

TESARSKE VEZE I NASTAVCI

- **NENOSIVE VEZE**

- izvode se iz konstruktivnih razloga kao nenosive veze
- veze se temelje na osnovnim načelima i bogatom iskustvu tesarske struke
- prilagođene vrsti i namjeni konstrukcije, te budućoj funkciji i položaju unutar konstrukcije

- **STATIČKE ILI NOSIVE VEZE**

- izvode se prema statičkom proračunu – dokazu nosivosti veze na proračunske utjecaje koje prihvaćaju
- veze s direktnim i indirektnim prijenosom sila

• ČIMBENICI UTJECAJA NA KVALITETU VEZA I NASTAVAKA

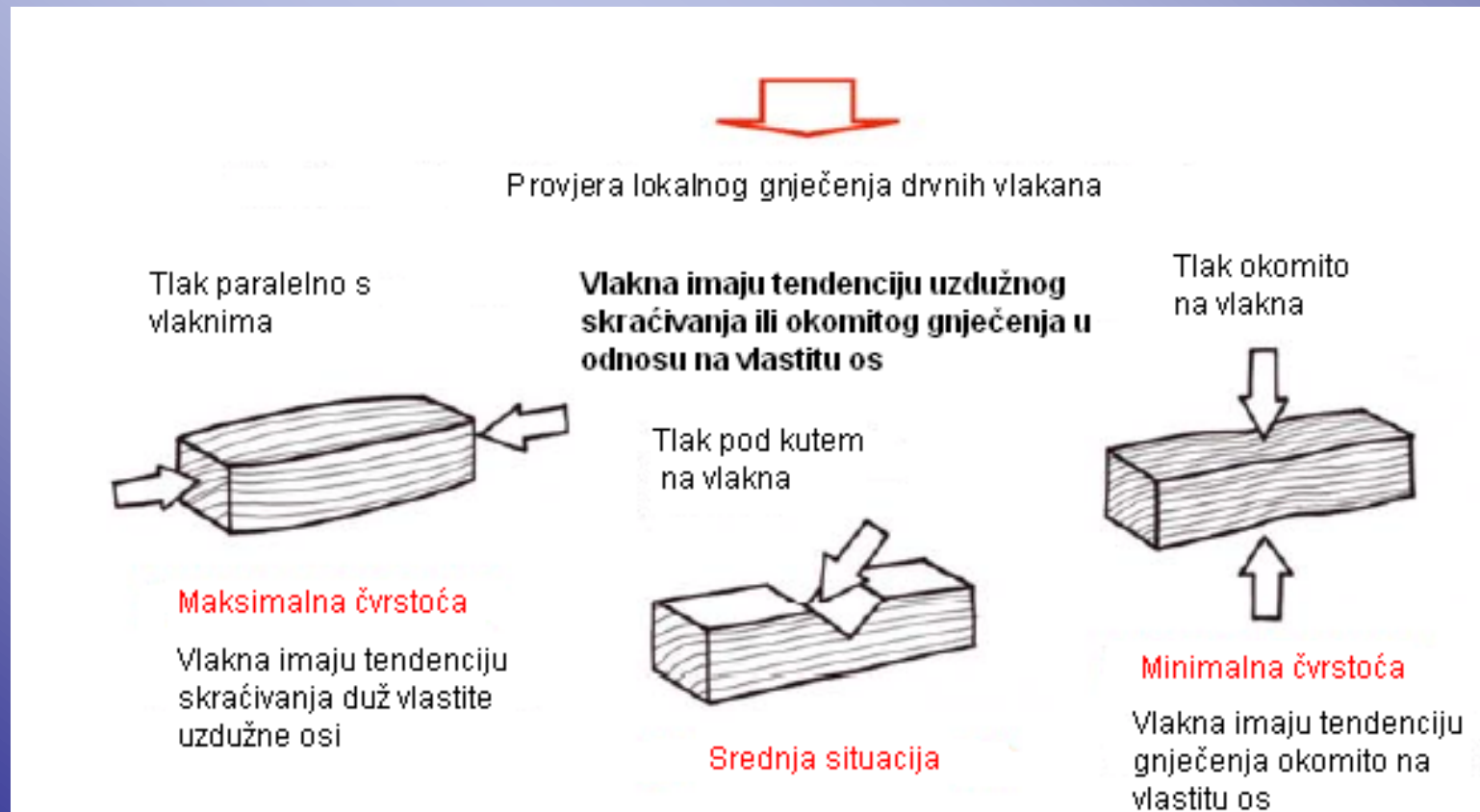
- uvjeti eksploatacije
- kvaliteta i vrsta gradiva
- korozija metalnih dijelova i spajala u vezi
- vanjski utjecaji koji nepovoljno djeluju na sigurnost veze
- pristupačnost veze (povremene revizije)
- uvjeti izrade i montaže
- pravilna ugradnja i osigurana zaštita spojnih sredstava

KONCEPT STATIČKOG PRORAČUNA - jasan, izvediv i što jednostavniji

IZVEDBA - u skladu s dokazom nosivosti

Ilustracije otpornih mehanizama

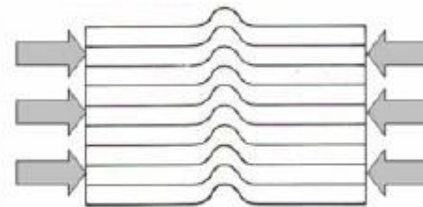
- Provjera čvrstoće spoja opterećenog na tlak prenošen između različitih elemenata



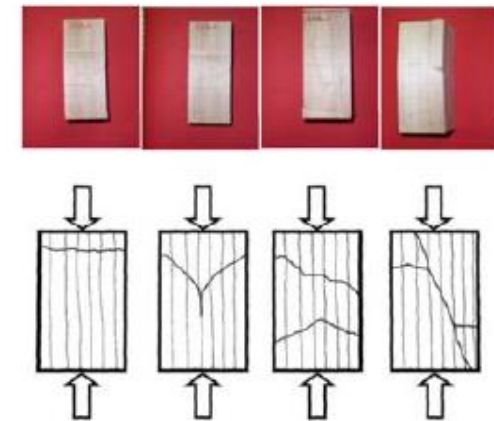
Tlak paralelno s vlaknima

- Rezultati eksperimentalnog ispitivanja na topolovini prema UNI-ISO 3787
Modul loma

na razini stanice

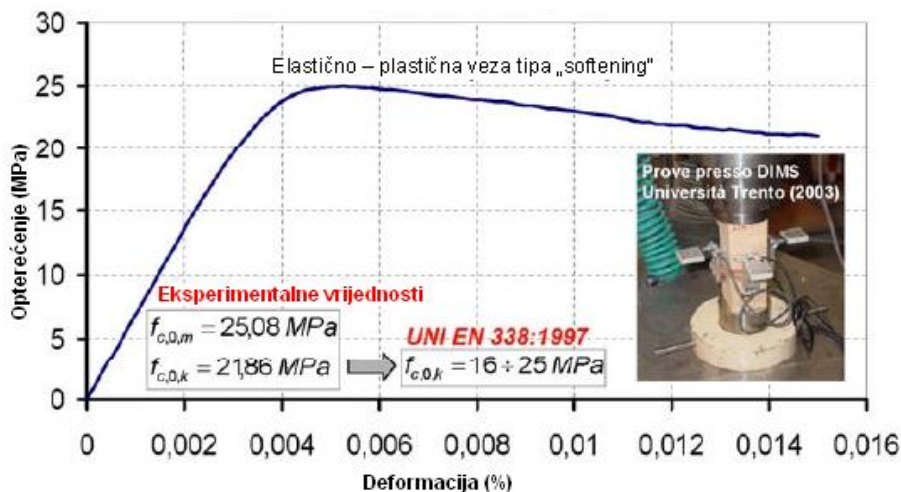


na razini makroskopskih proba



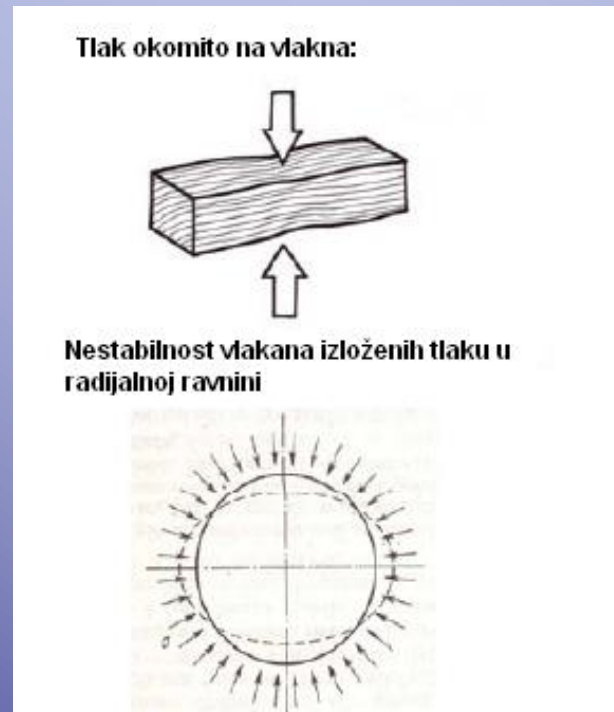
Oblik kolapsa uslijed
nestabilnosti vlakana

Deformacija se širi
okomito na smjer
opterećenja (postupni lom)



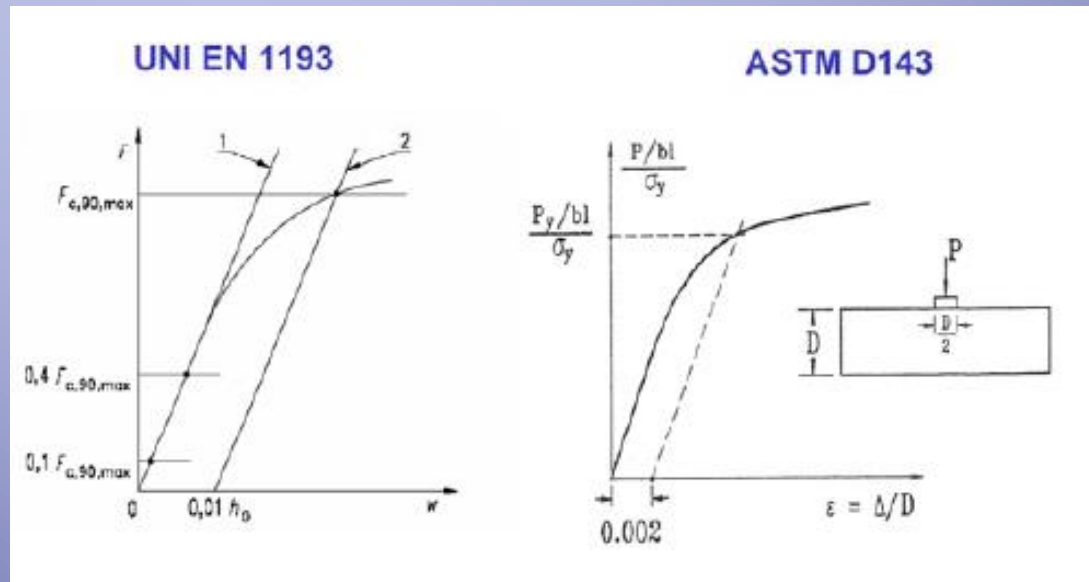
Tlak okomito na vlakna

- Oblik lokaliziranog kolapsa uslijed nestabilnosti vlakana (nestabilnost staničnih stijenki izloženih vanjskom tlaku)
- Kritično opterećenje je manje nego u slučaju nestabilnosti stupa
- Jako izražene deformacije uslijed maksimalnog opterećenja



Tlak okomito na vlakna: granična stanja

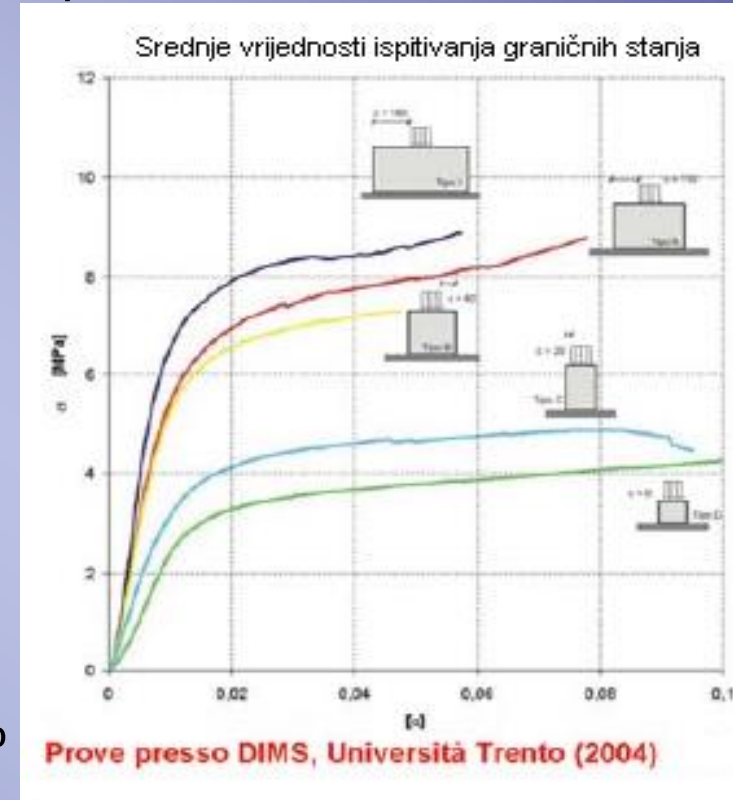
- Pristup određivanjem krajnje (granične) čvrstoće



- Uobičajeno je određivanje kritične vrijednosti za tlak okomito na vlakna jer pri kritičnom opterećenju dolazi do gnječenja vlakana
- potrebno je ograničiti deformacije kako bi se smanjila uleknuća
- ovisi o geometriji problema – „efekt pečatnog pritiska”

Tlak okomito na vlakna: granična stanja

- uzorci tipa B (granični) imaju veću krutost u usporedbi s uzorcima tipa C (ne granični)
- uzorci tipa A (ne granični) pokazuju plastično ponašanje nakon elastične faze
- uzorci tipa B (granični) pokazuju malu mogućnost plastičnog ponašanja
- povećanje krutosti i čvrstoće kod graničnih uzoraka proporcionalno je širini granične zone
- vrijednosti loma se utvrđuju bilježeći opterećenja koja odgovaraju deformaciji od 1%



Tlak okomito na vlakna

- „Efekt površine djelovanja sile“

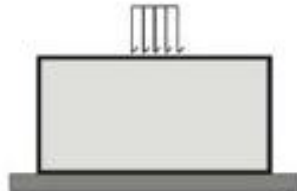
Caso a : CAMPIONE “NON CONFINATO”

Tutte le fibre sono **schiacciate** come un “fascio di tubi”



Caso b : CAMPIONE “CONFINATO”

Solo una porzione della superficie del legno superiore è **caricata**, e le fibre adiacenti non caricate assorbono una parte del carico



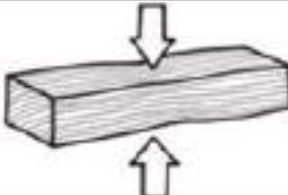
Tablice

Tlak paralelno s vlaknima

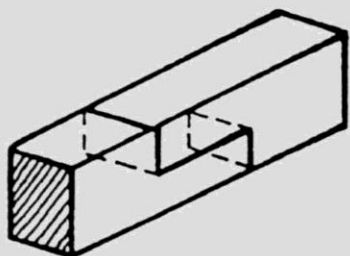
C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40	topola i četinjače	C14-C40	
16	17	18	20	21	22	23	25	26	UNI EN 338:1997	16-25 Mpa	
$f_{c,0,k}$ (Mpa)				listače	D30	D35	D40	D50	D60	D70	D30-D70
				UNI EN 338:1997	23	25	26	29	32	34	23-34 Mpa
				lamelirano drvo	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h	homogeno	GL24h-GL36h	
				UNI EN 1194:2000	24	26,5	29	31			24-31 MPa
				lamelirano drvo	GL24c	GL28c	GL32c	GL36c	kombinirano	GL24c-GL36c	
				UNI EN 1194:2000	21	24	26,5	29			21-29 MPa

recentemente giudicati "troppo alti"
pr EN 338:2002 va da 2,0 - 2,9

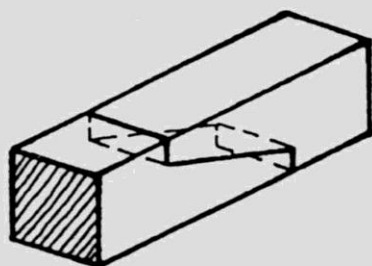
Tlak okomito na vlakna

C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40	topola i četinjače	C14-C40	
4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6	6,3	UNI EN 338:1997	4,3-6,3 Mpa	
$f_{c,90,k}$ (Mpa)				listače	D30	D35	D40	D50	D60	D70	D30-D70
				UNI EN 338:1997	8	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5	8-13,3 Mpa
				lamelirano drvo	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h	homogeno	GL24h-GL36h	
				UNI EN 1194:2000	2,7	3	3,3	3,6			2,7-3,6 MPa
				lamelirano drvo	GL24c	GL28c	GL32c	GL36c	kombinirano	GL24c-GL36c	
				UNI EN 1194:2000	2,4	2,7	3,2	3,8			2,4-3,8 MPa

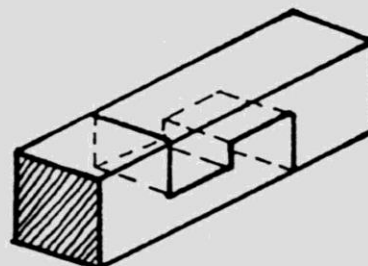
- Tesarske veze



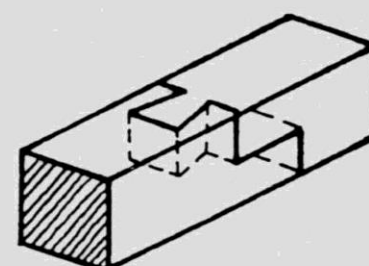
Veza na list s
okomitim
sučeljkom



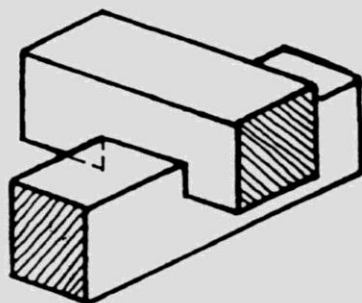
list s kosim sučeljkom



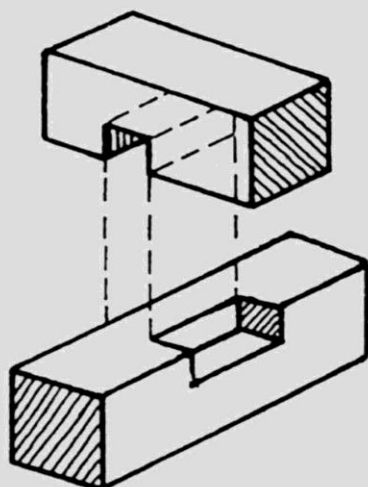
dodatni zub



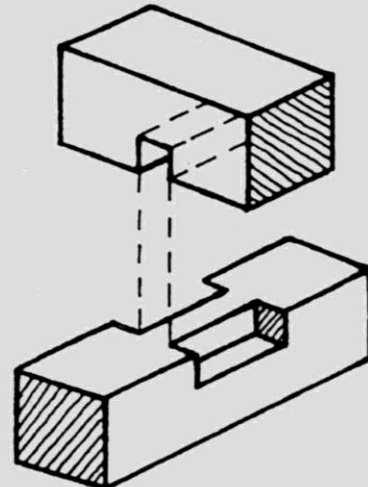
veza na lastin rep



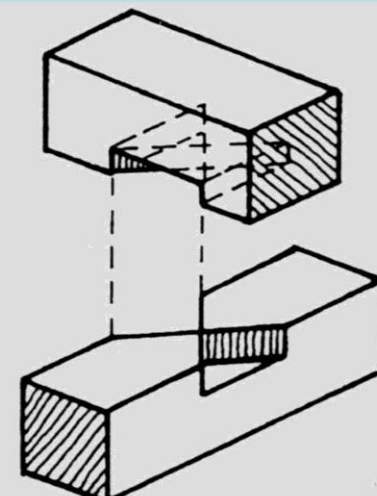
veza prehvaćanjem



- jednostruko

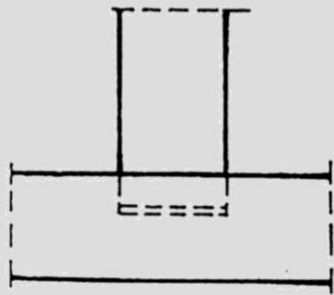


- dvostruko

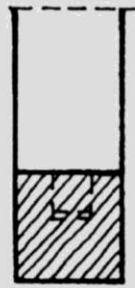


- križno

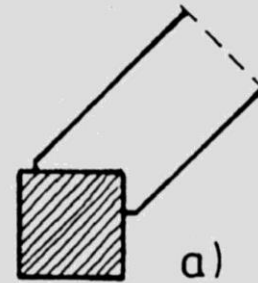
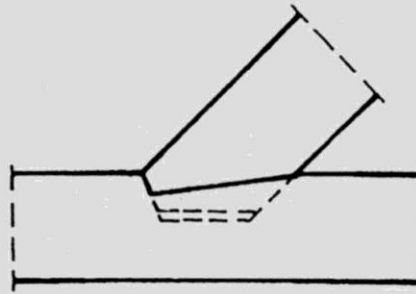
- Tesarske veze II



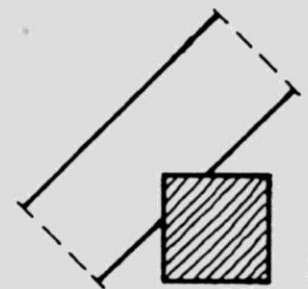
čep



Zasjek sa čepom ili
bez čepa



a)



b)

usjecanje

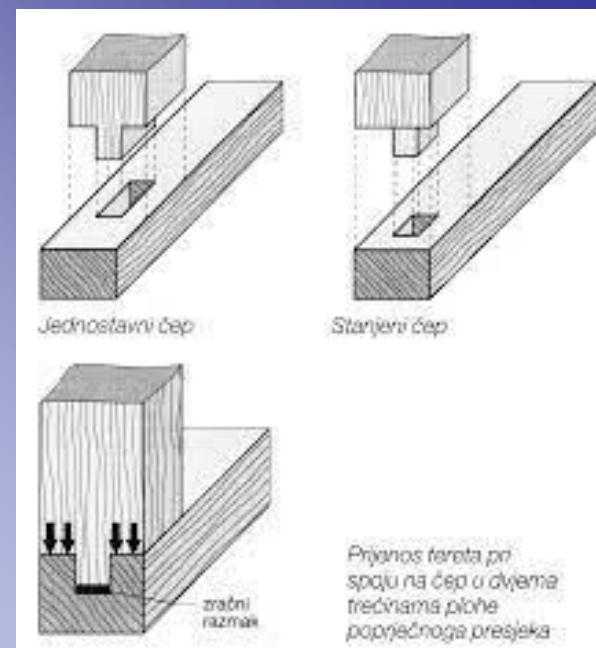
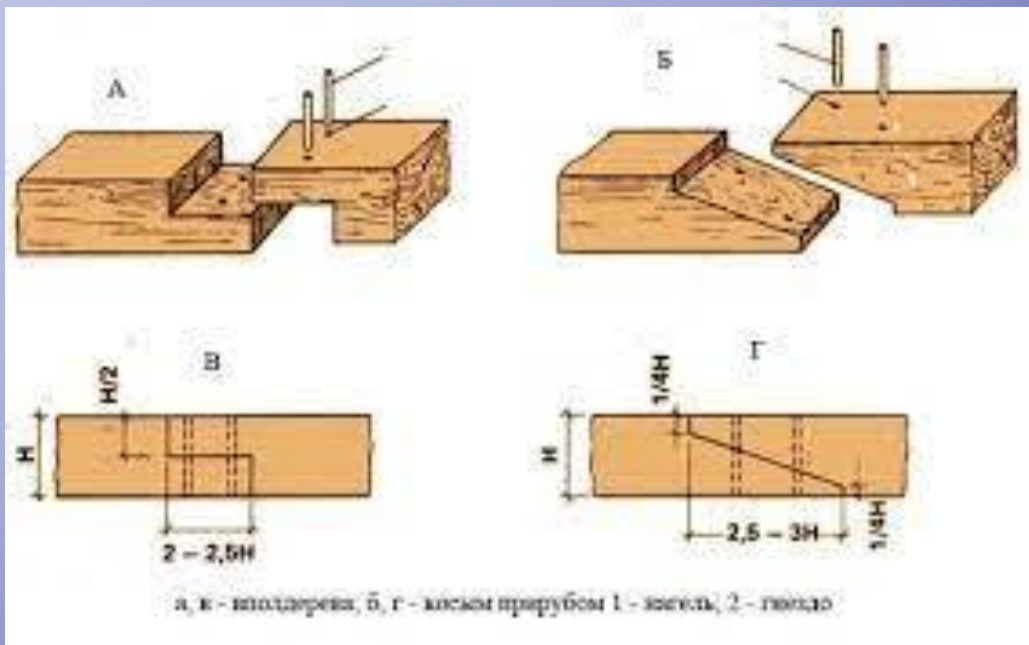
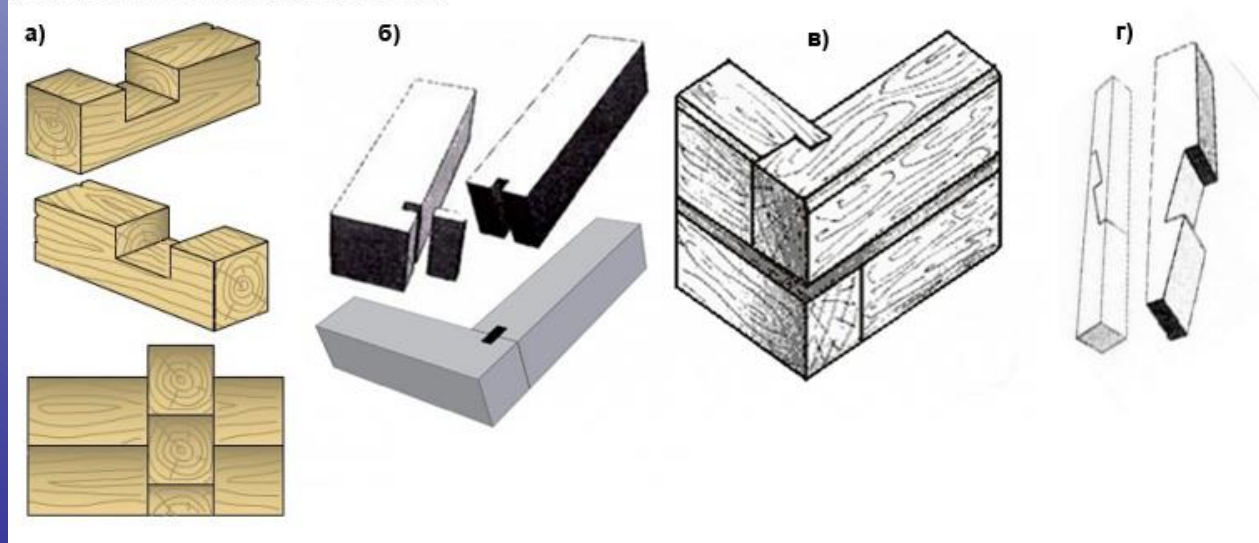
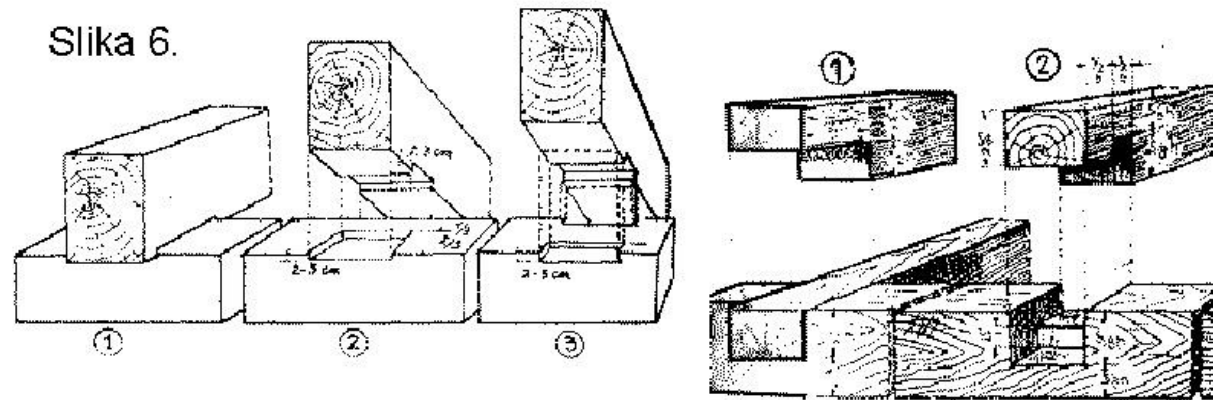


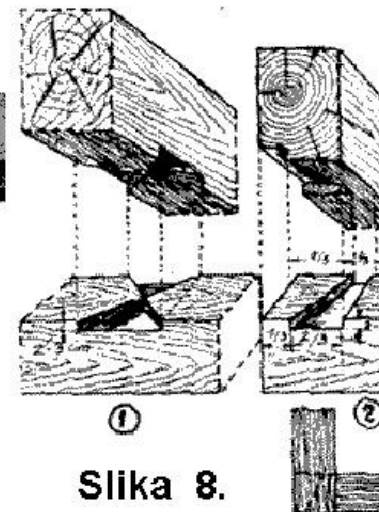
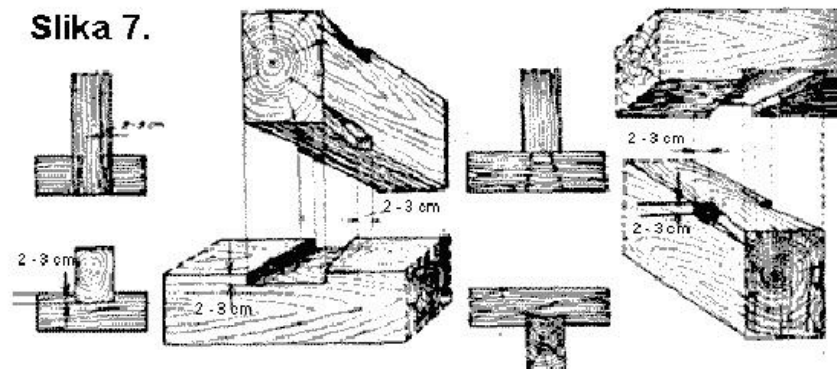
Рис. 1. Способы наращивания бруса



Slika 6.



Slika 7.



Slika 8.

1. VEZE NA SUČELJAK:

Veze **sučeljavanja** dvaju elementa.

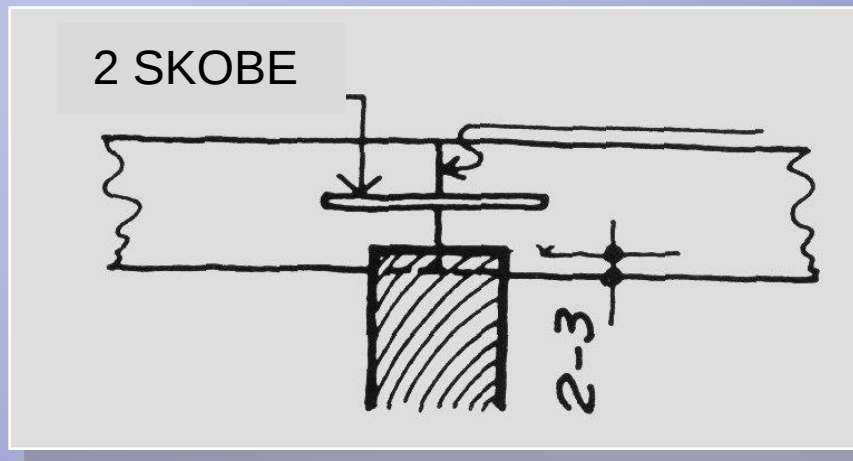
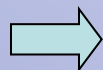
Naziv veze prema obliku sučeljka; **okomit ili kosi**

Veze se osiguravaju parom pijavica (skobice ili klamfe) - konstruktivno.

Koriste se u jednostavnijim krovnim konstrukcijama i konstrukcijama skela

a) OKOMIT SUČELJAK

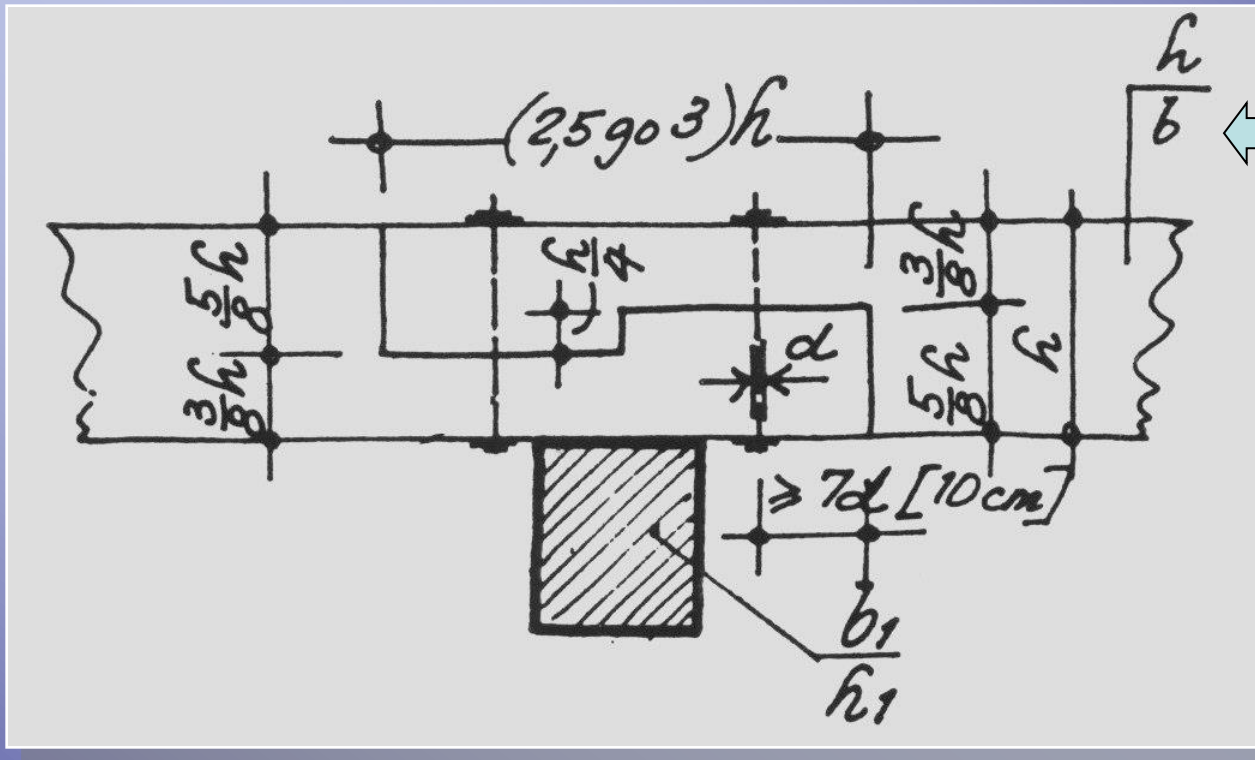
VEZA NA OKOMIT SUČELJAK



b) KOSI SUČELJAK



2. VEZE NA LIST:



OKOMIT LIST S OKOMITIM ZUBOM I SUČELJKOM

NAPOMENA:

Povoljnije je ako se list izvede po širini (b), a ne po visini poprečnog presjeka (h)!

List sa zubom može preuzeti i manju vlačnu silu

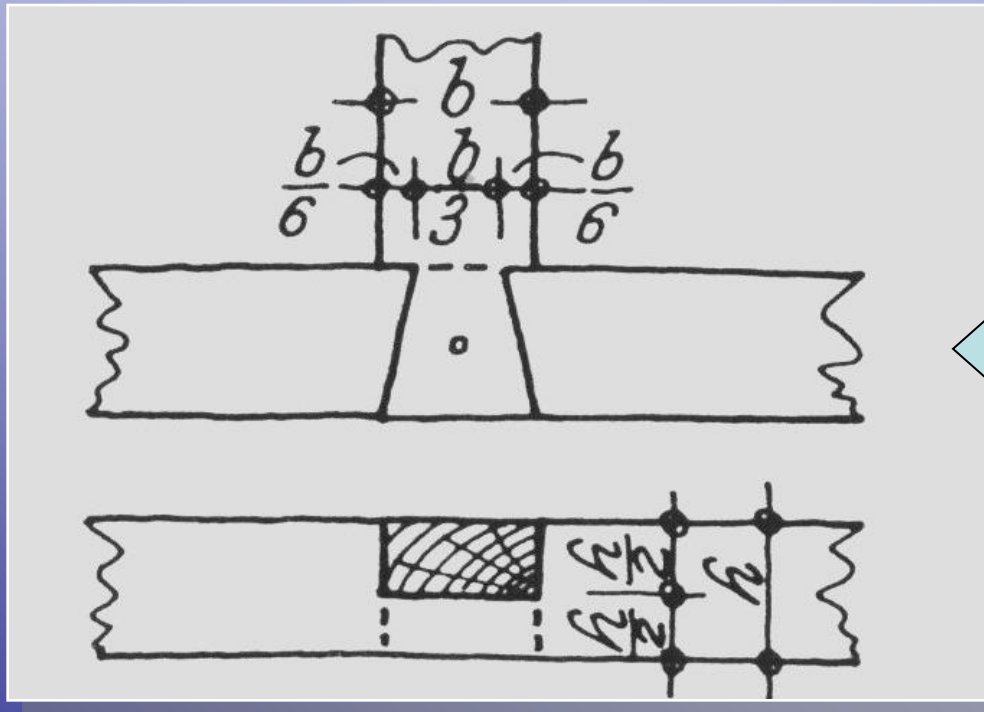
Obavezno osiguranje spojnim sredstvima (vijci, trnovi)

VEZE UKLAPANJEM (VEZE NA PREKLOP):

Osi štapova se sijeku, odnosno jedan element se uklapa u drugi.

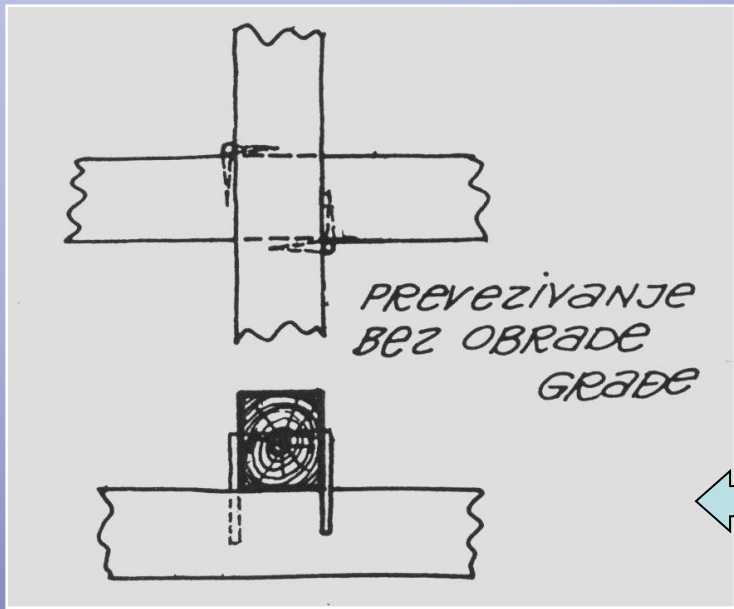
Razlikuju se veze na: **jednostavno uklapanje**, **uklapanje na lastin rep** ili **polurep** i druge

Ove veze nalaze primjenu u konstrukcijama zgrada od drva (bondruk sustavi), kod oplata i kod konstrukcija ukrućenja



**UKLAPANJE NA
LASTIN REP**

3. VEZE PREVEZIVANJEM:



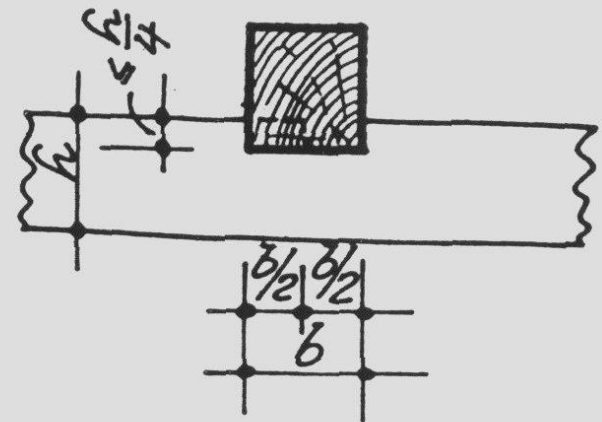
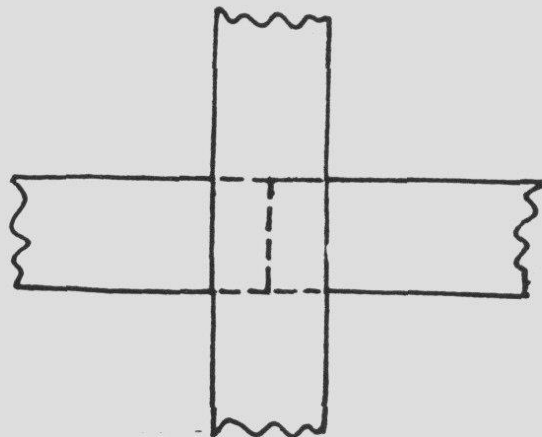
Veze kod kojih se osi štapova mimoilaze

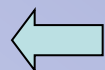
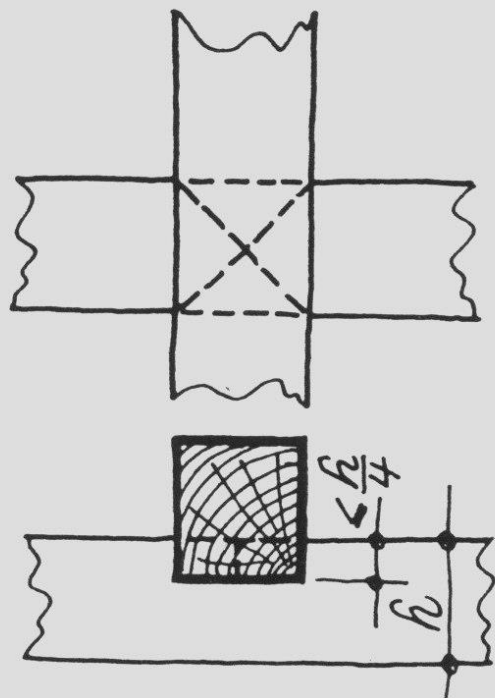
Razlikuju se veze na: **jednostavni, dvostruki i križni prevez**

Primjena - kao kod veza uklapanjem

PREVEZIVANJE BEZ OBRADJE GRAĐE

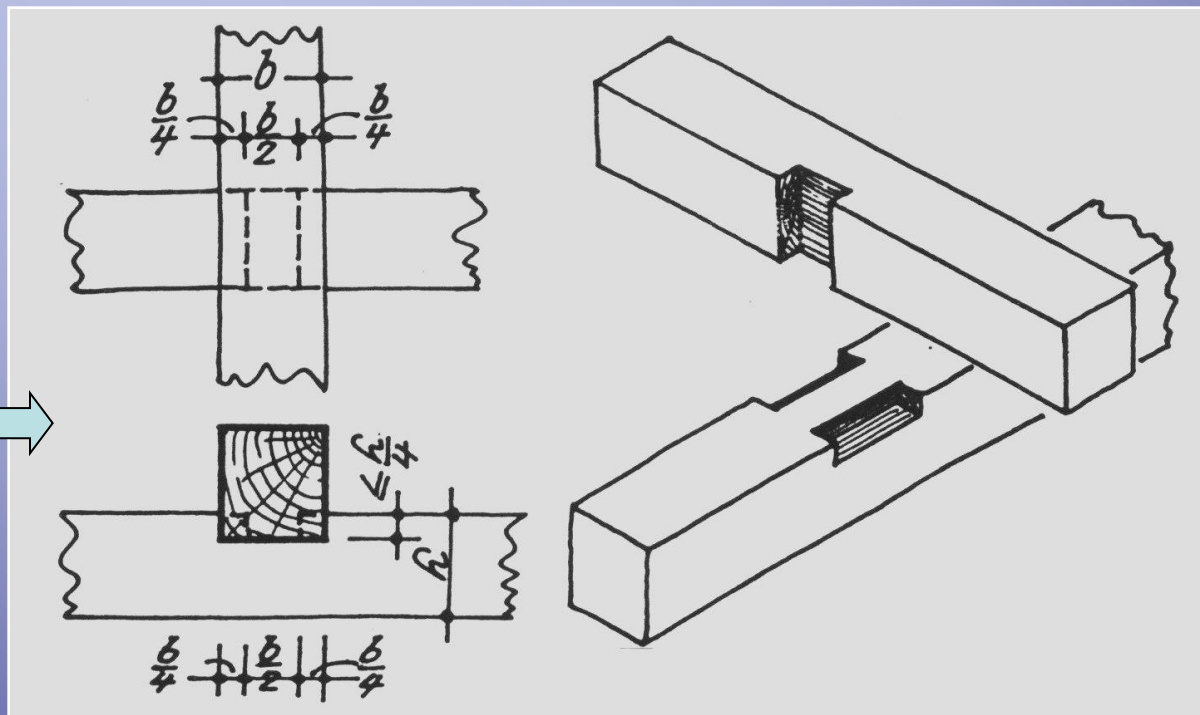
JEDNOSTAVNI PREVEZ





KRIŽNI PREVEZ

DVOSTRUKI PREVEZ



4. VEZE NA ČEP:

Velika primjena u drvenim konstrukcijama (oblik čepa može biti različit)

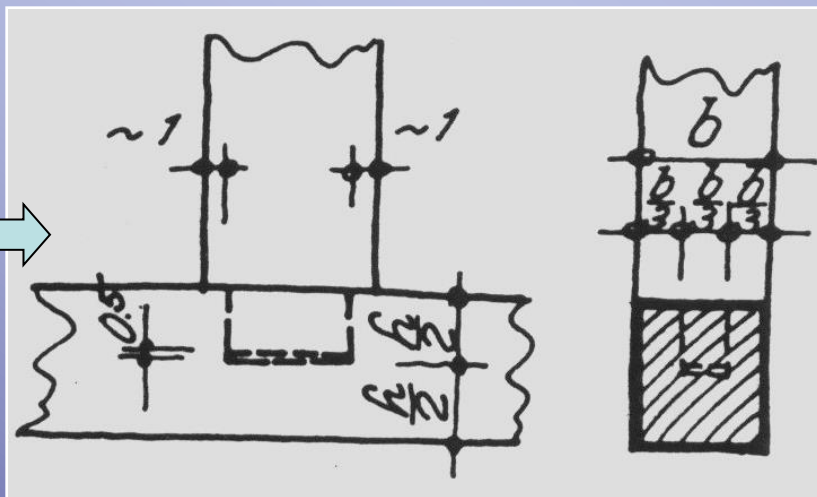
Posebnu pažnju treba obratiti na preciznost izrade

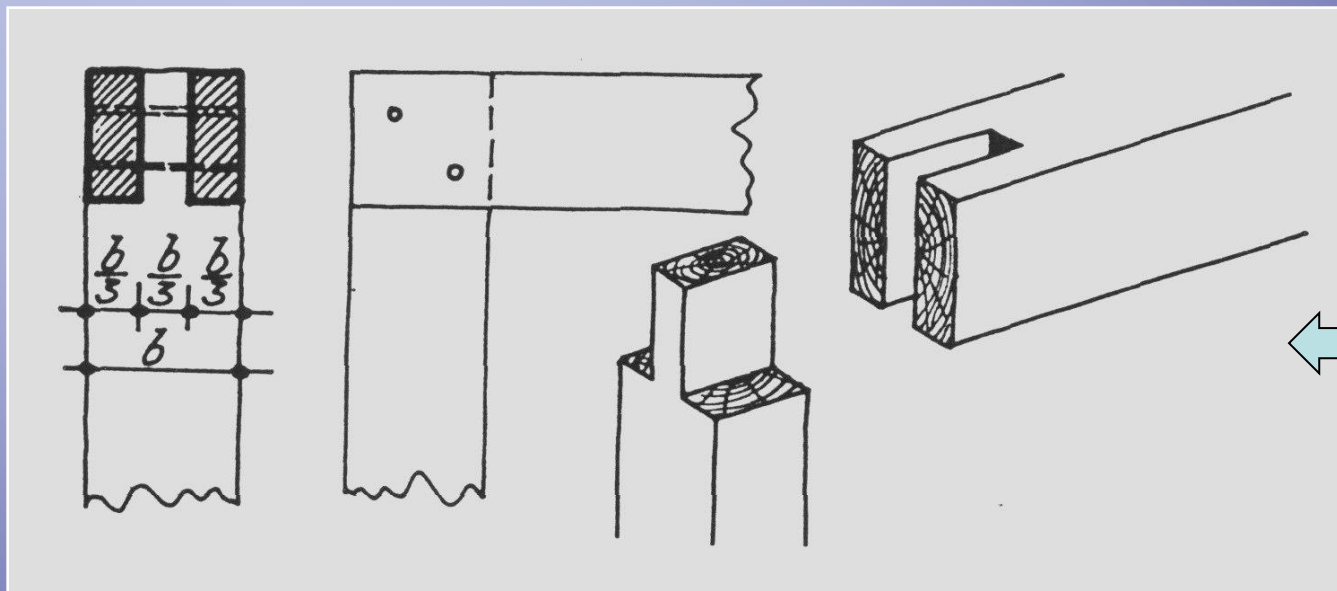
Dubina žlijeba treba biti obavezno veća za 0.5 do 1 cm veća od visine čepa

NAPOMENA: U statičkim (nosivim) vezama srednjih i većih horizontalnih sila nisu preporučljive!

Iznimno su osjetljive na djelovanje horizontalnih sila!

VEZA NA ČEP





**ČEP S PUNIM
PROREZOM
(VEZA NA
UTOR I PERO)**

Tesarske veze jednako dobro se izvode od rezane kao i od oble građe

Centar “Kopački rit”, autori V. Rajčić, A. Bjelanović



Centar “Kopački rit”



Centar “Kopački rit”



Centar “Kopački rit”



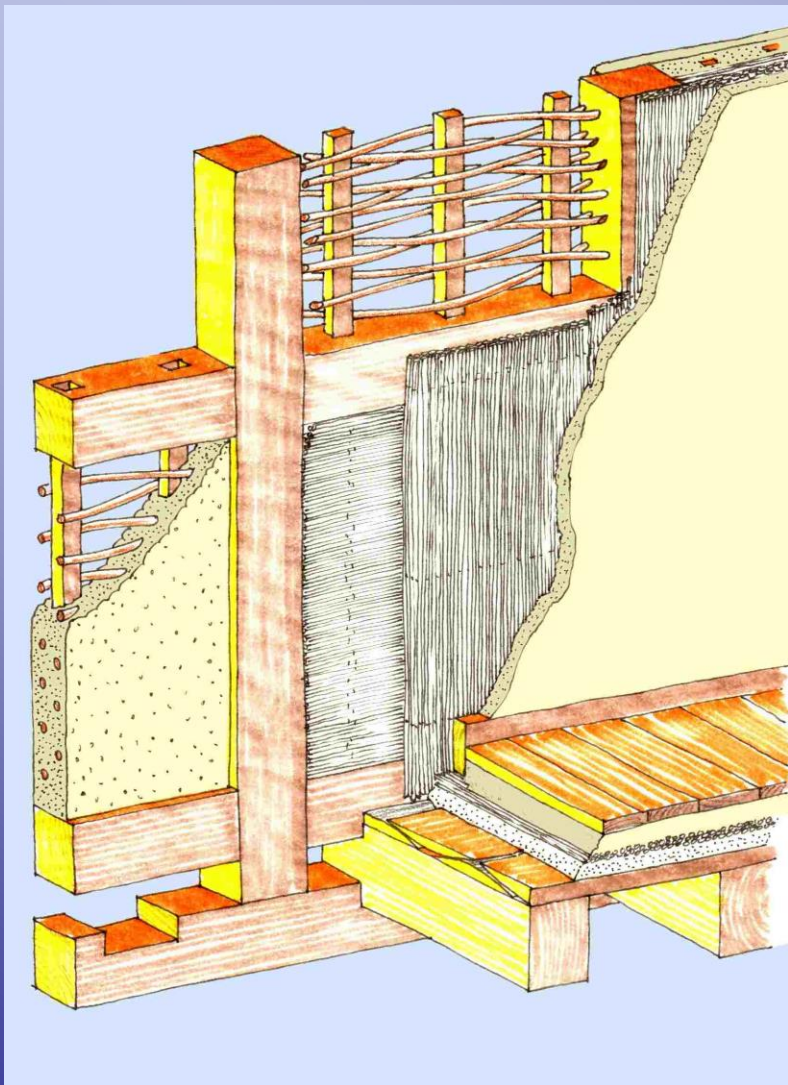
Centar “Kopački rit”



Centar “Kopački rit”



Struktura zida



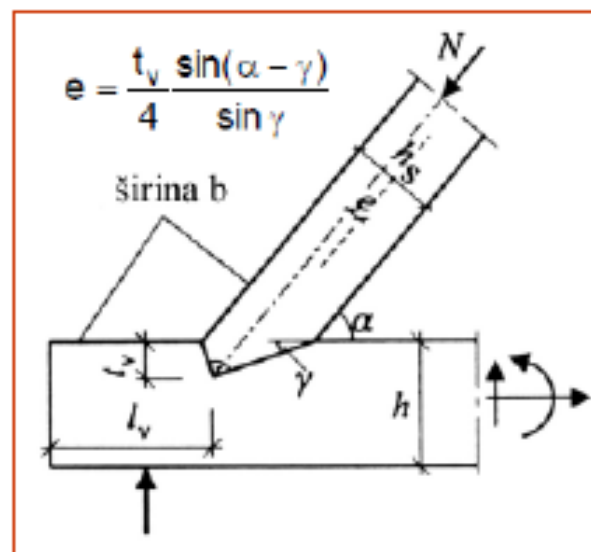
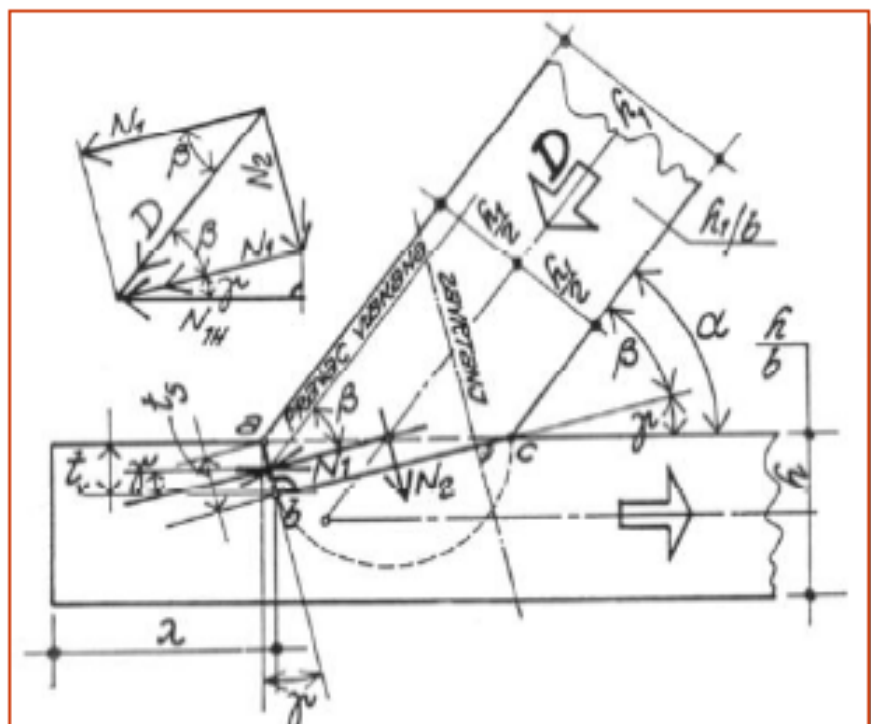
■ JEDNOSTRUKI ZASJEK POD PRAVIM KUTOM

5. Provjera naprezanje na "čelu" zasjeka

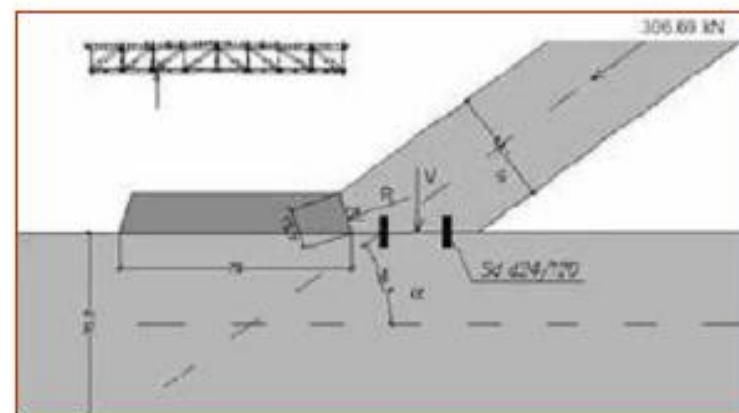
- tlak pod kutom γ na vlakna pojasa
- tlak pod kutom $\beta > \gamma$ na vlakna kosnika

$$\sigma_{c,\gamma,d} = \frac{N_1}{t_s \cdot b} = \frac{N_1 \cdot \cos \gamma}{t_v \cdot b} \leq k_{c,\gamma} \cdot f_{c,0,d}$$

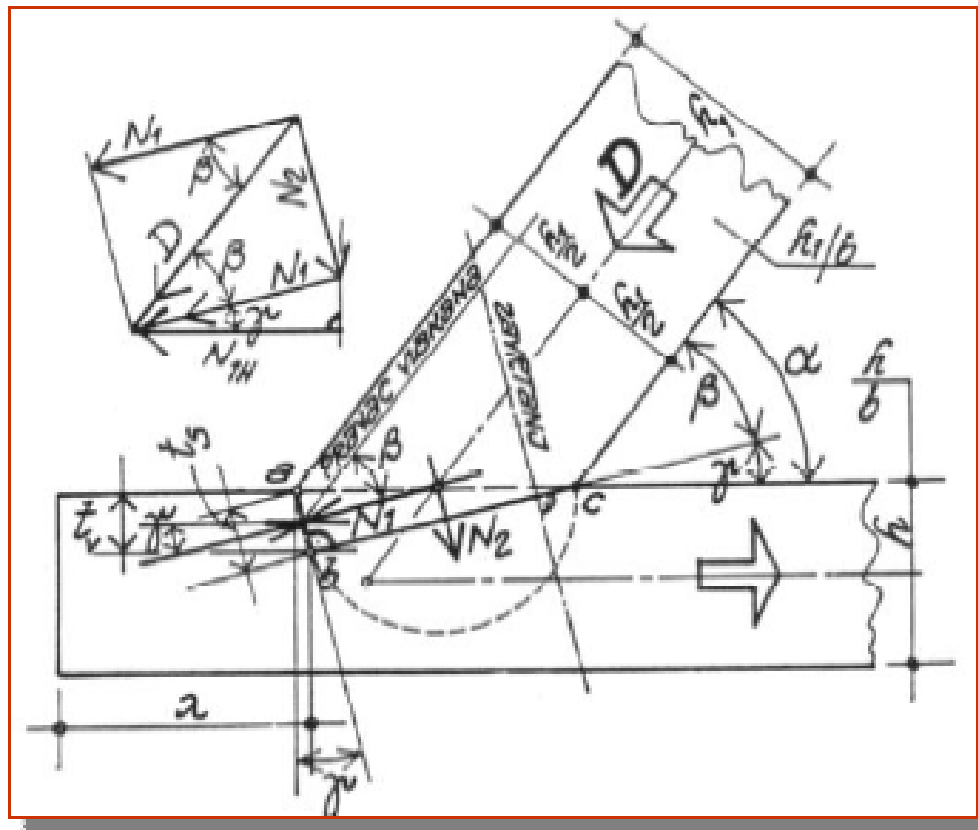
$$k_{c,\gamma} = \frac{1}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \gamma + \cos^2 \gamma}$$



- Primjena posrednih priključaka u rešetkastim konstrukcijama



▪ JEDNOSTRUKI ZASJEK POD PRAVIM KUTOM



6. Projekcija sile **D** u kosniku na posmičnu ravninu **λb**

$$N_{1H} = N_1 \cdot \cos \gamma$$

$$N_{1H} = (D \cdot \cos \beta) \cdot \cos \gamma$$

7. Određivanje posmične duljine **λ** (posmik paralelno s vlaknima)

$$\lambda \geq \frac{N_{1H}}{b \cdot f_{v,d}} (+cca 5 - 10 \text{ cm})$$

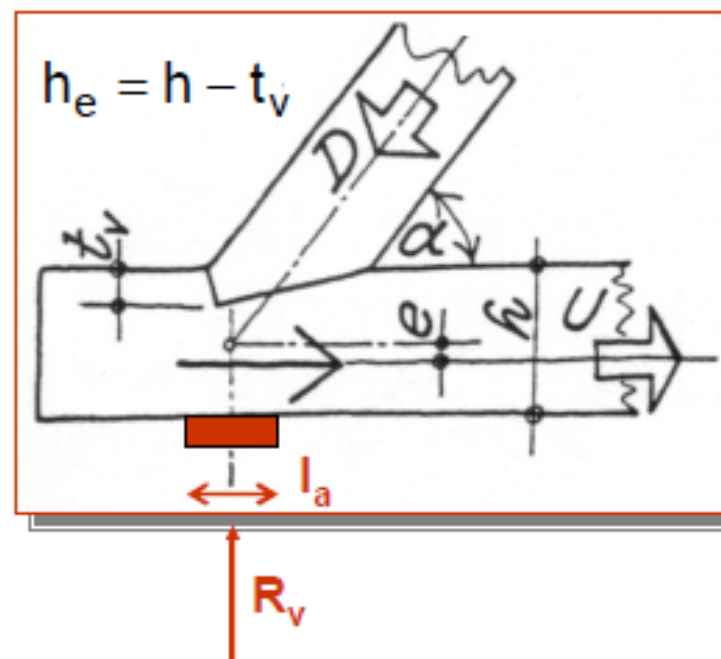
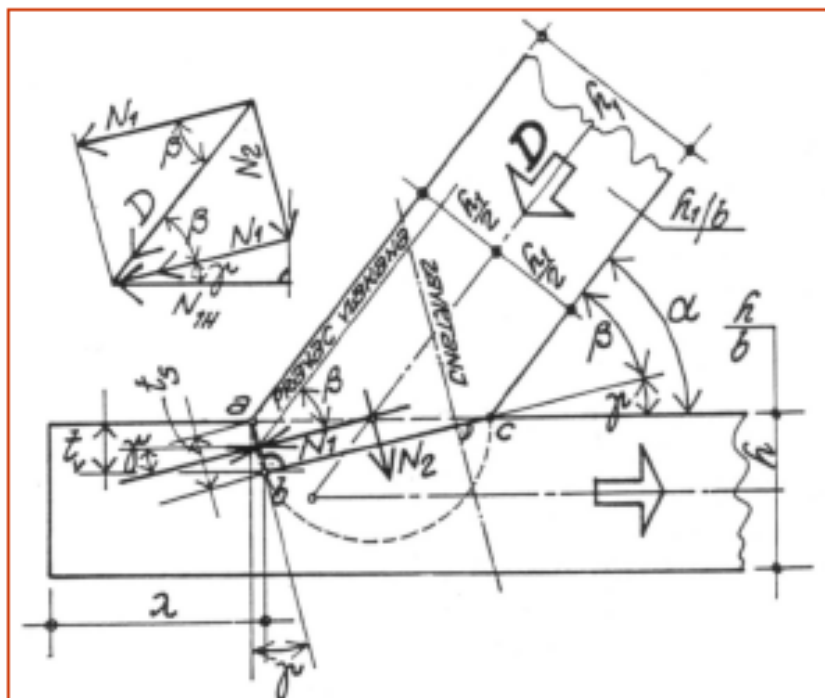
■ JEDNOSTRUKI ZASJEK POD PRAVIM KUTOM

8. Provjera ekscentričnog vlaka u oslabljenom pojasu (A_{neto} , W_{neto} – $h_e = h_{\text{neto}}$) za ekscentricitet e

$$e = \frac{h}{2} - \frac{h - t_v}{2}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\Delta\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\Delta M_d = U_d \cdot e$$



9. Provjera posmika pri savijanju u oslabljenom pojasu, $k_v = 1$)

$$\tau_{v,d} = 1,5 \cdot \frac{V_{d,max}}{b \cdot h_e} \leq f_{v,d}$$

▪ JEDNOSTRUKI ZASJEK U SIMETRALI VANJSKOG KUTA

- "Čelo" zasljeaka u simetrali vanjskog kuta $\beta = 180^\circ - \alpha$ konstrukcijski je povoljnije jer projekcija tlačne sile u kosniku N_1 zatvara isti kut nagiba prema vlaknima oba štapa, $\alpha/2$.

Postupak proračuna

1. Dubina zasijecanja

$$t_v \leq t_{v,\max}$$

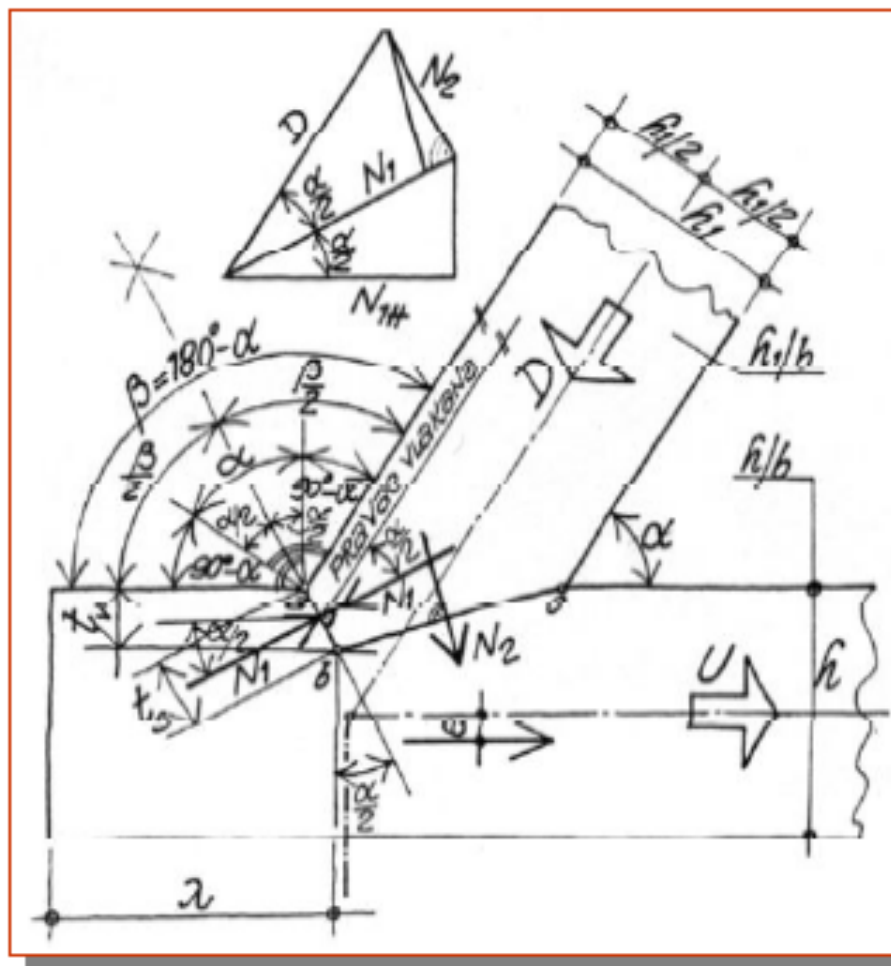
$$t_{v,\max} = \frac{h}{4}; \quad t_{v,\max} = \frac{h}{6}$$

2. Geometrija zasljeaka

(kut $\alpha/2$)

$$\beta = 180^\circ - \alpha$$

$$t_s = \frac{t_v}{\cos(\alpha/2)}$$



▪ JEDNOSTRUKI ZASJEK U SIMETRALI VANJSKOG KUTA

3. Provjera tlačnih naprezanja pod kutom $\alpha/2$ na čelo zasjeka

(vlakna pojasa):

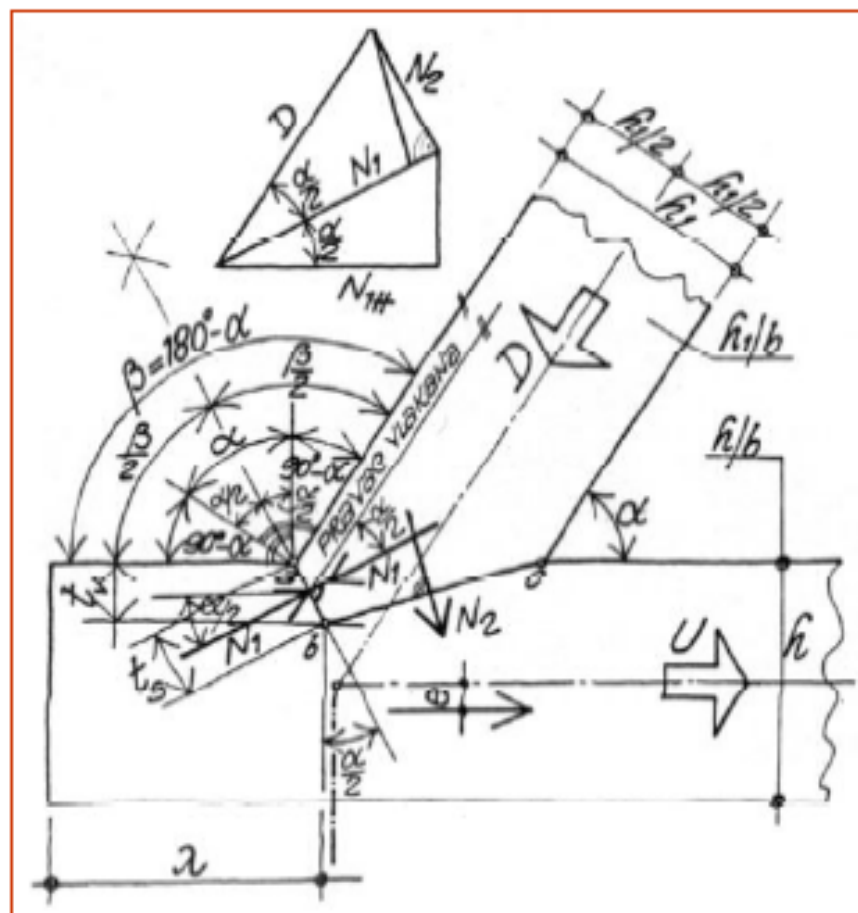
$$\sigma_{c,\alpha/2,d} = \frac{N_1}{t_s \cdot b} = \frac{N_1 \cdot \cos \alpha/2}{t_v \cdot b} \leq k_{c,\alpha/2} \cdot f_{c,0,d}$$

– projekcija sile D na čelo zasjeka, površinu ab

$$N_1 = D \cdot \cos \alpha/2$$

$$\sigma_{c,\alpha/2,d} = \frac{D \cdot \cos^2 \alpha/2}{t_v \cdot b} \leq k_{c,\alpha/2} \cdot f_{c,0,d}$$

$$k_{c,\alpha/2} = \frac{1}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha/2 + \cos^2 \alpha/2}$$



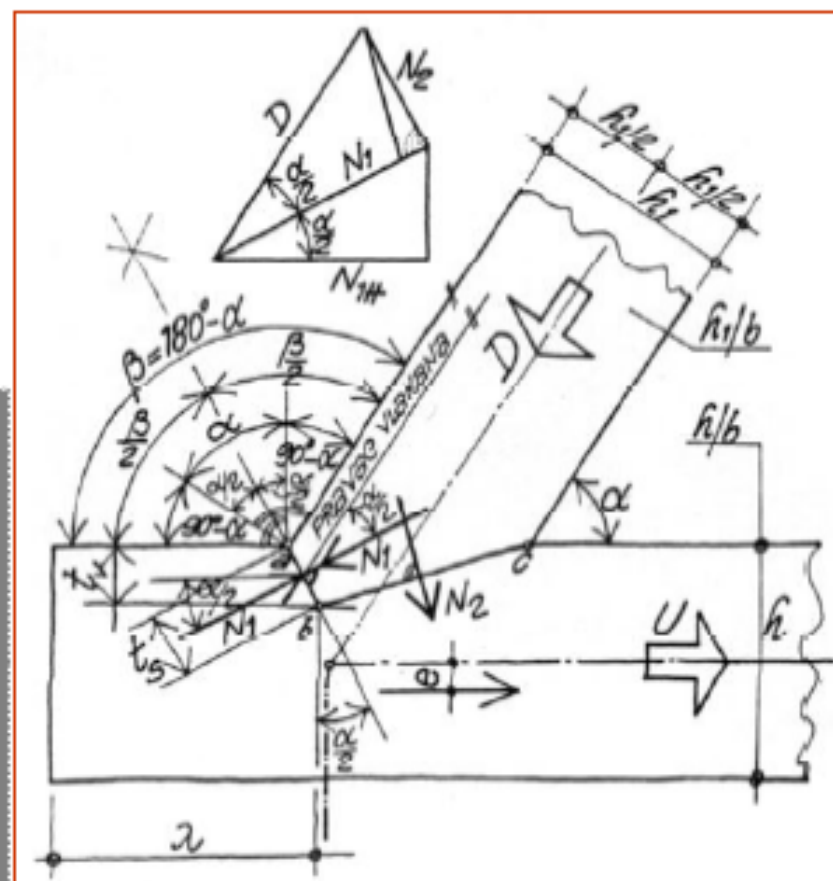
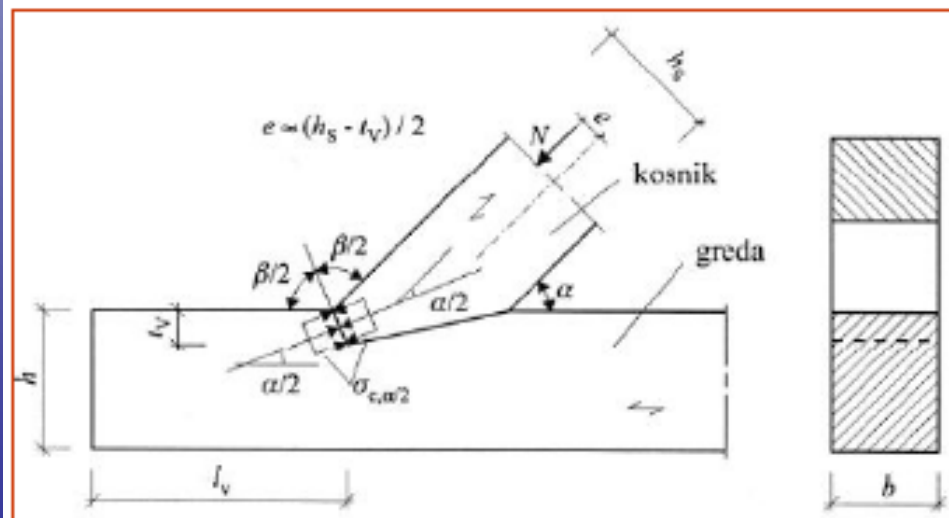
■ JEDNOSTRUKI ZASJEK U SIMETRALI VANJSKOG KUTA

4. Projekcija sile **D** u kosniku na posmičnu ravninu **λb**

$$N_{1H} = N_1 \cdot \cos \alpha / 2 \quad N_{1H} = D \cdot \cos^2 \alpha / 2$$

5. Određivanje posmične
duljine **λ** (posmik || vlaknima)

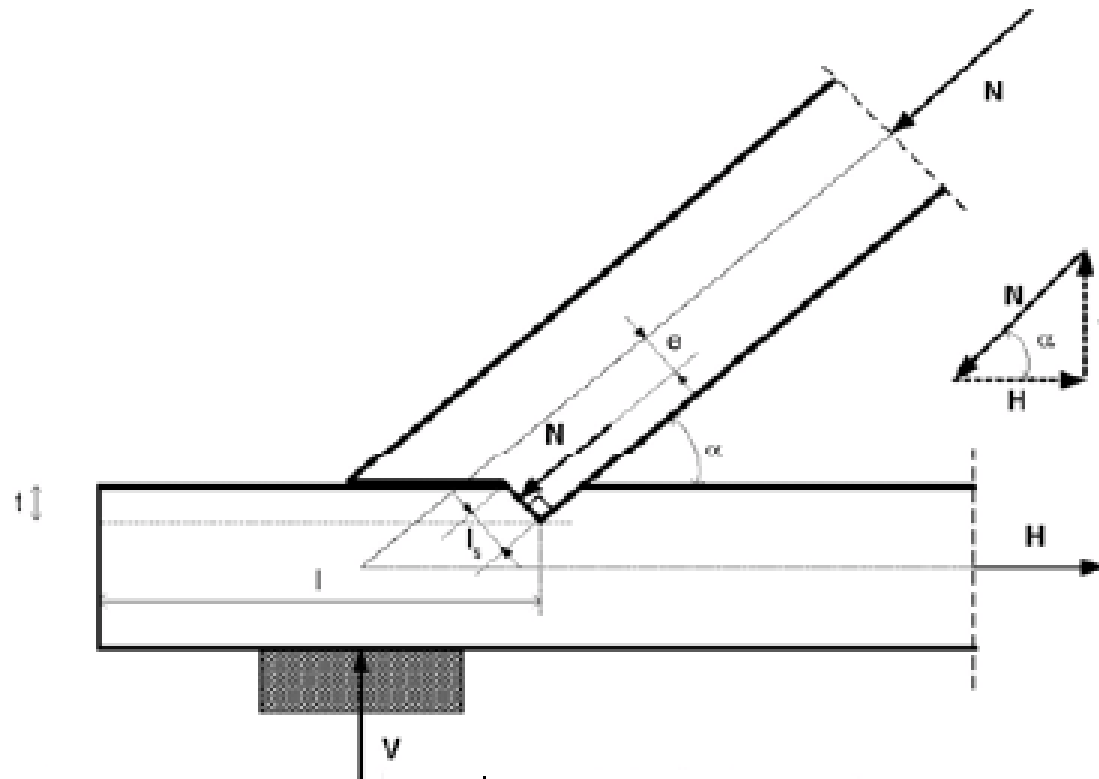
$$\lambda \geq \frac{N_{1H}}{b \cdot f_{v,d}} (+cca 5 - 10 \text{ cm})$$



Petni zasjek

- Kod spojeva sa petnim zasjekom geometrija zasjeka se izvodi tako da se povećava površina kosnika (veća duljina pete). Kod takvih je spojeva ispitivanje na tlak (tlačne čvrstoće) nešto kompliciranije nego kod jednostavnog zasjeka. Naime, zasjek se obično izvodi sa nagibom okomito na smjer stupa (zbog jednostavnosti postupka).
- Takva geometrija spoja zahtijeva posebne propise za izvedbu kao što su postojanje određenog hoda u odnosu na prednju površinu (1-2mm) kako bi se izbjeglo da djelovanje takve površine pokrene opterećenja okomito na smjer vlakana što može uzrokovati pukotine na stupu.

Petni zasjek



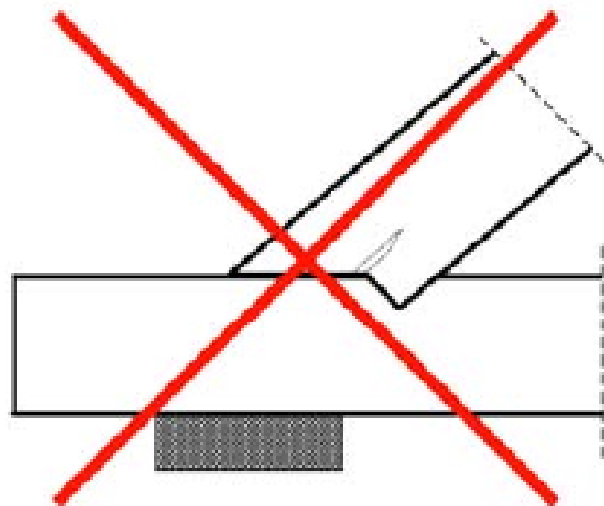
$$t_s = \frac{t}{\cos \alpha}$$

Prednost: povećana duljina pete

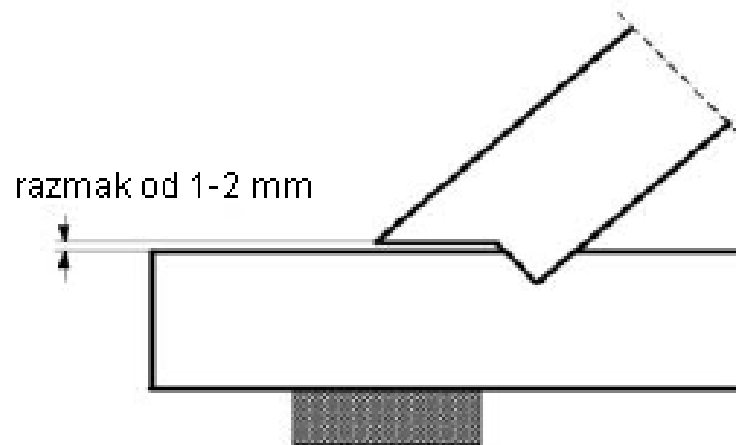
Nedostatak: kut između smjera sile i smjera vlakana manji je nego kod jednostavnog zasjeka (kod petnog zasjeka kut je obično 90°)

Proračun tesarskih spojeva

- konstrukcijski propisi: Potrebno je ostaviti određeni razmak između kontaktnih površina (1-2 mm) kako se izbjeglo da opterećenja okomito na smjer vlakana uslijed kontakta uzrokuju nastanak pukotina.



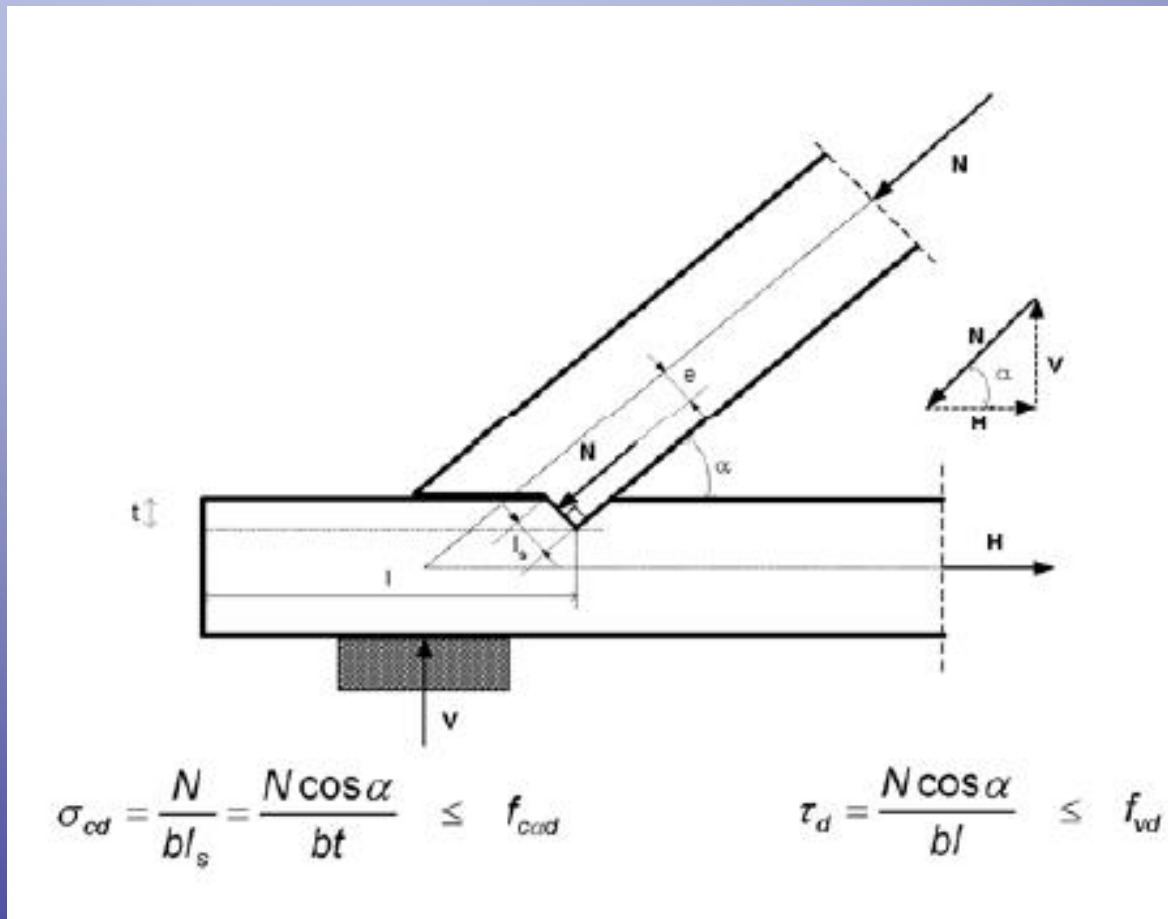
neispravno!!!



ispravno

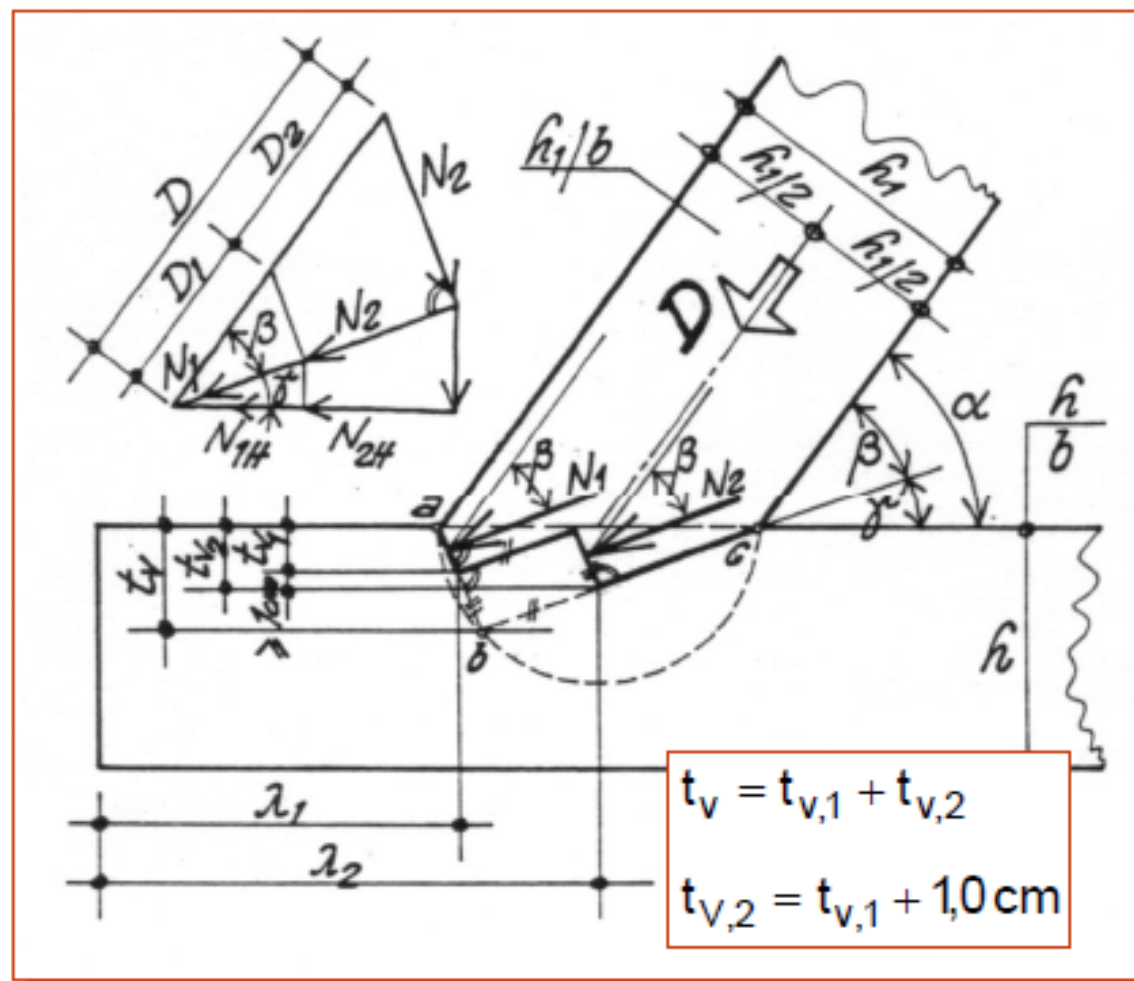
Petni zasjek

- Provjera



▪ DVOSTRUKI ZASJECI

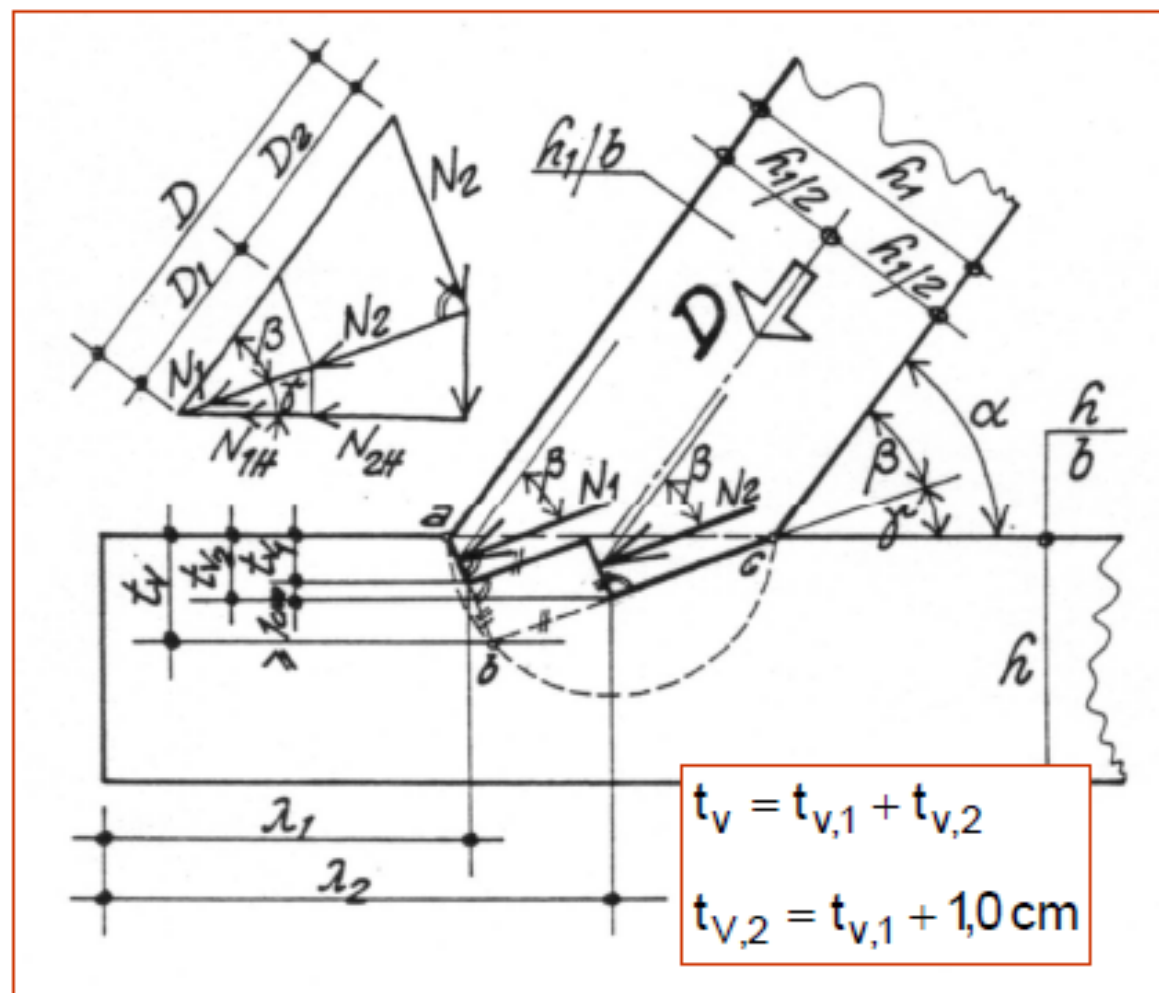
- Dva čela zasjeka – dvije dubine zasijecanja $t_{v,1}$ i $t_{v,2}$ i dvije posmične ravnine duljina λ_1 i $(\lambda_2 - \lambda_1)$ u pojasu



- Čela zasjeka mogu se izvesti u svim kombinacijama i neovisni jedan od drugog:
 - pod pravim kutom
 - u simetrali vanjskog kuta
 - srednji zasjek
 - petni zasjek

■ Proračun priključka dvostrukim zasjekom

- Dvije stvarne dubina zasjeke, $t_{v,1}$ i $t_{v,2}$ zamjenjuju se jednom zamjenskom (fiktivnom) dubinom zasijecanja, t_v



- Ograničenja zamjenske dubine zasijecanja

- Za $\alpha \leq 50^\circ$

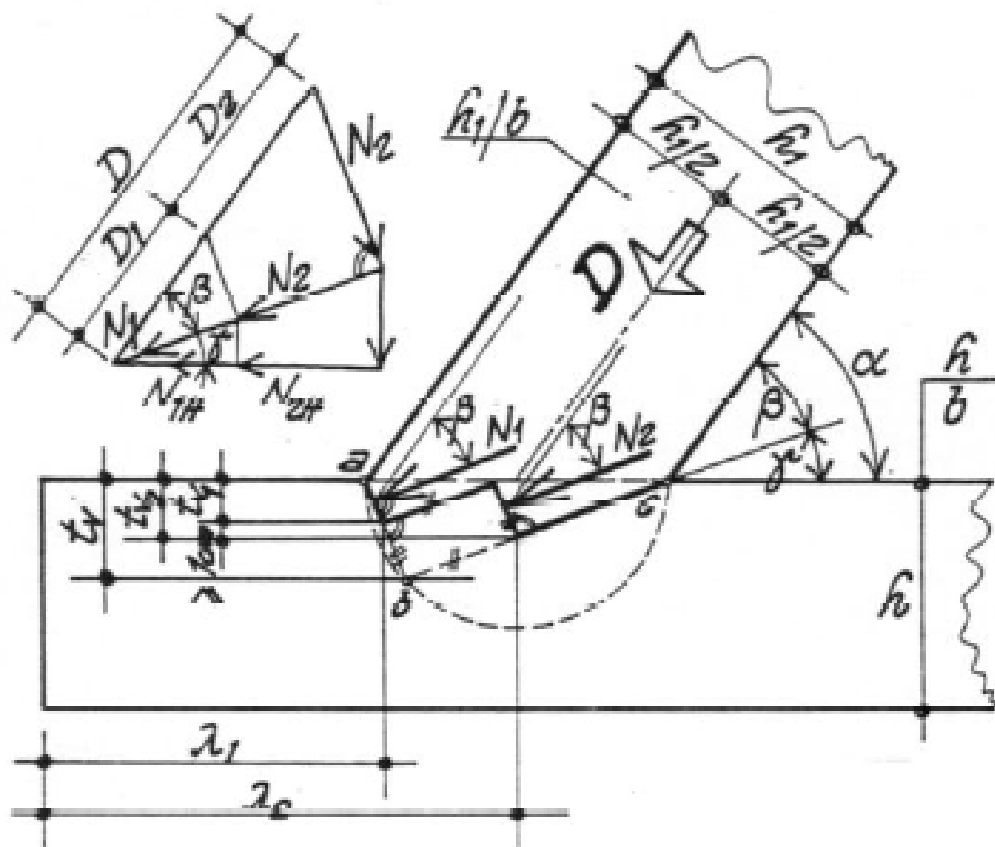
$$t_{v,\max} \leq 2 \cdot \frac{h}{4} - 1 = \frac{h}{2} - 1$$

- Za $\alpha > 60^\circ$

$$t_{v,\max} \leq 2 \cdot \frac{h}{6} - 1 = \frac{h}{3} - 1$$

■ Proračun priključka dvostrukim zasjekom

1. Projekcije sile D u kosniku preuzimaju oba čela zasjeka, a sile N_1 i N_2 proporcionalne su dubinama zasijecanja $t_{v,1}$ i $t_{v,2}$

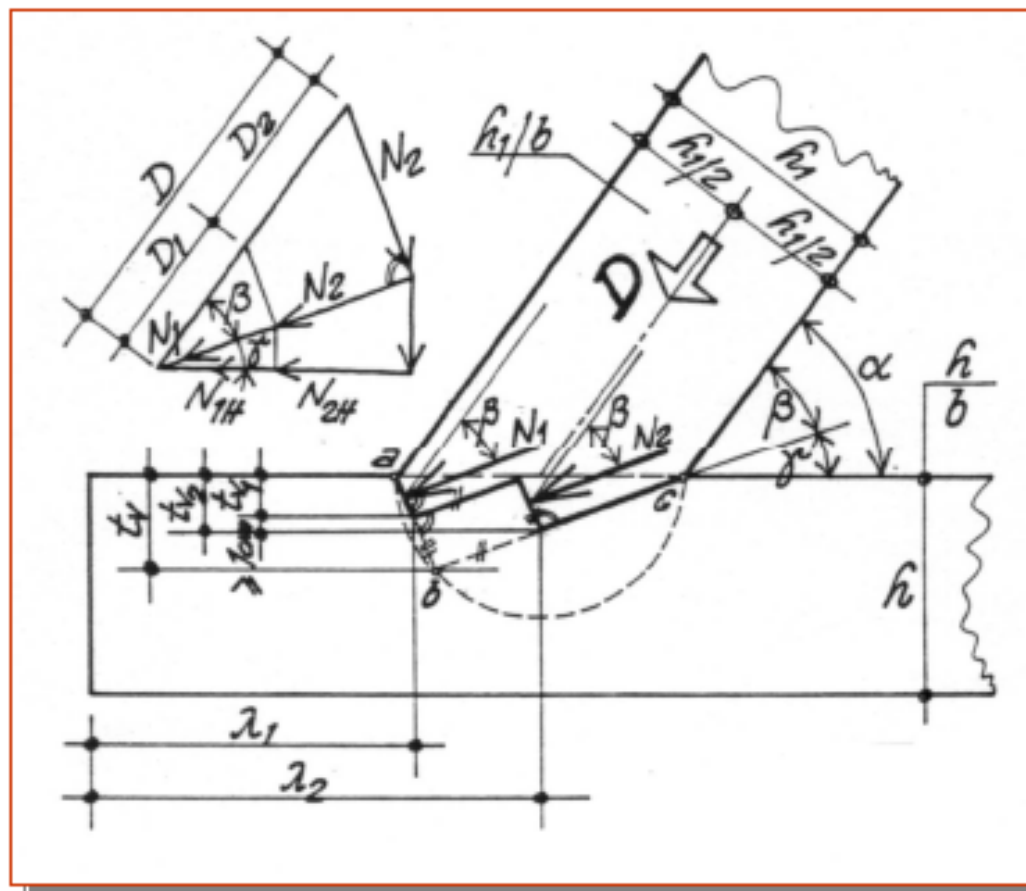


2. Primjer za zasjeke pod pravim kutom

$$N_1 = D \cdot \cos \beta \cdot \frac{t_{v,1}}{t_v}$$

$$N_2 = D \cdot \cos \beta \cdot \frac{t_{v,2}}{t_v}$$

3. Projekcije sile D u kosniku N_{1H} i N_{2H} p prihvataju obje posmične ravnine u pojasu duljina λ_1 i $\lambda_1 - \lambda_2$
4. Projekciju sile D, $N_{1H} + N_{2H}$ prihvaća posmična duljina λ_2



Horizontalne projekcije sile D u kosniku i posmične duljine za dvostruke zasjeke pod pravim kutom:

$$N_{1H} = N_1 \cdot \cos \gamma$$

$$N_{2H} = N_2 \cdot \cos \gamma$$

$$\lambda_1 \geq \frac{N_{1H}}{b \cdot f_{v,d}}$$

$$\lambda_1 - \lambda_2 \geq \frac{N_{2H}}{b \cdot f_{v,d}}$$

$$\lambda_2 \geq \frac{N_{1H} + N_{2H}}{b \cdot f_{v,d}}$$

- Pomoćni izrazi za proračun čeonih i petnih jednostrukih zasjeka i dvostrukog zasjeka

Čeonl zasjek (S)	Petni zasjek (F)	Dvostruki zasjek (D)
$R_{S,d} = b t_v f_{c,0,d} k_S$	$R_{F,d} = b t_v f_{c,0,d} k_F$	$R_{D,d} = R_{S,d} + R_{F,d}$
$k_S = \frac{f_{c,0,d}}{4}$	$k_F = \frac{f_{c,0,d}}{1}$	
$\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha + 2 \cos \alpha + 1$	$\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha \cos \alpha + \cos^3 \alpha$	
$l_v \geq \frac{N_d \cos \alpha}{b f_{v,d}}$	$l_v \geq \frac{N_d \cos \alpha}{b f_{v,d}}$	$l_{v,1} \geq \frac{N_{S,d} \cos \alpha}{b f_{v,d}}, l_{v,2} \geq \frac{N_d \cos \alpha}{b f_{v,d}}$
Puno drvo (PD)¹⁾ i lijepljeno lamelirano drvo (LLD) klase BSH BS 11		
$R_{S,d} \approx 0,7 b t_v f_{c,0,d}$	$R_{F,d} \approx 0,5 b t_v f_{c,0,d}$	$R_{D,d} \approx 1,06 b t_{v,2} f_{c,0,d}$
Puno drvo (PD) klase MS 13 i lijepljeno lamelirano drvo (LLD) klase BSH BS 14 BS 16²⁾ BS 18		
$R_{S,d} \approx 0,65 b t_v f_{c,0,d}$	$R_{F,d} \approx 0,44 b t_v f_{c,0,d}$	$R_{D,d} \approx 0,96 b t_{v,2} f_{c,0,d}$

1) osim klase MS 13

2) osim klase BS 16h

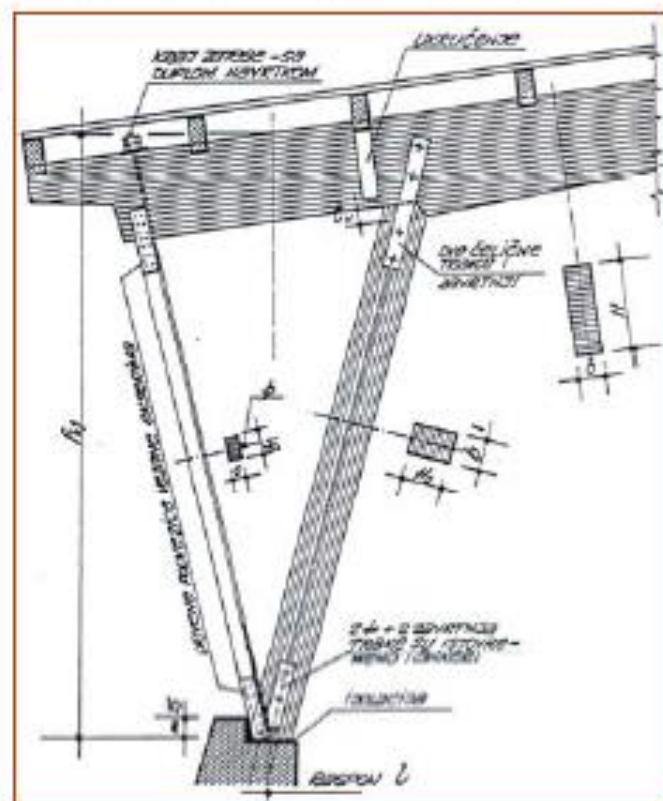
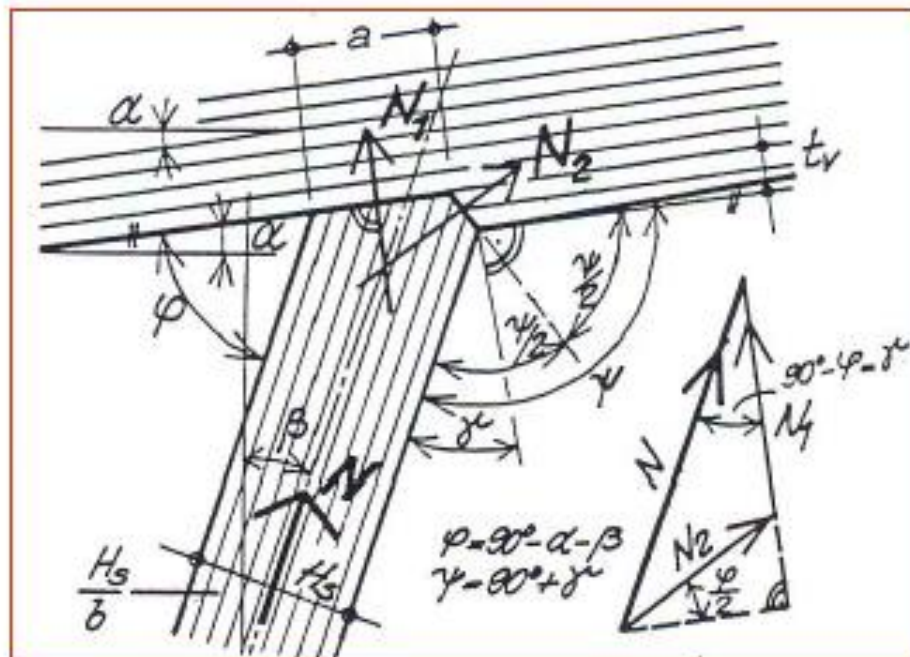
- Vrijednosti faktora k_s (za čoni zasjek) i k_F za petni zasjek

	α	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
PD ¹⁾	k_s	0,950	0,930	0,898	0,864	0,829	0,797	0,767	0,741	0,719	0,702
BSH BS 11	k_F	0,834	0,749	0,672	0,608	0,559	0,525	0,505	0,500	0,510	0,541
PD MS 13	k_s	0,948	0,913	0,874	0,833	0,793	0,755	0,721	0,691	0,665	0,645
BS 14/16 ²⁾ /18	k_F	0,805	0,710	0,626	0,550	0,508	0,472	0,451	0,444	0,451	0,476

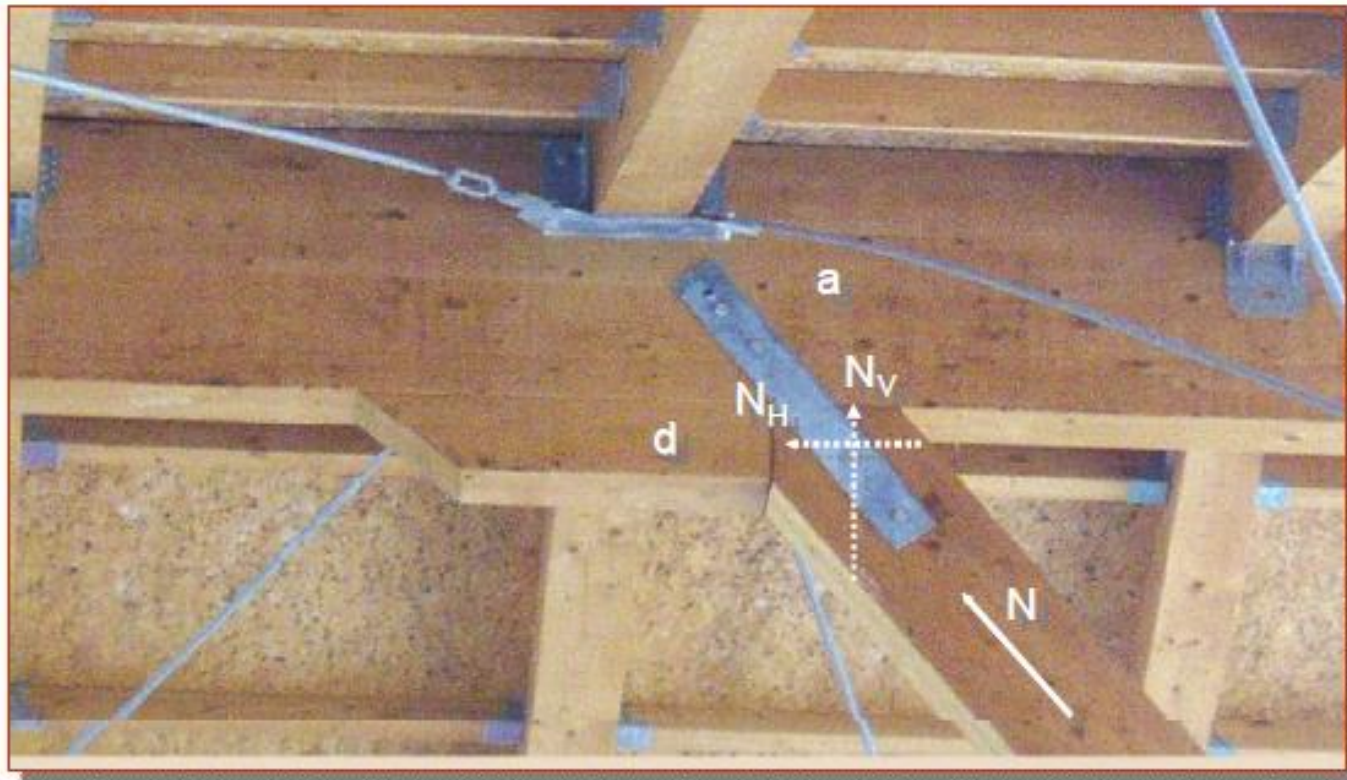
¹⁾ Ne vrijedi za puno drvo klase MS13.

²⁾ Ne vrijedi za lijepljeno lamelirano drvo klase BS 16H.

- Primjena u suvremenim konstrukcijama



- Priključci bez zasijecanja – posredan priključak kosog stupa

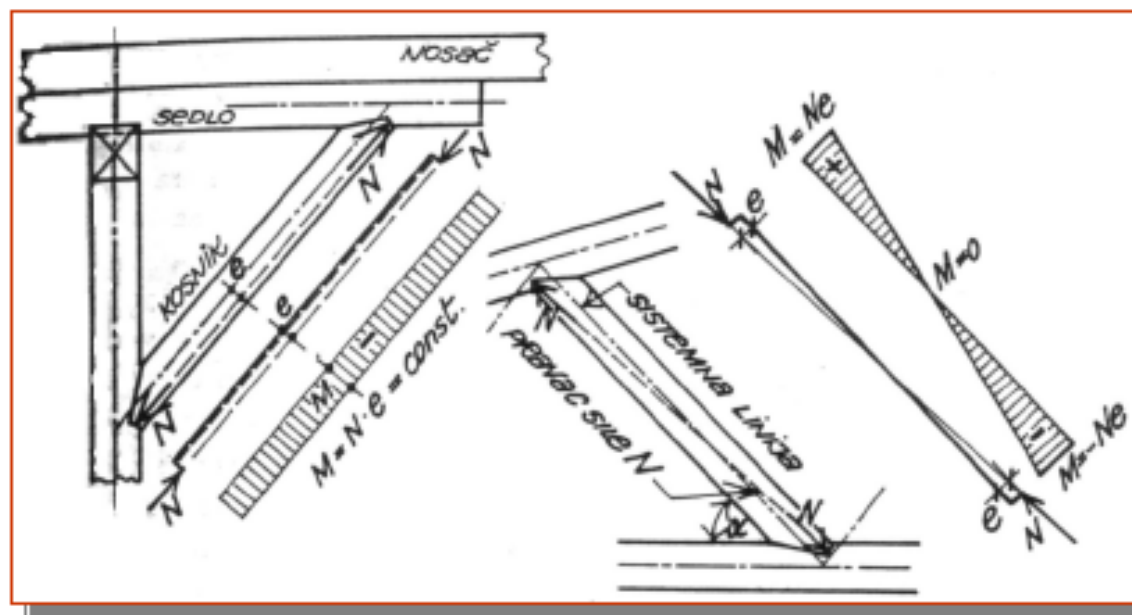


Vezi kladice i grede spajalima treba dimenzionirati na vrijednost komponente N_H

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_H}{d \cdot b} \leq f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_V}{a \cdot b} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$$

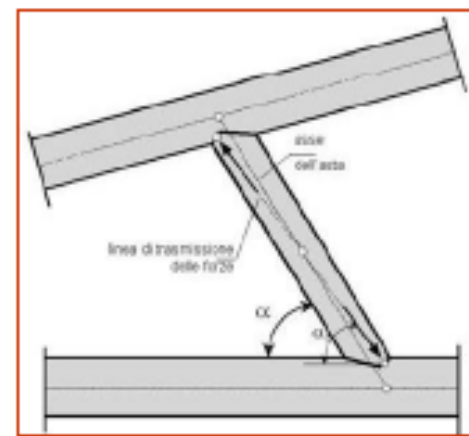
- Utjecaj ekscentriciteta u priključcima zasjekom na stabilnost tlačnog štapa



- Ekscentricitet osne tlačne sile: $\Delta M = \Delta M_y = N \cdot e$

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

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



Izvedba spoja sa dvostrukim zasjekom zahtijeva veliku preciznost kako bi se osigurao kontakt između svih površina što se u današnje vrijeme može postići samo uz pomoć strojeva sa numeričkom kontrolom. Kod takvih spojeva potrebno je dakle obratiti veću pažnju na odstupanja tijekom obrade.

Za visine zasjeka DIN 1052 propisuje:

spoj stup – kosnik

$$d_m \leq \frac{h}{4}$$

$$\alpha < 50^\circ$$

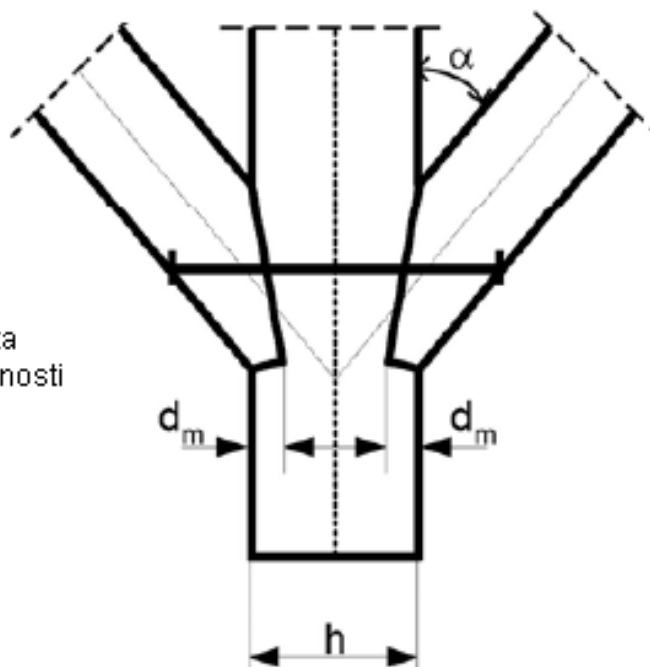
$$d_m \leq \frac{h}{6}$$

$$50^\circ \leq \alpha$$

interpolacija za
srednje vrijednosti

simetrični spojevi...

$$d_m \leq \frac{h}{6} \quad \forall \alpha$$



TESARSKI PRIKLJUČCI

– STATIČKE VEZE –

Prehvaćanja i sudari s
izravnim i posrednim prijenosom sile

▪ TESARSKI STATIČKI PRIKLJUČCI

- Priključci koji se izvode prema statičkom proračunu primjenom tesarskih tehnika spajanja
 - Prihvaćaju tlačna i posmična naprezanja – zasjeci, sudari
 - Prihvaćaju vlačna naprezanja – prehvaćanja
- IZRAVNI PRIKLJUČCI – VEZE S IZRAVNIM PRIJENOSOM SILA
 - U prihvaćanju sila sudjeluju samo glavni elementi priključka
 - Proračunsko naprezanje **ne prelazi** proračunsku otpornost dodirne površine, $E_d \leq S_d$
 - zasjeci, sudari, prehvaćanja
- POSREDNI PRIKLJUČCI – VEZE S POSREDNIM PRIJENOSOM SILA
 - U prihvaćanju sudjeluju i posredni elementi priključka i spajala
 - Proračunsko naprezanje **veće je od** proračunske otpornosti dodirne površine, $E_d > S_d$
 - Sudari (kosi i okomiti), veze bez zasijecanja (pojasa)

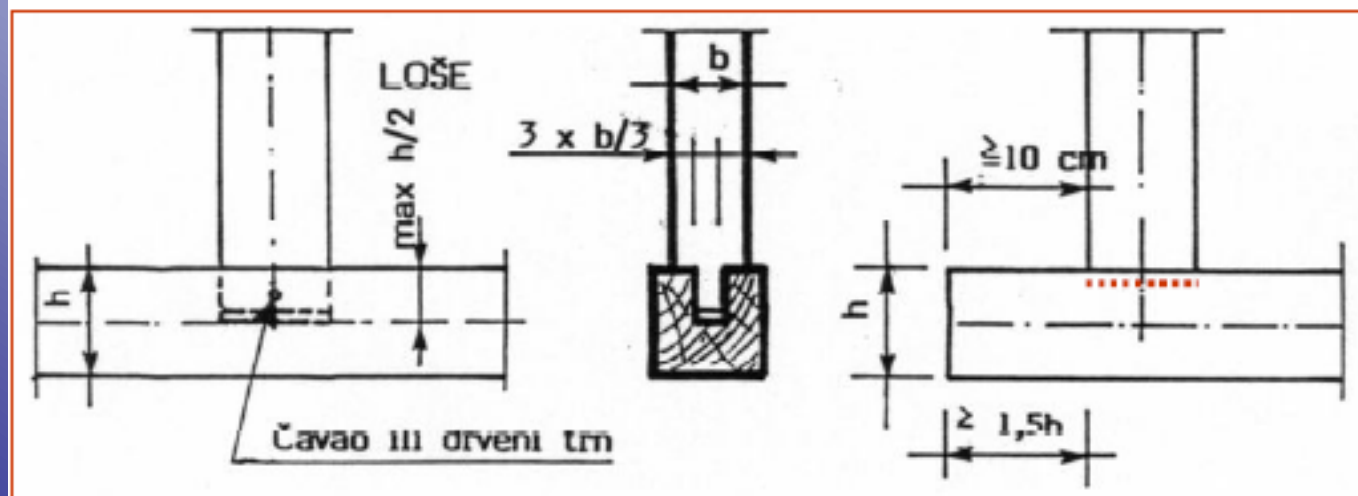
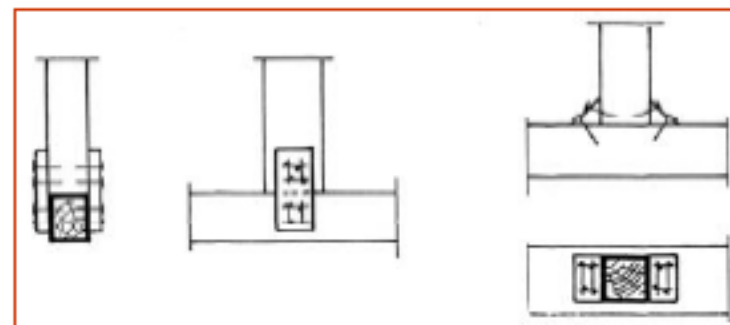
■ IZRAVNI SUDARI

- Prijenos **TLAČNE SILE** $\leq 90^\circ$ na drugi element

- Otpornost priključka – otpornost na površini dodira

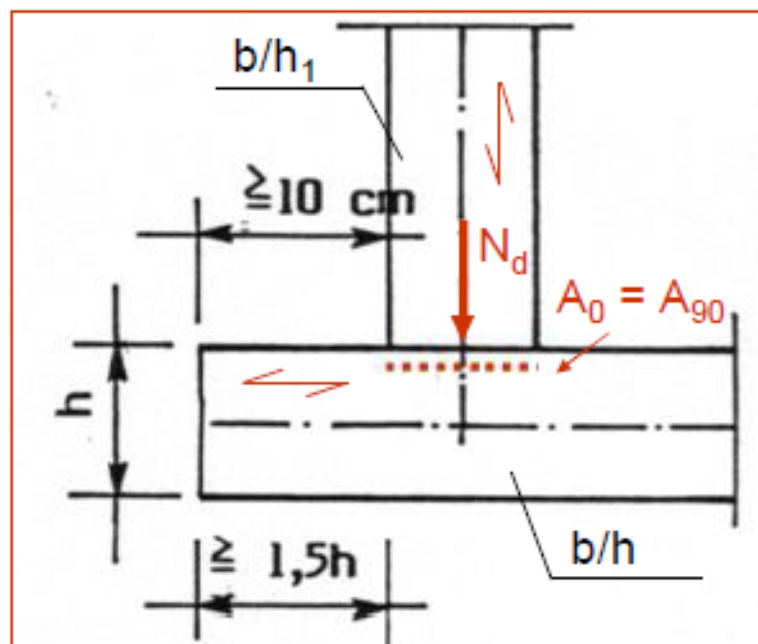
ZADOVOLJAVA PROVJERU NAPREZANJA

- Okomiti sudari – $\sigma_{c,90,d} \leq f_{c,90,d}$
- Kosi sudari – $\sigma_{c,\alpha,d} \leq k_{c,\alpha} f_{c,0,d}$



Spajala i vezice – konstruktivni elementi (osiguranje veze)

- Provjera otpornosti priključka – izravni okomiti sudar



- Stabilnost tlačnog elementa izvan priključka

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d = N_{0,d}}{A_0} \leq k_{cy(z)} f_{c,0,d}$$

Spajala i vezice – konstruktivni elementi (osiguranje veze) u izravnim sudarima

- Otpornost presjeka na površini dodira:

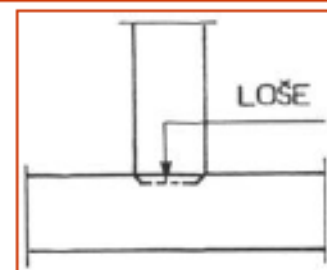
$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_d = N_{90,d}}{A_{90}} \leq f_{c,90,d}$$

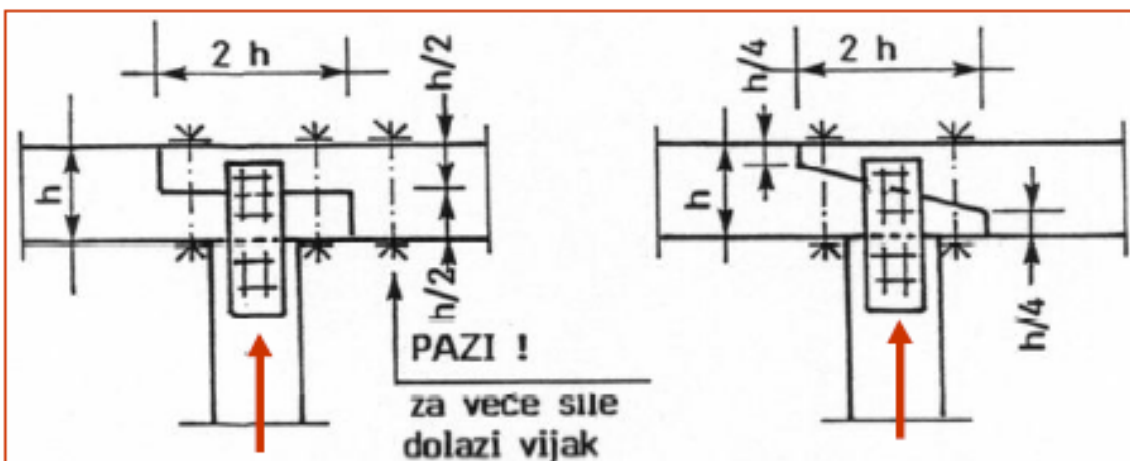
$$A_{90} = bh_1 \quad (k_{c,90} = 1)$$

- Otpornost presjeka na kraju priključenog tlačnog štapa:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d = N_{0,d}}{A_0} \leq f_{c,0,d}$$

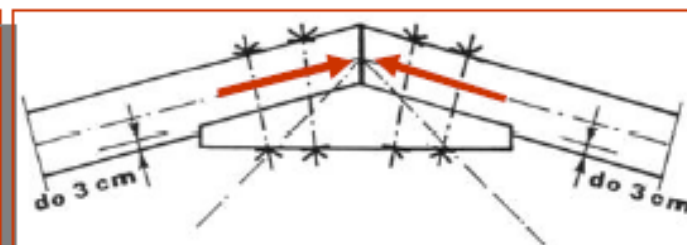
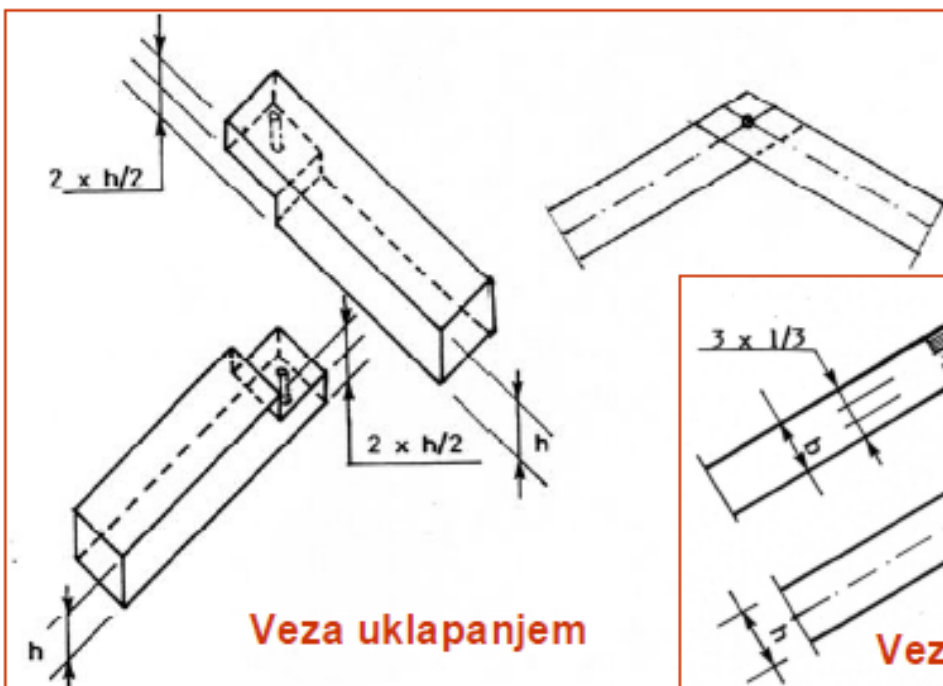
$$A_0 = bh_1$$



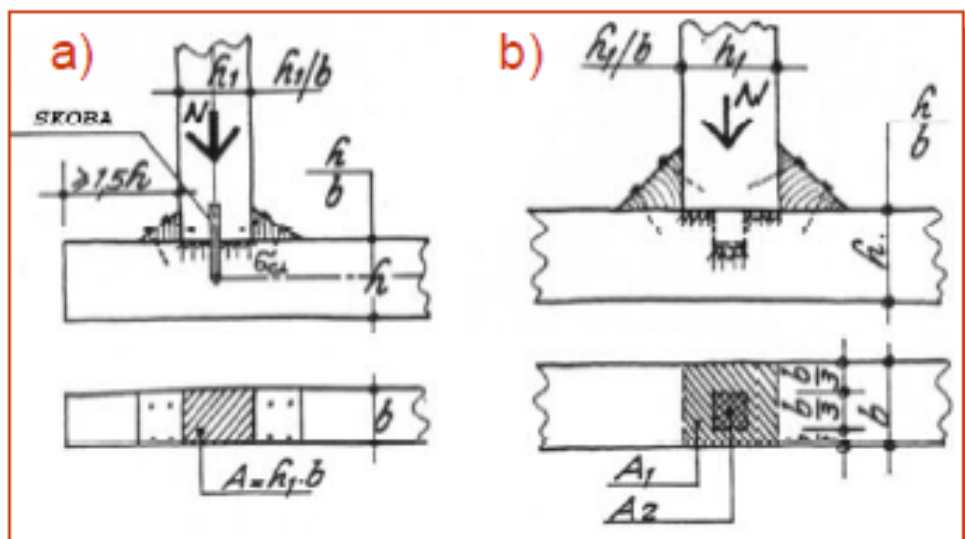


- IZRAVNI OKOMITI SUDAR

- IZRAVNI KOSI SUDAR



- Provjera otpornosti priključka – izravni okomiti sudar s učepljenjem



- Otpornost presjeka na površinama dodira A_1 i A_2

$$\sigma_{c,90,d,1} = \frac{N_d = N_{90,d}}{A_1} \leq f_{c,90,d}$$

$$\sigma_{c,90,d,2} = \frac{N_d = N_{90,d}}{A_2} \leq f_{c,90,d}$$

$$A_1 = 2 \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^2 b h_1 \quad A_2 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 b h_1$$

▪ Priključci s posrednim prijenosom sile

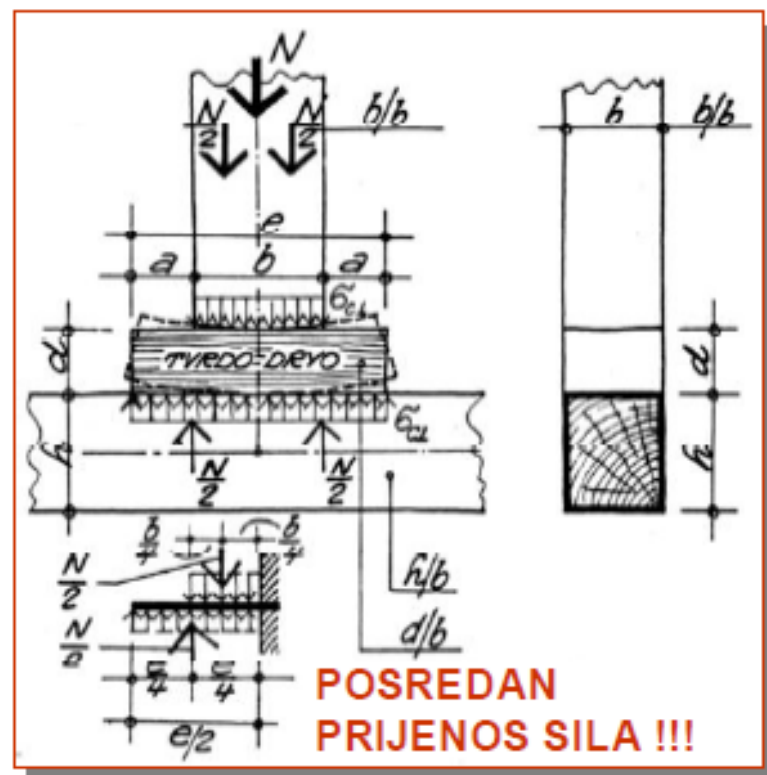
▪ POSREDNI SUDARI

- Prijenos **TLAČNE SILE** $\leq 90^\circ$ na drugi element
 - Otpornost priključka (glavnih elemenata)
NE ZADOVOLJAVA provjeru naprezanja na površini dodira
 - Okomiti sudari – $\sigma_{c,90,d} > f_{c,90,d}$
 - Kosi sudari – $\sigma_{c,\alpha,d} > k_{c,\alpha} f_{c,0,d}$
 - Nedostatna otpornost priključka glavnih elemenata rješava se uvođenjem posrednih elemenata (dodatni elementi):
 - povećava se površina dodira (s elementom na koji se prenosi sila)
 - povećava se čvrstoća (drveni posredni elementi višeg razreda čvrstoće / čelični elementi)
 - povećanje otpornosti na dodiru posrednika (podložni element) i tlačnog elementa)

▪ POSREDNI SUDARI

- Posredni elementi se SPAJALIMA povezuju s glavnim elementom na koji se prenosi sila.
 - Posredni elementi i spajala – nosivi elementi čiju otpornost treba proračunati (prenose sile).
- Ako su posredni elementi priključka drvena bočna proširenja (drvene vezice, umetci) i spajala – kombiniran prijenos sile:
 - Otpornost posrednih elemenata i priključka treba proračunati na 50% uvećanu razliku ukupne proračunske sile koju **treba** preuzeti priključak, $N_{u,d}$ i proračunske sile koju **može** preuzeti priključak – površina dodira tlačnog elementa i elementa na koji se priključuje, $N_{k,d}$.
$$1,5 \cdot \Delta N_d = 1,5 \cdot (N_{u,d} - N_{k,d})$$
 - Spajala za vezu svih bočnih proširenja i tlačnog elementa treba dimenzionirati na 50% uvećanu razliku istih sila, $N_{u,d}$.
$$n \geq \frac{1,5 \cdot \Delta N_d}{\sum R_d}$$

■ POSREDNI SUDAR S PROŠIRENJE KLADICOM



- Otpornost presjeka na proširenoj površini dodira posrednika – kladice od tvrdog drva i pojasa od mekog drva, $A_1 = e \cdot b$

- Otpornost presjeka na izravnoj površini dodira tlačnog štapa i pojasa (od mekog drva), $A = b \cdot b$

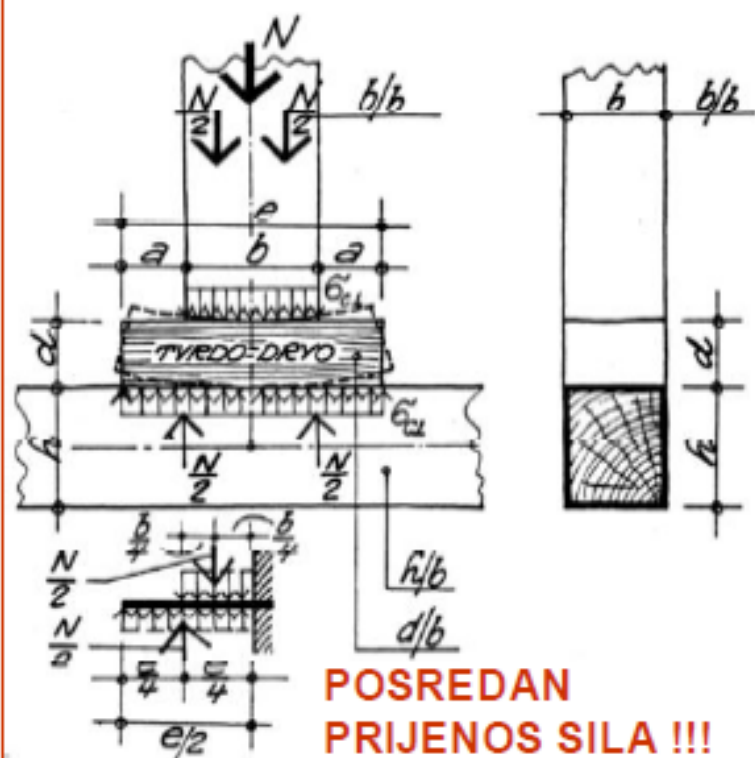
$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_d = N_{90,d}}{A} > f_{c,90,d}$$

- Otpornost presjeka na površini dodira tlačnog štapa i posrednika – kladice od tvrdog drva, $A = b \cdot b$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_d = N_{90,d}}{A} \leq f_{c,90,d}$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_d = N_{90,d}}{A_1 > A} \leq f_{c,90,d}$$

$$e \geq \frac{N_d}{b \cdot f_{c,90,d}}$$



- Otpornost presjeka **posrednika** od tvrdog drva na savijanje,
 $W = d^2 \cdot b / 6 \text{ mm}^3$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W} \leq f_{m,d}$$

$$M_{y,d} = \frac{N_d}{2 \cdot \frac{e}{2} \cdot b} \cdot \left(\frac{e^2}{8} \right) - \frac{N_d}{2 \cdot \frac{b}{2} \cdot b} \cdot \left(\frac{b^2}{2} \right)$$

$$M_{y,d} = \frac{N_d}{8} \cdot \left(\frac{e^2}{e \cdot b} - \frac{b^2}{b \cdot b} \right) = \frac{N_d}{8} \cdot (e - b)$$

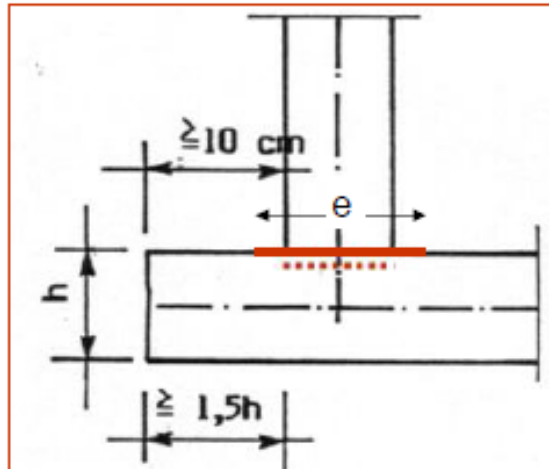
- Otpornost pravokutnog presjeka **posrednika** na posmik, $A_p = d \cdot b$

$$\tau_{v,d} = 1,5 \cdot \frac{V_d}{A_p} = 1,5 \cdot \frac{N_d}{A_p} \cdot \frac{a}{e} \leq f_{v,d}$$

- Potrebna visina **posrednika** od tvrdog drva, **d**

$$d \geq \min(d_{\sigma_m}; d_{\tau_v})$$

▪ POSREDNI SUDAR S PROŠIRENJEM ČELIČNOM
 PODLOŽNOM PLOČOM $\neq e/b \dots t$



- Otpornost presjeka na izravnoj površini dodira tlačnog štapa i pojasa (od mekog drva), $A = b \cdot b$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_d = N_{90,d}}{A} > f_{c,90,d}$$

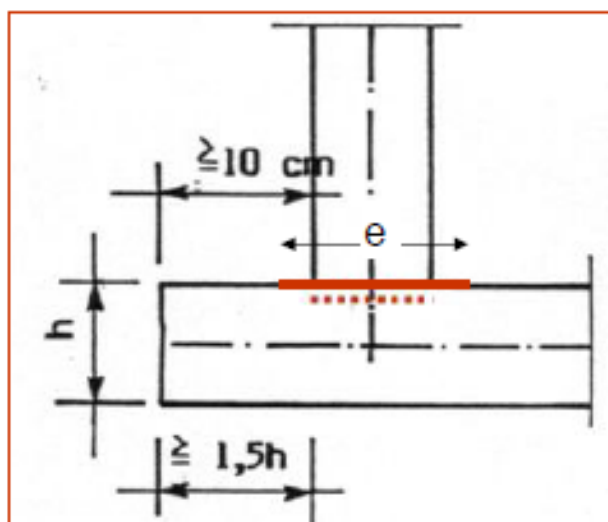
- Otpornost presjeka na proširenoj površini dodira posrednika – čelične podložne ploče i pojasa od mekog drva, $A_1 = e \cdot b$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_d = N_{90,d}}{A_1 > A} \leq f_{c,90,d}$$



$$e \geq \frac{N_d}{b \cdot f_{c,90,d}}$$

- POSREDNI SUDAR S PROŠIRENJEM ČELIČNOM
 PODLOŽNOM PLOČOM $\neq e/b \dots t$

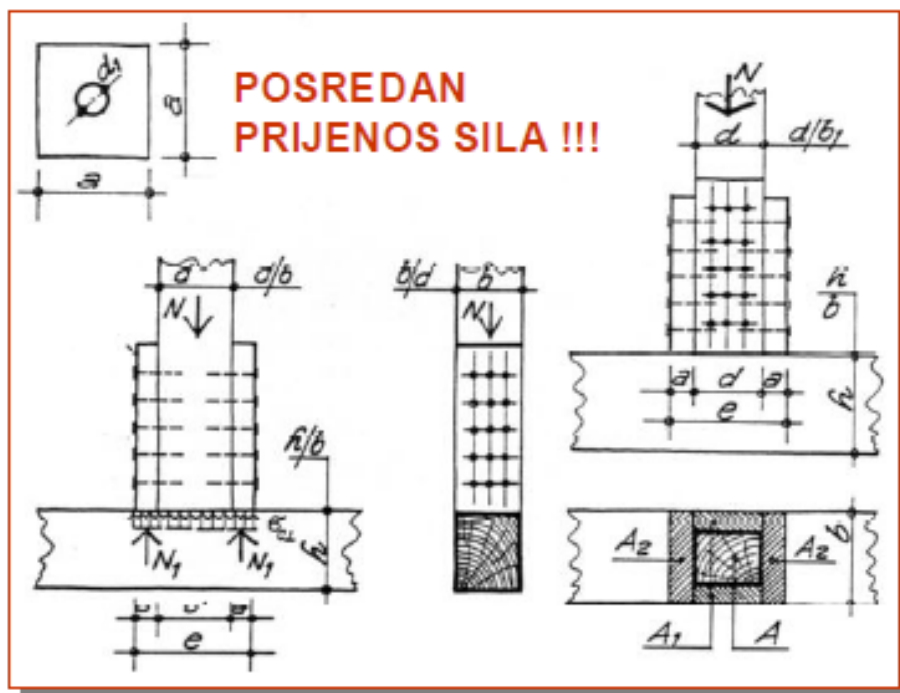


- Čelična podložna ploča – poprečni
 presjek razreda 3 / otpornost na
 savijanje (postupak elastično-
 elastično), $W = b \cdot t^2/6$

$$M_{Sd}^{el} = \frac{N_d}{8} \cdot (e - b) \leq M_{Rd}^{el}$$

$$M_{Rd}^{el} = W_{el} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M_0=1,1}} = \frac{b \cdot t^2}{6} \cdot \frac{f_y}{1,1}$$

- POSREDNI SUDAR S PROŠIRENJEM TLAČNOG ELEMENTA
VANJSKIM DRVENIM VEZICAMA 2a/b



- Otpornost presjeka na površini izravnog dodira tlačnog štapa i pojasa, $A = d \cdot b$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_d = N_{90,d}}{A} > f_{c,90,d}$$

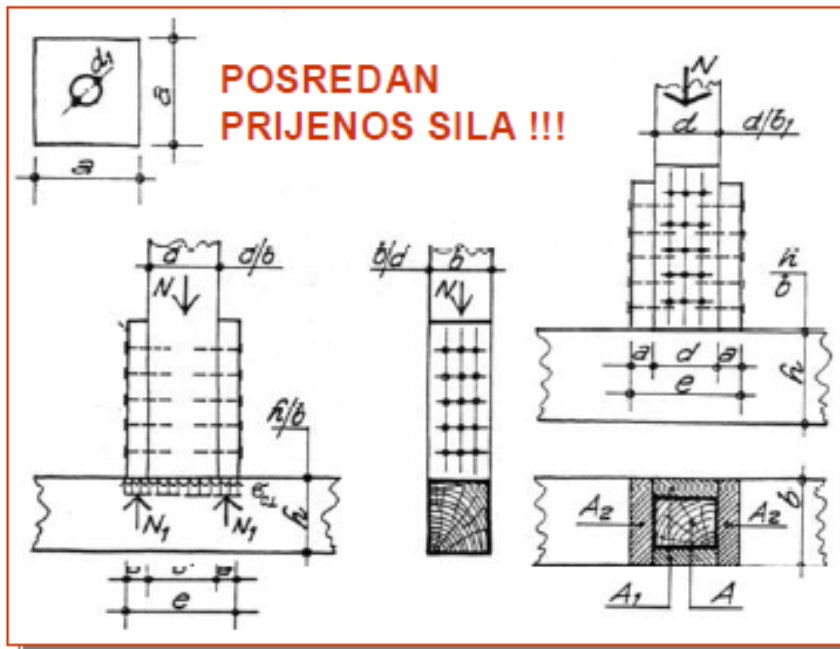
- Proračunska sila koju izravno može prihvatiti površina dodira:

$$N_{k,d} = f_{c,90,d} \cdot A$$

- Otpornost presjeka na kraju tlačnog štapa površine, $A = d \cdot b$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d = N_{0,d}}{A} \leq f_{c,0,d}$$

▪ POSREDNI SUDAR S PROŠIRENJEM TLAČNOG ELEMENTA
VANJSKIM DRVENIM VEZICAMA 2a/b



- Proračunska sila koju moraju prihvatiti obostrane drvene vezice površine $A_v = 2a \cdot b$:

$$\Delta N_d = 1,5 \cdot (N_d - N_{k,d}) = 1,5 \cdot N_{1,d}$$

- Proračunska otpornost presjeka na krajevima posredno opterećenih drvenih vezica:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{\Delta N_d}{A_v} \leq f_{c,0,d}$$

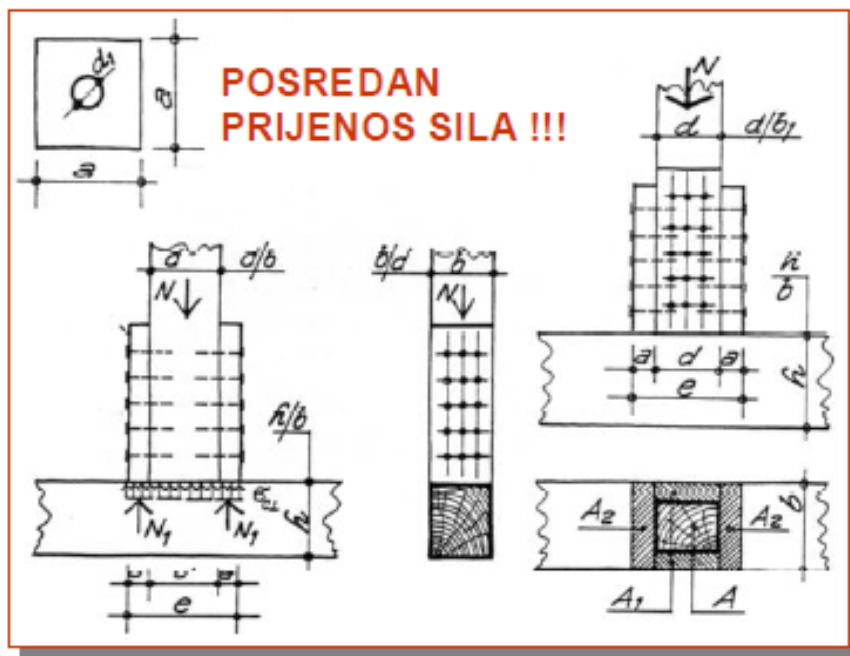
- Otpornost presjeka na proširenoj tlačnoj površini, $A_u = A + A_v$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_d}{A_u} = \frac{N_d}{e \cdot b} \leq f_{c,90,d}$$

$$e \geq \frac{N_d}{b \cdot f_{c,90,d}}$$

$$N_{1,d} = \frac{N_d}{e} \cdot a$$

- POSREDNI SUDAR S PROŠIRENJEJEM TLAČNOG ELEMENTA
VANJSKIM DRVENIM VEZICAMA 2a/b



- Potreban broj **spajala** za vezu obostranih drvenih vezica i tlačnog štapa:

$$n \geq \frac{\Delta N_d}{\Sigma R_d}$$

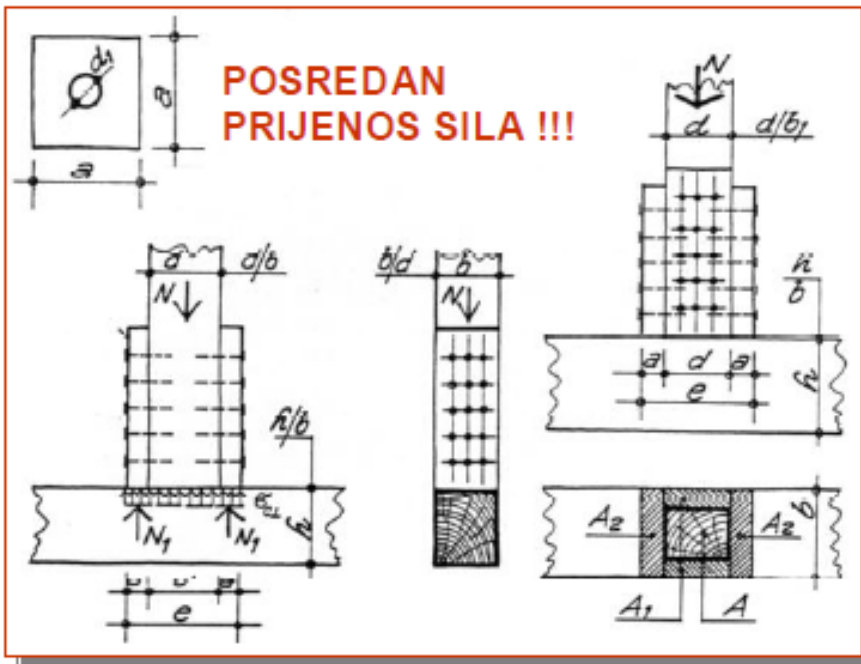
- Proračunska otpornost **presjeka na dodiru** posredno opterećenih drvenih vezica i pojasa i potrebna **površina vezica**:

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{\Delta N_d}{A_v} = \frac{\Delta N_d}{2a \cdot b} \leq f_{c,90,d}$$



$$A_v \geq \frac{\Delta N_d}{f_{c,90,d}}$$

▪ POSREDNI SUDAR S PROŠIRENJEM TLAČNOG ELEMENTA ČETVEROSTRANIM DRVENIM VEZICAMA



- Otpornost presjeka **na površini izravnog dodira** tlačnog štapa i pojasa,
 $A = d \cdot b_1$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_d = N_{90,d}}{A} > f_{c,90,d}$$

- Proračunska sila** koju izravno može prihvatiti **površina dodira**:

$$N_{k,d} = f_{c,90,d} \cdot A$$

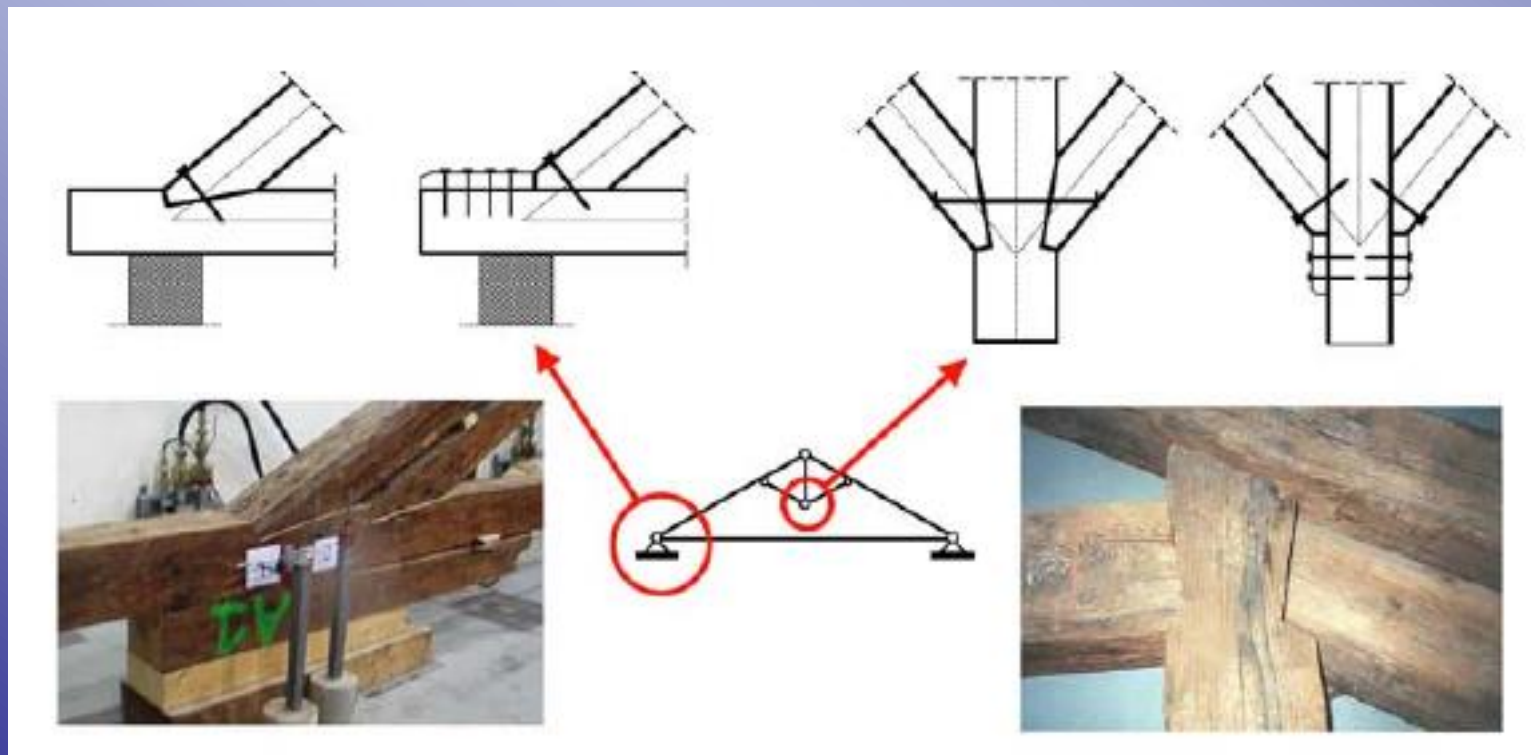
- Proračunska sila** koju moraju prihvatiti četverostrane drvene **vezice površine**
 $\Sigma A_v = 2(A_1 + A_2)$

$$\Delta N_d = 1,5 \cdot (N_d - N_{k,d}) = 1,5 \cdot N_{1,d}$$

Najčešći tesarski spojevi

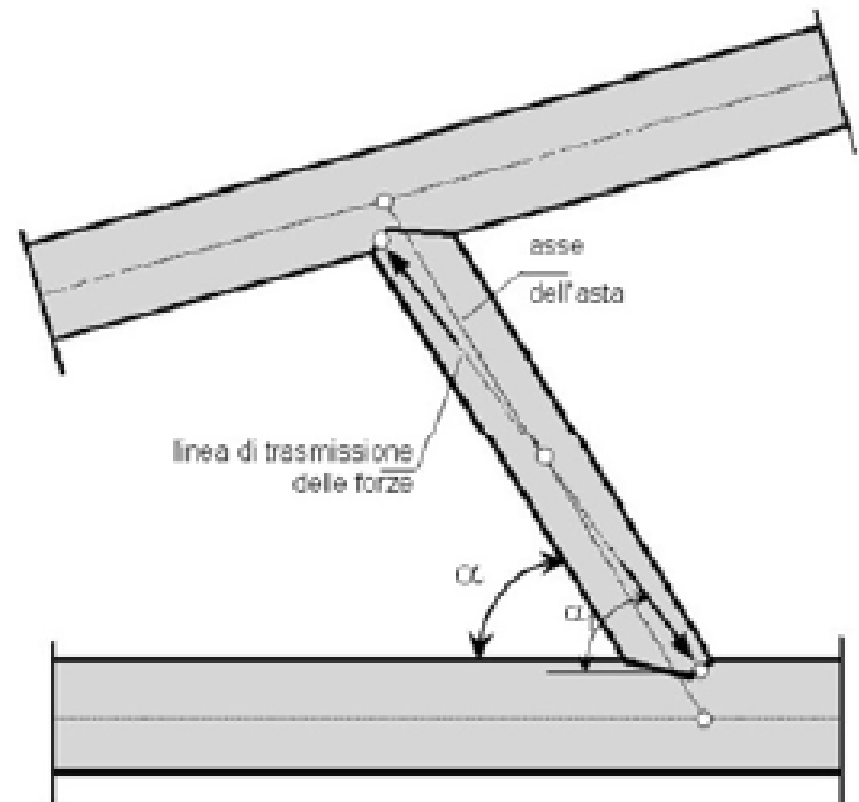
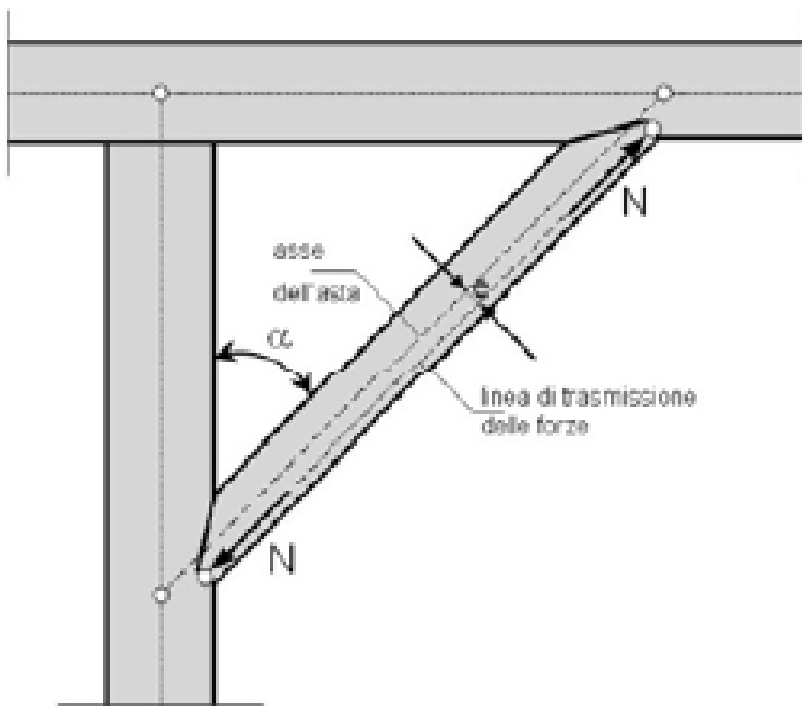
Tesarski spojevi mogu biti opterećeni ne samo na tlak nego i vlak i posmik.

- Spoj kosnika sa gredom-lijevo; spoj kosnika sa stupom-desno



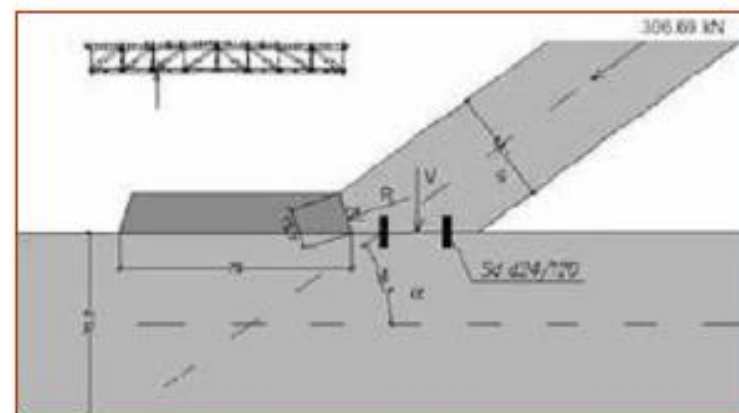
Daljnja istraživanja

- Daljnja ispitivanja na spojnim elementima uzrokuju li spojevi ekscentričnost i slaba mjesta, nosive elemente treba dodatno provjeriti.



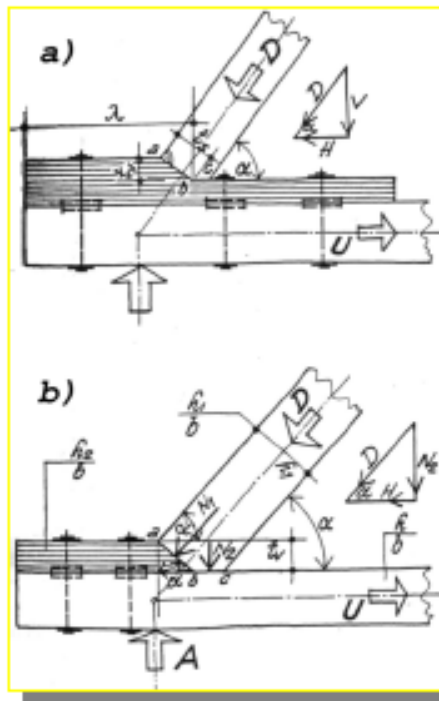
PRIKLJUČCI S POSREDNIM PRIJENOSOM SILA
– prienos kose tlačne sile bez zasijecanja pojasa –

- Primjena posrednih priključaka u rešetkastim konstrukcijama



▪ POSREDAN PRIJENOS (KOSE TLAČNE) SILE

- Priključci tlačnih kosih štapova s posrednim elementima:
 - PODLOŽNE Kladice OD TVRDOG DRVA
 - OBOSTRANA BOČNA PROŠIRENJA
 - Priključenje posrednih elemenata na glavne ostvaruje se spajalima – prihvaćaju projekciju sile iz tlačnog kosnika **D**.



- Primjena:
 - Tradicionalne drvene konstrukcije
 - Alternativa dvostrukim zasjecima – prihvaćanje većih tlačnih kosih sila.
 - Suvremene drvene konstrukcije
 - Priključci kosih stupova bez oslabljenja glavnih elemenata zasijecanjem.

▪ PRIKLJUČCI S POSREDNIM PRIJENOSOM SILE

A) Posredni priključak s kladicom od tvrdog drva

1. Provjera tlačnih naprezanja pod kutom

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{D}{(t_v / \cos \alpha) \cdot b} = \frac{D}{t_s \cdot b} \leq k_{c,\alpha} \cdot f_{c,0,d}$$

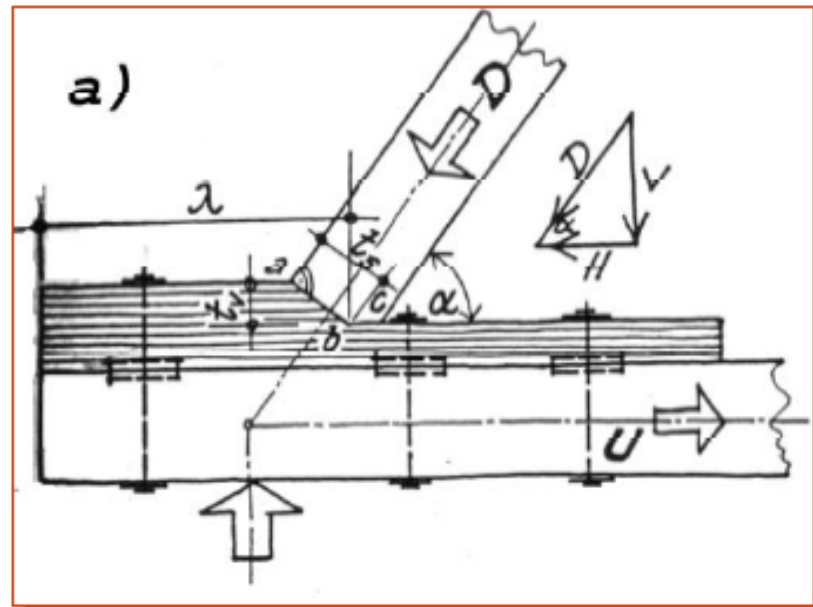
2. Provjera posmika paralelno s vlaknima

$$\lambda \geq \frac{D \cdot \cos \alpha}{b \cdot f_{v,d}} = \frac{H}{b \cdot f_{v,d}}$$

3. Potreban broj spajala za vezu kladice i pojasa

$$n \geq \frac{H}{\sum R_d}$$

$$n \geq \frac{H_d / 1,4}{N_{dop}} \quad \text{za } n_{ef} > 2 \text{ moždanika}$$



▪ PRIKLJUČCI S POSREDNIM PRIJENOSOM SILE

B) Posredni priključak s kladicom od tvrdog drva

1. Provjera tlačnih naprezanja

- pod kutom na vlakna kladice na duljini ab

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{N_1}{ab \cdot b} = \frac{N_1}{(t_v / \cos \alpha) \cdot b} \leq k_{c,\alpha} \cdot f_{c,0,d}$$

- okomito na vlakna pojasa (meko drvo) na duljini bc
($N_2 = D \sin \alpha$)

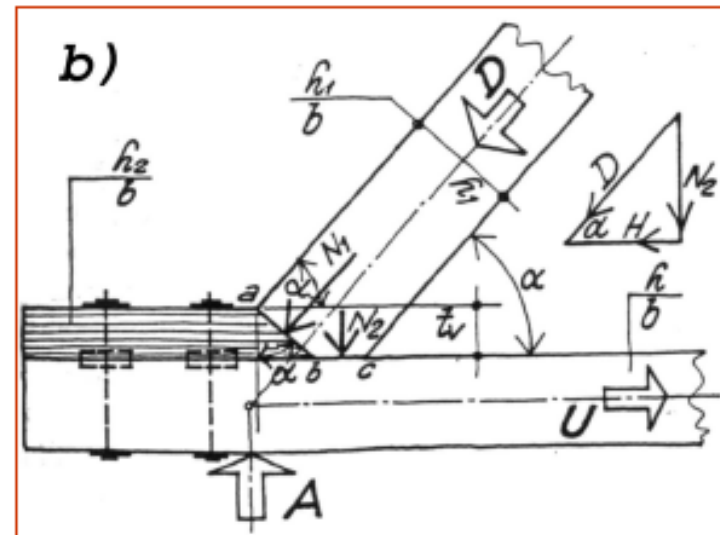
$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_2}{bc \cdot b} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$$

- geometrijske veličine

$$t_v = h_s$$

$$ab + bc \cdot \sin \alpha = h_1$$

$$h_s / \cos \alpha + bc \cdot \sin \alpha = h_1$$



▪ PRIKLJUČCI S POSREDNIM PRIJENOSOM SILE

B) Posredni priključak s kladicom od tvrdog drva

2. Provjera posmika paralelno s vlaknima kladice

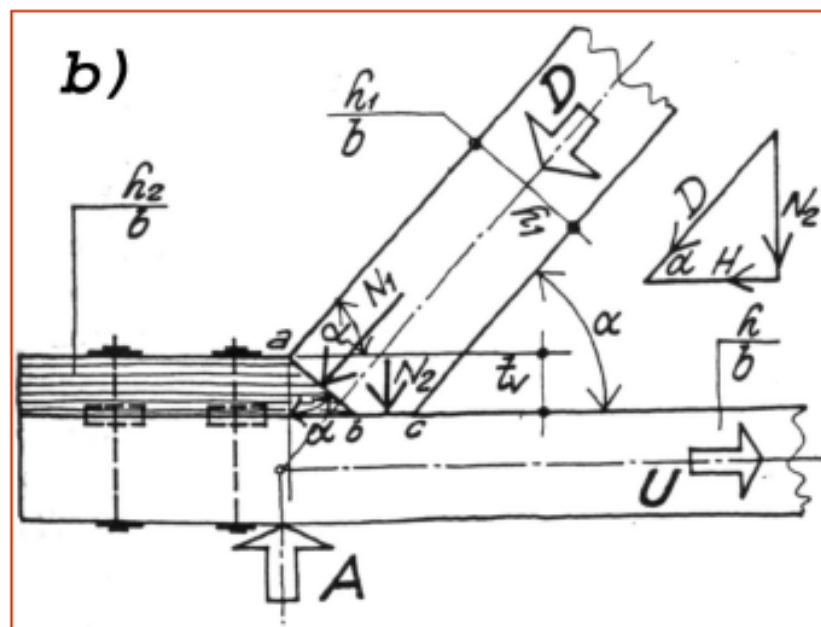
$$\lambda \geq \frac{N_1 \cdot \cos \alpha}{b \cdot f_{v,d}} = \frac{N_{1H}}{b \cdot f_{v,d}}$$

$$N_{1H} = H$$

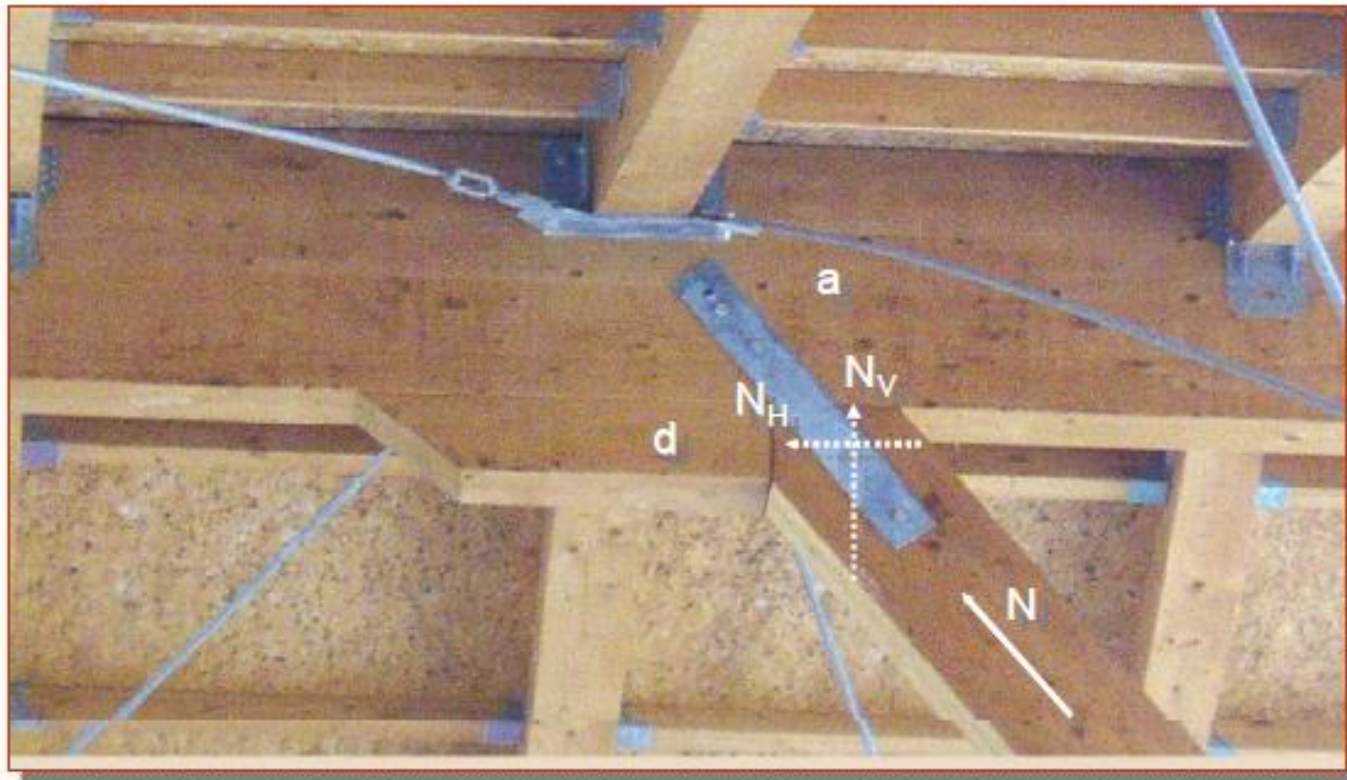
3. Potreban broj spajala za vezu kladice i pojasa

$$n \geq \frac{N_{1H}}{\sum R_d} = \frac{H}{\sum R_d}$$

$$n \geq \frac{H_d / 1,4}{N_{dop}} \quad \text{za } n = 2 \text{ moždanika}$$



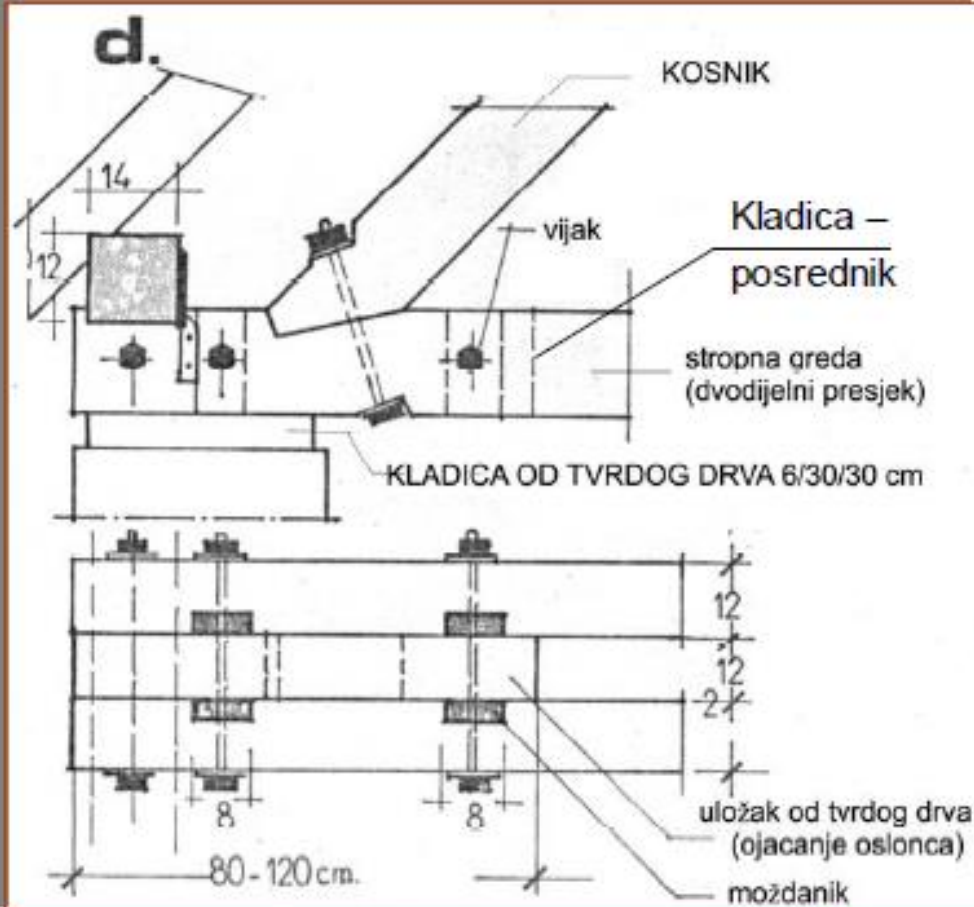
- Priključci bez zasijecanja – posredan priključak kosog stupa



Vežu kladice i grede spajalima treba dimenzionirati na vrijednost komponente N_H

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_H}{d \cdot b} \leq f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_V}{a \cdot b} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$$

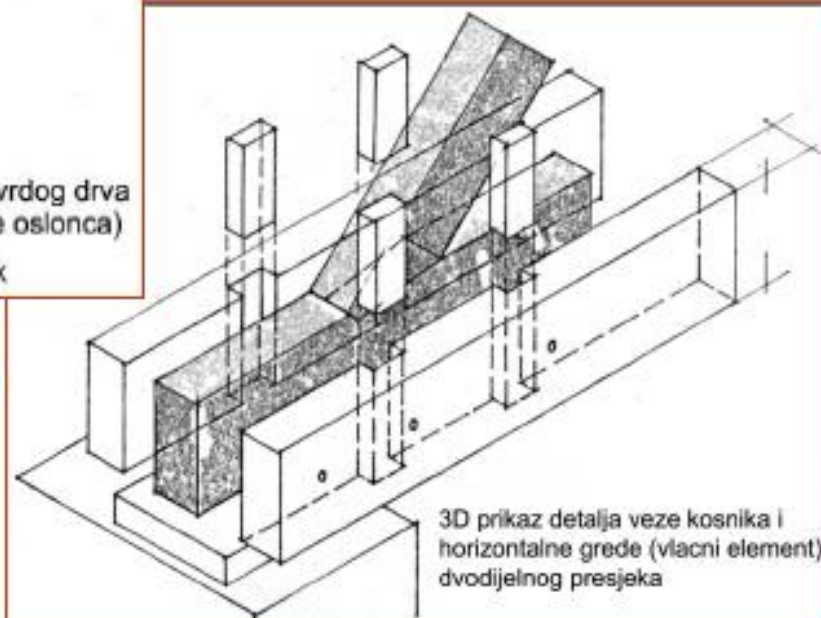


DVOSTRUKA VISULJA

DETALJ VEZE KOSNIKA I STROPNE GREDE
DVODIJELNOG POPREČNOG PRESJEKA



- Posredni priključak kosnika na dvodijelnu gredu



NEKA PRAVILA KONSTRUIRANJA LEŽAJA U DRVENIM KONSTRUKCIJAMA

Konstrukcija ležišta u principu treba:

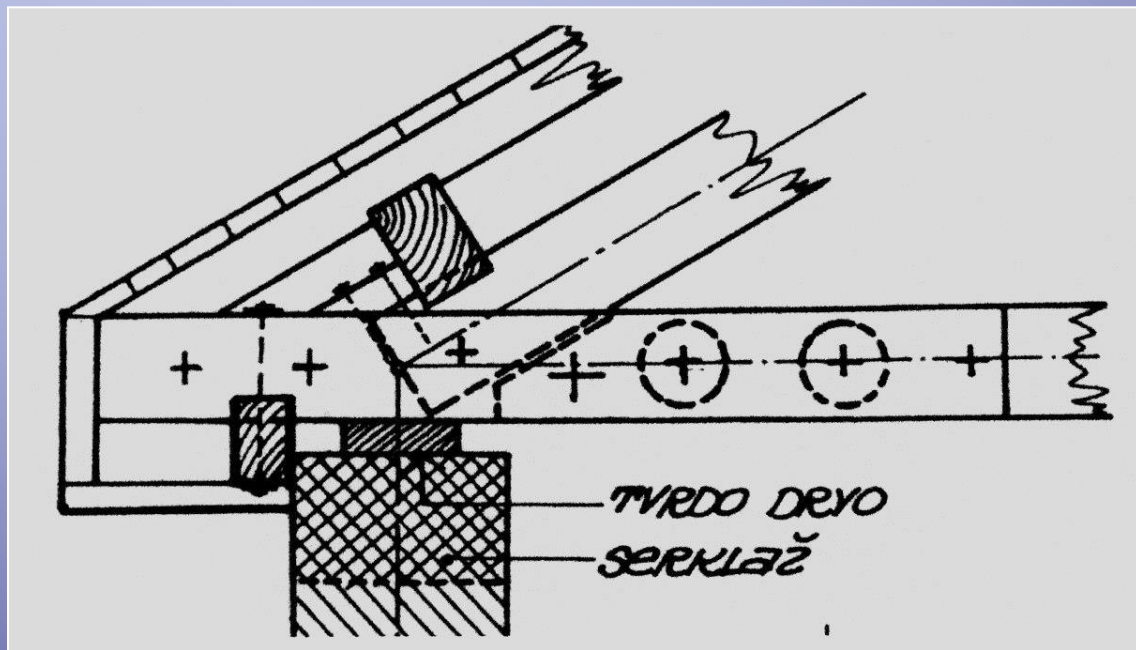
- Omogućiti pravilno **DILATIRANJE, PRAVILAN RAD** konstrukcije odnosno primjenjenog statičkog sustava,
- **Fiksirati sustav** u ravnini, kod ravninskih nosača i **osigurati statičke utjecaje** predviđene statičkim proračunom.

LEŽIŠTA SE MOGU IZVESTI:

- Od drveta kada se koristi tvrdo drvo najboljeg kvaliteta (hrastovina)
- Od čelika sve prema priznatim pravilima čeličnih konstrukcija, a prilagođava se potrebama drvenih konstrukcija.
- Kombinirano od drva i čelika

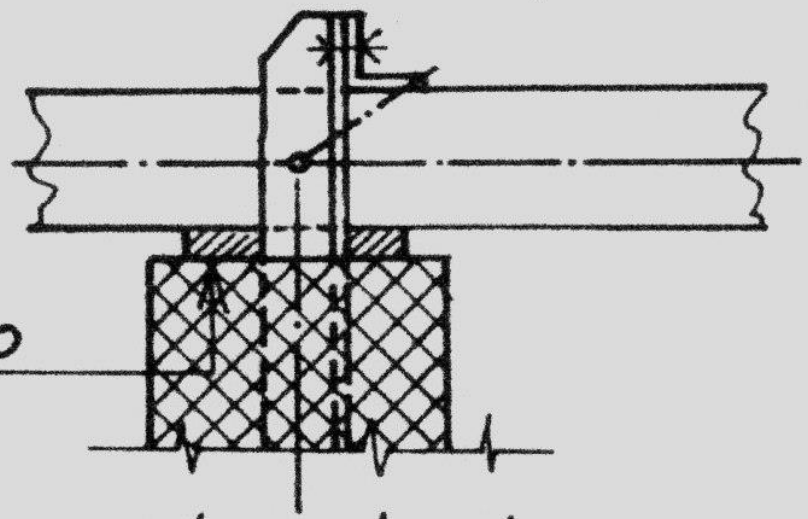
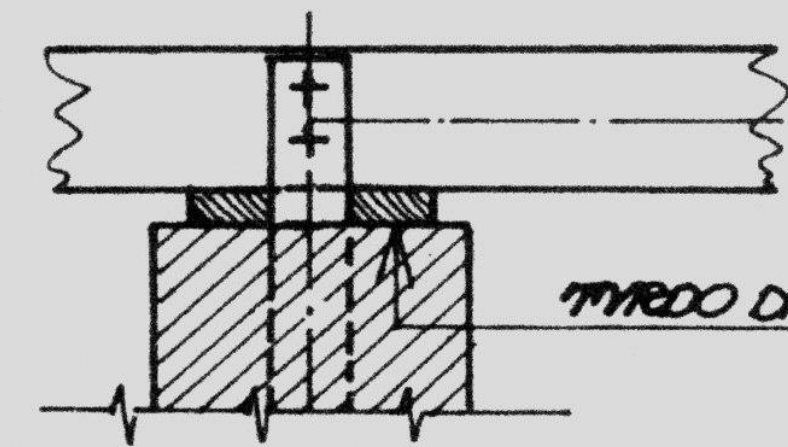
PRIMJERI:

- Jednostavne krovne konstrukcije i nosači manjih raspona:

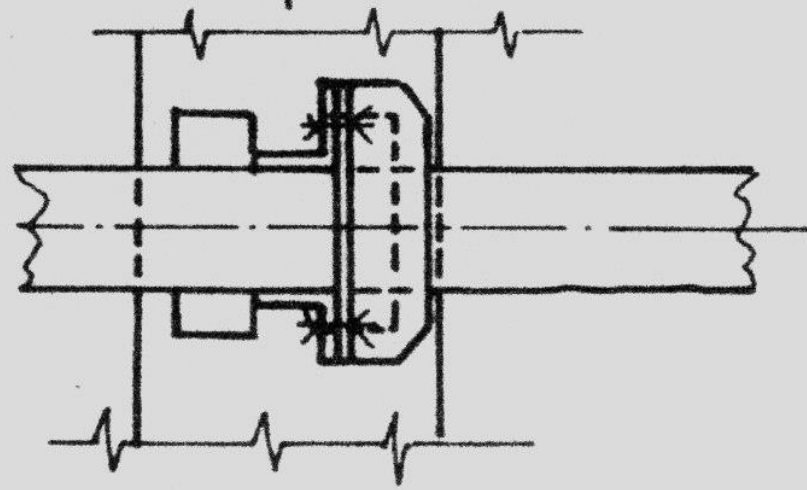
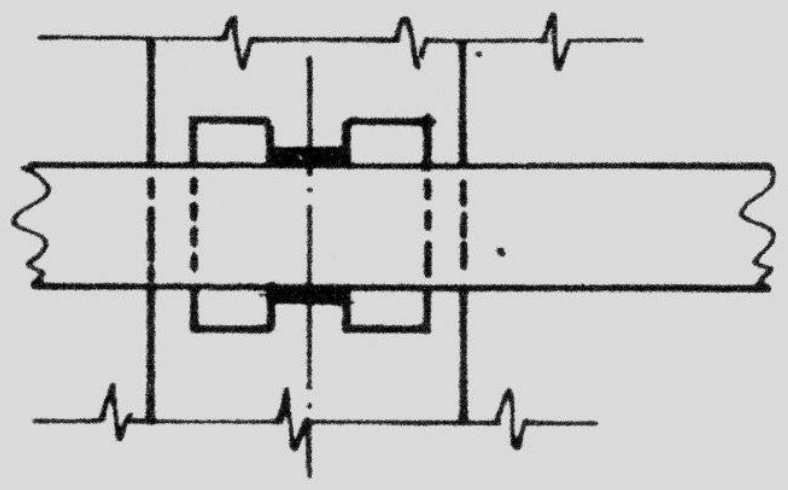


Glavni nosač oslanja se na tvrdo drvo i potrebno je provjeriti tlačno naprezanje okomito na vlakna

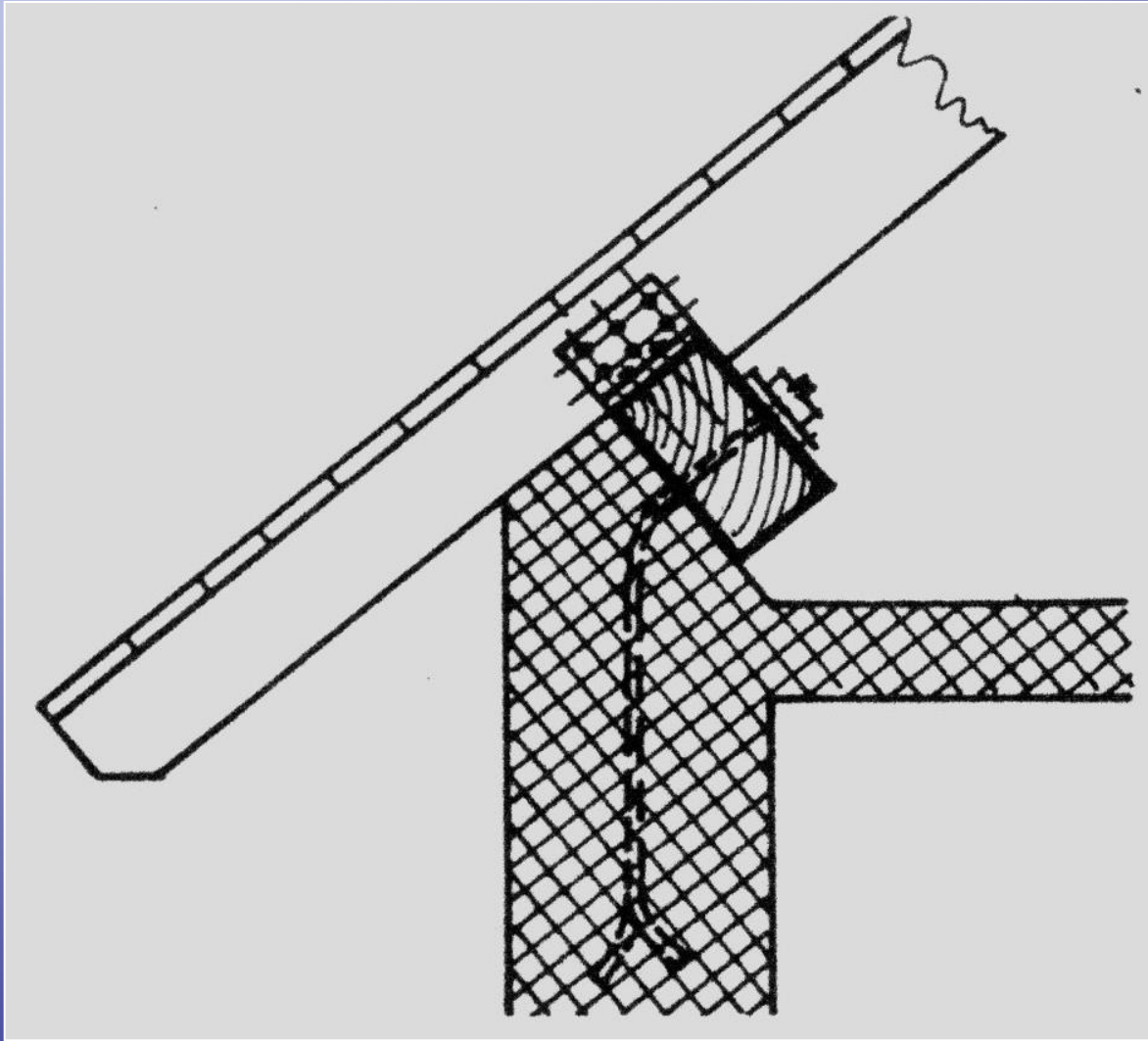
- Za slučaj konstruiranja nepokretnog ležaja odnosno oslonca koji treba primiti negativnu reakciju, nosač se vezuje za ležište pogodnim ankerima (sidrima). Ankeri se izrađuju od plosnog ili okruglog željeza ili profila (slika ).



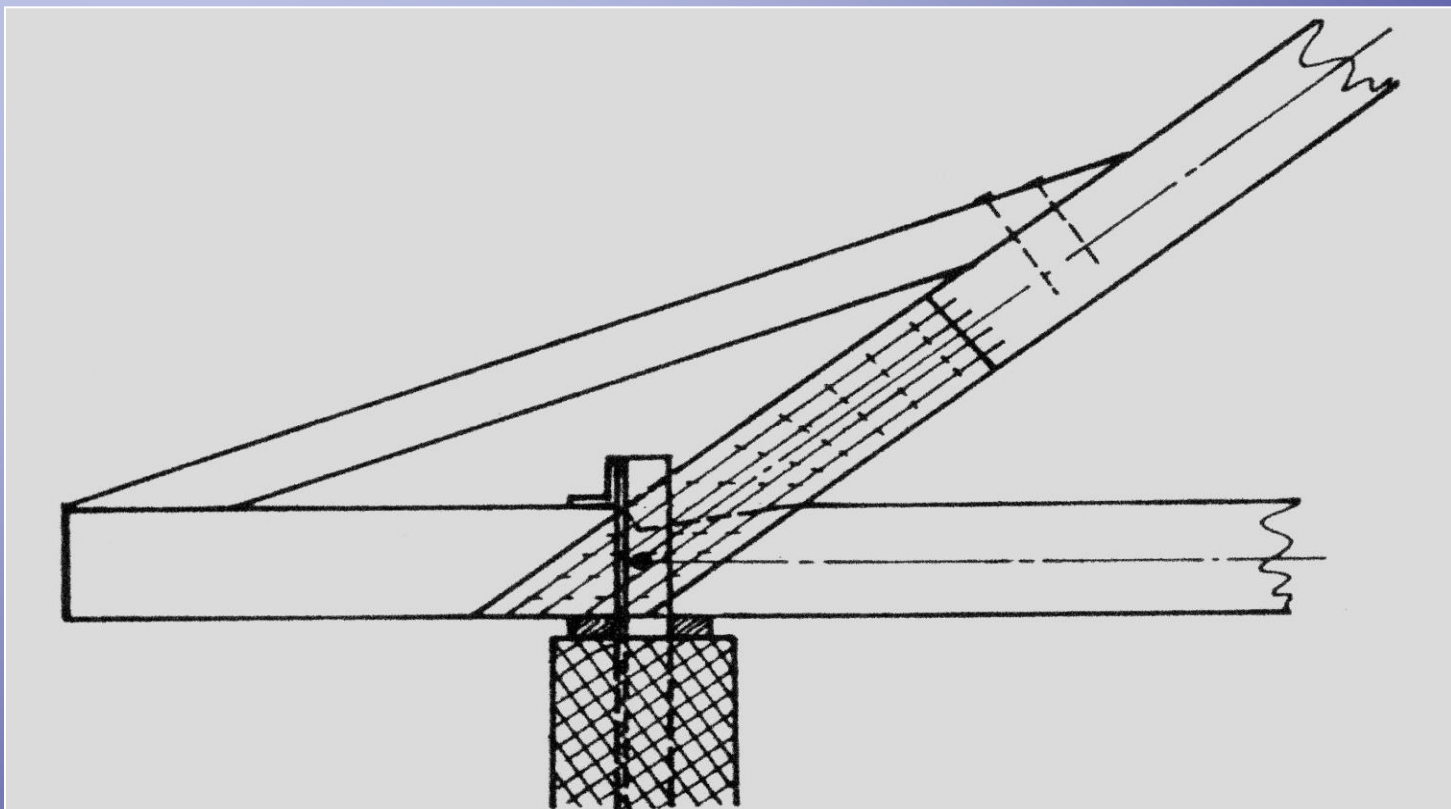
TYROO DEVO



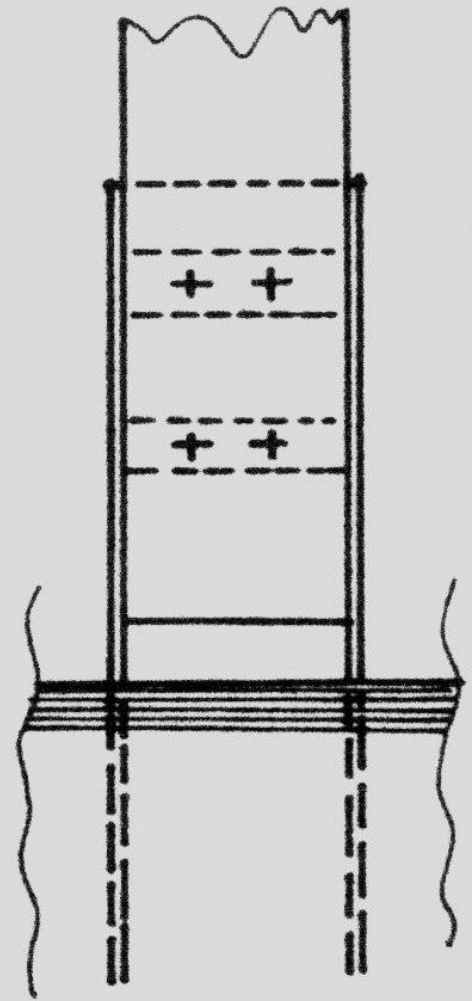
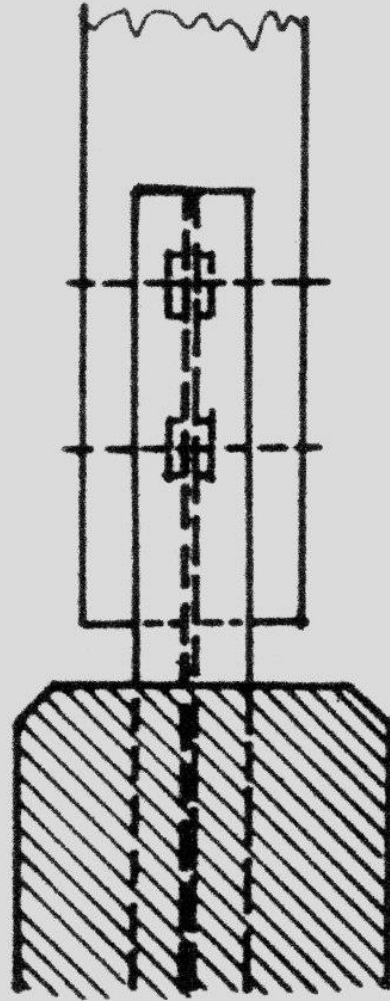
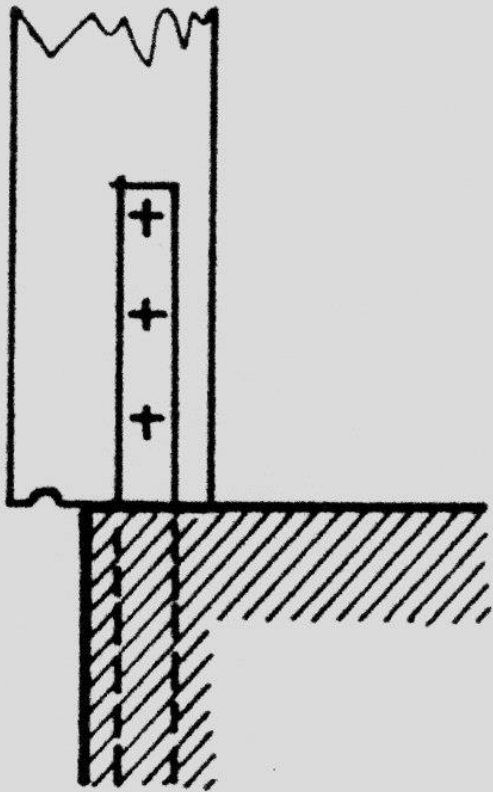
- Kod pajantnog krovišta:



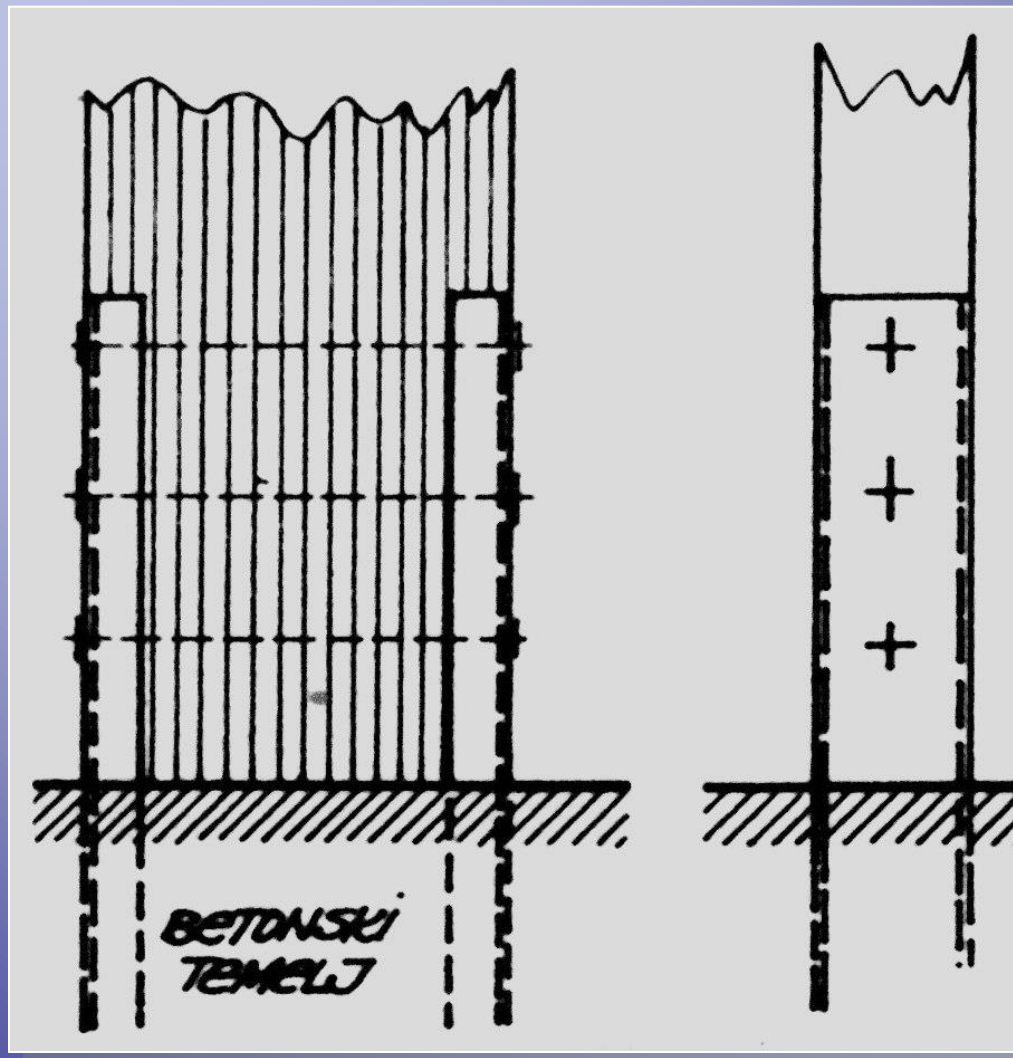
- Detalj ležišta vezan s rješenjem strehe krova (jedna mogućnost rješenja):



- Način oslanjanja stupa od drva na temelj od betona: redovno se koriste čelični profili, čelične trake – ankeri i posebno treba obratiti pažnju na ispravno provjetravanje ležišne površine. (slike ➡)



- Kada se drvena konstrukcija oslanja na betonski temelj, spojnica drvo – beton treba biti 50 – 60 cm iznad terena zbog sigurnosti od vlaženja odnosno atmosferske vode.

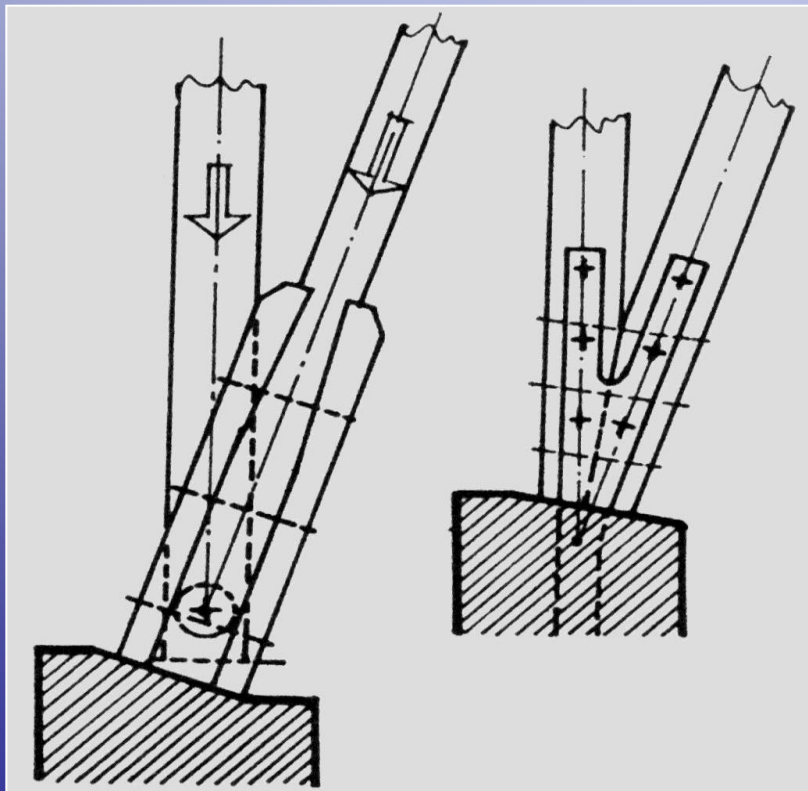


- Ležišta rešetkastih okvirnih nosača i njima sličnih konstrukcija.

Moguće je izvesti U profilima ili čeličnim trakama ili bez čeličnih traka.

Preporučuje se iako nema negativnih reakcija, drvena konstrukcija bude na pogodan način vezana za temelje.

Gornja površina temelja redovno se oblikuje u nagibu, radi efikasnije odvodnje atmosferske vode.



NASTAVCI VLAČNIH ŠTAPOVA

NASTAVCI vlačnih (zategnutih), kao i tlačnih (pritisnutih) štapova pripada grupaciji **STATIČKIH** veza (primijenjuju se i u TESARSKIM VEZAMA)

Položaj nastavka vlačnog štapa je potpuno slobodan

Nastavak se postavlja gdje je to zgodno, ovisno o duljini konstrukcije nastavka

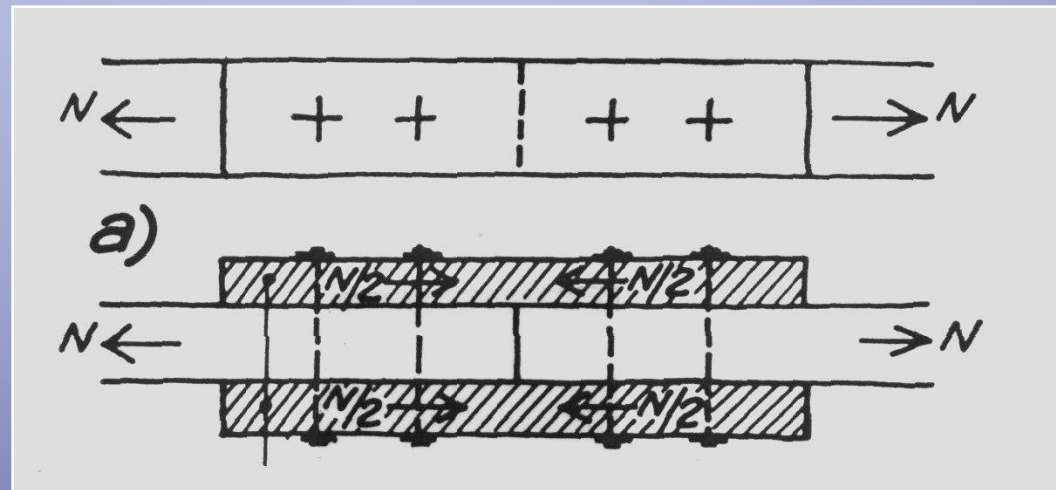
Nastavci su definirani planom montaže

Sila se može prenijeti preko metalnih i drvenih vezica

PRIJENOS SILA PREKO DRVENIH VEZICA:

a) konstrukcija nastavka s dvije vezice

poprečni presjek
nastavljanog vlačnog
elementa je jednostruk
(monolitni presjek)



Kontrola naprezanja za slučaj a) :

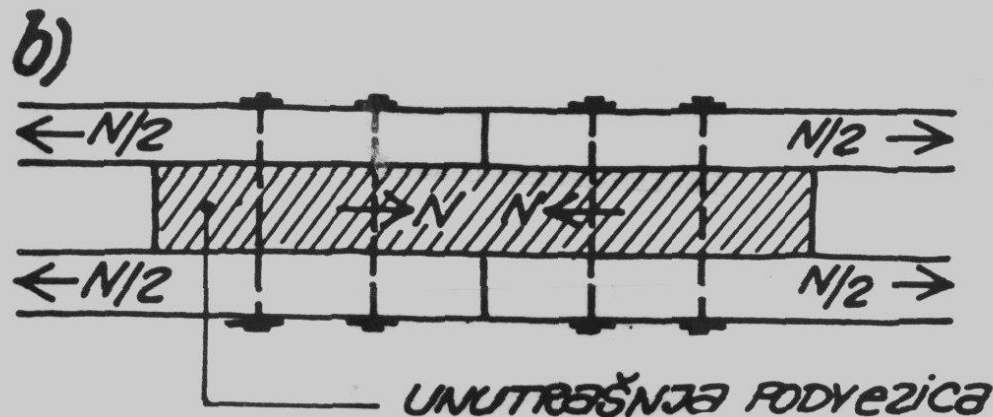
$$\sigma_{t,II}^{\check{s}} = \frac{N}{\check{s} A_n} \leq f_{t,II,d}$$

NAPREZANJA U ŠTAPU

$$\sigma_{t,II}^p = 1.5 \frac{N}{2 A_n} \leq f_{t,II,d}$$

NAPREZANJA U VEZICAMA

b) složeni (dvodijelni) presjek štapa nastavlja se jednom vezicom



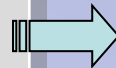
Kontrola naprezanja za slučaj b) :

$$\sigma_{t,II}^{\check{s}} = 1.5 \frac{N}{\check{s} A_n} \leq f_{t,II,d}$$



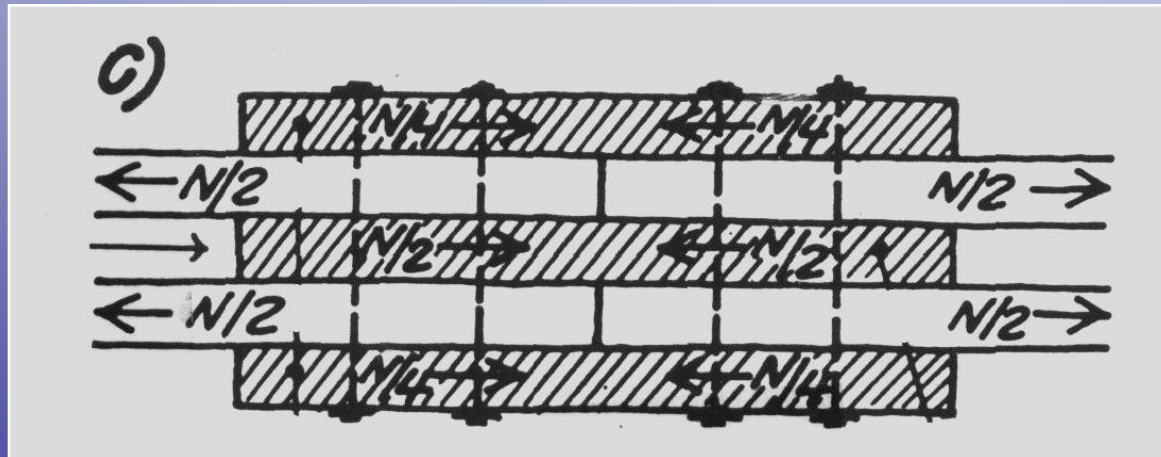
NAPREZANJA U ŠTAPU

$$\sigma_{t,II}^p = \frac{N}{p A_n} \leq f_{t,II,d}$$

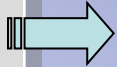


NAPREZANJA U VEZICI

c) složeni (dvodijelni) presjek štapa nastavlja se s tri vezice (jedna unutrašnja i dvije vanjske)



Kontrola naprezanja za slučaj c) :

$$\sigma_{t,ll}^{\check{s}} = 1.5 \frac{N}{\check{s} A_n} \leq f_{t,ll,d}$$


Broj spojnih sredstava određuje računsku silu u nastavljanom štapu !!!

NAPREZANJA U ŠTAPU

NAPREZANJA U VEZICI

$$\sigma_{t,ll}^p = \frac{N_u}{A_{n,u}} \leq f_{t,ll,d}$$


unutrašnje podvezice

$$\sigma_{t,ll}^p = 1.5 \frac{N_v}{A_{n,v}} \leq f_{t,ll,d}$$


vanjske podvezice

Prijenos sile N preko vanjskih vezica - naprezanja u vanjskim vezicama računaju s **50% povećanom silom N** zbog mogućih ekscentriciteta u nastavku i neravnomjernog prijenosa sila

NASTAVAK VLAČNOG ŠTAPA "TUCHERER" MOŽDANICIMA

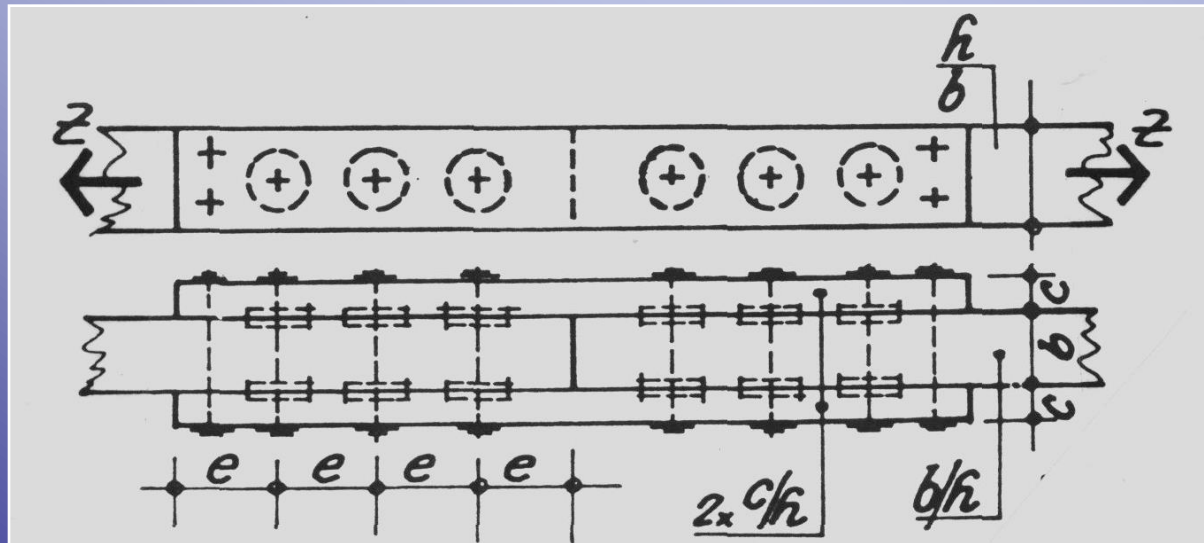
Postupak:

Zadana je aksijalna vlačna sila Z i kvalitet materijala ($\sigma_{t,||,d}$ i $\tau_{||,d}$).

Kao spojno sredstvo koriste se moždanici sustava "Tuchscherer" (dimenzije moždanika i nosivosti iz tablice)

Bira se tako da otprilike 2 do 3 para moždanika bude s jedne strane veze. Za tri para treba tražiti moždanik koji može prenijeti silu:

$$N1 \geq Z/6$$



Za usvojeni moždanik uzimaju se ostale vrijednosti:

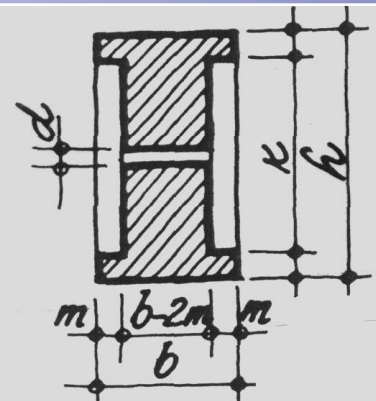
- dimenzije moždanika i vijka,
- dimenzije građe (minimalne)
- udaljenost moždanika (e)

Provjera naprezanja:

U ŠTAPU

$$A = b \cdot h$$

$$\Delta A = K \cdot m \cdot 2 + d(b - 2m)$$



$$\check{A}_n = A - \Delta A$$

$$\sigma_{t,0}^{\check{}} = \frac{Z}{\check{A}_n} \leq f_{t,0,d}$$

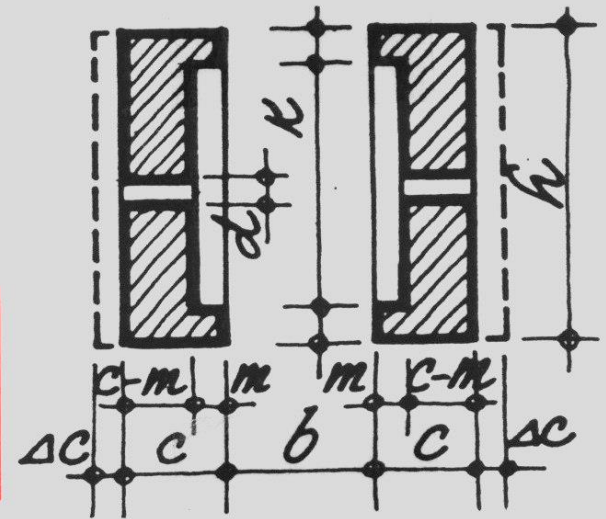
U VEZICAMA

$$A = 2 \cdot c \cdot h$$

$$\Delta A = 2 \cdot k \cdot m + 2d(c - m)$$

$$pA_n = A - \Delta A$$

$$\sigma_{t,II}^p = 1.5 \frac{Z}{A_{n,v}} \leq f_{t,0,d}$$



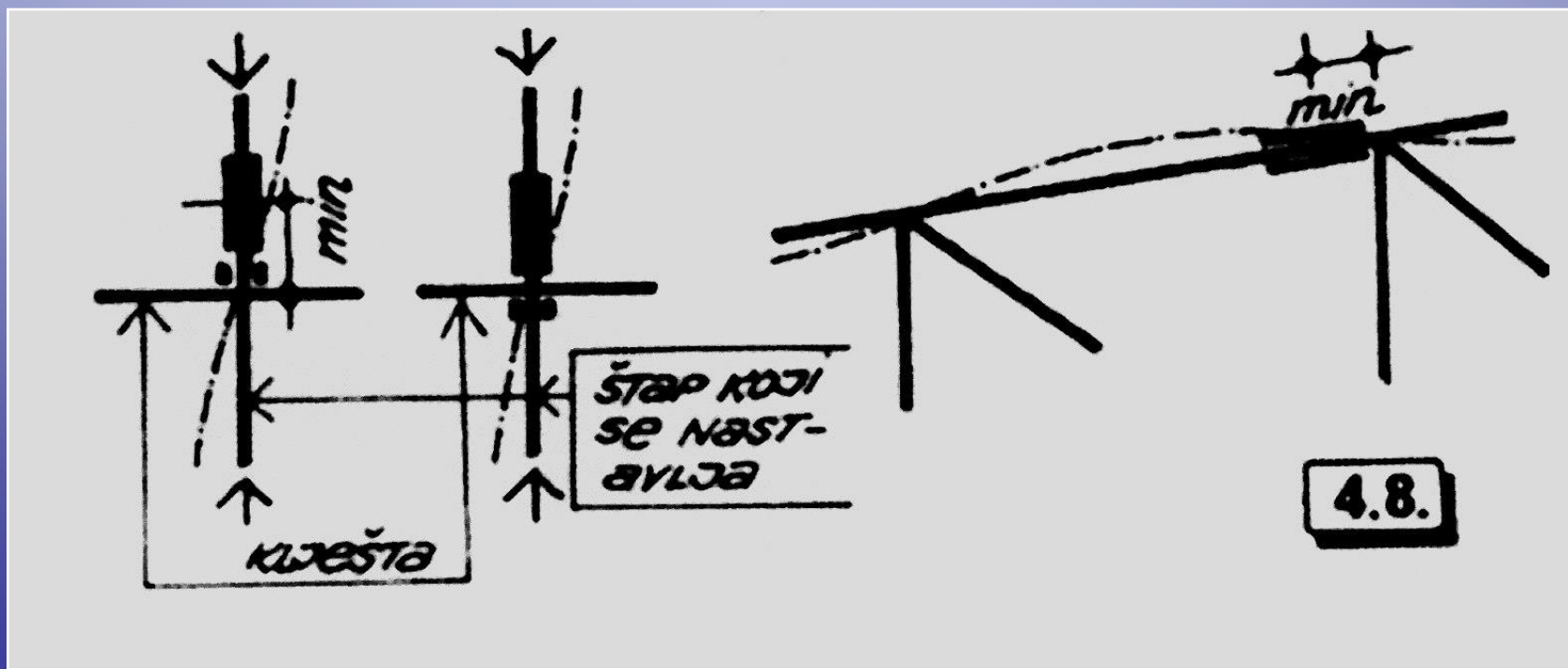
U slučaju da su vlačna naprezanja veća od projektiranih potrebno je potražiti Δc veličinu tj. korekciju širine podvezice.

Nastavljanje vlačnih štapova moguće je vršiti pomoću čavala i vijaka

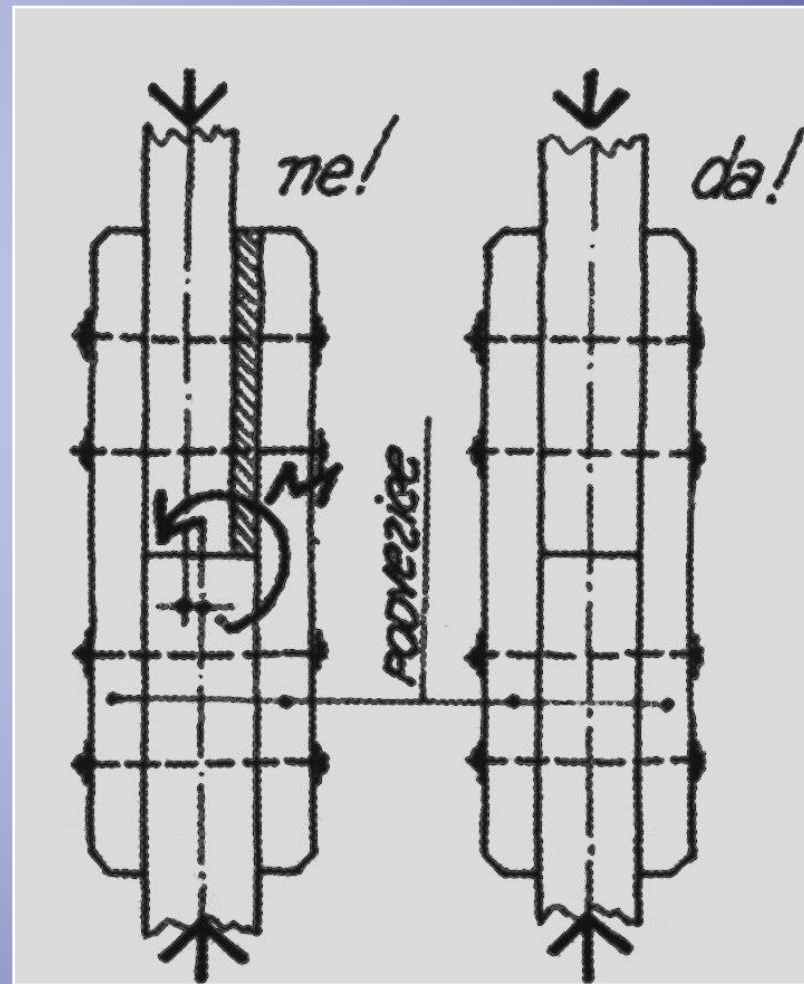
NASTAVLJANJE PRITISNUTIH ŠTAPOVA

Za razliku od vlačnih nastavaka, nastavljanje pritisnutih štapova ima više pravila:

- Nastavak štapa treba postaviti što bliže prostorno ukrućenoj točki (na slici primjer kod skele), budući da je prisutan problem izvijanja na ovaj način u nastavku su minimalni momenti ili ih uopće nema.



- Posebnu pažnju treba obratiti na centriranje nastavka, jer prilikom ekscentričnog nastavljanja osim sile postoji i moment savijanja što je nepovoljno (centriranje pomoću komada okruglog željeza)
- Na mjestu nastavka pritisnutih štapova potrebno je osigurati kontakt za prijenos tlačne sile
- U tom slučaju proračun je praktički nepotreban, a vezica i spojna sredstva su konstruktivnog karaktera
- Ponekad se broj spojnih sredstava proračunava za $\frac{1}{2}$ tlačne sile.



- Za svođenje deformacija u tlačnom nastavku na što manju vrijednost (posebice za skele) dobro je na mjestu kontakta pritisnutih elemenata ugraditi komad pocinčanog lima ili tanak sloj cementnog morta koji sprečavaju utiskivanje vlakna u vlakno.
- Vezice pritisnutih štapova mogu biti statičke i konstruktivne
- Izvode se jednako dobro od **čelika** (plosno željezo), ali i od **drva**
- **Dimenzije konstruktivnih** podvezica određuju se prema osjećaju konstruktera, a **dimenzije statičkih** na osnovu tlačne sile u nastavku
- **Nastavak se redovito pokriva simetrično ugrađenim vezicama**

SIMETRIČNO UGRAĐENE VEZICE

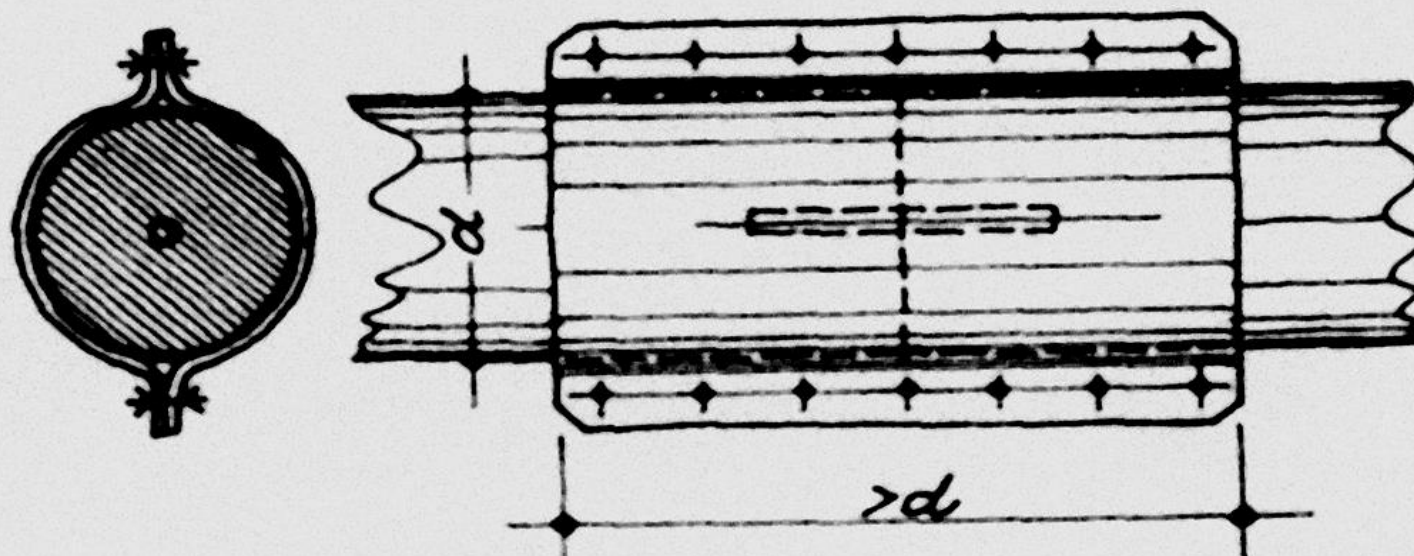


a) METALNE PODVEZICE - TRAKE



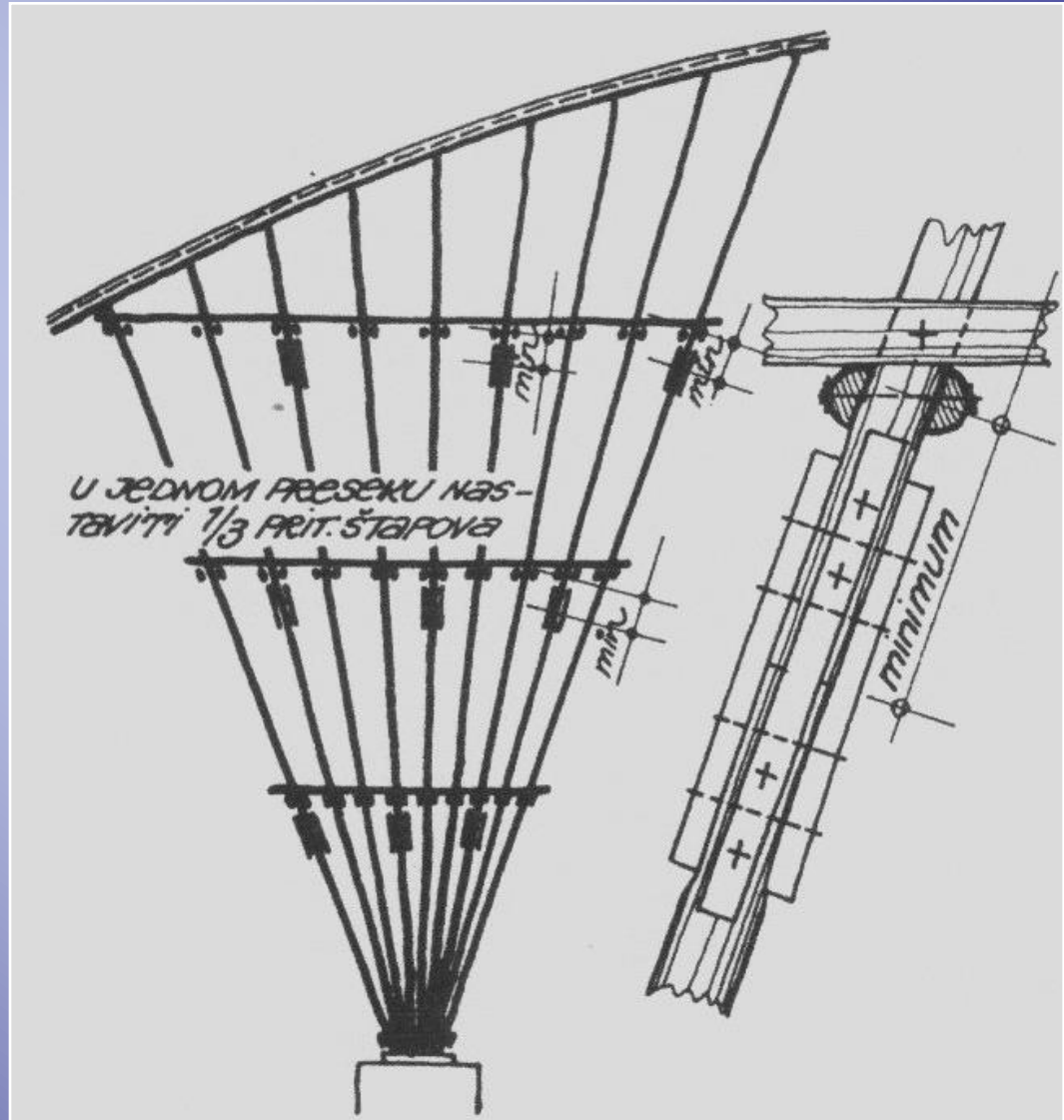
b) DREVNE PODVEZICE - OBRAZI

SIMETRIČNO UGRAĐENE VEZICE



- Primjer konstrukcija karakterističnih zbog velikog broja nastavaka tlačnih štapova – nastavci se moraju rasporediti naizmjenično u jednom presjeku – u jednom presjeku se može nastaviti max. 1/3 štapova:

- Kod nastavljanja pritisnutih pojaseva rešetkastih nosača sa složenim presjecima, moment inercije vezica mora biti isti momentu inercije štapa na mjestu nastavka



Uvod u tehnike spajanja

- Sustavi CAD-CAM (Computer Aided Design, Computer Aided Manufacturing) za projektiranje i izvedbu drvenih struktura danas su na naprednoj tehnološkoj razini sa relativno umanjenim troškovima tako da je njihova primjena široko raširena u velikim i malim poduzećima.
- Prednost takvih sustava je u skraćivanju vremena proizvodnje i smanjenju broja grešaka u fazi projektiranja i proizvodnje drvenih struktura. Uz to su osobito korisni kod malih krovista u stambenoj obiteljskoj gradnji kod kojih su često prisutne nepravilne forme krovista što pak iziskuje primjenu raznolikih drvenih elemenata (glavnih i sekundarnih).

Mogućnosti suvremene proizvodnje

- CAD-CAM sustavi za projektiranje



- Numerički upravljani strojevi

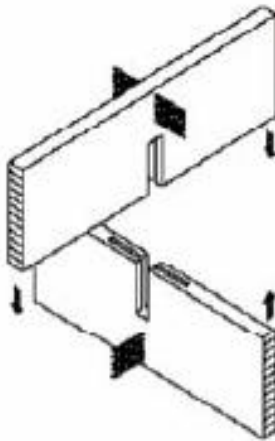
- Tradicionalne tesarske veze – suvremeni CNC proizvodi za primjenu u konstrukcijama drvenih zgrada



Moderni spojevi

- Primjena lijepljenih šipki kod krutih spojeva - Spojevi CNC

Spojevi CNC

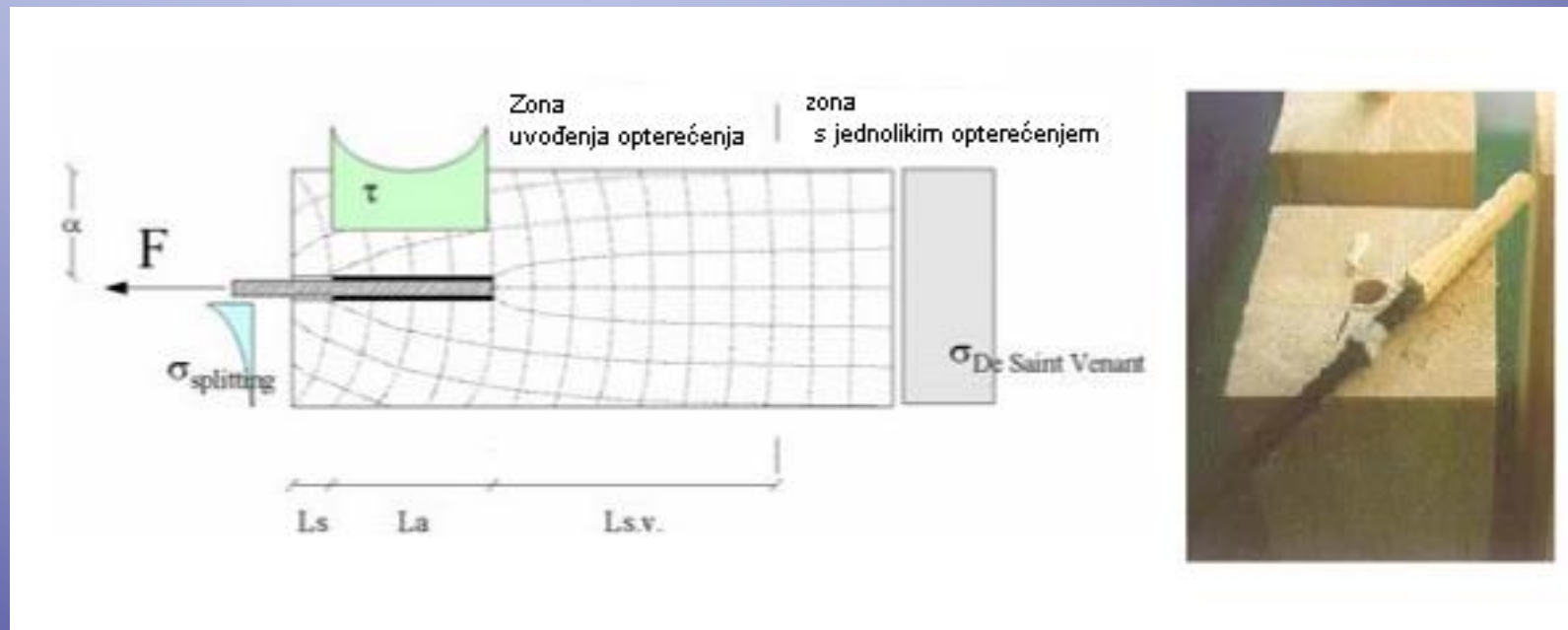


Mensa Artsana (Como)



Moderni spojevi

- Mehaničko ponašanje spojeva sa lijepljenim šipkama



Mehanizmi loma

- Nastajanje pukotina - drvo - vlak okomito na vlakna
- Savitljiv (podatan/rastezljiv) lom - čelik - slabljenje i lom čelične šipke