



VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS

dr. Tomas Gečys

Metalinių ir kompozitinių konstrukcijų katedra

Statybos fakultetas

CR-407 kab., Saulėtekio al. 11, Vilnius

mob.: +37067370775

el. p.: tomas.gecys@vgtu.lt



VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Medinių konstrukcijų saugos ribiniai būviai

Parengė: dr. Tomas Gečys, Metalinių ir kompozitinių konstrukcijų katedra, Statybos fakultetas

Įtempių būviai

Saugos ribiniai būviai:

1) Įtempio viena pagrindine linkme veikiami skerspjuviai:

- 1.1) tempimas išilgai pluošto;
- 1.2) tempimas statmenai pluoštui;
- 1.3) gniuždymas išilgai pluošto;
- 1.4) gniuždymas statmenai pluoštui;
- 1.5) lenkimas;
- 1.6) šlytis.

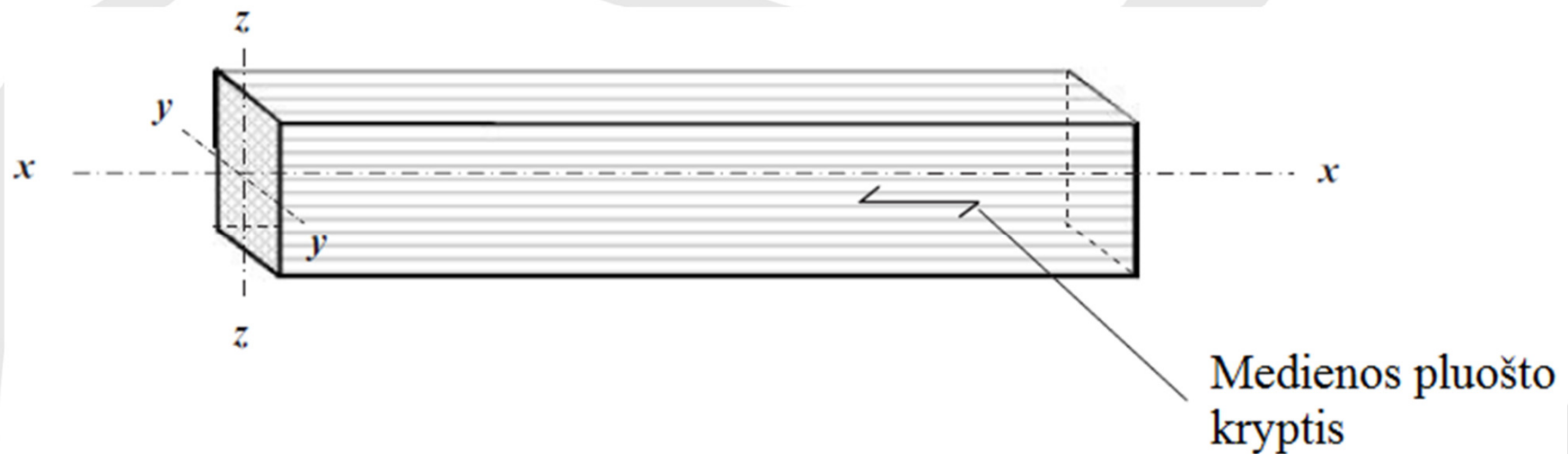
2) Keleto įtempių veikiami skerspjuviai:

- 2.1) dviašis lenkimas;
- 2.2) gniuždomieji įtempiai, veikiantys kampų į pluoštą;
- 2.3) kartu veikiantys lenkimas ir ašinis tempimas;
- 2.4) kartu veikiantys lenkimas ir ašinis gniuždymas.

3) Elementų pastovumas.

4) Kintamo skerspjuvio elementų projektavimas.

Elemento pagrindinės ašys pagal EC5



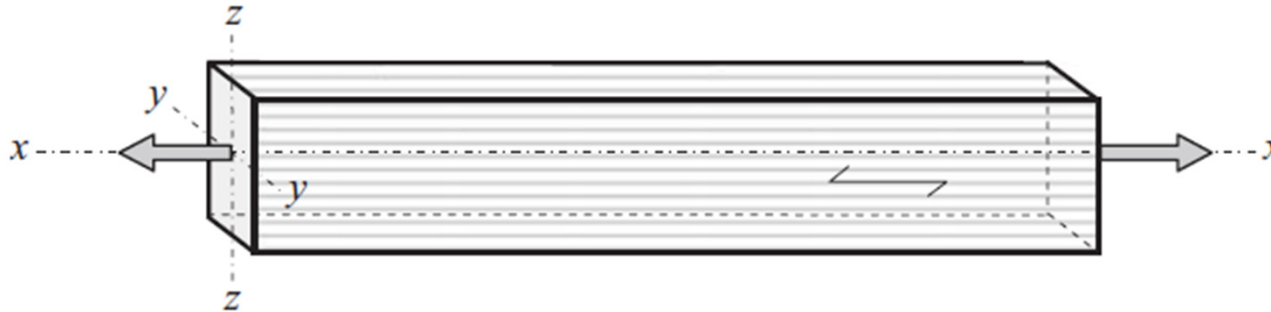
1 pav. Elemento pagrindinės ašys



VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Įtempio viena pagrindine kryptimi veikiamų skerspjūvių projektavimas

Tempimas išilgai pluošto (1)



2 pav. Tempimo išilgai pluošto veikiamas elementas

Tempiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

čia:

$\sigma_{t,0,d}$ – skaičiuotinis tempiamasis įtempis išilgai pluošto;

$f_{t,0,d}$ – skaičiuotinis tempiamasis stipris išilgai pluošto.

Tempimas išilgai pluošto (2)

Skaičiuotinis tempiamasis įtempis:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,d}}{A_{net}}$$

čia:

$N_{t,Ed}$ – skaičiuotinė tempimo jėga;

A_{net} – neto skerspjūvio plotas.

Nustatant A_{net} turi būti įvertinami skerspjūvio susilpninimai:

- jei susilpninimai yra 200 mm atkarpoje – tokiu atveju imami sutapatinti viename pjūvyje;
- kiaurymės vinims ir medsraigčiams (jei skersmuo ≤ 6 mm) gali būti nevertinamos (nei elementas nėra perkalamas kiaurai ir negręžiamos pradinės kiaurymės).

Tempimas išilgai pluošto (3)

Skaičiuotinis tempiamasis stipris išilgai pluošto :

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}}{\gamma_M}$$

čia:

k_{mod} – modifikacijos koeficientas, įvertinantis eksploataavimo klasę ir apkrovos veikimo trukmę;

k_h – skerspjūvio aukščio koeficientas;

$f_{t,0,k}$ – charakteristinis tempiamos medienos išilgai pluošto stipris;

γ_M – medžiagos savybių ir laikomosios galios dalinis koeficientas.

Tempimas išilgai pluošto (4)

Skerspjūvio aukščio koeficientas k_h vientisajai medienai

Stačiakampio vientisosios medienos elemento, kurio charakteristinis medienos tankis yra $\leq 700 \text{ kg/m}^3$, lenkimo veikiamas atskaitos aukštis arba tempimo veikiamas plotis (didžiausias skerspjūvio matmuo) yra 150 mm. Jei lenkimo veikiamas vientisosios medienos elemento aukštis arba tempimo veikiamas plotis yra mažesni kaip 150 mm, $f_{m,k}$ ir $f_{t,0,k}$ charakteristinės reikšmės gali būti padidinamos koeficientu k_h :

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2}, 1,3 \right\}$$

Tempimas išilgai pluošto (5)

Skerspjūvio aukščio koeficientas k_h klijuotajai medienai

Stačiakampio klijuotos sluoksninės medienos elemento lenkimo veikiamas atskaitinis aukštis arba tempimo veikiamas plotis yra 600 mm. Jei lenkimo veikiamas klijuotosios sluoksninės medienos elemento aukštis arba tempimo veikiamas plotis yra mažesni kaip 600 mm, $f_{m,k}$ ir $f_{t,0,k}$ charakteristinės reikšmės gali būti padidinamos koeficientu k_h :

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \right. \\ \left. 1,1 \right\}$$

Modifikacijos koeficientas k_{mod}

Medžiaga	Standartas	Eksploatacijos klasė	Apkrovimo trukmės klasė				
			Nuolatinis poveikis	Ilgalaikis poveikis	Vidutinės trukmės poveikis	Trumpalaikis poveikis	Akimirkinis poveikis
Vientisa mediena	EN 14081-1	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
Klijuota sluoksniuotoji mediena	EN 14080	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
LVL	EN 14374, EN 14279	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
Fanera	EN 636 1 dalis, 2 dalis, 3 dalis 2 dalis, 3 dalis 3 dalis	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
OSB	EN 300 OSB/2 OSB/3, OSB/4 OSB/3, OSB/4	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Smulkinių plokštės	EN 312 4 dalis, 5 dalis 5 dalis 6 dalis, 7 dalis 7 dalis	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Kietosios plaušų plokštės	EN 622-2 HB.LA, HB.HLA 1 arba 2 HB.HLA1 arba 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Vidutinės plaušų plokštės	EN 622-3 MBH.LA1 arba 2 MBH.HLS1 arba 2 MBH.HLS1 arba 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	–	–	–	0,45	0,80
MDF plaušų plokštės	EN 622-5 MDF.LA, MDF.HLS MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	–	–	–	0,45	0,80

NA.3 lentelė. Konstrukcijų eksploatacijos klasės

Konstrukcija	Eksploatacijos klasė
Šildomų pastatų stogų, perdangų, sienų ir pertvarų konstrukcijos	1
Nuo tiesioginio drėkimo apsaugotos nešildomų pastatų stogų, sienų, perdangų ir pertvarų konstrukcijos	2
Drėgnose patalpose esančios nuo tiesioginio drėkimo apsaugotos ir gerai vėdinamos šildomų pastatų stogų, sienų, perdangų ir pertvarų konstrukcijos	2
Virš grunto įrengtos grindys	2
Išorinių atmosferinių poveikių veikiamos išorės konstrukcijos	3
Drėgnose patalpose esančios nuo tiesioginio drėkimo neapsaugotos vidaus konstrukcijos	3

Apkrovimo trukmės klasės

NA.2.2 lentelė. Apkrovimo trukmės priskyrimas

Apkrovimo trukmės klasė	Apkrovų pavyzdžiai
Nuolatinė	savasis svoris; mechanizmai, įrenginiai ir lengvosios atitvaros, stacionariai pritvirtintos prie konstrukcijos; žemės slėgis
Ilgalaikė	sandėliavimo apkrovos (E kategorijos); vandens rezervuarų apkrova
Vidutinės trukmės	sniegas; tolygiai paskirstytos grindų, balkonų apkrovos (A, B, C ir D kategorijų); garažų ir transporto eismo plotų apkrovos (F ir G kategorijų)
Trumpalaikė	vėjas; laiptinių ir balkonų naudojimo apkrovos; montavimo arba ant stogo esančio žmogaus apkrova; judamosios transporto apkrovos
Akimirkinė	ypatingieji poveikiai; gulstieji atitvarinių sienų, barjerų ir parapetų poveikiai

[illegible]

Medienos mechaninės savybės (2)

Stiprumo savybės charakteristinės reikšmės (vientisosios medienos pagal LST EN 338:2016). Lapuočių mediena

[illegible]

Medienos mechaninės savybės (3)

Stiprumo savybės charakteristinės reikšmės (klijuotosios sluoksininės medienos pagal LST EN 14080:2013). Homogeninė

Property	Symbol	Glulam strength class						
		GL 20h	GL 22h	GL 24h	GL 26h	GL 28h	GL 30h	GL 32h
Bending strength	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Tensile strength	$f_{t,0,g,k}$	16	17,6	19,2	20,8	22,3	24	25,6
	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Compression strength	$f_{c,0,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
	$f_{c,90,g,k}$	2,5						
Shear strength (shear and torsion)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Rolling shear strength	$f_{r,g,k}$	1,2						
Modulus of elasticity	$E_{0,g,mean}$	8 400	10 500	11 500	12 100	12 600	13 600	14 200
	$E_{0,g,05}$	7 000	8 800	9 600	10 100	10 500	11 300	11 800
	$E_{90,g,mean}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Shear modulus	$G_{g,mean}$	650						
	$G_{g,05}$	540						
Rolling shear modulus	$G_{r,g,mean}$	65						
	$G_{r,g,05}$	54						
Density	$\rho_{g,k}$	340	370	385	405	425	430	440
	$\rho_{g,mean}$	370	410	420	445	460	480	490

Medienos mechaninės savybės (4)

Stiprumo savybės charakteristinės reikšmės (klijuotosios sluoksininės medienos pagal LST EN 14080:2013). Kombinuota

Property ^a	Symbol	Glulam strength class						
		GL 20c	GL 22c	GL 24c	GL 26c	GL 28c	GL 30c	GL 32c
Bending strength	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Tensile strength	$f_{t,0,g,k}$	15	16	17	19	19,5	19,5	19,5
	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Compression strength	$f_{c,0,g,k}$	18,5	20	21,5	23,5	24	24,5	24,5
	$f_{c,90,g,k}$	2,5						
Shear strength (shear and torsion)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Rolling shear strength	$f_{r,g,k}$	1,2						
Modulus of elasticity	$E_{0,g,mean}$	10 400	10 400	11 000	12 000	12 500	13 000	13 500
	$E_{0,g,05}$	8 600	8 600	9 100	10 000	10 400	10 800	11 200
	$E_{90,g,mean}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Shear-modulus	$G_{g,mean}$	650						
	$G_{g,05}$	540						
Rolling shear modulus	$G_{r,g,mean}$	65						
	$G_{r,g,05}$	54						
Density ^b	$\rho_{g,k}$	355	355	365	385	390	390	400
	$\rho_{g,mean}$	390	390	400	420	420	430	440

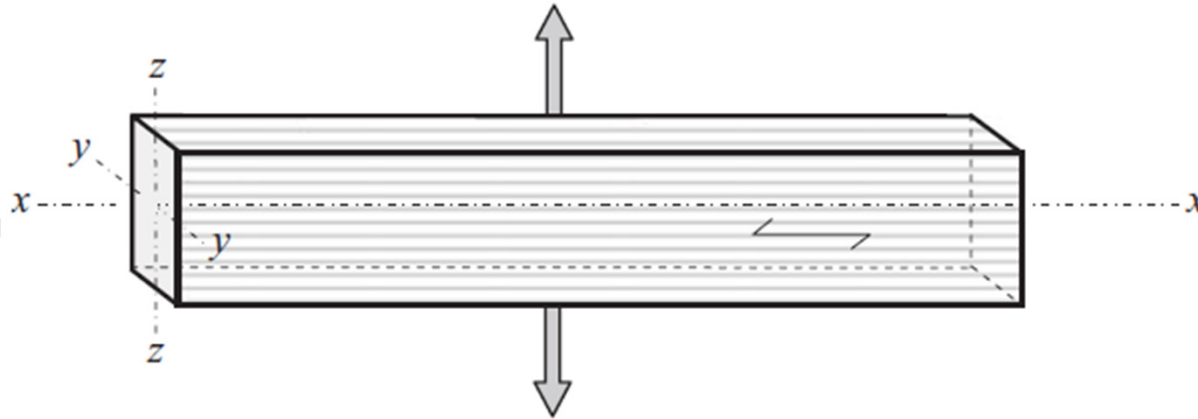
Medžiagos savybių daliniai koeficientai

Medžiagos savybių daliniai koeficientai

NA.2.3 lentelė. Medžiagos savybių ir laikomosios galios daliniai koeficientai γ_M

Pagrindiniai deriniai:	Daliniai koeficientai γ_M
masyvioji mediena;	1,3
klijuota sluoksniuotoji mediena;	1,25
LVL, fanera, OSB;	1,2
smulkinių plokštės;	1,3
kietosios plaušų plokštės;	1,3
vidutinės plaušų plokštės;	1,3
MDF plaušų plokštės;	1,3
minkštosios plaušų plokštės;	1,3
jungtys;	1,3
dygiuotos metalinės plokštelės inkaravimo stipris	1,3
dygiuotos metalinės plokštelės metalo stipris	1,1
Ypatingieji deriniai	1,0

Tempimas statmenai pluoštui



3 pav. Tempimo statmenai pluoštui veikiamas elementas

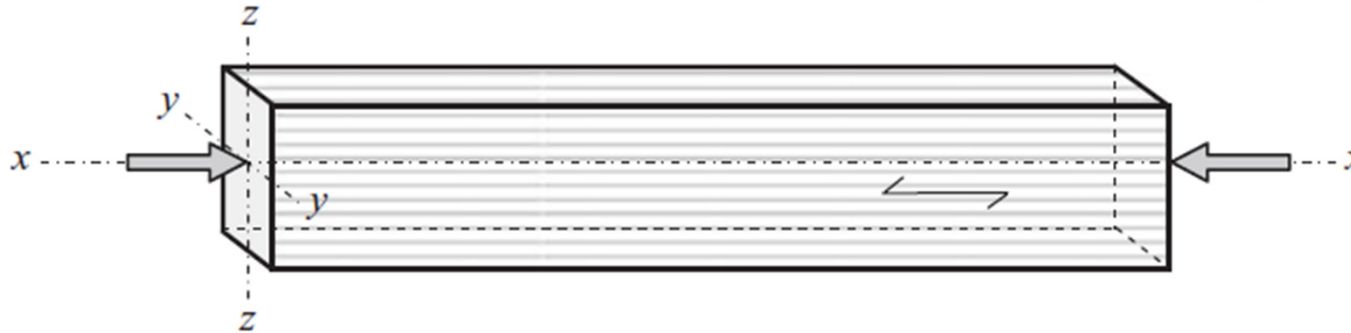
Tempiamo statmenai pluoštui veikiamo elemento stiprumas:

$$\sigma_{t,90,d} \leq f_{t,90,d}$$

Pastaba:

Turi būti atsižvelgiama į elemento dydžio efektą.

Gniuždymas išilgai medienos pluoštui



4 pav. Gniuždymo išilgai pluošto veikiamas elementas

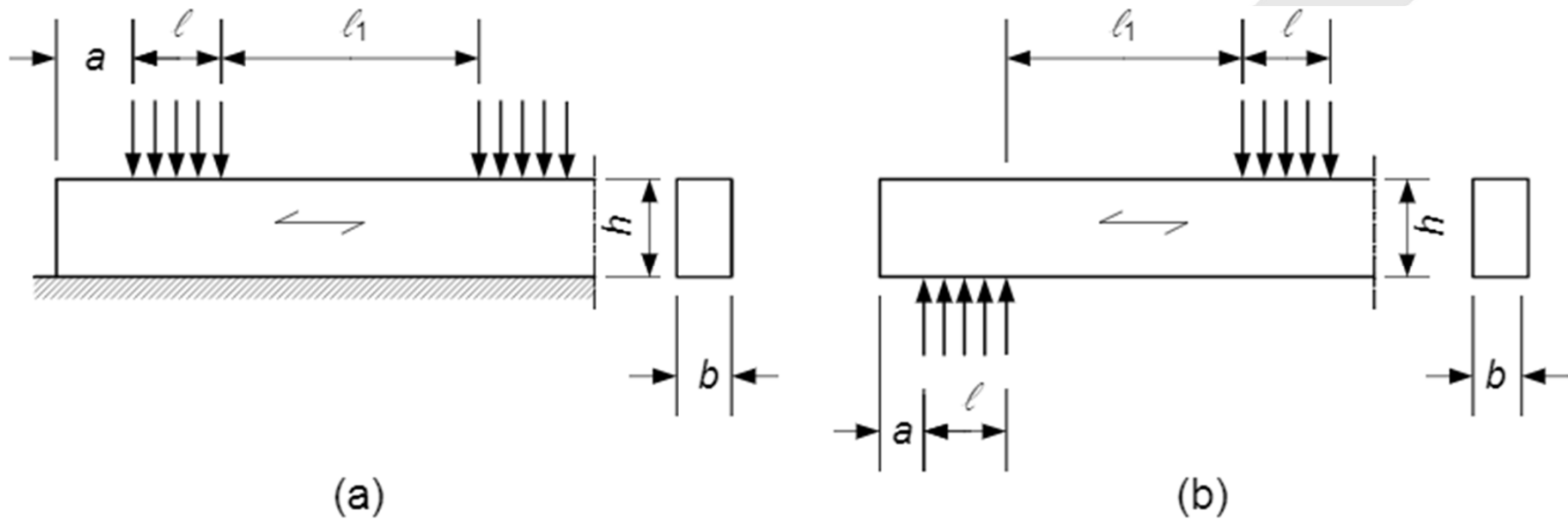
Gniuždymo išilgai pluošto veikiamo elemento stiprumas:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

Išilgai medienos pluošto gniuždomos medienos stipris:

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{\text{mod}}}{\gamma_M}$$

Gniuždymas statmenai pluoštui (1)



5 pav. Gniuždymo statmenai pluoštui veikiamas elementas:

- a) elementas ant ištisinės atramos;
- b) elementas ant atskirų atramų

Gniuždymas statmenai pluoštui (2)

Gniuždymo statmenai pluoštui veikiamo elemento stiprumas:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}}$$

čia:

A_{ef} – efektyvusis gniuždomos medienos plotas;

$k_{c,90}$ – koeficientas, įvertinantis apkrovos pridėjimo pobūdį, skilimo tikimybę ir skersinės deformacijos lygį.

Gniuždymas statmenai pluoštui (3)

Efektyvusis gniuždomos statmenai medienos pluoštui medienos plotas A_{ef} turi būti imamas lygus sijos pločio ir ilgio sandaugai. Ilgis l didinamas po 30 mm iš abiejų pusių, tačiau ne daugiau nei a , l ir $l_1/2$.

Turi būti užtikrinama sąlyga $l_1 \geq 2h$.

Koeficientas, įvertinantis apkrovos pridėjimo pobūdį, skilimo tikimybę ir skersinės deformacijos lygį, yra lygus:

elementams ant išilginių atramų
$$\begin{cases} k_{c,90} = 1,25 & \text{vientisajai} \\ k_{c,90} = 1,5 & \text{klijuotajai} \end{cases}$$

elementams ant atskirų atramų
$$\begin{cases} k_{c,90} = 1,5 & \text{vientisajai} \\ k_{c,90} = 1,75 & \text{klijuotajai, } l \leq 400\text{mm} \end{cases}$$

Lenkimas

Lenkiamojo momento veikiamas elementas (kai santykinis liaunis yra $\leq 0,75$):

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0 \quad \text{apie } y\text{-y ašį}$$

$$\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0 \quad \text{apie } z\text{-z ašį}$$

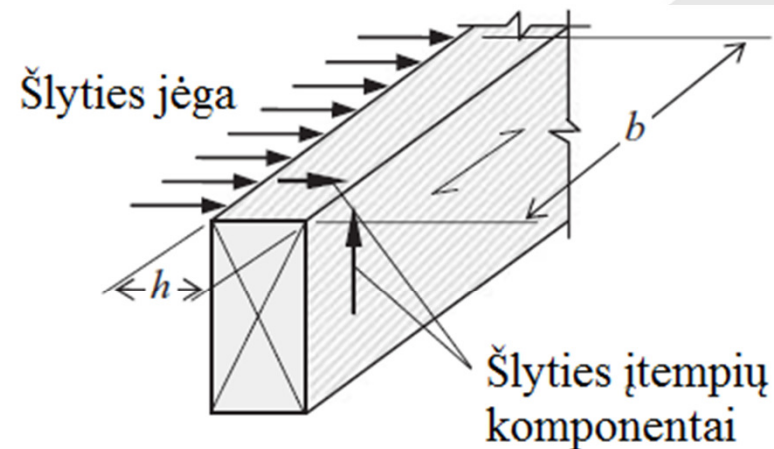
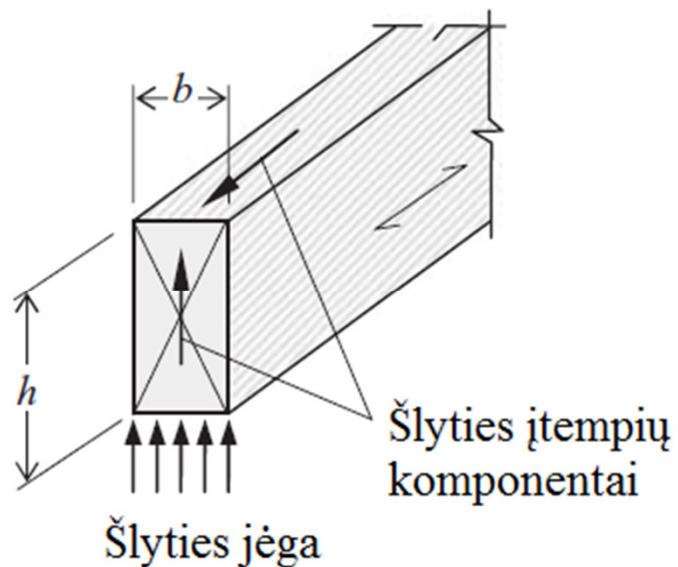
$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z}$$

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_h \cdot k_{\text{mod}}}{\gamma_M}$$

*Nustatomas analogiškai
kaip ir tempiamajam
stipriui*

Šlytis (1)

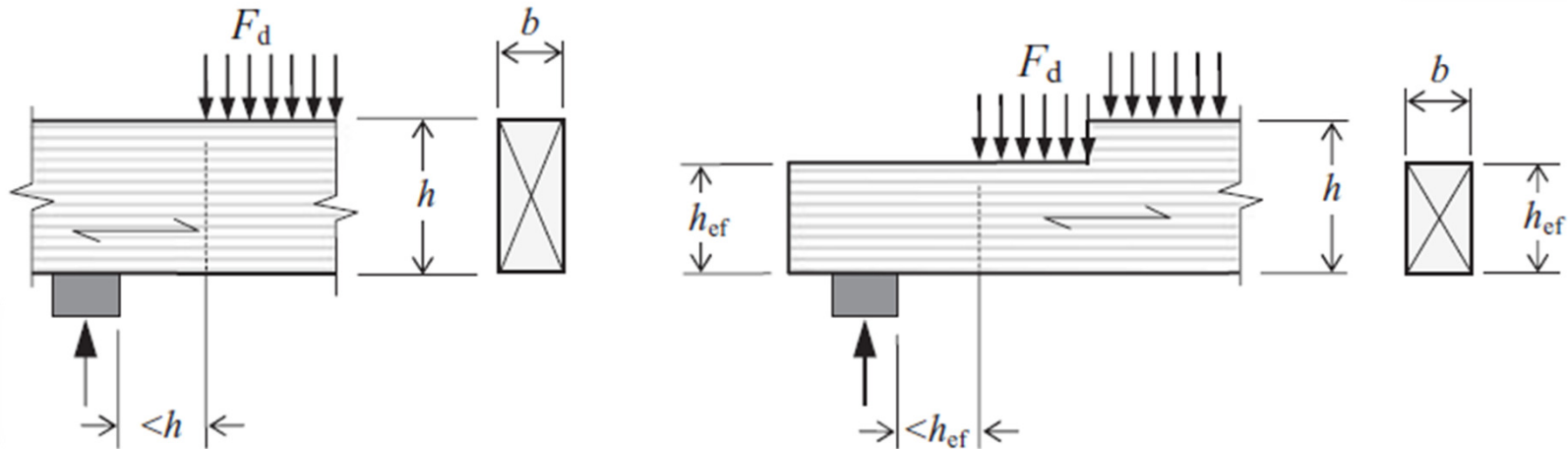


6 pav. Elementas, kurio šlyjamojo įtempio dedamoji yra: a) lygiagreti su pluoštu; b) abi dedamosios statmenos pluoštui

Turi būti tenkinama sąlyga:

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

Šlytis (2)



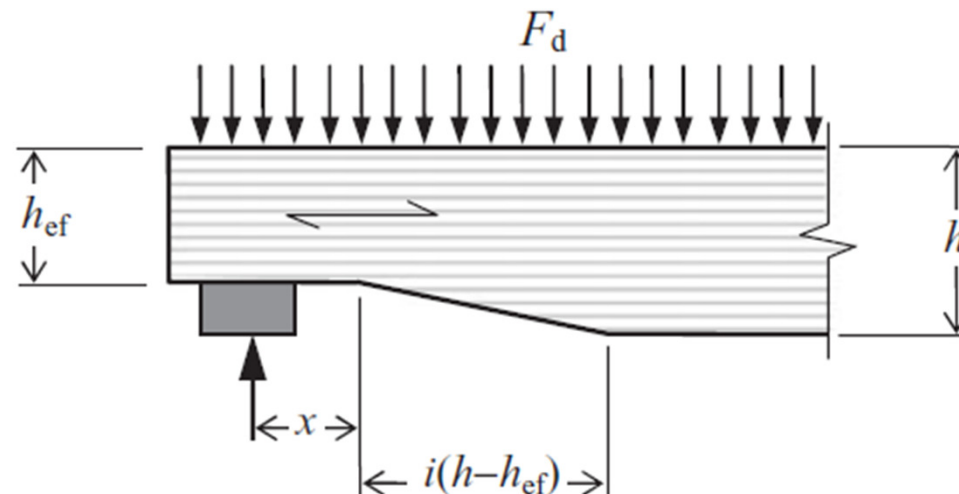
7 pav. Šlyties veikiamas elementas: be nuopjovos (a); su nuopjova (b)

$$\tau_d = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot k_{cr} \cdot b \cdot h}$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M}$$

k_{cr} yra koeficientas, kuriuo įvertinamas įtrūkių poveikis imant efektyvųjį elemento plotį, tikrinant lenkiamųjų elementų šlyjamąją galią. (k_{cr} yra 0,67 vientisajai ir klijuotajai medienai).

Šlytis (3)



8 pav. Šlyties veikiamo sija su galine nuopjova

Turi būti tenkinama sąlyga:

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V_d}{k_{cr} \cdot b \cdot h_{ef}} \leq k_v \cdot f_{v,d}$$

Šlytis (4)

Pataisos koeficientas k_v :

$$k_v = 1,0$$

*kai sijų nuopjovos yra priešingoje
atramai pusėje*

$$k_v = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \frac{k_n \left(1 + \frac{1,1 \cdot i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right)}{\sqrt{h} \left(\sqrt{\alpha(1-\alpha)} + 0,8 \frac{x}{h} \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} \end{array} \right.$$

*kai sijų nuopjovos yra
atramos pusėje*

$$\alpha = \frac{h_{ef}}{h}$$

$$k_n = \begin{cases} 4,5 & \text{LVL} \\ 5 & \text{kai mediena vientisa} \\ 6,5 & \text{kai mediena klijuota} \end{cases}$$

Sukimas (1)

Sukimo veikiamas skerspjūvis turi tenkinti sąlygą:

$$\tau_{tor,d} \leq k_{shape} \cdot f_{v,d}$$

$$\tau_{tor,d} = \frac{2 \cdot T}{\pi \cdot r^3}$$

apvaliam skerspjūviui

$$\tau_{tor,d} = \frac{T}{k_2 \cdot b \cdot h^2}$$

stačiakampiam skerspjūviui

Sukimas (2)

Koeficientas k_2 priklauso nuo skerspjuvio aukščio ir pločio santykio:

$$h / b = 1,0 \rightarrow k_2 = 0,208$$

$$h / b = 1,2 \rightarrow k_2 = 0,219$$

...

Skerspjuvio formos koeficientas:

$$k_{shape} = 1,2$$

apvaliam skerspjuviui

$$k_{shape} = \min \begin{cases} 1 + 0,15 \frac{h}{b} \\ 2,0 \end{cases}$$

stačiakampiam skerspjuviui



VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Keleto įtempių veikiamų skerspjūvių projektavimas

Lenkimas

Lenkiamoji momento dviejose plokštumose veikiamas skerspjūvis (kai santykinis liaunis yra $\leq 0,75$) turi tenkinti išraišką:

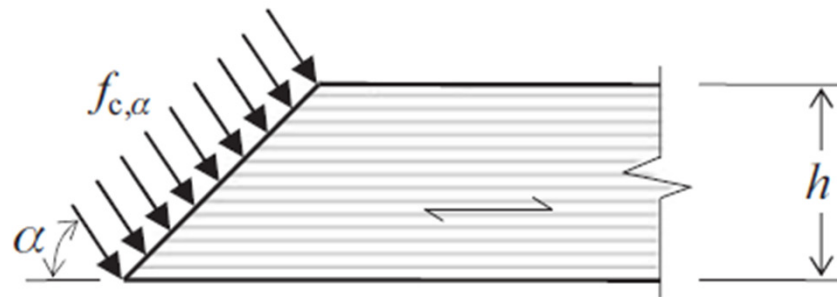
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0 \quad \text{apie } y - y \text{ ašį}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0 \quad \text{apie } z - z \text{ ašį}$$

$$k_m = 0,7 \quad (\text{jei skerspjūviai stačiakampiai})$$

$$k_m = 1,0 \quad (\text{jei skerspjūviai kitų formų})$$

Gniuždomieji įtempiai, veikiantys kampu į pluoštą



9 pav. Kampu į pluoštą veikiantys gniuždomieji įtempiai

Kampu į pluoštą veikiantys įtempiai turi tenkinti išraišką:

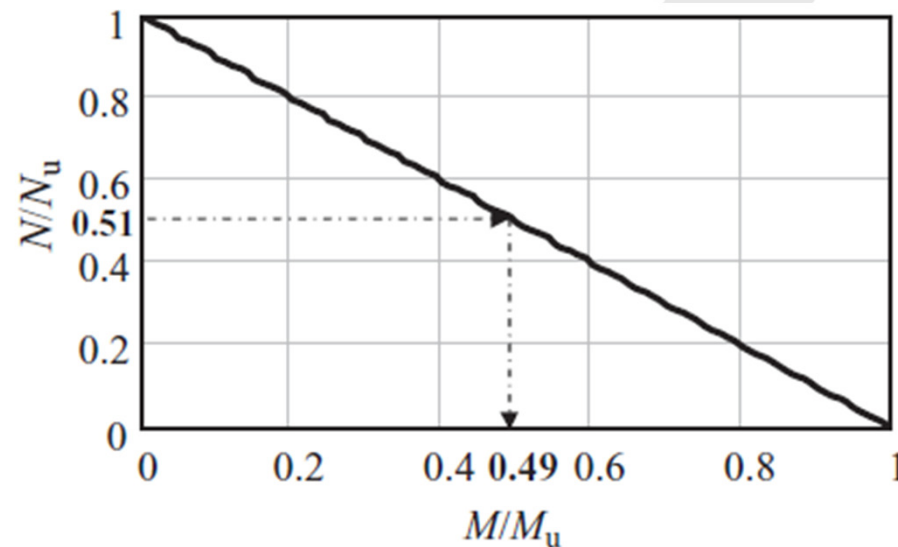
$$\sigma_{c,\alpha,d} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

Sykiu veikiantys lenkimas ir ašinis tempimas

Turi būti tenkinama sąlyga:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0 \quad \text{apie } y - y \text{ ašį}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0 \quad \text{apie } z - z \text{ ašį}$$



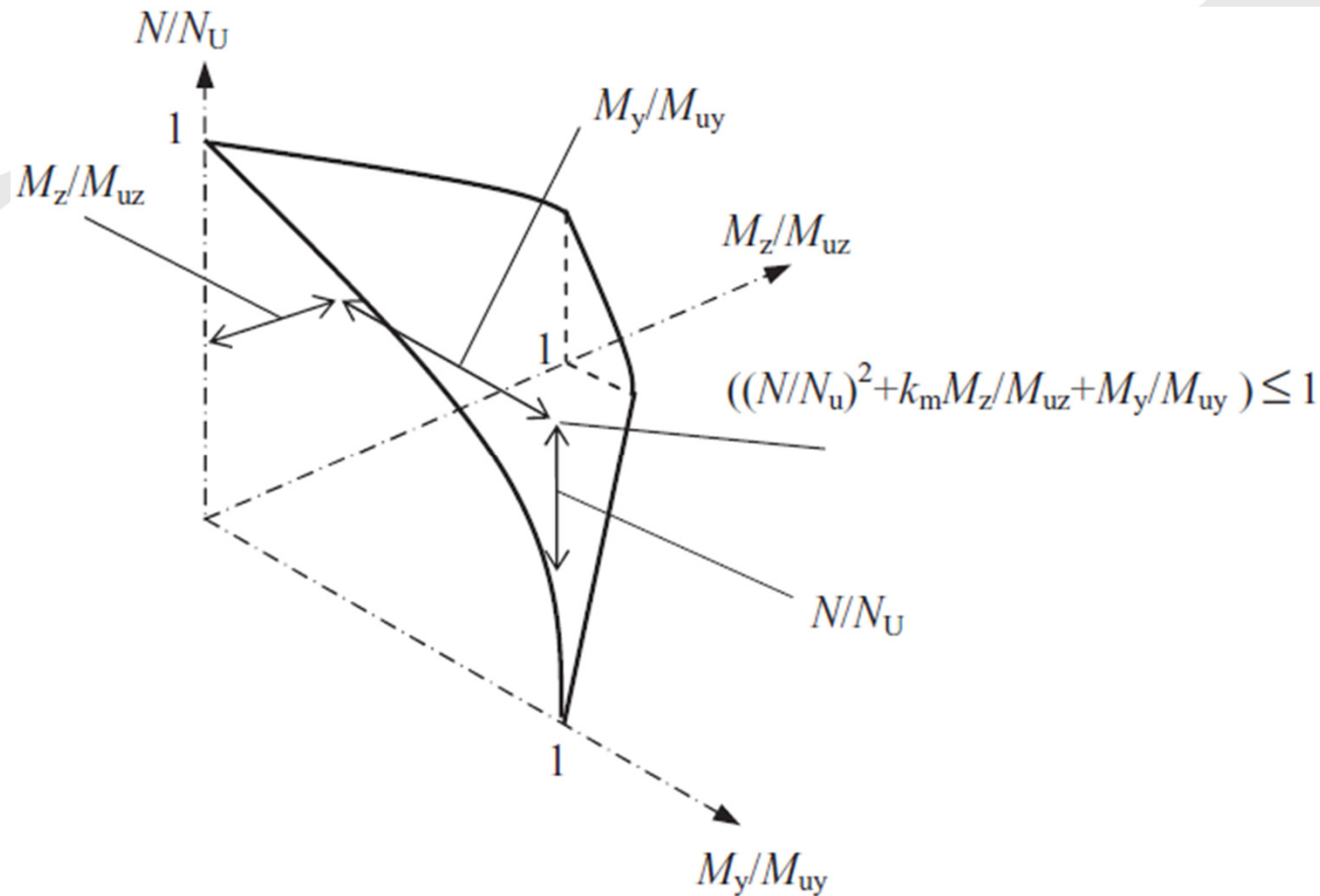
Sykiu veikiantys lenkimas ir ašinis gniuždymas (1)

Turi būti tenkinama sąlyga, kai elemento santykiniai liauniai yra $\lambda_{rel,y}$ ir $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$:

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

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

Sykiu veikiantys lenkimas ir ašinis gniuždymas (2)



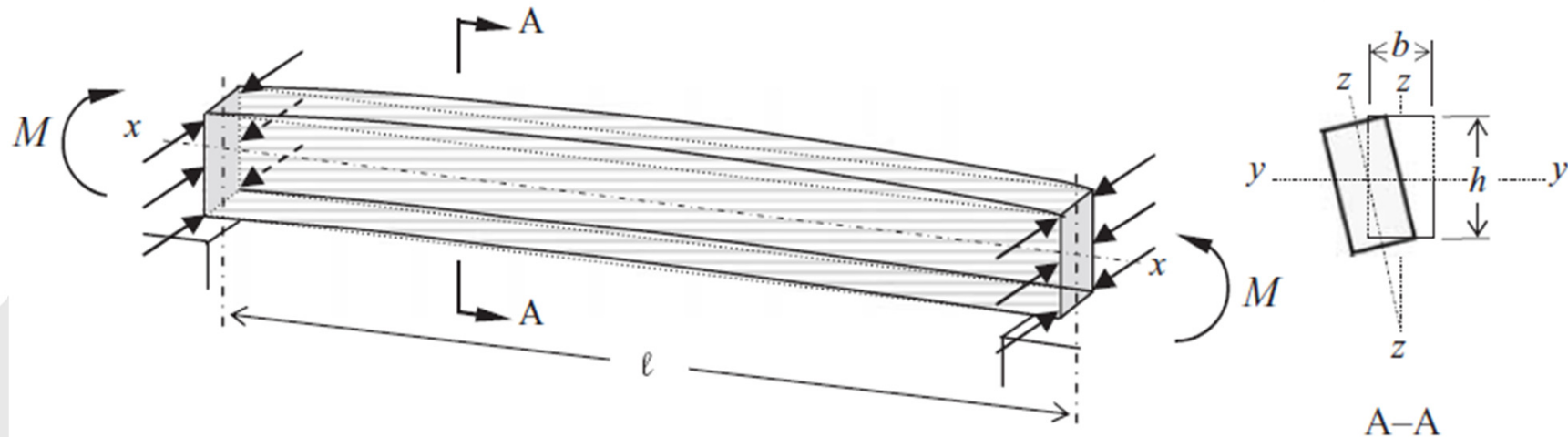
10 pav. Ašinės jėgos bei lenkiamųjų momentų sąveikos kreivė, kai santykinis liaunis mažiau nei 0,3



VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Elementų pastovumas

Lenkiami elementai (1)



11 pav. Lenkiamo elemento kluptis

Jei apie stipriąją ašį (kai lenkimo santykinis liaunis yra $>0,75$) y veikia tik momentas M_y , įtempis turi atitikti šią išraišką:

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d}$$

Lenkiami elementai (2)

Lenkiamo elemento klupumo koeficientas randamas pagal išraišką: (sijos, kurių šoninis nuokrypis nuo tiesios linijos atitinka LST EN1995-1-1, 10 skyriuje nustatytas ribas):

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{kai } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} & \text{kai } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ 1/\lambda_{rel,m}^2 & \text{kai } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

Jei sijos gniuždomojo krašto šoninis poslinkis neleidžiamas per visą sijos ilgį ir kai atramose yra pasisukti neleidžiantys įtvirčiai, lenkiamo elemento klupumo koeficientas gali būti prilyginamas 1,0.

Lenkiami elementai (3)

Lenkimo santykinis liaunis randamas išraiška:

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

Kritinis lenkiamasis įtempis randamas:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} E_{0,05}$$

vientisajai medienai

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \sqrt{E_{0,05} \cdot G_{0,05} \cdot \left(1 - 0,63 \frac{b}{h}\right)}$$

klijuotajai medienai

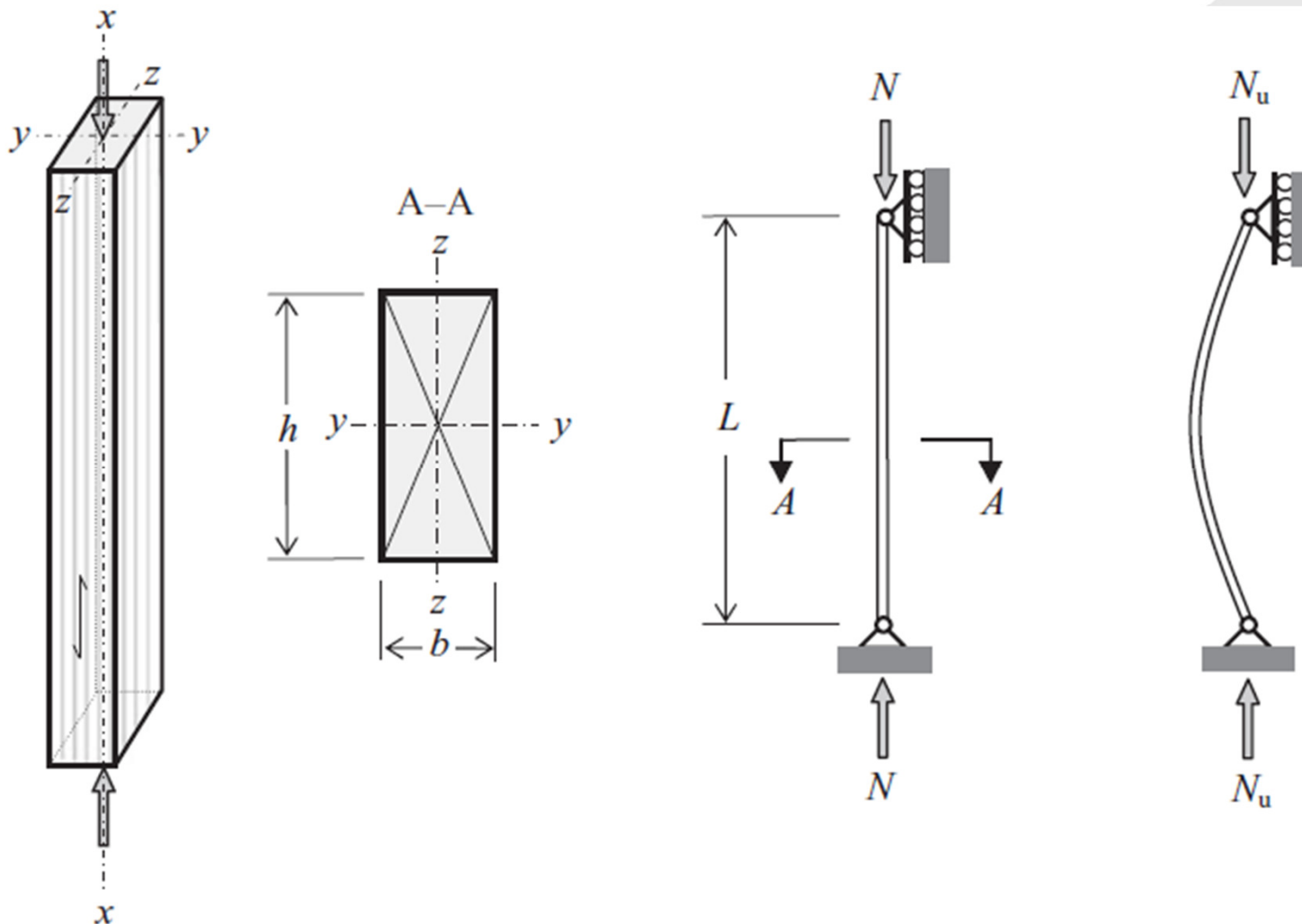
Lenkiami elementai (4)

Lenkiamo elemento klumpamasis ilgis

Sijos tipas	Apkrovos tipas	ℓ_{ef}/ℓ^a
Karpytoji	Pastovus momentas	1,0
	Tolygiai išskirstyta apkrova	0,9
	Sutelktoji apkrova tarpatramio viduryje	0,8
Geminė	Tolygiai išskirstyta apkrova	0,5
	Sutelktoji jėga laisvajame gale	0,8

^a Klumpamojo ilgio ℓ_{ef} ir tarpatramio ℓ santykis galioja sijai, apkrautai sunkio centre, su pasisukti neleidžiančiomis atramomis. Jei apkrova veikia gniuždomąjį sijos kraštą, ℓ_{ef} turėtų būti padidinamas $2h$, o jei apkrova veikia tempiamąjį kraštą – sumažinamas $0,5h$.

Centriškai gniuždomi elementai (1)



12 pav. Centriškai gniuždomo elemento kluptis

Centriškai gniuždomi elementai (2)

Centriškai gniuždomo elemento pastovumo sąlyga, kai

$\lambda_{rel,y}$ ir $\lambda_{rel,z} > 0,3$:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0 \quad \text{apie } y - y \text{ ašį}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0 \quad \text{apie } z - z \text{ ašį}$$

Centriškai gniuždomi elementai (3)

Centriškai gniuždomo elemento klupumo koeficientai:

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \quad \text{apie } y - y \text{ ašį}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \quad \text{apie } z - z \text{ ašį}$$

$$k_y = 0,5 \left(1 + \beta_c \left(\lambda_{rel,y} - 0,3 \right) + \lambda_{rel,y}^2 \right) \quad \text{apie } y - y \text{ ašį}$$

$$k_z = 0,5 \left(1 + \beta_c \left(\lambda_{rel,z} - 0,3 \right) + \lambda_{rel,z}^2 \right) \quad \text{apie } z - z \text{ ašį}$$

$\beta_c = 0,2$ *vientisajai medienai*

$\beta_c = 0,1$ *klijuotajai medienai*

Centriškai gniuždomi elementai (4)

Santykiniai liauniai apskaičiuojami:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad \text{apie } y - y \text{ ašį}$$

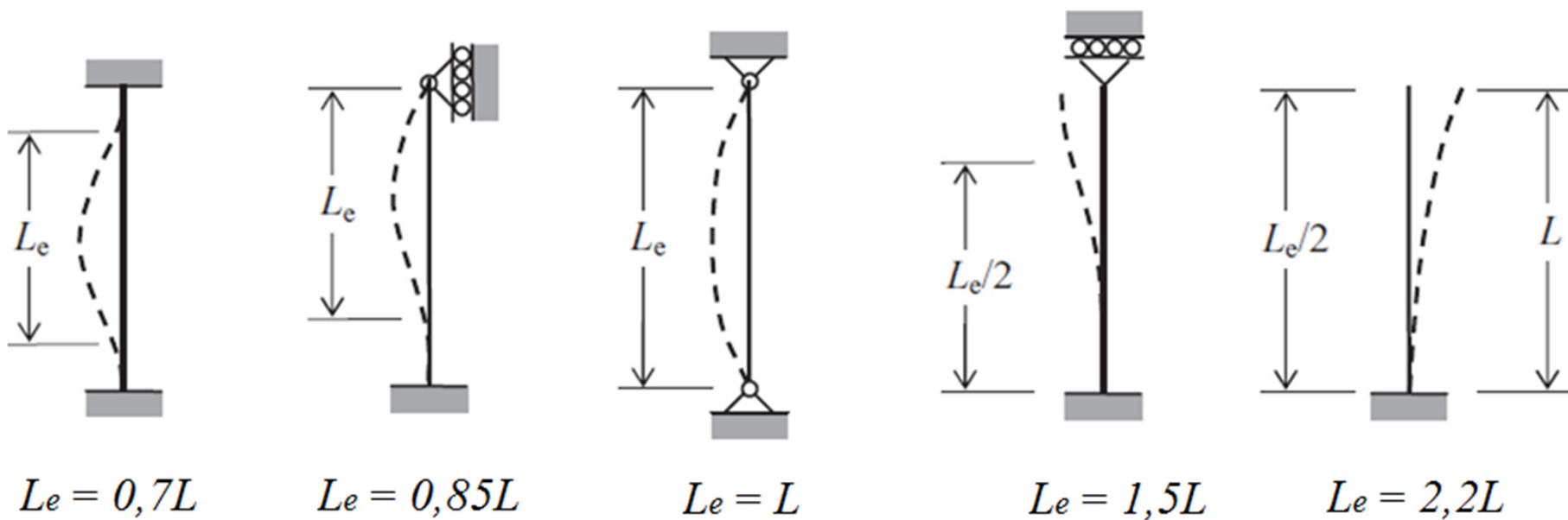
$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad \text{apie } z - z \text{ ašį}$$

Liauniai:

$$\lambda_y = \frac{L_{e,y}}{i_y} = \frac{L_{e,y}}{h/\sqrt{12}} \quad \text{apie } y - y \text{ ašį}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{e,z}}{i_z} = \frac{L_{e,z}}{b/\sqrt{12}} \quad \text{apie } z - z \text{ ašį}$$

Centriškai gniuždomi elementai (5)



13 pav. Centriškai gniuždomo elemento skaičiuojamasis ilgis

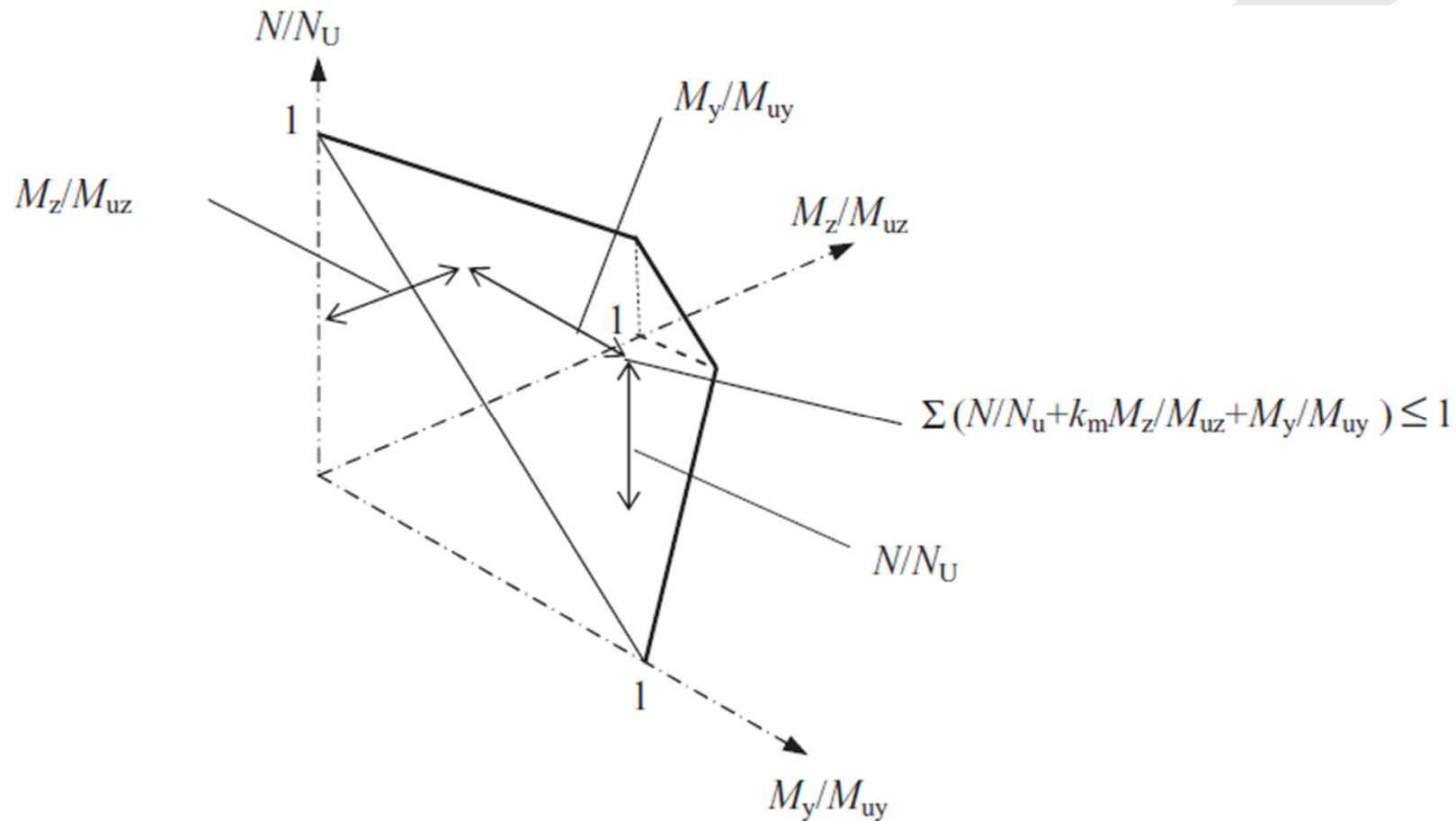
Gniuždymo ar gniuždymo ir lenkimo veikiamos kolonos pagal LST EN 1995-1-1 (1)

Gniuždymo ar gniuždymo ir lenkimo veikiamo elemento pastovumo sąlyga, kai $\lambda_{rel,y}$ ir $\lambda_{rel,z} > 0,3$ ir $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

Gniuždymo ar gniuždymo ir lenkimo veikiamos kolonos pagal LST EN 1995-1-1 (2)



14 pav. Ašinės jėgos ir lenkiamojo momento sąveikos kreivė,
 kai $\lambda_{rel,y}$ ir $\lambda_{rel,z} > 0,3$

Gniuždymo ar gniuždymo ir lenkimo veikiamos sijos pagal LST EN 1995-1-1

Tais atvejais, kai veikia momento M_y aplink stipriąją ašį y ir gniuždomosios jėgos N_c derinys, įtempiai turi būti tikrinami pagal išraišką:

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



VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Kintamo skerspjūvio ar lenktos formos elementų skerspjūvių projektavimas

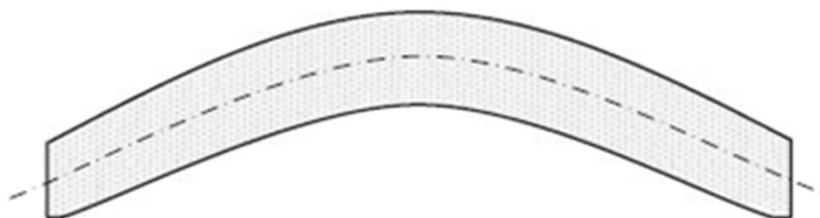
Kintamo skerspjūvio ar lenktos formos elementų skerspjūvių projektavimas



a) Vienšlaitė sija



b) Dvišlaitė sija



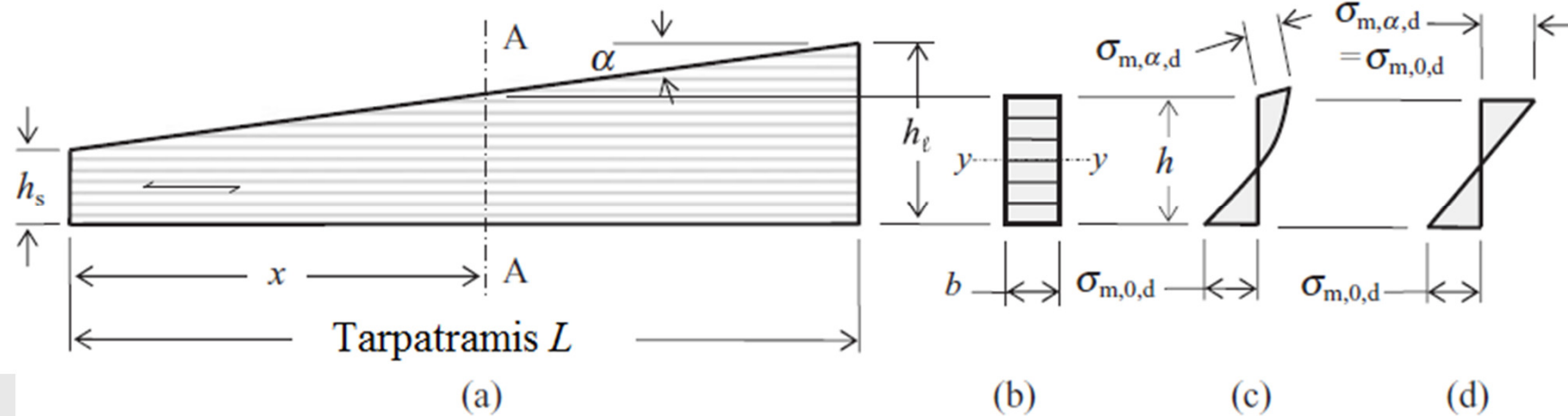
c) Lenkta sija



d) Dvišlaitė lenkta

1 pav. Kintamo skerspjūvio ar kreivos formos elementai

Vienšlaitės sijos (1)



1 pav. Vienšlaitė sija (a); pjūvis A-A (b); lenkiamieji įtempiai (c); lenkiamieji įtempiai pagal EC5 (d)

Įtempiai ties tolimiausiu nuo žulnaus krašto sluoksniu turėtų atitikti šią sąlygą:

$$\sigma_{m,\alpha,d} \leq k_{m,\alpha} \cdot f_{m,d}$$

$\sigma_{m,\alpha,d}$ – skaičiuotinis lenkiamasis įtempis kampu α į pluoštą;

$f_{m,d}$ – skaičiuotinis lenkiamasis stipris;

$k_{m,\alpha}$ – koeficientas, įvertinantis įtempių pasiskirstymą kampu.

Vienšlaitės sijos (2)

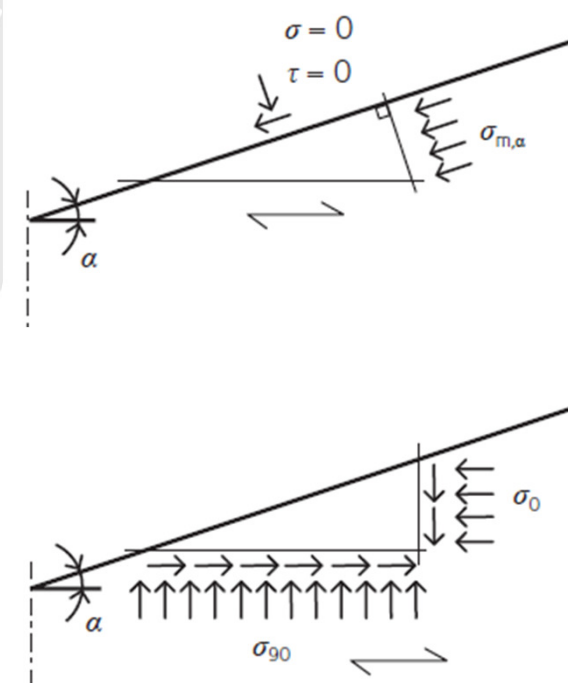
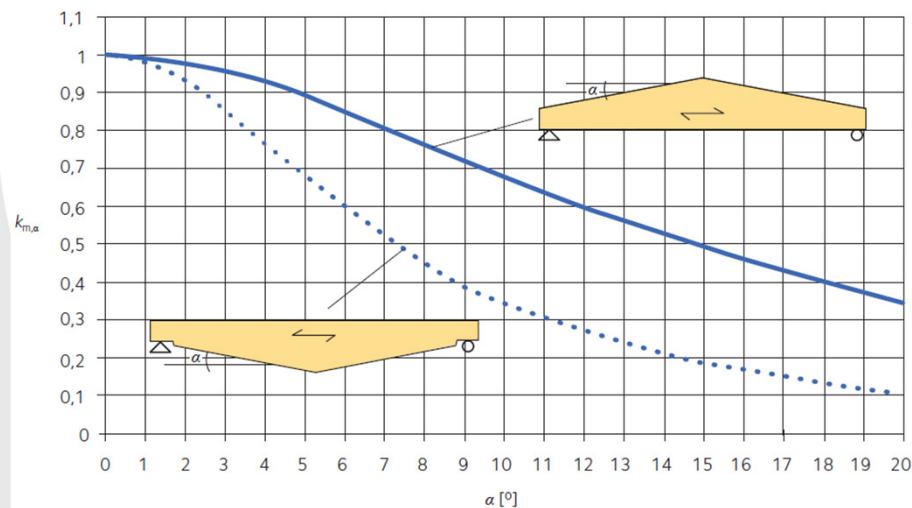
Koeficientas $k_{m,\alpha}$

su nuožulniu kraštu lygiagretūs tempiamieji įtempiai:

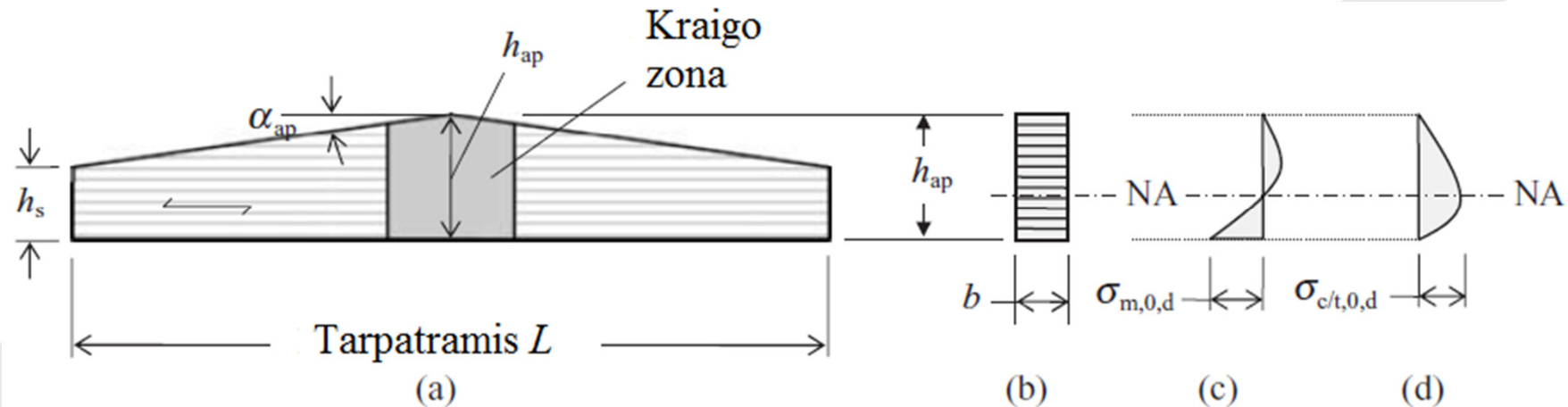
$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{0,75 \cdot f_{v,d}} \tan \alpha \right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \tan^2 \alpha \right)^2}}$$

su nuožulniu kraštu lygiagretūs gniuždomieji įtempiai:

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{0,75 \cdot f_{v,d}} \tan \alpha \right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \tan^2 \alpha \right)^2}}$$



Dvišlaitės sijos



1 pav. Dvišlaitė sija (a); pjūvis per kraigą (b); lenkiamieji įtempiai kraigo srityje (c); tempiamieji įtempiai kraigo srityje (d)

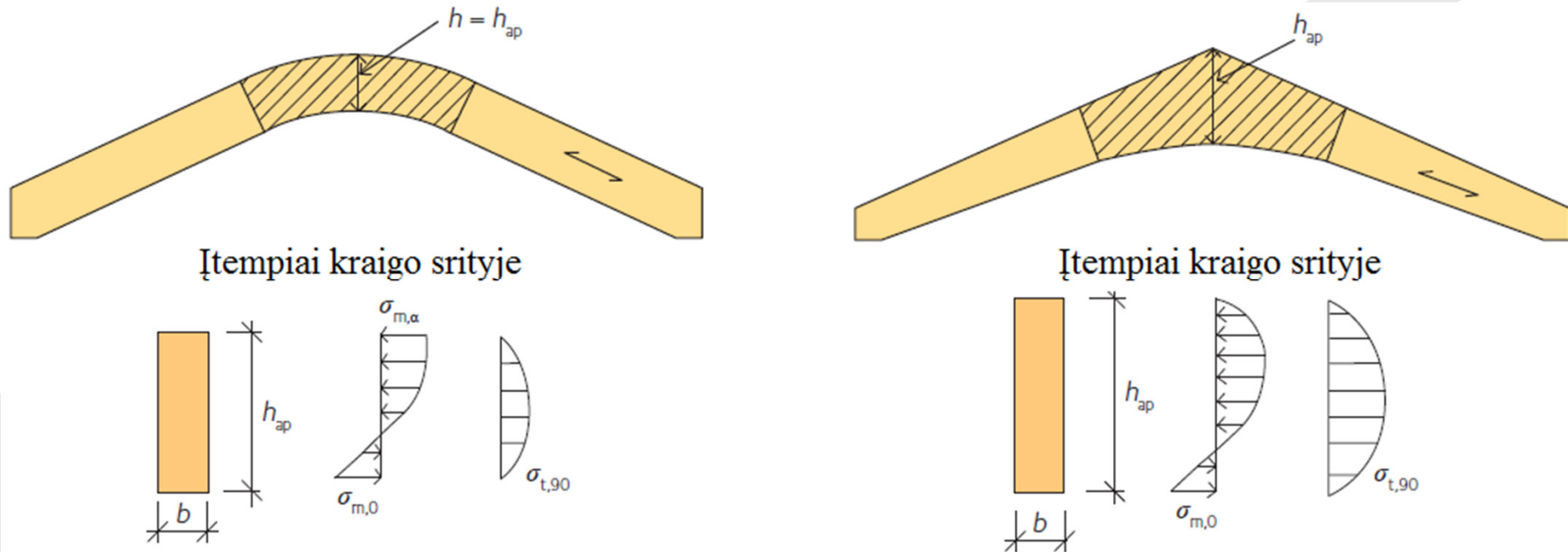
Kraigo srityje lenkiamieji įtempiai turi tenkinti šią sąlygą:

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

$$\sigma_{m,d} = k_l \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2}$$

$$k_l = 1 + 1,4 \tan \alpha_{ap} + 5,4 \tan^2 \alpha_{ap}$$

Lenktos ašies ir lenktos ašies dvišlaitės sijos (1)



1 pav. Įtempiai lenktos ašies ir lenktos ašies dvišlaitėje sijoje kraigo srityje

Kraigo srityje lenkiamieji įtempiai turi tenkinti šią sąlygą:

$$\sigma_{m,d} \leq k_r \cdot f_{m,d}$$

k_r – koeficientas, įvertinantis stiprio sumažėjimą dėl sluoksnių lenkimo gaminant.

Lenktos ašies ir lenktos ašies dvišlaitės sijos (2)

Kraigo srityje lenkiamieji įtempiai nustatomi pagal išraišką:

$$\sigma_{m,d} = k_l \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2}$$

$$k_l = k_1 + k_2 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_3 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 + k_4 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^3$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \tan \alpha_{ap} + 5,4 \tan^2 \alpha_{ap}$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \tan \alpha_{ap}$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \tan \alpha_{ap} - 7,8 \tan^2 \alpha_{ap}$$

$$k_4 = 6 \tan^2 \alpha_{ap}$$

$$k_r = \begin{cases} 1; & \text{kai } \frac{r_{in}}{t} \geq 240 \\ 0,76 + 0,001 \frac{r_{in}}{t}; & \text{kai } \frac{r_{in}}{t} < 240 \end{cases}$$

$M_{ap,d}$ – skaičiuotinis lenkiamasis momentas kraigo srityje.

Tempimas skersai medienos pluoštui kraigo srityje (1)

Kraigo srityje didžiausias tempiamasis įtempis statmenai pluoštui turi tenkinti šią sąlygą:

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d}$$

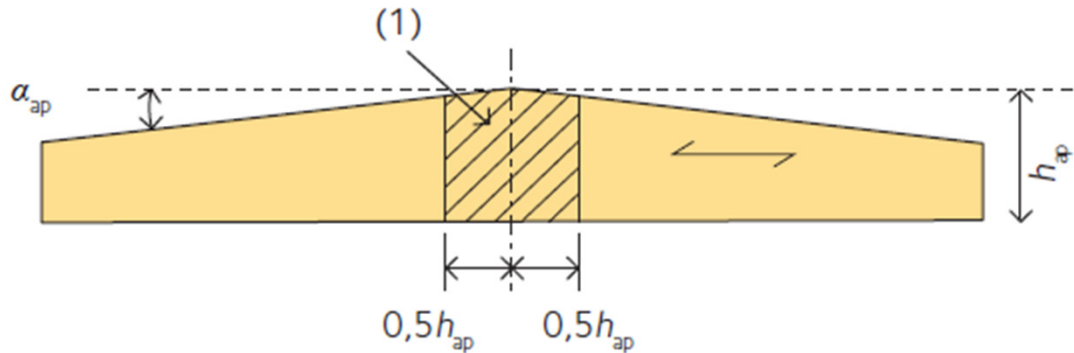
$$k_{vol} = \begin{cases} 1; & \text{kai mediena vientisa} \\ \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} & ; \text{kai mediena klijuotoji ir LVL} \end{cases}$$

$$k_{dis} = \begin{cases} 1,4 & \text{kai sijos dvišlaitės ir lenktos} \\ 1,7 & \text{kai sijos dvišlaitės lenktos} \end{cases}$$

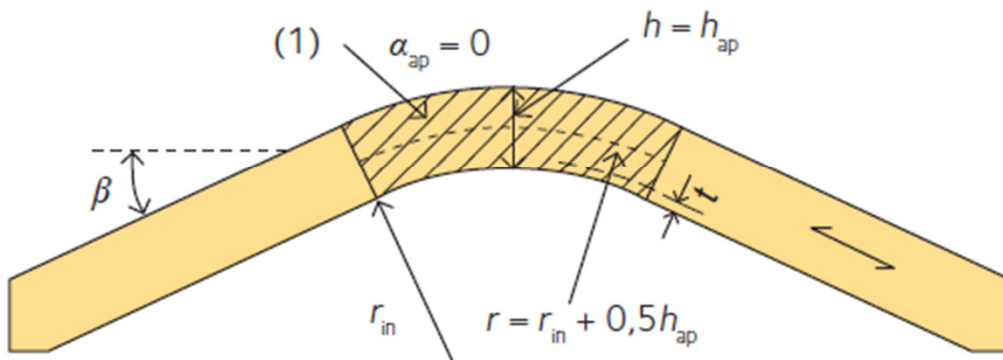
V_0 – atskaitos; tūris $0,01\text{m}^3$;

V – įtempių veikiamas tūris kraigo srityje m^3 ;

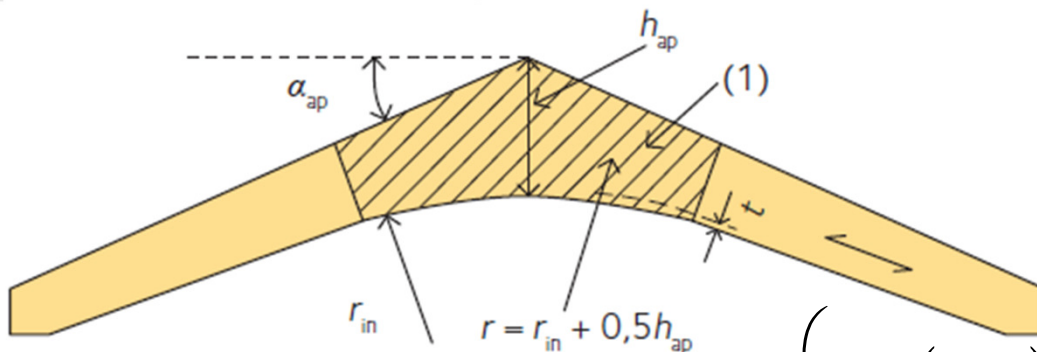
Tempimas skersai medienos pluoštui kraigo srityje (2) Įtempių veikiamas tūris kraigo srityje



$$V = b \cdot (h_{ap})^2$$



$$V = \frac{\beta \cdot \pi}{180} b (h_{ap}^2 + 2h_{ap} \cdot r_{in})$$



$$V = b \left(\sin(\alpha_{ap}) \cos(\alpha_{ap}) (r_{in} + h_{ap})^2 - r_{in}^2 \frac{\alpha_{ap} \pi}{180} \right) \quad 58$$

Tempimas skersai medienos pluoštui kraigo srityje (3) Didžiausias tempiamasis įtempis

Didžiausias tempiamasis įtempis statmenai pluoštui dėl lenkiamojo momento turi būti apskaičiuojamas:

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2}$$

$$k_p = k_5 + k_6 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_7 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2$$

$$k_5 = 0,2 \tan \alpha_{ap}$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \tan \alpha_{ap} + 2,6 \tan^2 \alpha_{ap}$$

$$k_7 = 2,1 \tan \alpha_{ap} - 4 \tan^2 \alpha_{ap}$$

$M_{ap,d}$ – skaičiuotinis lenkiamasis momentas kraigo srityje.



VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Medinių konstrukcijų tinkamumo ribiniai būviai

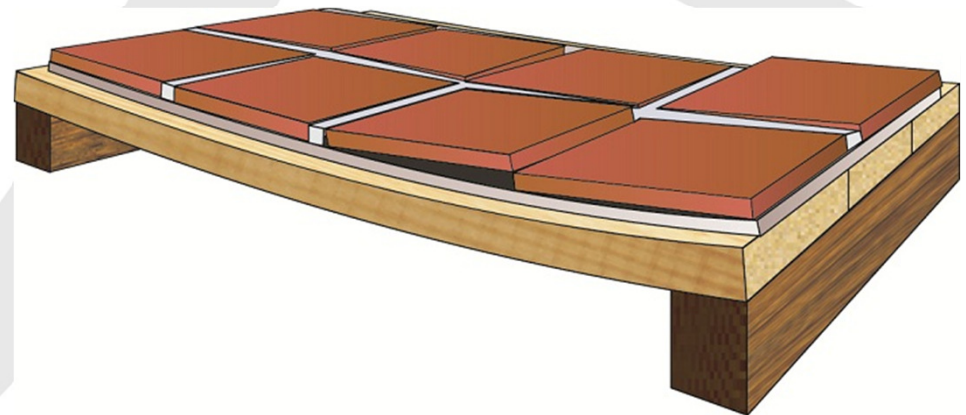
Parengė: dr. Tomas Gečys, Metalinių ir kompozitinių konstrukcijų katedra, Statybos fakultetas

Tinkamumo ribiniai būviai.

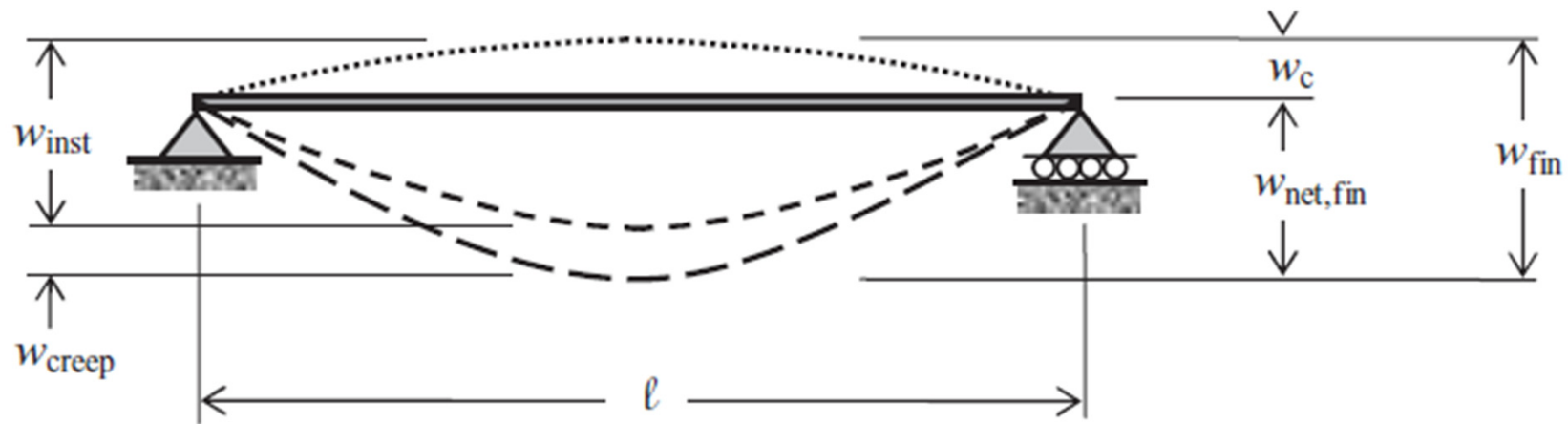
Bendrieji dalykai

Deformacijos negali būti didesnės nei jų ribinės reikšmės, kad:

- būtų išlaikyti vizualiniai ir funkciniai reikalavimai;
- nebūtų pažeista konstrukcijų apdaila;
- būtų užtikrintas vandens nuvedimas nuo stogų;
- būtų užtikrintas tinkamas konstrukcijos eksploatavimas visą pastato gyvavimo laiką;
- užtikrintas pakankamas komforto lygis dėl vibracijų.



Sijos įlinkio komponentai



1 pav. Sijos įlinkio komponentai

w_c – sijos pradinis išlinkis;

w_{inst} – akimirkinis (tamprusis) įlinkis;

w_{creep} – valkšnumo įlinkis;

w_{fin} – galutinis įlinkis;

$w_{net,fin}$ – grynasis galutinis įlinkis.

Ribinės sijų įlinkio ribinės reikšmės pagal EC5

Grynasis galutinis įlinkis yra randamas:

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} - w_c = w_{fin} - w_c$$

Ribinės įlinkių reikšmės pagal LST EN 1995-1-1

7.2 lentelė. Sijų įlinkio ribinių reikšmių pavyzdžiai

	w_{inst}	$w_{net,fin}$	w_{fin}
Sija ant dviejų atramų	nuo $\ell/300$ iki $\ell/500$	nuo $\ell/250$ iki $\ell/350$	nuo $\ell/150$ iki $\ell/300$
Gembinės sijos	nuo $\ell/150$ iki $\ell/250$	nuo $\ell/125$ iki $\ell/175$	nuo $\ell/75$ iki $\ell/150$

NA.7.2 lentelė. Sijų įlinkio ribinių reikšmių pavyzdžiai

	w_{inst}	$w_{net,fin}$	w_{fin}
Pagrindinės sijos, santvaros	$\ell/400$	$\ell/300$	$\ell/200$
Šalutinės sijos, ilginiai, gegnės		$\ell/200$	$\ell/150$
Gembinės sijos	$\ell/200$	$\ell/150$	$\ell/100$
Gulstieji pastatų poslinkiai		$\ell/300$	

Sijų įlinkio ribinės reikšmės pagal STR 2.05.07:2005 „Medinių konstrukcijų projektavimas“

Konstrukcijų elementų ribiniai įlinkiai

Konstrukcijų elementai		Ribiniai įlinkiai
1.	Tarpaukštinių perdangų sijos	$l/250$
2.	Pastogės perdangų sijos	$l/200$
3.	Denginiai (išskyrus tarpšlaičius):	
a)	ilginiai, gegnės	$l/200$
b)	gembinės sijos	$l/150$
c)	santvaros, klijuotosios sijos (išskyrus gembines)	$l/300$
d)	plokštės	$l/250$
e)	grebėstai, paklotas	$l/150$
4.	Tarpšlaičių laikantieji elementai	$l/400$
5.	Plokštės ir sienos strypyno elementai	$l/250$

čia l – tarpatramis.

Pastabos: 1. Tinkuotų perdangų elementų įlinkis nuo kintamojo poveikio neturi viršyti $l/350$.

2. Esant statybinei pakylai, ribinį klijuotinio skerspjuvio sijų įlinkį leidžiama didinti iki $l/200$.

Lanksčiai atremtoms klijuotinio skerspjuvio sijoms daroma statybinė pakyla, lygi $l/200$.

Santvaros projektuojamos su ne mažesne kaip $l/200$ statybine pakyla išlenkiant klijuotinio skerspjuvio viršutinę ir apatinę juostas.

Sijų įlinkių nustatymas (1)

Akimirkinė deformacija u_{inst} (tamprusis įlinkis) turi būti apskaičiuojama pagal charakteristinį poveikių derinį, taikant atitinkamo tamprumo modulio, šlyties modulio ir poslinkio modulio vidutines reikšmes.

Galutinė deformacija u_{fin} turi būti apskaičiuojama pagal tariamai nuolatinį poveikių derinį.

Jei konstrukciją sudaro skirtingų valkšnumo savybių elementai ar komponentai, galutinė deformacija turi būti apskaičiuojama taikant atitinkamo tamprumo modulio, šlyties modulio ir poslinkio modulio galutines vidutines reikšmes.

Sijų įlinkių nustatymas (2)

Jei konstrukcijas sudaro vienodų valkšnumo savybių elementai, komponentai bei jungtys ir daroma tiesinės priklausomybės tarp poveikių ir atitinkamų deformacijų prielaida, galutinė deformacija (įlinkis) gali būti apskaičiuojama:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q_1} + u_{fin,Q_i}$$

čia:

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} (1 + k_{def});$$

$$u_{fin,Q_1} = u_{inst,Q_1} (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def});$$

$$u_{fin,Q_i} = u_{inst,Q_i} (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{def}).$$

Sijų įlinkių nustatymas (3)

$u_{inst,G}$; u_{inst,Q_1} ; u_{inst,Q_i} – akimirkinės deformacijos;

$\psi_{2,1}$; $\psi_{2,i}$ – kintamųjų poveikių tariamai nuolatinės reikšmės;

$\psi_{0,i}$ – kintamųjų poveikių derinio reikšmės koeficientai;

k_{def} – medienos ir medienos medžiagų koeficientai, kuriais atsižvelgiama į įlinkio padidėjimą dėl apkrovos trukmės ir drėgnio (valkšnumo deformacijas įvertinantis koeficientas).

Sijų įlinkių nustatymas (4)

Rekomenduojamos pastatų koeficientų reikšmės ψ

Poveikis	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Statinių naudojimo apkrovos kategorija (žr. Reglamento 141.1 punktą)			
A kategorija: namų ir gyvenamieji plotai	0,7	0,5	0,3
B kategorija: įstaigų plotai	0,7	0,5	0,3
C kategorija: susibūrimų plotai	0,7	0,7	0,6
D kategorija: parduotuvių plotai	0,7	0,7	0,6
E kategorija: saugyklų plotai	0,7	0,9	0,8
F kategorija: eismo plotai, transporto priemonių svoris ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
G kategorija: eismo plotai, $30 \text{ kN} < \text{transporto priemonių svoris} \leq 160 \text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
H kategorija: stogai	0	0	0
Statinių sniego apkrovos [7.6]	0,7	0,5	0,2
Statinių vėjo apkrova [7.7]	0,6	0,2	0
Temperatūra (ne gaisro) statiniuose [7.8]	0,6	0,5	0

Sijų įlinkių nustatymas (5)

Medienos ir medienos medžiagų koeficiento reikšmės k_{def}

Medžiaga	Standartas	Eksploatacijos klasė		
		1	2	3
Vientisa mediena	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Klijuota sluoksniuotoji mediena	EN 14080	0,60	0,80	2,00
LVL	EN 14374, EN 14279	0,60	0,80	2,00
Fanera	EN 636			
	1 dalis	0,80	–	–
	2 dalis	0,80	1,00	–
	3 dalis	0,80	1,00	2,50
OSB	EN 300			
	OSB/2	2,25	–	–
	OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	–
Smulkinių plokštės	EN 312			
	4 dalis	2,25	–	–
	5 dalis	2,25	3,00	–
	6 dalis	1,50	–	–
	7 dalis	1,50	2,25	–
Kietosios plaušų plokštės	EN 622-2			
	HB.LA	2,25	–	–
	HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00	–
Vidutinės plaušų plokštės	EN 622-3			
	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	–	–
	MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00	–
MDF plaušų plokštės	EN 622-5			
	MDF.LA	2,25	–	–
	MDF.HLS	2,25	3,00	–

Sijų įlinkio padidėjimas dėl skersinės jėgos (1)

Santykis tarp medienos tamprumo modulio ir šlyties modulio yra apytikriai **16** kartų. Tai sąlygoja įlinkio nuo lenkiamojo momento padidėjimą. Koeficientas, kuriuo turi būti didinamas įlinkis, gautas nuo lenkiamojo momento, papildomai įvertinant šlyties deformacijas:

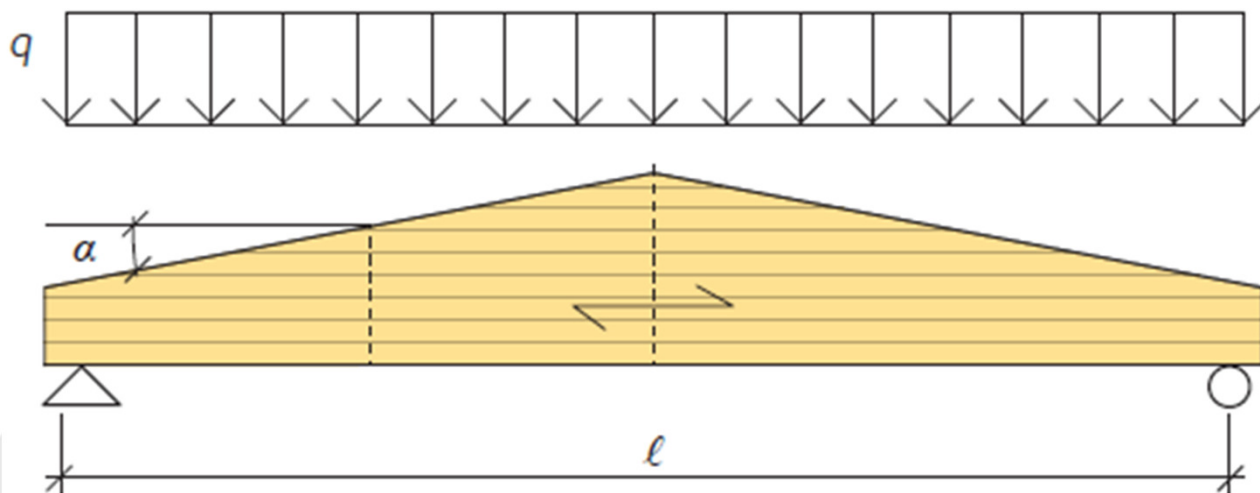
$$u_{inst} = u_{inst,M} + u_{inst,V} = u_{inst,M} \cdot k_{shear}$$

čia:

$$k_{shear} = \left(1 + 0,96 \left(\frac{E_{0,mean}}{G_{0,mean}} \right) \left(\frac{h}{l} \right)^2 \right) \quad \text{tolygiai išskirstyta apkrova}$$

$$k_{shear} = \left(1 + 1,20 \left(\frac{E_{0,mean}}{G_{0,mean}} \right) \left(\frac{h}{l} \right)^2 \right) \quad \text{koncentruota jėga tarpatramio viduryje}$$

Sijų įlinkio padidėjimas dėl skersinės jėgos (2)



$$u_{inst} = u_{inst,M} + u_{inst,V}$$

$$\chi = 1,2$$

$$u_{inst} = u_{inst,M} + u_{inst,V} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I} \cdot k_m + \chi \frac{q \cdot L^2}{8 \cdot G_{mean} \cdot A} \cdot k_v$$

$$k_m = \left(\frac{h}{H} \right)^3 \cdot \frac{1}{0,15 + 0,85 \cdot h/H}$$

$$k_v = \frac{2}{1 + (H/h)^{2/3}}$$

Įlinkis nuo lenkiamojo
momento

Įlinkis nuo skersinės
jėgos

***Lanksčiai** atremtų ir gembinių pastoviojo ir kintamojo aukščio skerspjuvio lenkiamųjų elementų didžiausias įlinkis u_{fin} nustatomas pagal formulę:*

$$u_{fin} = \frac{u}{k_{shape}} \left[1 + k_{V,def} \left(\frac{h}{l} \right)^2 \right]$$

čia:

u – pastoviojo skerspjuvio h aukščio sijos įlinkis, neįvertinant šlyties deformacijų;

h – didžiausias skerspjuvio aukštis;

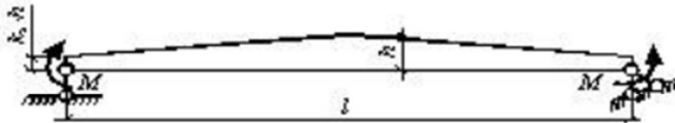
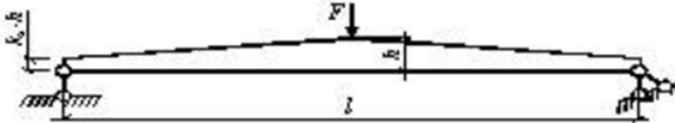
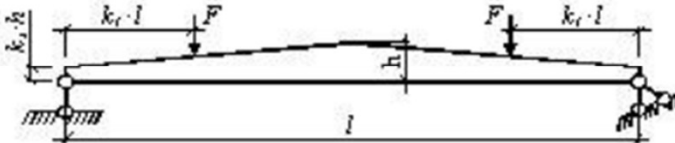
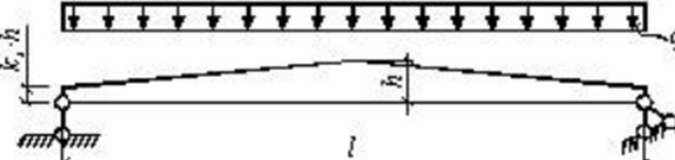
l – sijos tarpatramis;

k_{shape} – skerspjuvio aukščio kitimą įvertinantis koeficientas, kuris pastovaus skerspjuvio sijoms imamas lygus 1;

$k_{V,def}$ – koeficientas, įvertinantis šlyties deformacijų nuo skersinės jėgos įtaką įlinkiui.

Koeficientų k_{shape} ir $k_{V,def}$ reikšmės pagal STR 2.05.07:2005 „Medinių konstrukcijų projektavimas“, 1 priedo, 3 lentelė:

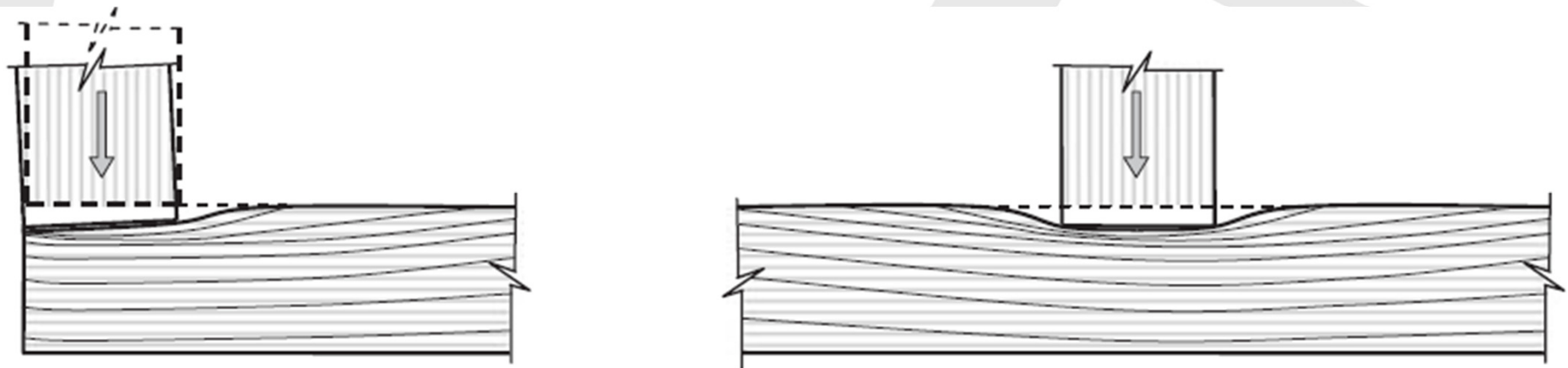
Koeficientų k_{shape} ir $k_{V, def}$ reikšmės

Sijos		Skačiuojamoji schema	k_{shape}	$k_{V, def}$
Tipas	Skerspjūvis			
Klijuotoji daugiashuk snė	Stačiakamp is daugiashuk snis		k_h	0
Tas pat	Tas pat		$0,23+0,77k_h$	$16,4+7,6k_h$
Tas pat	Tas pat		$0,5k_l+(1-0,50k_l)k_h$	$[45-24k_l(1-k_h)+3k_h]1/(3-4k_l^2)$
Tas pat	Tas pat		$0,15+0,85k_h$	$15,4+3,8k_h$

Sijų atramų deformacijos

Deformacijos sijų atramose, kai koeficiento $k_{c,90}$ reikšmė yra priimama lygi 1, deformacijos nuo glemžimo jėgos sudarys 2-3 % ir įtakos bendrai sijos deformacijai neturi.

Koeficiento reikšmę priimant didesnę (maksimali reikšmė 1,75), skersinės deformacijos gali siekti iki 10 % ir turi būti įvertinamos.

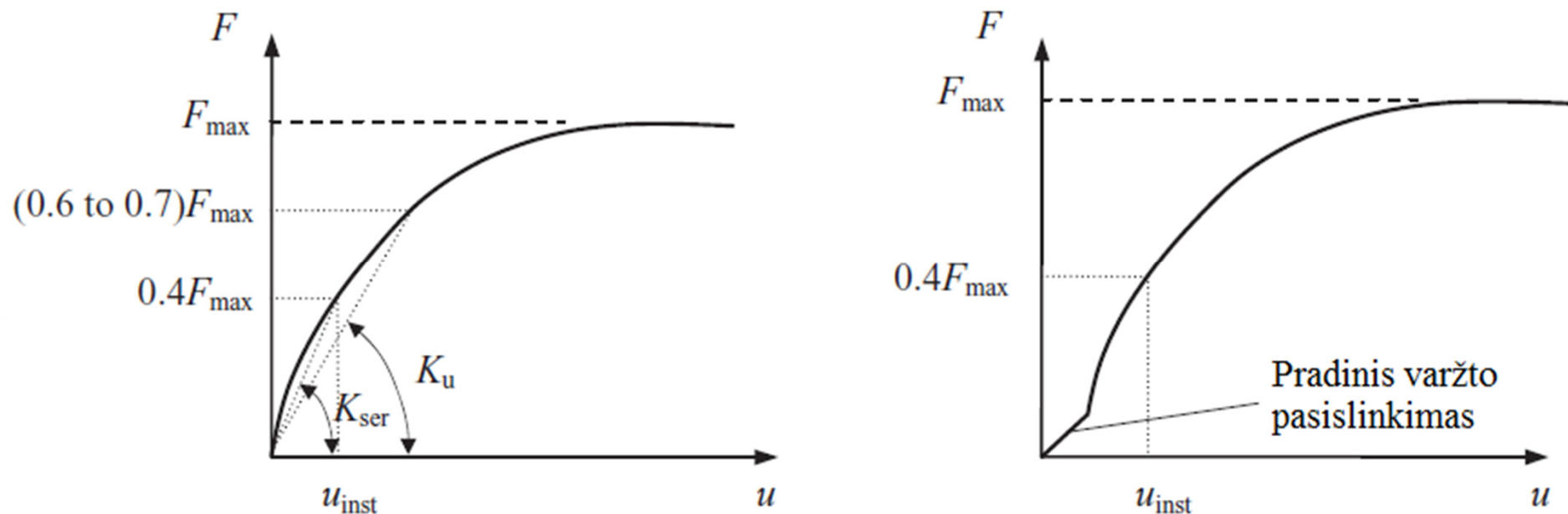


Medinių konstrukcijų jungčių deformacijos (1)

Medienos jungtims su mediena ir medienos plokščių jungtims su mediena taikomos virbalinių ir spraustelinių tvirtiklių K_{ser} reikšmės (N/mm)

Tvirtiklio tipas	K_{ser}
Kaiščiai Varžtai su protarpiu arba be jo ^a Medsraigčiai Vinys (kurioms gręžiamos skylės)	$\rho_m^{1,5} d / 23$
Vinys (kurioms negręžiamos skylės)	$\rho_m^{1,5} d^{0,8} / 30$
Kabės	$\rho_m^{1,5} d^{0,8} / 80$
A tipo pagal EN 912 žiediniai sprausteliai B tipo pagal EN 912 plokšteliniai sprausteliai	$\rho_m d / 2$
Dantytieji sprausteliai	
– C1–C9 tipų pagal EN 912	$1,5 \rho_m d / 4$
– C10 ir C11 tipų pagal EN 912	$\rho_m d / 2$
^a protarpis turėtų būti atskirai pridedamas prie deformacijos.	

Medinių konstrukcijų jungčių deformacijos (2)



2 pav. Medinių konstrukcijų jungčių apkrovos – poslinkio kreivės:
jungtys su vinimis, medsraigčiais (kairėje)
jungtys su varžtais (dešinėje)



VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Medinių konstrukcijų ugniai atsparumo skaičiavimai pagal EN 1995-1-2

Parengė: dr. Tomas Gečys, Metalinių ir kompozitinių konstrukcijų katedra, Statybos fakultetas

Medinių konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas. *EN 1995-1-2 taikymo sritys*

(1)P EN1995-1-2 nagrinėjamas medinių konstrukcijų skaičiavimas, atsižvelgiant į ypatingą gaisro poveikio situaciją. Ši dalis skirta taikyti su EN 1995-1-1 bei EN 1991-1-2:2002. EN 1995-1-2 tik nurodomi skirtumai nuo projektavimo normaliajai temperatūrai arba papildymai.

(2)P EN1995-1-2 nagrinėjami tik pasyvieji apsaugos nuo gaisro metodai. Aktyvieji metodai nereglamentuojami.

(3)P EN1995-1-2 taikomas pastatų konstrukcijoms, kurios, veikiamos gaisro, turi atitikti tam tikras funkcijas, kad:

- būtų išvengta pirmalaikės konstrukcijos irties (laikomosios galios funkcija);
- būtų apribotas ugnies (liepsnos, karštų dujų, per didelio karščio) išplitimas.

(4)P EN1995-1-2 pateikiami konstrukcijų projektavimo pagal nustatytus reikalavimus principai ir taikymo taisyklės, atsižvelgiant į anksčiau išvardytas funkcijas ir eksploatacines savybes.

(5)P EN1995-1-2 taikomas konstrukcijoms arba jų dalims, kurios patenka į EN1995-1-1 taikymo sritį ir yra atitinkamai suprojektuotos.

(6)P EN1995-1-2 pateikiami metodai taikytini visiems gaminiams, kuriuos reglamentuoja gaminių standartai, jei šioje dalyje yra nuorodos į juos.

Laikomajai galiai patikrinti skaičiuotinės stiprumo ir standumo reikšmės turi būti nustatomos taip:

$$f_{d,fi} = k_{\text{mod},fi} \frac{f_{20}}{\gamma_{M,fi}} \qquad S_{d,fi} = k_{\text{mod},fi} \frac{S_{20}}{\gamma_{M,fi}}$$

čia:

$f_{d,fi}$ – skaičiuotinis stipris gaisro sąlygomis;

$S_{d,fi}$ – skaičiuotinė standumo reikšmė (tamprumo modulis $E_{d,fi}$ arba šlyties modulis $G_{d,fi}$) gaisro sąlygomis;

f_{20} – stiprio 20% kvantilis normalioje temperatūroje;

S_{20} – standumo (tamprumo modulio arba šlyties modulio) reikšmės 20% kvantilis normalioje temperatūroje;

$k_{\text{mod},fi}$ – pataisos dėl gaisro koeficientas;

$\gamma_{M,fi}$ – gaisro veikiamos medienos dalinis koeficientas.

Medinių konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas. *Medžiagos savybių skaičiuotinės reikšmės (2)*

Kai $t \geq 20$ min, pataisos dėl gaisro koeficientas $k_{\text{mod},fi}$ turi būti apskaičiuojamas:

- *lenkiamosios galios:*
$$k_{\text{mod},fi} = 1,0 - \frac{1}{200} \frac{p}{A_r}$$

- *gniuždomosios galios:*
$$k_{\text{mod},fi} = 1,0 - \frac{1}{125} \frac{p}{A_r}$$

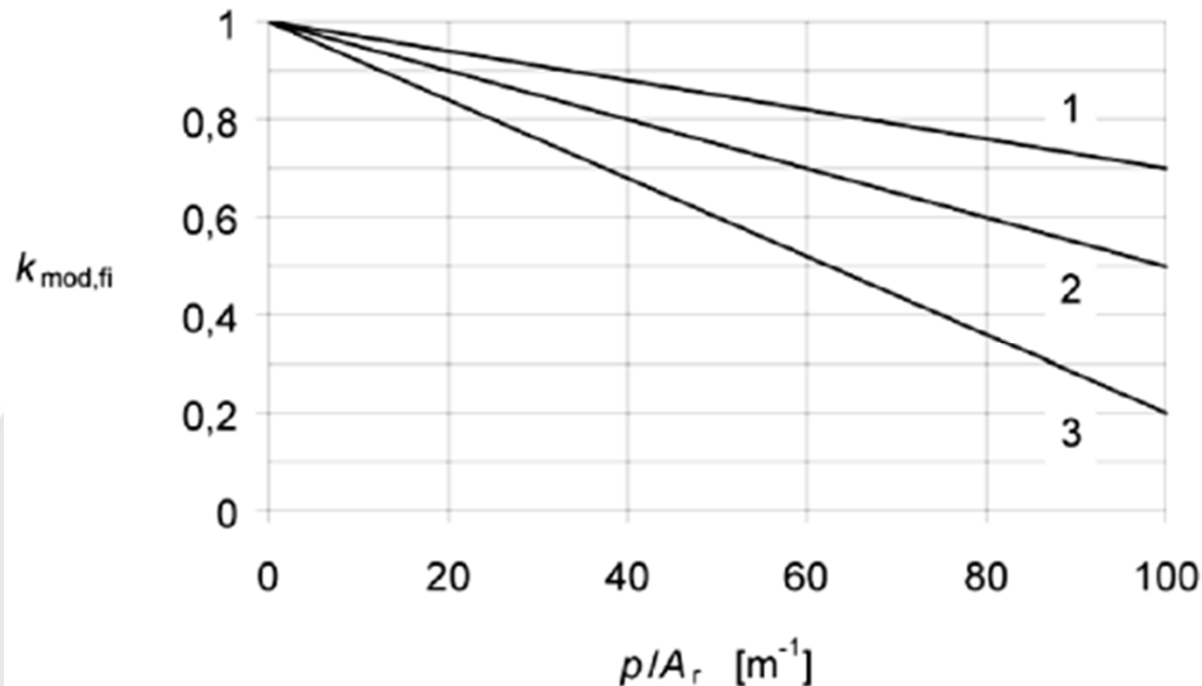
- *tempiamosios galios ir tamprumo modulio:*
$$k_{\text{mod},fi} = 1,0 - \frac{1}{330} \frac{p}{A_r}$$

čia:

p – gaisro veikiamo liekamojo skerspjūvio perimetras metrais;

A_r – liekamojo skerspjūvio plotas, m^2 .

Medinių konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas. *Medžiagos savybių skaičiuotinės reikšmės (3)*



1 – tempiamoji
galia,
tamprumo
modulis;

2 – lenkiamoji
galia;

3 – gniuždomoji
galia.

Neapsaugotųjų ir apsaugotųjų elementų pataisos dėl gaisro koeficientas laiko momentu $t=0$ turi būti $k_{mod,fi} = 1$. Laiku $0 \leq t \leq 20 \text{ min}$ neapsaugotųjų elementų pataisos koeficientas gali būti nustatomas taikant tiesinę interpoliaciją.

Stiprumo ar standumo reikšmės 20% kvantilis turi būti nustatomas:

$$f_{20} = k_{fi} \cdot f_k$$

$$S_{20} = k_{fi} \cdot S_{05}$$

kur:

f_{20} – stiprumo reikšmės 20% kvantilis normalioje temperatūroje;

S_{20} – standumo (tamprumo modulio ar šlyties modulio) reikšmės 20% kvantilis normalioje temperatūroje;

S_{05} – standumo (tamprumo modulio ar šlyties modulio) reikšmės 5% kvantilis normalioje temperatūroje;

k_{fi} – pataisos gaisro sąlygomis koeficientas.

Medinių konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas. *Medžiagos savybių skaičiuotinės reikšmės (5)*

Lentelė. Pataisos gaisro sąlygomis koeficientas k_{fi}

	k_{fi}
Vientisoji mediena	1,25
Klijuota sluoksniuotoji mediena	1,15
Pertvarkytosios medienos plokštės	1,15
(LVL)	1,1
Šlyjamosios jungtys su jungėmis ir mediniais arba pertvarkytosios medienos plokščių antdėklais	1,15
Šlyjamosios jungtys su jungėmis ir plieniniais antdėklais	1,05
Jungtys centriškai apkrautomis jungėmis	1,05

Įrašą laiko momentu $t=0$ turi būti nustatyta imant derinio koeficientus $\psi_{1,1}$ ir $\psi_{2,1}$ pagal EN 1991-1-2:2002.

Supaprastinant reikalavimą, įrašą $E_{d,fi}$ gali būti nustatoma skaičiuojant normaliajai temperatūrai:

$$E_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot E_d$$

čia:

E_d – pagrindinio poveikių derinio sukkeltoji skaičiuotinė įrašą, nustatyta pagal projektavimo normaliajai temperatūrai rezultatus;

η_{fi} – skaičiuotinės apkrovos gaisro sąlygomis pataisos koeficientas.

Pastaba: Supaprastinant galima imti rekomenduojamąją reikšmę $\eta_{fi}=0,6$, išskyrus E kategorijos naudojimo apkrovą pagal EN1991-2-1:2002, kurios rekomenduojamoji reikšmė yra $\eta_{fi}=0,7$.

EN 1990:2002 (6.10) apkrovų derinio pataisos koeficientas η_{fi} turi būti nustatomas taip:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}}$$

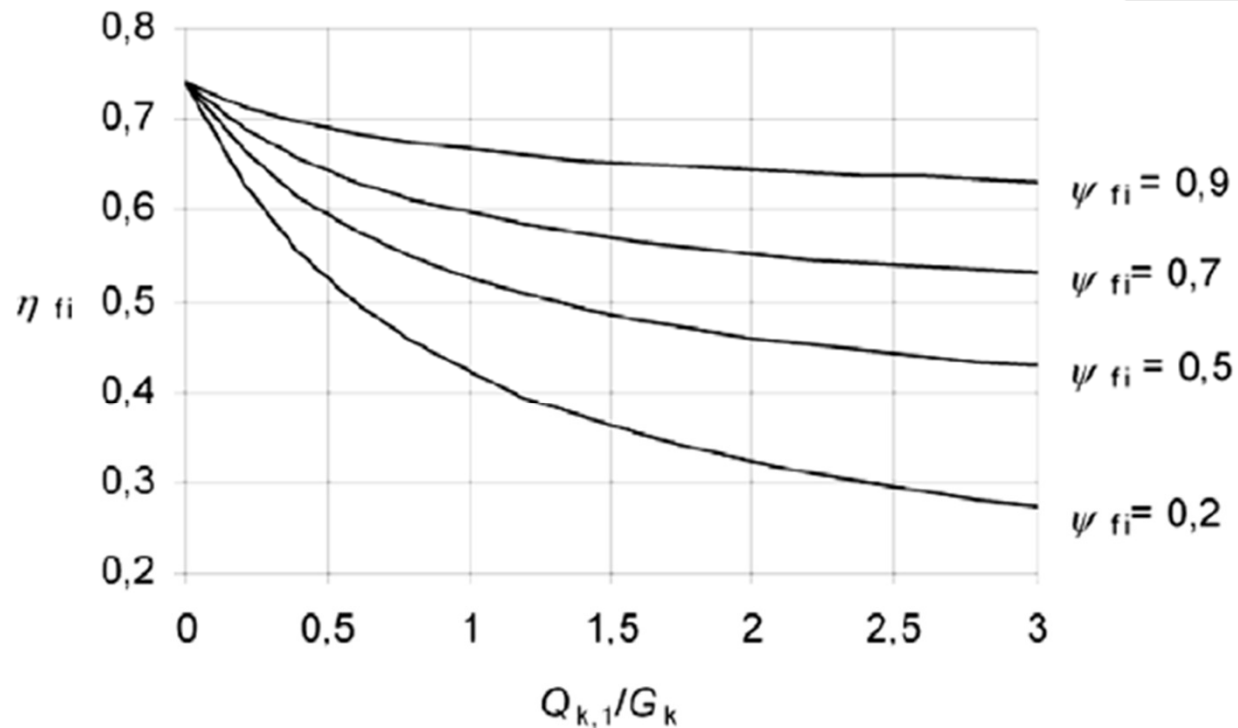
arba pagal EN 1990:2002 (6.10a) ir (6.10b) apkrovų derinius prilyginamas mažesnei reikšmei, nustatomi dviem išraiškoms:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}} \quad \eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\xi \gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}}$$

čia: $Q_{k,1}$ – charakteristinė vyraujančiojo kintamojo poveikio reikšmė; G_k – charakteristinė nuolatinio poveikio reikšmė; γ_G – nuolatinių poveikių dalinis koeficientas; $\gamma_{Q,1}$ – kintamojo 1-ojo poveikio dalinis koeficientas; ψ_{fi} – derinio koeficientas gaisro sąlygomis, kurį nusako $\psi_{1,1}$ arba $\psi_{2,1}$; ξ – nepalankių nuolatinių poveikių G pataisos koeficientas.

Medinių konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas.

Įrašų gaisro sąlygomis nustatymas (3)



Pataisos koeficiento η_{fi} ir apkrovų santykio $Q_{k,1}/G_k$ sąryšis pagal (2.9) išraišką

Medinių konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas *Efektyviojo skerspjūvio rodiklių nustatymas (1)*

Vienmačio anglėjimo sparta turi būti laikoma pastovia.
Skaičiuotinis anglėjimo gylis turi būti apskaičiuojamas taip:

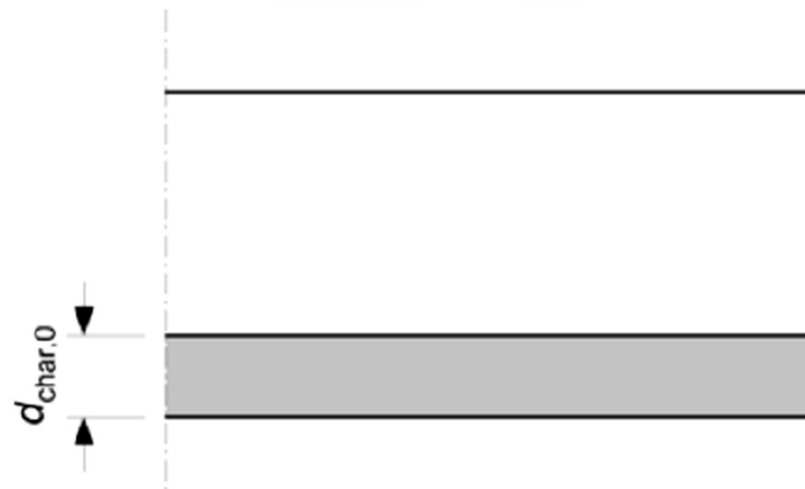
$$d_{char,0} = \beta_0 \cdot t$$

čia:

$d_{char,0}$ – skaičiuotinis vienmačio anglėjimo gylis;

β_0 – skaičiuotinė vienmačio anglėjimo sparta standartinio gaisro poveikio sąlygomis;

t – gaisro poveikio trukmė.



**Plataus skerspjūvio vienmatis apanglėjimas
(gaisras veikia iš vienos pusės)**

Medinių konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas *Efektyviojo skerspjūvio rodiklių nustatymas (2)*

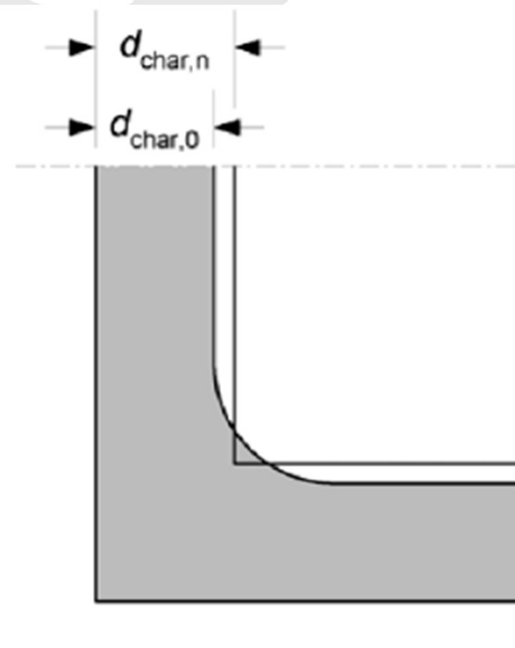
Sąlyginė anglėjimo sparta, kurios dydis aprėpia kampų apvalumą ir įtrūkių poveikį, turi būti laikoma pastovia. Sąlyginis apanglėjimo gylis turi būti apskaičiuojamas taip:

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t$$

čia:

$d_{char,n}$ – sąlyginis apanglėjimo dydis, kurį taikant atsižvelgiama į kampų apvalumą poveikį;

β_n – sąlyginė anglėjimo sparta, kurios dydis aprėpia kampų apvalumą ir įtrūkių poveikį.



Vienmačio apanglėjimo gylis $d_{char,0}$ ir sąlyginis apanglėjimo gylis $d_{char,n}$

Medinių konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas

Efektyviojo skerspjuvio rodiklių nustatymas (3)

3.1 lentelė. Medienos, LVL, medinių ir pertvarkytosios medienos plokščių skaičiuotinė anglėjimo sparta β_0 ir β_n

	β_0 mm/min	β_n mm/min
a) Spygliuočių mediena ir bukas Klijuota sluoksniuotoji mediena, kurios charakteristinis tankis yra $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ Vientisoji mediena, kurios charakteristinis tankis yra $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65 0,65	0,7 0,8
b) Lapuočių mediena Vientisoji arba klijuota sluoksniuotoji lapuočių mediena, kurios charakteristinis tankis yra 290 kg/m^3 Vientisoji arba klijuota sluoksniuotoji lapuočių mediena, kurios charakteristinis tankis yra $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,65 0,50	0,7 0,55
c) LVL, kurios charakteristinis tankis yra $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
d) Plokštės Medinės plokštės Fanera Pertvarkytosios medienos plokštės, išskyrus fanerą	0,9 ^a 1,0 ^a 0,9 ^a	– – –
^a Reikšmės galioja, kai charakteristinis tankis yra 450 kg/m^3 , o plokštės storis – 20 mm; jei storis ir tankis kitoks, žr. 3.4.2(9).		

Medinių konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas *Efektyviojo skerspjūvio rodiklių nustatymas (4)*

Efektyvusis skerspjūvis turi būti apskaičiuojamas sumažinus pradinį skerspjūvį efektyviuoju apanglėjimo gyliu d_{ef} :

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$

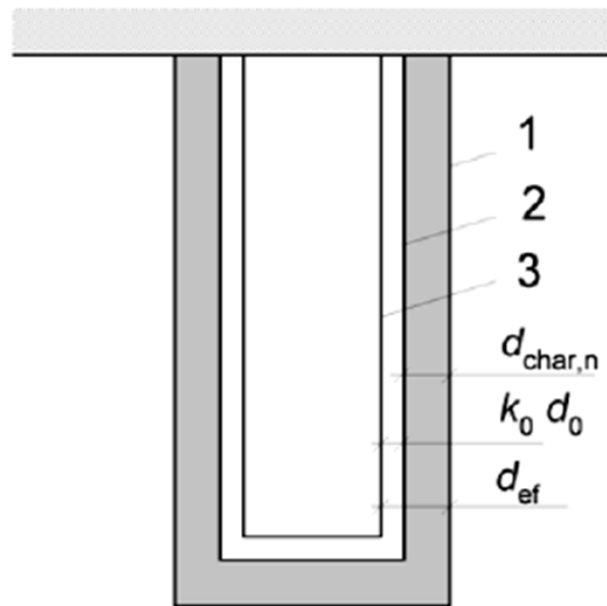
čia:

$d_0 = 7 \text{ mm}$;

$d_{char,n}$ – nustatomas pagal anksčiau pateiktą išraišką arba EN1995-1-2, 3.4.3 pateikiamas taisyklės;

k_0 – pataisos koeficientas.

Medinių konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas *Efektyviojo skerspjūvio rodiklių nustatymas (5)*



*Liekamasis ir efektyvusis
skerspjūviai:*

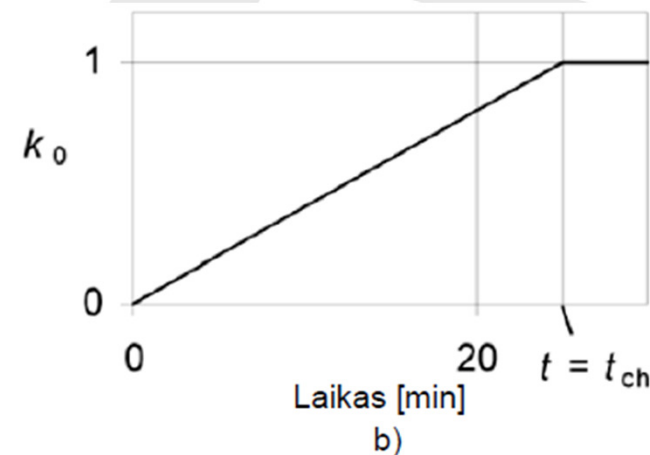
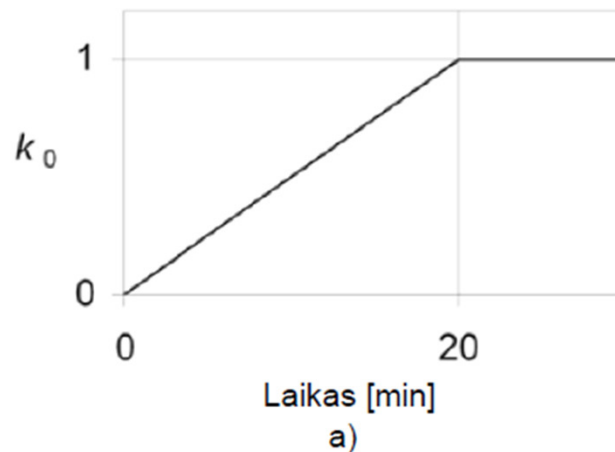
- 1 – pradinis elemento paviršius;*
- 2 – liekamojo skerspjūvio riba;*
- 3 – efektyviojo skerspjūvio riba.*

Medinių konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas *Efektyviojo skerspjuvio rodiklių nustatymas (6)*

Neapsaugotųjų paviršių koeficiento k_0 nustatymas, kai t imamas minutėmis:

	k_0
$t < 20 \text{ min}$	$t/20$
$t \geq 20 \text{ min}$	1,0

Apsaugotiesiems paviršiams, kai $t_{ch} > 20 \text{ min}$, turi būti tariama, kad laiko intervalu nuo $t=0$ iki $t=t_{ch}$ koeficientas k_0 tiesiškai kinta nuo 0 iki 1. Apsaugotiesiems paviršiams, kai $t_{ch} \leq 20 \text{ min}$, galioja lentelėje pateiktos reikšmės.



k_0 kaita: a) neapsaugotųjų ir apsaugotųjų elementų, kai $t_{ch} \leq 20 \text{ min}$,
 b) apsaugotųjų elementų, kai $t_{ch} > 20 \text{ min}$

Gniuždymo statmenai pluošto galima nepaisyti.

Staciakampių ir apskritųjų skerspjuvių šlyties galima nepaisyti.

Jei per atitinkamą gaisro poveikį suyra ryšiai, sijos bendras tamprusis pastovumas (ar kolonos pastovumas) turi būti įvertinamas neatsižvelgiant į tų ryšių sudaromą skersinį įtvirtį.

Iš medienos arba pertvarkytosios medienos plokščių padaryti ryšių elementai gali būti laikomi nesuyrančiais, jei liekamasis storis arba skerspjuvio plotas yra 60% jų pradinės reikšmės, būtinos projektavimui normaliajai temperatūrai, ir jei jie yra sujungti vinimis, medsraigčiais, kaiščiais arba varžtais.



VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS

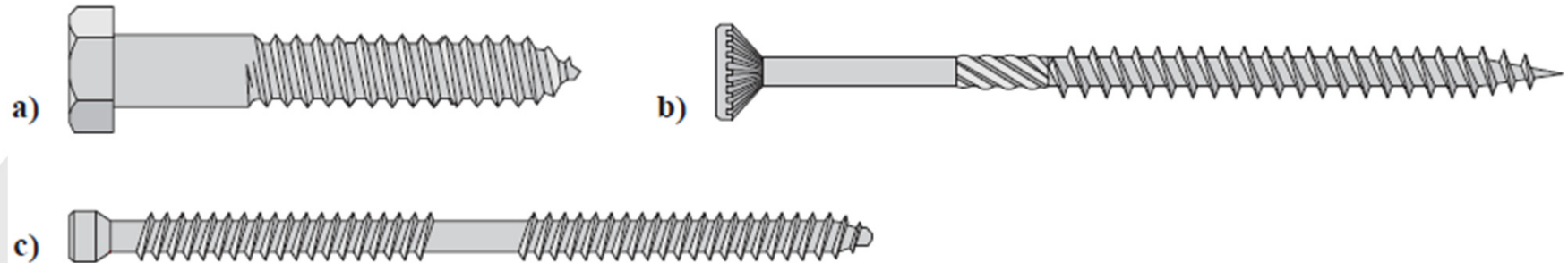
Medinių konstrukcijų jungimo priemonės ir jų skaičiavimas pagal Eurokodą 5

Parengė: dr. Tomas Gečys, Metalinių ir kompozitinių konstrukcijų katedra, Statybos fakultetas

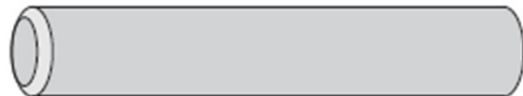
Jungtys metaliniais tvirtikliais *Jungimo priemonės*



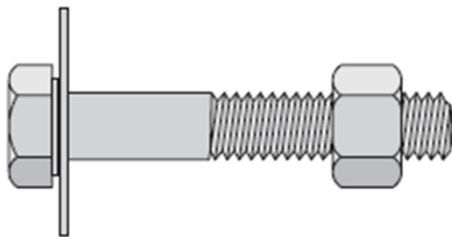
1 pav. Vynys: a) apvalios; b) rievėtosios



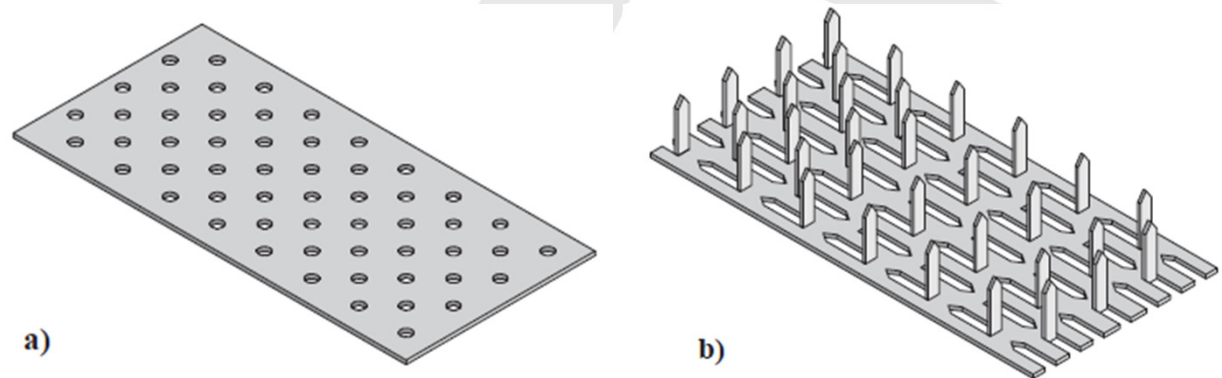
2 pav. Medsraigčiai: a) šešiakampe galvute; b) paslepiama galvute; c) dvigubo sriegio



3 pav. Kaiščiai



4 pav. Varžtai/smeigės su poveržlėmis ir veržlėmis



5 pav. Metalinės plokštelės jungimui vinimis ar medsraigčiais (a) ir dygiuotosios plokštelės (b)

Jungtys metaliniais tvirtikliais

Bendrieji dalykai pagal LST EN 1995-1-1

- ***Je*** ***LST EN 1995-1-1***, 8 skyriuje nepateikiamos taisyklės, jungčių charakteristinė laikomoji galia ir jungčių standis turi būti nustatomi bandymais pagal atitinkamų standartų reikalavimus.
- Tvirtiklių išdėstymas jungtyje, jų dydis, tarpai tarp jų ir atstumai nuo krašto bei galo turi būti pasirenkami taip, kad būtų pasiektas numatytas stiprumas ir standumas.
- Turi būti atsižvelgiama į tai, kad keliais to paties tipo ir matmenų tvirtikliais sudarytos jungties laikomoji galia gali būti mažesnė už atskirų kiekvieno tvirtiklio laikomųjų galių sumą.
- Jei jungtis sudaryta iš skirtingų tipų tvirtiklių arba jei jungčių atitinkamose šlyties plokštumose standumas yra skirtingas, turėtų būti patikrinamas jų suderinamumas.

Jungtys metaliniais tvirtikliais

Bendrieji dalykai pagal LST EN 1995-1-1

Su viena pluošto kryptimi lygiagrečios tvirtiklių eilės efektyvioji charakteristinė laikomoji galia lygiagrečiai su eile $F_{v,ef,Rk}$ turėtų būti apskaičiuojama taip:

$$F_{v,ef,Rk} = n_{ef} \cdot F_{v,Rk}$$

čia:

$F_{v,ef,Rk}$ – vienos su pluošto kryptimi lygiagrečios tvirtiklių eilės efektyvioji charakteristinė laikomoji galia;

n_{ef} – efektyvusis tvirtiklių skaičius su pluošto kryptimi lygiagrečioje eilėje;

$F_{v,Rk}$ – kiekvieno tvirtiklio charakteristinė laikomoji galia lygiagrečiai su pluoštu.

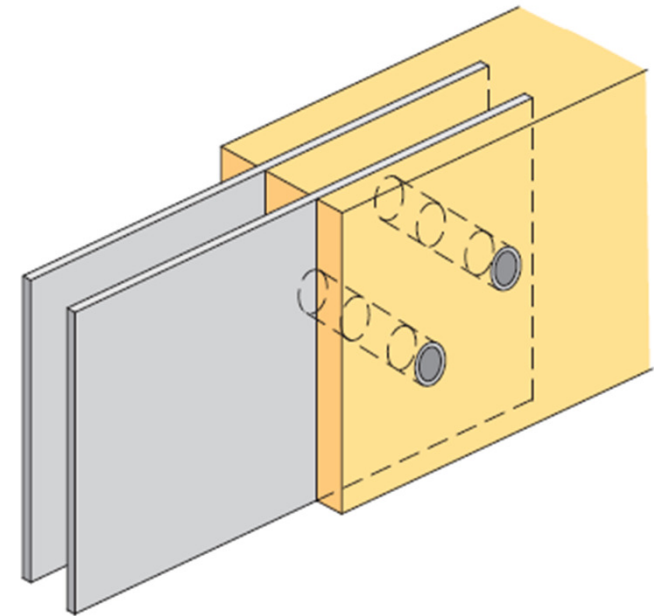
Pastaba: Skirtingiems tvirtiklių tipams (Vinys, varžtais, medsraugčiai), n_{ef} nustatomas skirtingai.

Jungtys metaliniais tvirtikliais

Bendrieji dalykai pagal LST EN 1995-1-1

Daugelio šlyties plokštumų jungtyse kiekvienos šlyties plokštumos laikomoji galia turėtų būti nustatyta darant prielaidą, kad kiekviena šlyties plokštuma priklauso trijų elementų jungčių tipui.

Kad būtų galima sudėti keleto šlyties plokštumų jungties atskirų šlyties plokštumų laikomąją galią, atitinkamose šlyties plokštumose esančių tvirtiklių pagrindiniai irties būdai turėtų būti suderinami tarpusavyje.



Jungtys metaliniais tvirtikliais *Bendrieji dalykai pagal LST EN 1995-1-1*

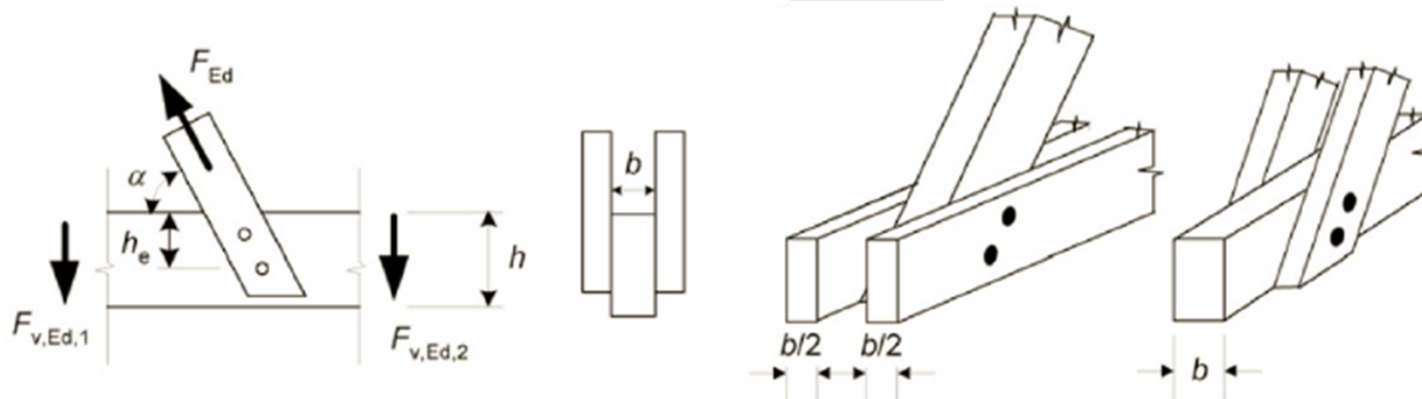
Jei jėga jungtyje veikia kampu į pluoštą, turi būti atsižvelgiama į pluoštui statmenos tempiamosios jėgos dedamosios $F_{Ed} \sin \alpha$ sukeliama plyšimo skersai pluoštų galimybę:

$$F_{v,Ed} \leq F_{90,Rd}$$

čia:

$F_{90,Rd}$ – skaičiuotinė skeliamoji galia, apskaičiuojama pagal charakteristinę skeliamąją galią;

$F_{v,Ed,1}$ ir $F_{v,Ed,2}$ – skaičiuotinės skersinės jėgos abiejose jungties pusėse.



Jungtys metaliniais tvirtikliais

Bendrieji dalykai pagal LST EN 1995-1-1

$$F_{90,Rk} \leq 14 \cdot b \cdot w \sqrt{\frac{h_e}{(1 - h_e/h)}} \quad w = \begin{cases} \max \left\{ \left(w_{pl}/100 \right)^{0,35} & \text{dyg.met.plokšt.} \\ 1 & \text{kitokie tvirtikliai} \end{cases}$$

čia:

$F_{90,Rk}$ – charakteristinė skeliamoji galia niutonais;

w – patikslinimo koeficientas;

h_e – apkrauto krašto atstumas nuo tolimiausio tvirtiklio centro arba dygiuotos metalinės plokštelės krašto milimetrais;

h – medinio elemento aukštis milimetrais;

b – elemento storis milimetrais;

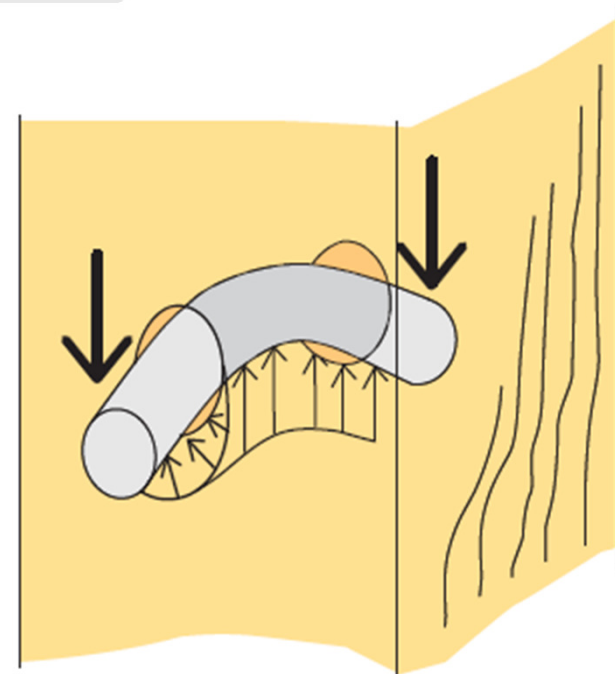
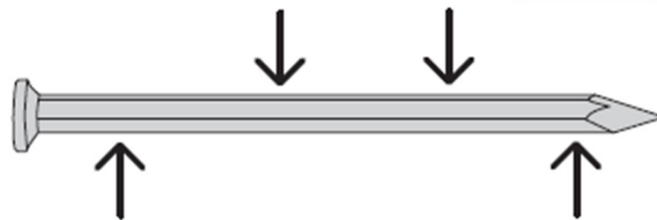
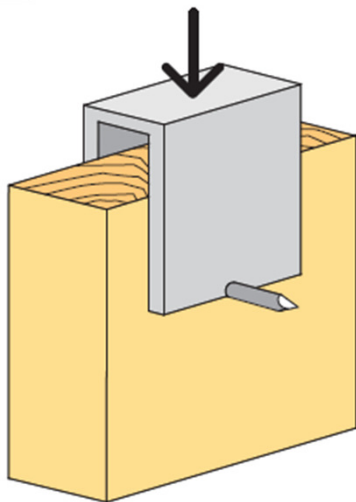
w_{pl} – su pluoštu lygiagrečios dygiuotos metalinės plokštelės plotis milimetrais.

Jungtys metaliniais tvirtikliais *Skersinė laikomoji galia (1)*

Tvirtiklio skersinė laikomoji galia nustatoma remiantis *Johanseno* teorija.

Jungčių metaliniais virbaliniais tvirtikliais charakteristinei laikomajai galiai nustatyti turi būti įvertinamas:

- 1) tvirtiklio stipris pagal takumo ribą ($M_{y,Rk}$);
- 2) vietinis medienos stipris ($f_{h,k}$);
- 3) ištraukiamasis stipris ($f_{ax,k}$).



Jungtys metaliniais tvirtikliais

Charakteristinis takumo momentas $M_{y,Rk}$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} \text{ aplavioms vinims}$$

$$M_{y,Rk} = 0,45 \cdot f_u \cdot d^{2,6} \text{ kvadratinėms vinims}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} \text{ kaiščiams / varžtams}$$

čia:

$M_{y,Rk}$ – charakteristinis tvirtiklio takumo momentas, Nmm ;

$f_{u,k}$ – charakteristinis tempiamasis plieno stipris, N/mm^2 ;

d – vinies, varžto ar kaiščio skersmuo, mm .

Jungtys metaliniais tvirtikliais

Vietinis medienos stipris $f_{h,k}$ (1)

Vinims, kai pradinės kiaurymės nėra gręžiamos, vietinis medienos glemžiamasis stipris nustatomas (kai skersmuo mažiau nei 6 mm):

$$f_{h,k} = 0,82 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} \quad [N / mm^2]$$

Vinims, kai kiaurymės yra gręžiamos (kai skersmuo d yra tarp 6 ir 8 mm) :

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \rho_k \quad [N / mm^2]$$

čia:

$M_{y,Rk}$ – charakteristinis medienos tankis, kg/m^3 ;

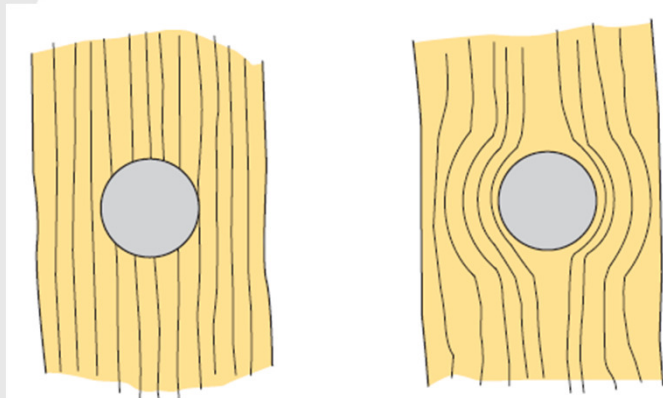
d – vinies, varžto ar kaiščio skersmuo, mm.

Jungtys metaliniais tvirtikliais *Vietinis medienos stipris $f_{h,k}$ (2)*

Varžtams, kurių skersmuo iki 30 mm, turi būti taikomos šios charakteristinės medienos vietinio stiprio reikšmės, priklausančios nuo apkrovos krypties kampo α dydžio medienos pluoštų atžvilgiu:

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad [N / mm^2]$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \rho_k \quad [N / mm^2]$$



*Pav. Medienos elgsena, kai
kiaurymės gręžiamos ir
negręžiamos*

$$k_{90} = \begin{cases} 1,35 + 0,015d & \text{spygliuočių med.} \\ 1,30 + 0,015d & \text{LVL} \\ 0,90 + 0,015d & \text{lapuočių med.} \end{cases}$$

Jungtys metaliniais tvirtikliais

Ištraukiamasis stipris $f_{ax,k}(1)$

Skersinės laikomosios galios formulių dešinėje pusėje yra laikomoji galia pagal *Johanseno* teoriją, o antrasis $F_{ax,Rk}/4$ yra lyno efekto indėlis. Lyno efekto indėlis laikomajai galiai turi būti ne didesnis kaip šios *Johanseno* dalies procentinės dalys:

- apskritos vinys: 15 %;
- kvadratinės vinys: 25 %;
- kitokios vinys: 50 %;
- medsraigčiai: 100 %;
- varžtai: 25 %;
- kaiščiai: 0 %.

Jei $F_{ax,Rk}/4$ yra nežinoma, tuomet lyno efekto indėlis turi būti laikomas lygiu nuliui.

Jungtys metaliniais tvirtikliais

Ištraukiamasis stipris $f_{ax,k}$ (2) Vinys

Charakteristinė vinių ašinė ištraukiamoji galia $F_{ax,Rk}$ kalant statmenai pluoštui ir įstrižai, turėtų būti prilyginama mažesnei iš reikšmių, apskaičiuojamų taip:

jei vinys nelygios pagal *EN 14592* apibrėžtį:
$$F_{ax,Rk} = \begin{cases} f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} \\ f_{head,k} \cdot d_h^2 \end{cases}$$

jei vinys lygios:
$$F_{ax,Rk} = \begin{cases} f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} \\ f_{ax,k} \cdot d \cdot t + f_{head,k} \cdot d_h^2 \end{cases}$$

čia:

$f_{ax,k}$; $f_{head,k}$ – charakteristinis ašinis ištraukiamasis stipris nuo vinies smaigalio pusės ir stipris įtraukiant vinies galvutę;

d ; d_h – vinies skersmuo ir vinies galvutės skersmuo;

t_{pen} – smaigalio arba srieginės dalies įsmigimo gylis elemente;

t – elemento storis nuo vinies galvutės pusės.

Jungtys metaliniais tvirtikliais

Ištraukiamasis stipris $f_{ax,k}$ (3) Vinys

Ligių vinių, kurių įkalimo gylis smaigalyje yra ne mažesnis kaip $12d$, charakteristinės ašinio ištraukiamojo stiprio vinies smaigalyje ir ašinio ištraukiamojo stiprio įtraukiant galvutę reikšmės turi būti nustatomos taip:

$$f_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$$

$$f_{head,k} = 70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$$

čia:

ρ_k – charakteristinis medienos tankis kg/m^3 .

Lygių vinių įkalimo gylis iš smaigalio pusės t_{pen} turėtų būti ne mažesnis kaip $8d$. Vinių, kurių įkalimo gylis iš smaigalio pusės yra mažesnis kaip $12d$, ašinė ištraukiamoji galia turėtų būti dauginama iš $(t_{pen}/4d-2)$.

Statybinei medienai, kuri yra sumontuojama pasiekus arba beveik pasiekus plaušų soties tašką ir kuri tikėtina, apkrovos veikiamą išdžius, $f_{ax,k}$ ir $f_{head,k}$ reikšmės turėtų būti dauginamos iš $2/3$.

Jungtys metaliniais tvirtikliais

Ištraukiamasis stipris $f_{ax,k}$ (4) Varžtai

Varžto ašinė laikomoji galia ir ašinė ištraukiamoji laikomoji galia turėtų būti prilyginama mažesniajai iš reikšmių (varžto laikomoji galia tempimui ir poveržlės plieninės plokštelės laikomoji galia).

Poveržlės charakteristinė laikomoji galia:

$$F_{ax,washer,Rk} = 3 \cdot f_{c,90,k} \cdot A_{washer}$$

Vieno varžto plieninės plokštelės laikomoji galia neturėtų viršyti atitinkamo dydžio, taikomo apskritai poveržlei, kurios skersmuo yra mažesnioji iš šių reikšmių:

- $12t$ (t yra plokštelės storis);
- $4d$ (d yra varžto skersmuo).

Jungtys metaliniais tvirtikliais

Ištraukiamasis stipris $f_{ax,k}$ (5) Medsraigčiai

Medsraigčio charakteristinė ištraukiamoji laikomoji galia nustatoma:

$$f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8}$$
$$F_{ax,k,Rk} = \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_d}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$$
$$k_d = \min \left\{ \frac{d}{8}, 1 \right\}$$

čia:

$f_{ax,k}$ – charakteristinis ištraukiamasis stipris skersi medienos pluoštui, N/mm^2 ;

n_{ef} – efektyvusis medsraigčių skaičius;

l_{ef} – srieginės dalies inkaravimo ilgis, mm ;

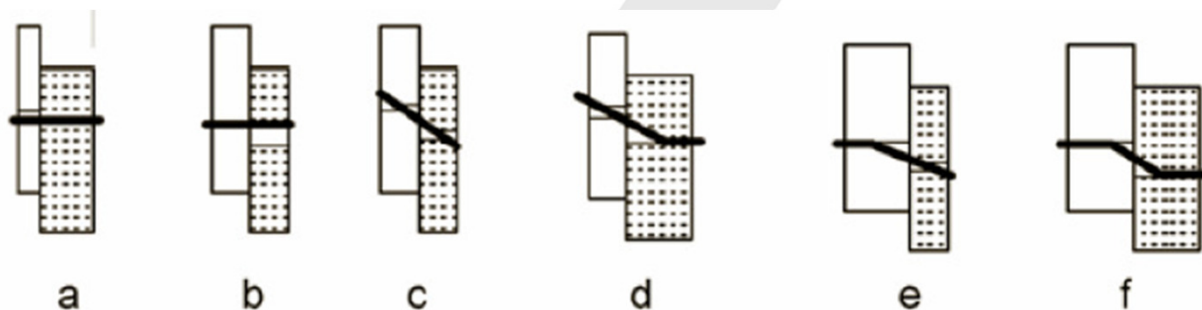
ρ_k – charakteristinis medienos tankis kg/m^3 ;

α – kampas tarp medienos pluošto ir medsraigčio ašies.

Jungtys metaliniais tvirtikliais

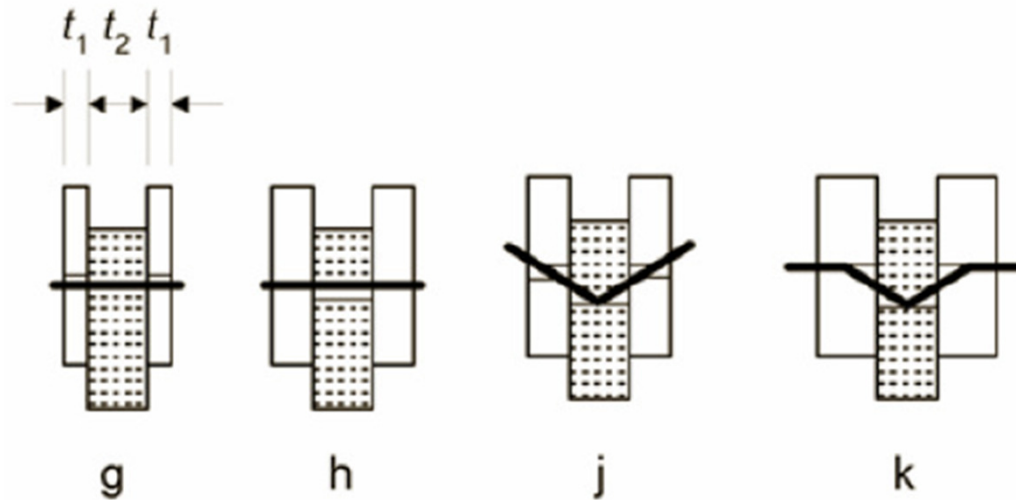
Skersinė laikomoji galia (2)

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{ll} f_{h,1,k} t_1 d & (a) \\ f_{h,2,k} t_2 d & (b) \\ \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (e) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (f) \end{array} \right.$$



Jungtys metaliniais tvirtikliais *Skersinė laikomoji galia (3)*

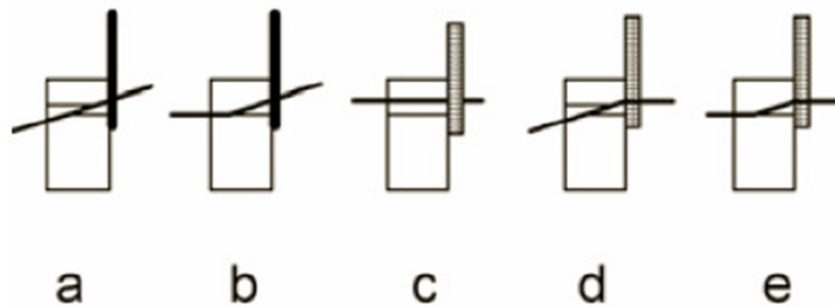
$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d & (g) \\ 0,5 f_{h,2,k} t_2 d & (h) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta) M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (j) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (k) \end{cases}$$



Jungtys metaliniais tvirtikliais *Skersinė laikomoji galia (4)*

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,4 f_{h,k} t_1 d & (a) \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (b) \end{cases}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (c) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (d) \\ f_{h,k} t_1 d & (e) \end{cases}$$

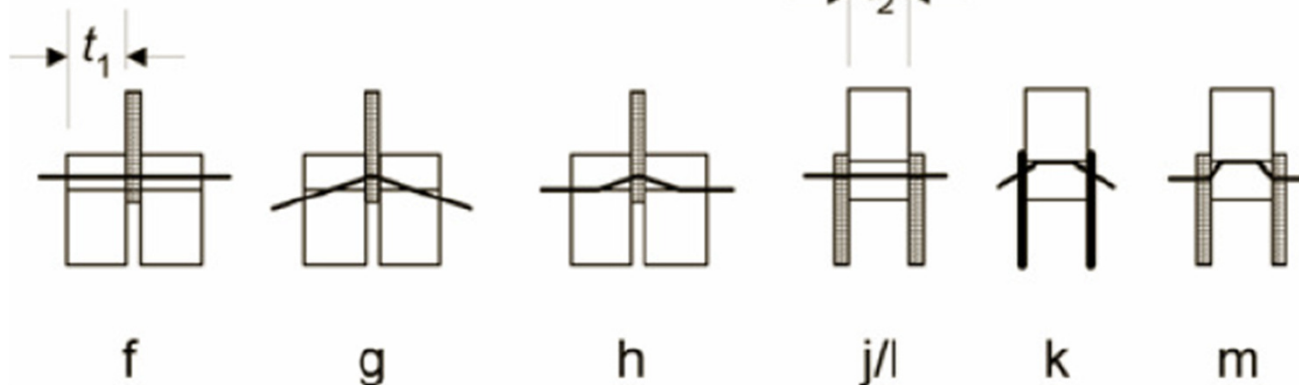


Jungtys metaliniais tvirtikliais *Skersinė laikomoji galia (4)*

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d & (f) \\ f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (g) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (h) \end{cases}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,5 f_{h,2,k} t_2 d & (j) \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (k) \end{cases}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,5 f_{h,2,k} t_2 d & (l) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (m) \end{cases}$$



Jungtys metaliniais tvirtikliais

Vininės jungtys (1)

Medienoje turi būti gręžiamos skylės vinims, jei:

- medienos charakteristinis tankis yra didesnis kaip 500 kg/m^3 ;
- vinies skersmuo d viršija **6 mm**.

Vienos su pluoštu lygiagrečios n vinių eilės, jei vinys nėra išskirstytos zigzagu skersai pluošto bent per $1d$, laikomoji galia lygiagrečiai su pluoštu turėtų būti apskaičiuojama taikant efektyvųjį vinių skaičių n_{ef} :

$$n_{ef} = n^{k_{ef}}$$

čia:

n_{ef} – efektyvusis vinių skaičius;

n – vinių skaičius eilėje;

k_{ef} – patikslinimo koeficientas.

8.1 lentelė. k_{ef} reikšmės

Tarpai ^a	k_{ef}	
	Skylės neišgręžtos	Skylės išgręžtos
$a_1 \geq 14d$	1,0	1,0
$a_1 = 10d$	0,85	0,85
$a_1 = 7d$	0,7	0,7
$a_1 = 4d$	–	0,5
^a Tarpinėms k_{ef} reikšmėms nustatyti leidžiama taikyti tiesinę interpoliaciją.		

Jungtys metaliniais tvirtikliais

Varžtinės jungtys (1)

Su pluoštu lygiagrečios n varžtų eilės laikomoji galia lygiagrečiai su pluoštu turėtų būti apskaičiuojama taikant efektyvųjų varžtų skaičių n_{ef} :

$$n_{ef} = \min \begin{cases} n \\ n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \end{cases}$$

čia:

a_1 – tarpas tarp varžtų pluošto kryptimi;

d – varžto skersmuo;

n – varžtų skaičius eilėje.

Jei apkrova veikia statmenai pluošto, efektyvusis tvirtiklių skaičius turėtų būti lygus:

$$n_{ef} = n$$

Jungtys metaliniais tvirtikliais

Medsraigtinės jungtys (1)

Medsraigčio srieginės dalies įtaka jo laikomajai galiai turi būti įvertinama taikant efektyvųjį skersmenį d_{ef} .

Medsraigčiams lygiu kotu, kurių $d > 6 \text{ mm}$, galioja varžtinėms jungtims pateikiamos taisyklės.

Medsraigčiams lygiu kotu, kurių skersmuo ne didesnis kaip 6 mm , galioja vininėms jungtims pateikiamos taisyklės.

Jungties, kurios medsraigčių grupė yra apkrauta su kotu luygiagrečia dedamąja, efektyvusis varžtų skaičius nustatomas taip:

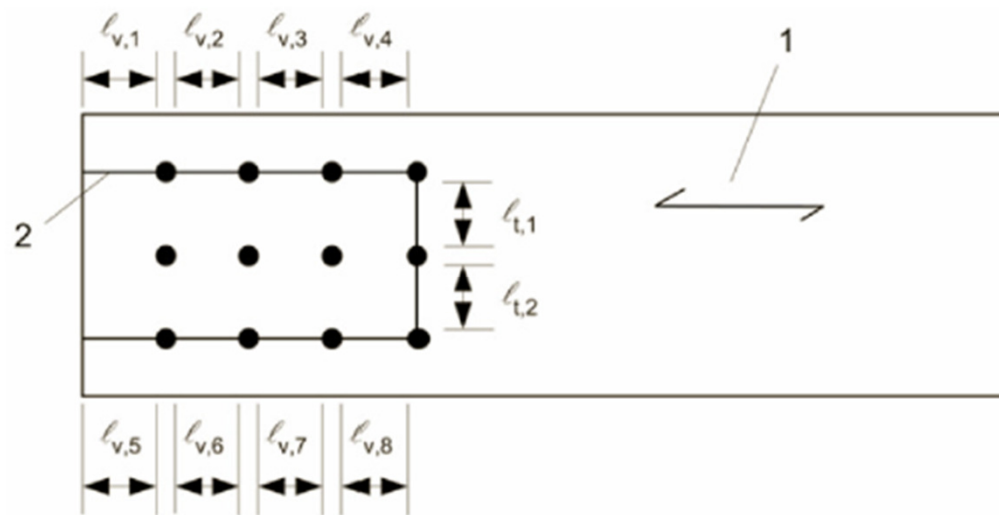
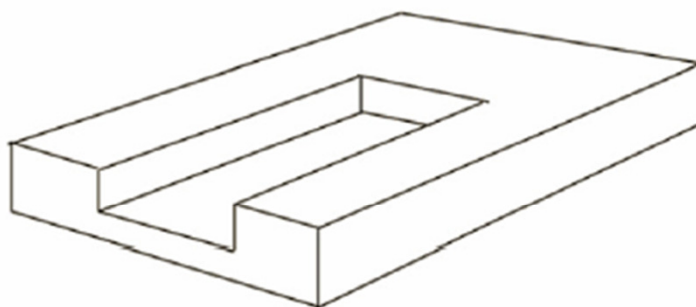
$$n_{ef} = n^{0,9}$$

čia:

n_{ef} – efektyvusis medsraigčių skaičius;

d – jungties medsraigčių skaičius.

Jungtys metaliniais tvirtikliais *Medienos bloko irtis dėl šlyties (1)*



Paiškinimas:

- 1 – pluošto kryptis;
- 2 – irties linija.

Jungtys metaliniais tvirtikliais

Medienos bloko irtis dėl šlyties (2)

Plieno jungčių su mediena, sudarytų iš daugelio virbalinių tvirtiklių, kuriuos netoli medinio elemento galo veikia su pluoštu lygiagreti jėgos dedamoji, irtis išilgai tvirtiklių zonos perimetro laikomoji galia turėtų būti apskaičiuojama:

$$F_{bs,Rk} = \max \begin{cases} 1,5 \cdot A_{net,t} \cdot f_{t,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot f_{v,k} \end{cases}$$

$$A_{net,t} = L_{net,t} \cdot t_1$$

irties formos (c, f, j / l, k, m)

$$A_{net,v} = \begin{cases} L_{net,v} \cdot t_1 \\ \frac{L_{net,v}}{2} (L_{net,t} + 2 \cdot t_{ef}) \end{cases}$$

visos kitos irties formos

kur:

$$L_{net,v} = \sum_i l_{v,i}$$

$$L_{net,t} = \sum_i l_{t,i}$$

Jungtys metaliniais tvirtikliais

Medienos bloko irtis dėl šlyties (3)

$$t_{ef} = \begin{cases} 0,4 \cdot t_1 & \text{irties } f.(a) \\ 1,4 \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} & \text{irties } f.(b) \end{cases} \quad t_{ef} = \begin{cases} 2 \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} & \text{irties } f.(e,h) \\ t_1 \left[\sqrt{2 + \frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] & \text{irties } f.(d,g) \end{cases}$$

kur:

$M_{y,Rk}$ – tvirtiklio charakteristinis takumo momentas;

d – tvirtiklio skersmuo;

$f_{t,0,k}$ – medinio elemento charakteristinis tempiamasis stipris;

$f_{y,k}$ – medinio elemento charakteristinis šlyjamasis stipris;

$f_{h,k}$ – medinio elemento charakteristinis vietinis stipris;

t_1 – medinio elemento storis arba tvirtiklio įsmigimo gylis.



VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Mazgų dalinio standumo vertinimas medinėse konstrukcijose. Komponentų metodo taikymas medinėms konstrukcijoms

Parengė: dr. Tomas Gečys, Metalinių ir kompozitinių konstrukcijų katedra, Statybos fakultetas

Komponentų metodo esmė

Komponentų metodas (*angl.* Component method) dar vadinamas spyruoklių metodu. Metodas skirtas mazgų lenkiamosios laikomosios galios M_j ir pradinio sukamojo standžio $S_{j,ini}$ skaičiavimams.

Komponentų metodas aptartas EN1993 „Plieninių konstrukcijų projektavimas“. Pateikiama kolonos ir sijos; sijos ir sijos; bei kolonos ir pamato sukamojo standžio nustatymo metodika.

EN1995 nėra pateikiama metodika mazgo sukamajam standžiui nustatyti, tačiau pagal EN 1995, 5 skyrių „Konstrukcijų analizės pagrindai“, mazgų įtaka turi būti vertinama.

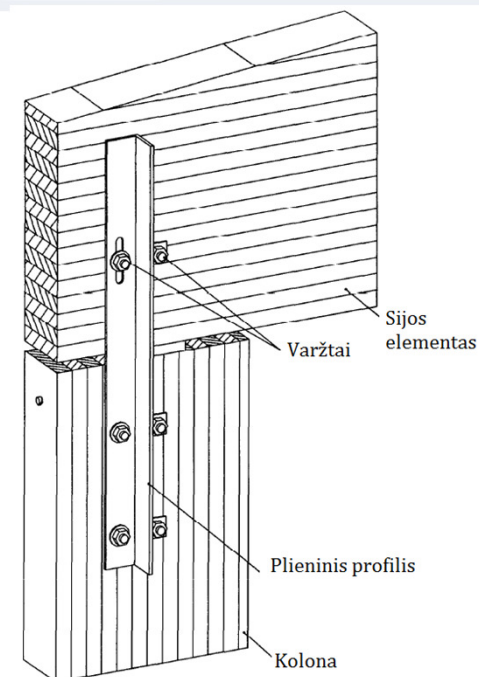
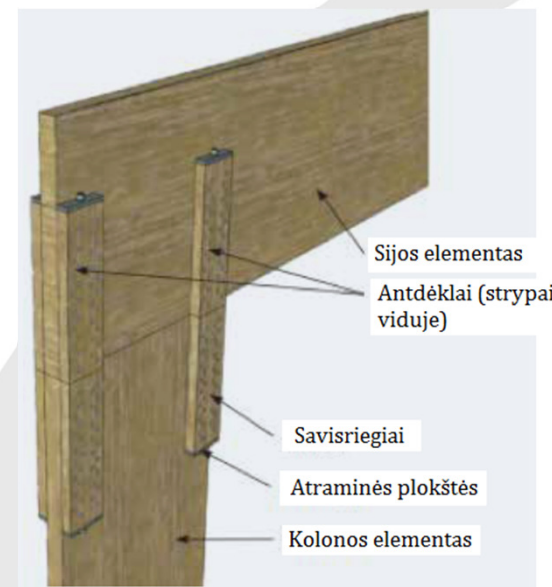
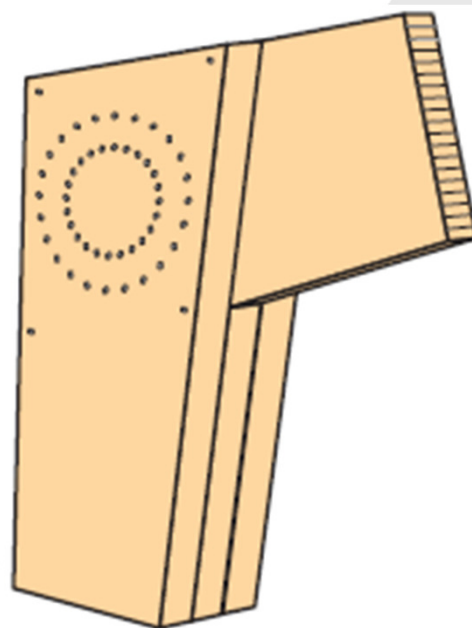
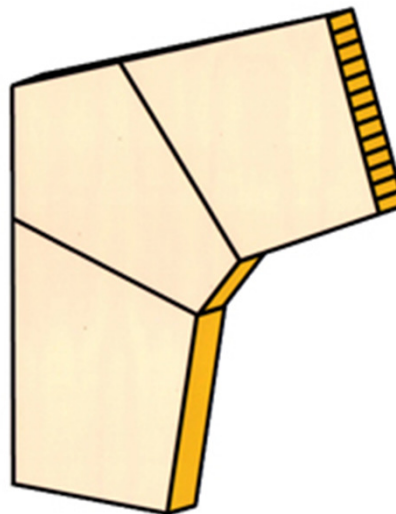
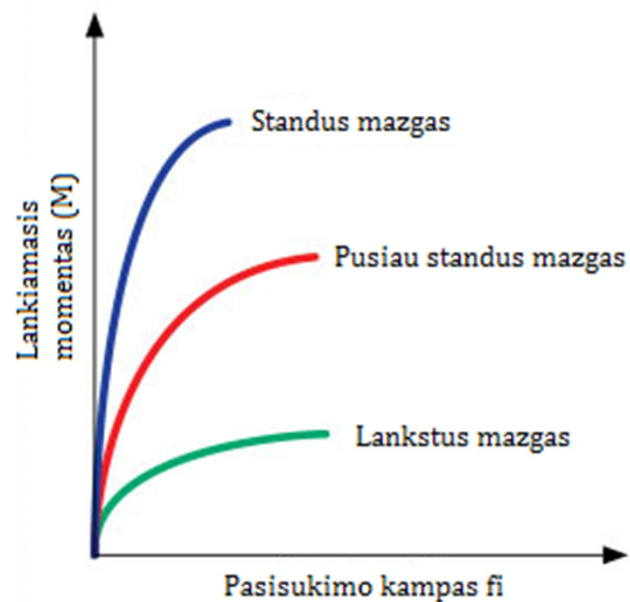
Konstrukcijų, kurios gali perskirstyti vidines jėgas per reikiamo lankstumo jungtis, elementų vidinėms jėgoms skaičiuoti gali būti taikomi tamprieji plastiniai modeliai.

Konstrukcijos ar jos dalies vidinių jėgų skaičiavimo metodas turi būti toks, kad įvertintų jungčių deformacijų efektą.

Paprastai jungčių deformacijų įtaka turėtų būti įvertinama pagal jų standumą (sukamąjį ar slenkamąjį) arba pagal nustatytas poslinkio reikšmės, kurios yra jungties apkrovimo lygmens funkcija.

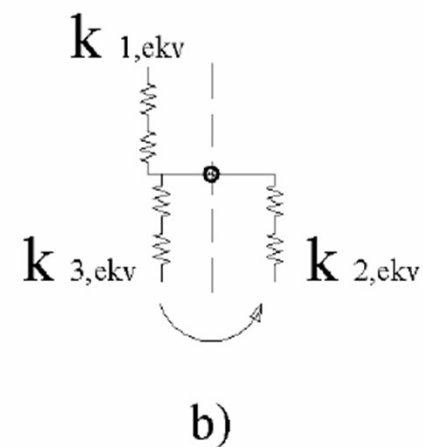
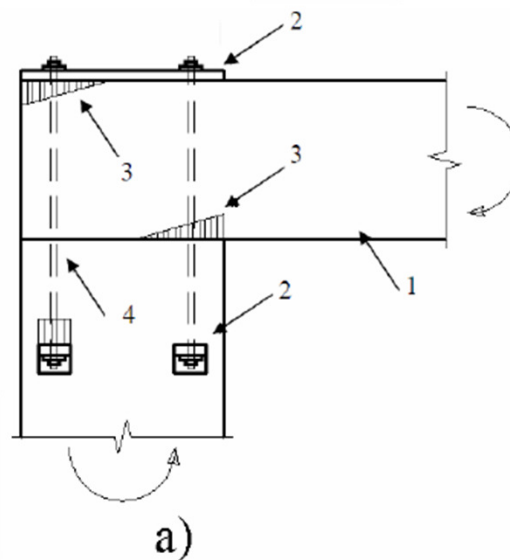
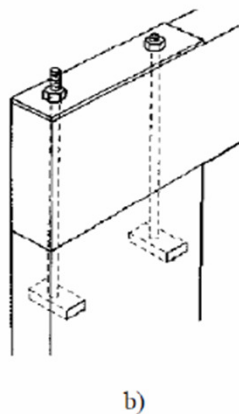
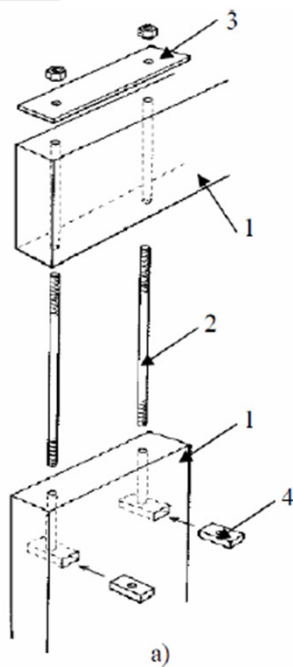
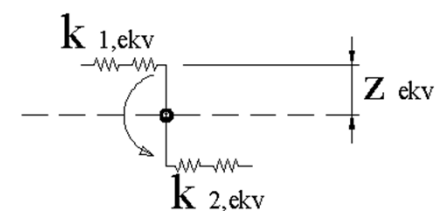
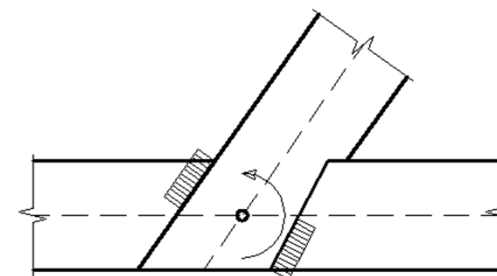
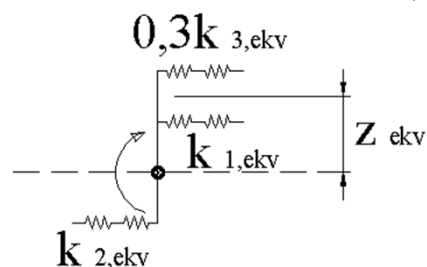
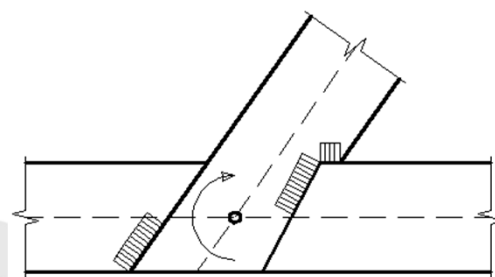
Mazgo sukamojo standžio įvertinimas (1)

Mazgo sukamasis standis apibūdinamas M - φ kreive.



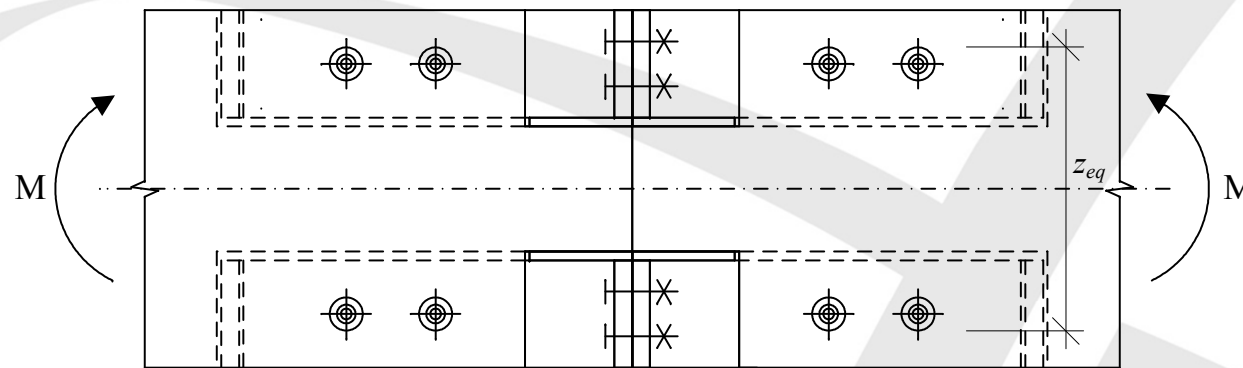
Mazgo sukamojo standžio įvertinimas (2)

Sudaromas analizuojamo mazgo mechaninis modelis ir išskiriami visi aktyvūs komponentai.



Mazgo sukamojo standžio įvertinimas (3)

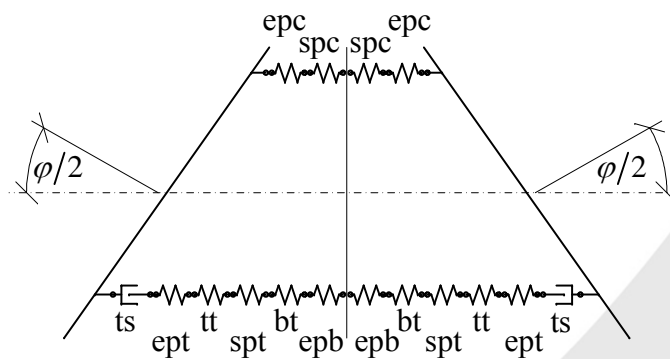
Išskiriami komponentai, kurie yra **tampriai plastiniai**, o kurie analizuojami kaip **standūs**.



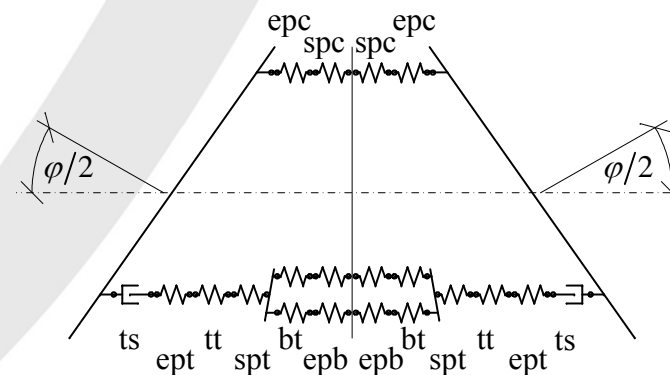
 Tampriai plastinis komponentas

a)

 Standus komponentas



b)



c)

Mazgo sukamojo standžio įvertinimas (4) *(Mjosta bokšto atvejis)*



Mazgo sukamojo standžio įvertinimas (5)

Mazgo lenkiamoji laikomoji galia nustatoma pagal išraišką:

$$M_{j,Rd} = \sum_{i=1}^{n_r} h_r \cdot F_{tr,Rd}$$

čia: $F_{tr,Rd}$ – efektyvioji skaičiuotinė r varžtų eilės tempiamoji galia; h_r – r varžtų eilės atstumas iki gniuždymo centro; r – varžtų eilės numeris.

Mazgo sukamojo standžio įvertinimas (6)

Mazgo sukamasis standis apskaičiuojamas pagal išraišką:

$$S_j = \frac{E \cdot z^2}{\mu \cdot \sum \frac{1}{k_i}}$$

Jungtims, kuriose yra kelios skirtingos medžiagos (mediena ir plienas), standis nustatomas pagal:

$$S_j = \frac{z^2}{\mu \cdot \sum \frac{1}{E_i \cdot k_i}}$$

čia k_i – pagrindinio mazgo komponento i standžio koeficientas; z – ekvivalentinis petys; μ – standžio santykis tarp pradinio jungties standžio ir galutinio; E_i – i -ojo komponento tamprumo modulis.

Mazgo sukamojo standžio įvertinimas (7)

Mazgo pradinis sukamasis standis $S_{j,ini}$ nustatomas taikant anksčiau pateiktą išraišką ir priėmus $\mu = 1,0$.

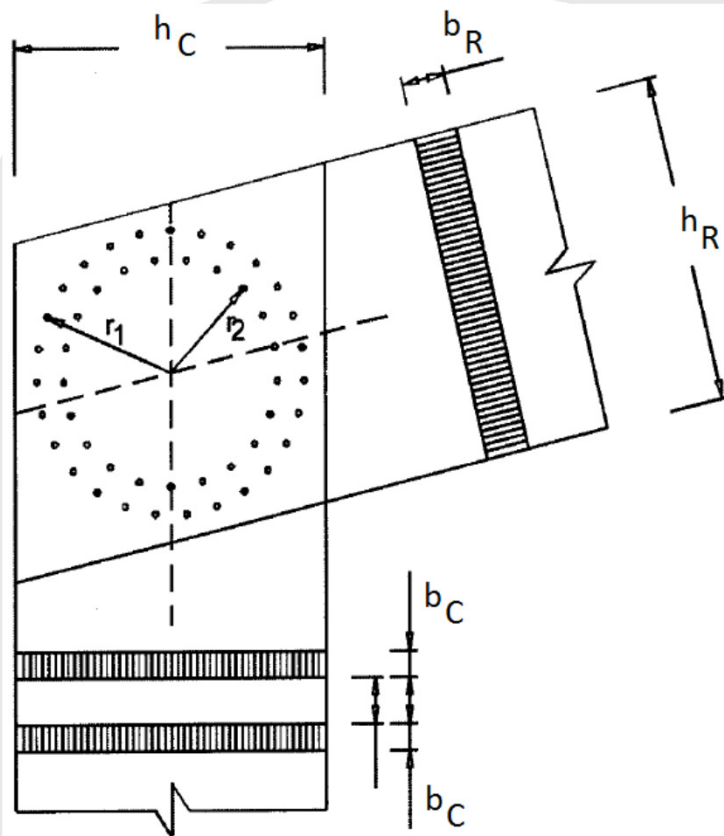
Plieninių konstrukcijų mazgams pagal LST EN 1993-1-8, taikoma išraiška:

$$\begin{cases} \text{kai } M_{j,Ed} \leq 2/3 \cdot M_{j,Rd}, \text{ tai } \mu = 1,0; \\ \text{kai } 2/3 \cdot M_{j,Rd} < M_{j,Ed} \leq M_{j,Rd}, \text{ tai } \mu = \left(1,5 \cdot M_{j,Ed} / M_{j,Rd}\right)^{\psi} \end{cases}$$

Medinių konstrukcijų mazgams riba, iki kurios taikomas $\mu = 1,0$ nustatoma priklausomai nuo mazgo tipo, dažniausiai tamprioji dalis yra $2/5 \cdot M_{j,Rd}$.

Mazgo sukamojo standžio įvertinimas (8)

Mazge, kuriame išskiriamas vienas aktyvus komponentas, sukamasis standis nustatomas, kaip pavyzdžiui:



$$S_{j,ini} = 2 \cdot K_{ser} \cdot (n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2)$$

[kNm/rad]

Mazgo sukamojo standžio įvertinimas (9)

Mazgo **metalinės** dalies
komponentai pateikiami LST
EN 1993-1-8



Standžio koeficientai, kurie
žymimi k_i [m]

Nustatomi pagal LST EN
1993-1-8, 6.11 lentelę.

Mazgo **medinės** dalies
komponentai pateikiami LST
EN 1995-1-1



Poslinkio modulis, kuris
žymimas K_{ser} [N/mm]

Nustatomi pagal LST EN
1995-1-1, 7.1 lentelę.

7.1 lentelė. Medienos jungtims su mediena ir medienos plokščių jungtims su mediena taikomos virbalinių ir spraustelinių tvirtiklių K_{ser} reikšmės (N/mm)

Tvirtiklio tipas	K_{ser}
Kaiščiai Varžtai su protarpiu arba be jo ^a Medsraigčiai Vinys (kurioms gręžiamos skylės)	$\rho_m^{1,5} d/23$
Vinys (kurioms negręžiamos skylės)	$\rho_m^{1,5} d^{0,8}/30$
Kabės	$\rho_m^{1,5} d^{0,8}/80$
A tipo pagal EN 912 žiediniai sprausteliai B tipo pagal EN 912 plokšteliniai sprausteliai	$\rho_m d/2$
Dantytieji sprausteliai	
– C1–C9 tipų pagal EN 912	$1,5 \rho_m d/4$
– C10 ir C11 tipų pagal EN 912	$\rho_m d/2$
^a protarpis turėtų būti atskirai pridedamas prie deformacijos.	

Metalo komponentų standžio koeficientai

6.11 lentelė. Pagrindinių mazgų komponentų standžio koeficientai

Komponentas	Standžio koeficientas k_i	
Šlyties veikiamą kolonos sienelę	Nestandinta, vienpusis mazgas arba dvipusis mazgas, kurio sijų aukštis yra panašus	standinta
	$k_1 = \frac{0,38 A_{VC}}{\beta z}$;	$k_1 = \infty$.
	z – petys iš 6.15 paveikslo; β – transformacijos parametras pagal 5.3(7).	
Gniuždymo veikiamą kolonos sienelę	nestandinta	standinta
	$k_2 = \frac{0,7 b_{eff,c,wc} t_{wc}}{d_c}$;	$k_2 = \infty$.
	$b_{eff,c,wc}$ – efektyvusis plotis pagal 6.2.6.2.	
Tempimo veikiamą kolonos sienelę	standinta arba nestandinta varžtinė jungtis, kurioje tempimo yra veikiamą viena varžtų eilė, arba nestandinta virintinė jungtis	standinta virintinė jungtis
	$k_3 = \frac{0,7 b_{eff,t,wc} t_{wc}}{d_c}$;	$k_3 = \infty$.
	$b_{eff,t,wc}$ – tempimo veikiamos kolonos sienelės efektyvusis plotis pagal 6.2.6.3. Jei tempimas veikia vieną mazgo varžtų eilę, $b_{eff,t,wc}$ turi būti laikomas lygiu mažiausiajam iš efektyviųjų ilgių ℓ_{eff} (atskirai arba kaip varžtų eilių grupės daliai), šiai varžtų eilei nurodytą 6.4 lentelėje (nestandintai kolonos juostai) arba 6.5 lentelėje (standintai kolonos juostai).	

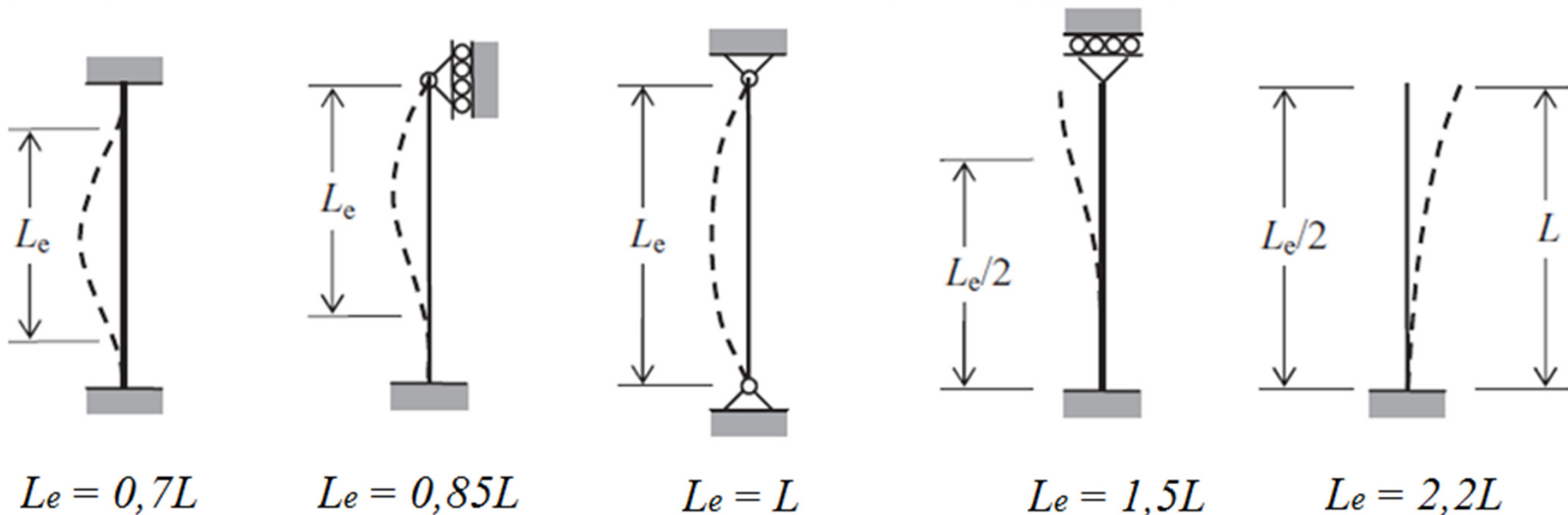
6.11 lentelė (tęsinys)

Komponentas	Standžio koeficientas k_i	
Lenkimo veikiamą kolonos juostą (kai tempimo yra veikiamą viena varžtų eilė)	$k_4 = \frac{0,9 \ell_{eff} t_{fc}^3}{m^3}$;	
	ℓ_{eff} – mažiausias iš efektyviųjų ilgių ℓ_{eff} (atskirai arba kaip varžtų eilių grupės daliai), šiai varžtų eilei nurodytą 6.4 lentelėje (nestandintai kolonos juostai) arba 6.5 lentelėje (standintai kolonos juostai); m – nurodytas 6.8 paveiksle.	
Lenkimo veikiamą galinę plokštelę (kai tempimo yra veikiamą viena varžtų eilė)	$k_5 = \frac{0,9 \ell_{eff} t_p^3}{m^3}$;	
	ℓ_{eff} – mažiausias iš efektyviųjų ilgių ℓ_{eff} (atskirai arba kaip varžtų eilių grupės daliai), šiai varžtų eilei nurodytą 6.6 lentelėje; m – paprastai nurodytas 6.11 paveiksle, tačiau jei varžtų eilė yra pailgintos galinės plokštelės ilginamojoje dalyje: $m = m_x$, kur m_x yra nurodytas 6.10 paveiksle.	
Lenkimo veikiamą juostos jungiamąsį kampuočių	$k_6 = \frac{0,9 \ell_{eff} t_a^3}{m^3}$;	
	ℓ_{eff} – juostos jungiamojo kampuočio efektyvusis ilgis pagal 6.12 paveikslą; m – nurodytas 6.13 paveiksle.	
Tempimo veikiami varžtai (viena varžtų eilė)	$k_{10} = 1,6 A_s / L_b$ – įtempiamieji arba neįtempiamieji; L_b – varžto pailgėjimo ilgis, kuris lygus aprėpiamajam ilgiui (bendram elementų ir poveržlių storiui) pridedant pusę varžto galvutės ir veržlės aukščių sumos.	
	neįtempiamieji	įtempiamieji ^{*)}
	k_{11} (arba k_{17}) = $\frac{16 n_b d^2 f_{ub}}{E d_{M16}}$;	$k_{11} = \infty$.
Kirpimo veikiami varžtai	d_{M16} – M16 varžto vardinis skersmuo;	
	n_b – kirpimo veikiamų varžtų eilių skaičius.	

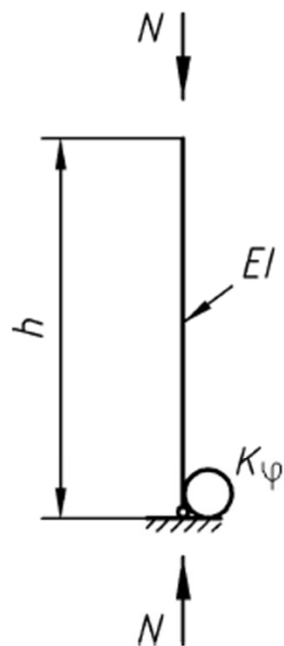
Mazgo sukamojo standžio poveikis elemento skaičiuojamajam ilgiui (1)

Įvertinus faktinį mazgo standumą, nustatomas elemento efektyviojo ilgio koeficientas.

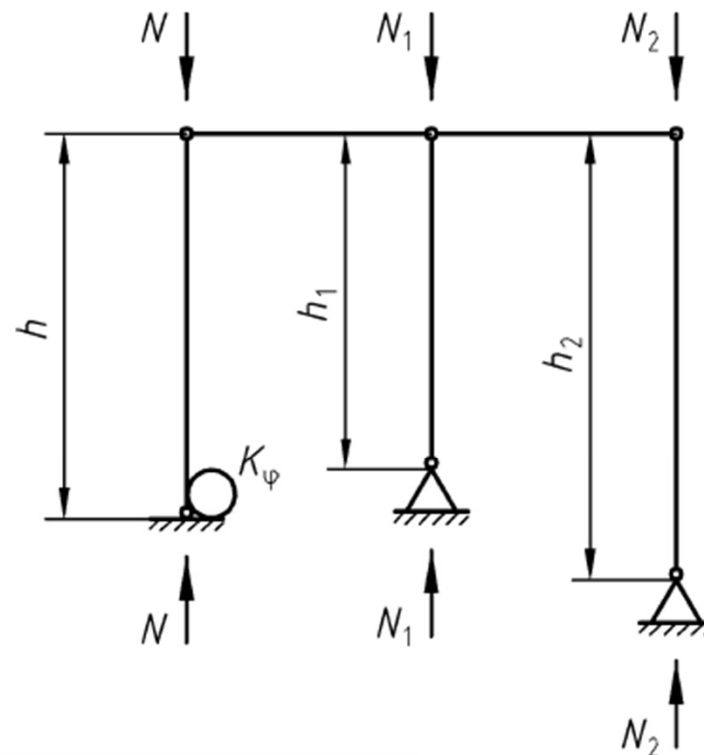
Klasikinis elemento klumpamojo ilgio nustatymas idealizuojant mazgus kaip lanksčius, ar kaip standžius.



Mazgo sukamojo standžio poveikis elemento skaičiuojamajam ilgiui (2)



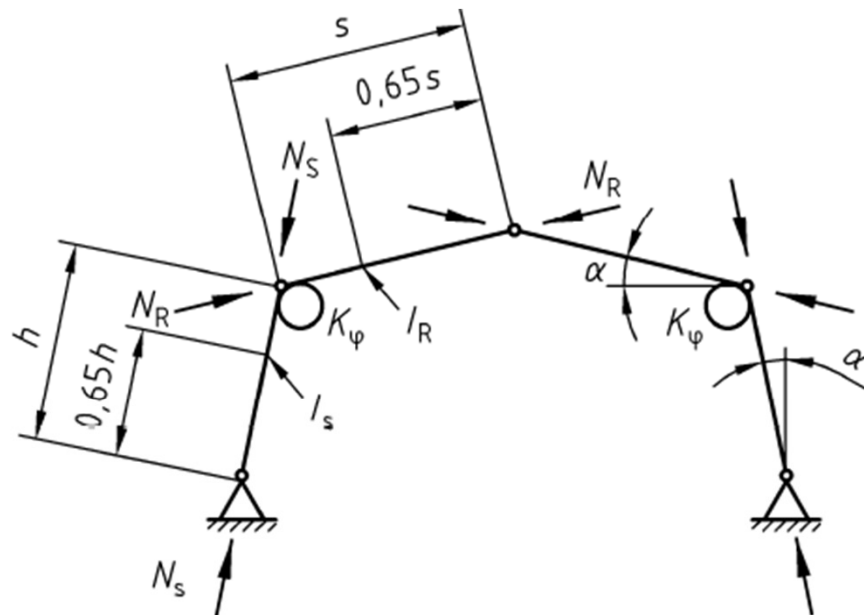
$$\mu = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{h \cdot K_\varphi}}$$



$$\mu = \sqrt{\left(4 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{h \cdot K_\varphi}\right) \cdot (1 + \alpha)}$$

$$\alpha = \frac{h}{N} \cdot \sum \frac{N_i}{h_i}$$

Mazgo sukamojo standžio poveikis elemento skaičiuojamajam ilgiui (3)

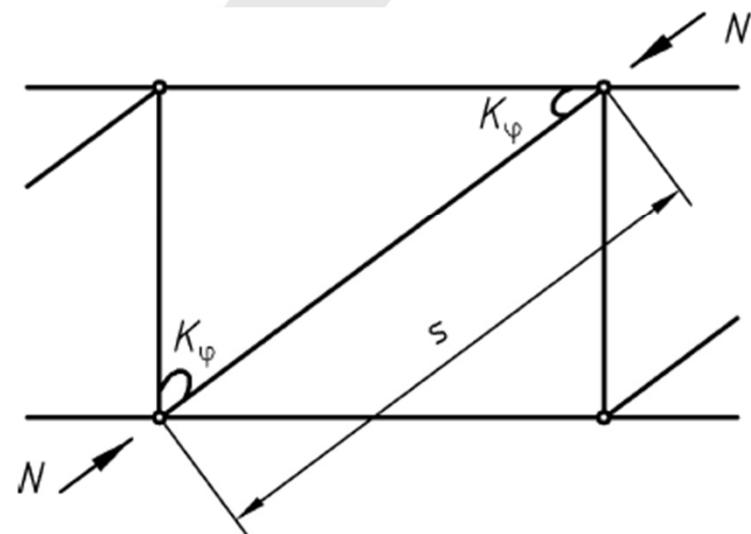


Kolonai: $\ell_{ef} = \mu_s \cdot h$ ($\alpha \leq 15^\circ$)

$$l_{C,eff} = l_s \sqrt{4 + \left(3,2 \frac{I_{C,eff} \cdot l_R}{I_{R,eff} \cdot l_S} \right) + \left(10 \frac{E \cdot I_{C,eff}}{l_S \cdot K_{r,u,d}} \right)}$$

Sijai: $\ell_{ef} = \mu_R \cdot s$ ($\alpha \leq 20^\circ$)

$$l_{R,eff} = l_s \sqrt{4 + \left(3,2 \frac{I_{C,eff} \cdot l_R}{I_{R,eff} \cdot l_S} \right) + \left(10 \frac{E \cdot I_{C,eff}}{l_S \cdot K_{r,u,d}} \right) \sqrt{\frac{I_{R,eff} \cdot N_{d,C}}{I_{C,eff} \cdot N_{d,R}}}}$$



($K_\phi \approx 0$): $\mu = 1,0$

($K_\phi \gg 0$): $\mu = 0,8$



Mazgo sukamojo standžio poveikis pastato deformacijoms

Įvertinus mazgų sukamąjį standį, lenkiamieji momentai persiskirstyti iki 30 proc.

Pastato poslinkiai bei elementų įlinkiai gali padidėti iki 20proc. įvertinus mazgų sukamąjį standį.

Elemento klumpamojo ilgio koeficientas gali padidėti iki kelių kartų, įvertinus mazgo sukamąjį standį.