



Novi dijelovi Eurokoda 5 – dokument tehničke specifikacije i revidirani dijelovi EC5

Vlatka Rajčić

Sadržaj

- Završeni dokumenti:

1. Tehnička specifikacija

Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija

TS 1995-3 Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

2. Revidirani EN 1995-1-1

Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija

Projektiranje križno-ljepljenih lameliranih konstrukcija (novi dijelovi revidiranog Eurokoda 5-1-1)



Sadržaj

- Završeni dokumenti:

3. Revidirani EN 1995-1-1

Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija

Projektiranje ojačanja (novi dijelovi revidiranog Eurokoda 5-1-1)



Dokumenti u izradi

4. Revidirani EN 1995-1-1

Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija

SC5. PT3: Klaster grupa (novi dijelovi revidiranog Eurokoda 5-1-1)- do kraja travnja 2020

- 1) Tlak okomito na vlakanca
- 2) Stabilnost
- 3) Rupe u gredama (Holes in beams)
- 4) Stupovi za temeljenje
- 5) Otpornost panela na horizontalno cikličko opterećenje
- 6) Vibracije
- 7) Osnove i materijal (robusnost, dodatna objašnjenja K_{ser} i drugo)
poveznica sa WG10



Dokumenti u izradi

Revidirani EN 1995-1-1

Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija

- SC5. PT4: Projektiranje drvenih konstrukcija na požarno opterećenje** (novi dijelovi revidiranog Eurokoda 5-1-2)
- SC5.PT5 : Spojevi** (novi dijelovi revidiranog Eurokoda 5-1-1)
- SC5.PT6: Mostovi** (novi dijelovi revidiranog Eurokoda 5-2)



Formalno glasanje

FV	Count of Eurocode part
1.4.2019	
TS XXXX on assessment	1
TS XXXX on structural glass (PART 1)	1
TS XXXX on structural glass (PART 2)	1
TS XXXX on structural glass (PART 3)	1
01/04/2019 Total	4
1.10.2019	
EN 1991-1-2	1
TS 1995-3	1
01/10/2019 Total	2
1.4.2020	
EN 1996-1-1	1
01/04/2020 Total	1
1.10.2020	
EN 1991-2	1
01/10/2020 Total	1
1.4.2021	
EN 1993-1-1	1
EN 1993-1-8	1



Formalno glasanje

1.10.2024

EN 1993-2	1
EN 1993-3	1
EN 1993-4-1	1
EN 1993-5	1
EN 1995-2	1
EN 1998-2	1

1.10.2024 Total

6

1.4.2025

EN 1995-1-1	1
EN 1998-1	1



Završeni dokumenti:

Revidirani EN 1995-1-1

Projektiranje križno-ljepljenih lameliranih konstrukcija (novi dijelovi revidiranog Eurokoda 5-1-1)

Sadržaj:

1.2 Područje EN 1995-1-1

(1) EN 1995 applies to the design of buildings and civil engineering works in timber (solid timber (sawn, planed or in pole form, structural finger jointed timber, glued solid timber, glued laminated timber, cross laminated timber and structural laminated veneer lumber) or wood-based panels jointed together with adhesives or mechanical fasteners. It... ((continue with existing text))



Projektiranje križno-ljepljenih lameliranih konstrukcija (novi dijelovi revidiranog Eurokoda 5-1-1 (SADRŽAJ DOKUMENTA))

Uvod

1. Područje
2. Normativne reference
3. Termini, definicije, simboli (dodani postojećim)
4. Osnove proračuna
 - 4.1.1. Dokaz metodom parcijalnih koef. sigurnosti

Table 2.3 - Recommended partial factors γ_M for material properties and resistances

Glued laminated timber and cross laminated timber	1,25
---	------

5. Materijal

5.3.2.1 Utjecaj trajanja opterećenja i uporabne klase na čvrstoće

Table 3.1 - Values of k_{mod} for timber and wood-based materials

Material	Standard	Service-class	Load duration class				
			Permanent action	Long term action	Medium term action	Short term action	Instantaneous action
Cross laminated timber	EN 16351	1	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1
		2	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1



Projektiranje križno-ljepljenih lameliranih konstrukcija (novi dijelovi revidiranog Eurokoda 5-1-1 (SADRŽAJ DOKUMENTA))

5. Materijal

5.3.2.2. Utjecaj trajanja opterećenja i uporabne klase na deformacije

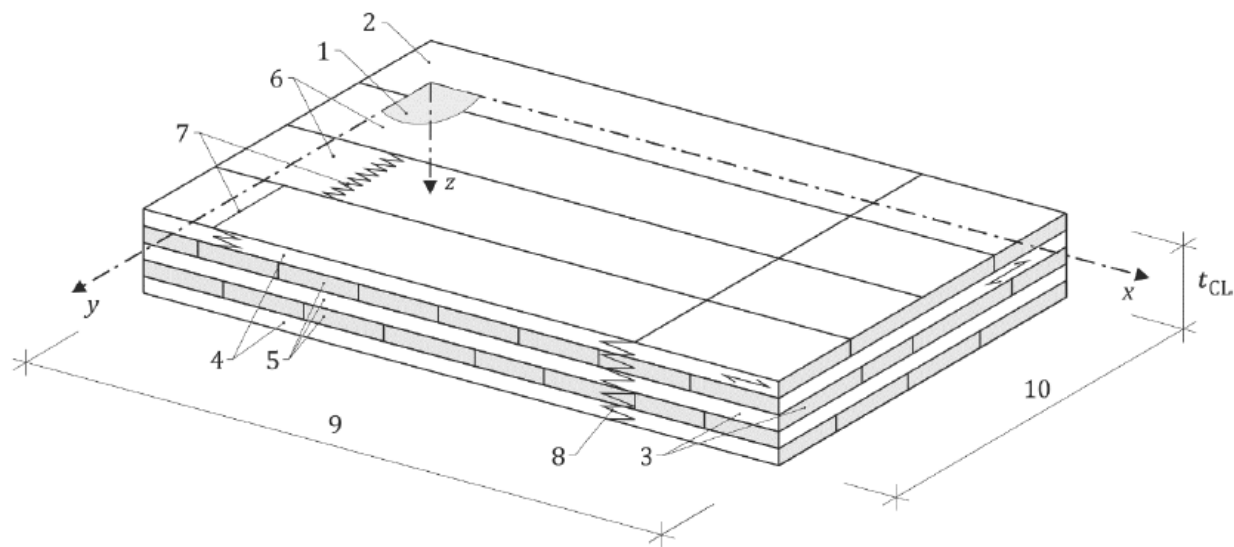
5.3.2.2 Load-duration and moisture influences on deformations

((Table 3.2)) - Values of k_{def} for timber and wood-based materials

Material	Standard	Service class		
		1	2	3
Cross laminated timber	EN 16351	0,80	1,00	-



Projektiranje križno-ljepljenih lameliranih konstrukcija (novi dijelovi revidiranog Eurokoda 5-1-1 (SADRŽAJ DOKUMENTA))



Key			
1	plane of the element	2	wide face
3	narrow face	4	outer layer
5	inner layer	6	lamination
7	finger joint in a lamination	8	large finger joint
9	width b_{CL} of plate or height h_{CL} of beam subjected to bending stresses perpendicular to grain of outermost layers	10	width b_{CL} of plate or height h_{CL} of beam subjected to bending stresses parallel to grain of outermost layers

Figure PT.1-1.1 – Cross laminated timber

Križnoljepljeno-lamelirano drvo proizvedeno je u skladu s normom EN 16351 ili Europskom tehničkom procjenom na temelju europskog dokumenta o ocjenjivanju EAD 130005-00-0304: 2015.

Projektiranje križno-ljepljenih lameliranih konstrukcija (novi dijelovi revidiranog Eurokoda 5-1-1 (SADRŽAJ DOKUMENTA))

Ako se čvrstoća i krutost eksplicitno ne odnose na bruto poprečni presjek križnog lameliranog drva, one se odnose na **referentni presjek slojeva** sa smjerom vlakana paralelno s dotičnim naprezanjem.

Za poprečno lamelirano drvo koje ima različite slojeve od onih danim na slikama, svojstva križnog lameliranog drva dobivaju se iz svojstava poprečnog presjeka prema kompozitnoj teoriji

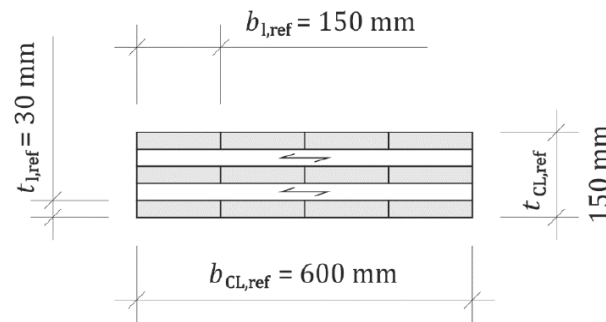


Figure BI.1: Reference cross sections for cross laminated timber according to [Schickhofer et al., 2015]

Table PT.1-5.3 – Characteristic values of strength and stiffness in N/mm² and density in kg/m³ for cross laminated timber comprising timber layers derived from the properties of the timber laminations¹⁾

Property		Symbol	Value	Example for cross laminated timber of class CL24 ²⁾
Bending strength	for bending moments out of plane, see Figure PT.1-8.13	$f_{m,x,k}$ $f_{m,y,k}$	$3 f_{t,0,l,k}^{0,8}$	24,0
	for bending moments in plane, see Figure PT.1-8.13	$f_{m,edge,x,k}$ $f_{m,edge,y,k}$	$f_{m,l,k}^{3)}$	20,5
Tensile strength	in plane	$f_{t,x,k}^{4)}$ $f_{t,y,k}^{4)}$	$1,2 f_{t,0,l,k}$	16,0
	perpendicular to the plane	$f_{t,z,k}$	0,50	0,50
Compression strength	in plane	$f_{c,x,k}$ $f_{c,y,k}$	$3 f_{t,0,l,k}^{0,8}$	24,0
	perpendicular to the plane	$f_{c,z,k}$	3,00	3,00
Shear strength out of plane	longitudinal	$f_{v,k}$	3,50	3,50
	rolling shear	$f_{r,k}$	$\min \begin{cases} 0,2 + 0,3 \frac{b_1}{t_1}^{5)}$ 1,4	0,80 ⁶⁾
Shear and torsional shear strength in plane	shear strength of the effective cross-section	$f_{v,xy,k}$ $f_{v,yx,k}$	5,50	5,50

Table PT.1-5.3 – Characteristic values of strength and stiffness in N/mm² and density in kg/m³ for cross laminated timber comprising timber layers derived from the properties of the timber laminations (continued)¹⁾

Property		Symbol	Value	Example for cross laminated timber of class CL24 ²⁾
Shear and torsional shear strength in plane	torsional shear strength of the glued area of crosswise bonded laminations	$f_{\text{tor,node,k}}$	2,50	2,50
	rolling shear	$f_{r,k}$	As for shear strength out of plane	
Modulus of Elasticity	loaded in plane	$E_{x,\text{mean}}$ $E_{y,\text{mean}}$	1,05 $E_{0,l,\text{mean}}^{7)}$	11.600 ⁷⁾
	loaded perpendicular to the plane	$E_{z,\text{mean}}$	450 ⁷⁾	450 ⁷⁾
Shear Modulus	Loaded out of plane	$G_{xz,\text{mean}}$ $G_{yz,\text{mean}}$	$G_{l,\text{mean}}^{7)}$	650 ⁷⁾
	loaded in plane	$G_{xy,\text{mean}}$ $G_{yx,\text{mean}}$ $G_{\text{tor},\text{mean}}$	$\min \left\{ \begin{array}{l} \frac{650^{5),7),8)}}{\left(1 + 2,6 \left(\frac{t_1}{b_1}\right)^{1,2}\right)} \\ 450 \end{array} \right.$	450 ^{6),7),8)}
Shear Modulus	rolling shear	$G_{r,\text{mean}}$	$\min \left\{ \begin{array}{l} 30 + 17,5 \left(\frac{b_1}{t_1}\right)^{5),7)} \\ 100 \end{array} \right.$	65,0 ^{6),7)}
Density		ρ_k	1,1 $\rho_{k,9)}$	385 ⁹⁾
		ρ_{mean}	$\rho_{l,\text{mean}}$	420

Projektiranje križno-ljepljenih lameliranih konstrukcija

Konstrukcijska analiza

Sagledani su problemi konstrukcijskih križnoljepljeno lameliranih drvenih elemenata pod opterećenjima u ravnini (npr. dijafragmama) ili izvan ravnine (npr. ploča) ili pod kombinacijom oba opterećenja.

Model izračuna mora uzeti u obzir

- utjecaj lay up (slojeva), npr. debljine, materijala i orijentacija slojeva, utjecaj razmaka, veličini lamela;
- utjecaj raspodjele opterećenja, statičkog sustava i polaganja križnog lameliranog drva na raspodjelu naprezanja i deformacija u poprečnom presjeku;
- učinke posmične deformacije;
- učinke lokalnih koncentracija naprezanja, npr. reakcije na osloncima, sile u spojevima, učinci otvora i zareza
- prijenos unutarnjih naprezanja (npr. torzija ljepila, smicanje blokova zbog spojeva)



Projektiranje križno-ljepljenih lameliranih konstrukcija

Konstruktivska analiza

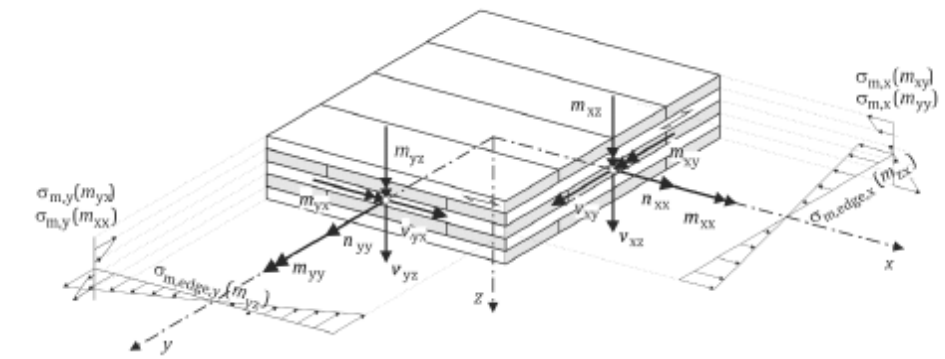
Granično stanje nosivosti

Projektiranje elemenata opterećenih u jednom glavnom smjeru (definirane su slijedeće provjere)

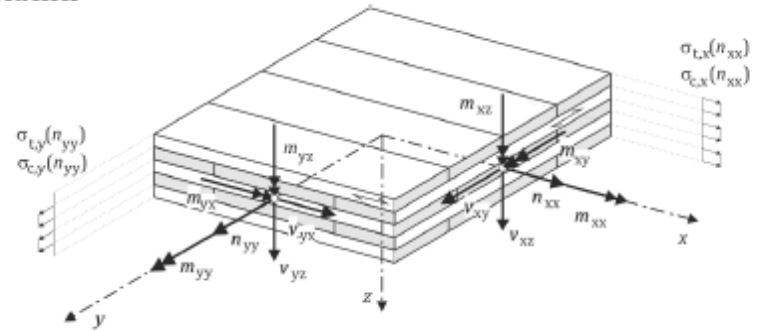
- Vlak paralelno s vlaknima
- Vlak okomito na vlakna
- Tlak paralelno s vlaknima
- Tlak okomito na vlakna
- Savijanje
- Posmik, kombinirani posmik
- Stabilnost elemenata



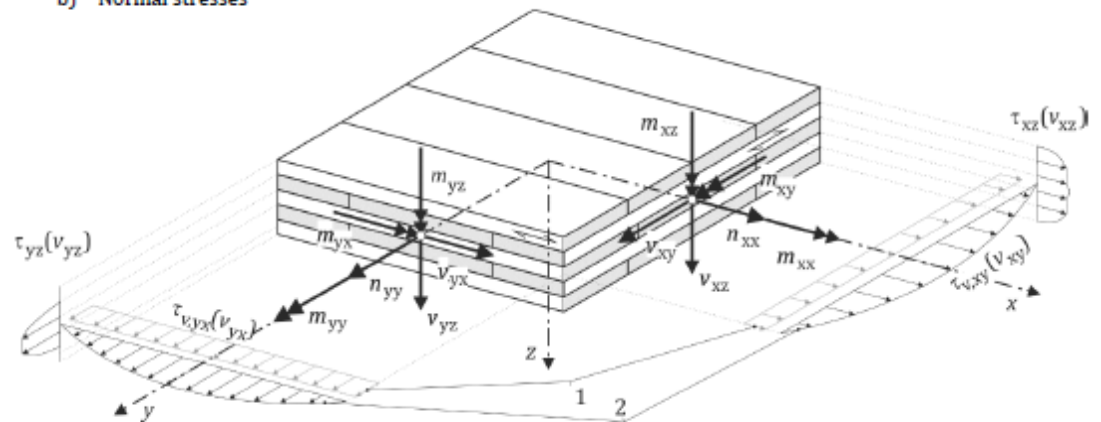
Oznake naprezanja, sila i momenta kao primjeri raspodjele naprezanja u križnojlepljenom laminiranom drvenom elementu



a) Bending stresses



b) Normal stresses



Key

1 Constant shear stress distribution

2 Parabolic shear stress distribution

c) Shear stresses

Projektiranje križno-ljepljenih lameliranih konstrukcija

Granično stanje uporabivosti (kriteriji frekvencije, krutosti i akceleracije) – potpuno različiti u odnosu na postojeće zahtjeve

Tablica PT.1-9.4 Predloženi zahtjevi za frekvenciju, krutost i kriterij akceleracije (podložan NA)

Table PT.1-9.4 Recommended requirements for the frequency, stiffness and acceleration criteria

Criteria	Floor class I ¹⁾	Floor class II ¹⁾	Floor class III ¹⁾
Frequency a) or b) ²⁾	$f_1 \geq 8 \text{ Hz}$	$f_1 \geq 6 \text{ Hz}$	-
	$4,5 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 8 \text{ Hz}$	$4,5 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 6 \text{ Hz}$	-
Stiffness	$w_{1\text{kN}} \leq 0,25 \text{ mm}$	$w_{1\text{kN}} \leq 0,50 \text{ mm}$	-
Acceleration ^{3),4)}	$a \leq 0,05 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$a \leq 0,10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	-

¹⁾ As defined in Table PT.1-9.3.

²⁾ Additional verification of the acceleration is required.

³⁾ Only required, if frequency criteria a) is not, but frequency criteria b) is fulfilled.

⁴⁾ Measured according to ISO 2631-1.



Table PT.1-9.3 Floor classes

Projektiranje križno-ljepljenih lameliranih konstrukcija (novi dijelovi revidiranog Eurokoda 5-1-1)

Granično stanje uporabivosti

Tablica PT.1-9.3.

Klase podnih konstrukcija

(ograničenje – podovi sa vlastitom težinom do 50 kg/m²)

			Floor class I	Floor class II	Floor class III
Examples for classification			<ul style="list-style-type: none"> - Floors between different areas of utilisation - Floors between apartments - Office floors, computer workstations or conference rooms - Corridors with short spans 	<ul style="list-style-type: none"> - Floors within the same apartment - Floors in one-family dwellings with usual utilisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Floors underneath rooms without residential purposes or non-developed attics - Floors without requirements regarding vibrations
Examples of constructions	Timber joists	With wet screed, e.g. cement screed ¹⁾	Floating screed with heavy ballasting ²⁾	Floating screed	-
		With dry screed ³⁾	Special verification necessary	Floating screed with heavy ballasting ²⁾	-
	Massive timber, e.g. cross laminated timber, glulam decks and nailed laminated timber	With wet screed, e.g. cement screed ¹⁾	Floating screed with heavy or light ballasting ²⁾	Floating screed	-
		With dry screed ³⁾	Floating screed with heavy ballasting ²⁾	Floating screed with heavy ballasting ²⁾	-
¹⁾ Wet screeds with a usual thickness of 5-8 cm. ²⁾ Ballasting is the part of a floor built-up that increases the permanent weight but not the stiffness, e.g. a layer of gravel. Heavy ballasting is defined by a mass per unit area of more than 60 kg/m ² . Light ballasting is defined by a mass per unit area of more than or equal to 30 kg/m ² and less than 60 kg/m ² . ³⁾ Dry screeds made from two or three layers of gypsum or wood-based panel boards.					

Projektiranje križno-ljepljenih lameliranih konstrukcija

Komponente i sklopovi:

1. Podni i krovni elementi
 2. Zidne dijafragme
- Provjere koncentriranih opterećenja u ravnini
 - Provjere koncentrirana opterećenja u ravnini elemenata s otvorima
 - Tlak okomito na ravninu elementa
 - Koncentrirana opterećenja okomita na ravninu elementa
 - Rebraste ploče izrađene od križnih lameliranih drvenih ploča i rebara



Revidirani EN 1995-1-1: Projektiranje ojačanja (novi dijelovi revidiranog Eurokoda 5-1-1)

1.2 Područje EN 1995-1-1

- Područje ovog dodatka u EN 1995-1-1 je projektiranje ojačanja elemenata kao što je to dogovoreno radnim planom CEN/TC 250/SC5/WG 7.

-

Uključuje se u nekoliko postojećih poglavlja:

Npr.

8. Granično stanje nosivosti- 8.1 Projektiranje poprečnog presjeka opterećenog jednoosnim naprezanjem u jednom glavnom



Završeni dokumenti:

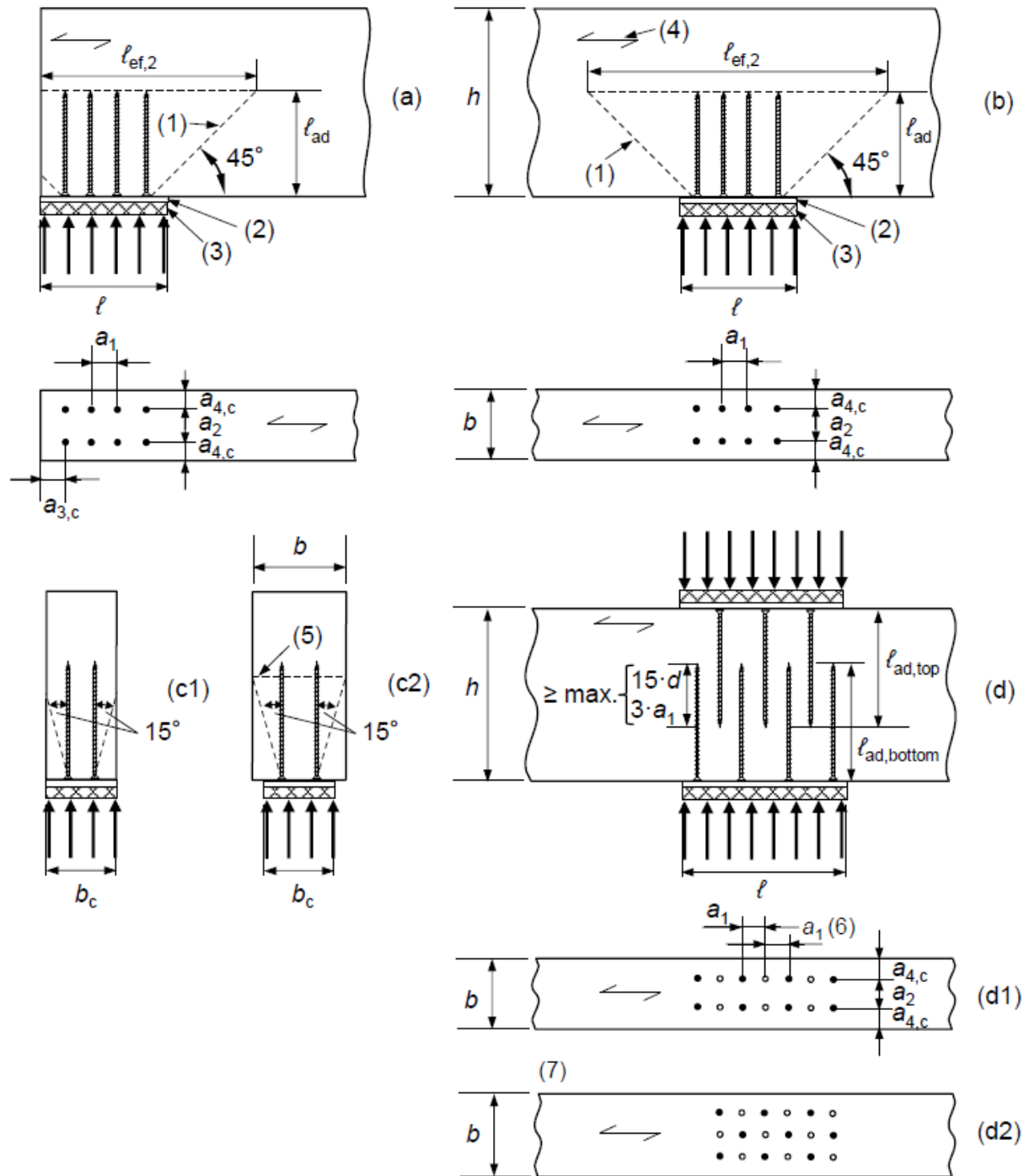
Revidirani EN
1995-1-1

Projektiranje
ojačanja (novi
dijelovi revidiranog
Eurokoda 5-1-1) –

8.1.5 Tlak okomito
na vlakanca –

PT.1-8.1.5.2

Ojačanje elemenata
pod tlačnim
naprezanjima
okomito na vlakanca



PT.1-8.1.5.2 : Ojačanje elemenata pod tlačnim naprezanjima okomito na vlakna

- Za uvjete kao na slici daju se izrazi za proračun:
 - karakterističnog otpora ojačanog kontaktnog područja
 - razmak spojnih sredstava prema danoj tablici ili Europskoj tehničkoj ocjeni
 - nosivost podložne čelične ploče koja preuzima opterećenje sa glava vijaka (debljina ploče t)
 - Izrazi **vrijede za spojna sredstva simetrično ugrađena** u ojačani poprečni presjek



8.4 Projektiranje nosača specijalne geometrije– PT.1-8.4.1 Općenito

- PT.1-8.4.1 do PT.1-8.4.5 (i PT.1-10.1.4.2) obuhvaćaju proračun ojačanja elemenata s promjenjivim poprečnim presjekom ili zaobljenim oblikom, zasjecima na ležaju, rupama u gredama i vezama s komponentom vlačne sile okomito na vlakna.
- Kod projektiranja elemenata za ojačanje (PT.1-8.4.1 do PT.1-8.4.5 (i PT.1-10.1.4.2)) kapacitet nosivosti drva na vlak okomito na vlakna nije uzet u obzir.
- Sedlaste zakrivljene i dvostrešne trapezne grede treba ojačati kada projektna vlačna naprezanja okomita na vlakna prelaze 60% projektne vlačne čvrstoće drvenog nosača okomito na vlakna.



8.4 Projektiranje nosača specijalne geometrije– PT.1-8.4.1 Općenito

- ojačanje zasjeka i rupa u gredama dovodi do robusnijih elemenata, posebno u slučaju velikih dimenzija elemenata i / ili velikih očekivanih promjena sadržaja vlage u drvu
- mogu se primijeniti sljedeća sredstva za unutarnje ojačanje poprečnog presjeka:
- vijci s navojem sukladno EN 14592 ili Europskoj tehničkoj ocjeni;
- čelične šipke s navojem ili vijci za drvo s navojem sukladno Europskoj tehničkoj ocjeni;
- ulijepljene rebraste čelične šipke ili čelične šipke s navojem



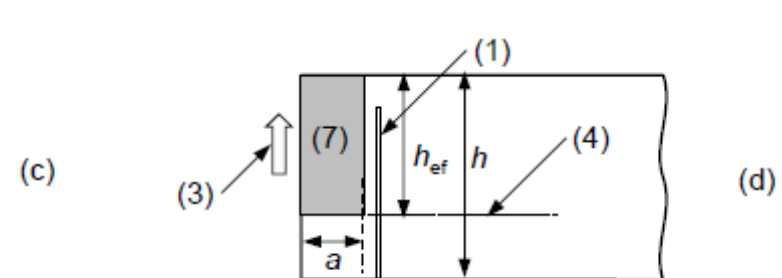
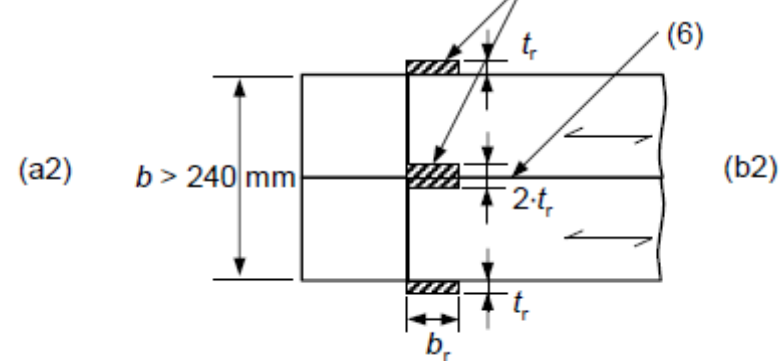
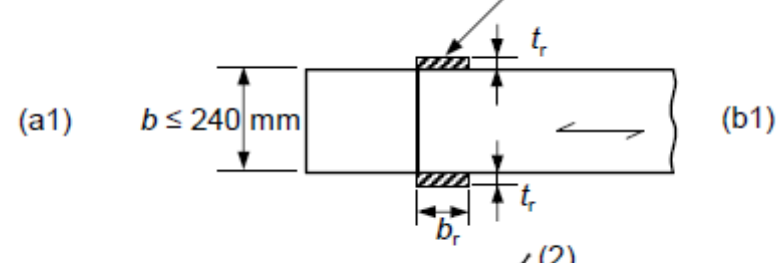
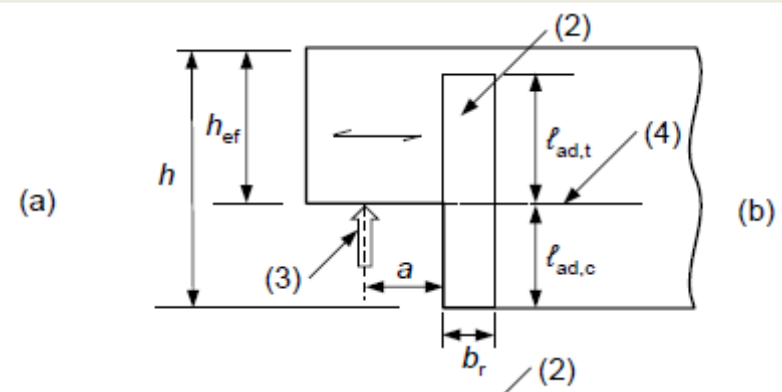
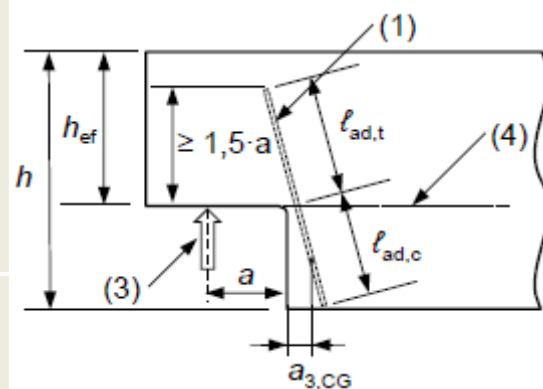
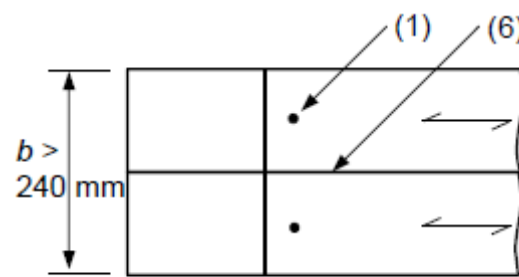
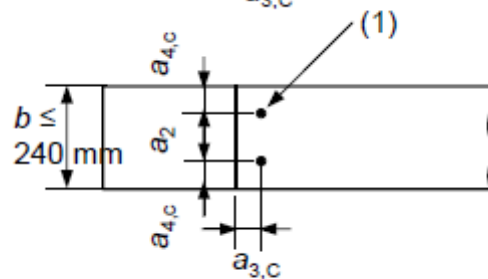
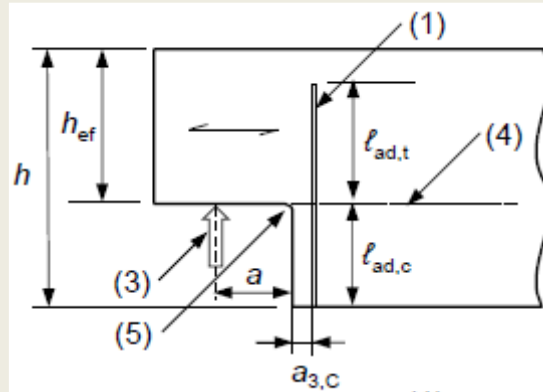
8.4 Projektiranje nosača specijalne geometrije– PT.1-8.4.1 Općenito

Može se primijeniti kao ojačanje i slijedeće materijale:

- ljepljene ploče ili ploče od masivnog drva u skladu s EN 13986;
- ljepljene građevinske lamelirane furnirske ploče u skladu s EN 14374;
- ljepljeno lamelirano drvo prema EN 14081-1 ili iverica prema EN 13986
- utisnute ježaste metalne ploče;

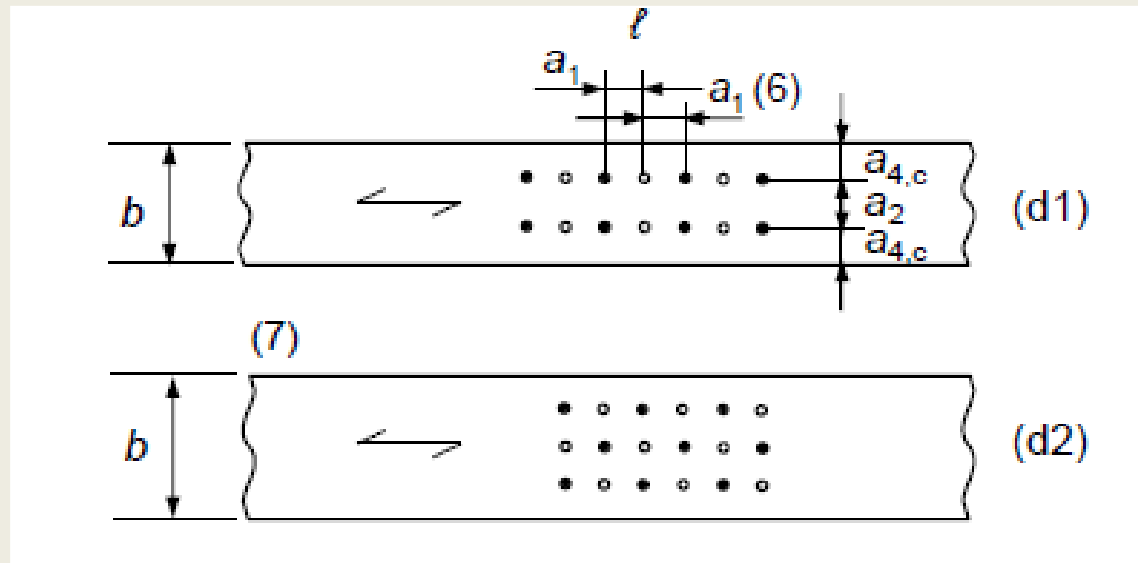


PT.1-8.4.4.3
 Ojačanja
 nosača na
 ležaju sa
 stepenastim
 oslabljenjem



Za ulijepljene čelične navijene šipke minimalni razmaci su slijedeći :

- razmak $a_2 \geq 3 \cdot d$;
- udaljenost $a_{3,c} \geq 2,5 \cdot d$;
- udaljenost $a_{4,c} \geq 2,5 \cdot d$.



$F_{t,90,Ed}$ je projektna vlačna sila u elementima ojačanja

$F_{t,90,Rd}$ je projektna vlačna nosivost štapastoj sredstva za ojačanje ili pločastog ojačanja

- formule za projektnu vlačnu nosivost dane su za vijke za drvo s navojem, navijene čelične šipke, ulijepljene čelične šipke i lijepljena pločasta ojačanja kao i za metalne ježaste ploče

$$\frac{F_{t,90,Ed}}{F_{t,90,Rd}} \leq 1,0$$

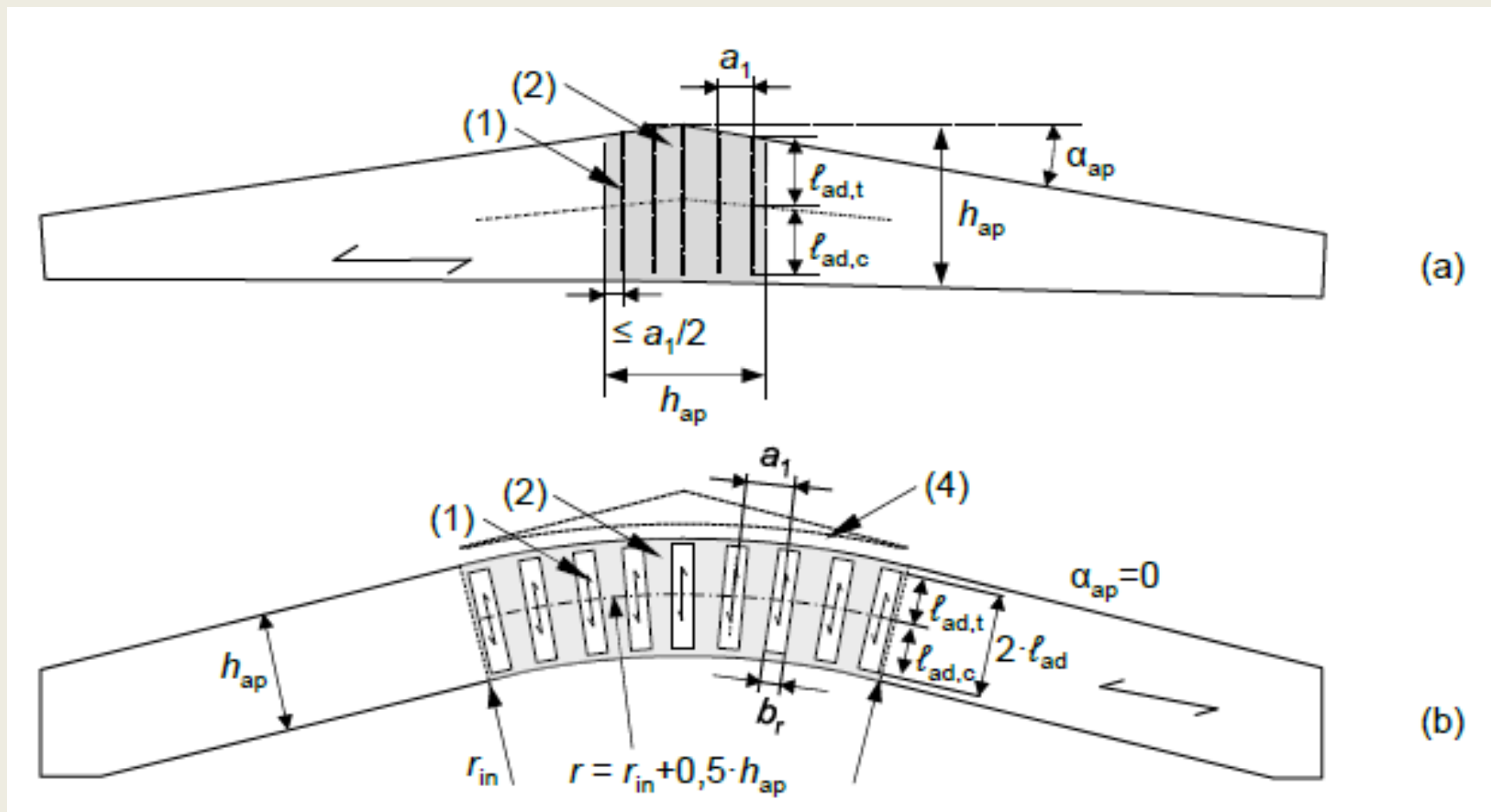
PT.1-8.4.2 Utjecaj vlage na ponašanje ojačanih greda

Učinke armature za ojačanje (ili spojeva) koji ograničavaju deformacije drvenog elementa uzrokovane vlagom, treba svesti na najmanju moguću mjeru.

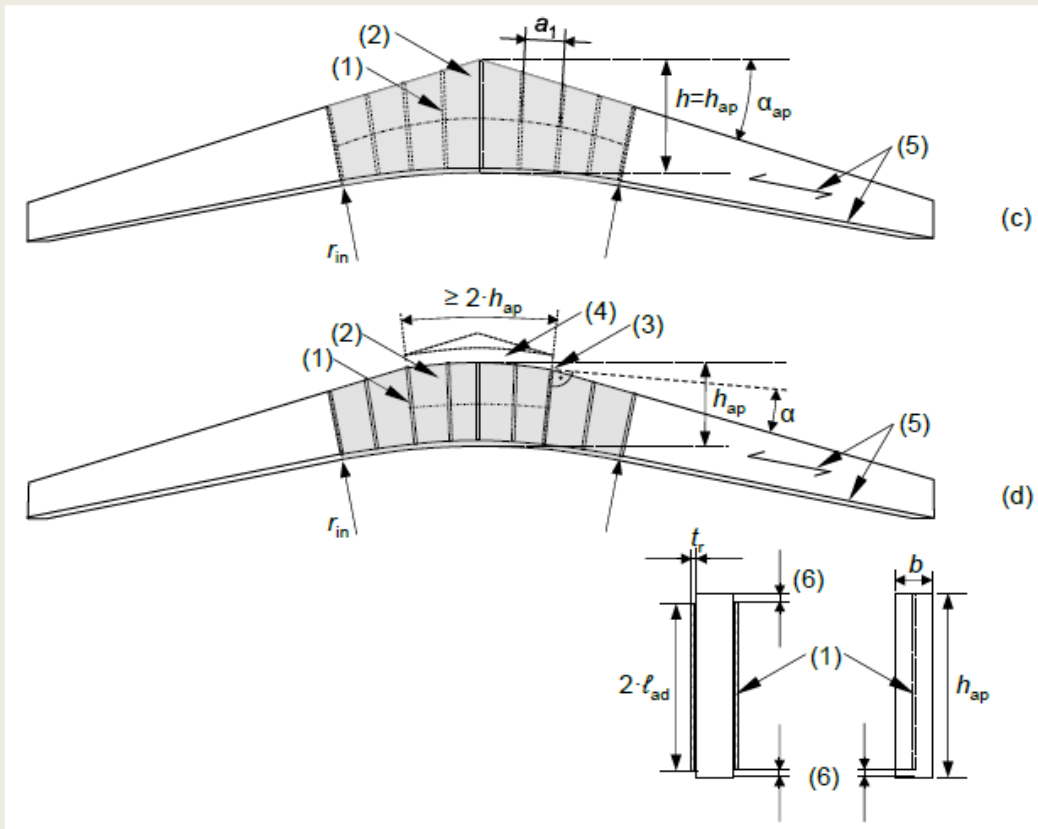
Kada je potrebno ojačanje u primjenama s trajno suhom ili jako promjenjivom klimom, prednost treba dati vanjskim tipovima ojačanja koja se lijepe na cijelu površinu jer se usporava proces promjene vlage ili sušenja drvenog dijela.



8.4.3 Projektiranje zakrivljenih lameliranih nosača ili nosača promjenjive visine - PT.1-8.4.3.4 ojačanje dvostrešnog trapeznog, zakrivljenog i sedlastog (bumerang) nosača



8.4.3 Projektiranje zakrivljenih lameliranih nosača ili nosača promjenjive visine - PT.1-8.4.3.4 ojačanje dvostrešnog trapeznog, zakrivljenog i sedlastog (bumerang) nosača



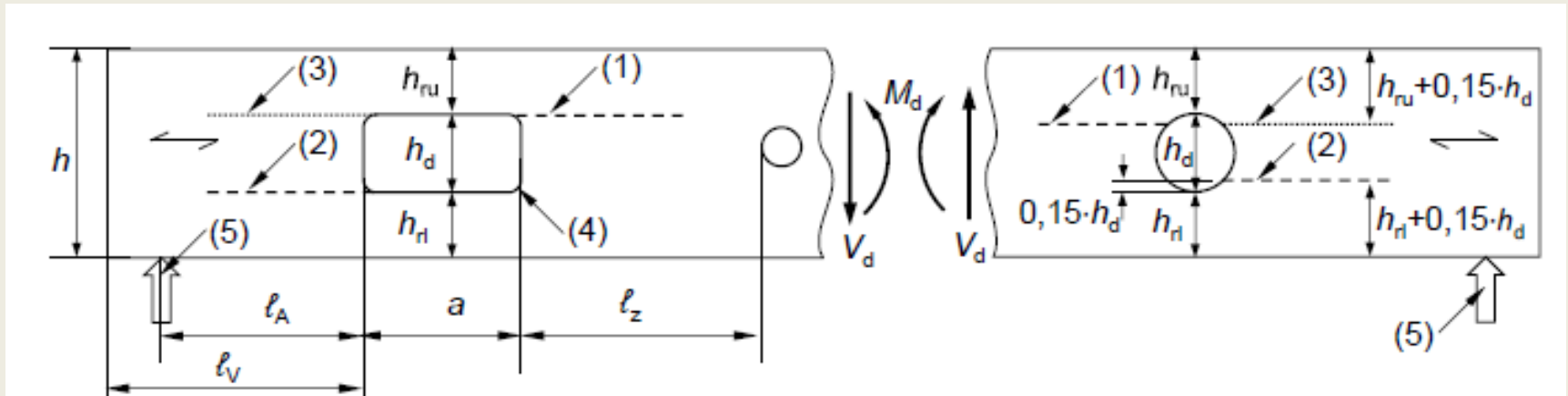
Ojačanje treba biti projektirano za:

- vlačna naprezanja okomita na vlakna na mjestima infleksije

i

- vlačna naprezanja okomita na vlakna u sljemenu uslijed zakrivljenosti.

PT.1-8.4.5.3 Ojačanje rupa u gredama



- predlaže se da se uključi projektni pristupi koji uzimaju u obzir prijenos posmičnih napreznja uz vlačna napreznja okomitih na vlakna pomoću navijenih štapastih spajala ugrađenim pod 45°
- ako treba dopustiti kraće elemente za ojačanje, treba razmotriti koja minimalna dubina se treba pokriti ojačanjem (kako bi se spriječila druga ravnina otkaza u smicanju na vrhu armature). U okviru ove revizije, formule za određivanje $F_{t, M, d}$ i $F_{t, V, d}$ treba prilagoditi najnovijim istraživačkim rezultatima

PT.1-8.4.5.3 Ojačanje rupa u gredama

Sljedeća pravila vrijede za članove s pravokutnim poprečnim presjekom od sušenog drva, glulamom i lameliranim furnirom s ojačanim rupama koji su u skladu s geometrijskim graničnim uvjetima Tablica PT.1-8.3 - Minimalne i maksimalne dimenzije ojačanih rupa u grede pravokutnog presjeka

$$\ell_v \geq h$$

$$a \leq h$$

$$\ell_z \geq h, \text{ ne manje od } 300 \text{ mm}$$

$$a/h_d \leq 2,5 ; h_d \leq 0,3 \cdot h$$

$$\ell_A \geq h/2 \quad h_{rl(ru)} \geq 0,25 \cdot h$$

$$h_d \leq 0,4 \cdot h_c$$

Kod elemenata s rupama i unutarnjim ojačanjima štapastim spojnim sredstvima s navojem, treba uzeti u obzir povećano posmično naprezanje u području rubova rupa.

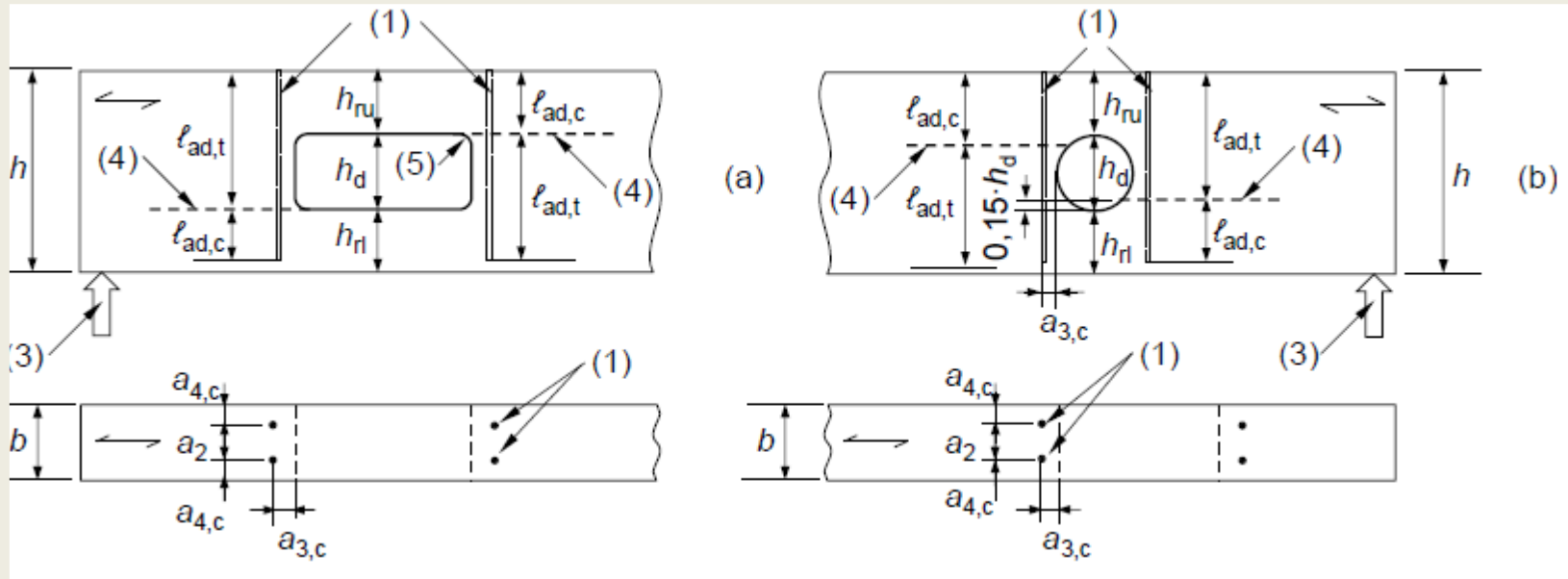
Maksimalni napon posmika, τ_{\max}

$$\tau_{\max} = K_{\max} \cdot \frac{1,5 \cdot V_d}{b_{ef} \cdot (h - h_d)}$$

$$K_{\max} = 1,84 \cdot \left[1 + \frac{a}{h} \right] \cdot \left(\frac{h_d}{h} \right)^{0.2}$$

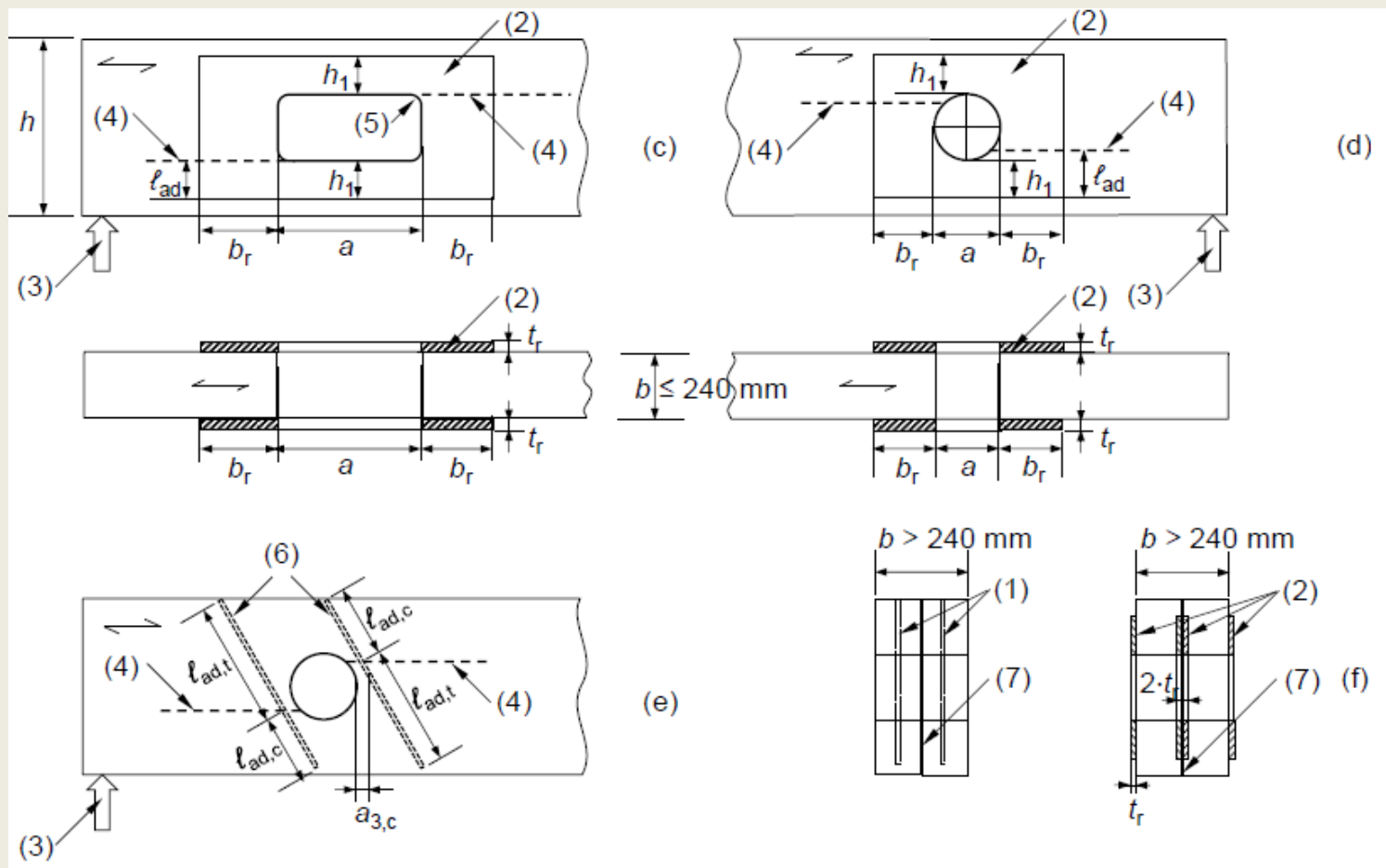


PT.1-8.4.5.3 Ojačanje rupa u gredama



Tamo gdje je unutarnja armatura tipa štapastih spojnih sredstava postavljena prema slici PT.1-8.11c, primjenjuju se zahtjevi za razmak koji su dati u PT.1-8.4.1, PT.1 (11).

PT.1-8.4.5.3 Ojačanje rupa u gredama

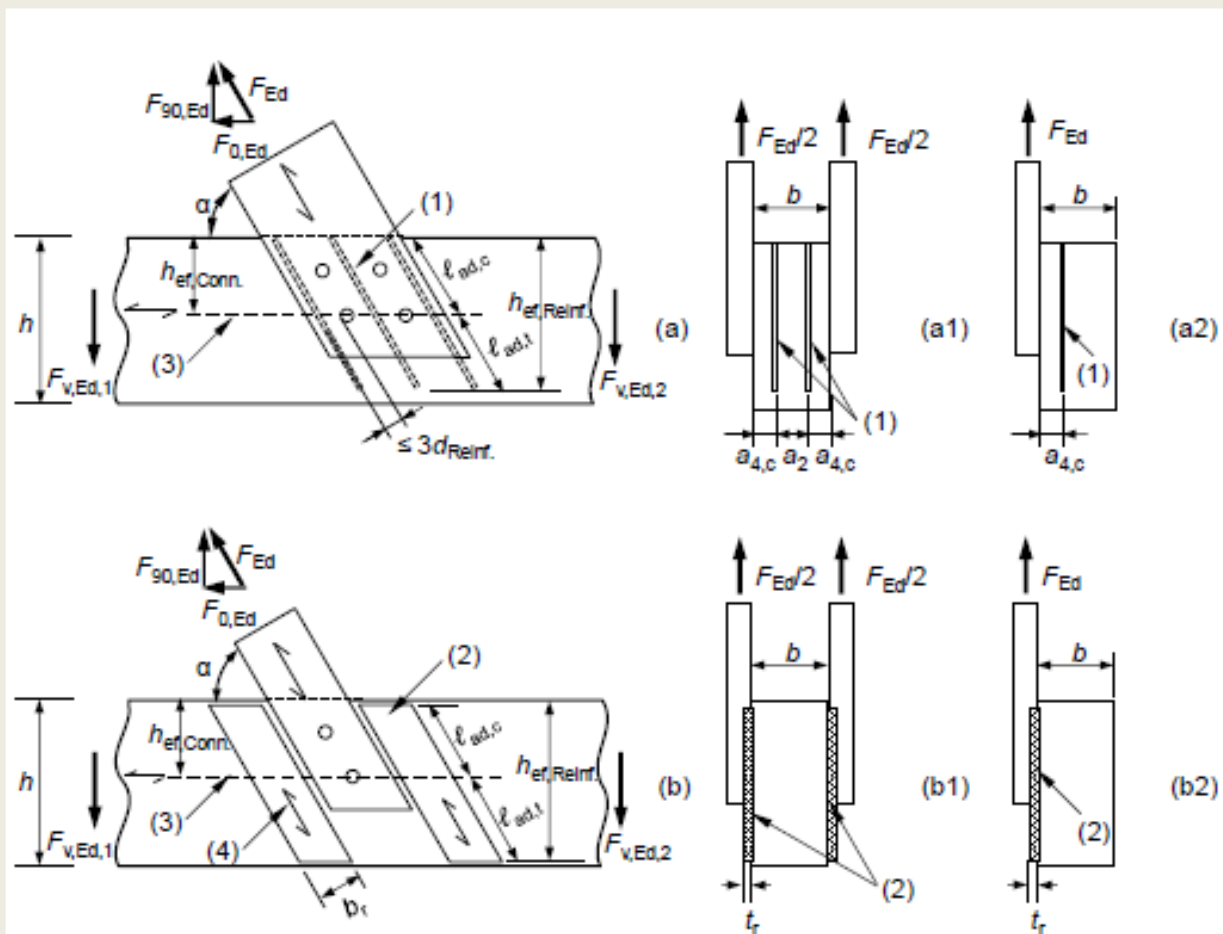


Za elemente iz lameliranog furnirskog drva (LVL) s rupama preporučuje se uporaba ojačanje s npr. LVL u križ.

10 Spojevi - 10.1 Općenito

10.1.4 Sile u spoju pod kutem u odnosu na vlakanca

PT.1-10.1.4.1 Projektiranje ojačanja spojeva s vlačnom komponentom sile okomitom na vlakna



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Područje primjene:

Iako je standard i njegov sadržaj usmjeren prvenstveno na korištenje spregnutih konstrukcija drva i betona u zgradama, uključena su opća pravila koja se mogu koristiti šire (npr. za buduće standarde za spregnute konstrukcije drvo-beton za uporabu u mostovima).

Ne pokriva projektiranje detalja.

Daje klauzule za projektiranje spregnutih konstrukcija drva i betona u kvazi-konstantnim i promjenjivim uvjetima okoline. Radi lakšeg korištenja pruža jednostavna pravila projektiranja za kvazi-stalne uvjete okoliša i složenija pravila za varijabilne uvjete okoliša.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Pojmovi i oznake:

Koriste se oznake i definicije iz [EN 1990:2002 + A1:2005 točka 1.5] i [EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 točka 1.5].

Dodatno se uvode termini:

Kontinuirano sredstvo za sprezanje: spojno sredstvo koje se sastoji od obične ili nazubljene metalne ploče koja je kontinuirana po duljini drvenog elementa.

Kvazi – konstantni uvjeti okoliša: uvjeti okoline u kojima se drvo ugrađuje blizu očekivanog sadržaja vlage u uporabi i kod drvne građe od mekog drveta čija varijacija prosječnog sadržaja vlage u upotrebi (Δm_c) ne prelazi 6%, a temperaturne varijacije zraka ne prelaze 20 ° C.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Pojmovi i oznake:

Varijabilni uvjeti okoliša: uvjeti koji ne odgovaraju kvazi-konstantnim uvjetima okoliša (tipični primjer su okolišni uvjeti negrijanih krovnih prostora, vanjski natkriveni i nenatkriveni prostori).

Simboli:

Koliko je to moguće, pojmovi, definicije i simboli uzeti su iz drugih Eurokodova. Međutim, kako je ovo prvi standard koji se odnosi na sprezanje drva i betona, uvedene su nove terminologije i simboli. U određivanju novih simbola, smjernice su preuzete iz norme ISO 3898. Kada su uvedeni novi simboli, korišten je logički simbol i indeks koji osigurava da su simboli jasni i jednoznačni.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Simboli:

Postojao je izazov u izboru simbola koji predstavljaju tlačnu i vlačnu čvrstoću koji su različiti i nisu zbunjujući u odnosu na simbole koji predstavljaju drvo i beton. Osim toga, bilo je potrebno razlikovati simbole koji predstavljaju beton i one koji predstavljaju veze.

conc – concrete - beton

tim – timber - drvo

conn – connection – spoj

c – compression- tlak

t – tension - vlak



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Osnove projektiranja – Principi projektiranja prema graničnim stanjima

- Osim općih načela navedenih u [odredbi 2.2 EN 1995-1-1: 2004 + A1: 2008], faze pri izvođenju spregnute konstrukcije i promjene uvjeta okoliša trebaju se uzeti u obzir kada su relevantni za projektiranje.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Osnove projektiranja – Principi projektiranja prema graničnim stanjima

S obzirom na različita ponašanja puzanja betona, drva i priključnog sustava, konačnu deformaciju kompozitne konstrukcije u graničnom stanju uporabljivosti, zbog karakteristične kombinacije djelovanja F_c , treba izračunati preklapanjem:

ukupne konačne deformacije od opterećenja zbog kvazi-trajne kombinacije djelovanja F_p i trenutne deformacije uslijed razlike između karakteristične kombinacije djelovanja F_c i kvazi-trajne kombinacije djelovanja F_p



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Opterećenje i utjecaji okoliša

Općenito – kvazi-konstantni uvjeti okoliša

- Opterećenja pri projektiranju mogu se koristiti iz relevantnih dijelova EN 1991.
- Koristiti EN 1995-1-1 za učinke trajanja opterećenja i sadržaja vlage na svojstva čvrstoće i krutosti drva za mehaničku otpornost i uporabljivost.
- Koristiti ovu tehničku specifikaciju za učinke trajanja opterećenja i sadržaja vlage na svojstva čvrstoće i krutosti priključnog sustava na mehaničku otpornost i upotrebljivost.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Opterećenje i utjecaji okoliša

Općenito – kvazi-konstantni uvjeti okoliša

- Skupljanje betona treba uzeti u obzir pri projektiranju za krajnje granično stanje nosivosti te za provjere graničnih stanja uporabljivosti. Za kompozitne konstrukcije od drva i betona, s betonskom pločom od lijevanog betona, skupljanje betona treba izračunati iz vremena stvrdnjavanja betona t_c , bez obzira na to je li drveni element bio poduprt ili ne.
- NAPOMENA: Izračun učinaka skupljanja betona dan je u Prilogu B. Skupljanje betona smatra se **neelastičnim naprezanjem** koje se primjenjuje na spregnutu konstrukciju drvo-beton.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Općenito – varijabilni uvjeti okoliša

-zbog različitih linearnih koeficijenata ekspanzije drva i betona, treba uzeti u obzir temperaturne razlike kako za krajnje granično stanje nosivosti tako i za provjere graničnih stanja uporabivosti.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Općenito – varijabilni uvjeti okoliša

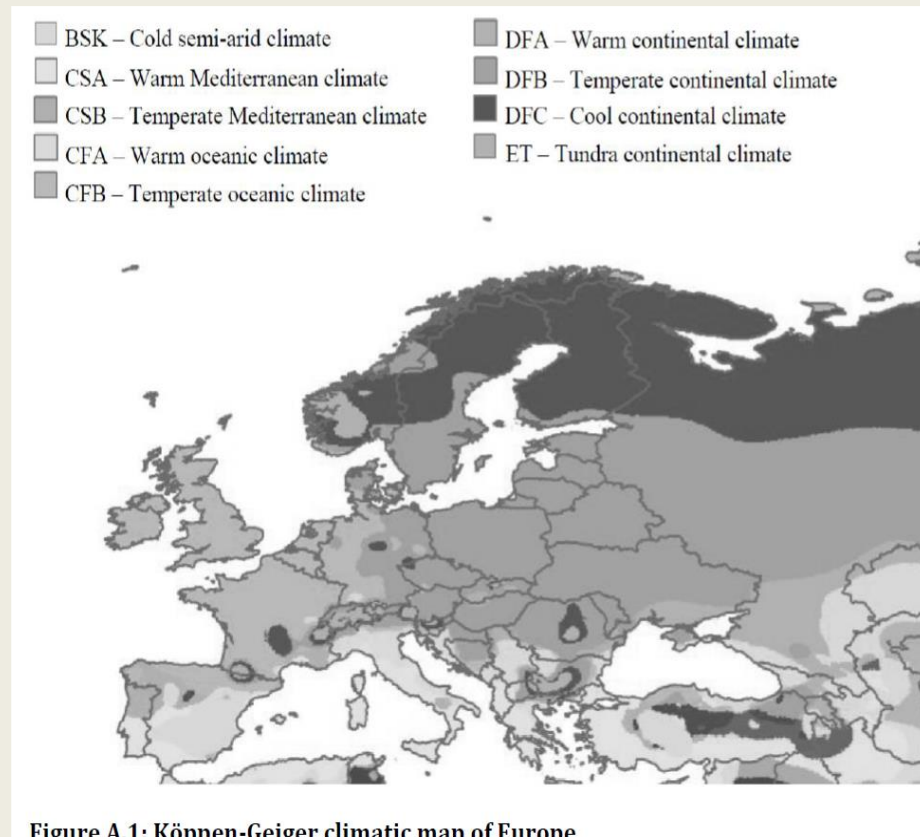
- Varijacije temperature mogu se zanemariti samo u kvazi-konstantnim uvjetima okoline, gdje temperaturne varijacije zraka ne prelaze 20 ° C. Također je navedeno da u većini slučajeva treba razmotriti samo ujednačene temperature u betonu ($\Delta_{Tu,con}$) i drvu ($\Delta_{Tu,tim}$), kako je definirano u [4 (3) EN 1991-1-5: 2003
- Jednostavna računaska metoda zasnovana na pravilima provođenja topline u mirnom stanju predložena u Aneksu D EN 1991-1-5 koristi se za izračun temperaturnih varijacija u betonu i drvu.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Općenito – varijabilni uvjeti okoliša

Rješava izračun varijacija sadržaja vlage u drvu kada je drvo uvjetovano očekivanim promjenama sadržajem vlage u uporabi. Treba uzeti u obzir godišnju varijaciju prosječne vlažnosti drva zbog uvjeta okoliša. Ovaj doprinos ovisi o nekoliko varijabli, uključujući klimatsku regiju u kojoj je konstrukcija izvedena. Neke vrijednosti godišnje varijacije udjela vlage u prosjeku na presjeku drva $\Delta m_c = m_{c,max} - m_{c,min}$ u postocima (%) za uvjete zaštićenih konstrukcija na otvorenom Δm_c dane su u Dodatku A ove Tehničke specifikacije.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Klasa trajanja opterećenja – kvazi-konstantni uvjeti okoliša

Određuje da se primjenjuju klase trajanja opterećenja prema EN 1995-1-1.

Utvrđuje da se **učinak skupljanja betona** na spregnutoj drvo-beton gredi dodjeljuje klasi trajnog opterećenja. Naprezanje uslijed skupljanja betona je rastuća funkcija vremena uz smanjenje stope u tijeku ukupnog vijeka trajanja konstrukcije. Stoga se većina učinaka (deformacija, naprezanja) javlja tijekom prvih nekoliko godina od ugradnje betona, te se na konstrukciji zadržavaju više od 10 godina, što opravdava izbor trajanja opterećenja prema EN 1995-1. -1 (redosljed akumuliranog trajanja karakterističnog opterećenja duljeg od 10 godina).



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Klasa trajanja opterećenja – varijabilni uvjeti okoliša

- Utvrđuje da se učinak **skupljanja ili bubrenja drva**, zbog razlike između očekivanog prosječnog sadržaja vlage pri uporabi drvenog dijela nosača i početnog prosječnog sadržaja vlage tijekom montaže (vidjeti 4.3.1.2 (5)), dodjeljuje trajnoj klasi trajanja opterećenja. Vrijeme potrebno da se drveni dio prilagodi uvjetima okoline kojima je izložen ovisi o nekoliko varijabli, uključujući veličinu poprečnog presjeka i vrijednost razlike vlažnosti. Za drvene elemente konstrukcijskih dimenzija, tipično trajanje je u rasponu između nekoliko mjeseci i tri - četiri godine. Učinci varijabilnosti vlažnosti traju do kraja radnog vijeka i opravdavaju izbor klase trajnog opterećenja prema EN 1995-1-1 (redosljed akumuliranog trajanja karakterističnog opterećenja duljeg od 10 godina).



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Klasa trajanja opterećenja – varijabilni uvjeti okoliša

Specificira da se učinak razlike između maksimalne i minimalne temperature u betonu i drvu i početne temperaturu kada se konstrukcija podigne ($\Delta T_{u, conc +}$, $\Delta T_{u, tim +}$ i $\Delta T_{u, conc. -}$, $\Delta T_{u, tim-}$) dodjeljuje srednjem razredu trajanja opterećenja.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Klasa trajanja opterećenja – varijabilni uvjeti okoliša

Učinak godišnje varijacije prosječne vlažnosti drva zbog uvjeta okoline Δm_c dodijeljen je klasi srednjeg trajanja opterećenja.

U nedostatku specifičnih vrijednosti za kombinacije promjene vlažnosti pretpostavljaju se isti faktori kao i za temperaturne promjene.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Uporabne klase

Primjenjuju se servisne klase prema EN 1995-1-1.

Propisuje se da sučelje i spoj drva i betona moraju biti projektirani tako da su ili u uporabnoj klasi 1 ili u uporabnoj klasi 2. Ovaj zahtjev ima za cilj osigurati trajnu spregnutu konstrukciju drvo-beton, budući da je veza ključna komponenta spregnute konstrukcije.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Svojstva materijala i proizvoda

Vremenski ovisno ponašanje drva (koeficijenti puzanja) može se dobiti iz klauzule 3.1.4 u EN 1995-1-1: 2004 + A1: 2008

Ponašanje betona (puzanje i skupljanje) ovisno o vremenu može dobiti iz klauzule 3.1.4 u EN 1992-1-1: 2004 + A1: 2014.

Utjecaj trajanja opterećenja i vlage na čvrstoću drva uzima se u obzir pomoću faktora modifikacije k_{mod} prema odredbi 3.1.3 u EN 1995-1-1: 2004 + A1: 2008.

Utjecaj trajanja opterećenja i vlage na čvrstoću spojeva između betona i drva treba uzeti u obzir pomoću modifikacijskog faktora k_{mod}' . Osim ako je određeno specifikacijama proizvoda, faktor modifikacije k_{mod}' daje se pomoću:

$$k_{\text{mod}}' = \sqrt{k_{\text{tc}} k_{\text{mod}}}$$



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Svojstva materijala i proizvoda

- Utjecaj trajanja opterećenja i vlage na deformacije drva treba uzeti u obzir pomoću faktora deformacije k_{def} prema klauzuli 3.1.4 u EN 1995-1-1: 2004 + A1: 2008.

- Utjecaj trajanja opterećenja i vlage na deformacije spoja između betona i drva treba uzeti u obzir pomoću faktora deformacije $k_{def'}$. Osim ako nije određeno specifikacijama proizvoda, faktor deformacije $k_{def'}$ treba biti:

$$k_{def'} = 2 k_{def}$$

- Utjecaj puzanja materijala na raspodjelu naprezanja i deformacije spregnute konstrukcije u dugoročnom smislu treba uzeti u obzir primjenom efektivnih modula betona $E_{conc,fin}$ i drva $E_{tim,fin}$ i efektivnog modula klizanja spoja $K_{ser,fin}$ ili $K_{u,fin}$ u elastičnoj analizi:



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Svojstva materijala i proizvoda

$$E_{\text{conc,fin}} = \frac{E_{\text{conc}}(t_0)}{1 + \psi_{\text{conc}} \varphi(\infty, t_0)}$$

$$E_{\text{tim,fin}} = \frac{E_{\text{tim}}}{1 + \psi_{\text{tim}} k_{\text{def}}}$$

$$K_{\text{ser,fin}} = \frac{K_{\text{ser}}}{1 + \psi_{\text{conn}} k_{\text{def}'}}$$

$$K_{\text{u,fin}} = \frac{K_{\text{u}}}{1 + \psi_{\text{conn}} k_{\text{def}'}}$$



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Provjera metodom parcijalnih koeficijenta

Proračunske vrijednosti – kvazi-konstantni okolišni uvjeti

BETON

Ovaj standard ne obuhvaća projektiranje kompozitnih konstrukcija s klasama čvrstoće betona nižim od C12/15 i LC12/13 i višim od C60/75 i LC60/66.

Puzanje i skupljanje betona određuje se uzimajući u obzir vlažnost okoline, dimenzije elementa i sastav betona.

Ako u Nacionalnom dodatku nije navedena drugačija vrijednost, parcijalni koeficijent za skupljanje γ_{SH} iznosi 1,35.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Provjera metodom parcijalnih koeficijenta

Proračunske vrijednosti – kvazi-konstantni okolišni uvjeti

ARMATURA

Svojstva se dobivaju na temelju EN 1992-1-1: 2004 + A1: 2014 klauzula 3.2.

Za spregnute konstrukcije, projektnu vrijednost modula elastičnosti E_s treba uzeti kao što je dano u odredbi 3.2.7 EN 1992-1-1: 2004 + A1: 2014.

SPOJNA SREDSTVA ILI SUSTAVI

Metalnim spojnim sredstvima i potrošnim materijalima za zavarivanje definirana su svojstva u EN 1993-1-8, EN 1995-1-1 i EN 14592.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Materijal

Kvazi-konstatni okolišni uvjeti

BETON

Za izračun neelastičnih deformacija uslijed temperaturnih promjena, koeficijent linearnog širenja $\alpha_{c,T}$ treba uzeti iz Priloga C EN 1991-1-5: 2003.

DRVO

Za izračun neelastičnih deformacija uslijed temperaturnih promjena, koeficijent linearnog širenja $\alpha_{t,T}$ treba uzeti iz Aneksa C EN 1991-1-5: 2003.

Za izračun neelastičnih deformacija uslijed varijacija u vlažnosti za meko drvo, osim ako je navedeno u specifikacijama proizvoda, koeficijent ekspanzije vlage $\alpha_{t,II}$ paralelno s vlaknima treba pretpostaviti ima vrijednost 0,0001 po postotku promjene sadržaja vlage.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Sredstva za sprezanje - konektori

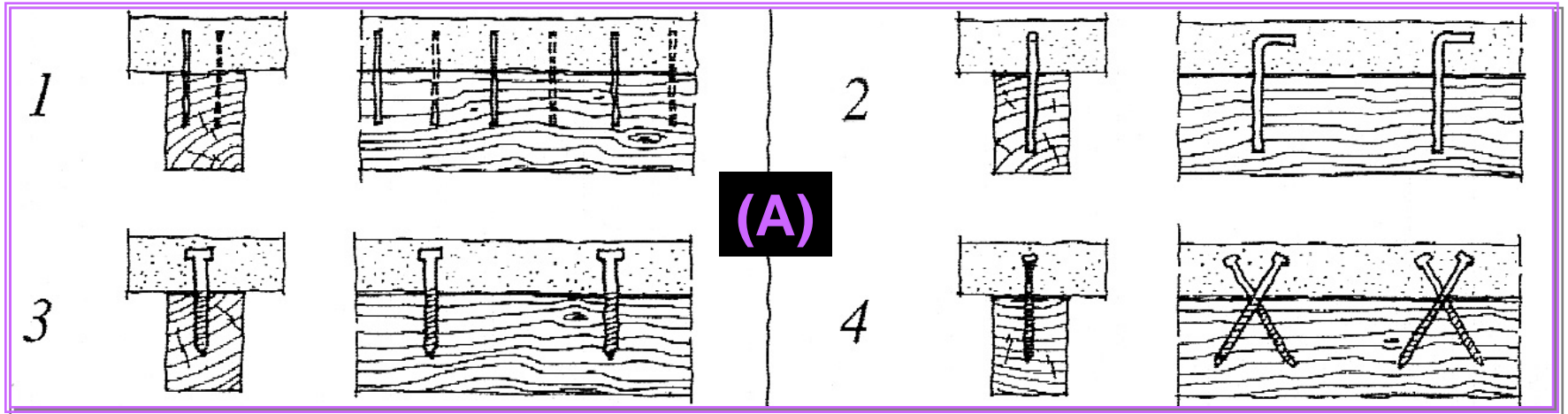
Općenito

- Sredstvo za sprezanje je bilo koji uređaj ili sustav koji se opire klizanju i prenosi posmične sile na kontaktnoj plohi drva i betona.
- Primjeri uključuju sva tzv. štapasta spojna sredstva od bilo kojeg materijala, zarezivanja (betonske čepove u drvenoj gredi), čelične ploče i kontinuirana sredstva za sprezanje koja mogu biti mehanički učvršćena ili zaljepljena. Klamfe/klamfice su izvan opsega ovog standarda.
- Ako za spojno sredstvo nisu navedena pravila u 10.3, **karakterističnu nosivost i krutost spojeva treba odrediti na temelju ispitivanja** prema standardima ispitivanja ili Tehničkim odobrenjima prema 10.2.



Tipovi spajala i načini sprežanja

Spregnuti sustavi
drvo – beton



Diskretni sustavi sprežanja tipa (A):

1. Čavli

2. Ulijepljene armaturne šipke

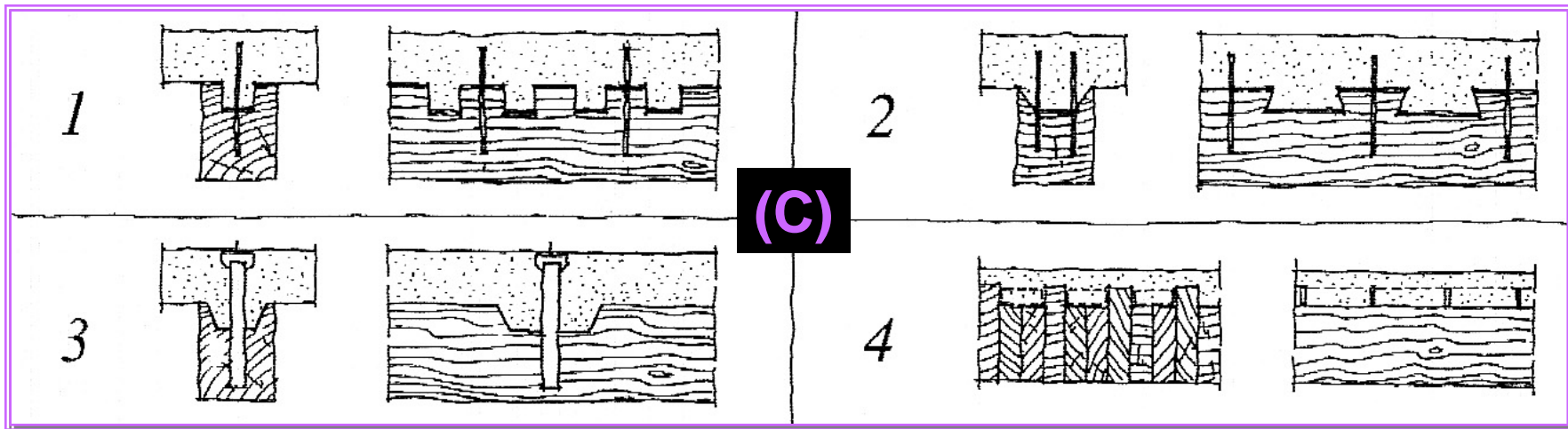
3. Vijci za drvo sa heksagonskom glavom

4. Vijci za drvo u paru

Podatljivo –
polukruto sprežanje

Tipovi spajala i načini sprezanja

Spregnuti sustavi
drvo – beton



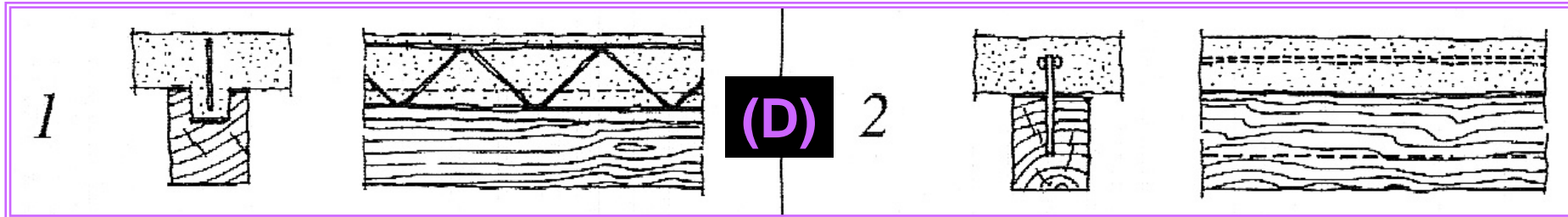
Kontinuirani – kombinirani sustavi sprezanja tipa (C):

1. Okrugli utori u drvenoj gredi i štapasta spajala* (ojačanje)
2. Četvrtasti utori u drvenoj gredi i štapasta spajala*
3. Konični utori u drvenoj gredi i prednapete čelične šipke*
4. Čavlane daščane ploče i posmične čelične ploče urezane u više daske*

Podatljivo – polukruto sprezanje 62

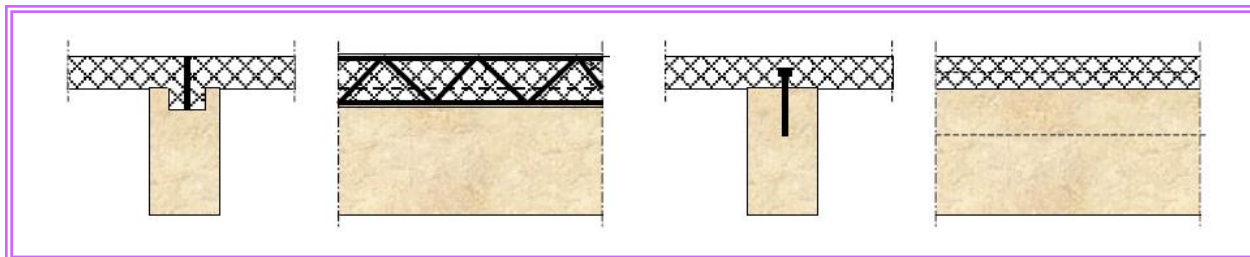
Tipovi spajala i načini sprezanja

Spregnuti sustavi drvo – beton



Kontinuirani sustavi sprezanja tipa (D):

1. Čelični ulijepljeni rešetkasti limovi
2. Čelične ulijepljene ploče / profili



Kruto sprezanje

TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Sredstva za sprezanje - konektori

Općenito

- Trenje se ne uzima u nosivost iako je naravno uvijek prisutno manje ili više
- Pod uvjetom da su konektori adekvatno usidreni, doprinos učinka užeta („rope effect“) može se uzeti u obzir pri određivanju nosivosti na sidrenje. Treba postići minimalnu nosivost sidrenja koja je najmanje jednaka kapacitetu čupanju konektora iz drva.

Mehanička svojstva dobivena ispitivanjem

- Nosivost konektora (karakteristična čvrstoća) i krutost (modul klizanja, K_{ser} i K_u) spoja mogu se odrediti na temelju ispitivanja prema EN 1380, EN 1381, EN 26891, EN 12512 i Aneksu C ovog standarda.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Sredstva za sprezanje - konektori

Mehanička svojstva dobivena ovim standardom

- Poglavlje 10.3 daje formule i vrijednosti koje će se koristiti za određivanje nosivosti i modula klizanja spojeva izvedenih sa štapastim spojnim sredstvima, uljepljenim navijenim čeličnim šipkama i urezivanjem (betonski čepovi)
- Navedena pravila za konektore u vidu štapastih spojnih sredstava i uljepljenih šipki odnose se samo na metalne spojne elemente.
- Minimalne veličine i udaljenosti spajala moraju biti poštivane kako bi se osigurale odgovarajuće performanse.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Sredstva za sprezanje - konektori

Detalji

-Svi elementi spregnutog elementa moraju imati najmanje četiri priključka raspoređena duž raspona. U kompozitnim elementima s rasponom manjim od 2 metra, broj se može smanjiti na najmanje dva pričvrsna elementa. U sustavu s planarnim drvenim elementima (npr. CLT) primjenjuju se isti zahtjevi po metru poprečno na raspon.

-Da bi se spriječilo odvajanje ploče, spojevi moraju biti projektirani tako da mogu prenjeti vlačnu silu između drveta i betona. Minimalna projektna vrijednost ove sile, za jednostavne nosače, može se odrediti iz formule

$$F_{t,Ed} = 0,1F_{v,Ed}$$



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Osnove proračuna spregnute konstrukcije drvo-beton

Modeliranje spregnute konstrukcije drvo-beton

- Kod određivanja unutarnjih sila i deformacija treba uzeti u obzir fleksibilnost spoja drveta i betona.
- γ -metoda, kako je opisana u Dodatku B EN 1995-1-1 (uključujući pretpostavke), može se koristiti za analizu kompozitnih konstrukcija. U drugim situacijama treba izvršiti rigorozniju analizu unutarnjih sila.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Osnove proračuna spregnute konstrukcije drvo-beton

Modeliranje spregnute konstrukcije drvo-beton

Ako se razmaci spojeva mijenjaju razmjerno sili smicanja, efektivni razmak može se odrediti pomoću:

$$s_{ef} = 0,75 s_{min} \cdot \frac{K_{ref}}{K_{max}} + 0,25 s_{max} \cdot \frac{K_{ref}}{K_{min}}$$



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Osnove proračuna spregnute konstrukcije drvo-beton

Modeliranje spregnute konstrukcije drvo-beton

- Uzimajući u obzir da se neelastične deformacije zbog skupljanja i promjene temperature / vlage uzimaju u obzir kada je to relevantno, može se koristiti u proračunu plastično ponašanje spoja.
- Statički neodređeni kompozitni sustavi mogu se razmatrati samo ako su betonska ploča i drvena greda kontinuirani po cijeloj dužini. Inače, učinak diskontinuiteta elemenata treba detaljno razmotriti s obzirom na smanjenje krutosti i nosivost kontinuiranog kompozitnog sustava.
- Linearno-elastična posmična sila u odnosu na klizanje spojnog sredstva trebala bi se koristiti s K_u , $K_{u,fin}$, K_{ser} i $K_{ser, fin}$.
- Za drvo se može pretpostaviti linearno-elastični odnos naprezanja i deformacije.
- Za beton u tlaku može se pretpostaviti linearno-elastični odnos naprezanja i deformacije.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Osnove proračuna spregnute konstrukcije drvo-beton

Modeliranje spregnute konstrukcije drvo-beton

Za beton bez pukotina može se pretpostaviti linearno-elastični odnos naprezanja i deformacije. Pretpostavljeno je da napuknuti beton nema vlačnu čvrstoću.

Općenito, mogućnost pucanja betona treba uzeti u obzir pri određivanju:

- raspodjele sila, momenata i reakcija
- raspodjele unutarnjih sila
- deformacije
- kapaciteta nosivosti pri provjeri krajnjeg graničnog stanja betonske ploče

Napuknuto područje može se smatrati ne-nosivim slojem između drva i područja tlaka u betonu.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Osnove proračuna spregnute konstrukcije drvo-beton

Modeliranje spregnute konstrukcije drvo-beton

- Efektivnu širinu betonske ploče treba odrediti u skladu s [EN 1994-1-1: 2004, odredba 5.4.1.2].
- Projektiranje armiranog betona treba provoditi uzimajući u obzir kompatibilnost naprezanja s drvom u krajnjem graničnom stanju. Osim ako se ne pokaže da se u presjeku razvija dovoljno naprezanja za mobilizaciju čelične armature i plastičnog kapaciteta betona, za armirani beton se koristi elastična teorija.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Osnove proračuna spregnute konstrukcije drvo-beton

Vremenski ovisno ponašanje

Za slobodno oslonjene grede s ravnomjerno raspodijeljenim opterećenjima i uz sredstvo za sprezanje koji ispunjava zahtjeve, Prilog B daje proračun unutarnjih sila u odnosu na skupljanje.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Osnove proračuna spregnute konstrukcije drvo-beton

Vremenski ovisno ponašanje

- t_0 je vrijeme kada beton postiže projektiranu čvrstoću ili vrijeme kada je primijenjeno projektirano opterećenje na spregnutu konstrukciju, prije nego što je došlo do puzanja i neelastičnih opterećenja u betonu i drvu;

t_∞ je vrijeme projektiranja za dugotrajno stanje za koje je krajnja točka u vijeku trajanja kada su puzanje i neelastične deformacije u potpunosti razvijene u betonu i drvu.

- Računski treba provjeriti spregnute nosače za t_0 i t_∞ . Međufaze pri izgradnji treba uključiti u provjeru graničnih stanja tako da se sumiraju svi učinci koji se događaju između vremena t_p i t_0 .

- Potrebno je razmotriti daljnje faze projektiranja između t_0 i t_∞ (npr. Između 3 godine i 7 godina).



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Vremenski ovisno ponašanje

Podupiranje

Kada se drvo učinkovito podupire tijekom polaganja betona, tj. ako su podupirači na mjestu sve dok beton ne postigne potrebnu tlačnu čvrstoću, učinci faze izvedbe konstrukcije mogu se zanemariti.

NAPOMENA: Podupiranje se može smatrati djelotvornim kada maksimalno naprezanje izazvano u drvetu zbog težine svježeg betona ne prelazi 10% projektne čvrstoće na savijanje drva.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Vremenski ovisno ponašanje

Podupiranje

- Ako se podupiranje ne može smatrati djelotvornim ili drvena greda ostaje nepoduprta tijekom postavljanja betona, treba razmotriti utjecaj na progibe drvene grede uzrokovane težinom svježeg betona.
- U poduprtoj konstrukciji, raspodjele naprezanja, zbog učinka skupljanja betona prije uklanjanja podupirača, mogu uzrokovati pucanje betonske ploče i treba ih uzeti u obzir u proračunu.
- Taj utjecaj može se uzeti u obzir zanemarivanjem vlačne čvrstoće betona.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Krajnja granična stanja

Općenito

- Osim tamo gdje je navedeno u ovom standardu, betonski dio treba biti projektiran u skladu s EN 1992-1-1 i EN 1994-1-1 gdje je to relevantno.
- Osim u slučajevima kada je navedeno u ovom standardu, drveni dio treba biti projektiran u skladu s EN 1995-1-1.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Krajnja granična stanja

Grede i ploče - Provjera dimenzija presjeka

Provjera drva

Provjera drvenog dijela mora biti u skladu s EN 1995-1-1.

Provjera betona

tlak

$$\sigma_{\text{conc},c,d} \leq f_{c,d}$$

vlak

$$\sigma_{\text{conc},t,d} \leq f_{c,t,d}$$

Ako formule nisu zadovoljena, provjera bi trebala uključivati pukotine u betonu kako je već prethodno objašnjeno.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Krajnja granična stanja

Verifikacija betona na posmik u ravnini (uključujući djelovanje dijafragme)

- Da bi se spriječilo prijevremeno uzdužno otkazivanje prekoračivanjem posmične čvrstoće ili uzdužno cijepanje, poprečna armatura u ploči treba biti projektirana za krajnje granično stanje i potrebno je osigurati minimalnu količinu armature, kako je navedeno Tablicom iz TS 1995-3, na slijedećem slide-u.
- Projektirano uzdužno naprezanje posmika za svaku potencijalnu površinu uzdužnog smicanja unutar ploče $\tau_{E,D}$ ne bi smjelo prelaziti uzdužnu posmičnu nosivost razmatrane površine smicanja.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Table 9.1. Minimum reinforcement to control concrete cracking without crack width calculation.

CONCRETE CLASS	RC DECK THICKNES [cm]																	
	5		6		7		8		10		12		14		16		18	
C 12/15	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	0,90	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,03	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,16	Ø5 / 150 Ø5 / 150
C 16/20	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø6 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	0,92	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,07	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,22	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,37	Ø6 / 150 Ø6 / 150
C 20/25	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	0,88	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,06	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,24	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,41	Ø6 / 150 Ø6 / 150	1,59	Ø6 / 150 Ø6 / 150
C 25/30	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	0,84	Ø5 / 150 Ø6 / 150	1,04	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,25	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,46	Ø6 / 150 Ø6 / 150	1,67	Ø6 / 150 Ø6 / 150	1,88	Ø6 / 150 Ø6 / 150
C 30/37	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	0,82	Ø5 / 150 Ø5 / 150	0,93	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,16	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,40	Ø6 / 150 Ø6 / 150	1,63	Ø6 / 150 Ø6 / 150	1,86	Ø6 / 150 Ø6 / 150	2,09	Ø7 / 150 Ø7 / 150
C 35/45	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	0,90	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,03	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,28	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,54	Ø6 / 150 Ø6 / 150	1,80	Ø6 / 150 Ø6 / 150	2,05	Ø7 / 150 Ø7 / 150	2,31	Ø7 / 150 Ø7 / 150
C 40/50	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	0,84	Ø5 / 150 Ø5 / 150	0,98	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,12	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,40	Ø6 / 150 Ø6 / 150	1,68	Ø6 / 150 Ø6 / 150	1,96	Ø7 / 150 Ø7 / 150	2,24	Ø7 / 150 Ø7 / 150	2,52	Ø7 / 150 Ø7 / 150
C 45/55	*0,80	Ø5 / 150 Ø5 / 150	0,92	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,07	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,22	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,52	Ø6 / 150 Ø6 / 150	1,83	Ø6 / 150 Ø6 / 150	2,13	Ø7 / 150 Ø7 / 150	2,44	Ø7 / 150 Ø7 / 150	2,74	Ø8 / 150 Ø8 / 150
C 50/60	0,82	Ø5 / 150 Ø5 / 150	0,99	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,15	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,32	Ø6 / 150 Ø6 / 150	1,64	Ø6 / 150 Ø6 / 150	1,97	Ø7 / 150 Ø7 / 150	2,30	Ø7 / 150 Ø7 / 150	2,63	Ø8 / 150 Ø8 / 150	2,96	Ø8 / 150 Ø8 / 150
C 55/67	0,84	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,01	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,18	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,35	Ø6 / 150 Ø6 / 150	1,68	Ø6 / 150 Ø6 / 150	2,02	Ø7 / 150 Ø7 / 150	2,36	Ø7 / 150 Ø7 / 150	2,69	Ø8 / 150 Ø8 / 150	3,03	Ø8 / 150 Ø8 / 150
C 60/75	0,88	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,06	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,24	Ø5 / 150 Ø5 / 150	1,41	Ø6 / 150 Ø6 / 150	1,76	Ø6 / 150 Ø6 / 150	2,12	Ø7 / 150 Ø7 / 150	2,47	Ø7 / 150 Ø7 / 150	2,82	Ø8 / 150 Ø8 / 150	3,17	Ø8 / 150 Ø8 / 150

* Minimum reinforcement govern by 11.3.3. (3)

Area [cm²/m]
REBAR DIAMETER [mm] / AXIAL DISTANCE [mm]

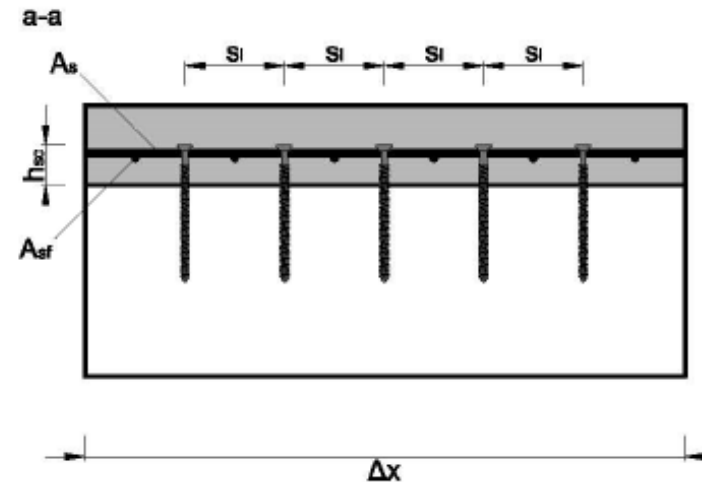
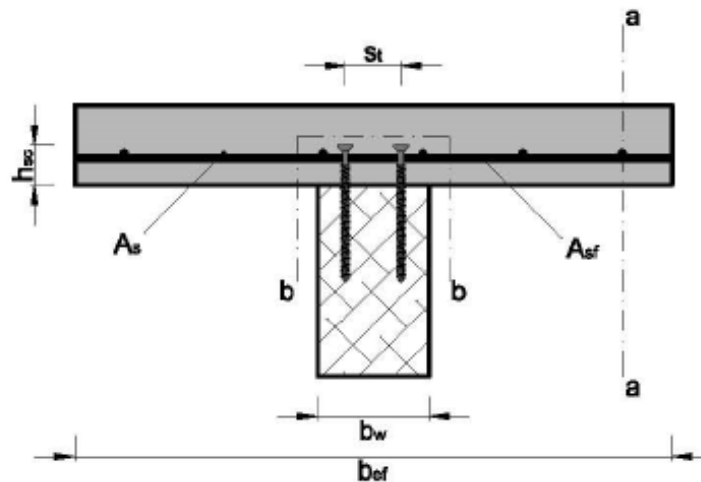
TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Krajnja granična stanja

Verifikacija betona na posmik u ravnini (uključujući djelovanje dijafragme)

Prema EN 1992-1-1, posmično uzdužno naprezanje u betonskoj ploči (posmične ravnine a-a na slici $\tau_{E,D}$ treba odrediti kako slijedi:

$$\tau_{Ed} = \frac{\Delta F_d}{h_f \Delta x}$$



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

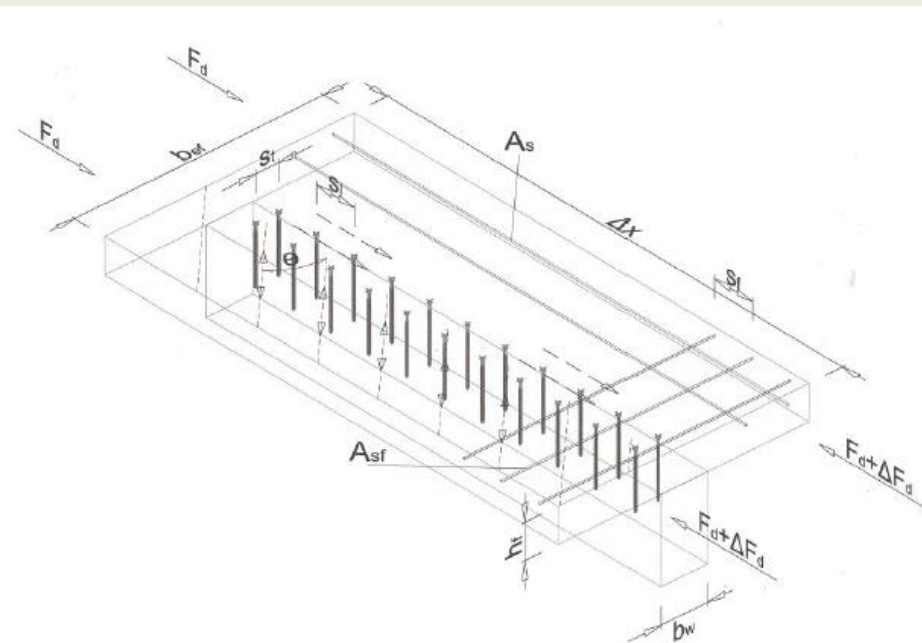
Krajnja granična stanja

Verifikacija betona na posmik u ravnini (uključujući djelovanje dijafragme)

Projektiranu posmičnu čvrstoću betonske ploče (posmična ravnine a-a na slici)

treba odrediti u skladu s EN 1992-1-1, 6.2.4, gdje se posmična čvrstoća može izračunati uzimajući u obzir model kao sustav tlačnih elemenata u kombinaciji sa zategama u obliku vlačne armature.

$$\frac{A_s}{s_f} \geq \frac{\Delta F_d}{\Delta x f_{yd} \cot \theta}$$



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Krajnja granična stanja

Verifikacija betona na posmik u ravnini (uključujući djelovanje dijafragme)

Minimalna površina armature treba se odrediti u skladu s EN 1992-1-1, 12.1.1., Pri čemu maksimalni uzdužni razmak između armature ne smije prelaziti 150 mm. Može se pretpostaviti i minimalna poprečna armatura prema navedenoj tablici.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Granično stanje uporabivosti

Općenito

Spregnuta konstrukcija drvo-beton treba biti projektirana i izrađena tako da su sva relevantna granična stanja uporabljivosti zadovoljena u skladu s načelima EN 1990; kriteriji su dani u [EN 1990: 2002 + A1: 2005 klauzula 3.4].

Progibi

Granične vrijednosti progiba treba uzeti u skladu s EN 1995-1-1.

Progibi bi se trebali provjeriti u karakterističnim vremenima faze npr. očvršćavanja betona, micanja podupora, te na kraju vremena t_{∞} u skladu sa već navedenim karakterističnim periodima.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Granično stanje uporabivosti

Progibi

Referentna razina za progib je gornja strana kompozitne konstrukcije. Ako progib može narušiti izgled zgrade, referentna razina trebala bi biti donja strana konstrukcije.

U neučinkovito poduprtoj ili nepoduprtoj konstrukciji deformaciju uzrokovanu težinom svježeg betona treba dodati ukupnom progibu spregnute konstrukcije.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Granično stanje uporabivosti

Nadvišenje

Može se izvoditi nadvišenje. Veličinu nadvišenja treba izračunati stvarnom procjenom parametara progiba, koji mogu ovisiti o:

- varijabilnosti elastičnih modula materijala;
- toleranciji;
- varijaciji u visini betona uslijed neravnomjerne raspodjele vlažnog betona koji nastaje iz nadvišenja,
- dugotrajnom puzanju i skupljanju

U zgradama se može upotrijebiti pojednostavljeni pristup nadvišenju koji se ograničava na trenutni progib drva pod težinom svježeg betona.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Granično stanje uporabivosti

Vibracije

- Razinu vibracija treba procijeniti mjerenjima ili proračunom, uzimajući u obzir očekivanu krutost elementa, komponente ili konstrukcije i omjer modalnog prigušenja.
- Ako je potrebno ograničiti vibracije, gdje je to potrebno, može se koristiti EN 1995-1-1: 2004 + A1: 2008 klauzula 7.3.

Podne vibracije

- Dinamička svojstva podnih greda trebala bi zadovoljavati kriterije iz [EN 1990: 2002 + A1: 2005 Prilog A, odredba 1.4.4].
- Za podove, osim ako se ne dokaže da su druge vrijednosti prikladnije, omjer modalnog prigušenja od $\zeta = 0,025$ treba se koristiti za spregnute konstrukcije drvo-beton i $\zeta = 0,035$ za ploče s plutajućim estrihom.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Granično stanje uporabivosti

Pukotine u betonu

- Pukotine betona trebale bi se uzeti u obzir sukladno 7.1.1 (9) i 7.1.1 (10) ove tehničke specifikacije (tablica minimalne armature).

- Pukotine betona mogu se kontrolirati ograničavanjem izračunate širine pukotine w_k prema [EN 1992-1-1: 2004 + A1: 2014 Tablica 7.1N].

Ograničenje se može zadovoljiti ili ispunjavanjem pravila [EN 1992-1-1: 2004 + A1: 2014 klauzula 7.3.3] ili izravnim izračunom w_k korištenjem EN [EN 1992-1-1: 2004 + A1: 2014 klauzula 7.3.4].

Prema [EN 1992-1-1: 2004 + A1: 2014 Tablica 7.1N] maksimalna širina pukotina treba biti:

$w_{max} = 0,4$ mm za unutarnje elemente (npr. zgrade, hale itd.)

$w_{max} = 0,3$ mm za vanjske elemente (npr. mostove)



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Detalji i izvođenje spregnutih konstrukcija drvo-beton

- Prije upotrebe u građevinarstvu drvo se treba sušiti što je moguće bliže ravnotežnom sadržaju vlage u skladu s uporabnim klasama prema EN 1995-1-1: 2004 + A1: 2008 klauzula 10.2 (3)]
- Ne smije se koristiti drvo s pukotinama koje mogu utjecati na linije postavljanja spojnih sredstava.
- Prilikom stavljanja svježeg betona na drvo, prijenos vode između ta dva materijala treba svesti na najmanju moguću mjeru (npr. korištenjem plastične folije, korištenje beton s aditivima, vlaženje površine drveta prije lijevanja betona itd.)
- Botaničke vrste drva koje utječu na stvrdnjavanje betona (npr. ariš, zbog ekstrakcija koje su topive u vodi) ne smiju se koristiti u izravnom kontaktu sa svježim betonom.



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Detalj poprečnog presjeka

- Minimalna debljina betonske ploče treba biti 50 mm. Maksimalna debljina treba biti 300 mm.
- Debljina srednjeg sloja, kada se koriste spojevi izvedeni sa štapastim spojnim sredstvom okomito na vlakna, ne smije prelaziti 50 mm.
- Brzina i redoslijed postavljanja betona trebaju biti takvi da deformacija drva ispod težine betona ne oštećuje djelomično očvršli beton zbog djelovanja ograničenog kompozitnog djelovanja. Gdje god je to moguće, deformacija ne bi trebala biti prenesena na sredstva za sprezanje sve dok beton ne dostigne dovoljnu tlačnu čvrstoću.
- Maksimalna veličina agregata je 20 mm; manja veličina može biti potrebna ovisno o pojedinostima (npr. zarezane veze).



TS 1995-3: Projektiranje spregnutih konstrukcija drvo-beton – opća pravila i pravila za zgrade

Armatura betonske ploče

- Kada se sredstva za sprezanje nalaze uz uzdužni rub betonske ploče, poprečna armatura treba biti potpuno usidrena u betonu između ruba ploče i susjednog niza spojeva.
- Na kraju spregnutog nosača statičkog sustava konzole, potrebno je osigurati dovoljno armature za lokalno ojačanje kako bi se sila iz konektora prenijela na uzdužnu armaturu.
- Minimalno ojačanje treba biti $0,80\text{cm}^2 / \text{m}$ u oba smjera, osim ako su za kontrolu pukotina potrebne veće vrijednosti



Hvala na pažnji!

