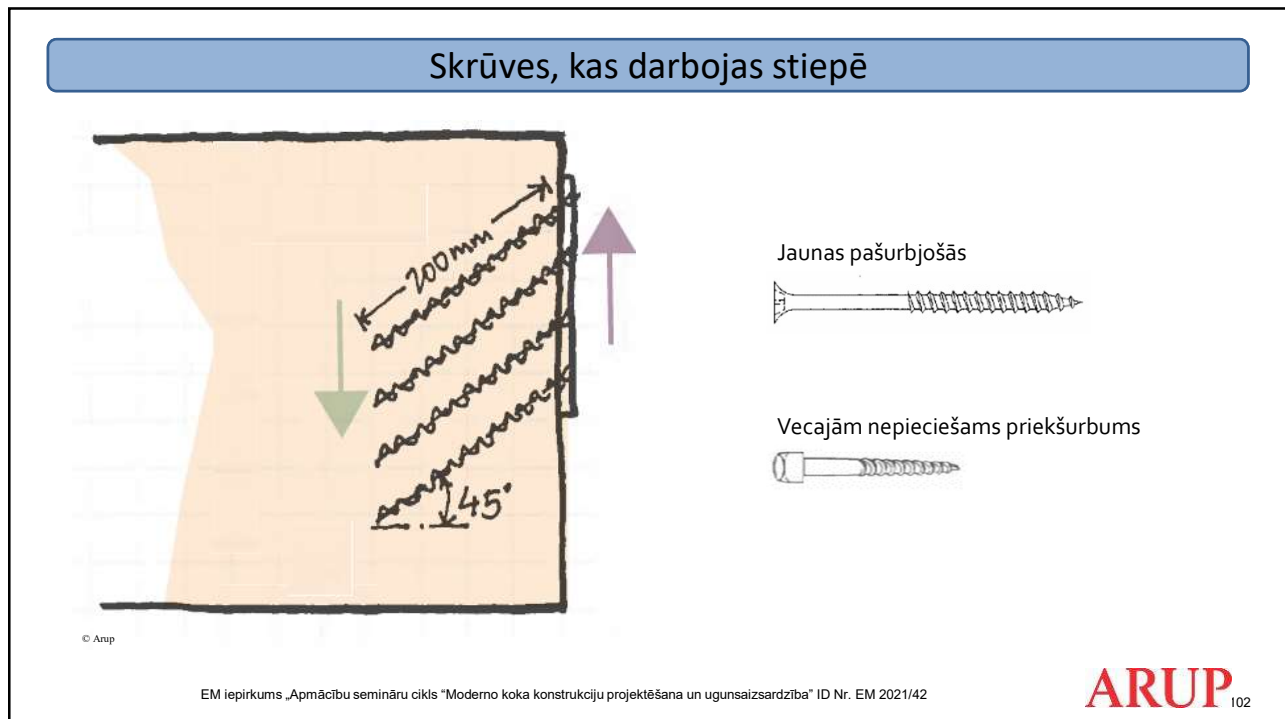
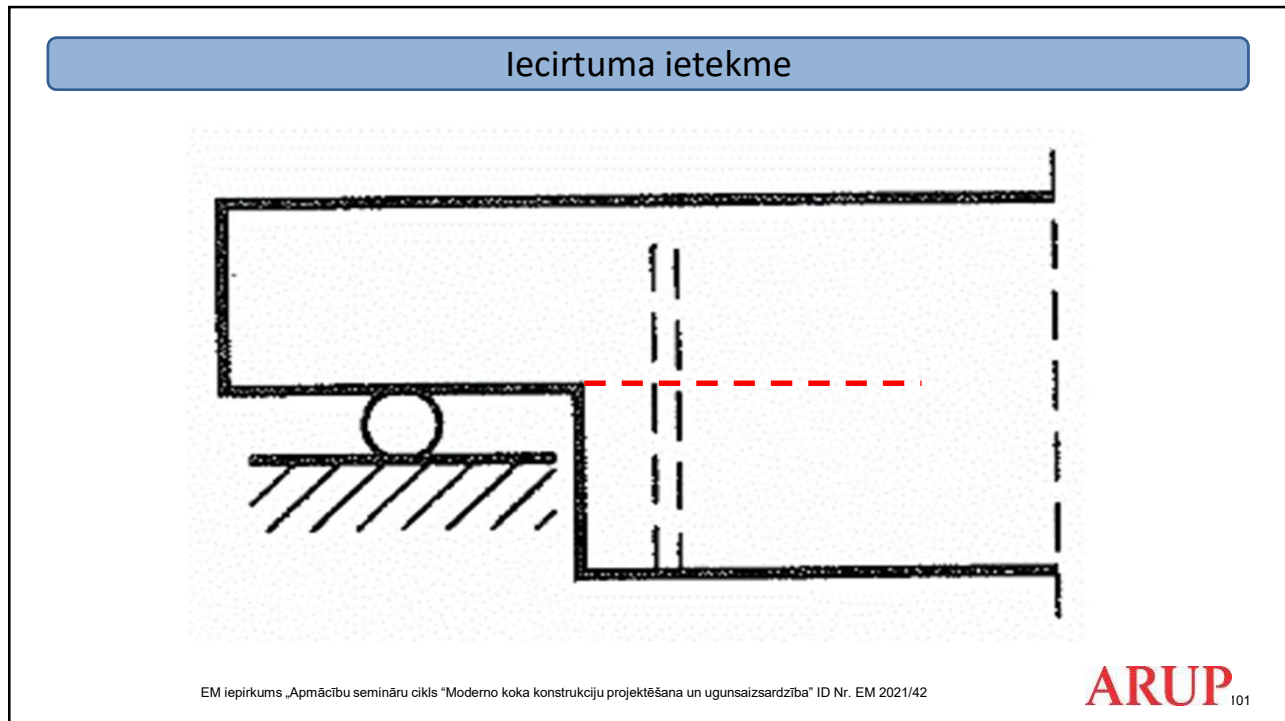
### Gala balstījums



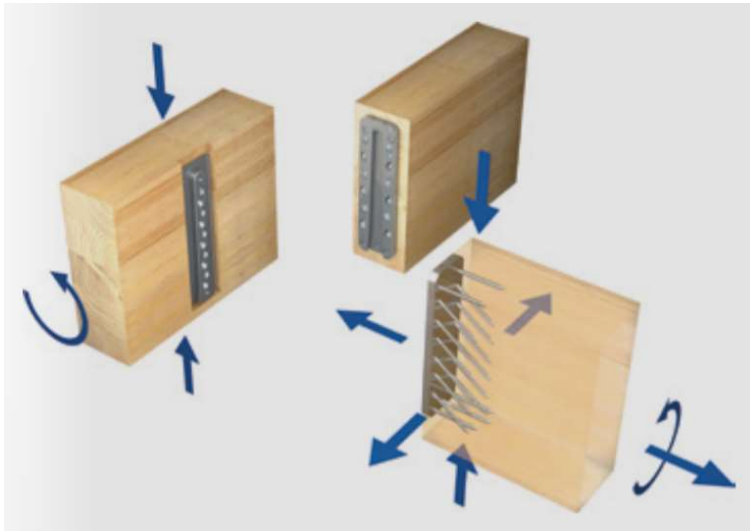
© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>100</sup>



### Tērauda plāksnes ar skrūvēm, kas darbojas stiepē

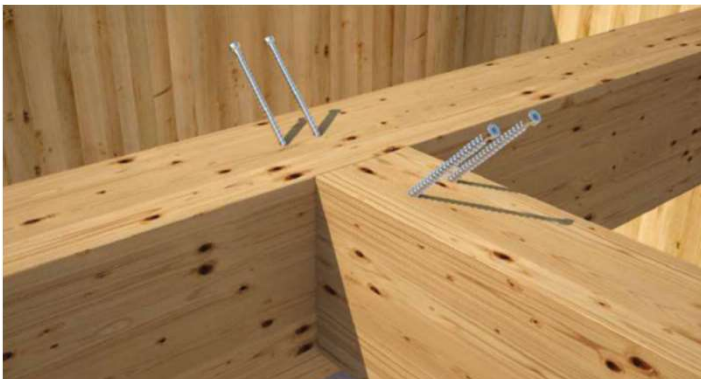


© Sherpa, [https://www.sherpa-connector.com/data/082019\\_Bemessungsguide\\_EN\\_web.pdf](https://www.sherpa-connector.com/data/082019_Bemessungsguide_EN_web.pdf)

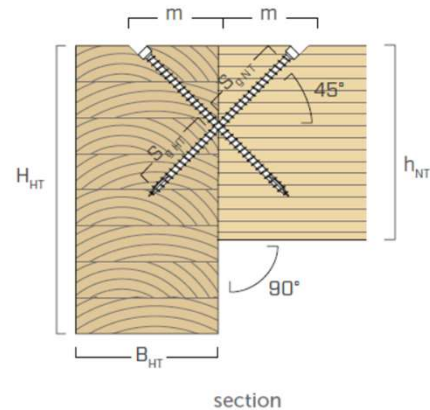
EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sub>103</sub>

### Pretējas skrūves, kas darbojas stiepē



© Rothoblass

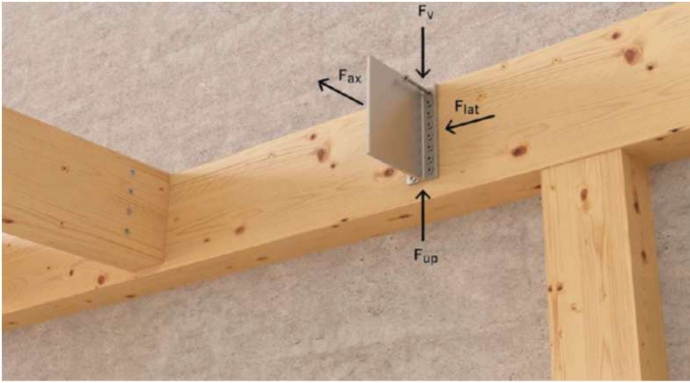


© Rothoblass

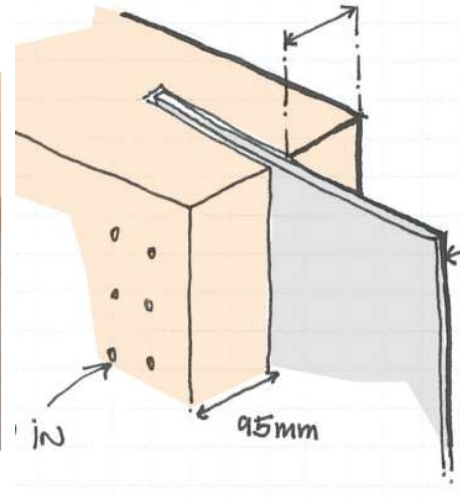
EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sub>104</sub>

## Savienotājīdzekļi bīdē



© Rothoblast



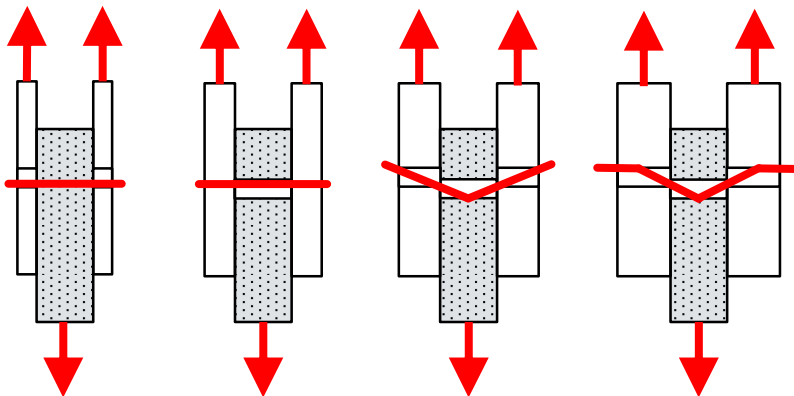
© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 105

## Sabrukuma modeļi

- Sabrukuma modelis ir atkarīgs no relatīvajām proporcijām



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 106

### Johanssen teorija...

- Vājākais modelis ir noteicošais

$$F_{v,Rk} = \text{MIN} \left[ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d \text{ (sagruvums)} \\ 0,5 f_{h,2,k} t_2 d \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} \end{array} \right]$$

(a)

(b)

(c)

(d)

Lokālās spiedes stiprību attiecība

sagruvums/lokālās spiedes stiprība

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

### Lokālā spiedes stiprība... (empīriskā formula)

Naglas (ar priekšurbumu)

Bultskrūves

Mazu savienotājlīdzekļu nestspēju nosaka T-perp, tādejādi tā ir neatkarīga no slodzes virziena

$$f_{h,k} = 0.082 (1 - 0.01d) \rho_k$$

$$f_{h,0,k} = 0.082 (1 - 0.01d) \rho_k$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{1.35 + 0.015d}$$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**Izraušanas nestspējas dēļ bultskrūvēm un skrūvēm ir augstāka stiprība**

$$F_{v,Rk} = \text{MIN} \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d \\ 0,5 f_{h,2,k} t_2 d \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

(a)

(b)

(c)

(d)

Nestspēja jāierobežo, lai ierobežotu nobīdi pirms sabrukuma

ARUP 109

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

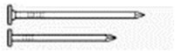
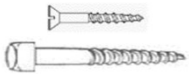
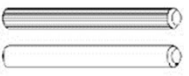
**Citas konfigurācijas...**

- EC5 ietver formulu katram modelim

ARUP 110

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

### Tapveida savienotājlīdzekļu salīdzinājums bīdē...

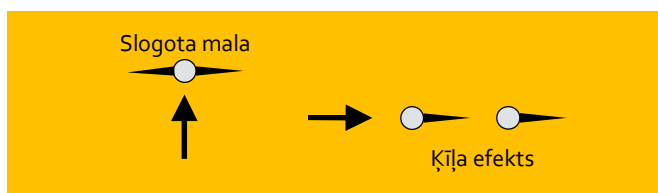
	Tipiskie diametri [mm]	Tipiskā aprēķina nestspēja bīdē [kN]
	2.5 - 3.5	0.5 - 1
	6 - 12	2 - 10
	10 - 20	8 - 20

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>111</sup>

### Savstarpējie attālumi

- Empīriski noteikumi savstarpējiem attālumiem un attālumiem līdz malai.
- Priekšurbums samazina plaisāšanas tieksmi un atļauj mazāku savstarpējo attālumu.



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>112</sup>



### Savstarpējie attālumi

**Bultskrūves ar  $d > 6\text{mm}$**

© Peter Ross

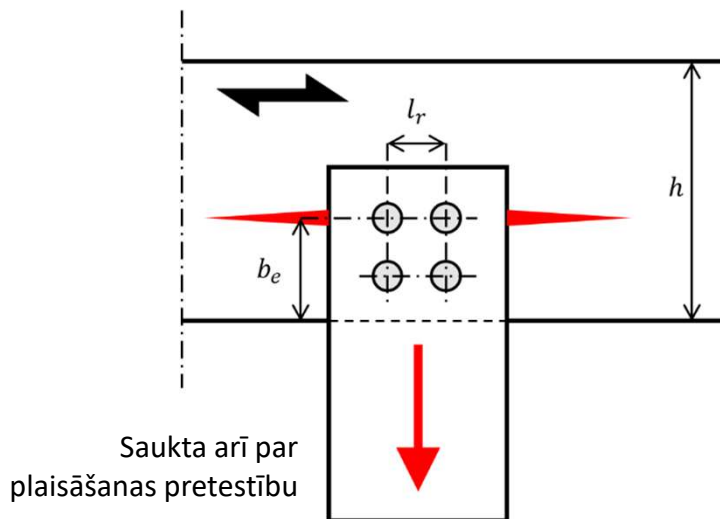
EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

### Grupas efekts 1) samazinājums uz vienas līnijas paralēli šķiedrām

Līdz ar to  $n_{ef}$  faktors (10 - 40% samazinājums)

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

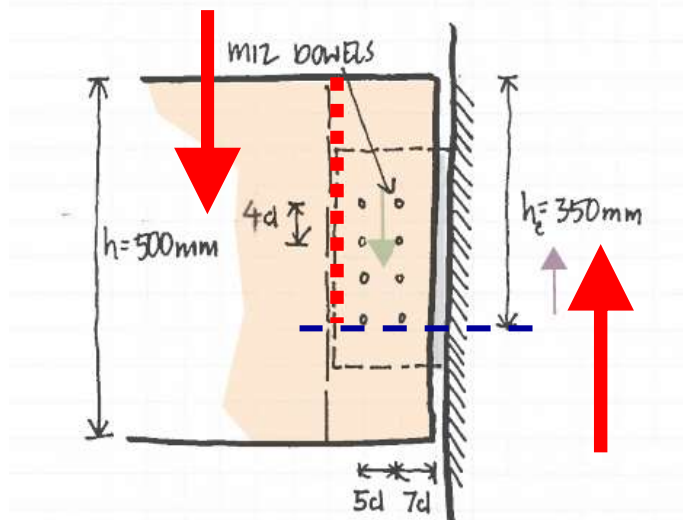
## 2) Stiepe perpendikulāri šķiedrām savienotājlīdzekļu grupai



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 115

## 3) Samazināts šķērsgriezums bīdē



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 116

4) Rukums un attiecīgi savienojuma izmēru ierobežojumi; plaisāšana, ko rada tērauda plāksnes ierobežojums

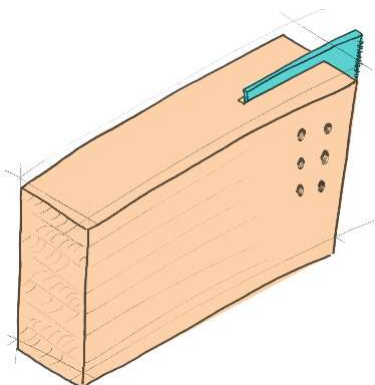


© Arup

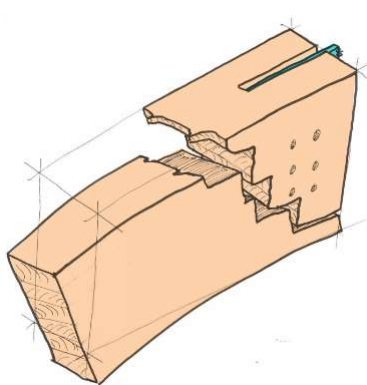
EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 117

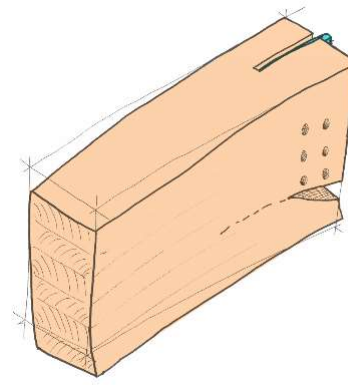
Pārbaužu apkopojums, kas nepieciešami katram savienojumam



© Arup



© Arup



© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 118

## Piemēri

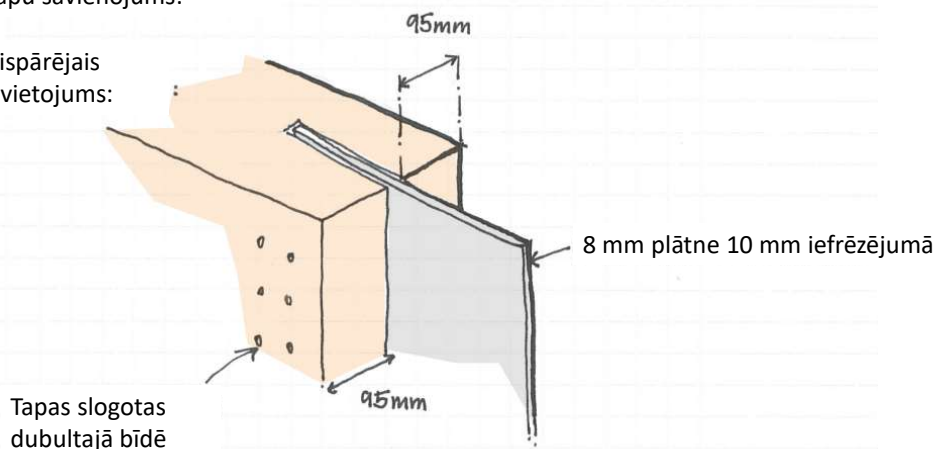
EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 119

## Aprēķina piemērs – tapas bīdē ar ekscentritāti

Tapu savienojums:

Vispārējais  
izvietojums:



© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 120

## Aprēķina piemērs – tapas bīdē ar ekscentritāti

Raksturīgā nestspēja M12 tapām:

Paralēli šķiedrām  $F_{0,k} = 21 \text{ kN}$

Perpendikulāri šķiedrām  $F_{90,k} = 14 \text{ kN}$

... No IStructE  
Manual

Aprēķina nestspēja M12 tapām:

Paralēli šķiedrām

$$F_{0,d} = n_{ef} * k_{mod} * \frac{F_{0,k}}{\gamma_M} = 0.66 * 0.8 * \frac{21}{1.3} = \mathbf{8 \text{ kN}}$$

Perpendikulāri šķiedrām

$$F_{0,d} = n_{ef} * k_{mod} * \frac{F_{0,k}}{\gamma_M} = 0.66 * 0.8 * \frac{14}{1.3} = \mathbf{5 \text{ kN}}$$

Piezīme:  $n_{ef}$  iekļaušana aprēķinā uzskatāma par konservatīvu, ja tapas tiek slogotas perpendikulāri šķiedrām, tomēr vairumam savienojumu būs spēka komponente, kas nav perpendikulārā šķiedrām, piem., otrās kārtas momentu klātesamība

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 121

## Aprēķina piemērs – bīde šķērsgriezumā ar samazinātu augstumu

Pārbauda tapu grupas nestspēju bīdē:

$$\text{Bīdes nestspēja} = F_{90,d} * \text{bultskrūvju skaits} = 5 \text{ kN} * 8 = 40 \text{ kN}$$

Pārbauda sijas nestspēju bīdē savienojuma vietā:

$$\text{Bīdes nestspēja} = \frac{F_{v,d} * (b * h_e)}{1.5} = \frac{0.67 * (200 * 350)}{1.5} = \mathbf{31 \text{ kN}}$$

NOTEICOŠĀ  
PĀRBAUDE

Piezīme: daļa ar 1.5 paraboliska  
spriegumu sadalījuma dēļ  
šķērsgriezumā

JĀPĀRBAUDA ARĪ SAVIENOJUMA PLAISĀŠANAS NESTSPĒJA (SKATĪT EC5)

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 122

### Aprēķina piemērs – vienkāršs balstījums

© Arup  
EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 123

### Aprēķina piemērs – vienkāršs balstījums

Pārbauda virsmas spiedes nestspēju:

$$\text{Virsmas spiedes nestspēja} = F_{c,90,d} * A_{\text{balstīkla}} = 2.5 * (200 * 180) = 90 \text{ kN}$$

Pārbauda sijās šķēsgriezuma nestspēju bīdē:

Samazināts  $f_{v,d}$  iecirtuma dēļ. Šajā piemērā  
 $h_{ef}/h = 450/500 = 0.9$ . Samazinājuma faktoru  
 $k_v$  skatīt EC5

$$\text{Bīdes nestspēja} = \frac{k_v * f_{v,d} * (b * h_e)}{1.5} = \frac{0.7 * 0.67 * (200 * 450)}{1.5} = 28 \text{ kN}$$

**NOTEICOŠĀ  
PĀRBAUDE**

Piezīme: daļa ar 1.5 paraboliska  
spriegumu sadalījuma dēļ  
šķēsgriezumā

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 124

### Aprēķina piemērs – skrūvju savienojums

© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 125

### Aprēķina piemērs – skrūvju savienojums

Raksturīgā izraušanas nestspēja pilnās vītnes skrūvēm ar diametru 7 mm un garumu 200 mm:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ skrūvei} &= 11 \text{ N/mm}^2 * d * l_{ef} && \text{No ETA, piem. Rothoblass} \\
 &= 11 \text{ N/mm}^2 * 7\text{mm} * 200\text{mm} \\
 &= 15.4 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Piezīme: šī vērtība ir ierobežota līdz 13 kN, skrūvei ar diametru 7 mm stiepes un skrūves galvas noraušanas nestspējas dēļ

No ETA, piem. Rothoblass

Aprēķina izraušanas nestspēja:

$$F_{screw} = k_{mod} * \frac{13 \text{ kN}}{1.3} = 8 \text{ kN}$$

$$n \text{ skrūves} = n^{0.9} * F_{skrūvei}$$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 126

## Aprēķina piemērs – skrūvju savienojums

Pārbauda nestspēju bīdē skrūvju grupai:

$$\text{Izraušanas nestspēja skrūvju grupai} = n^{0.9} * F_{\text{skrūvei}} = 8^{0.9} * 8 = 51 \text{ kN}$$

$$\text{Bīdes nestspēja} = \text{izraušanas nestspēja} * \sin(45) = 51 * \sin(45) = 36 \text{ kN}$$

Pārbauda nestspēju bīdē sijas  
šķērsgriezumam:



**NOTEICOŠĀ  
PĀRBAUDE**

$$\begin{aligned} \text{Bīdes nestspēja} &= \frac{F_{v,d} * (b * h_e)}{1.5} = \frac{0.67 * (200 * 350)}{1.5} \\ &= \frac{0.67 * (200 * 420)}{1.5} \\ &= 37 \text{ kN} \end{aligned}$$

Piezīme: daļa ar 1.5 paraboliska  
spriegumu sadalījuma dēļ  
šķērsgriezumā

JĀPĀRBAUDA ARĪ SAVIENOJUMA PLAISĀŠANAS NESTSPĒJA (SKATĪT EC5)

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 127

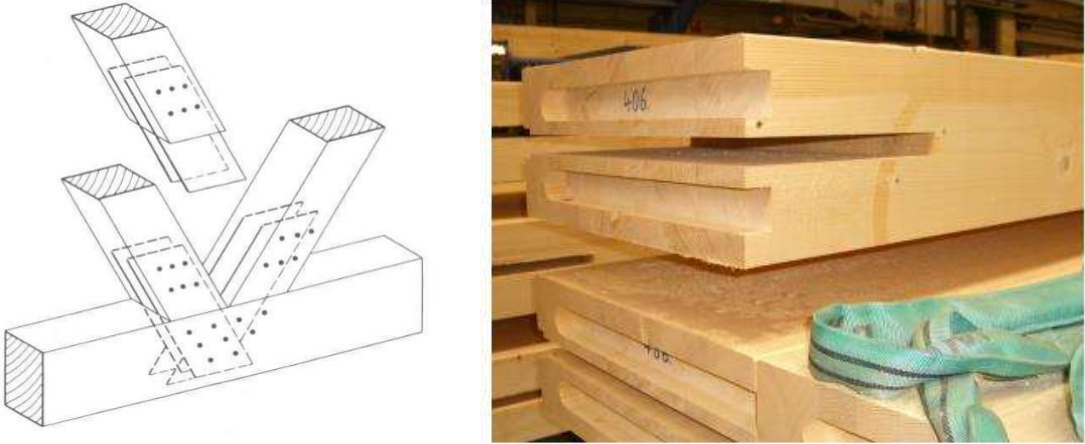
Savienojumi ir vājākās vietas

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 128



Savienojumi ir vājākās vietas



© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 129

The slide features a blue header with the text "Savienojumi ir vājākās vietas". Below the header, on the left, is a technical line drawing of a timber joint where two beams meet at an angle, showing internal fasteners. On the right is a photograph of a stack of light-colored timber beams in a workshop, with a green strap visible in the foreground. Small "© Arup" watermarks are present under both images. At the bottom left is the text "EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42". At the bottom right is the ARUP logo with the number 129.

Savienojumi ir vājākās vietas



© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

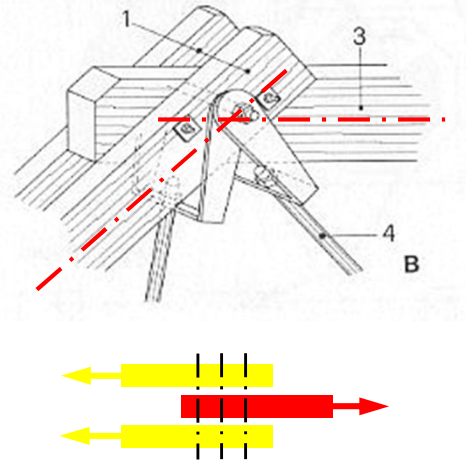
**ARUP** 130

The slide features a blue header with the text "Savienojumi ir vājākās vietas". Below the header is a large photograph showing a close-up of a timber joint that has been severely damaged, likely by fire, with significant charring and structural failure. Small "© Arup" watermarks are present under the image. At the bottom left is the text "EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42". At the bottom right is the ARUP logo with the number 130.

## Izvairīties no lokālām ekscentritātēm



© Arup



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 131

## Savienojumi nosaka elementu izmērus

- Viens inženieris atbildīgs gan par elementiem, gan savienojumiem
- Savienojumi jāpārbauda skiču stadijā
- Izvairīties no otrās kārtas spēkiem ekscentritātes dēļ

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 132

## Izvairīties no momentu uzņemošiem savienojumiem



© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

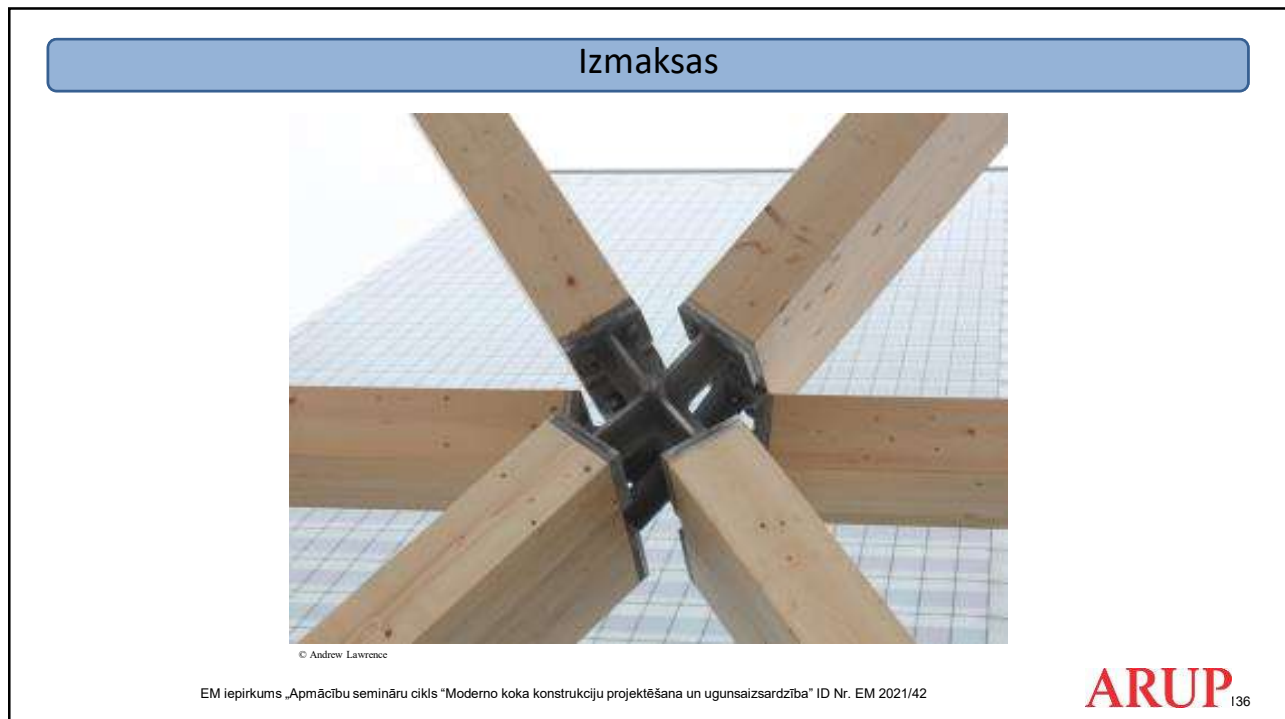
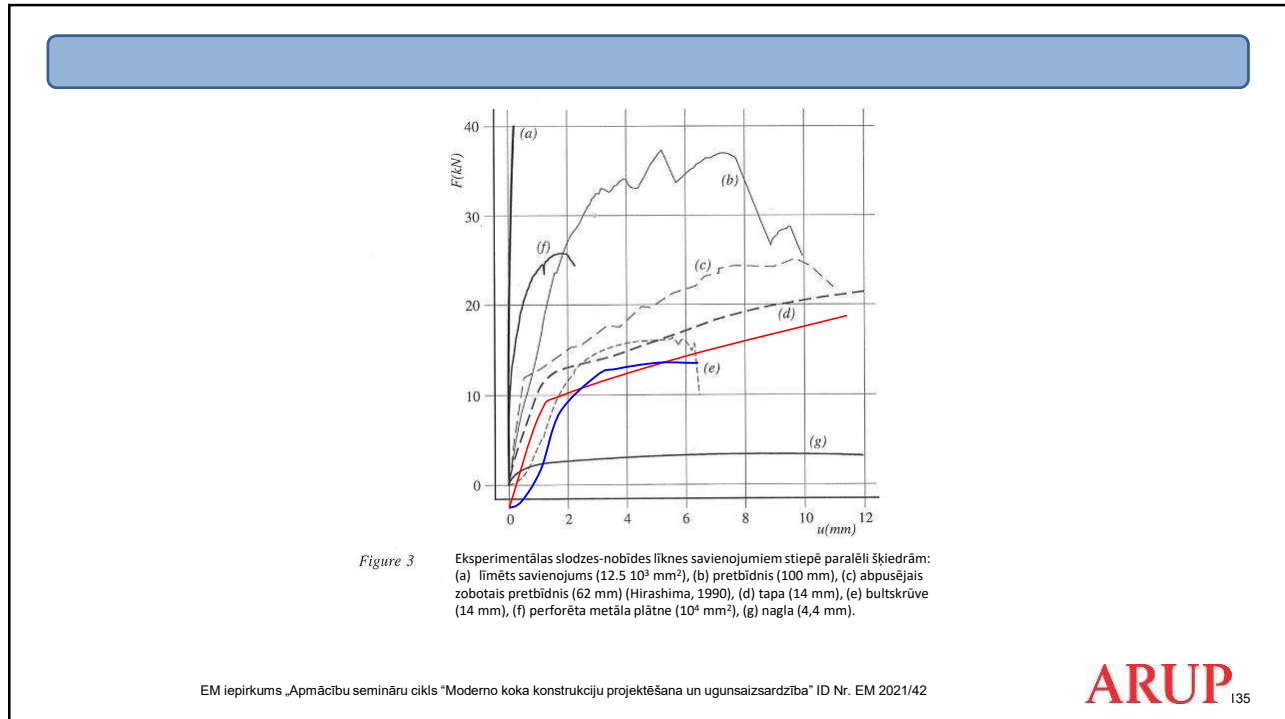
ARUP 133

## Savienojuma stingums

- Palielināti urbumu pielaidēm
- Koksnes sagraušana (skatīt EC5)
- Kopējā 1-2 mm nobīde nozīmē, ka lielākā daļa savienojumu darbojas kā locīklas

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 134



## Izmaksas

Minimālas izmaksas = samazināt savienojumu skaitu un veidot  
tos pēc iespējas vienkāršākus

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 137

## Garākas sijas



© Wiehag

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 138

## National Automotive Innovation Centre, Varvika

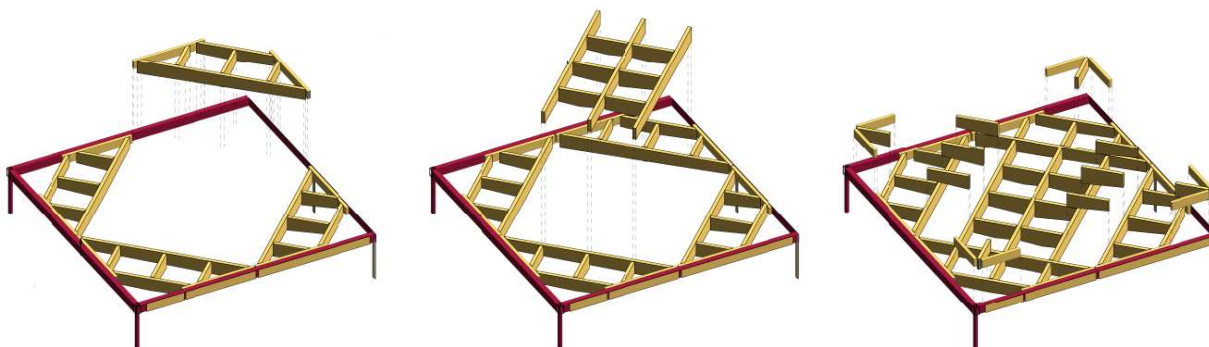


© Cullinan Studio/ Hayes Davidson

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 139

## Vienvirziena laidumi



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 140

### Noteikumi savienojumiem

- Izmantot **virsmas spiedi**, kad vien iespējams
- **Izvairīties** no otrās kārtas spēkiem **ekscentritātes dēļ**
- Paredzēt vietu rukumam
- Izvairīties no **momentu uzņemošiem** savienojumiem
- **Samazināt** mezglu skaitu
- **Pārbaudīt savienojumus laicīgi** skiču stadijā

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 141



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

## **Training seminar / Apmācību seminārs** **Projektēšana ar trauslu materiālu** **Sadaļa Nr.5**

**Andrew Lawrence and Ishan Abeysekera (Arup, United Kingdom)**

## Ievads

- Kādi ir riski, projektējot ar trauslu materiālu?
- Vai vari ieteikt vienu drošu veidu kā projektēt, izmantojot trauslu materiālu?

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>143</sup>

## Statiski noteicama trīslocīklu arka



© Paul Raftery/VIEW

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>144</sup>



## Statiski nenoteicamas konstrukcijas



© Hufnagel+Crow

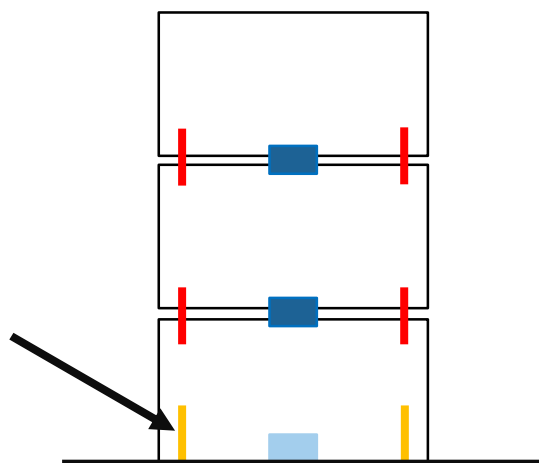
EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>145</sup>

## Koka stinguma sienas (diafragmas) savienojumi



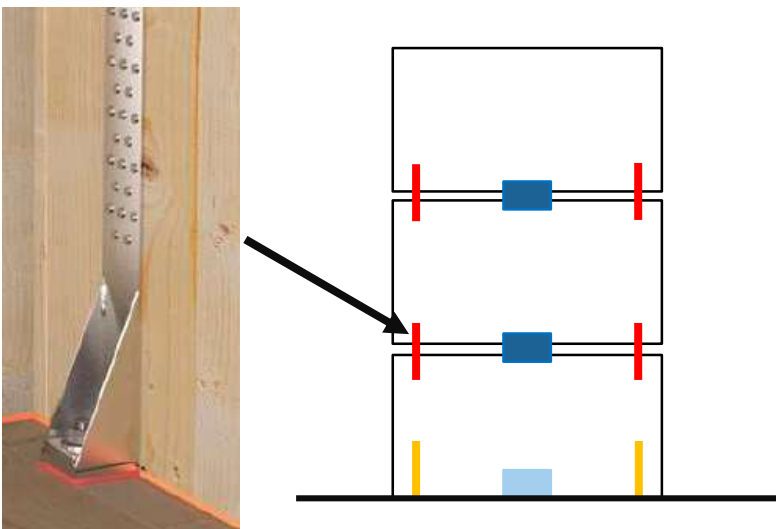
© Rothoblaas



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>146</sup>

### Koka stinguma sienas (diafragmas) savienojumi



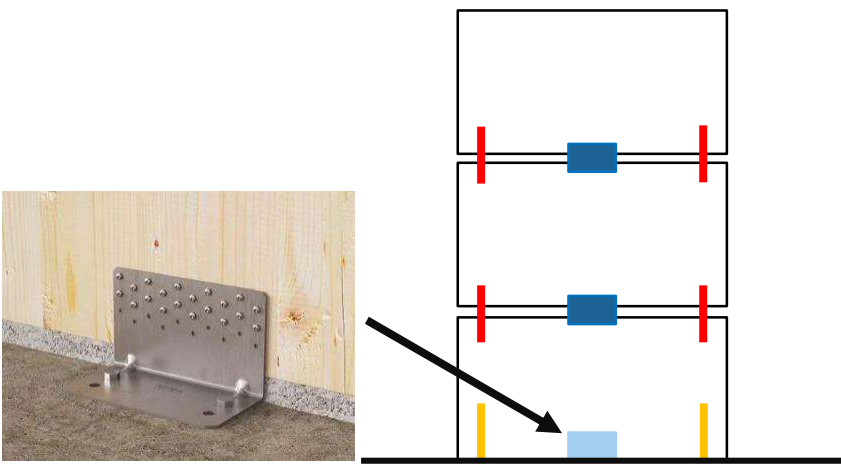
The photograph on the left shows a vertical metal plate with a series of holes, secured to a wooden wall with screws. A black arrow points from this plate to the corresponding joint in the schematic diagram on the right. The schematic shows a three-story timber wall section with horizontal diaphragms. Red vertical lines indicate the location of the metal plates. Blue squares represent the wall panels, and yellow vertical lines represent the studs. A blue square at the base of the wall indicates the foundation connection.

© Rothoblaas

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 147

### Koka stinguma sienas (diafragmas) savienojumi



The photograph on the left shows a metal plate with a series of holes, secured to a wooden wall with screws. A black arrow points from this plate to the corresponding joint in the schematic diagram on the right. The schematic shows a three-story timber wall section with horizontal diaphragms. Red vertical lines indicate the location of the metal plates. Blue squares represent the wall panels, and yellow vertical lines represent the studs. A blue square at the base of the wall indicates the foundation connection.

© Rothoblaas

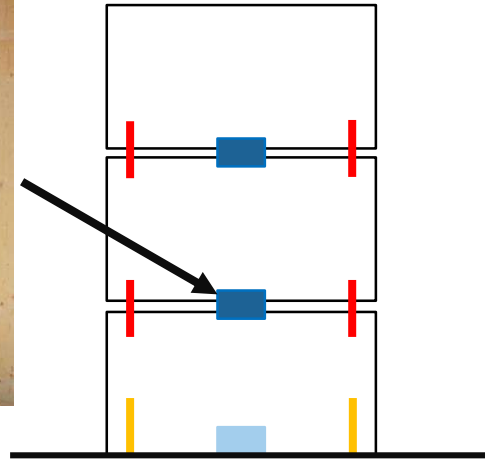
EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 148

## Koka stinguma sienas (diafragmas) savienojumi



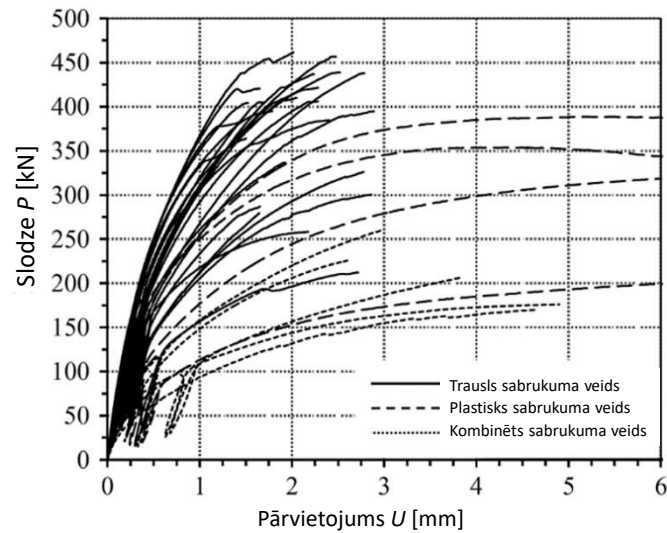
© Rothoblaas



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 149

## Spēka – pārvietojuma līkne koka savienojumiem

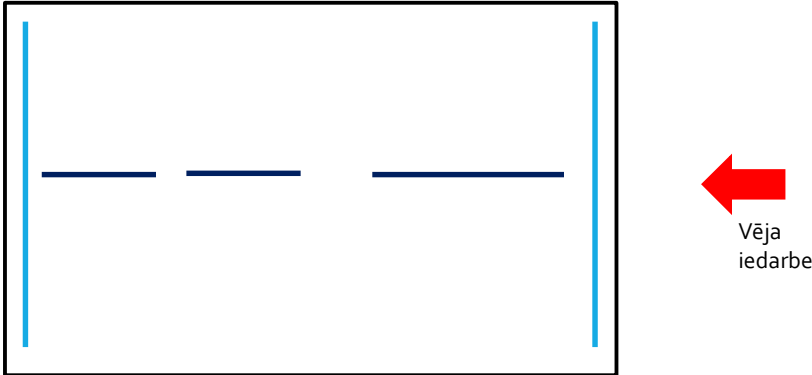


Zarnani, P., 2013. *Load-Carrying Capacity and Failure Mode Analysis of Timber Rivet Connections.*

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 150

### CLT stinguma sienas (diafragmas) sistēma



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 151

### Kā sadalās slodzes statistiski nenoteicamā konstrukcijā?

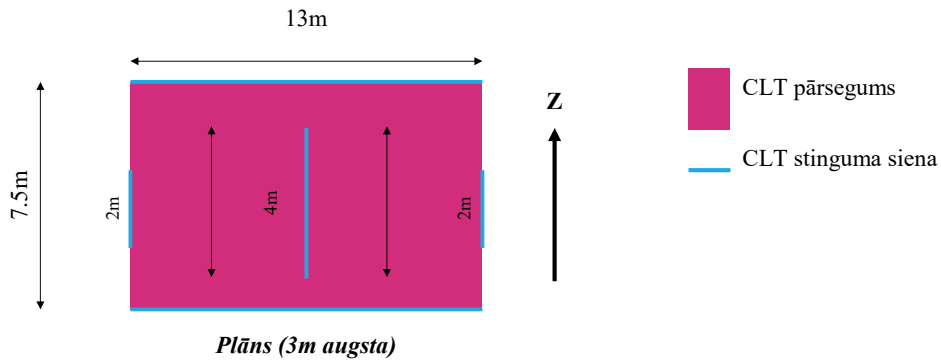
- $f_{W,i} = \frac{A_i}{\sum A}$  t.i. pamatojoties uz bīdes stingumu?
- $f_{W,i} = \frac{I_i}{\sum I}$  t.i. pamatojoties uz lieces stingumu?
- Patiesībā slodzes sadalās pamatojoties uz relatīvo ‘kopējo sānisko stingumu’.

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 152

### Ilustratīvs piemērs A – 3 sienas, 1 stāvs

- Vidējā Z-D stinguma siena 100mm bieža, pārējās 200mm biezas.

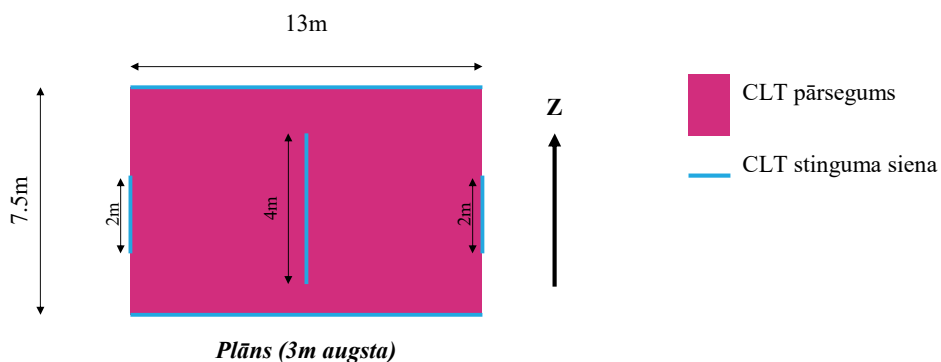


EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 153

### Ilustratīvs piemērs A – 3 sienas, 1 stāvs

- Aprēķina vēja slodze Z-D virzienā ir 50 kN:

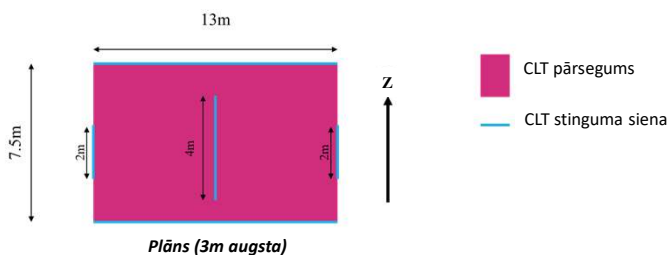


EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 154

### Ilustratīvs piemērs A – 3 sienas, 1 stāvs

- Sākotnēji pieņemts, ka spēki sadalās atbilstoši bīdes laukumam:
  - Visām 3 Z-D sienām ir vienāds bīdes laukums, tādēļ katra uzņem 16.7kN.
- Tā kā nav aksiālu spēku, augušpceļošais spēks veidosies stinguma sienas apakšā, tādēļ ir nepieciešams enkurojums. Tie ir jāprojektē atbilstoši sagaidāmajam momentam sienas apakšā:
  - Visām 3 Z-D sienām ir vienāds moments:  $16.7\text{kN} \times 3\text{m} = 50\text{kNm}$ .
  - Enkurojuma spēka plecu pieņem  $0.7 \times$  sienas garums.
  - Enkurojumi A un C tiek projektēti uz 35.7kN, B uz 17.9kN.



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

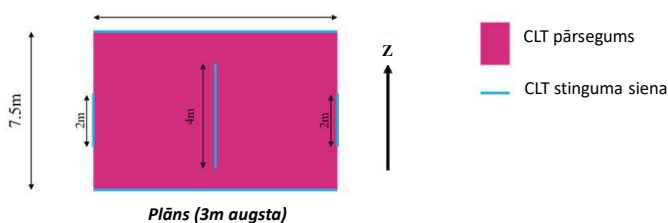
ARUP 155

### Ilustratīvs piemērs A – 3 sienas, 1 stāvs

- Enkurojumi A un C projektēti uz 35.7kN, B uz 17.9kN
- Tiek pieņemts, ka enkurojuma savienotājliedzēja stingums ir proporcionāls tā stiprībai
  - Enkurojuma savienotājliedzēklis B ir ar  $\frac{1}{2}$  stinguma no A un C savienotājliedzēju stinguma.
- Tiek pieņemts, ka formmaiņas stingums ir noteicošs, nevis bīdes stingums, kā tika pieņemts iepriekš, un elastīgumu galvenokārt nosaka enkurojuma savienotājliedzēklis:

$$K_{rocking} = K_{tie-down\ connector} \times \left(\frac{L}{h}\right)^2$$

- Siena B sanāk ar divas reizes lielāku stingumu kā sienas A un C!



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

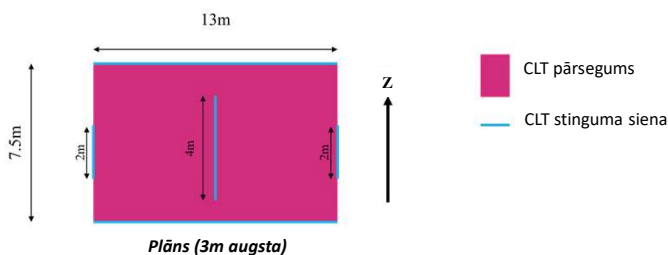
ARUP 156

### Ilustratīvs piemērs A – 3 sienas, 1 stāvs

- Siena B sanāk ar divas reizes lielāku stingumu kā sienas A un C!

Siena	Pieņemtais spēks	Faktiskais spēks	% starpība
A	16.7kN	12.5kN	-25%
B	16.7kN	25kN	+50%
C	16.7kN	12.5kN	-25%

- Tas liek domāt, ka vidējā siena ir uzprojektēta **50% par vāju!**

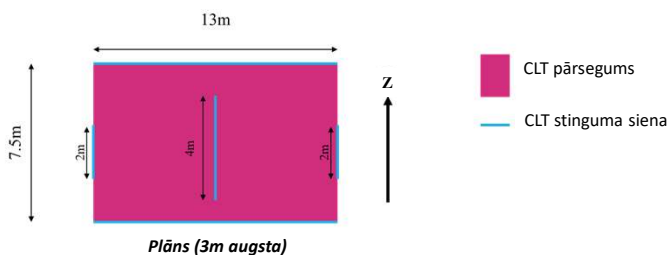


EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 157

### Ilustratīvs piemērs A – 3 sienas, 1 stāvs

- Tas liek domāt, ka vidējā siena ir uzprojektēta **50% par vāju!**
- Tika veikts padziļinātāks pētījums, ievērtējot bīdes savienotājliedzokļu stingumu un sienu bīdes stingumu, kas uzrādīja, ka vidējā siena ir uzprojektēta tikai **28% par vāju**
- Ja ievērtē iespējamu 15% savienojuma stinguma mainīgumu, šis rādītājs palielinās un siena ir uzprojektēta **38% par vāju**



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 158

### Atsevišķas sienas kopējais sāniskais stingums

- Liece
- Bīde
- Nobīde
- Formmaiņa

$$\Delta_{Tot} = \Delta_{EI} + \Delta_{GA} + \Delta_{Rock} + \Delta_{Slide}$$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls “Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība” ID Nr. EM 2021/42

### Atsevišķas sienas kopējais sāniskais stingums

$$K_{wall} = \frac{1}{\frac{1}{K_{EI}} + \frac{1}{K_{GA}} + \frac{1}{K_{Rock}} + \frac{1}{K_{Slide}}}$$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls “Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība” ID Nr. EM 2021/42



## Atsevišķas sienas kopējais sāniskais stingums

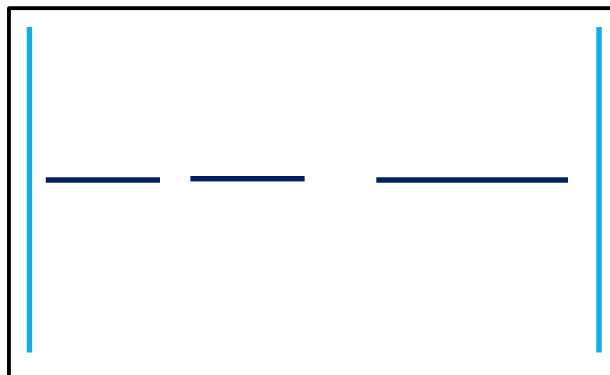
$$K_{wall} = \frac{1}{\frac{1}{K_{EI}} + \frac{1}{K_{GA}} + \frac{1}{K_{Connections}}}$$

- Projektētājam nav pieejama informācija par savienojumu stingumu un šī stinguma mainīgumu
- Līdz ar to sienas stingums ir neskaidrs

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sub>161</sub>

## CLT stinguma sienas sistēma

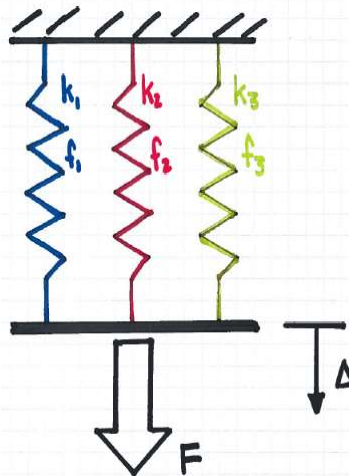


EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sub>162</sub>

### Statiski nenoteicama CLT sistēma var tikt attēlota kā atsperes

- Spēku sadalījums pa atspērēm pamatojoties uz relatīvo stingumu.
- Atsperu stingums ir neskaidrs (neskaidro savienojumu stingumu dēļ).
- Tāpēc spēki atsevišķās atspērēs ir neskaidri.

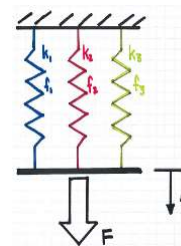
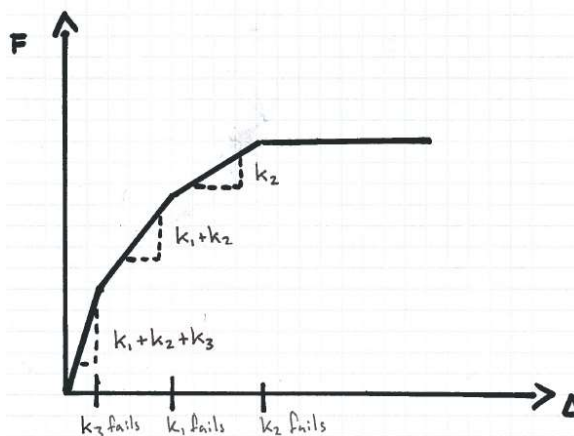


EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 163

### Pieņemsim, ka atspērēm piemīt **plastisks** darbības princips

Piezīme: Darbība ir vienāda gan spēka, gan pārvietojuma kontrolei.



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 164

### Bet kas notiek, ja atsperēm piemīt **trausls** darbības princips?

**Piezīme: Darbība ir atšķirīga spēka kontrolei un pārvietojumu kontrolei !!!**

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 165

### Spēks uz stiprāko atsperi **trauslā** sistēmā spēku kontrolei (kā ar īstām vēja slodzēm)

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 166

- Trauslā sistēmā pēc pirmā sabrukuma nav garantija, ka jaunie, palielinātie spēki atlikušajās trauslajās atsperēs nepārsniegs to nestspēju.

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP**  
167

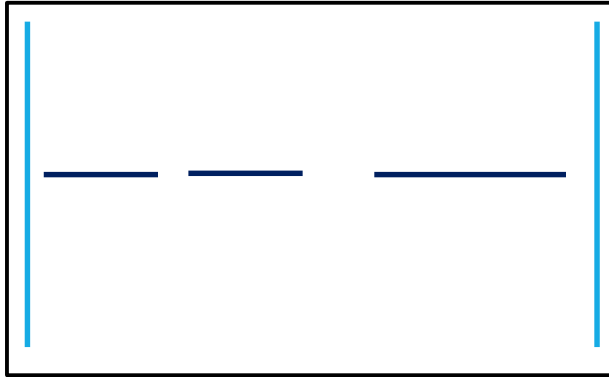
- Līdz ar to pirmais sabrukuma punkts vistīcāmāk būs sabrukuma veids visai trauslajai sistēmai.

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP**  
168

## CLT stinguma sienas sistēma

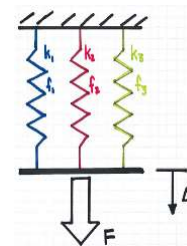
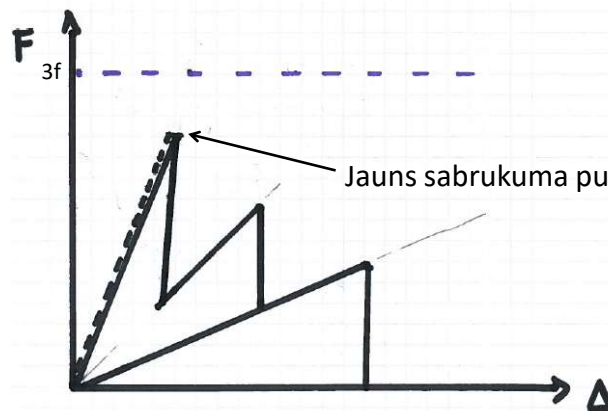
- Pieņem 3 stinguma sienas ar vienādām nestspējām  $f$ , bet nedaudz atšķirīgiem stingumiem.



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 169

## Trauslas sistēmas globālā darbība



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 170

### Risinājumi: veseris?

- Pārbaudīt visus iespējamus slodžu gadījumus katrai sienai: Monte Carlo?
- Katrai sienai augšējo un apakšējo stinguma vērtību
  - Vairākus stinguma starpstāvokļus
  - Izvērtēt visus iespējamus sistēmas stinguma stāvokļus
- Pārbaudīt katru sienu uz spēkiem, kas nodrošina atbilstošu sabrukuma varbūtību

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 171

### Risinājumi: plastisks risinājums?

Piemēram: projektēt, lai būtu plastisks sabrukuma veids:

- Panākt sabrukumu veidu, kas izraisa plastisku locīklu
- Palielinātas nestspējas rezerves kokam
- Skrūves perpendikulāri šķiedrām



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 172

### Risinājumi: plastisks risinājums

Papildus deformācijas, ko izraisa divu atsperu priekšlaicīga plūstamība

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls “Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība” ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 173

### Risinājumi: plastisks risinājums

Problēma, ja konstrukciju paaugstināti ietekmē otrās kārtas efekti

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls “Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība” ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 174

### Kam būtu jābūt EC5?

- Būtu projektētājam jāatgādina, ka koks ir trausls materiāls
- Ņemot vērā grūtības noteikt slodzes ceļu statiski nenoteicamā sistēmā, būtu jāveicina plastisku savienojumu izmantošana

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>175</sup>

### National Automotive Innovation Centre, UK



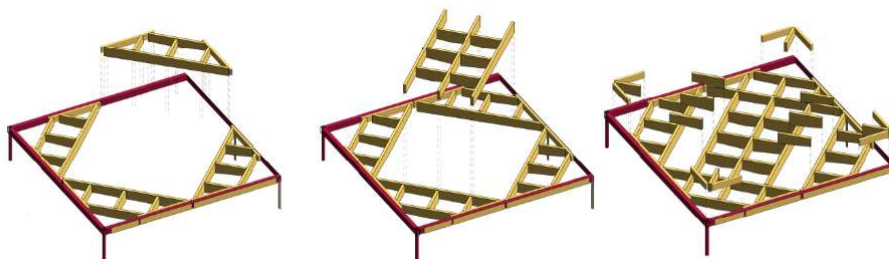
© Hulston+Crow

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>176</sup>



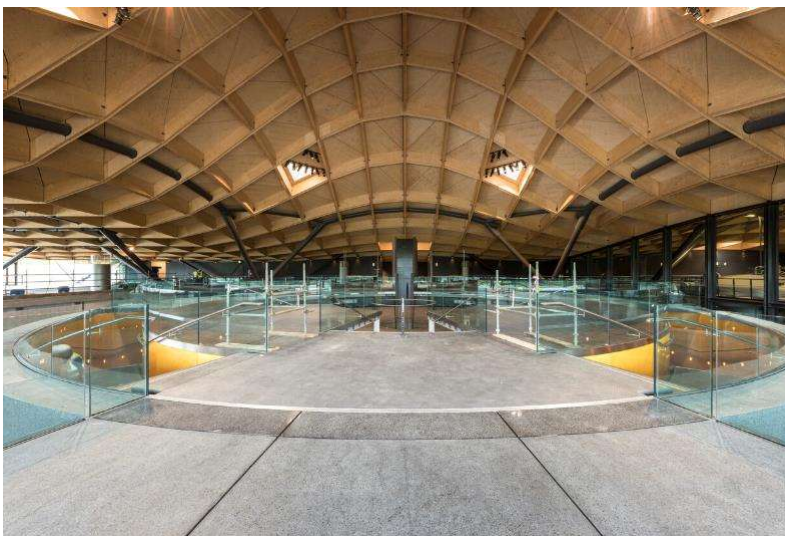
## Vienvirziena laidumi



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>177</sup>

## Macallan Distillery



©John Paul Photography

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP<sup>178</sup>

### Vienvirziena laidumi

- Koka sija
- Locīkla ap galveno asi
- Divvirzienu lieces momentu uzņemošs savienojums
- Tērauda konstrukcijas

YY-REKSES IN  
"Micro-Range-Change-Model 21"

LJTB - ARUP - 8 OCT 14 - 2012  
THE MACLEAN PROJECT.

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 179

### Pusdienu pārtraukums/ 13:30 - 14:00

180

## Norises plāns 14:00-15:30

- CLT
- Pārsegumu dinamika
- Specifika un bieži sastopamās kļūdas
- Jautājumi un atbildes

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

181



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

## Training seminar / Apmācību seminārs

### CLT Sadaļa Nr.6

**Andrew Lawrence and Ishan Abeysekera (Arup, United Kingdom)**

## CLT: krusteniski līmēti kokmateriāli

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 183

## Kas tas ir?

- Ražo, salīmējot kopā dēļus, kuru virziens mainās katrā nākamajā slānī
- Parasti izmanto C24 skujkoksni



<https://commons.wikimedia.org/wiki>

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 184

## Par ko padomāt?

Priekšrocības:

- Pieejami daudzi ražotāji
- CNC apstrāde izmēriem, iefrēzējumiem, dažādām formām
- Vienkārši savienojumi. Pašurbjošās kokskrūves
- Garas konstrukcijas var uzlabot montāžas ātrumu

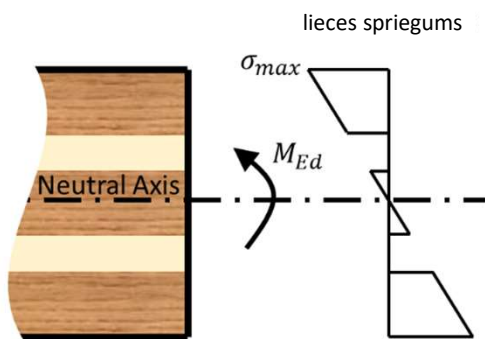
Trūkumi:

- Izmaksas
- Ierobežota redzamās apdares kvalitātes paneļu pieejamība
- Uguns

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 185

## Liece perpendikulāri plaknei



$$\sigma_{max,d} = \frac{M_{Ed}y}{I}$$

$$\sigma_{max,d} \leq f_{m,d}$$

- $M$ : Lieces moments
- $I$ : Inerces moments
- $\sigma$ : Aprēķina spriegums ārējās šķiedrās
- $y$ : Attālums no neitrālās ass līdz malai (augstums/2)

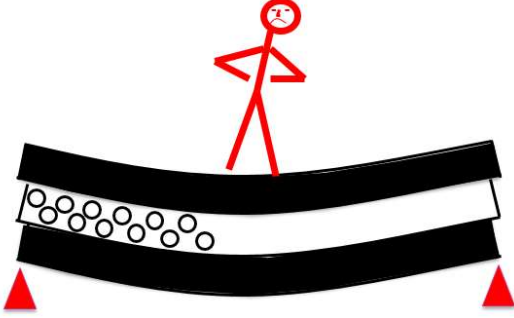
- Tā kā  $E_0/E_{90} = 33$ ,  $I$  vērtība konservatīvi var tikt aprēķināta neņemot vērā šķērsslāņus

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 186

### Bīde perpendikulāri plaknei

- Vērpjošā bīde

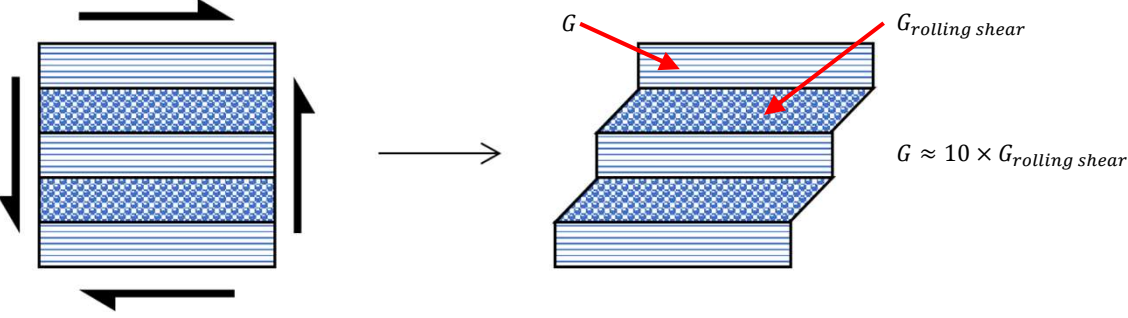


EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 187

### Bīde perpendikulāri plaknei

- Vērpjošā bīde



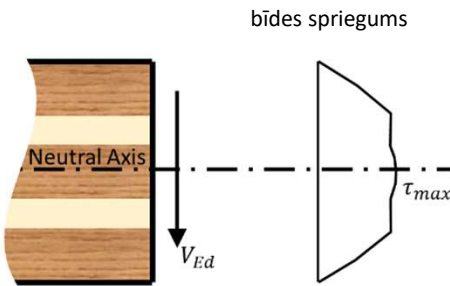
$G \approx 10 \times G_{rolling\ shear}$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 188

### Bīde perpendikulāri plaknei

- Slāņu skaitam palielinoties, maksimālie bīdes spriegumi tiecas uz  $1.5V/bd$ , bīdes spriegumu sadalījums tiecas uz parabolisku formu. (Tā kā šķērsslāņiem ir ļoti mazs stingums, bīdes spriegumi nevar palielināties caur šiem slāņiem)
- Bet vērpošā bīde ir noteicošā.




bīdes spriegums

$$\tau_{v,Ed} = \frac{1.5V_{Ed}}{bd}$$

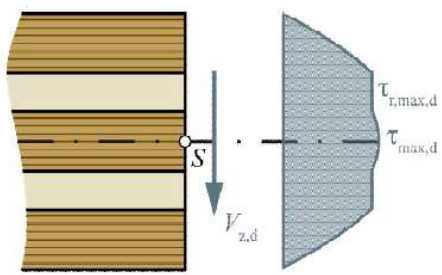
$$\tau_{v,Ed} \leq f_{v,90,d}$$

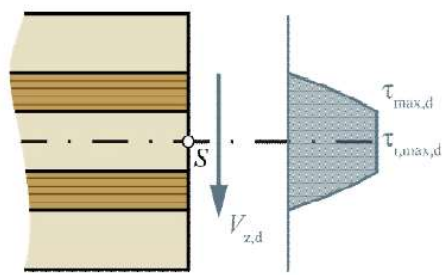
- $V$ : Šķērsspēks
- $b$ : Šķērsriezuma platums
- $d$ : Šķērsriezuma augstums
- $\tau$ : Bīdes spriegums
- $f_{v,90,d}$ : Aprēķina vērpošās bīdes stiprība

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42




### Bīde perpendikulāri plaknei





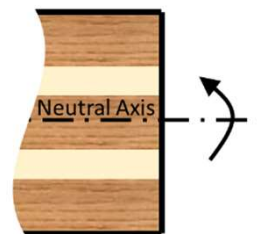
Harris, R., Ringhofer, A., Schickhofer, G., 2013, COST Action FP1004 with TU Graz, European Conference on Cross Laminated Timber (CLT)

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42



### Izliece perpendikulāri plaknei no lieces ārējo slāņu garenvirzienā

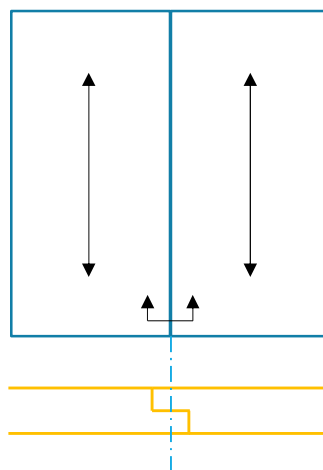
- Vērpjošā bīde
- Izmanto  $A$ ,  $I$ , un vidējo  $E_0$  un  $G_0$  tikai slāņiem paralēli laiduma.
- Lieces izliece:  $E_0 I$
- Bīdes izliece:  $\kappa G_0 A$
- $\kappa$  ir korekcija šķērsslāņu vērpjošajai bīdei un konservatīvi var tik pieņemta 0.2-0.3



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 191

### Savienojumu dēļ CLT paneļu laidumu pieņem vienā virzienā!



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 192



### Slogošana plaknē

$A_{net} = (b_1 + b_3)d$

$I_{net} = \frac{(b_1 + b_3)d^3}{12}$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP**<sup>193</sup>

### Aksiāla slogošana

- Īsiem, masīviem elementiem aksiālo nestspēju nosaka lietderīgie slāņi (paralēli laiduma virzienam)

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP**<sup>194</sup>

## Aksiāla slodze

Pārbaudiet vai CLT siena ir kā lokana kolonna atbilstoši EC5,  
pieņemot  $b=1$ .

Vienīgā atšķirība ir, ka, lai ievērtētu bīdes elastīgumu, relatīvais  
lokanums tiek noteikts sekojoši:

$$\lambda = \sqrt{\frac{A_{net} f_{c,0,k}}{n_{cr}}}$$

$$n_{cr} = \frac{E_{0,0,05} I_{net} \pi^2}{l_{ef}^2 + \frac{E_{0,0,05} I_{net}}{G_{0,0,05} A_{net}}}$$

- $A_{net}$ : CLT laukums ar šķiedrām paralēli slodzei
- $f_{c,0,k}$ : Raksturīgā stiprība CLT laukumam ar šķiedrām paralēli slodzei
- $\lambda$ : Relatīvais lokanums
- $E_{0,0,05}$ : Raksturīgais elastības modulis CLT slāņiem ar šķiedrām paralēli slodzei
- $G_{0,0,05}$ : Raksturīgais bīdes modulis CLT slāņiem ar šķiedrām paralēli slodzei
- $I_{net}$ : Neto šķērsriezuma inerces moments
- $A_{net}$ : CLT laukums ar šķiedrām paralēli slodzei
- $n_{cr}$ : Ideālā elastīgās noturības slodze

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 195

## Liece

- Kombinē ar aksiālajiem spriegumiem no aksiālās slodzes

$$\sigma_{max,d} = \frac{M_{Ed} y}{I_{net}}$$

$$\sigma_{max,d} \leq \min \left( f_{c,0,d}, f_{t,0,d} \right)$$

- $\sigma_{max,d}$ : Maksimālais aprēķina lieces un aksiālais spriegums
- $M_{Ed}$ : Aprēķina moments
- $y$ : Attālums no neitrālās ass līdz ārējām šķiedrām
- $I_{net}$ : Neto šķērsriezuma inerces moments
- $f_{t,0,d}$ : Aprēķina stiepes stiprība CLT laukumam ar šķiedrām paralēli slodzei
- $f_{c,0,d}$ : Aprēķina spiedes stiprība CLT laukumam ar šķiedrām paralēli slodzei

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 196

## Bīde plāknē

- CLT paneļu bīde plāknē ir īpaši komplicēta
- Vienkāršotas pārbaūžu metodes skatīt ražotāju Eiropas tehniskajos novērtējumos

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP**  
197



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

## **Training seminar / Apmācību seminārs**

### **Pārsegumu dinamika – jaunā EC5 metode**

### **Sadaļa Nr.7**

**Andrew Lawrence and Ishan Abeysekera (Arup, United Kingdom)**

## Kādēļ?

- Konkurence
- Koks ir vieglāks
- Pārāk konservatīvs = pārāk dārgs
- Ne-konservatīvs aizbiedēs cilvēkus no koka konstrukcijām
- Pārsegumu vibrācijas parasti nosaka pārsegumu biezumu lielām daudzstāvu ēkām
- Šī lekcija apskatīs EN 1995-1-1 nākamās versijas izmaiņas

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

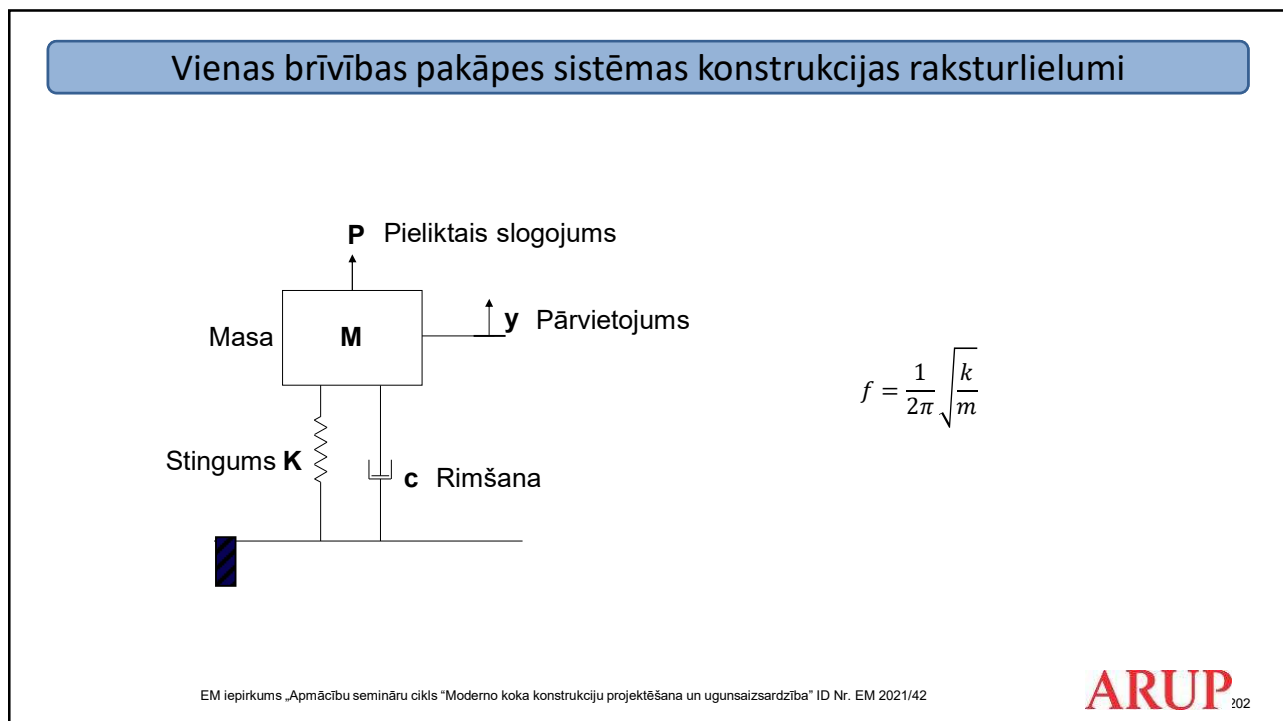
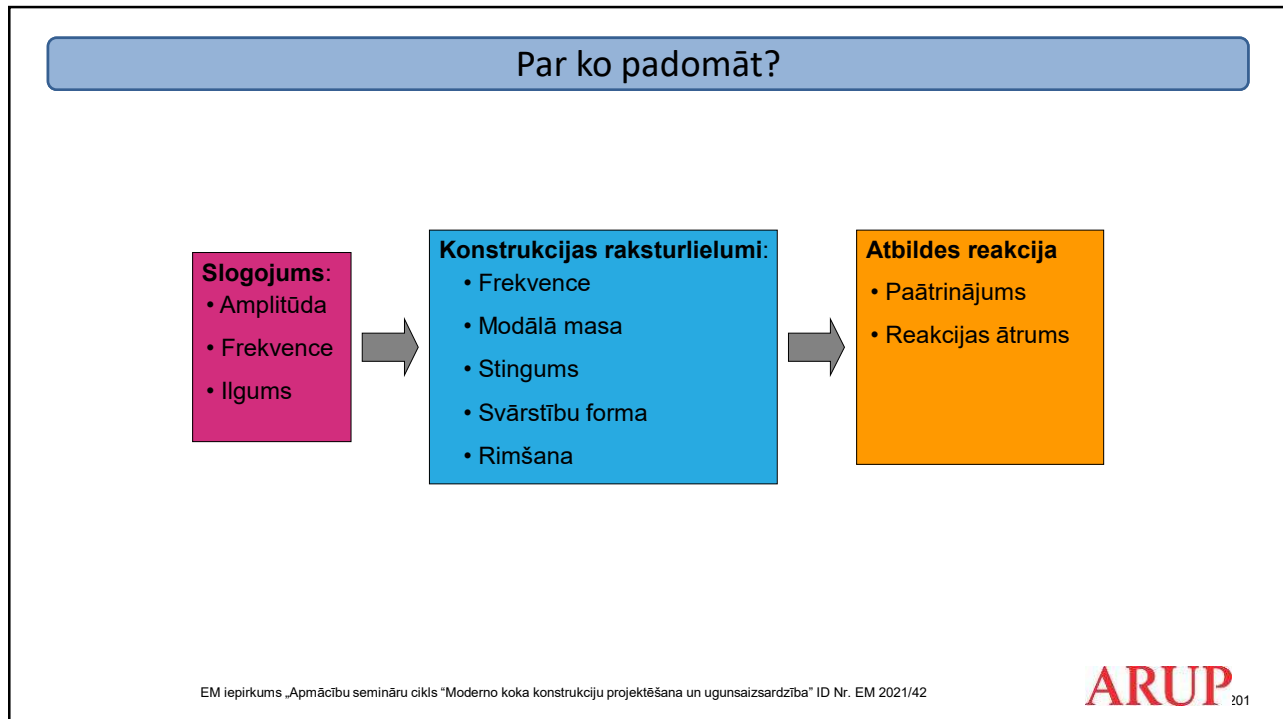
ARUP 199

## Papildus literatūra



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

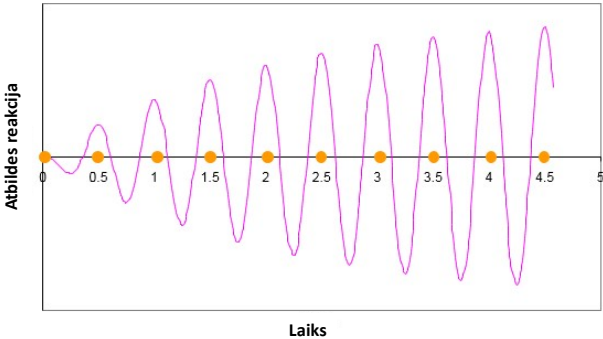
ARUP 200



### Rezonanses reakcija

- Kad uzspiesto svārstību frekvence sakrīt ar pašsvārstību frekvenci, veidojas rezonanse

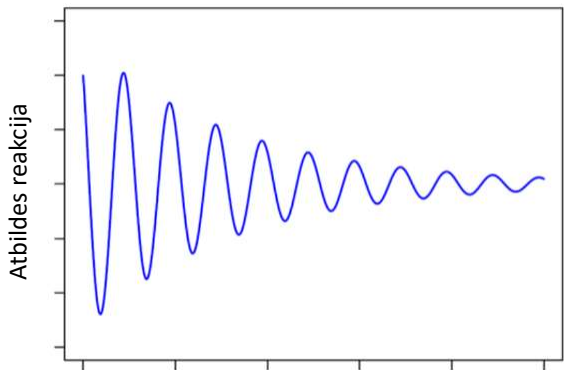
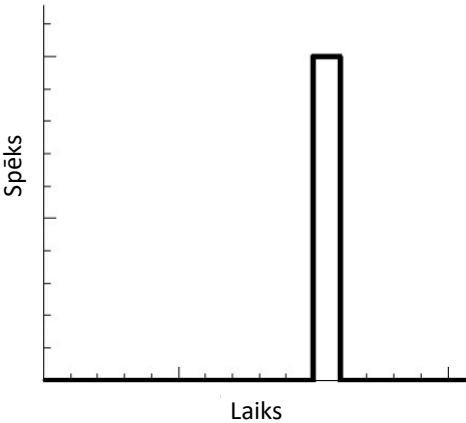
**Rezonanses atbildes reakcija**



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 203

### Rimstoša atbildes reakcija

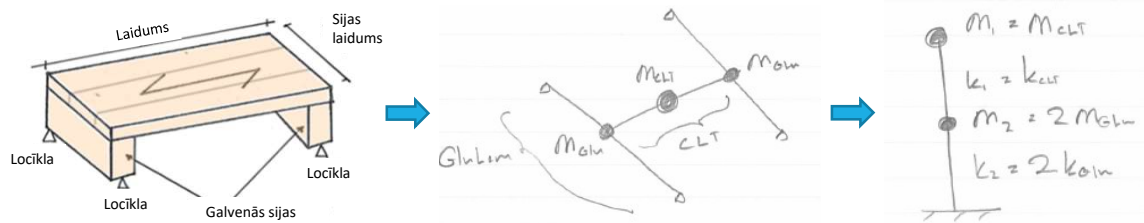


EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 204

## Sistēmas ar vairākām brīvības pakāpēm

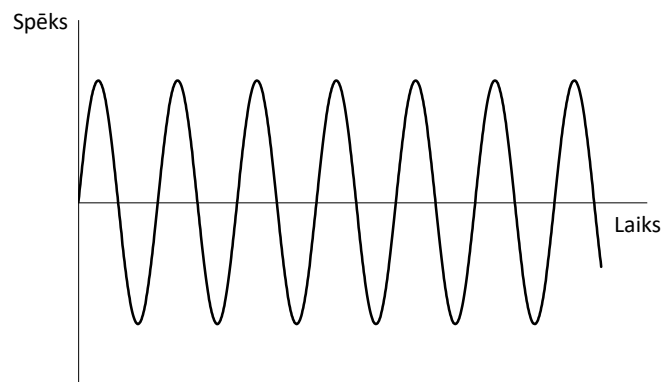
- Pārsegumiem ir vairāk kā viena brīvības pakāpe.



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 205

## Harmonisks slogojums



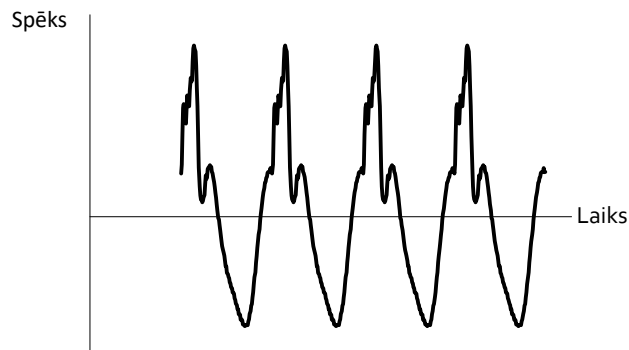
Willford, M. R., Young, P., 2006, *A Design Guide for Footfall Induced Vibrations of Structures*, The Concrete Society

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 206

## Periodisks slogojums no soļiem

- Vairākas frekvences
- Var sadalīt harmoniskajās komponentēs

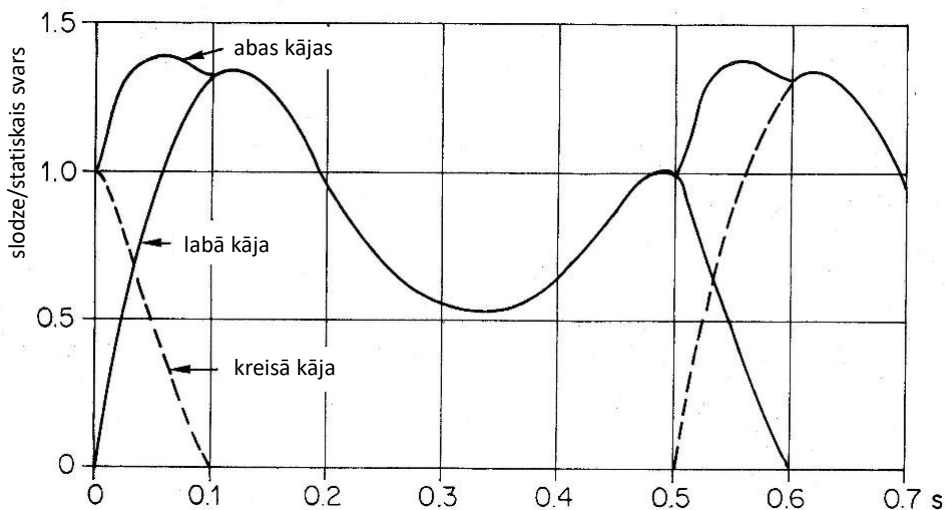


Willford, M. R., Young, P., 2006, *A Design Guide for Footfall Induced Vibrations of Structures*, The Concrete Society

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 207

## Cilvēki iet ar aptuveni 1.5 – 2.5 Hz



Willford, M. R., Young, P., 2006, *A Design Guide for Footfall Induced Vibrations of Structures*, The Concrete Society

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 208



**Spēks mainās atkarībā no:**

- Cilvēka
- Apaviem
- Ātruma

Willford, M. R., Young, P., 2006, *A Design Guide for Footfall Induced Vibrations of Structures*, The Concrete Society

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 209

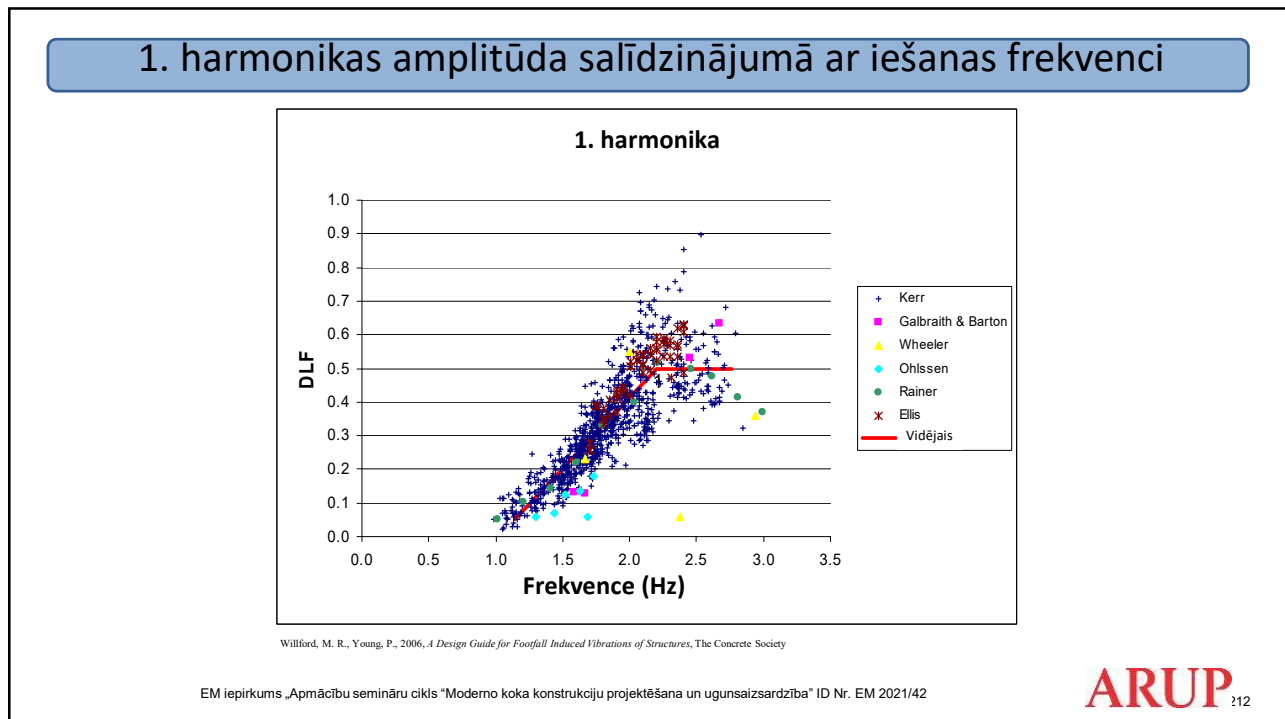
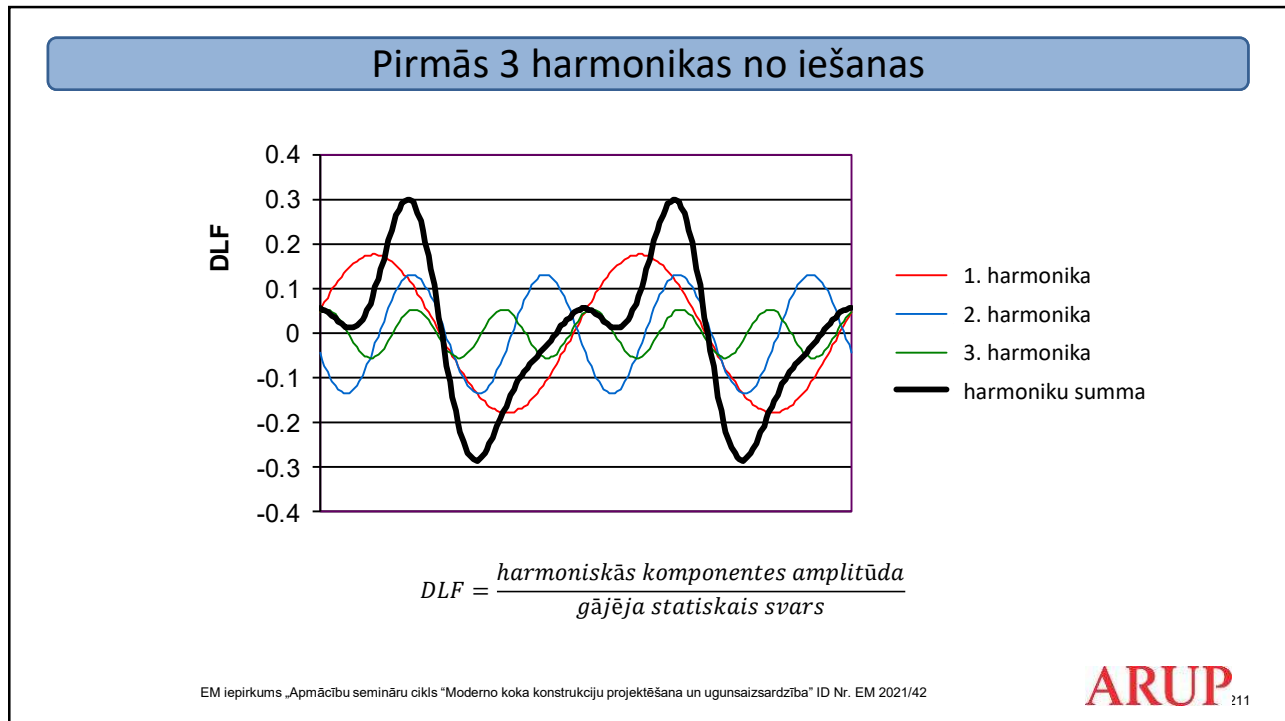
**Spēks mainās atkarībā no:**

- Ātruma

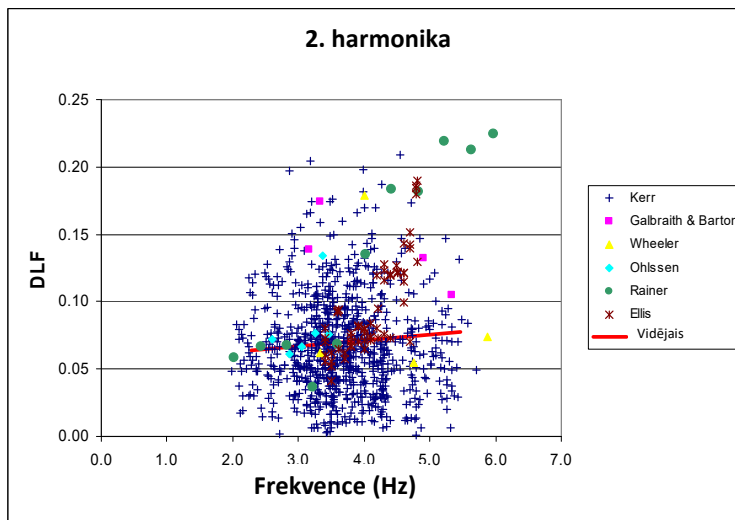
Willford, M. R., Young, P., 2006, *A Design Guide for Footfall Induced Vibrations of Structures*, The Concrete Society

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 210



## 2. harmonikas amplitūda salīdzinājumā ar iešanas frekvenci

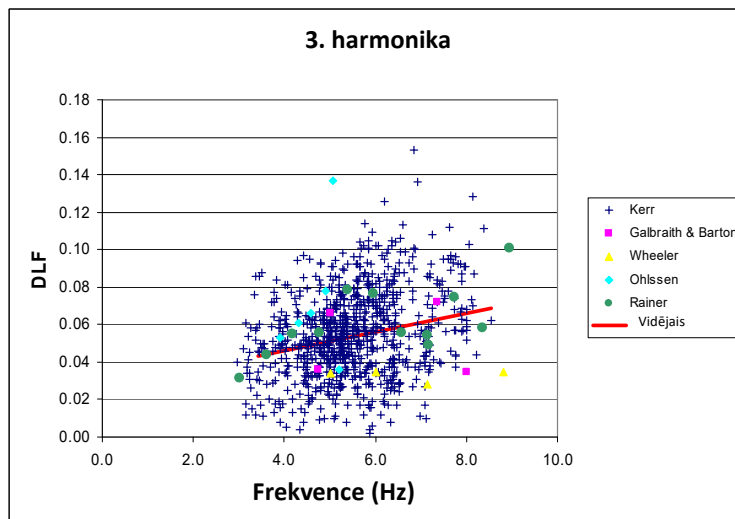


Willford, M. R., Young, P., 2006, *A Design Guide for Footfall Induced Vibrations of Structures*, The Concrete Society

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 213

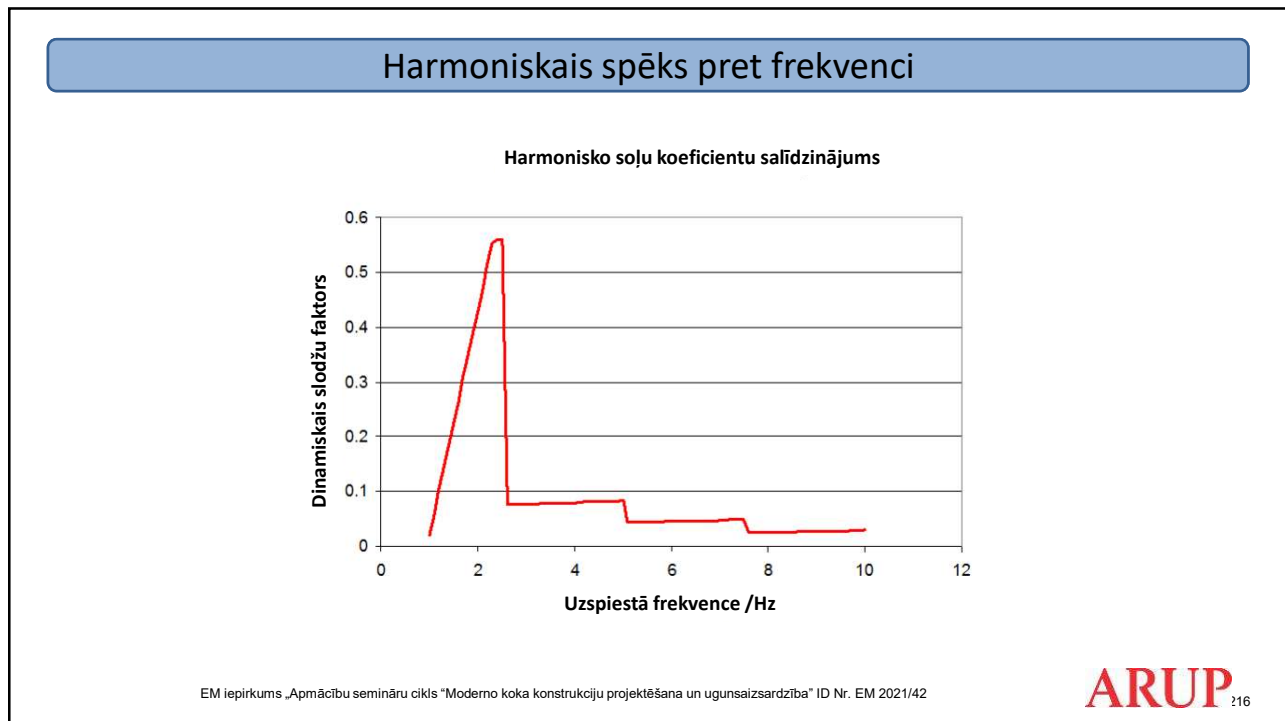
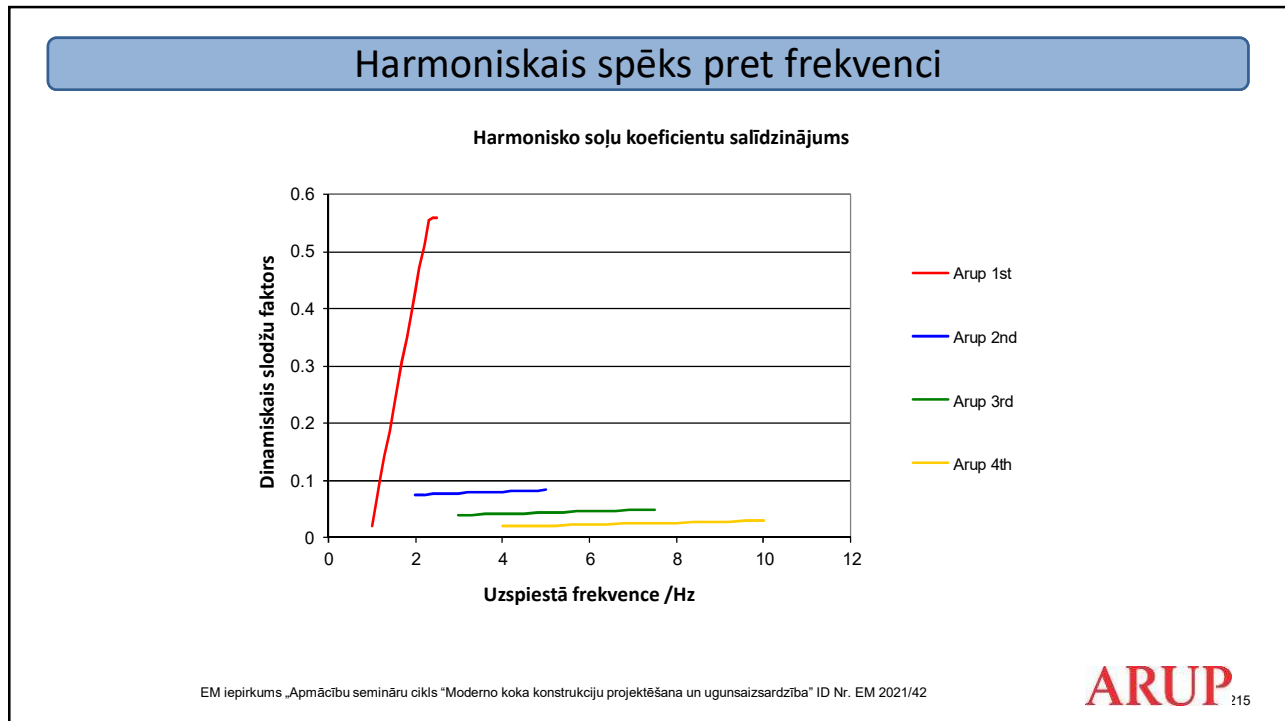
## 3. harmonikas amplitūda salīdzinājumā ar iešanas frekvenci



Willford, M. R., Young, P., 2006, *A Design Guide for Footfall Induced Vibrations of Structures*, The Concrete Society

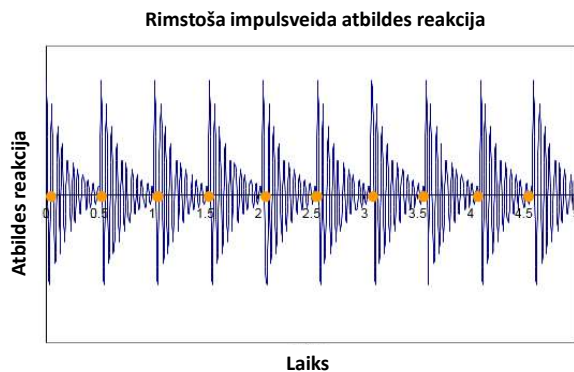
EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 214



## Impulsveida slogojums

- Kad pārseguma frekvence ir augstāka par iešanas 4. harmoniku
- Pārsegumā novērojams secīgs impulsveida slogojums, kuru starpā beidzas atbildes reakcija
- Vairums koka pārsegumu dzīvojamās mājās



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 217

## Pieņemama atbildes reakcija

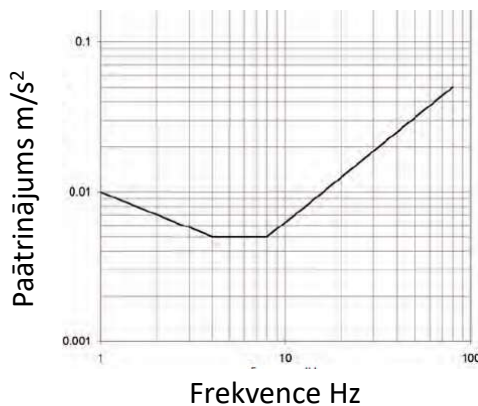
- Mēs uztveram paātrinājumu.
- Atbildes reakcijas faktors,  $R = \frac{\textit{Atbildes reakcija}}{\textit{Minimālā uztveramā atbildes reakcija}}$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 218

## Pieņemama atbildes reakcija

- BS 6472 – uztverams paātrinājuma līmenis



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 219

## Pieņemama atbildes reakcija

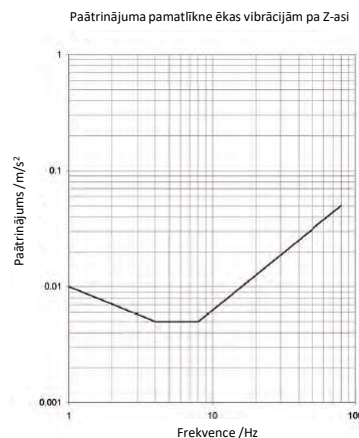
- BS 6472 – uztverams paātrinājuma līmenis (arī CCIP)

- Ja  $4 \text{ Hz} \leq f_n \leq 8 \text{ Hz}$ :

- $R = \frac{a_{rms}}{5 \text{ mm/s}^2}$

- Ja  $f_n > 8 \text{ Hz}$ :

- $R = \frac{V_{rms}}{0.1 \text{ mm/s}}$



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 220

## Pieņemama atbildes reakcija

- Uztveres līmenis katram ir individuāls

Atkarīgs no:

- Cilvēka
- Pārseguma pielietojuma
- Pārseguma izskata
- Pārseguma ierosmes biežuma

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 221

## Testu pamatotas ieteicamās robežas

- Parastiem birojiem:  $R \leq 8$
- Augstas klases birojiem:  $R \leq 4$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 222

### Kā darbojas soļu analīze?

Pārseguma sistēma | Pašsvārstību frekvence | Sloojums un atbildes reakcija | Uztveres līmenis

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 223

### Kā tas piemērojams vienkāršiem pārsegumiem?

- Stingums ( $EI$ ,  $garums$ , utt.)
  - $EI$ : materiāls un pārseguma biezums
  - Laidums: vienvirziena vai balstīts pa perimetru (stingums)
  - Laidums: garums
  - Gala nostiprinājums: locikla vai iespīlējums
- Masa
  - Pašsvars + (0.1 \* lietderīgā slodze)
- Rimšana: mezgla risinājums, paceltā grīda, nodalījumi utt.

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 224



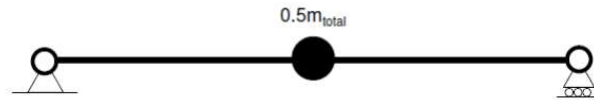
## Kā tiek modelēts CLT pārsegums?

Kā nonāk no šī..... ?



Realitāte

.....pie šī?

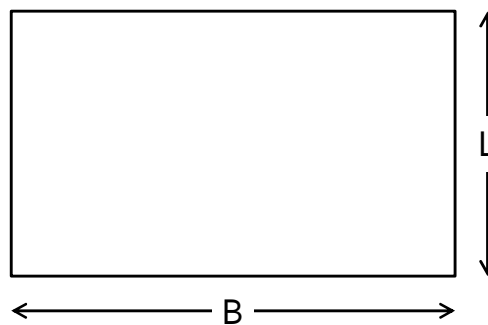


Precīza idealizācija

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 225

## Vienkārša pārseguma analīze – locīklveida nostiprinājums pie malām



$$f_1 = k_{e,2} \frac{\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{(EI)_L}{m}}$$

$$k_{e,2} = \sqrt{1 + \left(\frac{L}{B}\right)^4 \frac{(EI)_T}{(EI)_L}}$$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 226

## Vienkārša pārseguma analīze – rezonanses aprēķins

(Ja frekvence mazāka kā 4 x iešanas frekvence)

$$a_{rms} = \frac{k_{res} \mu F_h}{\sqrt{2} \zeta M^*}$$

$$R = \frac{a_{rms}}{5 \text{ mm/s}^2}$$

$k_{res}$	faktors, kas ievērtē augstākas vibrāciju modas, kā ievērtētas aprēķinā.
$\mu$	rezonanses faktors, kas konservatīvi var tikt pieņemts kā $\mu = 1$
$F_h$	vertikāls dinamisks spēks, ko izraisa iešana no pieņemtā cilvēka svara un ko pieņem $F_h = 50 \text{ N}$ .
$\zeta$	modālais svārstību rīšanas koeficients.
$M^*$	modālā masa, kg.

$$k_{res} = \max \left\{ 0,192 \left( \frac{B}{L} \right) \left( \frac{(EI)_L}{(EI)_T} \right)^{0,25}, 1,0 \right\}$$

$$M^* = \frac{m L B}{4}$$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 227

## Vienkārša pārseguma analīze – rimstošais aprēķins

(jāpārbauda visu frekvenču pārsegumiem)

$$1. I_m = \frac{42 \frac{1,43}{w}}{f_1^{1,3}} \text{ Ns}$$

$$2. v_{1,peak} = 0,7 \frac{I_m}{(M^* + 7)} \text{ m/s}$$

$$3. v_{tot,peak} = k_{imp} v_{1,peak} \text{ m/s}$$

$$4. k_{imp} = \max \left\{ 0,48 \left( \frac{B}{L} \right) \left( \frac{(EI)_L}{(EI)_T} \right)^{0,25}, 1,0^{\left( \frac{EI}{EI} \right)^T} \right\}$$

$$5. v_{rms} = v_{tot,peak} (0,65 - 0,01 f_1) (1,22 - 11,0 \zeta) \eta$$

$$\eta = 1,35 - 0,4 k_{imp}, \text{ when } 1,0 \leq k_{imp} \leq 1,9 \text{ else } \eta = 0,59 \text{ (siju pārsegumiem)}$$

$$\eta = 1,35 - 0,4 k_{imp}, \text{ when } 1,0 \leq k_{imp} \leq 1,7 \text{ else } \eta = 0,67 \text{ (pārējiem pārsegumiem)}$$

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 228

## Jaunais EN 1995-1-1

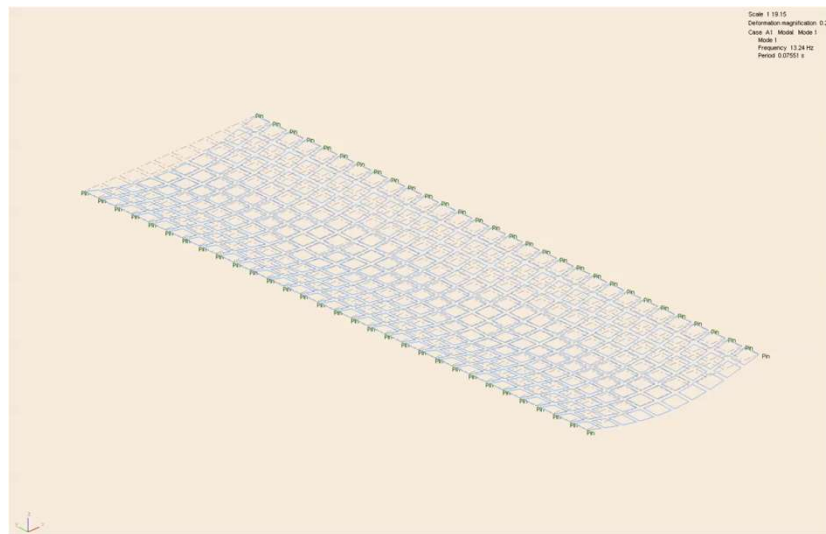
- Būs rokas aprēķina metodes vienkāršiem pārsegumiem.
- Būs pielikums, kas paskaidros, kā izmantot modālos rezultātus no GEM aprēķina, lai veiktu multi modālo analīzi sarežģītākiem pārsegumiem.

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 229

## CLT ar locīklveida balstiem

- 3m laidums
- $f = 13.24 \text{ Hz}$



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 230

### CLT uz sijām

- 3m CLT laidums
- 9m siju laidums

Scale: 1:25.97  
Isometric Scale: 1:31.32

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 31

### CLT uz sijām

- 3m CLT laidums
- 9m siju laidums
- $f = 8.5 \text{ Hz}$

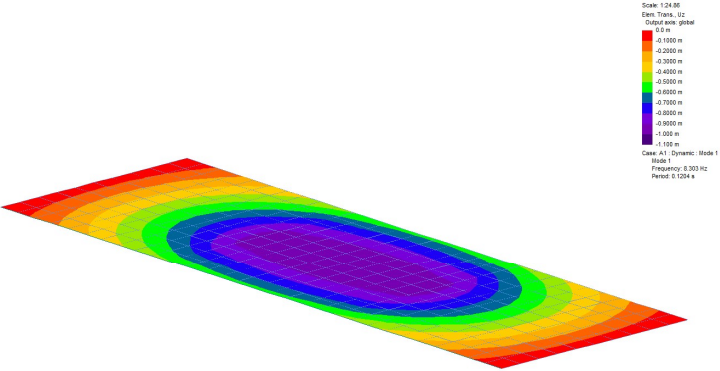
Scale: 1:18.24  
Deformation magnification: 1.00  
Case: All Dynamic Mode: 1  
Mode: 1  
Frequency: 8.503 Hz  
Period: 0.1204 s

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42


**ARUP** 32

### CLT uz sijām

- 3m CLT laidums
- 9m siju laidums
- $f = 8.3 \text{ Hz}$

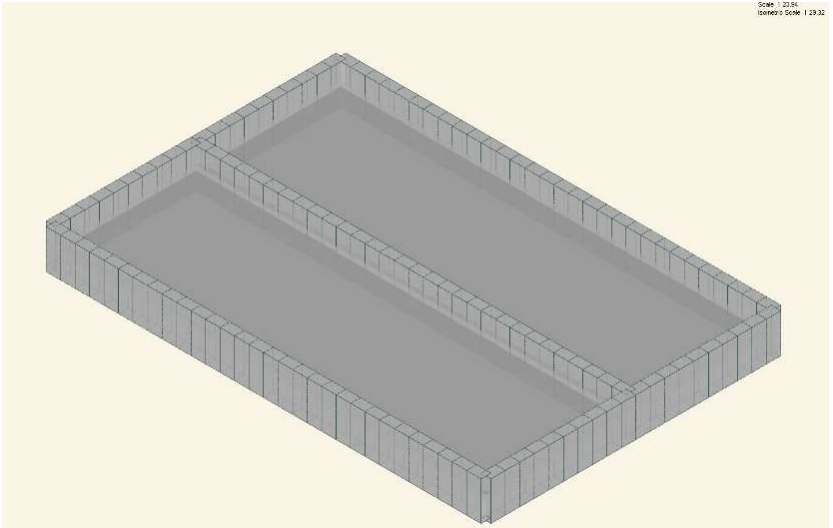


EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42




### Divlaiduma CLT uz sijām

- 3m CLT laidums
- 200x800 sijas
- 9m siju laidums

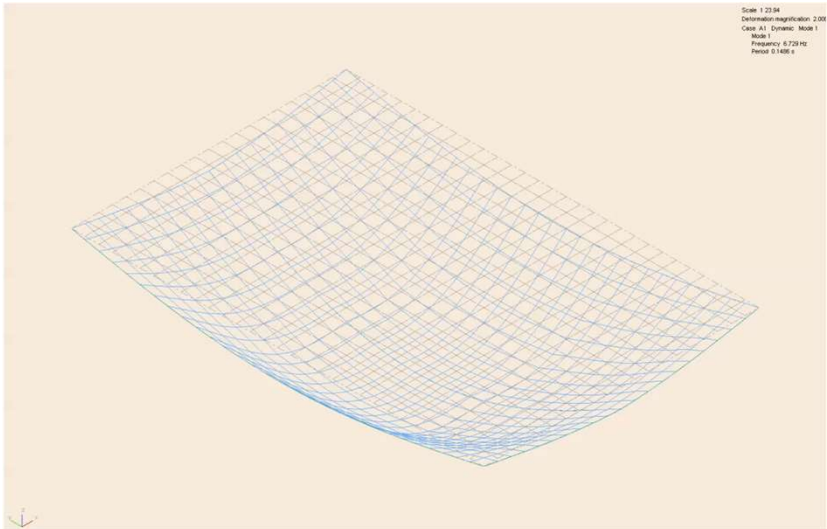


EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42



### Divlaiduma CLT uz sijām

- 3m CLT laidums
- 200 x 800 sijas
- 9m siju laidums
- $f = 6.7 \text{ Hz}$



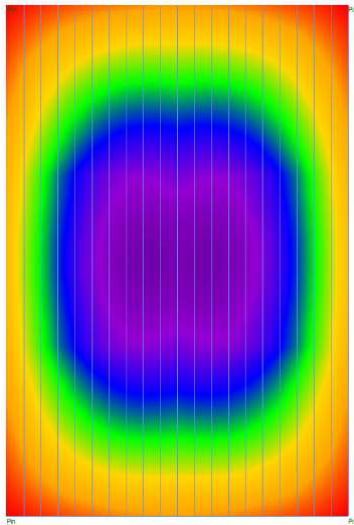
Scale: 1:25.00  
Dimension: Magnification: 2.00x  
Case: All Dynamic Mode: 1  
Model: 1  
Frequency: 6.728 Hz  
Period: 0.1486 s

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 235

### Divlaiduma CLT uz sijām

- 3m CLT laidums
- 9m siju laidums
- $f = 6.7 \text{ Hz}$

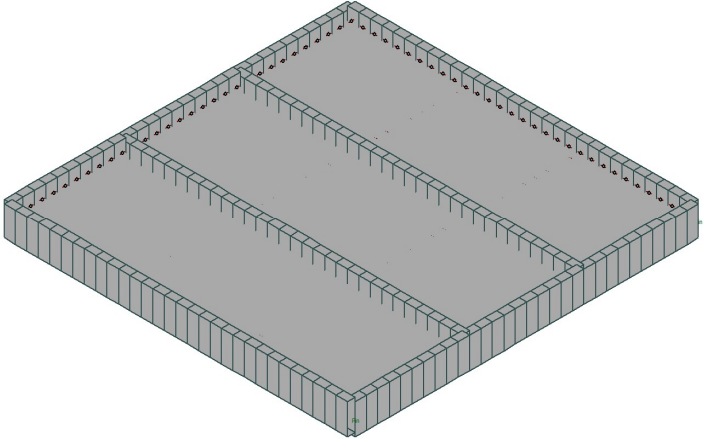


EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 236


### Daudzlaiduma CLT uz sijām

- 3m CLT laidums
- 200x800 sijas
- 9m siju laidums



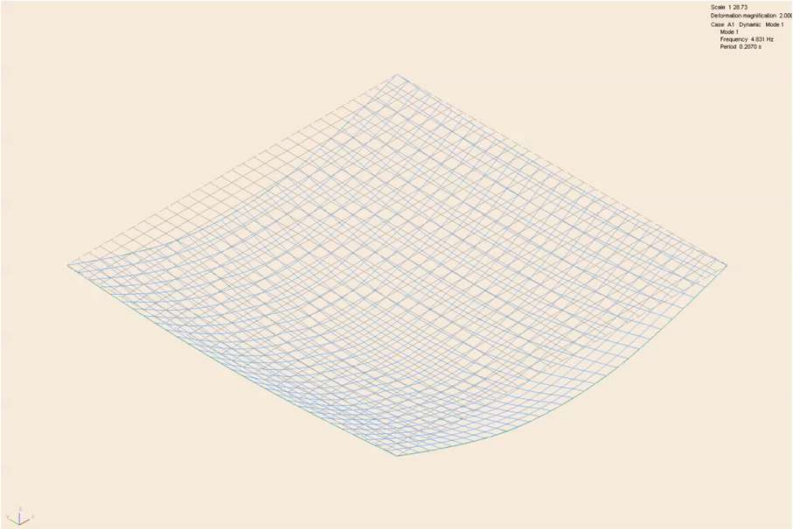
Scale: 1:30.00  
Isometric Scale: 1:47.0

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls “Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība” ID Nr. EM 2021/42




### Daudzlaiduma CLT uz sijām

- 3m CLT laidums
- 200x800 sijas
- 9m siju laidums
- $f = 4.8 \text{ Hz}$



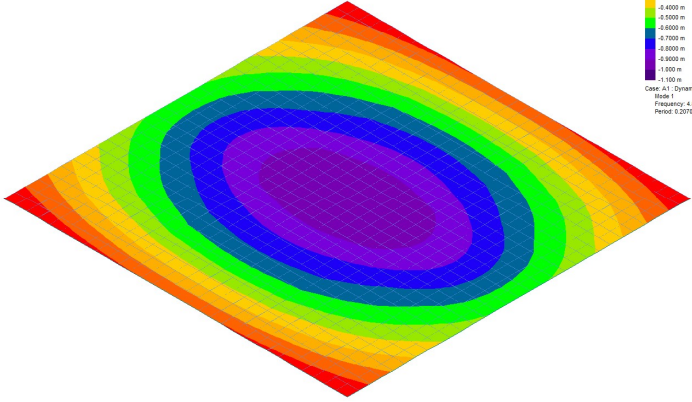
Scale: 1:28.73  
Deformation Magnification: 2.00  
Case: All (Dynamic Mode)  
Mode  
Frequency: 4.831 Hz  
Period: 0.2070 s


EM iepirkums „Apmācību semināru cikls “Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība” ID Nr. EM 2021/42



### Daudzlaiduma CLT uz sijām

- 3m CLT laidums
- 200x800 sijas
- 9m siju laidums
- $f = 4.8 \text{ Hz}$





EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 339

### Siju elastīgumam ir ievērojama ietekme uz pārsegumu dinamiskajām īpašībām

- 13 Hz  $\longrightarrow$  5 Hz
- Standartos būtu skaidri jānorāda, ka siju ietekme ir jāņem vērā.

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 340



## Soļu mērījumi



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 241



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

## **Training seminar / Apmācību seminārs** **Specifika un bieži sastopamās kļūdas** **Sadaļa Nr.8**

**Andrew Lawrence and Ishan Abeyssekera (Arup, United Kingdom)**

## Skiču stadija

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 243

## Ilgizturība – pasargāt konstrukcijas no lietus un vienmēr paredzēt dubultu aizsardzību



© Cullinan Studio/ Hayes Davidson

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 244

## Uguns – nosaka cik daudz koks var palikt atklāts



© Simon Kennedy

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 245

## Dinamika – noteicošā pārsegumu projektēšanā

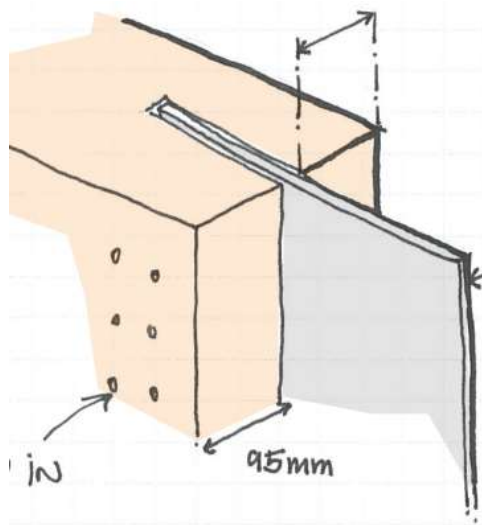


© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 246

### Savienojumi – nosaka elementu izmērus

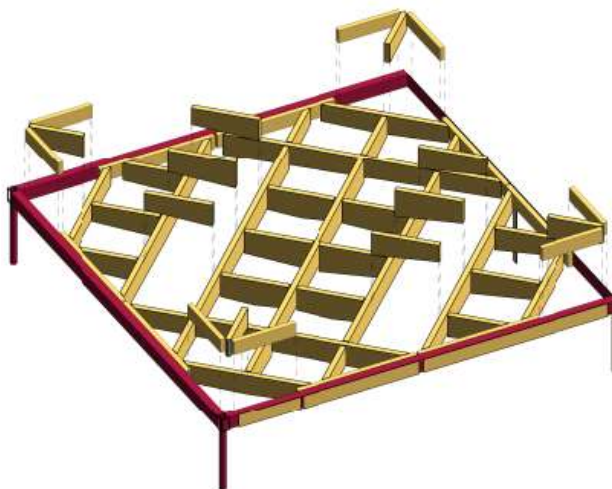


© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 247

### Trausls materiāls – veidot statiski noteicamas konstrukcijas



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 248

## Detalizācijas stadija

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 249

## Sugas – ekonomē izmantojot egli



© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 250

**Izmantot standarta stiprības klases un izmērus**

**GL 24h**

**GL 28c**

**GL 32c**

**GL 36c**

← →

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**Slodžu ilgums – pārbaudīt noteicošos slodžu gadījumus**

**Stiprība**

40% stiprības samazinājums ilgstošām slodzēm

-100%

-50%

Laiks

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

## Projektējiet savienojumus, kas pieļauj rukumu



© Ansp

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

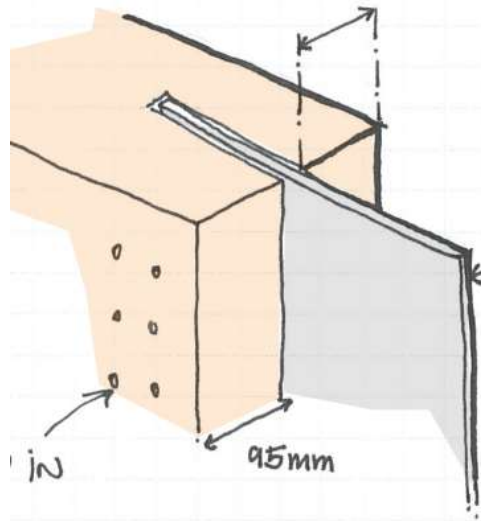
**ARUP** 253

## Būvniecības stadija

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

**ARUP** 254

## Inženieris atbildīgs gan par elementiem, gan savienojumiem



© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 255

## Ilgstspējīgi izejmateriāli



EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 256



Līmēšana ir īpaši atkarīga no meistarības – izvairīties no līmēšanas objektā un izmantot uzticamus piegādātājus



© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 257

Nevajag pārmērīgi aprakstīt nepieciešamo vizuālo kvalitāti



© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 258

### Izvairīties no konstrukciju bojājumiem būvniecības stadijā

- Pārlicināties, ka būvniekam ir rīcības plāns mitruma kontrolei
- Nodrošināt slīpumu plakaniem jumtiem
- Nosegt gala šķiedras savienojumos
- Kur iespējams, nodrošināt, ka koks var vēdināties pabeigtajā ēkā, lai ļautu izžūt mitrumam, kas uzņemts būvniecības laikā

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 259

### Izvairīties no vizuāliem bojājumiem būvniecības laikā



© Arup



© Arup

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 260

## Noteikt galvenās pielāides

- Balsti
- Virsmas, kam nepieciešams tiešs balstījums?
- Atklātas arhitektūras formas

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība" ID Nr. EM 2021/42

ARUP 261



© Simon Kennedy



© Andrew Lawrence

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un ugunsaisardzība" ID Nr. EM 2021/42

262

Norises plāns 15:30 -16:00

## Jautājumi un atbildes

EM iepirkums „Apmācību semināru cikls "Moderno koka konstrukciju projektēšana un uguns aizsardzība" ID Nr. EM 2021/42

263



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

## Paldies par uzmanību!

[@EM\\_gov\\_lv](#), [@siltinam](#) [/ekonomikasministrija](#) [www.em.gov.lv](#) Brīvības iela 55, Rīga, LV-1519, Latvia +371 67013100 [pasts@em.gov.lv](#)