

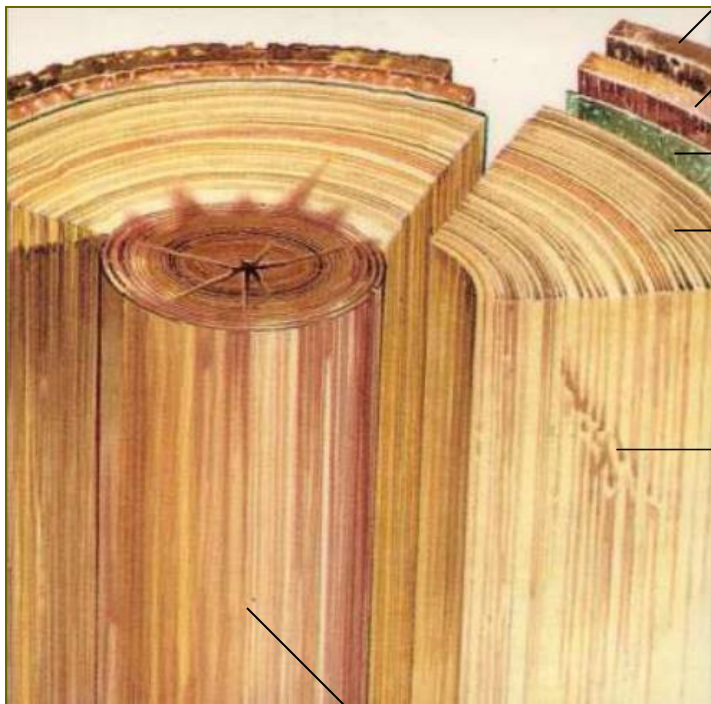
RAZVRSTAVANJE GRAĐE

Prof.dr.sc. Vlatka Rajčić, dipl.ing.građ.

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

DRVO – SVOJSTVA I OBRADA MATERIJALA

- Poprečni presjek trupca



Mrtva kora

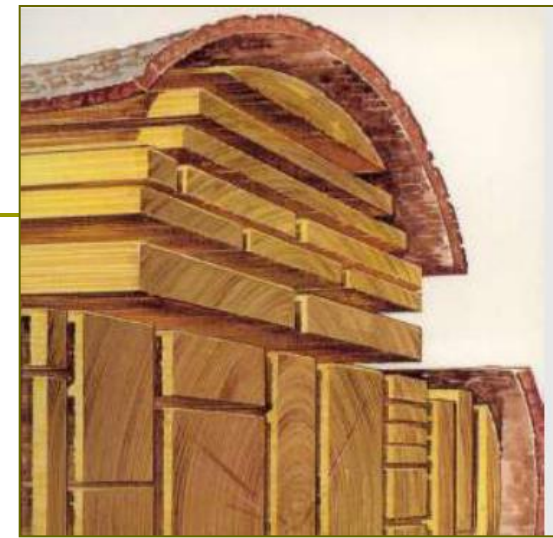
Živa kora

Kambij

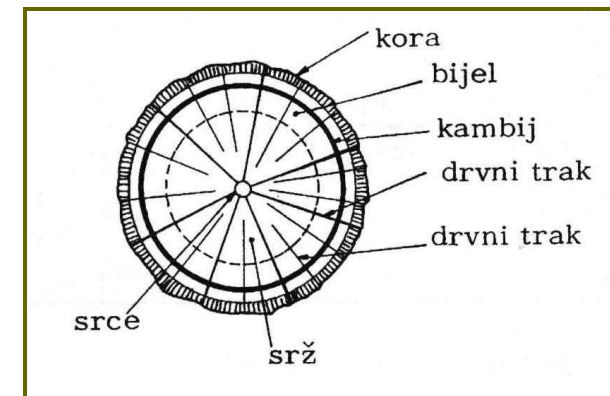
Bjeljika –provodnik
slabe trajnosti

Zdrava srževina

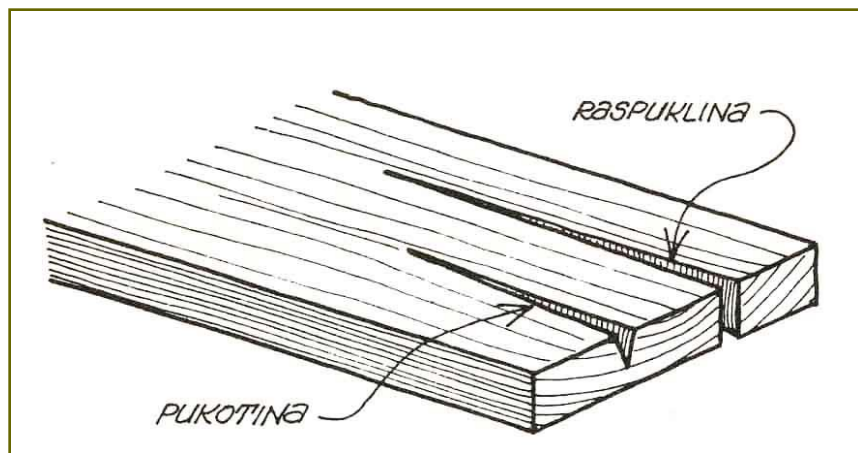
Srce – juvenilno drvo slabijih svojstava od srževine



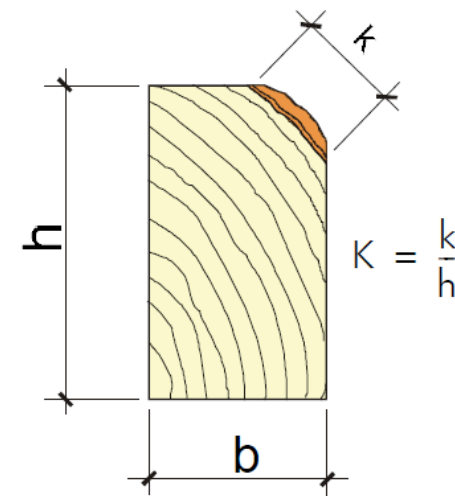
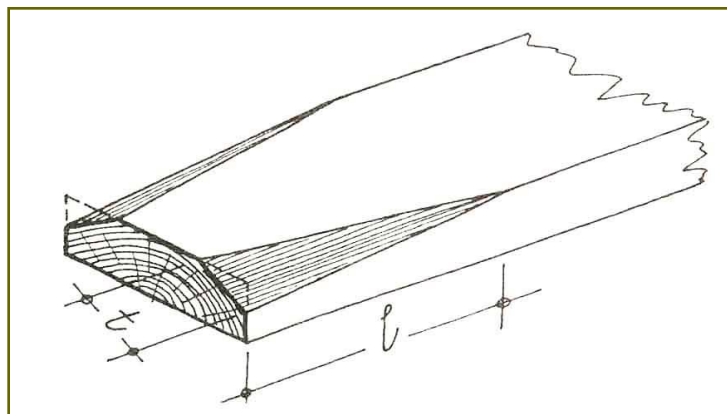
- Proizvodi piljenja



DRVO – SVOJSTVA I GREŠKE KOJE SU POSLJEDICA RASTA (osnova vizualnog razvrstavanja)

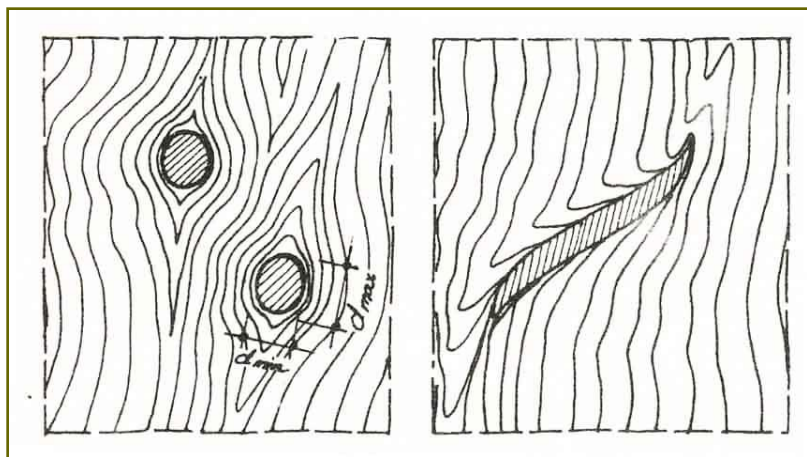


RASPUCALOST

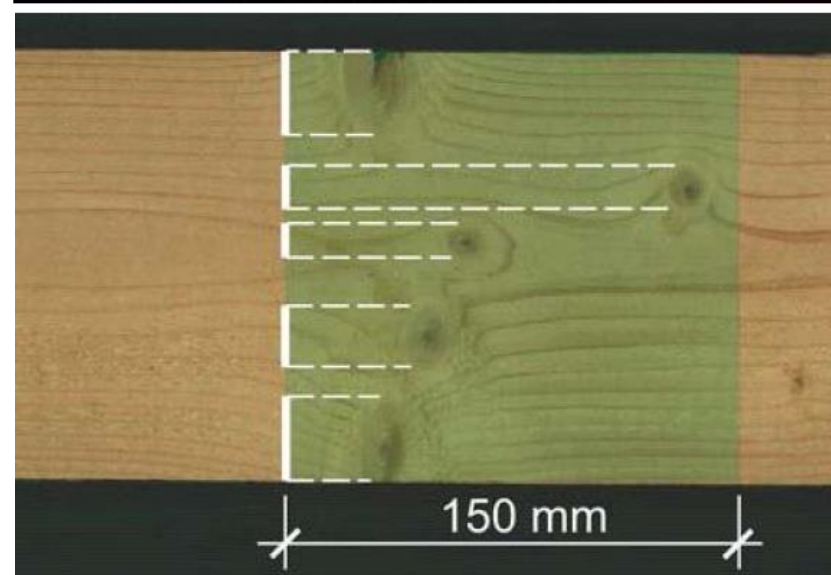


LISIČAVOST

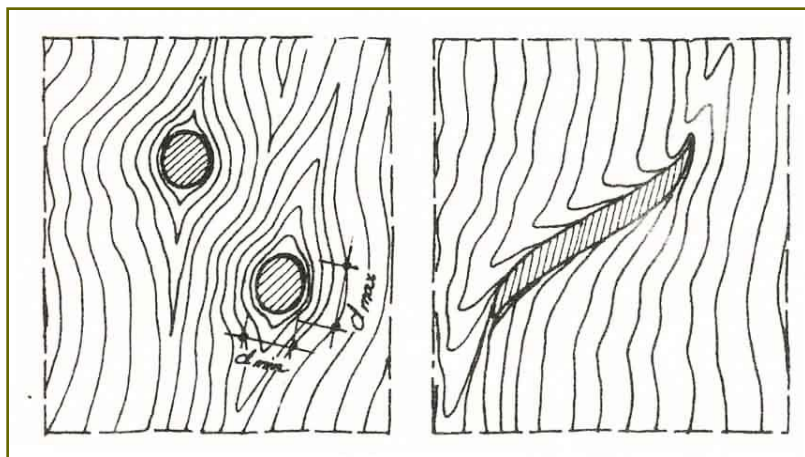
DRVO – SVOJSTVA I GREŠKE KOJE SU POSLJEDICA RASTA (osnova vizualnog razvrstavanja)



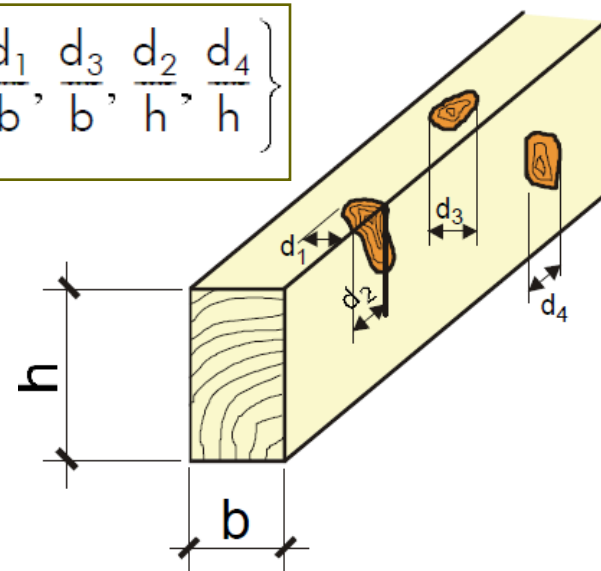
KVRGE USUKANOST VLAKANA



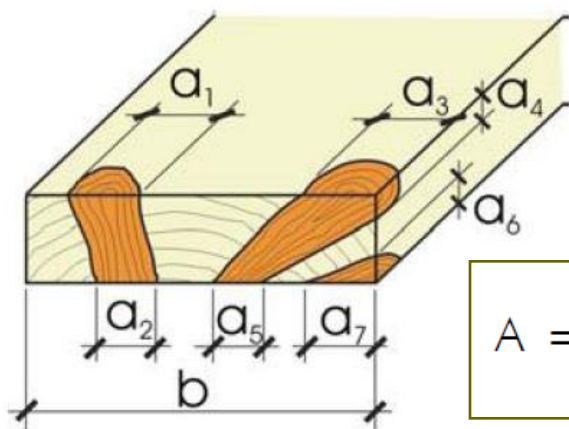
DRVO – SVOJSTVA I GREŠKE KOJE SU POSLJEDICA RASTA (osnova vizualnog razvrstavanja)



$$A = \max \left\{ \frac{d_1}{b}, \frac{d_3}{b}, \frac{d_2}{h}, \frac{d_4}{h} \right\}$$



KVRGE USUKANOST VLAKANA

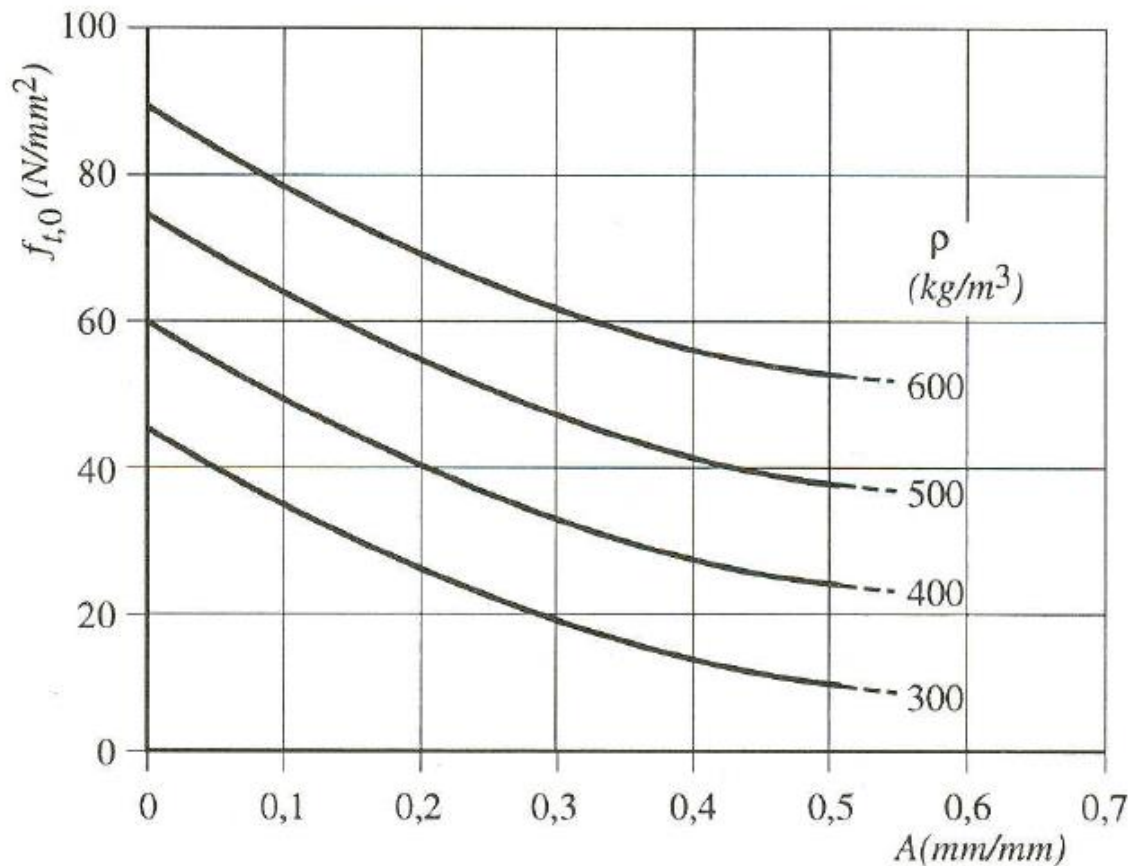


Definicija parametra veličine kvrga u odnosu na površinu
– grede, daske i deblje daske

$$A = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + (a_7)}{2 \cdot b}$$

DRVO – SVOJSTVA I GREŠKE KOJE SU POSLJEDICA RASTA

(osnova vizualnog razvrstavanja)



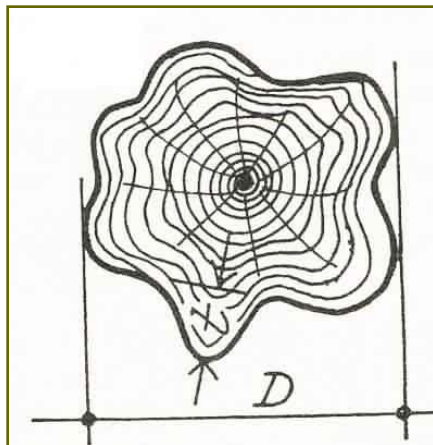
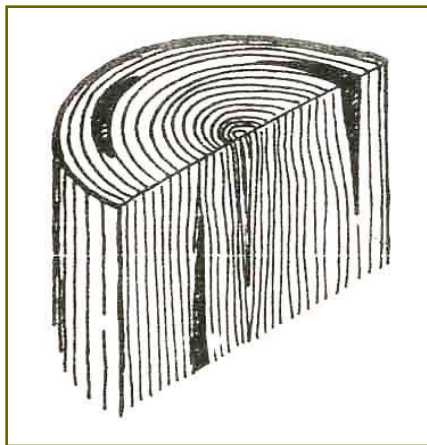
Utjecaj kvrga na vlačnu čvrstoću i spojeve



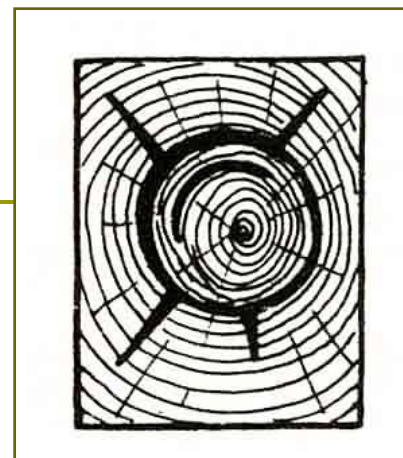
DRVO – SVOJSTVA I GREŠKE KOJE SU POSLJEDICA RASTA

(osnova vizualnog razvrstavanja)

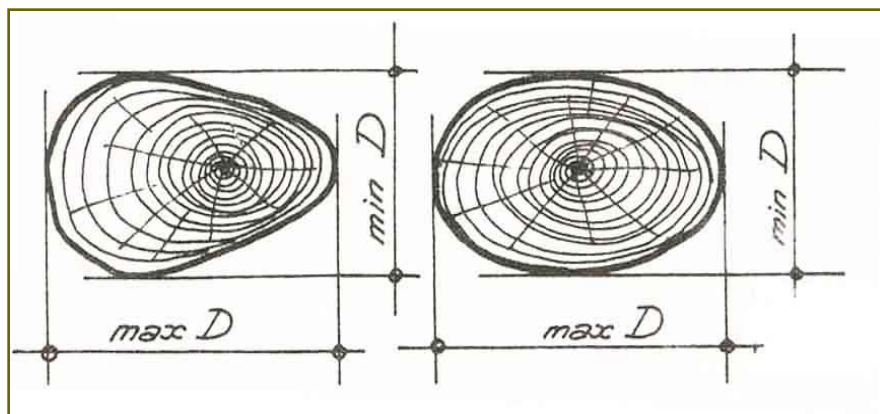
URASLA KORA ŽLJEBOVITOST



OKRUŽLJIVOST



GREŠKE POPREČNOG PRESJEKA

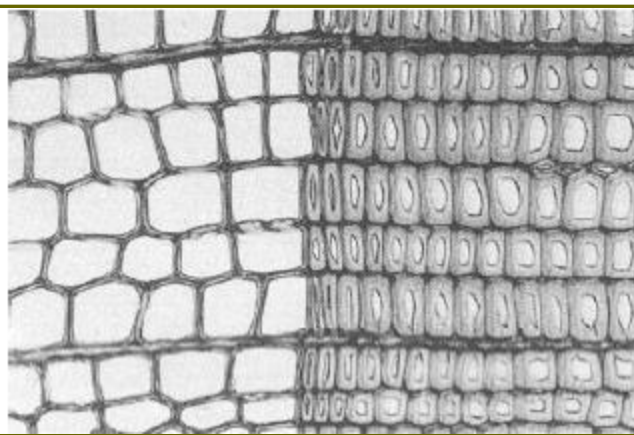


EKSCENTRIČNOST SRCA
SRČANE PUKOTINE



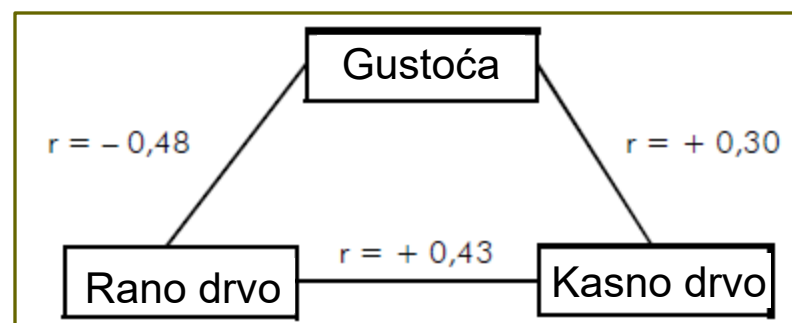
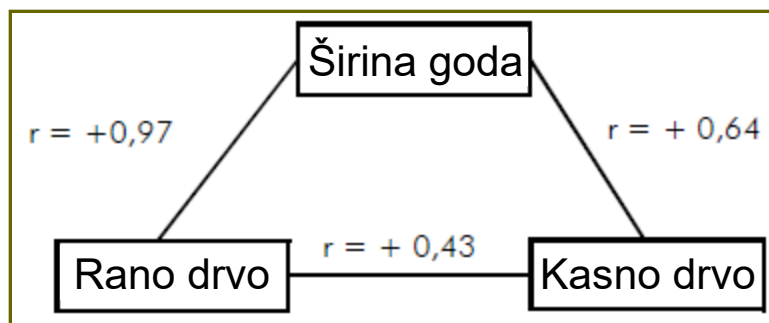
DRVO – SVOJSTVA I GREŠKE KOJE SU POSLJEDICA RASTA (osnova vizualnog razvrstavanja)

- Širina i granice godova – kriterij vizualnog razvrstavanja:



Uzorak smrekovine – godovi i mikrograf prijelaza iz ranog u kasno drvo

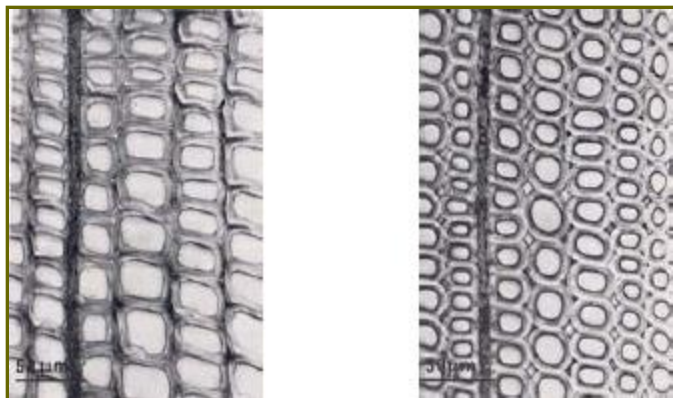
Promjena gustoće po širini goda



DRVO – SVOJSTVA I GREŠKE KOJE SU POSLJEDICA RASTA (osnova vizualnog razvrstavanja)

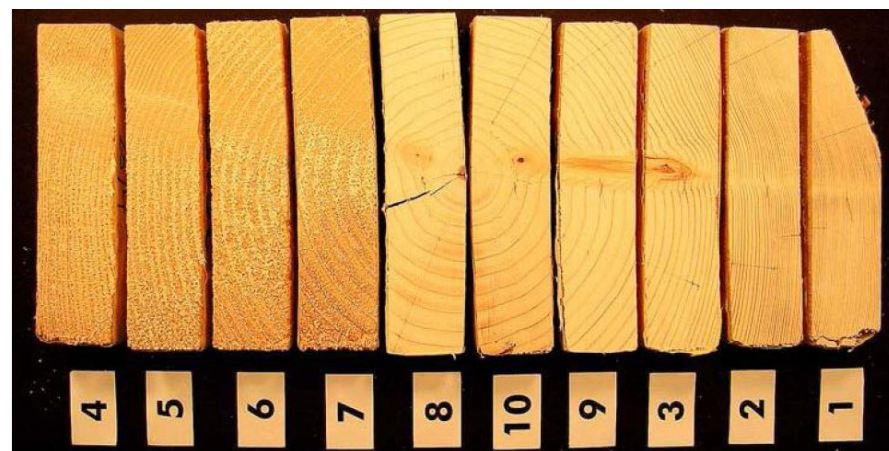


Tipični izgled reakcijskog tlačnog drva smreke prije i nakon vlačnog sloma uzorka



Normalno drvo

Reakcijsko tlačno drvo (promjena strukture)



Juvenilno drvo – posljedica rasta i prirodnih obilježja drva

DRVO – SVOJSTVA I GREŠKE KOJE SU POSLJEDICA RASTA (osnova vizualnog razvrstavanja)

Kvrge

Sadrže slabo juvenilno drvo,
uzrokuje nagib vlakanaca

UTJECAJ KVRGA NA SLOM

Nagib vlakanaca

Smanjenje čvrstoće – izrazito na rubovima

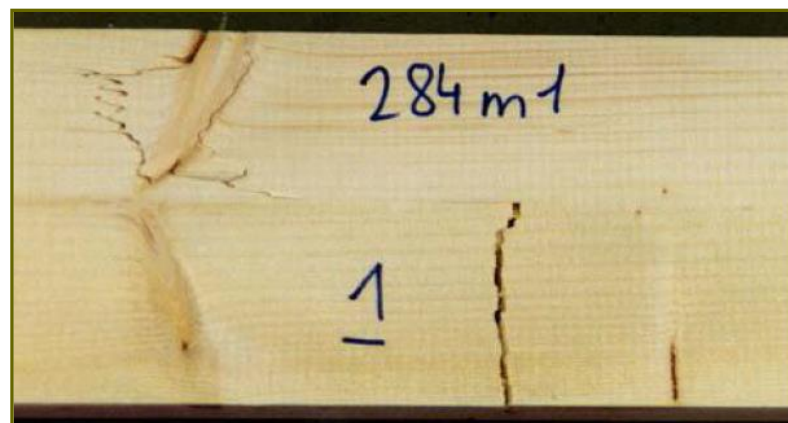
Okomito položena vlakna – izrazito smanjena čvrstoća



DRVO – SVOJSTVA I GREŠKE KOJE SU POSLJEDICA RASTA I SKUPLJANJA (osnova vizualnog razvrstavanja)



Poprečne mikro-pukotine (okomite na vlakna)



Pukotine od skupljanja

Okružljivost



Nepravilnost vlakana u smjeru osi

Vrh pukotine

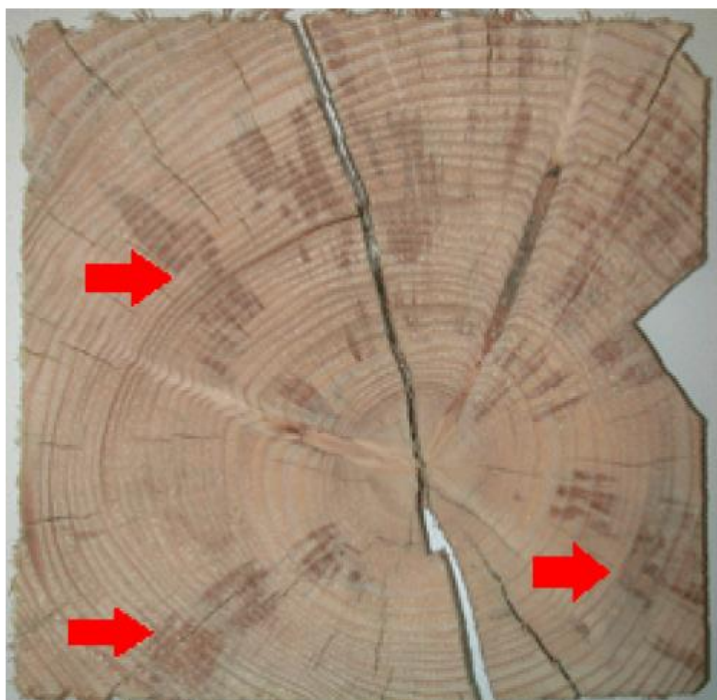
Posljedica promjene u rastu debla



Devijacije vlakana do zone vrha pukotine / tlačno reakcijsko drvo na rubovima

DRVO – SVOJSTVA I GREŠKE KOJE SU POSLJEDICA BIOLOŠKOG NAPADA (osnova vizualnog razvrstavanja)

Rujavost / crvene i smeđe pruge –
posljedica napada gljivica uzročnika truleži

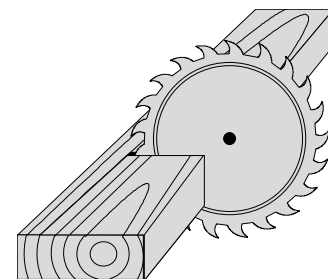
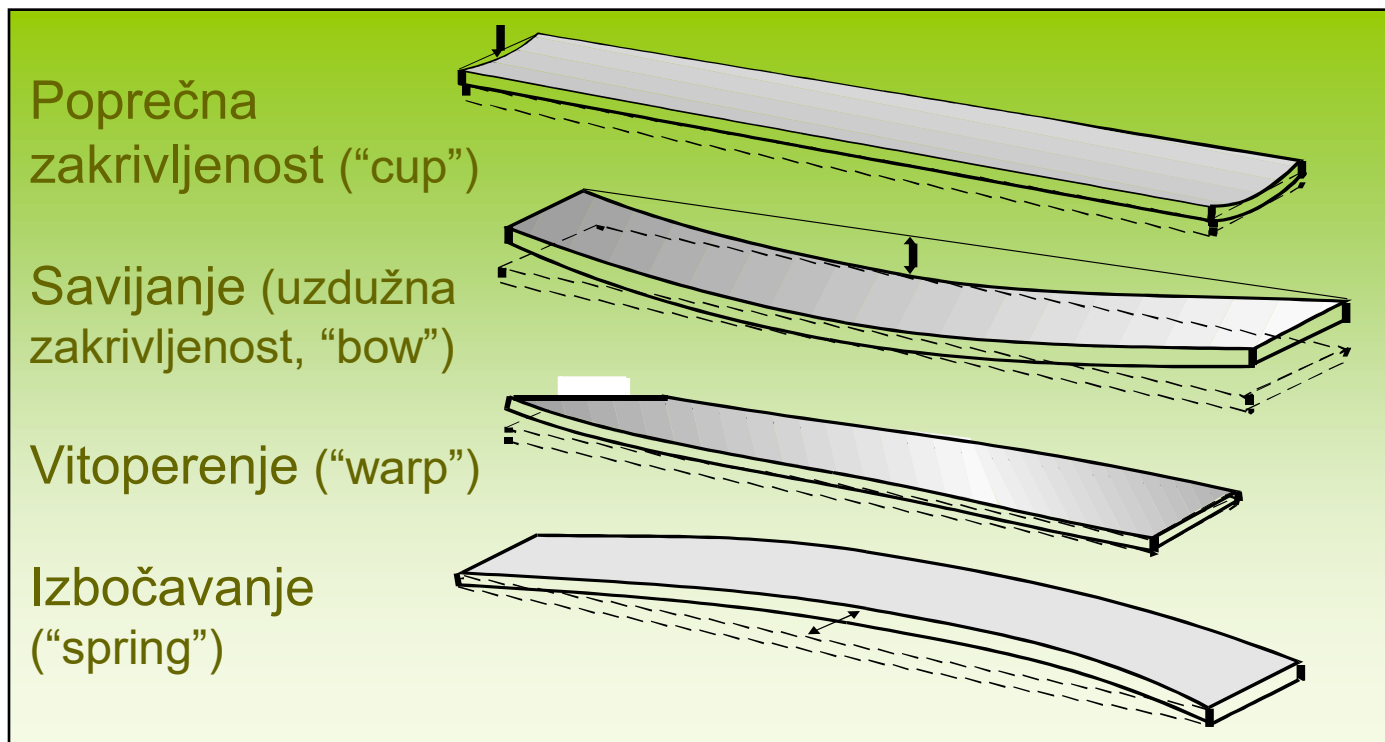


Zaraza imelom



DRVO – SVOJSTVA I GREŠKE KOJE SU POSLJEDICA SKUPLJANJA I NEPRAVILNOG RUKOVANJA GRAĐOM

- Greške prouzročene različitim skupljanjem u tri glavna smjera i nepravilnim skladištenjem građe.



DRVO – SVOJSTVA MATERIJALA I UTJECAJI SORPCIJE I SADRŽAJA VLAGE

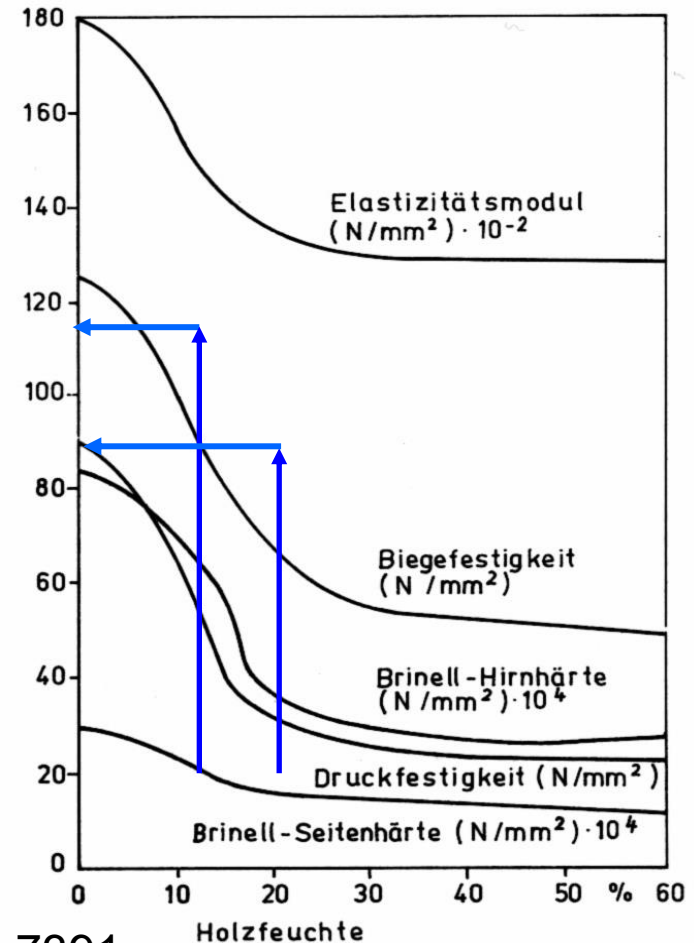
- Posljedice sorpcije i sadržaja vlage u drvu:

- BUBRENJE I SKUPLJANJE – promjene dimenzija
- VITOPERENJE, IZBOČAVANJE, SAVIJANJE I KORITANJE – promjene oblika
- RAZVOJ PUKOTINA
- RIZIK RAZVOJA BIOLOŠKE RAZGRADNJE

- Promjena vlažnosti s 12% na 20% izaziva značajno smanjenje mehaničkog svojstva.

- Za čvrstoću savijanja:

$$\frac{68 \text{ N/mm}^2}{92 \text{ N/mm}^2} = 0,7391$$



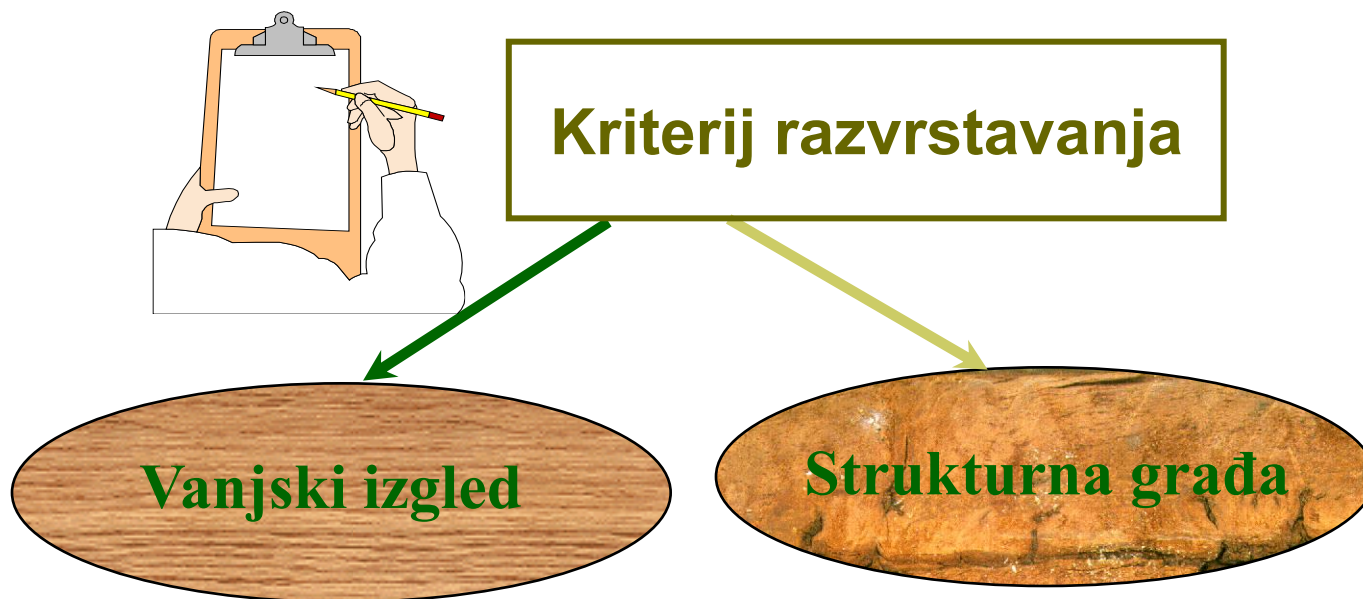
MATERIJALI I PROIZVODI OD DRVA – RAZVRSTAVANJE / METODE I RAZREDI ČVRSTOĆE



RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- **Razvrstavanje drva**

- Način specifikacije svojstava proizvoda:
 - drvo se razvrstava se u **razrede čvrstoće** koji sadržavaju proizvode sličnih svojstava (mehanička svojstva i gustoća).



RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- **Vizualno razvrstavanje**

- dugo vremena jedina metoda razvrstavanja cjelovitog drva:
- svaki komad drva pregledava stručna osoba educirana za prepoznavanje svojstava / grešaka koje smanjuju čvrstoću, krutost ili uporabljivost drva



- **GREŠKE**

- *kvrge* – veličina, mjesto, kut i pozicija u odnosu na druge kvrge
- *kut pružanja vlaknaca* – za svaku stranu elementa (tlačni i vlačni rubovi)
- *raspukline i smolni džepovi*



RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- Vizualno razvrstavanje za oblo drvo, tesanu i piljenu građ vrši se u tri klase:
 - I klasa – visoke nosivosti
 - II klasa – normalne (prosječne ili srednje) nosivosti
 - III klasa – male nosivosti
- Uvjeti za vizualno razvrstavanje piljene i tesane građe jesu:
 - prisutnost grešaka – greške boje (rujava, crvena, modra) i greške od napada insekata
 - trulež (bijela, crvena)
 - okružljivost u pravcu godova, širina godova
 - pukotine od sušenja i raspukline od mraza
 - lisičavost; kvrgavost, otklon vlaknaca,
 - zakrivljenost



RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- Kriteriji i pravila vizualnog razvrstavanja konstrukcijskog drva prema normi DIN 4074-1:2004

7. Tlačno (reakcijsko) drvo	$\leq 2/5$	$\leq 2/5$	$\leq 1/5$	$\leq 3/5$	$\leq 2/5$	$\leq 1/5$
8. Napad insekata (sirovo drvo)	Dopuštene su rupe do 2 Ø mm promjera Napomena: Odnosi se na sirovo drvo, a napredovanje i širenje napada (zaraze) u suhom drvu nije moguće. Pojava nema utjecaja na čvrstoću. Mjerodavna je veličina rupe (tunela hranjenja) vidljiva na površini. Rupe promjera 5 mm i više imaju tek sporadičan utjecaj na čvrstoću i razvrstavanje.			Dopuštene su rupe do 2 Ø mm promjera		
9. Zakrivljenost / deformiranje						
_ uzdužna zakrivljenost	≤ 8	≤ 8	≤ 8	≤ 12	≤ 8	≤ 8
_ vitoperenje (mm/ 25 mm visine),	≤ 1	≤ 1	≤ 1			
_ vitoperenje (mm/ 25 mm širine),				≤ 2	≤ 1	≤ 1
_ poprečna zakrivljenost				do 1/20	do 1/30	do 1/50
10. Srčika	dopušteno	dopušteno	nije dopušteno ¹⁾	dopušteno	dopušteno	nije dopušteno

¹⁾ Srčika je dopuštena za grede širine > 120 mm.

²⁾ Kriterij razvrstavanja ne odnosi se na suho drvo sadžaja vlage > 20%.

³⁾ Kriterij razvrstavanja nije primjenjiv na daske za proizvodnju lijepljenog lameliranog drva.

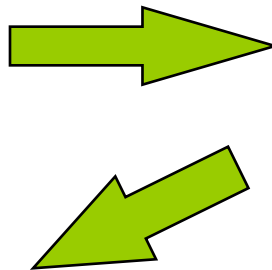
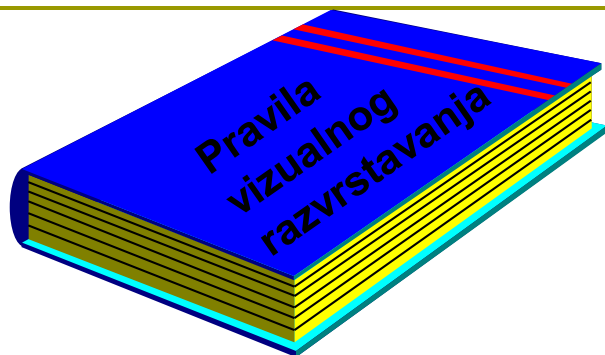
⁴⁾ Za smreku i Duglaziju do ½ širine goda: do 4 mm za smrekovinu i do 5 mm za duglazijevinu. Pri isporuci, udio ne smije prelaziti 25%.

Pri naknadnom pregledu, za najviše 10% isporučenog drva smije se utvrditi da ne odgovara kriterijima razvrstavanja (treba ga razvrstati u niži razred). Dopuštena odstupanja dimenzija trebaju biti u skladu s normom DIN EN 336.

RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- Kriteriji i pravila vizualnog razvrstavanja u razrede čvrstoće u skladu s normom HRN EN 338:2006 navedeni su u Tablici 1 norme HRN EN 14081-1:2006 (EN 14081-1:2005).
 - Pravila vizualnog razvrstavanja posebno su definirana za:
 - grupe razrede čvrstoće C18 i niže
 - za razrede čvrstoće iznad C18.

Vizualno razvrstavanje cjelovitog drva četinjača u razrede čvrstoće – područje primjene norme HRN EN 1192:2010



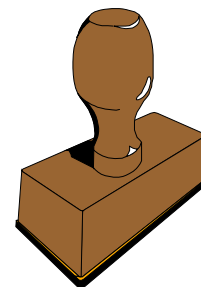
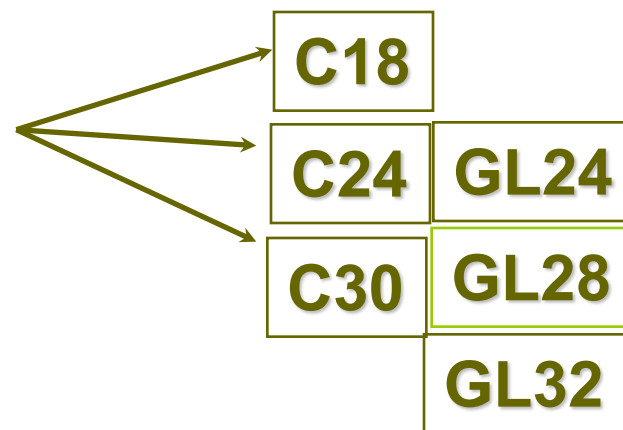
Vizualno razvrstavanje mekog cjelovitog drva u razrede čvrstoće

#1

#2

#3

- Oznake razreda čvrstoće prema **normi HRN EN 338:2003** (na koju upućuje **norma** za proračun drvenih konstrukcija **HRN EN 1995:2004** (Eurokod 5):
- C** (vizualno razvrstano drvo četinjača),
- D** (vizualno razvrstano drvo listača),
- CM** (strojno razvrstano drvo četinjača),
- GLH** i **GLK** (homogeno i kombinirano lijepljeno lamelirano drvo)



Vizualno razvrstano drvo četinjača razreda I, II, III adekvatno razredima čvrstoće C18, C24 i C30 prema normi HRN EN 338

RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- Prema normi HRN EN 338:2010, “meko cjelovito / konstrukcijsko drvo” (drvo četinjača i topole) razvrstava se u deset (10) razreda čvrstoće čije su oznake usklađene s čvrstoćom na savijanje:
 - C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35 i C40.
 - Razredi čvrstoće C35 i C40 označavaju drvo iznimno velike otpornosti.
 - Razredi čvrstoće C45 i C50 – izvan sustava navedenog u normi HRN 338 / dostupnost na tržištu treba prethodno provjeriti.
- Zbog promjena u postupku razvrstavanja, svaki od ovih razreda čvrstoće ima vlastite vrijednosti parametara čvrstoće, krutosti i gustoće.

Tablica 2: Karakteristične čvrstoće, moduli krutosti i gustoće za meko (crnogorično) masivno drvo i drvo topole – razredi čvrstoće prema normi HRN EN 338:2003

Razredi čvrstoće (prema normi HRN EN 338:2003) *) – meko masivno drvo (crnogorica) i drvo topole		C 14	C 16	C 18	C 20	C 22	C 24	C 27	C 30	C 35	C 40
Čvrstoće (u N/mm ²)											
Savijanje	f _{m,k}	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	27,0	30,0	35,0	40,0
Vlak paralelno	f _{t,0,k}	8,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	16,0	18,0	21,0	24,0
Vlak okomito	f _{t,90,k}	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Tlak paralelno	f _{c,0,k}	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	25,0	26,0
Tlak okomito	f _{c,90,k}	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
Posmik	f _{v,k}	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8
Moduli krutosti (u kN/mm ²)											
Srednji modul elastičnosti paralelno	E _{0,mean}	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0
Karakteristični modul elastičnosti paralelno	E _{0,05}	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4
Srednji modul elastičnosti okomito	E _{90,mean}	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47
Srednji modul posmika	G _{mean}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88
Gustoće (u kg/m ³)											
Karakteristična gustoća	ρ _k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420
Srednja gustoća	ρ _{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500

*) Razredi čvrstoće mekog masivnog drva (crnogorično drvo i topola) prema normi HRN EN 338:2003 – u sustavu razvrstavanja su i razredi C45 i C50 (drvo natprosječne čvrstoće) čiju dostupnost na tržištu treba provjeriti.

CJELOVITO / KONSTRUKCIJSKO TVRDO DRVO – RAZREDI ČVRSTOĆE PREMA HRN EN 338

Tablica 3: Karakteristične čvrstoće, moduli krutosti i gustoće za tvrdo masivno drvo – razredi čvrstoće prema normi HRN EN 338:2003

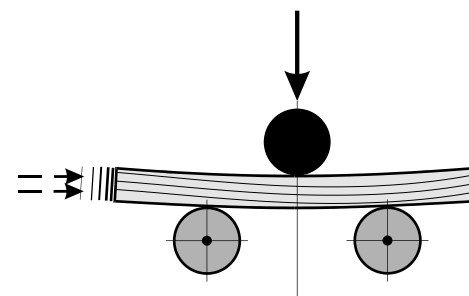
Razredi čvrstoće (prema normi HRN EN 338:2003)* – tvrdo masivno drvo (bjelogorica)		D 30	D 35	D 40	D 50	D 60	D 70
Čvrstoće (u N/mm ²)							
Savijanje	$f_{m,k}$	30,0	35,0	40,0	50,0	60,0	70,0
Vlak paralelno	$f_{t,0,k}$	18,0	21,0	24,0	30,0	36,0	42,0
Vlak okomito	$f_{t,90,k}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Tlak paralelno	$f_{c,0,k}$	23,0	25,0	26,0	29,0	32,0	34,0
Tlak okomito	$f_{c,90,k}$	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Posmik	$f_{v,k}$	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Moduli krutosti (u kN/mm ²)							
Srednji modul elastičnosti, paralelno	$E_{0,mean}$	10000	10000	11000	14000	17000	20000
Karakteristični modul elastičnosti, paralelno	$E_{0,05}$	8000	8700	9400	11800	14300	16800
Srednji modul elastičnosti, okomito	$E_{90,mean}$	640	690	750	930	1130	1330
Srednji modul posmika	G_{mean}	600	650	700	880	1060	1250
Gustoće (u kg/m ³)							
Karakteristična gustoća	ρ_k	530	560	590	650	700	900
Srednja gustoća	ρ_{mean}	640	670	700	780	840	1080

RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- Strojno razvrstavanje mekog cjelovitog drva:
 - Primjenjuje se na veći broj razreda čvrstoće (npr. C20, C24, C30, C35, ili C40, oznake u skladu s normom EN 338:2009)
 - dodatna oznaka “M” (npr. C24M) – na oznaci kvalitete CE potvrđuje da je pri utvrđivanju mehaničkih svojstava cjelovitog drva primijenjena metoda strojnog razvrstavanja.
- U istoj normi navedeni su i razredi čvrstoće (tvrđog) drva bjelogorice (listače): D30, D35, D40, D50, D60 i D70.
- Područje primjene norme HRN EN 384:2010 – određivanje gustoće i karakterističnih vrijednosti mehaničkih svojstava konstrukcijskog drva.

RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- Razvrstavanje prema ispitanim mehaničkim svojstvima:
 - Zasniva se razornim ispitivanjima i korelaciji čvrstoće i parametara razvrstavanja
 - Može uključivati vizualno razvrstavanje – dokaz prisustva ili odsutnosti prirodnih svojstava (rasta)
- **Strojno razvrstavanje:**
 - Preciznije određena mehanička svojstva – strojno razvrstano drvo zato ima veću otpornost.
 - Određivanje modula elastičnosti nerazornim savijanjem uzoraka oko slabije osi.
 - Najmanja izmjerena vrijednost MoE određuje pripadnost razredu.
 - Žig kvalitete automatski može se strojno aplicirati.
 - Naknadna vizualna provjera.



RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- Svaki ,dužni proizvod (dio dnevne proizvodnje) ispituje se s obzirom na:
 - definiranu čvrstoću –: “proof level” (npr. vlačna čvrstoća, mjerenje izduženja jednoliko opterećenog elementa)
 - krutost:srednji vlačni E-modul
- Za svaki pojedinačni proizvod izdaje se ispitni certifikat s tim podacima.
- Primjer dokaznog ispitivanja za KVH:
 - Proof level – $f_{t,0,k} = 7,0 \text{ N/mm}^2$)
 - Ciljana vlačna čvrstoća za C24 –
 $f_{t,0,k} = 10,0 \text{ N/mm}^2$ (1% fraktila) nakon 2 h
- Trajanje ciklusa dokaznog ispitivanja: 15 sek.



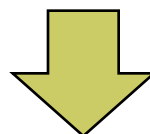
Ispitni certifikat:

Ispitno naprezanje: xx N/mm²

Krutost: xxxxx N/mm²

RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- Prednost vlačnog probnog opterećenja u usporedbi s opterećenjem na savijanje prema normi HRN EN 385:2006: vlačnom probom presjek se opterećuje stalno i jednoliko, a savijanjem se najviše opterećuju rubovi presjeka.

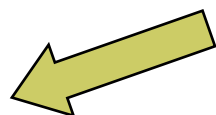


Značajno opterećenje savijanjem / vlakom u smjeru glavne osi



Slomljeni komadi se odbijaju

Verificirano ✓



Proizvod se smije ponuditi na tržištu kao dokazano razvrstan.

Ako ih je previše, početni proces razvrstavanja treba podesiti.

RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- Metode analize akustične emisije
- Oscilacijske metode
 - Na osnovu mehaničkih oscilacija mjeri se prirodna frekvencija i određuje dinamički modul MoE .
 - Ultrazvučna mjerenja vremena prolaza (zvučnog vala)
 - Mjerenja naponskih valova (od vibracijske pobude)



Dimter 403 – stroj za razvrstavanje mjerenjem uzdužnih oscilacija



VISCAN Microtest – za mjerenje prirodne frekvencije

Vibracijske pobude i mjerenje vlastite frekvencije

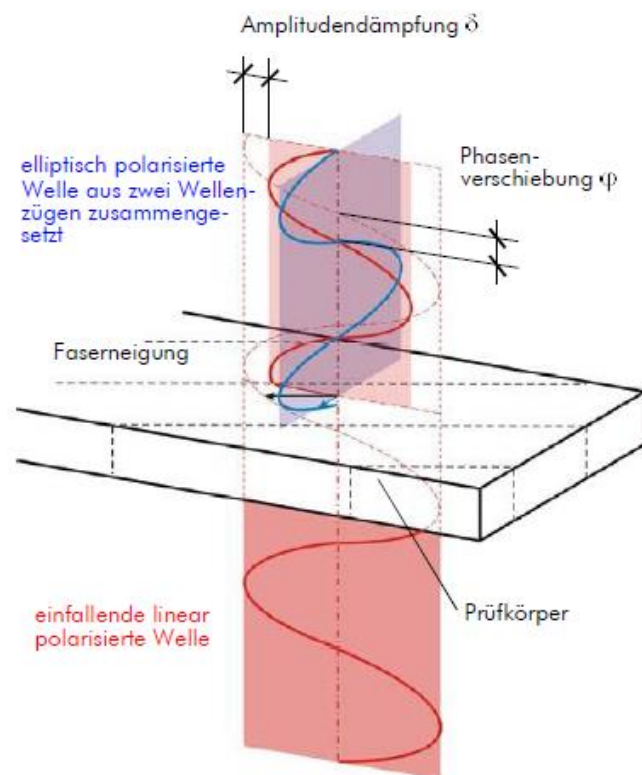


RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

Dodatne metode za provjeru strukture drva

Metode zračenja (elektromagnetske radijacije)

- Radiografske metode
- Računalna tomografija
- Polarizacija (mikrovalovi)
- Metode mjerenja jakosti električnog polja
- Optičke metode
- Posebne metode
 - Penetracijske metode
 - Metode ispitivanje tvrdoće
 - Termografska mjerenja

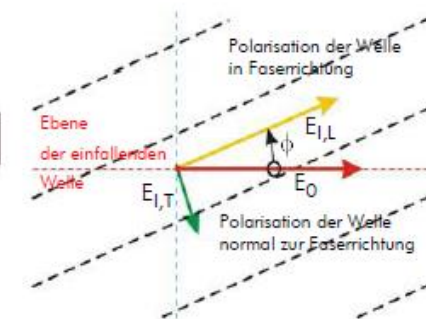


Dielektrizitätskonstante von Holz

$$\begin{bmatrix} \epsilon' \\ \epsilon'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \epsilon'_{11} & 0 \\ 0 & \epsilon'_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,73 & 0 \\ 0 & 2,16 \end{bmatrix}$$

z. B. für Douglas-Fir bei $v=12\%$

Prinzipskizze Polarisation



$$E_{i,L} = E_0 \cdot e^{j\omega t} \cdot \cos\theta$$

$$E_{i,T} = E_0 \cdot e^{j\omega t} \cdot \sin\theta$$

RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- Podaci o pojedinačnom proizvodu, navedeni u metodi A su sljedeći:
 - a) ime i identifikacijska oznaka proizvođača,
 - b) parametri koji opisuju drvo i buduću namjenu (razred i norma razvrstavanja – za vizualno razvrstano drvo, oznaku “M” – za strojno razvrstano drvo, oznaku “DRY GRADE” – za proizvode razvrstane u prosušenom stanju) i identifikacijski broj koda, koji prema pripadnom dokumentu izrade definira proizvođač),
 - c) mehaničko svojstvo (modul elastičnosti, čvrstoća na savijanje, vlačne i tlačne čvrstoće, posmična čvrstoća – deklarirane prema normi HRN EN 1912:2010, za vizualno razvrstano drvo, odnosno prema normi HRN EN 14081-4:2010, za strojno razvrstano drvo),
 - d) oznaka „PT“ pri označavanju drva tretiranog protiv bioloških nametnika (takva zaštita treba odgovarati zahtjevima u normi HRN EN 15228: 2009).

RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

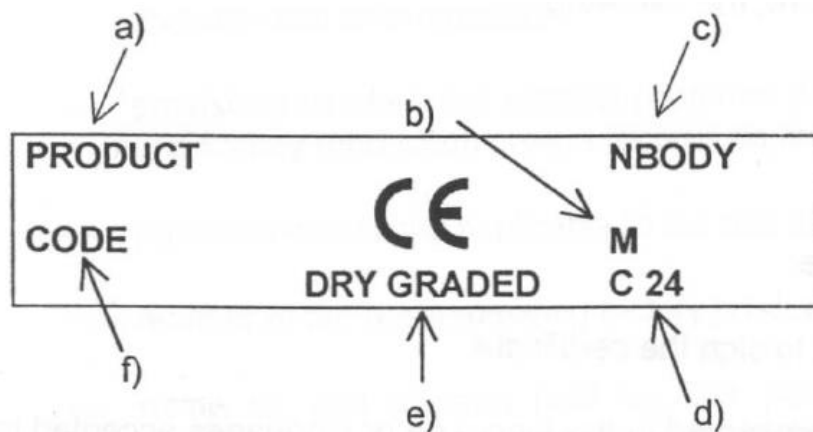
- **Označavanje – europski certifikat kvalitete CE**
- Norme – osnova za projektiranje / proračun konstrukcija
- *Kako biti siguran da je materijal korišten u izvedbi/na gradilištu ima proračunata svojstva?*
 - CE oznaka – osnova za trgovinu i kontrolu:
 - Jamstvo koje krajnjem korisniku potvrđuje sukladnost proizvoda i podobnost za primjenu što znači:
 - Provedena je unutrašnja i vanjska kontrola proizvodnje.
 - Proizvod je atestiran – postupak potvrde sukladnosti propisuje Europska komisija i osnova je za stjecanje CE oznake.
- Posljedica:
 - Na nacionalnoj razini i u skladu s nacionalnim zakonodavstvom je prihvaćeno da se u proračunu **moгу koristiti karakteristične vrijednosti naznačene u nadležnoj normi.**

RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- Na svakom pojedinom proizvodu navode se sljedeći podaci:
 - identifikacijski broj FPC (FACTORY PRODUCTION CONTROL) certifikacijskog tijela
 - ime i registrirana adresa proizvođača
 - zadnje dvije znamenke CE oznake
 - broj EC FPC certifikata
 - opis proizvoda (za komercijalnu dokumentaciju)
 - savojna, tlačna, vlačna i posmična čvrstoća – razred čvrstoće
 - modul elastičnosti (ili samo razred čvrstoće)
 - reakcija na razred gorivosti i podrazred (prema tablici C.1 za provedena ispitivanja gorivosti ili razred gorivosti F)
 - trajnost:
 - netretirano drvo – razred trajnosti u skladu s EN 350-2
 - tretirano drvo – s dodatnom oznakom u skladu s prEN 15228.

RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- Primjer označavanja proizvoda
 - Minimum podataka za strojno razvrstano netretirano cjelovito drvo:



- a) Proizvod
- b) Oznaka "M"
- c) Identifikacijski broj tijela / institucije koja izdaje certifikat
- d) Razred čvrstoće
- e) Opcija / za razvrstavanje u suhom stanju
- f) Oznaka norme za identifikaciju dokumentacije

RAZVRSTAVANJE CJELOVITOG DRVA U RAZREDE ČVRSTOĆE

- Komercijalna dokumentacija za vizualno razvrstano netretirano drvo

		
01234		
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050		
06		
01234-CPD-00234		
EN 14081-1		
Structural timber		
C24 (STII)		Dry graded
Species code		WPCA
Grading standard		EN 338 + NF B 52 001
Reaction to fire		D-s2,d0 (Table C.1)
Durability class		4

CE conformity marking, consisting of the "CE"-symbol given in Directive 93/68/EEC

Identification number of the FPC certification body

Producer identification

Last two digits of the year in which the marking was affixed

FPC Certificate number

No. of European Standard

Description of product

and

information on regulated characteristics

- Primjer označavanja u skladu s normom EN 14081-1

CJELOVITO DRVO / KONSTRUKCIJSKO DRVO

- Primjena normi:
 - DIN 4074-1:2008 – proizvodi piljenja četinjača
 - norma uređuje sva četiri područja normiranja
 - Odgovarajuće HRN EN norme:
 - HRN EN 336:2006 – razvrstavanje prema dimenzijama, dopuštena odstupanja dimenzija
 - HRN EN 338:2010 – razvrstavanje u razrede čvrstoće / vrijednosti mehaničkih svojstava i gustoće.

CJELOVITO DRVO / KONSTRUKCIJSKO DRVO

- Razvrstavanje piljene građe četinjača prema dimenzijama i odnosu visine/debljine i širine presjeka:**

	Debljina d tj. visina h	Širina b
Letve	$6 \text{ mm} \leq d \leq 40 \text{ mm}$	$b < 80 \text{ mm}$
Daske	$6 \text{ mm} \leq d \leq 40^* \text{ mm}$	$b \geq 80 \text{ mm}$
Deblje daske	$d > 40 \text{ mm}$	$b > 3d$
Grede	$b \leq h \leq 3 b$	$b > 40 \text{ mm}$

* Ograničenje ne vrijedi za daske (lamele) za lijepljeno lamelirano drvo.

- Uobičajene duljine / dimenzije
 - Daske, deblje daske i letve – 4,0 m (iznimno do 6,0 m)
 - Grede – max. 14,0 m (ovisno o presjeku), korak 0,5 m
 - Presjeci – korak 20 mm (max. 260 mm, iznimno 320 mm)
 - Površina vidljivih (izložene pogledu) greda dodatno se obrađuje blanjanjem.

CJELOVITO DRVO / KONSTRUKCIJSKO DRVO

- **Sadržaj vlage drva**
- U trenutku ugradnje, srednji sadržaj vlage u konstrukcijskom drvu ne treba prelaziti 20%.
 - Prosušeno drvo za koje vrijede kriteriji (vizualnog) razvrstavanja.
- Prevencija prekomjernog skupljanja – srednji sadržaj vlage u drvu treba biti što bliži očekivanoj ravnotežnoj vlazi okruženja.
- Očekivane vrijednosti ravnotežne vlage primjerene određenom okruženju (području primjene drva) prema normi DIN 4074-1:

Područje primjene / Opći uvjeti okruženja pri ugradnji	Ravnotežna vlažnost [%]
Zatvoreni grijani prostor	9 % ± 3 %
Zatvoreni negrijani prostor	12 % ± 3 %
Natkriveni, otvoreni prostor	15 % ± 3 %
Elementi izloženi atmosferskim utjecajima	18 % ± 6 %

TVORNIČKI PROIZVODI OD CJELOVITOG DRVA

- **Proračun**
- Prema Izmjeni i dopuni Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije iz 2017. godine, proračun konstrukcijskih elemenata od cjelovitog drva treba temeljiti na normama niza HRN EN 1995:2008 i ostalim normama iz Eurokod sustava na koje ovaj niz normi upućuje (HRN EN 199*), uključujući i odgovarajući niz normi HRN EN* za građevne proizvode namijenjene ugradnji u drvene konstrukcije koji ima obveznu primjenu od 01. siječnja 2009. godine.
- Razrede čvrstoće cjelovitog drva / konstrukcijskog drva, karakteristične vrijednosti mehaničkih svojstava (čvrstoće i parametri krutosti) i gustoće treba usvojiti u skladu s normom HRN EN 338:2010.
- Ovakav normizacijski sustav u području projektiranja zgrada i inženjerskih građevina u potpunosti je usklađen s europskim.

TVORNIČKI PROIZVODI OD CJELOVITOG DRVA

- **Cjelovito (masivno) drvo za konstrukcije (MH – MassivHolz)**
- Tvornički proizvod kontroliranog sadržaja vlage i odličnih estetskih obilježja:
 - Sadržaj vlage: od 18% do max. 20%.
- Uobičajena ponuda presjeka i duljine
 - Uvjetovano dimenzijama oblovine.
- Kvalitetom zadovoljava i zahtjeve strože od općih zahtjeva navedenih u normi HRN EN 14081-1:2011 i dodatnih zahtjeva u skladu s normama HRN EN 14081-2:2010 i HRN EN 14081-3:2006 (za strojno (razvrstano) konstrukcijsko drvo čija su mehanička svojstva u skladu sa zahtjevima iz norme HRN EN 14081-4:2010).
- Razvrstavanje u razrede čvrstoće:
 - norme HRN EN 338:2010 (DIN 4074-1)



TVORNIČKI PROIZVODI OD CJELOVITOG DRVA

- **Konstruktivsko cjelovito (puno) drvo (KVH – KonstruktionVollHolz)**

- tvornički proizvedene grede čija je duljina povećana zupčastim spajanjem pojedinačnih dijelova koji se tako nastavljaju na krajevima



- **DUO / TRIO grede**

- grede uobičajene ili povećane duljine čiji je presjek sastavljen lijepljenjem bočnih stranica pojedinačnih dijelova
- dvodijelne i trodijelne grede sastavljene od debljih dasaka koje jesu ili nisu zupčasto nastavljene).



DUO



TRIO

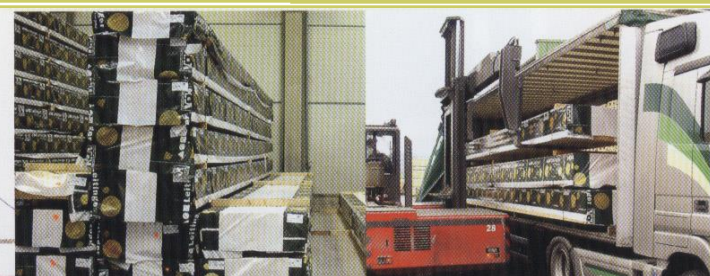
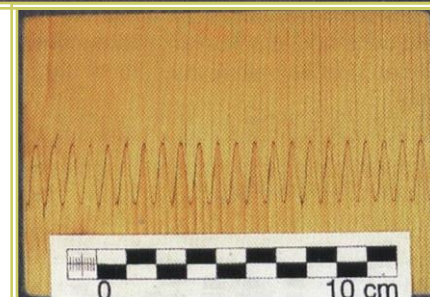
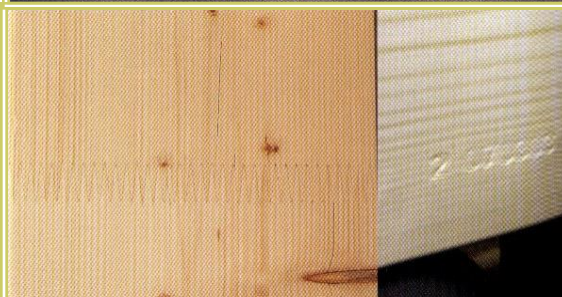
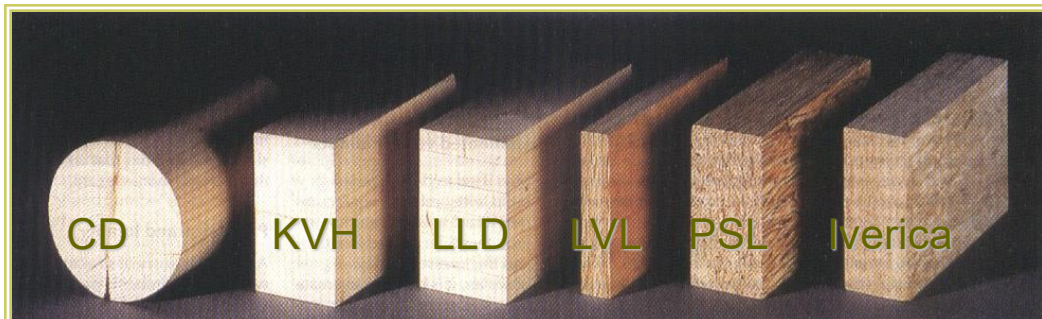
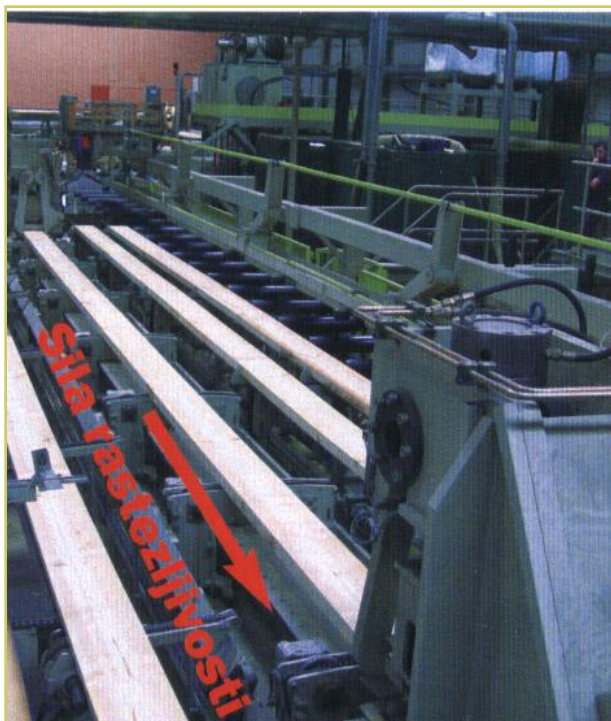
- **Višedijelne grede**

- Proširena ponuda tvornički proizvedenih greda višedijelnog, lijepljenjem sastavljenog presjeka koje su uslojene i po visini (lijepe se i bočne stranice i rubovi pojedinačnih dijelova).



TVORNIČKI PROIZVODI OD CJELOVITOG DRVA

- KVH tvornički proizvodi od cjelovitog drva
- Obilježja i usporedba s drugim proizvodima od drva / na osnovi drva.



TVORNIČKI PROIZVODI OD CJELOVITOG DRVA

		Širina [mm]					
		120	140	160	180	200	240
Debljina [mm]	60	•	•	•	•	•	•
	80	•	•	•	–	•	•
	100	•	–	–	–	•	–
	120	•	–	–	–	•	•

- Dostupni (standardni / preporučeni) presjeci
- Nedostupni presjeci



Različiti poprečni presjeci greda KVH-Leitinger

debljina (mm)	širina (mm)				
	110	130	150	170	190
komada u paketu					
70	70	63	49		42
90	50	45	35		30
110			28	24	24
Standardna dužina: 13,0 m					
Standardne mjere i pakiranje KVH					

- Standardni presjeci KVH greda sa zupčastim spojem

Standardni presjeci:

		Širina (mm)					
		60	80	100	120	140	160
Visina (mm)	80	●	●				
	100	●	●	●			
	120	●	●	●	●		
	140	●	●	●		●	
	160	●	●	●	●		
	180	●	●	●	●		●
	200	●	●	●	●	●	
	220	●	●	●			●
	240	●	●	●	●	●	
	260	●	●	●			
	280	●	●	●			

● KVH ● KVH dvostruke grede

TVORNIČKI PROIZVODI OD CJELOVITOG DRVA

- Osiguranje kvalitete – norme i “dokazno ispitivanje”
- Osiguranje kvalitete u skladu s normama
 - Razvrstavanje konstrukcijskog cjelovitog drva (KVH) bez zupčastog spoja treba provesti u skladu s normom DIN 4074-1
 - za to je odgovoran proizvođač (prema Dodatku A norme 1912:2010).
 - Proizvod mora zadovoljiti opće zahtjeve iz norme HRN EN 14081-1:2011 i dodatne zahtjeve:
 - u skladu s normama HRN EN 14081-2:2010 i HRN EN 14081-3:2006 (za strojno razvrstano konstrukcijsko drvo).
 - Kvalitetu zupčastog spoja u zupčasto spojenom cjelovitom drvu za konstrukcije (KVH) treba uskladiti sa zahtjevima norme HRN EN 385:2006.



TVORNIČKI PROIZVODI OD CJELOVITOG DRVA

- Rezultati ispitivanja trebaju ispuniti jedan od sljedećih uvjeta:
 - Najviše 5% zupčastih spojeva ne zadovoljava uvjet:

Kvalitetu zupčastog spoja u zupčasto spojenom cjelovitom drvu za konstrukcije (KVH) treba uskladiti sa zahtjevima norme HRN EN 385:2006

- f_m čvrstoća na savijanje jednog zupčastog spoja,
- $f_{m,dc,k}$ karakteristična čvrstoća na savijanje zupčastog spoja koju je naveo proizvođač
- k_f faktor kojim se uzima u obzir vrsta ispitivanja (savijanje oko jače osi ili oko slabije osi presjeka) i usmjerenje zubaca (paralelno ili okomito na širinu presjeka).

$$f_m \geq k_f \cdot f_{m,dc,k}$$

- Karakteristična čvrstoća na savijanje $f_{m,15,k}$ zadnjih 15 ispitanih zupčastih spojeva, određena na osnovi logonormalne raspodjele rezultata ispitivanja, treba zadovoljiti uvjet:

$$f_{m,15,k} \geq k_f \cdot f_{m,dc,k}$$

TVORNIČKI PROIZVODI OD CJELOVITOG DRVA

- Prednost vlačnog probnog opterećenja u usporedbi s opterećenjem na savijanje prema normi HRN EN 385:2006:
 - tijekom vlačne probe presjek se opterećuje stalno i jednoliko, a u drugom slučaju najviše se opterećuju rubovi presjeka.
- Za razliku od lijepljenog lameliranog drva u kojem greške u pojedinoj lameli ne utječu na otpornost cijelog elementa (zbog učinka zupčastog nastavljanja i kontinuiteta lamela), otkrivanje i uklanjanje grešaka u pojedinačnim elementima koji se zupčasto spajaju u KVH proizvodu iznimno je važno jer omogućava povećanje kvalitete proizvoda i smanjenje promjenjivosti mehaničkih svojstava.
- Na temelju ovog postupka osiguravanja kvalitete, industrija nudi solidan proizvod od drva zajamčenih mehaničkih svojstava i proračunskih vrijednosti koje premašuju gore navedene.
 - Odobrenje za primjenu proizvod ima od 2008 godine.

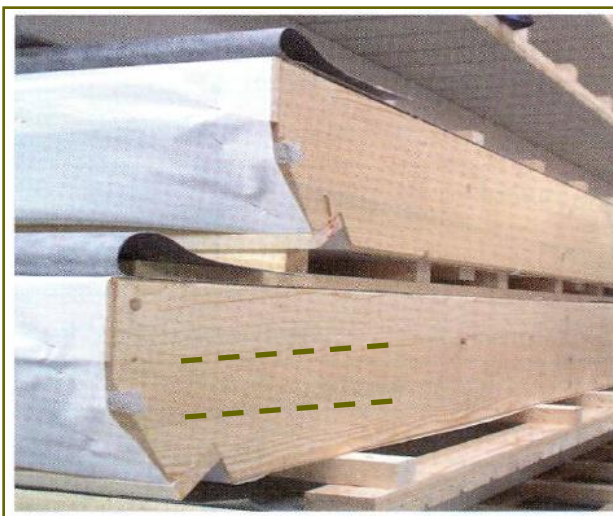


TVORNIČKI PROIZVODI OD CJELOVITOG DRVA

- Ostali tvornički proizvodi od cjelovitog drva

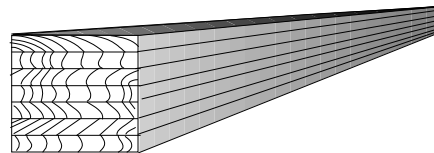
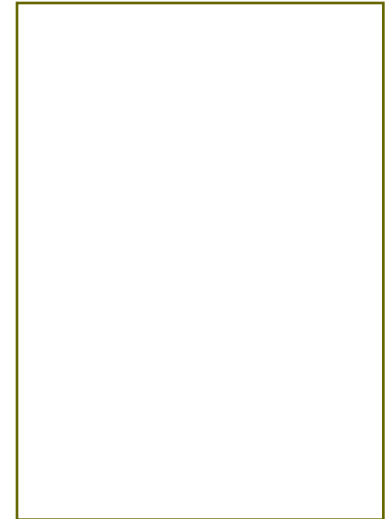


- po visini uslojene grede (lijepljeni presjeci sastavljeni od greda)



- Križno uslojene grede
- Višeslojne (daščane) drvene ploče⁴⁹

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO



Horizontalne lamele u
slogu LLD-a / laminatu

Lijepljeno lamelirano drvo
– HRN EN 1194



LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

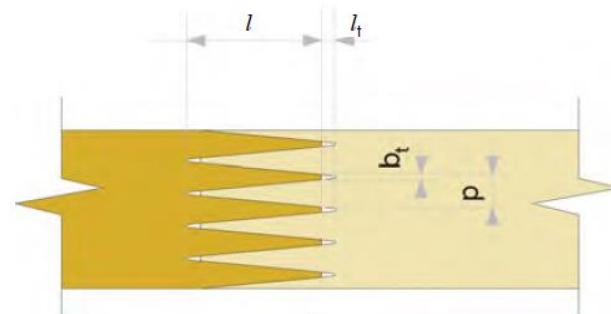
- **Opća obilježja proizvoda**
- Kompozitni proizvod nosive funkcije izrađen uslojavanjem dasaka / lamela od jedne vrste drva i lijepljenih paralelno s vlaknima.
 - Proizvod uslojavanja lamela i lijepljenje lamela na spojnicama – slog LLD-a ili laminat.
- Najvažniji zahtjevi koji se odnose na lijepljeno lamelirano drvo navedeni su u normi HRN EN 14080:2006 – ova norma upućuje na niz normi čije su područje primjene posebna pravila i zahtjevi za lijepljeno lamelirano drvo, a među njima su najvažnije dvije norme:
 - HRN EN 386: 2006 (zahtjevi na izvedbu i minimalni zahtjevi proizvodnje)
 - HRN EN 1194: 2006 (razredi čvrstoće i određivanje karakterističnih vrijednosti).

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

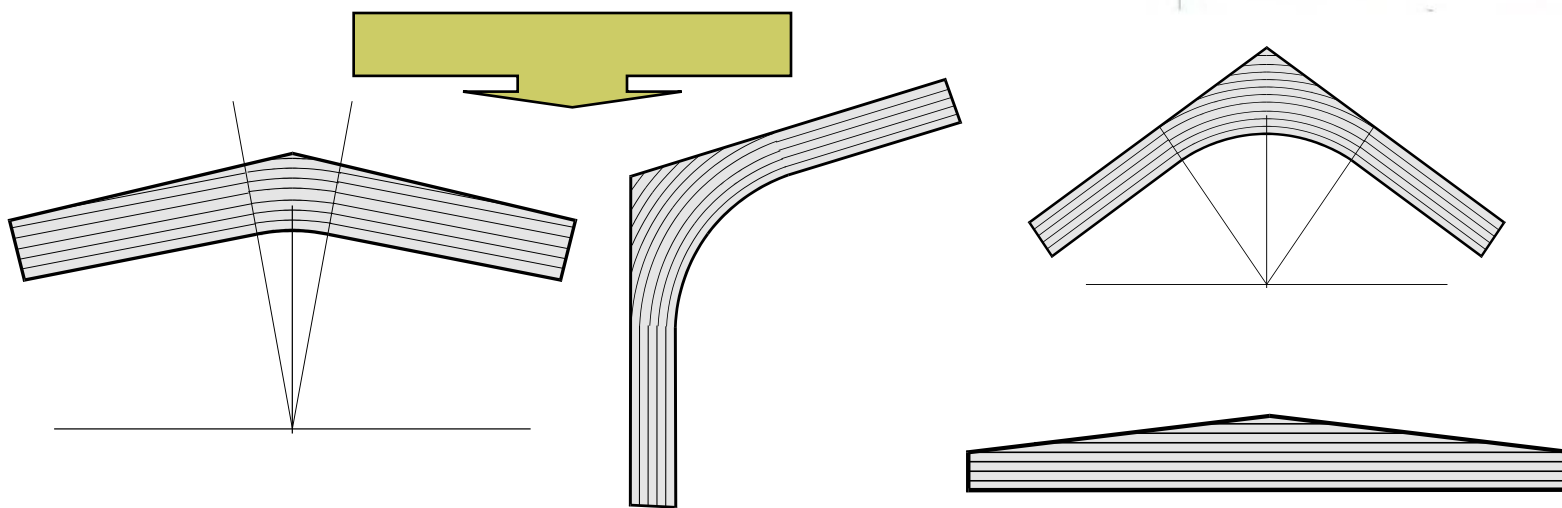
- **Vrste drva**
- **Četinjače**: smreka (najčešći izbor), jela, bor i ariš.
 - LLD-a je boljih mehaničkih svojstava od cjelovitog drva.
 - LLD-o od četinjača i mogućnosti uslojavanja lamela u laminat zadovoljava čak i zahtjeve za povećanom nosivošću.
 - Sustav razreda čvrstoće obuhvaća samo LLD-a od mekog drva četinjača i topole (meko drvo listača).
- **Listače** se mogu primjenjivati, ali samo iznimno jer su im povećana masa, teža obradivost i sušenje pri proizvodnji LLD-a nedostaci:
 - bukva, jasen, hrast, bagrem ili kesten.
 - Normama EN 1194 (DIN 4074-1) nisu obuhvaćeni razredi čvrstoće LLD-a od drva (tvrdih) listača.

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- Čvrstoća LL sloga (laminat) >> čvrstoće svake lamele
- Minimiziran je utjecaj grešaka u postotku visine i duljine laminata (elemenata) – prirodne osobine cjelovitog drva imaju manji utjecaj na LLD nego na piljeno konstrukcijsko drvo
- Potencijalna slabost – zupčasti spoj (nastavljanje lamela po duljini)



Zakrivljeni i zakošeni oblici



LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- **Tehnička obilježja i prednosti:**
- Visoke mehaničke karakteristike i mala zapreminska masa
 - prednost pri transportu i montaži u odnosu na druge materijale
- Kvalitetan akustički apsorber
 - pogodnosti za oblikovanje prostora s velikom bukom
- Slab vodič temperature
 - neznatne su promjene mehaničkih svojstava pri temperaturnim promjenama.
- Mogućnosti oblikovanja najrazličitijih volumena, pokrivanje velikih površina i raspona.
- Arhitektonski zanimljiva rješenja konstrukcija
- Lagana ugradnja konstrukcija
- Velika otpornost na različite kemijske utjecaje.

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- Raznovrsne mogućnosti oblikovanja, raspona i veličine presjeka.
- Koristi se isključivo zdravo drvo i drvo bez grešaka
- Sadržaj vlage lamela ograničava se na 12% ($\pm 3\%$)
 - zbog kvalitete lijepljenja – ljepila se nanose isključivo na dobro očišćenu površinu)
- Pod pretpostavkom kvalitetnog i nadziranog tehnološkog postupka proizvodnje koje mora imati odgovarajuće ateste (kvalitetno ljepilo i lijepljenje, greške drva svedene su na minimum ili potpuno isključene, ispitana nosivost zupčastih spojeva) LL drvo se može smatrati oplemenjenim cjelovitim drvom (bolja mehanička svojstva)
- Nizak sadržaj vlage i probrana kvaliteta građe omogućavaju proračun s većim vrijednostima čvrstoća.
- Industrijska proizvodnja – laka, jednostavna i brza, neovisna od vremenskih prilika

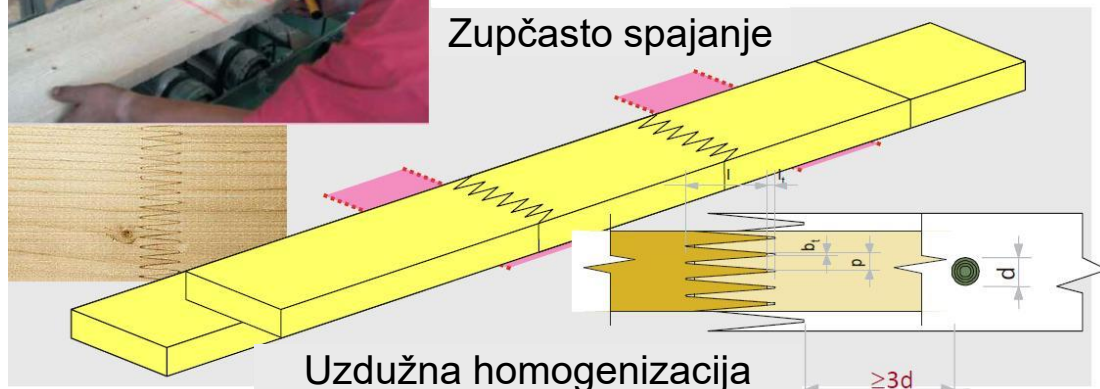
LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- **Zupčasti čeoní spoj lamela – jedna lamela / kontinuirana lamela**
- Svojstva zupčastog spoja – čeonog spoja kojim se lamele nastavljaju u “paketu” i zahvaljujući kojem je moguća proizvodnja kontinuirane lamele “neograničene” duljine značajno utječu na svojstva laminata.
- Zupčasti spoj lamela treba izvesti prema pravilima i zahtjevima navedenim u normi HRN EN 385:2006.
 - Osnovni zahtjevi odnose se na čvrstoću i čvrstoću na savijanje zupčastog spoja.

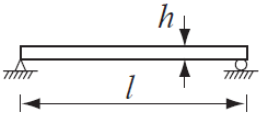
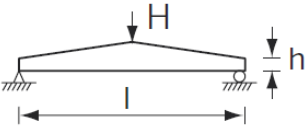
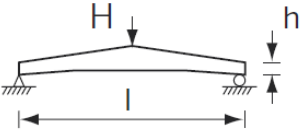
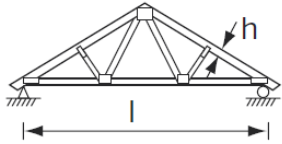
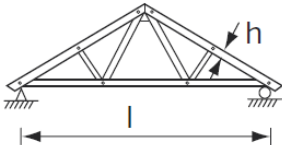
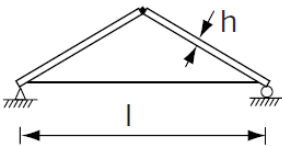
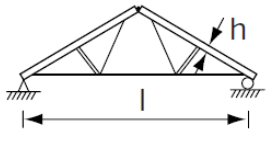
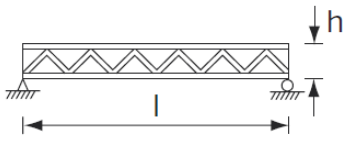


- Kvaliteta zupčastog spoja ovisi uglavnom o

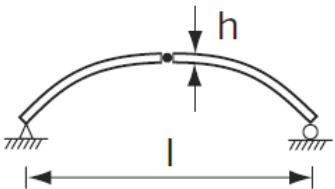
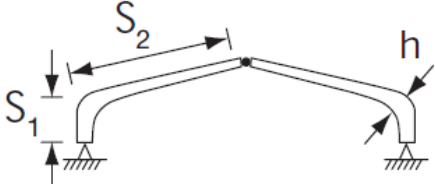
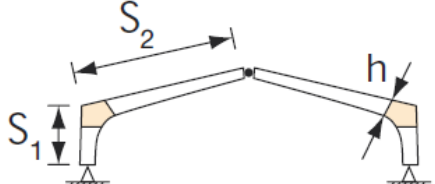
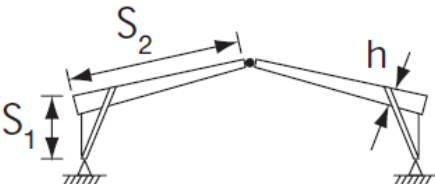
geometrijskim svojstvima “zubi”, kvaliteti / tehnologiji proizvodnje, ljepila i načinu lijepljenja.



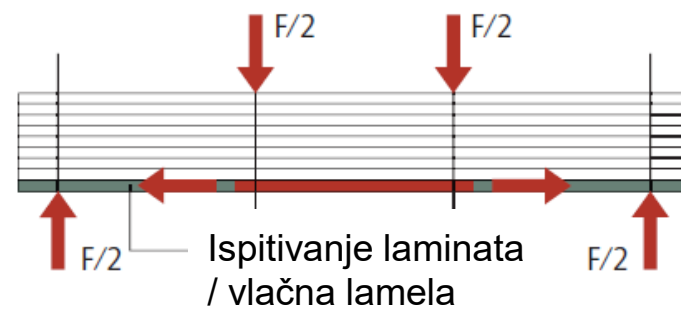
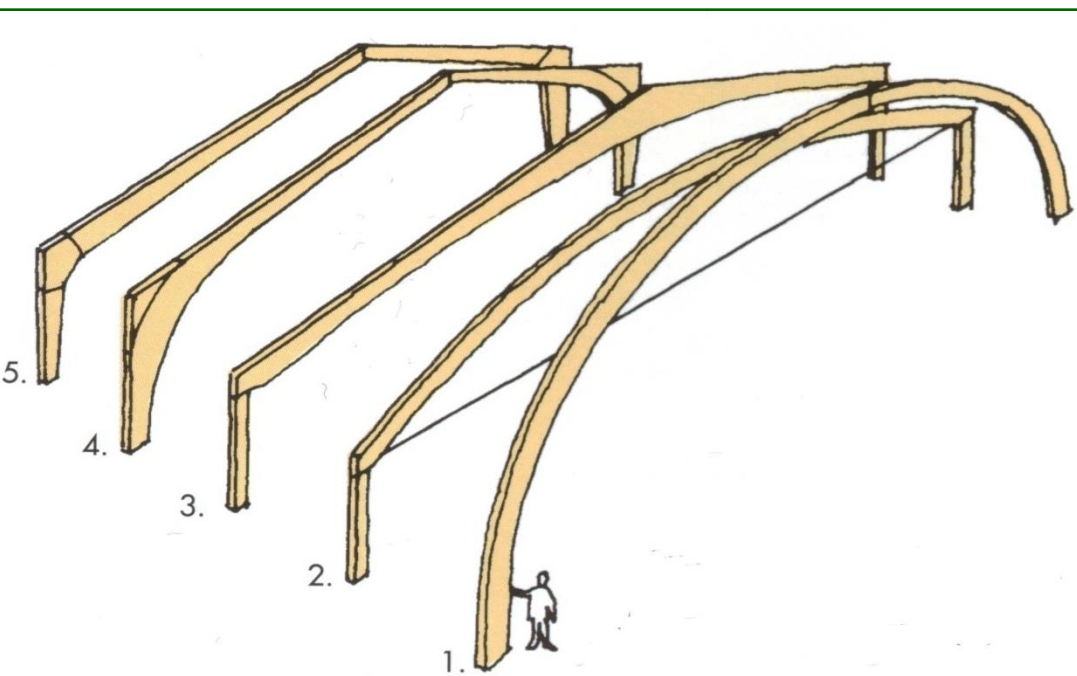
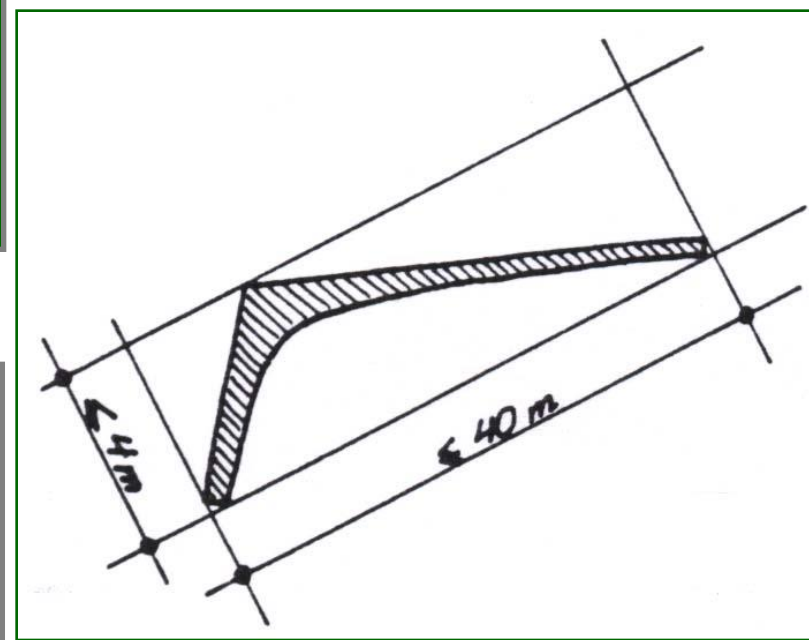
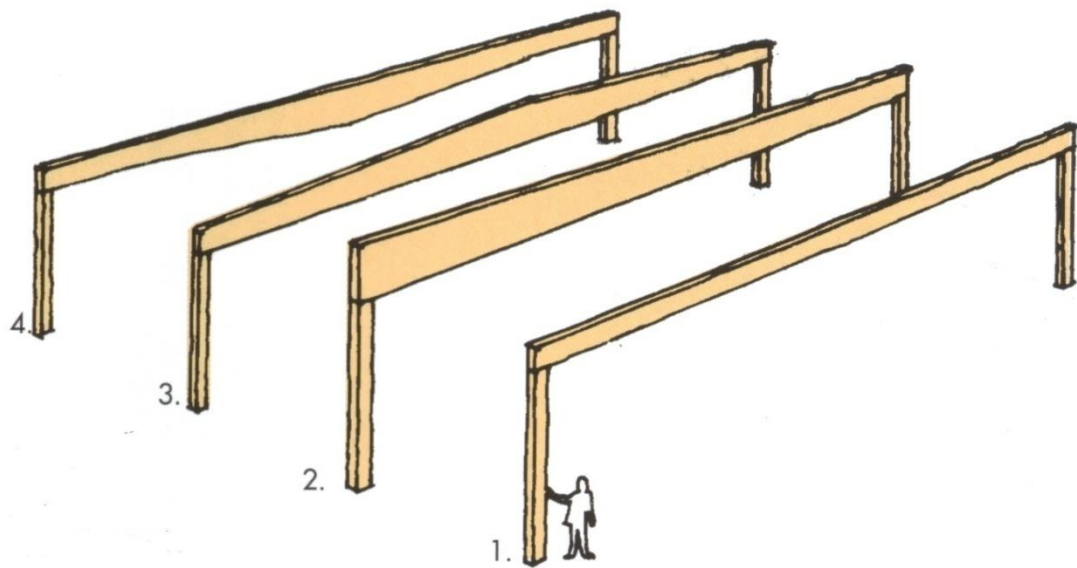
LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO – STATIČKI SUSTAVI I RASPONI

Structural form	Description and materials	Pitch (°)	Span range (m)	Approximate proportions
	Straight beam, simply supported Solid timber, glulam, LVL	<3°	Solid <5 LVL <20 Glulam <30	$h \approx \frac{l}{17}$
	Tapered beam (single or double taper), simply supported Glulam, LVL	3–10°	10 – 30	$h \approx \frac{l}{17}$ $H \approx \frac{l}{16}$
	Pitched cambered beam simply supported Glulam	3–15°	10 – 20	$h \approx \frac{l}{17}$ $H \approx \frac{l}{16}$
	Trussed rafter Solid timber and punched metal plate fasteners	15–40°	3 – 15	$h = l/75$ to $h = l/100$
	Bolted or connected timber truss with purlins and intermediate common rafters and ceiling ties	15–45°	5 - 20	$h = l/60$ to $h = l/80$
	Pitched tied frame Solid timber, glulam, LVL, steel tension members	$\geq 14^\circ$	15 – 50	$H \approx \frac{l}{16}$
	Truss Solid timber glulam, LVL, steel tension members	$\geq 14^\circ$	20 – 80	$h \approx \frac{l}{40}$
	Trussed girder, Warren type etc. Solid timber, glulam, LVL	< 3°	30 – 80	$h = l/10$ to $h = l/15$

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO – STATIČKI SUSTAVI I RASPONI

	Arch – optionally tied with steel, glulam or LVL – glulam top chords	Rise/span ≈ 0.14	20 – 80	$h \approx \frac{l}{40}$
	Portal Curved laminated glulam haunch	$\geq 14^\circ$	15 – 40	$h \approx \frac{S_1 + S_2}{15}$
	Portal with large finger jointed haunch in glulam or LVL	$10^\circ - 50^\circ$	8–30 at 3–6 frame centres	$h \approx \frac{S_1 + S_2}{13}$
	Portal – strutted and braced haunch Glulam, LVL Struts same, or solid timber	$\geq 14^\circ$	10 – 35	$h \approx \frac{S_1 + S_2}{15}$

- Zbog posebnih estetskih atributa, mogućnosti oblikovanja i odličnih mehaničkih svojstava primjena LLD-a vrlo je raširena – materijal / proizvod za gredne nosive elemente srednjeg i većeg raspona / presjeka i/ili posebnog oblika.

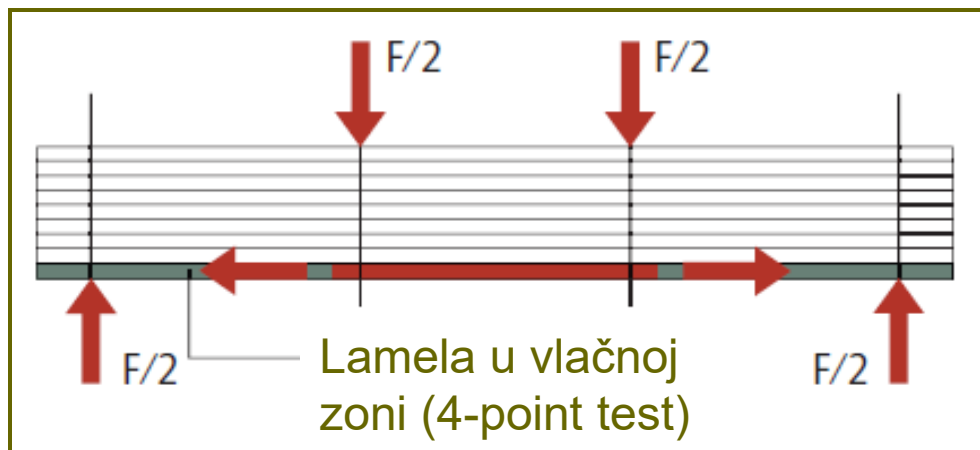


LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- **Zahtjevi na proizvodnju i svojstva LLD**
- Fizičko mehanička svojstva lijepljenog lameliranog drva određena su:
 - kvalitetom lamela
 - kvalitetom zupčastog spoja – nastavljanje lamela
 - orijentacijom lamela u slogu LLD-a / laminatu (lijepljenje po lijevoj strani) i kvalitetom lijepljene spojnice (linija ili površina lijepljenja).
- Prema normi HRN EN 386:2003 u proizvodnji LLD-a primjenjuju se lamele / daske koje su vizualno ili strojno razvrstane prema čvrstoći.
 - Pri razvrstavanju se uzimaju se u obzir naprezanja / opterećenja kojima će lamele biti izložene u laminatu.
 - Cilj razvrstavanja
 - utvrđivanje karakterističnih mehaničkih svojstava lamela koja najviše utječu na mehanička svojstva laminata (vlačna čvrstoća i MoE).

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- **Daske / lamele i utjecaj na svojstva laminata**
- Prema normi HRN EN 386:2006, u proizvodnji lijepljenog lameliranog drva treba upotrebljavati lamele koje su vizualno ili strojno razvrstane prema čvrstoći.
- Pri razvrstavanju lamela od kojih je uslojen laminat posebno su važni oni parametri čije je utjecaj na čvrstoću značajan:
 - Pri vizualnom razvrstavanju lamela od četinjača – prisutnost kvrga, vrsta reza i širina (granice) goda.
 - Pri strojnom razvrstavanju lamela – modul savijanja, dinamički modul, prisutnost kvrga i gustoća.



LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- Odnosi utjecajnih parametara i mehaničkih svojstava lameliranog drva navedeni su u Dodatku A norme HRN EN 1194:2006.
- Najznačajniji su izrazi koji opisuju vezu između:
 - karakteristične čvrstoće na savijanje laminata i karakteristične vlačne čvrstoće jedne lamele

$$f_{m,g,k} = 7,0 + 1,15 f_{t,0,1,k}$$

- srednjih vlačnih modula elastičnosti paralelno s vlakancima laminata i jedne lamele.

$$E_{0,g,mean} = 1,05 E_{0,1,mean}$$



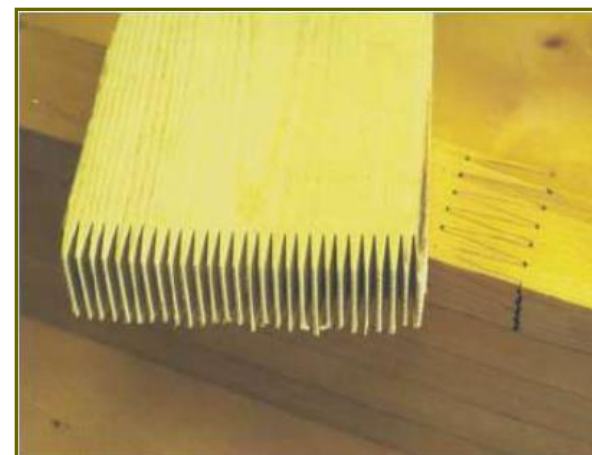
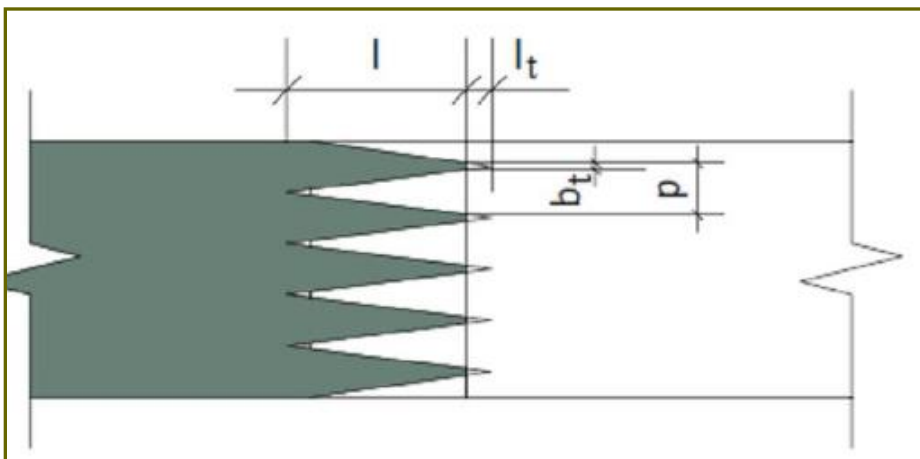
LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- Karakteristične vrijednosti mehaničkih svojstava LLD- A iskazana u odnosu na svojstva jedne lamele ($f_{i,1,k}$; $E_{0,1,mean}$ i $\rho_{1,k}$)

Mehanička svojstva homogenog lijepljenog lameliranog drva		Izraz (Dodatak A norme HRN EN 1194:2006)
Karakteristične čvrstoće (u N/mm ²)		
Savijanje	$f_{m,g,k}$	$= 7 + 1,15 f_{t,0,1,k}$
Vlak paralelno s vlakancima (osni vlak)	$f_{t,0,g,k}$	$= 5 + 0,80 f_{t,0,1,k}$
Vlak okomito na vlakanca (okomiti vlak)	$f_{t,90,g,k}$	$= 0,2 + 0,015 f_{t,90,1,k}$
Tlak paralelno s vlakancima (osni tlak)	$f_{c,0,g,k}$	$= 7,2 f_{t,0,1,k}^{0,45}$
Tlak okomito na vlakanca (okomiti tlak) *)	$f_{c,90,g,k}$	$= 0,7 f_{t,0,1,k}^{0,5}$
Posmik **)	$f_{v,g,k}$	$= 0,32 f_{t,0,1,k}^{0,8}$
Moduli krutosti (u N/mm ²)		
Srednji modul elastičnosti paralelno s vlakancima	$E_{0,g,mean}$	$= 1,05 E_{0,1,mean}$
Karakteristični modul elastičnosti paralelno s vlakancima	$E_{0,g,05}$	$= 0,85 E_{0,1,mean}$
Srednji modul elastičnosti okomito na vlakanca	$E_{90,g,mean}$	$= 0,035 E_{0,1,mean}$
Srednji modul posmika	$G_{g,mean}$	$= 0,065 E_{0,1,mean}$
Gustoća (u kg/m ³)		
Karakteristična gustoća	$\rho_{g,k}$	$= 1,10 \rho_{1,k}$
*) Vrijednost čvrstoće tlaka okomito na vlakanca odgovara metodama ispitivanja danim u normi EN 1193. 1999		
**) Vrijednost posmične čvrstoće izvedena je iz aktualnih vrijednosti danih u postojećim normama.		

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- Geometrijska svojstva zupčastog spoja



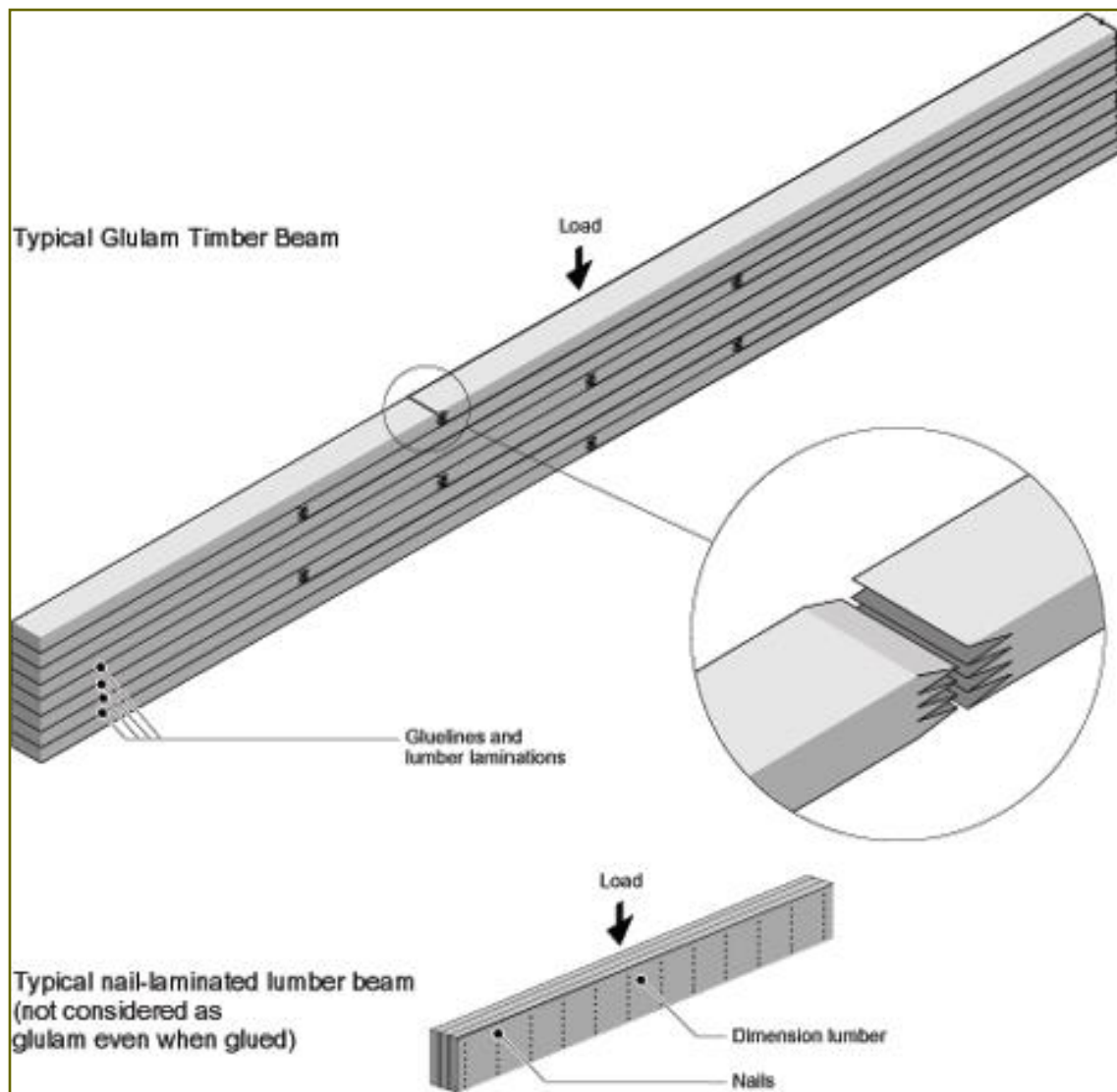
	Duljina "zuba", l [mm]	Korak "zuba" p [mm]	Osnova "zuba" b_t [mm]	Smanjenje presjeka [%]
Profil 1	15	3,8	0,3	~ 11
Profil 2	20	6,2	1,0	~ 16

- Zahtjevi na kvalitetu i izvedbu **zupčastih spojeva**, te **nastavljanje lamela** (raspored nastavaka) po duljini laminata su normirani.

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

POPREČNI SPOJ
LAMELA –
NASTAVLJANJE PO
DULJINI NOSAČA
(Finger Joining)

Izmicanje zupčastih
spojeva u laminatu



LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- Karakteristična čvrstoća na savijanje ($f_{m,j,k}$) i vlačna čvrstoća ($f_{t,j,k}$) zupčastog spoja mogu se odrediti temeljem odgovarajućih karakterističnih vrijednosti određenih ispitivanjem spoja uvećanih za doprinose karakteristične vlačne čvrstoće paralelno s vlaknima jedne lamele ($f_{t,0,1,k}$).
- U skladu s Dodatkom A norme HRN EN 1194:2006, veze se mogu prikazati sljedećim izrazima:
 - Vlačna čvrstoća zupčastog spoja:

$$f_{t,i,k} \geq 5,0 + f_{t,0,1,k}$$

- Čvrstoća na savijanje zupčastog spoja:

$$f_{m,i,k} \geq 8,0 + 1,4 f_{t,0,1,k}$$



LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- **Zahtjevi na dimenzije lamela**
 - Područje uređeno normom HRN EN 386:2006:
 - Navedeni su podaci o ploštini lamela i načinu uslojavanja (orijentacija lamela u “paketu / laminatu”).
 - Ograničenje debljine lamela osigurava njihovu ujednačenu prosušenost i smanjuje nepovoljnu razliku sadržaja vlage po visini presjeka što, zajedno s pravilnom orijentacijom lamela, pridonosi ograničavanju neželjenih deformiranja pri uslojavanju i sprečavanju delaminacije.
- Prema normi HRN EN 386:2006, najveća debljina lamele ovisi o:
 - vrsti drva i razredu uporabe za konstrukciju.

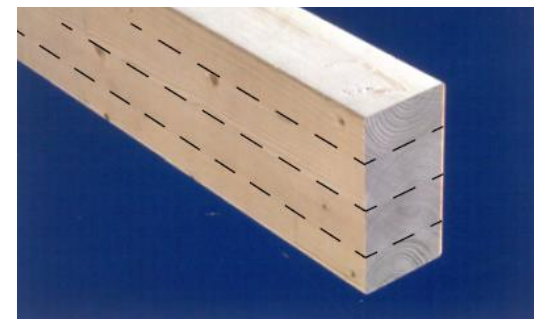
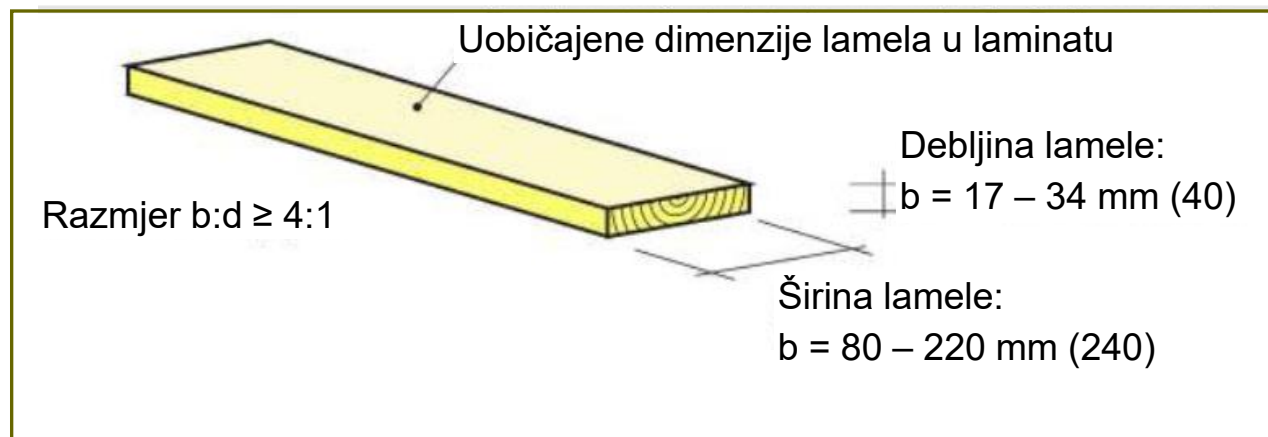
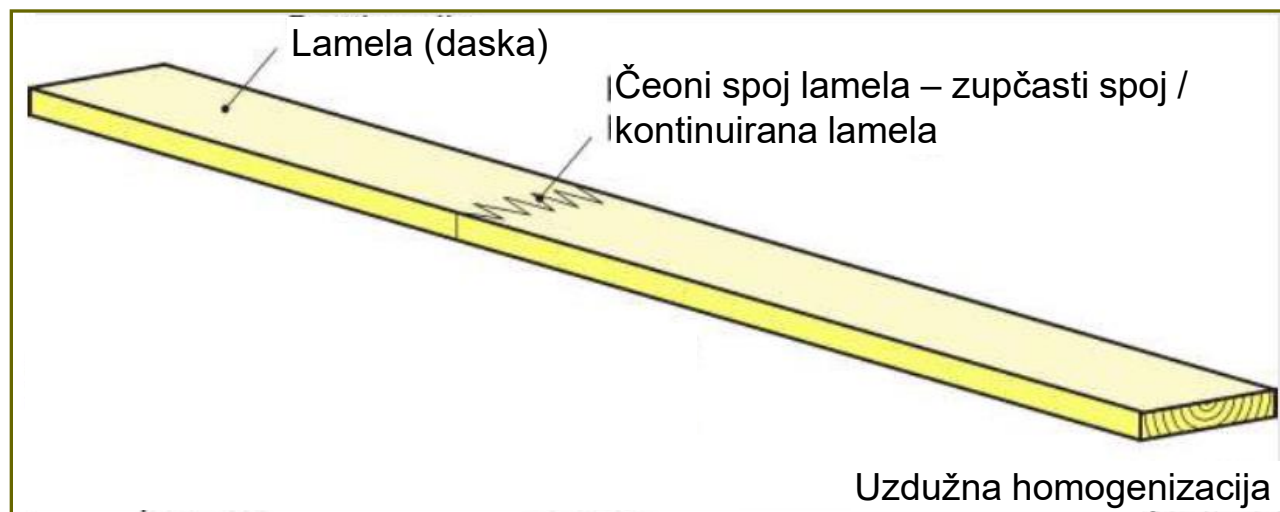
LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- Tablica 3 u normi HRN EN 386:2006):
- Najveće debljine i površine obrađenih (blanjanih) ravnih lamela – granične vrijednosti za pojedine razrede uporabe konstrukcija

Vrsta drva	Razred uporabe 1		Razred uporabe 2		Razred uporabe 3	
	t [mm]	A [mm ²]	t [mm]	A [mm ²]	t [mm]	A [mm ²]
Četinjače	45	10000	45	9000	35	7000
Listače	40	7500	40	7500	35	6000

- Najširu praktičnu primjenu imaju debljine lamela od 32 mm do 40 mm.
- Najveće širine lamela prikladne za primjenu u pojedinim razredima uporabe određuju se na osnovu propisanih najvećih debljina i ploština lamela.

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO



LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

• ZAKRIVLJENI ELEMENTI

- Najveća debljina lamele za zakrivljene elemente:

- $t_{\max} = 30 \text{ mm}$

- Prema normi HRN EN 386:2006, debljine zakrivljenih lamela t ovise o polumjeru zakrivljenosti r i karakterističnoj čvrstoći na savijanje čeonog spoja lamela, $f_{m,k}$.
- Mogu se odrediti prema sljedećem izrazu:

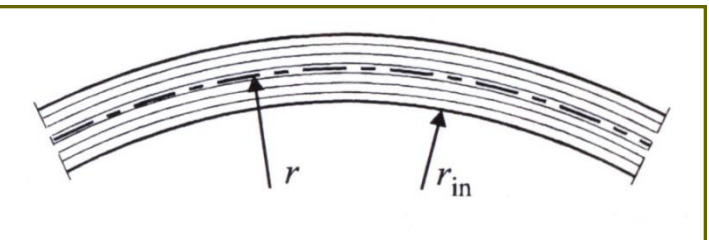
$$t \leq (r / 250) \cdot (1 + f_{m,k} / 80)$$

- Elementi male zakrivljenosti:

- $r_{in} \geq 240 t$

- Elementi velike zakrivljenosti: • Dopuštena zakrivljenost lamela:

- $r_{in} < 240 t$



- $150 t \leq r_{in} < 240 t$

- $t \leq 13 + 0,4 (r_{in} / t - 150) \text{ u mm}$

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

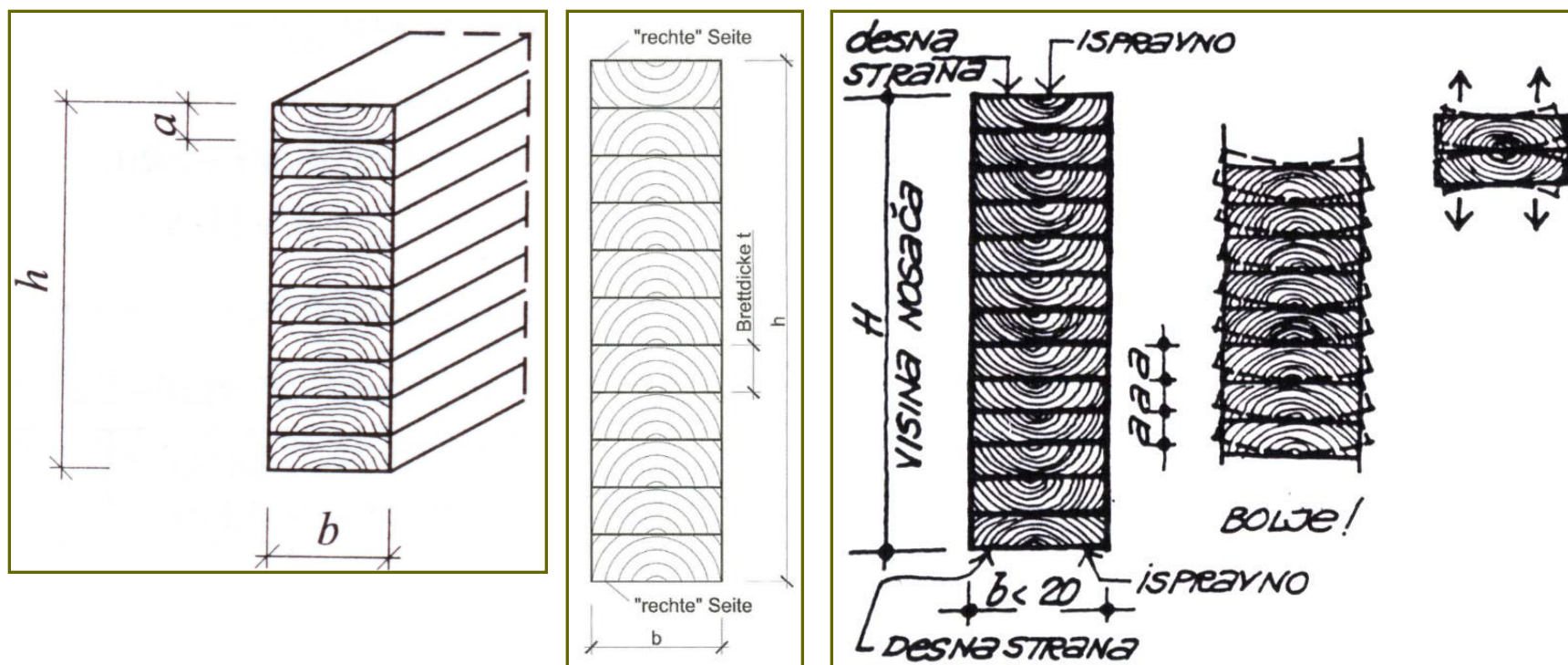
- **Zahtjevi na ljepila i postupak lijepljenja**
- Mora postojati kompatibilnost između drvene građe i primijenjenog ljepila.
- Vrsta ljepila ovisi o vremenskim i klimatskim uvjetima za vrijeme uporabnog vijeka konstrukcija s LL elementima (vlažnost okoline i temperatura, npr.)
- **Karbamidna ljepila**
 - Za nosive elemente koji se ugrađuju pri zajamčenoj ravnotežnoj vlažnosti 20%.
- **Rezorcinska ljepila i ljepila na bazi melaminske (umjetne) smole**
 - Za lijepljenje elemenata koji će biti izloženi temperaturama višim i od 50°C.

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- **Zahtjevi na orijentaciju lamela u laminatu i površine lijepljenja**
- Orijentacija lamela (prema godovima) u laminatu treba osigurati jednake uvjete skupljanja i bubrenja.
- Slog lamela treba prilagoditi razredu uporabe izvedene konstrukcije.
- Pravila orijentiranja lamela:
 - "desna" strana lamele (strana bliža srcu) treba biti uvijek okrenuta na istu stranu
 - Konveksni dijelovi godova moraju biti orijentirani prema spojnoj ravnini
 - LIJEPLJENJE S LIJEVE STRANE.
 - LIJEVA STRANA lijepi se s DESNOM STRANOM
 - desna strana – strana bliža srcu sljedeće lamele

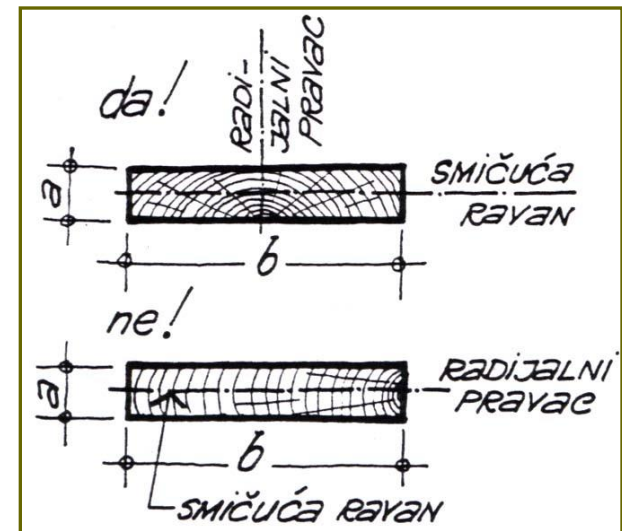
LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- Ako se element od lijepljenog lameliranog drva ugrađuje u razredu uporabe 3, desne strane vanjskih lamela (na oba ruba presjeka) treba okrenuti prema vani (prema normi HRN EN 386:2006).



LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- Lijepljenje dviju lamele radijalnog reza (blistače) treba izbjegavati!
 - Sušenje izaziva radijalne pukotine.
- RADIJALNA RAVNINA treba biti OKOMITA na RAVNINU LIJEPLJENJA.
- KRAJNJE LAMELE lijepe se po LIJEVOJ STRANI
 - Izbjegavaju se naprezanja okomita na ravninu lijepljenja (sljubnicu lamela).
- Pri istosmjernoj orijentaciji godova okomita naprezanja na sljubnicu puno su manja !



LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- **Razredi čvrstoće**
- Definirani su u normi HRN EN 1194: 2006:
 - Norma se primjenjuje na LL presjeke s horizontalno uslojene najmanje četiri (4) lamele.
- Razvrstavanje LLD s horizontalnim linijama lijepljenja prema čvrstoći:
 - **Homogeno LL drvo**
 - oznaka “h” – lamele istog razreda čvrstoće u laminatu
 - **Kombinirano LL drvo**
 - oznaka “k” – lamele dva razreda čvrstoće
 - vanjske lamele – višeg razreda čvrstoće (najmanje dvije (2) na svakom rubu ili 1/6 visine presjeka / mjerodavna je veća između ove dvije vrijednosti)
 - unutrašnjost presjeka – lamele slabije kvalitete / razvrstane u niží razred čvrstoće.

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- Usporedbe mehaničkih svojstava homogenog i kombiniranog lijepljenog lameliranog drva:
 - jednake karakteristične čvrstoće na savijanje i parametri krutosti
 - kombinirano lijepljeno lamelirano drvo ima niže karakteristične vrijednosti vlačne i tlačne čvrstoće, posmične čvrstoće i gustoće.
- Raspored lamela u homogenom i kombiniranom LL drvu definirana su normom (HRN EN 1194:2006):

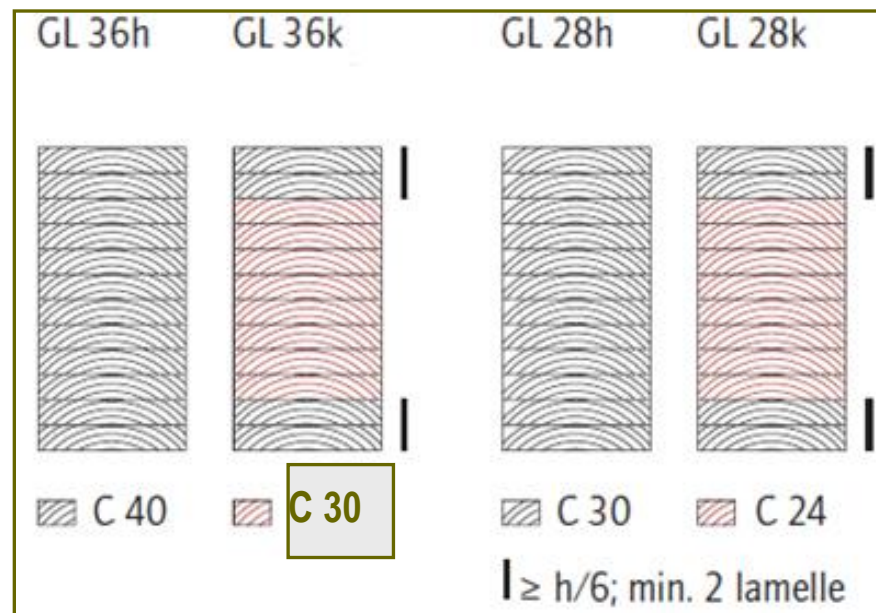
Razredi čvrstoće (prema normi HRN EN 338:2010) – lamele	Razredi čvrstoće (prema normi HRN EN 1194:2006) – lijepljeno lamelirano drvo					
	GL 24		GL 28		GL 32	
	k	h	k	h	k	h
Vanjske lamele ¹⁾	C 24	C 24	C 30	C 30	C 40	C 40
Unutrašnje lamele	C 18		C 24		C 30	
1) Veća od sljedećih dviju vrijednosti: 1/6 visine presjeka (na svakom rubu) ili dvije (2) lamele.						

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

- Definicija homogenog i kombiniranog LL drva prema normi HRN EN 1194:2006
- Pravila razvrstavanja homogenog i kombiniranog LL drva navedena su u tablici B.2 u Dodatku B norme HRN EN 1194:2006
- Temelje se na zahtjevima na mehaničkim svojstvima lamela:
 - vlačna čvrstoća
 - vlačni modul elastičnosti
 - karakteristična gustoća
- Karakteristične vrijednosti modula krutosti LL drva mogu se odrediti na osnovu srednjih vrijednosti (mean):

$$E_{*,g,05} \approx 5/6 E_{*,g,mean}$$

$$G_{*,g,05} \approx 5/6 G_{*,g,mean}$$



LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

Razredi čvrstoće (prema normi HRN EN 1194:2006) – homogeno lijepljeno lamelirano drvo		GL 24h	GL 28h	GL 32h	GL 36h
Čvrstoće (u N/mm ²)					
Savijanje	$f_{m,g,k}$	24,0	28,0	32,0	36,0
Vlak paralelno s vlakancima (osni vlak)	$f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26,0
Vlak okomito na vlakanca (okomiti vlak)	$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
Tlak paralelno s vlakancima (osni tlak)	$f_{c,0,g,k}$	24,0	26,5	29,0	31,0
Tlak okomito na vlakanca (okomiti tlak)	$f_{c,90,g,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
Posmik	$f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
Moduli krutosti (u N/mm ²)					
Srednji modul elastičnosti paralelno	$E_{0,g,mean}$	11600	12600	13700	14700
Karakteristični modul elastičnosti paralelno	$E_{0,g,05}$	9400	10200	11100	11900
Srednji modul elastičnosti okomito	$E_{90,g,mean}$	390	420	460	490
Srednji modul posmika	$G_{g,mean}$	720	780	850	910
Gustoća (u kg/m ³)					
Karakteristična gustoća	$\rho_{g,k}$	380	410	430	450

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO

Razredi čvrstoće (prema normi HRN EN 1194:2006) – kombinirano lijepljeno lamelirano drvo		GL 24k	GL 28k	GL 32k	GL 36k
Čvrstoće (u N/mm ²)					
Savijanje	$f_{m,g,k}$	24,0	28,0	32,0	36,0
Vlak paralelno s vlakancima (osni vlak)	$f_{t,0,g,k}$	14,0	16,5	19,5	22,5
Vlak okomito na vlakanca (okomiti vlak)	$f_{t,90,g,k}$	0,35	0,4	0,45	0,5
Tlak paralelno s vlakancima (osni tlak)	$f_{c,0,g,k}$	21,0	24,0	26,5	29,0
Tlak okomito na vlakanca (okomiti tlak)	$f_{c,90,g,k}$	2,4	2,7	3,0	3,3
Posmik	$f_{v,g,k}$	2,2	2,7	3,2	3,8
Moduli krutosti (u N/mm ²)					
Srednji modul elastičnosti paralelno	$E_{0,g,mean}$	11600	12600	13700	14700
Karakteristični modul elastičnosti paralelno	$E_{0,g,05}$	9400	10200	11100	11900
Srednji modul elastičnosti okomito	$E_{90,g,mean}$	320	390	420	460
Srednji modul posmika	$G_{g,mean}$	590	720	780	850
Gustoća (u kg/m ³)					
Karakteristična gustoća	$\rho_{g,k}$	350	380	410	430

LIJEPLJENO LAMELIRANO DRVO – TVORNIČKA PROIZVODNJA

- Prostori za izradu laminata moraju imati:
 - Ujednačenu temperature u prostoriji (u pravilu $\geq 20^{\circ}\text{C}$) i vlažnost okoline do 65%.
 - Uvjet za kvalitetan proizvod konstantnih svojstava: prije početka rada, drvo i ljepilo bili su dovoljno dugo uskladišteni i na vrijeme temperirani.
 - Dovoljno velike podne površine prostorija
 - Smještaj potrebnih strojeva i strojeva u nizu, odlaganje dovoljne količine drva (lamela), izrada potrebnih šablona, pravilna i nesmetana izrada nosača, smještaj velike blanjalice (s odgovarajućim manipulativnim prostorom), djelomično odlaganje završenih laminata.

