

LES LASTNOSTI

Irena Leban



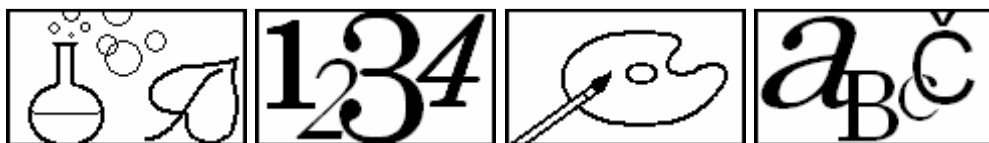
LASTNOSTI LESA

Cilji enote:

Lastnosti lesa lahko razdelimo v več skupin. S povezavo posameznih lastnosti bolje spoznamo les in ga znamo uporabljati.

V poglavju o lastnostih lesa boš spoznal:

- estetske lastnosti
- fizikalne lastnosti
- mehanske lastnosti in
- fizikalno-kemijske lastnosti lesa



OSNOVE LESARSTVA
Irena Leban: Lastnosti lesa



Motivacijska stran

Les uporabljamo za različne namene in pri tem izkoriščamo različne lastnosti lesa. Nariši, napiši, nalepi različne izdelke iz lesa in iz spodnjega seznama lastnosti lesa poleg vsakega izdelka dopiši, katera lastnost lesa prevladuje v izdelku.

Estetske lastnosti	Fizikalne lastnosti	Fizikalno-kemične lastnosti	Mehanske lastnosti
Lesna tekstura Barva lesa Sijaj lesa Vonj lesa	Gostota lesa Akustične lastnosti lesa Toplotne lastnosti lesa Električne lastnosti lesa	Gorljivost Odpornost lesa proti kemikalijam	Trdota lesa Trdnost lesa

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

ESTETSKE LASTNOSTI LESA

V sodobnem času predstavljajo poleg izvora in obnovljivosti lesa pomembno prednost pri izbiranju tvoriv predvsem njegove estetske lastnosti. Estetske lastnosti označujejo lepoto lesa, njegovo teksturo, barvo, sijaj in vonj.

LESNA TEKSTURA

Textura lesa je značilna za drevesno vrsto in je zato pomemben ključ za določanje vrste lesa.

Poimenovanje različnih tekstur je potrebno zaradi natančnejšega opisa ter lažje določitve in izbire lesa, predvsem furnirjev. Predstavljenih je nekaj najpomembnejših tekstur lesa, razdeljenih v dve kategoriji:

- texture v lesu z bolj ali manj pravilno zgradbo in rastjo
 - tekstura radialnega prereza
 - progasta tekstura
 - zrcalna tekstura
 - tekstura tangencialnega prereza
 - tekstura prečnega prereza
 - neizrazita tekstura
- texture kot posledica raznih rastnih anomalij
 - rebrasta tekstura
 - ikrasta tekstura
 - tekstura ptičjih oči



Izraz lesna tekstura ima zelo širok pomen. V širšem pomenu je tekstura lesa videz, ki ga lahko opazujemo na gladko obdelanih lesenih površinah. Na teksturo lesa vplivajo različni dejavniki:

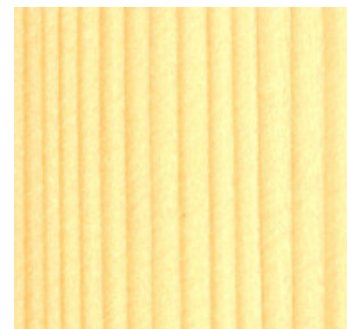
- anizotropija lesa
- specifična anatomsko zgradbo lesa
- prirastne značilnosti (npr. širina branik)
- potek lesnih vlaken
- optični učinki (npr. barva lesa)
- nepravilnosti v rasti itd.

Anizotropija je pojav, da imajo nekatere snovi v raznih smereh različne fizikalne lastnosti. Anizotropija lesa je posledica pretežno aksialno usmerjenih lesnih celic in priraščanja v kolobarjih. Da je les anizotropen material, lahko vidimo na njegovih glavnih treh prerezih: radialnem, tangencialnem in prečnem.

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

Tekstura radialnega prereza

je vzorec lesa, viden na radialnem prerezu. Vzdolžne, vzporedne proge so vidne prirastne plasti. Zaradi enakomerne porazdelitve lesnih tkiv imajo leseni elementi s tako teksturo boljše obdelavne lastnosti, predvsem dimenzijsko stabilnost.



Progasta tekstura

Tekstura radialnega prereza je progasta zaradi izmenično zavite rasti, opazujemo jo lahko pri številnih tropskih lesovih.



Zrcalna tekstura

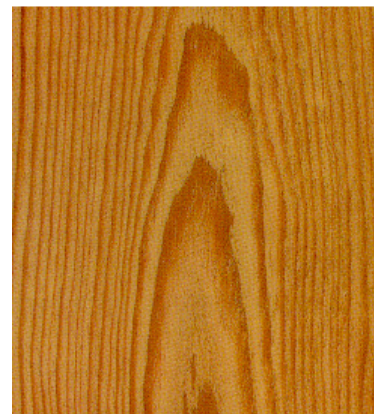
Z rezom v radialni smeri oz. smeri lesnih trakov prerežemo trakove po njihovi širini ter dolžini, kar lahko opazujemo kot svetleče lise ali zrcala. Sredinske ali radialne deske imenujemo zaradi teh trakov tudi **bleščice**.



Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

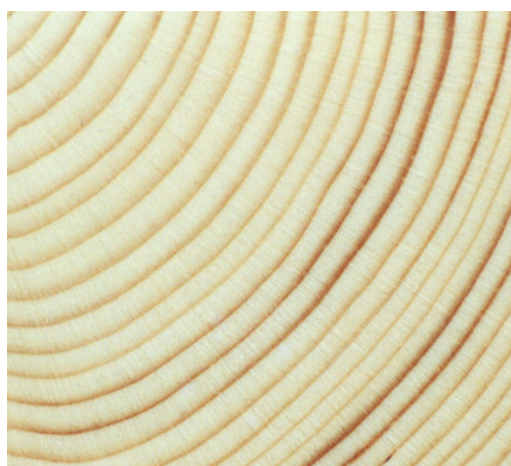
Tekstura tangencialnega prereza

je vzorec, viden na tangencialnem prerezu lesa, z značilnimi pasovi v obliki narobe obrnjenih črk U in V. Zanimive vzorce tangencialne teksture lahko opazujemo na bočnicah ali tangencialnih deskah.



Tekstura prečnega prereza

je vidna kot koncentrični krogi, ki jih zarisujejo letnice kot vidne meje med dvema branikama. Prečni prerez pri iglavcih ima zelo izrazito teksturo, ki je posledica barvnega kontrasta med ranim in kasnim lesom. Pri venčasto poroznih listavcih so prav tako vidni izraziti koncentrični krogi. Zanimiv vzorec na prečnem prerezu lesa je lahko tudi posledica rasti: zavita rast in valovitost.



Neizrazita tekstura

Tekstura brez izrazitih barvnih ali optičnih učinkov je značilna za listavce, ki so barvno enolični s pretežno ravno rastjo. Tekstura je neizrazita na kateremkoli prerezu. Drevesni vrsti s takšnimi značilnostmi sta lipa (na sliki) in topol.



Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

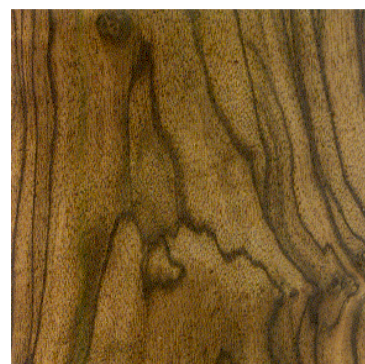
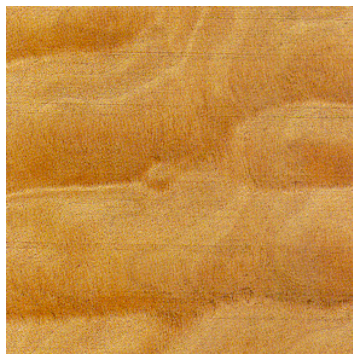
Rebrasta tekstura

Valovit potek vlaken v tangencialni ravnini se kaže kot rebrasta tekstura na radialnem prerezu. Najdemo jo lahko pri javorju, jesenu, ...



Zanimivost: javor rebraš se tradicionalno uporablja za izdelavo dna violin.

Različne kombinacije zavite rasti in tangencialne valovitosti lahko opazujemo kot:
plamenasto, marmorirano, pisano teksturo, teksturo pretrganih prog, teksturo čebeljih kril, moire, pommele, žuljasto in prešito teksturo.

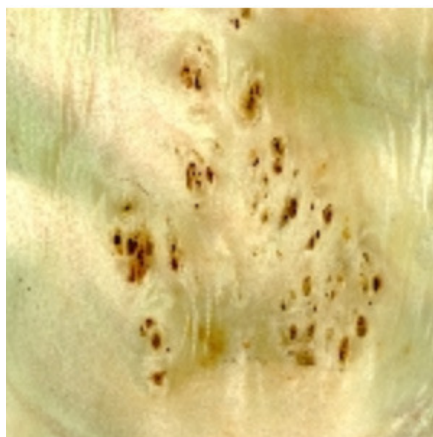


← različne teksture lesa

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

Ikrasta tekstura

je posebna tekstura, ki jo lahko opazujemo pri bulah na deblu, koreninskem vratu ali na koreninah. V pogovornem jeziku jo imenujemo mazer. Zanja so značilne drobne krožne teksture z grčicami v sredini. Bule z ikrasto teksturo lahko najdemo pri nekaterih listavcih: hrastu, jesenu, topolu, orehu, brestu in številnih tropskih drevesnih vrstah.



Tekstura ptičjih oči

Na mestih, kjer je bilo delovanje kambija moteno, upočasnjeno ali prekinjeno, nastanejo drobne ugrednine, ki dajejo tangencialnemu prerezu značilno teksturo ptičjih oči. Takšno teksturo lahko opazujemo na tangencialnih prerezih pri nekaterih vrstah javorja.



Naloga

Iz šolske zbirke furnirjev poišči 2 vzorca z značilno teksturo. Vzorca nalepi in spodaj opiši značilno estetsko lastnost.

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

BARVA LESA

Izdelki iz lesa s svojimi toplimi barvami, mehkim, prijetnim otipom in zamolklim, plemenitim leskom ustvarjajo prijetno, harmonično, za bivanje prijazno okolje. Vzorci, ki jih zarisujejo različne teksture lesa, so enkratni in neponovljivi. Z izbiranjem in kombiniranjem različnih barv in tekstur lesa lahko ustvarjamo izvirne likovne kompozicije kot prave oblikovalske mojstrovine.

Barva je občutek, ki ga v očesu povzroči elektromagnetno valovanje z valovnimi dolžinami vidne svetlobe (380 – 750 nm).

Različne drevesne vrste imajo različne barvne odtenke od belih preko rdečkastih in rjavih do črnih tonov. Na barvni odtenek lesa vplivajo:

- drevesna vrsta,
- anatomske značilnosti,
- fizikalne lastnosti (npr. vlažnost)
- kemične lastnosti,
- položaj v drevesu,
- rastišče,
- način obdelave,
- prerez,
- vrsta svetlobe in njen vpadni kot idr.

Barvni odtenek se lahko spreminja znotraj ene drevesne vrste, celo znotraj enega drevesa. Veliko odstopanje barve primerka od običajne barve določene drevesne vrste štejemo za napako, ki zmanjšuje kvaliteto lesa.

Drevesno vrsto vedno opišemo z več značilnimi barvnimi odtenki, v primeru vrst z obarvano jedrovino ločeno za beljavo in jedrovino. V spodnji tabeli so drevesne vrste razvrščene glede na najbolj pogost in tipičen barvni odtenek jedrovine.

Značilen barvni odtenek	Drevesne vrste
belkast	javor, breza, gaber, topol
rumenkast	smreka, jelka
rdečkast, rdečerjav	jelša, bukev, hruška, češnja, bor, macesen
svetlo rjav, rjavkast	pravi kostanj, jesen, platana, hrast, brest
zelenkast, zlat	robinija
sivkast do črn	oreh, ebenovec

barvni odtenki
jedrovine, značilni za
drevesne vrste

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

Barva lesa se spreminja pod vplivom različnih **zunanjih dejavnikov**:

- sončne svetlobe – les pod vplivom svetlobe in ultravijoličnih žarkov potemni oz. porumeni. Posebej lahko to opazimo pri drevesnih vrstah s svetlim lesom;
- vremenskih pojavov: dež, sneg, sonce – les posivi. Lesene zgradbe, strehe, ograje in drugi leseni izdelki, ki so nezaščiteni na prostem, dobijo sčasoma značilno sivo barvo;
- kovin in drugih snovi, ki reagirajo z ekstraktivnimi snovmi v lesu in le-ta zato spremeni barvo (npr. hrast potemni zaradi reakcije s taninom).

Barvo lesa lahko spreminjamo tudi v procesu predelave in obdelave lesa z različnimi postopki, kot so parjenje, segrevanje, beljenje, luženje, barvanje (npr. parjena bukev pordeči).

SIJAJ LESA

Sijaj je videz, ki ga daje površini odbijanje svetlobe.

Sijaj lesa je odvisen od drevesne vrste, anatomskih značilnosti, fizikalnih in kemičnih lastnosti, načina obdelave ter prereza.

Anatomske značilnosti lesa kot so velikost anatomskih elementov, delež parenhimskih celic, vsebnost smole in drugih snovi, na sijaj močno vplivajo. Les ima večji sijaj na vzdolžnih prerezih. Na radialnem prerezu lesa so prerezani lesni trakovi po vsej površini. Zaradi značilne anatomске zgradbe imajo lesni trakovi visok sijaj. Radialne prereze drevesnih vrst, ki imajo številne in / ali zelo velike lesne trakove, imenujemo tudi bleščice. Izrazit sijaj na radialnem prerezu imajo npr. javor, bukev, hrast, brest, robinija.



Les nekaterih drevesnih vrst ima neizrazit sijaj, npr. les iglavcev, ali pa ga sploh nima, npr. topolov, hruškov les.

Pomemben vpliv na sijaj lesa ima tudi gladkost obdelave. Skobljane površine se bolj svetijo kot brušene.

Seveda je sijaj lesne površine odvisen tudi od načina površinske obdelave in vrste sredstva, ki smo ga uporabili.

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

VONJ LESA

Les ima zelo raznoliko kemično sestavo. Ekstraktivne snovi predstavljajo manjši del kemičnih sestavin lesa, a pomembno vplivajo na nekatere njegove lastnosti kot so barva, trajnost, vonj, ...

V zraku razpršene kemične snovi, ki izhlapevajo iz lesa, vzdražijo naše vohalne organe in nam vzbujajo občutke, ki so lahko prijetni ali pa tudi ne.

Intenzivnost vonja je odvisna od vrste in vlažnosti lesa, temperature okolice itd. S sušenjem in staranjem lesa intenzivnost vonja oslabi.

Vonj lesa moramo upoštevati pri izbiri lesa za različne izdelke. Lesove s prijetnim vonjem uporabljamo za izdelavo okrasnih izdelkov, stenskih oblog, pohištva. Za leseno embalažo, posodo in pripomočke pri pripravi hrane običajno izbiramo lesove z neizrazitim vonjem. Iz lesa nekaterih drevesnih vrst izdelujejo kroglice za zaščito pred molji, ker jih njihov vonj odganja.

Značilen prijeten vonj imajo lipovina, oljčni les in les iglancev, ki vsebujejo smolo – smrekovina, borovina, cedrovina, macesnovina.

Naloga

Iz šolske zbirke furnirjev poišči 4 vzorce z značilno barvo. Vzorce nalepi in spodaj opiši značilno estetsko lastnost.

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

FIZIKALNE LASTNOSTI LESA

Med fizikalne lastnosti lesa prištevamo lastnosti, ki pomembno vplivajo na obdelavo in uporabo lesa. Mednje sodijo:

- gostota lesa
- voda v lesu
- delovanje lesa
- akustične lastnosti lesa
- toplotne lastnosti lesa
- električne lastnosti lesa

GOSTOTA LESA

Gostota lesa (pri določeni vlažnosti) je razmerje med maso in volumnom danega telesa. Izračunamo jo po formuli:

$$\rho_u = \frac{m_u}{V_u}$$

pri čemer je:

ρ_u = gostota lesa pri določeni vlažnosti [kg/m³]

m_u = masa lesa pri določeni vlažnosti [kg]

V_u = prostornina lesa pri določeni vlažnosti [m³]

Enota za gostoto je kg/m³. Pogosto se uporablja še g/cm³, pretvornik pa je 1 g/cm³ = 1000 kg/m³.

Gostota lesa je odvisna predvsem od:

- poroznosti
- deleža tkiv
- vode v lesu

Gostota lesa je odvisna od njegove vlažnosti. Zato razlikujemo:

- gostoto pri drugih vlažnostih, npr. gostoto sveže posekanega lesa
- gostoto zračno suhega lesa pri vlažnosti 12 – 15 %
- gostoto lesa v absolutno suhem stanju pri vlažnosti 0 %

odvisnost gostote lesa od njegove vlažnosti

Gostota lesa v absolutno suhem stanju

V praksi najbolj pogosto določamo gostoto lesa v absolutno suhem stanju. Pri absolutno suhem lesu z 0 % vlažnosti, so »prazni« prostori zapolnjeni le s plini, v celičnih stenah pa ni vode.

gostota lesa v absolutno suhem stanju

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

OSNOVE LESARSTVA

Lastnosti lesa

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}$$

pri čemer je:

ρ_0 = gostota absolutno suhega lesa pri 0 % vlažnosti [kg/m³]

m_0 = masa absolutno suhega lesa pri 0 % vlažnosti [kg]

V_0 = prostornina absolutno suhega lesa pri 0 % vlažnosti [m³]

ρ_{12-15} pomeni gostoto zračno suhega lesa, to je pri lesni vlažnosti, ki je v ravnovesju s prevladujočo zunanjo klimo v Srednji Evropi. Takšno vlažnost ima npr. les, ki dalj leži na skladišču žaganega lesa.

Če pri izračunu gostote upoštevamo le prostornino olesenelih celičnih sten, dobimo **gostoto čiste lesne snovi**, ki znaša za vse vrste lesa približno 1500 kg/m³ ali 1,5 g/cm³.

V spodnji preglednici je predstavljena delitev (predvsem) domačih lesnih vrst po gostoti zračno suhega lesa, ρ_{12-15} (po podatkih Wagenfuhr, 1996)

ocena gostote	vrsta lesa	gostota zračno suhega lesa, ρ_{12-15} [kg/m ³]
		min. – srednja – maks.
izjemno nizka	balsa	70 – 260
nizka	topolovina, črna	410 – 450 – 560
	jelovina	350 – 450 – 750
	smrekovina	330 – 470 – 680
srednja	borovina, rdeča	330 – 510 – 890
	lipovina	350 – 530 – 600
	jelševina	490 – 550 – 640
	macesnovina	440 – 590 – 850
	kostanjevina	590 – 620 – 660
	češnjevina	600 – 630 – 690
	javorovina	530 – 630 – 790
	brezovina	510 – 650 – 830
visoka	brestovina	480 – 680 – 850
	orehovina	570 – 680 – 810
	jesenovina	450 – 690 – 860
	hrastovina	430 – 690 – 960
	bukovina	540 – 720 – 910
	hruškovina	690 – 740 – 800
zelo visoka	gabrovina, bela	540 – 830 – 860

gostota zračno suhega lesa

gostota čiste lesne snovi

gostota zračno suhega lesa domačih lesnih vrst, ρ_{12-15}

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

OSNOVE LESARSTVA

Lastnosti lesa

Izračunaj

1. Na tovornjak bomo naložili 16 m^3 smrekovih žaganic. Kolikšna je masa tega lesa, če je gostota zračno suhega smrekovega lesa $\rho = 550 \text{ kg/m}^3$?

Račun:

Odg.: _____

2. Na cestni kontrolni točki so stehali, da je na tovornjaku naloženo 12 ton oz. 16 m^3 lesa. Kolikšna je gostota tega lesa?

Račun:

Odg.: _____

3. Kolikšna je gostota sveže posekanega lesa, ki vsebuje 60% vode, če je gostota absolutno suhega lesa $\rho_0 = 420 \text{ kg/m}^3$?

Račun:

Odg.: _____

Vaja

DOLOČANJE GOSTOTE ZRAČNO SUHEGA IN ABSOLUTNO SUHEGA LESA

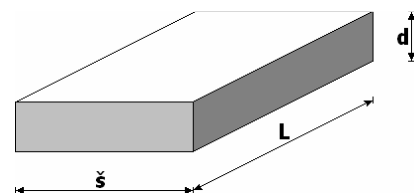
→ Kos sveže posekanega lesa stehaj, izmeri in na listu papirja izriši osnovne ploskve.

$m_u =$

$L_u =$

$\check{s}_u =$

$d_u =$



Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

OSNOVE LESARSTVA
Lastnosti lesa

→ Izračunaj prostornino in gostoto lesnega vzorca:

$$V_u = L_u \cdot \check{s}_u \cdot d_u =$$

$$\rho_u = \frac{m_u}{V_u} =$$

→ Les daj v sušilnik na temperaturo cca. 100°C, da se posuši. Lesni vzorec bo popolnoma suh, ko v treh zaporednih tehtanjih ne bo spremenil mase.

→ Posušen lesni vzorec ponovno stehtaj, izmeri in na listu papirja, kjer si izrisal osnovne ploskve, le-te izriši še enkrat.

$m_0 =$

$L_0 =$

$\check{s}_0 =$


$d_0 =$

→ Izračunaj prostornino in gostoto lesnega vzorca:

$$V_0 = L_0 \cdot \check{s}_0 \cdot d_0 =$$

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} =$$

→ Ali se obrisi osnovnih ploskev posušenega kosa lesa razlikujejo od obrisov vlažnega kosa?

 Podatke, ki si jih izmeril v tej nalogi, boš uporabil še v poglavju o vodi v lesu in o delovanju lesa.

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

Poroznost

Les je porozno tkivo, sestavljeno iz celičnih sten in »praznih« prostorov, ki so lahko zapolnjeni z vodo ali s plini. Sistem »praznih« prostorov v lesu sestavljajo: pore ali lumni, medcelični prostori in medkristaliti prostori v celični steni. Prostornino vseh prostorov v lesnih celicah imenujemo poroznost.

odvisnost gostote lesa od njegove poroznosti

Izračun deleža por v lesu

Prostorninski delež celičnih sten v absolutno suhem stanju izračunamo po obrazcu:

$$V_{c.s.} = \frac{\rho_0}{1500} \cdot 100 [\%]$$

pri čemer je: $V_{c.s.}$ = volumen celičnih sten [%]
 ρ_0 = gostota absolutno suhega lesa pri 0% vlažnosti [kg/m^3]
 $1500 \text{ kg}/\text{m}^3$ = gostota čiste lesne snovi brez por [kg/m^3]

Odstotek prostornine por izračunamo po obrazcu:

$$V_{\text{por}} = 100 - V_{c.s.} [\%]$$

Les z večjo poroznostjo (nižjo gostoto) lahko sprejme večji delež vode.

Izračunaj

V spodnji preglednici so podani podatki za gostoto absolutno suhega lesa nekaterih lesnih vrst. Izračunaj delež celičnih sten in delež por in rezultate vpiši v preglednico.

Za izračun uporabi formuli: $V_{c.s.} = \frac{\rho_0}{1500} \cdot 100$ in $V_{\text{por}} = 100 - V_{c.s.}$

Primer:

$$V_{c.s.} = \frac{430}{1500} \cdot 100 = 28,67\%$$

$$V_{\text{por}} = 100 - 29 = 71 \%$$

Drevesna vrsta	Gostota absolutno suhega lesa ρ_0 v kg/m^3	Delež celičnih sten v %	Delež por v %
smreka	430	29	71
macesen	550		
lipa	490		
topol	420		
bukev	680		
hrast	660		

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

Vpliv gostote na lastnosti lesa

Gostota odločilno vpliva na fizikalne, mehanske in tehnološke lastnosti lesa. Tako na primer z naraščanjem gostote praviloma narašča tudi nabrekanje in krčenje lesa, prevodnost lesa za toploto in električni tok, kurilna vrednost, zmanjša pa se njegova vnetljivost. Z naraščanjem gostote naraščata tudi trdota in trdnost lesa, kar ima pomembne posledice za njegovo obdelavo. Les se namreč težje impregnira, suši, čas parjenja lesa se praviloma podaljša, gostejši les pa tudi hitreje krha rezalna orodja.

Vplivi na gostoto lesa

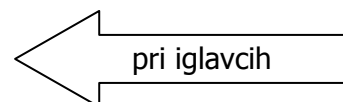
Na gostoto lesa med drugim vplivajo:

- drevesna vrsta
- širina branike
- vlažnost lesa
- deli drevesa
- okuženost lesa z glivami

Vpliv širine branike na gostoto lesa

Delež kasnega lesa v braniki močno vpliva na gostoto lesa.

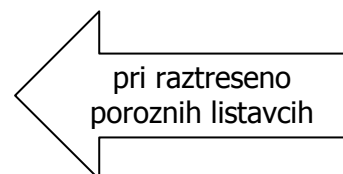
Kasni les iglavcev (z debelimi celičnimi stenami) ima višjo gostoto kakor rani. Pri iglavcih je širina kasnega lesa približno enaka v široki in v ozki braniki. Zato les iglavcev z ozkimi branikami vsebuje več kasnega lesa (ima višjo gostoto) kakor les s širokimi branikami.



Les venčasto poroznih listavcev vsebuje v ozkih in v širokih branikah približno enako širino ranega lesa. V širokih branikah je zato delež kasnega lesa večji kakor v lesu z ozkimi branikami.



Pri raztreseno poroznih listavcih pa je gostota bolj ali manj neodvisna od širine branik.



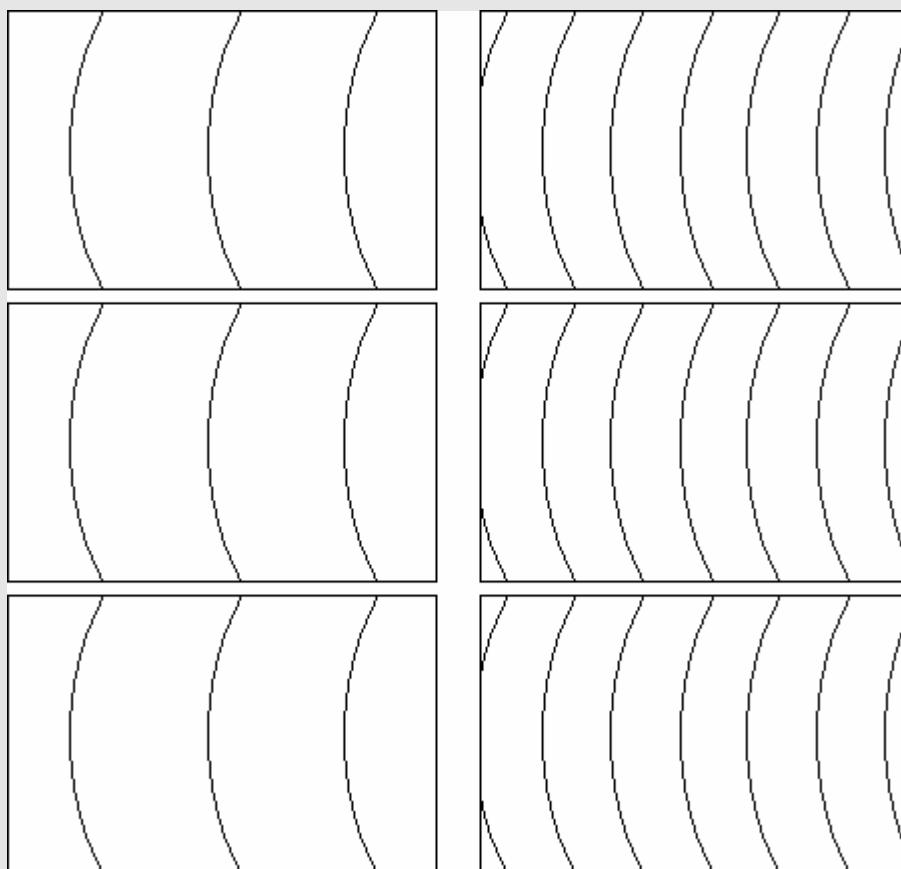
Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

OSNOVE LESARSTVA

Lastnosti lesa

Naloga

Pobarvaj kasni les v branikah iglavca in nariži pore v branikah listavcev. (Namig: poišči primerne vzorce lesa v šolski zbirki.)



← iglavcevec

← venčasto porozen listavec

← raztreseno porozen listavec

Odgovori

1. Za ročaj kladiva boš izbral:

- a) jesenovino s širokimi branikami
- b) jesenovino z ozkimi branikami

← obkroži črko pred pravilnim odgovorom

2. Rezan furnir laže izdelujemo iz:

- a) hrastovine s širokimi branikami
- b) hrastovine z ozkimi branikami
- c) smrekovine s širokimi branikami
- č) smrekovine z ozkimi branikami

← obkroži črko pred pravilnim odgovorom

3. Kateri les ima višjo gostoto:

brestovina - s širokimi branikami	ali	z ozkimi branikami
borovina - s širokimi branikami	ali	z ozkimi branikami
jelševina - s širokimi branikami	ali	z ozkimi branikami

← podčrtaj pravilne trditve

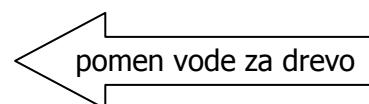
4. Za podnožje mize boš izbral smrekovino, ki je priraščala _____.

← izberi pravi prislov **hitro / počasi** in dopolni poved

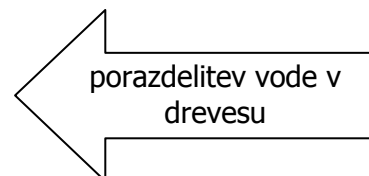
Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

VODA V LESU

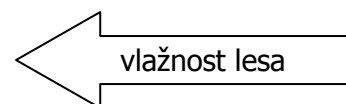
Rast drevesa je odvisna od vode, ki v zunanjem delu beljave transportira rudninske snovi iz korenin do listov. Voda je potrebna za proces fotosinteze in za vzdrževanje življenjskih funkcij drevesa.



V živem drevesu se voda nahaja v lumnih in stenah celic. Vendar količina vode v deblu ni enakomerno razporejena. Največ vode v deblu vsebuje zunanji del beljave. Od oboda debla proti jedrovini količina vode v celičnih lumnih upada. Na meji z jedrovino se količina vode močno zniža. Beljava iglavcev lahko vsebuje nekajkrat več vode kakor jedrovina. Pri listavcih niso tako izrazite razlike v količini vode med beljavo in jedrovino.



Tudi les v uporabi vedno vsebuje določeno količino vode, pa čeprav se nahaja v suhih bivalnih prostorih. Vlažnost lesa U (v odstotkih) izračunamo kot razmerje med maso vode in maso lesa v absolutno suhem stanju.



$$U = \left(\frac{m_{\text{vode}}}{m_0} \right) \cdot 100 [\%]$$

pri čemer je: U = vlažnost lesa [%]
 m_{vode} = masa vode v lesu [kg]
 m_0 = masa absolutno suhega lesa [kg]

Podatek $U = 15 \%$ pomeni, da 100 g absolutno suhega lesa vsebuje 15 g vode.

Izračunaj

Izračunaj maso vode in vlažnost vzorca pred sušenjem. Uporabi podatke, ki si jih izmeril in izračunal v poglavju o gostoti lesa.

$m_{\text{vode}} =$

$U =$

Voda je v lesu v dveh oblikah, kot

- prosta ali kapilarna voda in
- vezana ali higroskopska voda.

Les ima posebno lastnost, da lahko sprejema vodo iz vlažnega zraka ali oddaja vodo v okolje, ki je bolj suho. To lastnost imenujemo higroskopsnost. Med oddajanjem proste in vezane vode se spreminjajo lastnosti lesa.



Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

Prosta ali kapilarna voda v lesu

Les v živem drevesu in les takoj po poseku imenujemo svež les. Ta vsebuje v porah ali lumnih prosto (kapilarno) vodo v obliki kapljevine, ki je lahko zelo veliko, posebno v beljavi iglavcev. Bolj kot je les porozen, več proste vode lahko vsebuje.

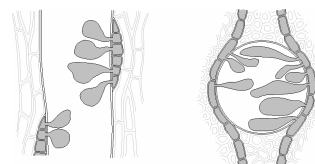
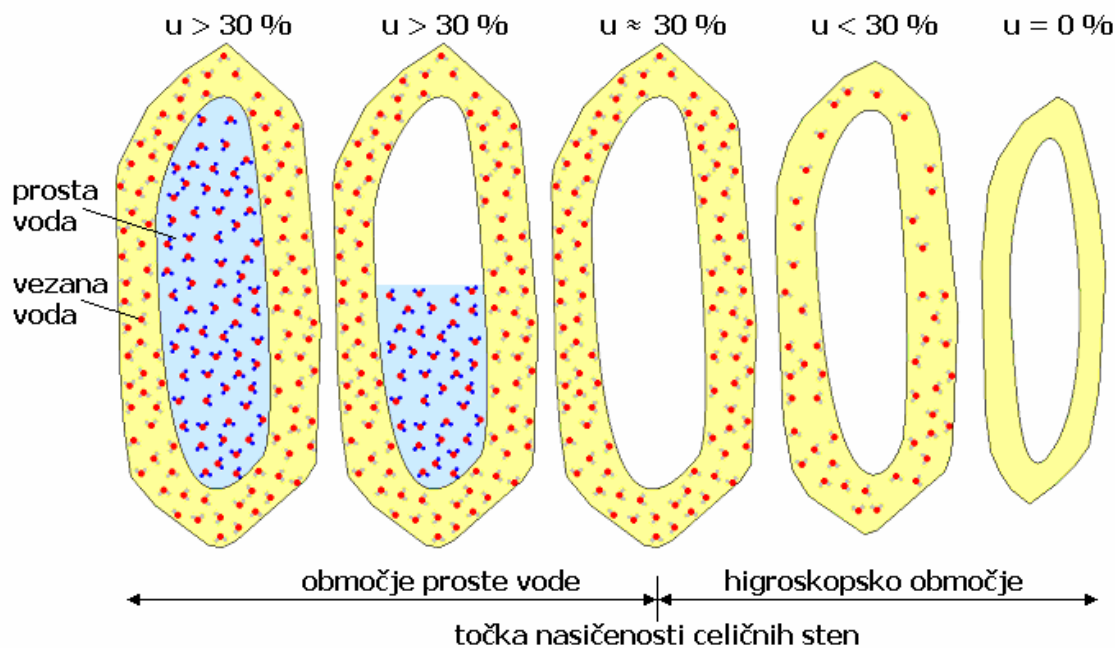
Prosta voda izhaja med procesom sušenja iz lesa sorazmerno hitro. Otiljenje* in aspiracija pikenj** močno upočasnita pretok proste vode.

Količina proste vode v deblu drevesa se med letom spreminja. Vlažnost lesa je najnižja pozimi, najvišja pa spomladi in zgodaj poleti. Takoj po poseku je vlažnost svežega lesa odvisna od časa sečnje, vrste lesa in starosti drevesa, porazdelitve vlažnosti v lesu in velikosti krošnje.

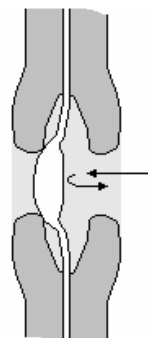
Vezana ali higroskopska voda v lesu

Vezana voda se nahaja v celičnih stenah, kjer je vezana na stenske sestavine lesa.

Stanje, ko pore ne vsebujejo več proste vode, v celičnih stenah pa se nahaja še vsa vezana voda, imenujemo točka nasičenosti celičnih sten (TNCS). Lesna vlažnost pri točki nasičenosti celičnih sten U_{TNCS} niha v območju od 22 do 35%. Približna lesna vlažnost pri točki nasičenosti celičnih sten (U_{TNCS}) znaša 30 %.



***Tile** so mehurjasti ali vrečasti vrastki parenhimskih celic v lumen traheje.

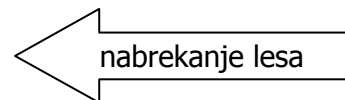


**aspirirana pikenja

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

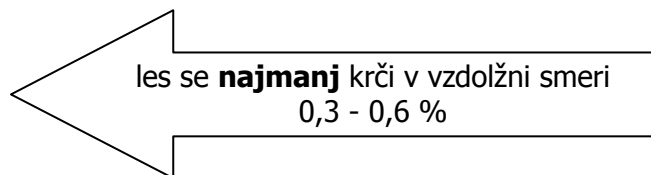
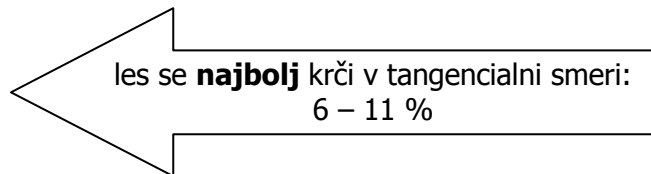
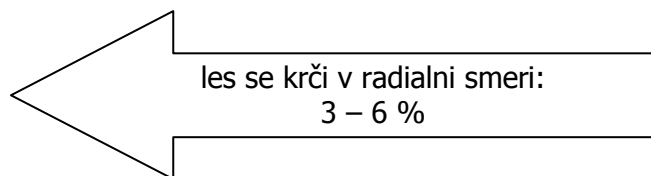
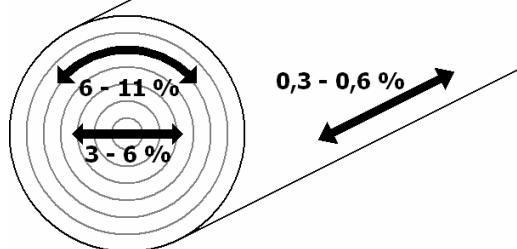
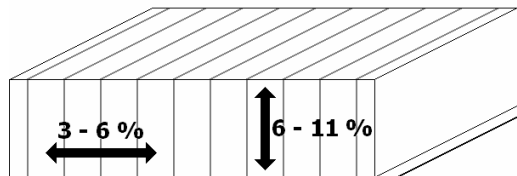
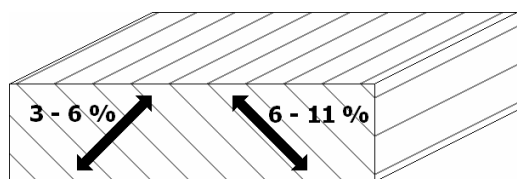
KRČENJE IN NABREKANJE LESA

Les nabreka, kadar v higroskopnem območju sprejema vezano vodo v celične stene, pri čemer povečuje svoje mere in prostornino. Nabrekanje preneha, ko so celične stene nasičene z vodo. Vsako nadaljnje sprejemanje vode v les samo izpodriva zrak iz por in ne povečuje prostornine. Nasprotni proces, ko les vezano vodo oddaja, mere in prostornina lesa pa se manjšajo, imenujemo krčenje lesa. Volumensko krčenje ali nabrekanje lesa je količinsko enako volumnu oddane ali sprejete vezane (higroskopne) vode.



Smeri krčenja in nabrekanja lesa

Zaradi značilne anatomske zgradbe in kemijske sestave celičnih sten je les anizotropen material. Ločimo tri osnovne smeri: vzdolžno (smer lesnih vlaken), radialno (smer lesnih trakov) in tangencialno (smer letnic) smer. V naštetih smereh se les različno krči.



Zaradi različnega krčenja in nabrekanja lesa v različnih smereh se ne spreminjajo samo mere in prostornina lesenih teles, spreminja se tudi njihova oblika.

Splošno velja, da je razmerje med vzdolžnim, radialnim in tangencialnim krčenjem približno 1: 10 : 20.

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

OSNOVE LESARSTVA

Lastnosti lesa

Maksimalni skrčki lesa: vzdolžni β_l , radialni β_r , tangencialni β_t in volumenski β_v za pomembnejše domače drevesne vrste (po Wagenfuhr, 1996)

Lesna vrsta	Maksimalni skrčki lesa (pri sušenju od TNCS do 0% vlažnosti) [%]			
	v vzdolžni smeri β_l	v radialni smeri β_r	v tangencialni smeri β_t	prostorninsko β_v
borovina	0,2 – 0,4	3,3 – 4,5	7,5 – 8,7	11,2 – 12,4
jelovina	0,1	2,9 – 3,8	7,2 – 7,6	10,2 – 11,5
macesnovina	0,3	3,3 – 4,3	7,8 – 10,4	11,4 – 15,0
smrekovina	0,3	3,5 – 3,7	7,8 – 8,0	11,6 – 12,0
brestovina	0,3	4,6 – 4,8	6,9 – 8,3	11,8 – 13,8
brezovina	0,6	5,3	7,8	13,7 – 14,2
bukovina	0,3	5,8	11,8	14,0 – 17,9 – 21,0
gabrovina	0,5	5,2 – 6,8	11,5	18,8
hrastovina	0,4	4,0 – 4,6	7,8 – 10,0	12,6 – 15,6
javorovina	0,5	3,0	8,0	11,5 – 11,8
jelševina	0,5	4,4 – 4,8	7,7 – 9,3	12,6 – 14,2
jesenovina	0,2	4,6 – 5,0	8,0 – 8,4	12,8 – 13,6
kostanjevina	0,6	3,4 – 4,3	6,4 – 6,7	11,3 – 11,6
lipovina	0,2 – 0,3	5,5 – 6,6	9,1 – 10,7	14,4 – 14,9
orehovina	0,5	5,4	7,5	13,4 – 14,0
topolovina	0,3	3,3 – 5,2	7,1 – 9,8	10,7 – 14,3

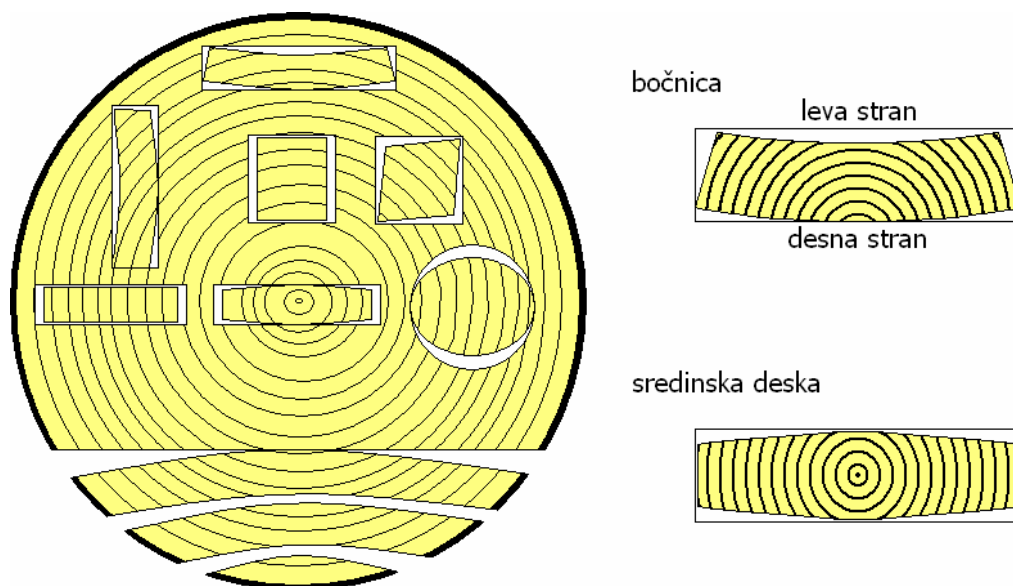
maksimalni skrčki lesa
za pomembnejše
domače drevesne vrste

Posledice različnega krčenja v treh osnovnih smereh lesa so lahko **razpoke**, ki nastajajo med sušenjem. Kadar se les suši prehitro, nastopijo v njem velike napetosti, katerih posledice so čelne in druge razpoke.

Dejansko krčenje lesa je odvisno predvsem od:

- drevesne vrste
- položaja v deblu
- količine izsušene vezane vode v lesu oz. razlike v vlažnosti

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____



- Pri sredinskih žaganicah se les tem močnejše krči, čim večja je razlika med radialnim in tangencialnim krčenjem.
- Med sušenjem bočnice se leva (zunanja stran), ki je bližje obodu, krči močnejše, kakor desna (notranja stran), ki je bližje strženu. Zato se desna stran izboči, leva stran pa vboči.
- Leseno telo, ki ima v prečnem prerezu obliko kvadrata, letnice pa potekajo diagonalno, postane po osušitvi rombaste oblike.
- Kadar v lesenem telesu s prečnim prerezom v obliki kvadrata potekajo letnice vzporedno s stranico, postane oblika prečnega prereza po osušitvi pravokotne oblike. Okrogli prečni prerezi postanejo po osušitvi ovalne oblike.

Naloga

V poglavju o gostoti lesa si narisal osnovne ploskve vzorca lesa pred in po sušenju. Primerjaj obrise, opiši in razloži spremembe:

Ukrepi za zmanjšanje posledic delovanja lesa:

- za posamezne izdelke izberemo ustrezno vrsto lesa;
- les osušimo na ustrezno **ravnovesno vlažnost** (preglednica na naslednji strani);
- izdelke iz lesa površinsko zaščitimo s premazi, ki preprečujejo oz. upočasnijo sprejemanje in oddajanje vode;

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

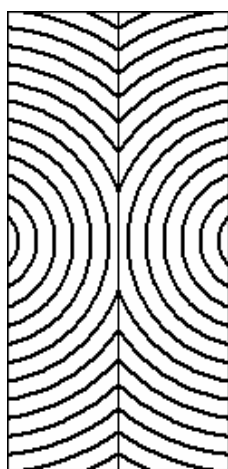
OSNOVE LESARSTVA

Lastnosti lesa

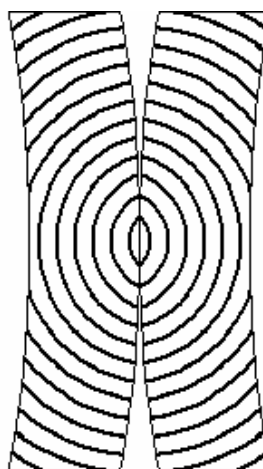
- za izdelke iz masivnega lesa izberemo konstrukcije, ki omogočajo delovanje lesa, npr. grebenasta vez in druge klasične lesne vezi, ki so hkrati tudi dekorativne;
- pri širinskem in slojnim lepljenju lesa pravilno sestavljamo, to je glede na smer letnic in glede na les jedrovine oz. beljave.



pravilno širinsko sestavljanje lesa: »srce k srcu«, beljava k beljavi



pravilno



napačno

pravilno in napačno sestavljanje bočnih desk pri slojnim lepljenju lesa

Vrsta izdelka	Območje ravnovesne vlažnosti lesa [%]
gradbeni les, les za balkonske ograje, strešne konstrukcije, palete	13 – 17
okna, zunanja vrata	12 – 16
pohištvo, podi, notranja vrata, stenske obloge, v prostorih s centralnim ogrevanjem	8 – 10
pohištvo, podi, notranja vrata, stenske obloge, v prostorih, kjer ogrevamo s klasičnimi pečmi	10 – 12
stropne obloge v prostorih s centralnim ogrevanjem	6 – 8
stropne obloge v prostorih, kjer ogrevamo s klasičnimi pečmi	8 – 10
glasbila v prostorih, ki jih ogrevamo s pečmi	8 – 11
glasbila v prostorih s centralnim ogrevanjem	5 – 8

ustrezna ravnovesna vlažnost lesa za izdelke v določeni klimi (Lohmann, 1993)

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

AKUSTIČNE LASTNOSTI LESA

Zvok nastane z mehanskim nihanjem in valovanjem molekul v elastični snovi. Energija zvoka je energija gibajočih se molekul, ki se med nihanjem oziroma valovanjem prenaša z molekule na drugo molekulo. Zvok je zato mehansko valovanje snovi.

Kako hitro se zvok širi, je odvisno predvsem od gostote in elastičnosti snovi. Tudi les prevaja zvok (po njem se zvok lahko širi). Prevajanje zvoka v lesu nam na primer pomaga določiti kakovost lesa.

Zvok se v lesu širi najhitreje v smeri lesnih vlaken. Pomembni dejavniki, ki vplivajo na hitrost širjenja zvoka v lesu, so poleg gostote lesa in smeri širjenja zvoka še elastičnost, vlažnost in temperatura lesa ter frekvenca zvoka.

V primerjavi z drugimi materiali les zelo dobro prevaja zvok. V smeri lesnih vlaken se po zračno suhem lesu širi zvočno valovanje 10 do 15-krat hitreje kot v zraku.

Les slabo izolira zvok (ima slabe izolacijske lastnosti za zvok). Vpija (absorbira) predvsem nizke in srednje tone in tako lahko vpliva na akustičnost prostora.

Resonančni les

V zvezi z akustičnimi lastnostmi lesa moramo omeniti tudi resonančni les. Ta ima posebno lastnost, da krepi zvočno valovanje, ki se širi v njem ter ga prenaša na zrak, kadar je neposredno v zvezi z izvorom zvoka. Uporabljamo ga za izdelavo glasbil.

Značilnosti resonančnega lesa so nizka gostota, enakomerne in ozke branike, čim bolj pravilna zgradba s čim manj kasnega lesa (20 do 25 %) ter brez grč in smolnih kanalov.

Navadno lahko resonančni les pri domačih drevesnih vrstah najdemo v spodnjem delu nekaterih debel smreke (do višine 9 m) in gorskega javorja, ki raste v višjih legah, smrekovina predvsem z Jelovice, Pokljuke in Kočevja.

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

TOPLOTNE LASTNOSTI LESA

Les ima pomembne toplotne lastnosti. Te lastnosti so posebno dobro opazne v lesenih stavbah – v njih nam pozimi ni mrzlo, poleti pa ne prevroče.

Toplota je notranja energija snovi, ki prehaja skozi snov od toplejšega k hladnejšemu delu. Lastnost materiala, da prevaja toploto, imenujemo toplotna prevodnost (λ). Pri lesu je sorazmerno nizka, zato je les dober toplotni izolator.

Dobri toplotni izolatorji so tudi zrak, voda, stiropor in podobno, slabi toplotni izolatorji (torej dobri prevodniki) pa so na primer kovine. Listavci so bolj toplotno prevodni kot iglavci.

Toplotna prevodnost je za določen material stalna, pove pa, koliko joulov toplote v eni sekundi preide skozi material s prečnim prerezom 1 m^2 in dolžino 1 m pri temperaturni razliki 1 K .

Toplotna prevodnost lesa je odvisna od smeri širjenja toplote glede na smer lesnih vlaken. Les namreč bolje prevaja toploto v vzdolžni smeri kot v prečni smeri glede na lesna vlakna. Gostejši les tudi bolje prevaja toploto kot les nižje gostote. Z večanjem vlažnosti lesa v higroskopskem območju narašča tudi njegova prevodnost.

Te lastnosti lesa so pomembne pri načrtovanju toplotne zaščite stavb in pri ogrevanju.

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

ELEKTRIČNE LASTNOSTI LESA

Suh les slabo prevaja električni tok, ker ima veliko upornost R . Električno upornost izrazimo kot količnik med napetostjo in tokom:

$$R = U/I$$

pri čemer je: R = upornost [ohm]
 U = napetost [volt]
 I = tok [amper]

Enota električne upornosti je ohm.

Električna prevodnost G pa je obratna vrednost upornosti R ; njena enota je siemens. Izražamo jo kot:

$$G = 1/R$$

pri čemer je: G = prevodnost [siemens]
 R = upornost [ohm]

Električna upornost lesa je močno odvisna od vlažnosti lesa v higroskopskem območju. Absolutno suh les ima bistveno manjšo električno prevodnost kot les pri vlažnosti ob točki nasičenosti celičnih sten (U_{TNCS}). Kot pri drugih materialih je električna prevodnost močno odvisna od temperature. Prav tako na prevodnost vpliva tudi smer lesnih vlaken. Električna prevodnost je bistveno večja v smeri lesnih vlaken kot pravokotno nanje. Električno prevodnost lesa pa lahko povečamo s tem, da ga impregniramo z raztopinami kovinskih soli.

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

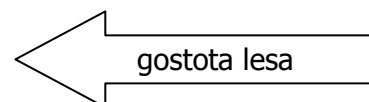
MEHANSKE LASTNOSTI LESA

Mehanske lastnosti lesa določajo njegovo odpornost proti zunanji silam. V primerjavi z drugimi materiali ima les dobre mehanske lastnosti, saj kljub relativno nizkim gostotam dosega dokaj visoke trdnosti. Predstavljene so:

- trdota in obrabljivost lesa
- napetosti v lesu
- trdnost lesa: natezna trdnost, tlačna trdnost, upogibna trdnost, strižna trdnost
- cepljivost lesa

Pomembni vplivi na mehanske lastnosti lesa

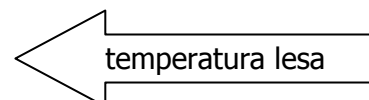
Gostota odločilno vpliva na mehanske lastnosti lesa. Z naraščanjem gostote se praviloma izboljšujejo mehanske lastnosti lesa. Čim debelejša in tesno prepletena je celična stena, tem višje so trdnostne lastnosti lesa. Gostota lesa je močno odvisna od deleža kasnega lesa v braniki.



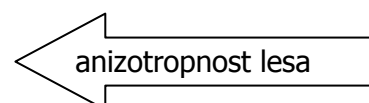
Vlažnost lesa v higroskopnem območju močno vpliva na mehanske lastnosti lesa. Nad točko nasičenosti celičnih sten (TNCS) so mehanske lastnosti lesa bolj ali manj neodvisne od količine vode v lesu. Pod TNCS so mehanske lastnosti tem boljše, čim bolj suh je les.



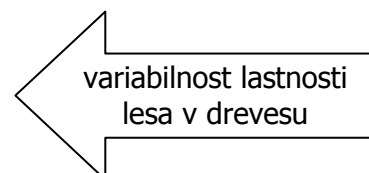
Temperatura vpliva na mehanske lastnosti lesa, saj že relativno nizke temperature omeščajo srednjo lamelo. Pri višjih temperaturah se prične snov plastično spreminjati. Zaradi zmeščanja snovi v srednji lameli so znatno prizadete trdnostne lastnosti lesa.



Les ima v različnih smereh različne mehanske lastnosti. Večina mehanskih lastnosti je najboljših v smeri lesnih vlaken ali v osni smeri (trdota, natezna in tlačna trdnost, modul elastičnosti).



Mehanske lastnosti lesa močno nihajo že pri isti **drevesni vrsti**, saj na priraščanje lesa in njegovo gostoto poleg dednosti vplivajo še rastišče s sestavo tal, klima in socialni položaj drevesa. Les korenin, vej, jedrovine in beljave ima različne mehanske lastnosti v istem drevesu. Les iglavcev z ozkimi branikami je bolj trden in trd kakor les, ki hitro raste in ima široke branike. Zrel (adultni) les je trdnejši od mladostnega (juvenilnega).



Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

Napake v lesu (grče, zavrtost lesnih vlaken, razpoke, trohnobe idr.) zmanjšujejo trdnostne lastnosti lesa.

Kemijska sestava lesa vpliva na mehanske lastnosti. Lignin v lesu ima veliko tlačno trdnost (npr. v kompresijskem lesu), celuloza povečuje natezno trdnost (npr. v tenzijskem lesu).

TRDOTA LESA

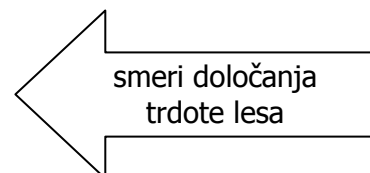
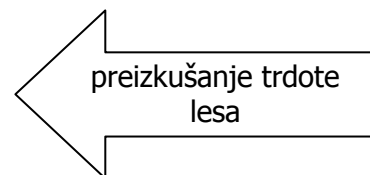
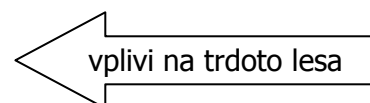
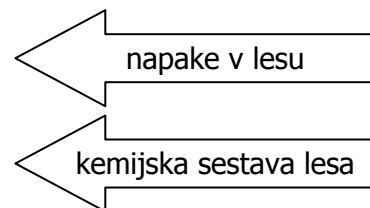
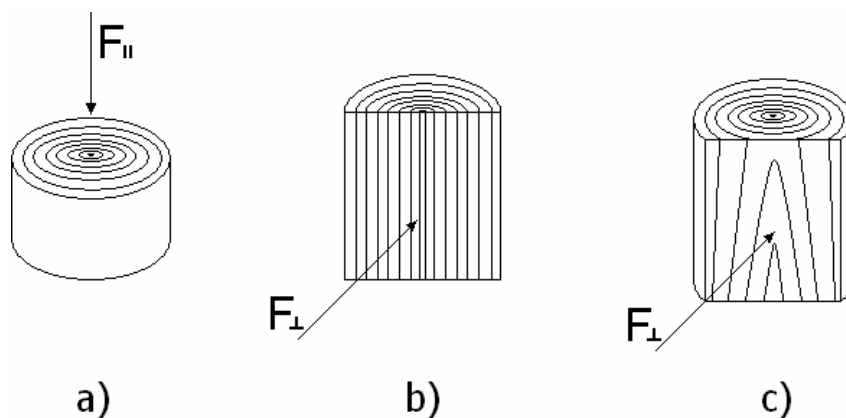
Trdota je odpor, s katerim se les upira prodiranju tujega telesa vanj. Na trdoto lesa vplivajo:

- gostota in vlažnost lesa
- smer oz. prerez lesa, ki ga preizkušamo
- vrsta preizkusnega telesa, ki prodira v les
- postopek preizkušanja

Obstaja več načinov preizkušanja trdote lesa, med sabo pa lahko primerjamo samo tiste trdote lesa, ki so določene z isto metodo preizkušanja. Ena takih metod preizkušanja trdote je metoda po Brinellu. Jekleno kroglico s premerom 10 mm vtiskamo v les, ki vsebuje 12 % vlage. Predpisani so velikost preizkusnega kosa lesa, sila, s katero vtiskamo kroglico in čas trajanja obremenitve. Kroglico vtiskamo v prečni prerez lesa in v radialno ali tangencialno ploskev.

Smeri določanja trdote lesa:

- na prečnem prerezu sila deluje v smeri lesnih vlaken (\parallel),
- na (vzdolžni) radialni ploskvi sila deluje pravokotno na smer lesnih vlaken (\perp),
- na (vzdolžni) tangencialni ploskvi sila deluje pravokotno na smer lesnih vlaken (\perp).



Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

OSNOVE LESARSTVA

Lastnosti lesa

Na trdoto lesa vpliva več dejavnikov. Trdota lesa narašča z gostoto in je odvisna od smeri preizkušanja. Pri vrstah lesa z veliko gostoto je trdota na prečnem prerezu lesa (ko tuje telo prodira v les vzporedno z lesnimi vlakni) približno 1,6-krat večja kakor na radialni ali tangencialni ploskvi. Pri vrstah lesa z nizko gostoto je trdota na prečnem prerezu lesa približno 2-krat večja kakor na vzdolžni ploskvi.

Trdota na prečnem prerezu je večja kot na vzdolžnem prerezu.

Kasni les v braniki ima višjo gostoto in je trši od ranega lesa. Zato je les v široki braniki iglavcev mehkejši kot v ozki. Les v široki braniki venčasto-poroznih listavcev je trši kakor v ozki braniki.

Trdota lesa pojema z naraščanjem vlažnosti lesa do točke nasičenosti celičnih sten.

Vsebnost lignina v lesu zvišuje trdoto lesa, na primer pri kompresijskem lesu.

Delitev lesnih vrst glede na trdoto

Mehak les imajo jelovina, smrekovina, topolovina, kostanjevina, lipovina, brezovina in jelševina, med **srednje trde lesove** prištevamo borovina, češnjevino in smrekovino, med **trde lesove** pa javorovina, jesenovina, hrastovina, orehovina, bukovina in les belega gabra.

Potrebno je tudi poudariti, da trdota niha že pri isti drevesni vrsti.

Pomen trdote lesa

Pri obdelavi se trd les še močneje upira prodiranju rezila vanj, zato se rezilo hitreje obrabi, za obdelavo pa je potrebno veliko več energije kot pri obdelavi mehkega lesa. Vendar pa je trd les zaradi svojih lastnosti velikokrat pomemben gradbeni material. Površina trdega lesa je namreč bolj odporna proti mehanski obrabi, zato ga namenjamo za delovne ploskve, pode in stopnice.

Odpor lesa proti obrabi

Les je različno odporen proti obrabi. Večji odpor lesa proti obrabi pomeni, da z obrabo (npr. s krtačenjem ali brušenjem lesnih površin) odstranimo (odbrusimo) s površine manjšo maso lesa.

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

OSNOVE LESARSTVA

Lastnosti lesa

Na odpor lesa proti obrabi vplivajo predvsem **gostota** (z gostoto lesa narašča njegov odpor proti obrabi), **vlačnost** (suh les ima večji odpor proti obrabi kot vlažen les) ter **prerez lesa** (na prečnem prerezu lesa je odpor največji in na radialnem prerezu najmanjši).

Odpor proti obrabi je pomemben pri lesu, ki ga vgradimo v talne obloge, stopnice in lesen tlak. Pri lesenem tlaku je površina, po kateri hodimo, sestavljena iz prečnih prerezov lesa.

Površino masivnega lesa iglavcev lahko oplemenitimo tako, da obrabimo vrhnji sloj, npr. s krtačenjem. Rani les se prej obrabi kakor kasni, zato kasni les in grče izstopijo. Po krtačenju dobimo reliefno oblikovano površino in močno poudarjeno vidno zgradbo lesa.

Odgovori

Kako vpliva na mehanske lastnosti lesa:

- gostota

- vlačnost

- anizotropija lesa

Kako vpliva na trdoto širina branike:

- pri iglavcih

- pri venčasto poroznih listavcih

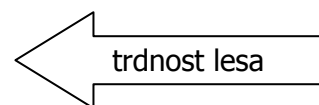
Kakšne mehanske lastnosti lahko pričakujemo pri macesnovini, ki raste na gorskih pobočjih nad alpskimi dolinami?

Kakšne mehanske lastnosti lahko pričakujemo pri hrastovini in jesenovini, ki raste na poplavnih nižinah v Posavju in Podravju?

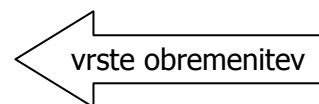
Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

NAPETOSTI V LESU

Trdnost materiala (lesa) je sposobnost, da se upira spremembi oblike in porušitvi zaradi delovanja zunanjih sil. Kadar trdno telo obremenimo z zunanjo silo, se upira spremembi tako, da v telesu nastanejo napetosti.



Poenostavljeno razlikujemo obremenitev lesa s statično in z dinamično silo. Pri statični obremenitvi ostaja zunanja sila, ki deluje na material, dalj časa enaka ali pa obremenitev počasi in stalno narašča. Pri dinamični obremenitvi je zunanja sila podobna udarcem ali pa deluje izmenično.



Določanje napetosti

Poznamo dve vrsti napetosti: napetost pri nateznih in tlačnih obremenitvah.

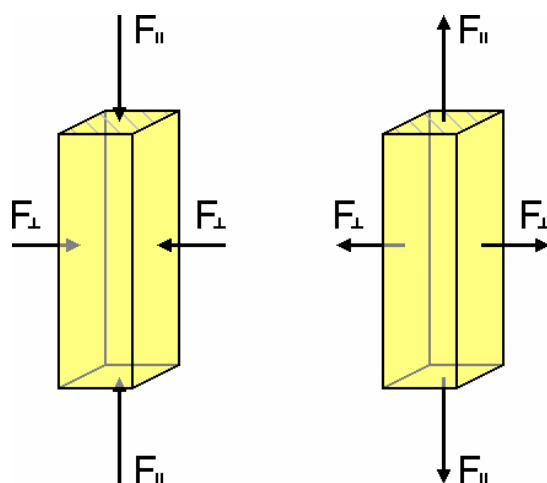
Napetost pri nateznih in tlačnih obremenitvah izračunamo po obrazcu:

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad [\text{N/m}^2]$$

pri čemer je: σ = napetost [$\text{N/m}^2 = \text{Pa}$ ali $\text{N/mm}^2 = \text{MPa}$]
 F = sila, ki deluje pravokotno na ploskev [N]
 S = ploskev, na katero deluje sila [m^2 ali mm^2]

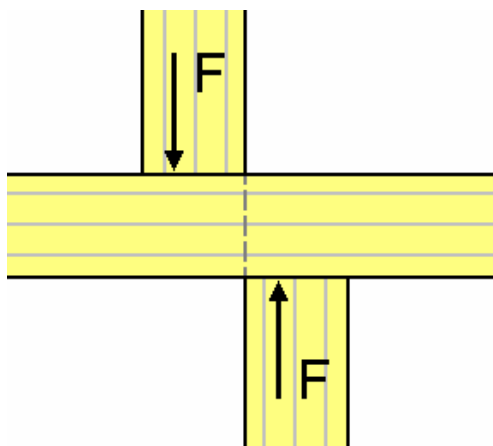
Vrste sil

Pod vplivom **natezne sile** F , ki deluje na les v smeri vlaken, (\parallel) ali pravokotno na lesna vlakna (\perp), nastanejo v lesu natezne napetosti. Pod vplivom **tlačne sile** F , ki deluje na telo v smeri lesnih vlaken (\parallel) ali pravokotno nanje (\perp), nastanejo v lesu tlačne napetosti.



Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

Strižna sila F na sliki deluje pravokotno na os lesenega telesa in pravokotno na smer lesnih vlaken, ki jih skuša prestriči.



delovanje strižne sile

Napetosti in deformacije

Med obremenitvijo lesa z zunanjo silo se njegova oblika spreminja. Z drugimi besedami - nastanejo deformacije.

Leseno palico dolžine l vpnemo v čeljusti trgalnega stroja. S počasi naraščajočo silo jo obremenimo na nateg v osni smeri (v smeri vlaken). Zaradi delovanja zunanje natezne sile, ki jo stalno povečujemo, se palica podaljša za raztezek Δ/l . Palica spremeni svojo obliko in mere (nastane deformacija).

nastanek deformacije

Pri nižji obremenitvi, ki je v elastičnem območju, les spremeni svojo obliko, vendar se po prenehanju obremenitve zaradi **elastičnosti** povrne v prvotno obliko. Na telesu ni več deformacij, ki bi jih lahko izmerili.

elastične deformacije

Kadar obremenjujemo material preko meje proporcionalnosti, (elastičnosti), nastanejo v njem trajne, **plastične deformacije**.

plastične deformacije

V praksi težimo k temu, da napetosti ne prekoračijo proporcionalnostne meje.

Mejno napetost, pri kateri nastopi porušitev materiala, imenujemo **trdnost**.

Kaj je trdnost?

Na trdnost vplivajo predvsem gostota in vlažnost lesa do TNCS, smer in velikost sile, s katero obremenimo les, temperatura lesa ter hitrost in čas trajanja obremenitve z zunanjo silo.

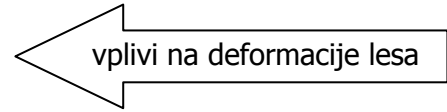
Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

OSNOVE LESARSTVA

Lastnosti lesa

Na spreminjanje oblike lesa (na njegove deformacije) vplivajo predvsem:

- gostota lesa
- velikost sile, s katero obremenimo les
- smer sile glede na potek lesnih vlaken
- vlažnost lesa
- čas trajanja obremenitve lesa z zunanjo silo
- temperatura lesa



Dopustna napetost

Materialov ne smemo obremeniti do njihove maksimalne napetosti, obremenimo jih le do dopustne napetosti, ki se vedno nahaja v območju elastičnih deformacij. Tako izkoristimo le del njihove trdnosti. Dopustno napetost določajo predpisi in standardi. Izračunamo jo s pomočjo varnostnega količnika. Varnostni količnik je razmerje med največjo napetostjo v materialu ($\sigma_{maks.}$) in dopustno napetostjo (σ_{dop}). Pri lesnih konstrukcijah lahko znaša varnostni količnik (varnostno število) od 2 do 15, odvisno od namena konstrukcije, vrste obremenitve in drugih vplivov.



$$\sigma_{maks.} / \sigma_{dop} = \text{varnostni količnik}$$

pri čemer je: σ_{dop} = dopustna napetost
 $\sigma_{maks.}$ = maksimalna napetost

$$\sigma_{dop} = 1/12 \text{ do } 1/7 \sigma_{maks.}$$

Dopustne napetosti so osnova za statične izračune v gradbeništvu. To so predpisane največje mehanske napetosti, podane v MN/m² (MN/m²=MPa). Vrednost dopustne napetosti je odvisna od vrste obremenitve materiala (nateg, tlak, upogib...) in od smeri obremenitve (vzporedno z lesnimi vlakni ali pravokotno na njihovo smer).

Odgovori

1. Opazuj, kako se odziva na obremenitve telovadno orodje, npr. bradlja ali drog, in razloži vrsto deformacije.
2. Opazuj, kako se odziva na obremenitve polica v knjižni omari, ki je že dlje časa polno naložena, in razloži vrsto deformacije.
3. Naštej nekaj lesnih konstrukcij, kjer je treba upoštevati varnostni količnik.

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

TRDNOST LESA

Trdnost materiala je enaka največji napetosti, ki nastane v telesu ob porušitvi. Trdnostne lastnosti lesa določamo v laboratorijih na vzorcih lesa predpisanih velikosti. Lesne vzorce uravnovesimo pri normalni klimi z relativno zračno vlažnostjo $\varphi = 65\%$ in temperaturo $T = 20^{\circ}\text{C}$ na ravnovesno vlažnost $U = 12-15\%$. Normativi določajo pogoje preizkušanja kot sta (poleg velikosti vzorcev in vlažnosti lesa) smer lesnih vlaken in način obremenjevanja lesnih vzorcev z zunanjo silo.

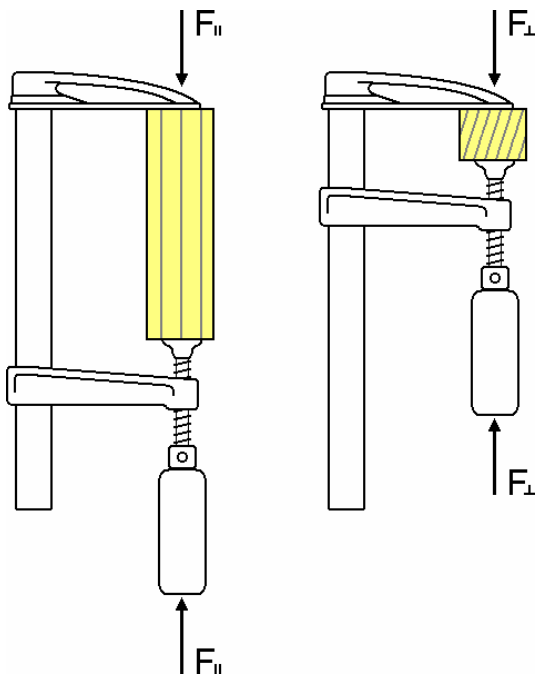
pogoji določanja
trdnostnih lastnosti

Podrobneje so predstavljene:

- tlačna trdnost
- natezna trdnost
- upogibna trdnost
- strižna trdnost
- cepljivost ali razcepni odpor

Tlačna trdnost lesa

Tlačna trdnost je odpor lesa proti maksimalni sili, ki stiska, tlači les vzporedno, s smerjo lesnih vlaken (\parallel) ali pa pravokotno nanje (\perp).



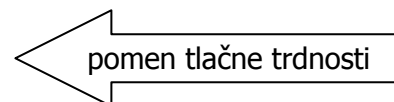
Največkrat preizkušamo tlačno trdnost v smeri lesnih vlaken (\parallel). Zaradi obremenitve s tlačno silo se celična stena deformira. Med

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

splošnimi vplivi na mehanske lastnosti lesa najbolj določata tlačno trdnost gostota in delež kasnega lesa.

Tlačna trdnost v smeri lesnih vlaken je približno polovico manjša kakor natezna trdnost v isti smeri.

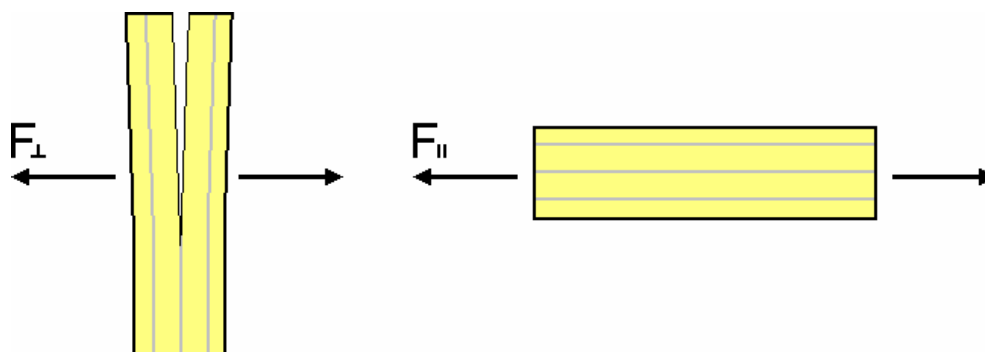
Tlačna trdnost lesa je pomembna pri lepljenju lesa, pri železniških pragovih, pri pilotih, stebrih, strešnih in drugih nosilnih konstrukcijah, nogah pri stolih in mizah.



Natezna trdnost lesa

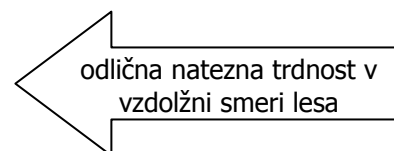
Natezna trdnost je odpor lesa proti maksimalni zunanji sili, ki vleče (razeza) les vzporedno z lesnimi vlakni ali pravokotno nanje. Natezna trdnost niha v velikem razponu že pri isti drevesni vrsti.

Delovanje natezne sile pravokotno na lesna vlakna (\perp) in vzporedno z lesnimi vlakni (\parallel):



V smeri lesnih vlaken je natezna trdnost zelo velika zaradi zgradbe celične stene, ker celulozne molekule potekajo pretežno v aksialni smeri. Celuloza ima v aksialni smeri veliko natezno trdnost. To se odraža v raztržni dolžini.

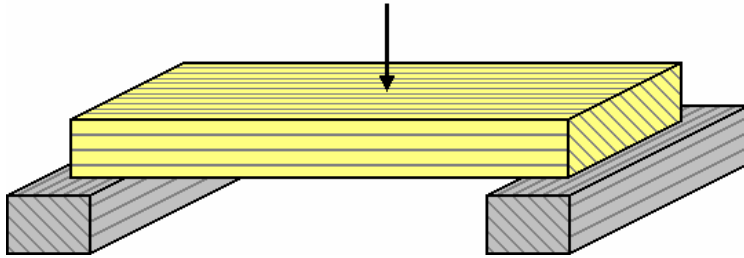
Raztržna dolžina je dolžina palice, ki se pretrga zaradi lastne teže, če bi jo na enem koncu obesili. Pri palici iz čiste celuloze bi se palica raztrgala med 18 in 28 km, kar je primerljivo z jeklom, ki ima raztržno dolžino okrog 32 km. Pri uporabi lesa za lesne konstrukcije se izogibamo natezni obremenitvi, ki bi delovala prečno na smer lesnih vlaken.



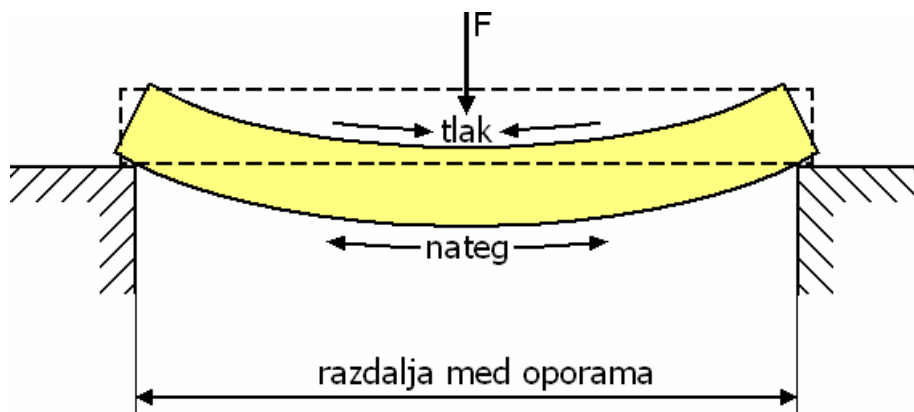
Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

Upogibna trdnost

Upogibna trdnost je odpor lesnega nosilca med oporama proti maksimalni sili, ki deluje pravokotno na os nosilca (\perp).



Med obremenitvijo na upogib nastanejo v vrhnjih plasteh osne (vzdolžne) tlačne napetosti, v spodnjih plasteh pa osne natezne napetosti.



tlačne in natezne
napetosti v nosilcu

V praksi je upogibna trdnost zelo pomembna, saj so konstrukcijski elementi pogosto obremenjeni na upogib. Leseni nosilec sme biti obremenjen le do meje proporcionalnosti (elastičnosti). Maksimalno upogibno trdnost dosežemo, ko nastopi porušitev na natezno obremenjeni strani nosilca.

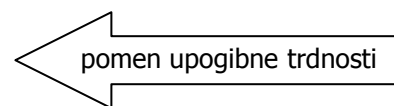
Pri vlažnem in segretem lesu nastanejo pri enaki sili večje plastične deformacije, kar je pomembno pri krivljenju lesa.

Poleg splošnih vplivov, ki določajo mehanske lastnosti lesa, so za upogibno trdnost posebej pomembne oblika in velikost lesenega nosilca, orientacija lesa in razdalja med oporama ter način obdelave. Največjo upogibno trdnost ima okrogel les, veliko tesan in cepljen les, najmanjšo pa žagan les. Med napakami lesa, ki zmanjšujejo trdnost, so najpomembnejše grče.

vplivi na upogibno
trdnost lesa

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

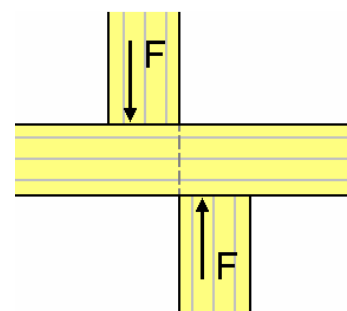
Pri lesu je upogibna trdnost manjša od natezne in večja od tlačne trdnosti. Pomembna je zlasti pri uporabi masivnih in lepljenih nosilcev iz lesa. Prednost lesenih nosilcev, ki jih uporabljamo v gradbeništvu, je v tem, da les pri nizki gostoti prenese razmeroma velike obremenitve.



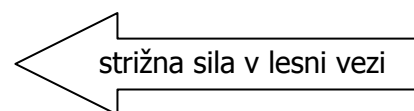
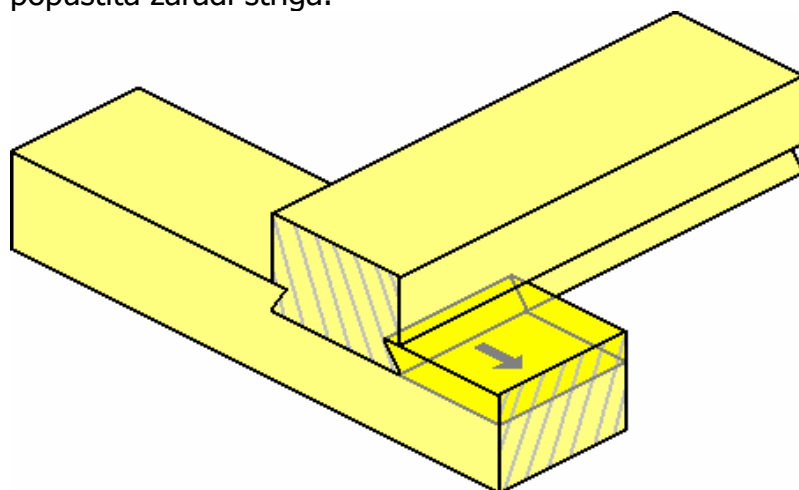
Na upogib so obremenjeni tramovi, strešne konstrukcije, jamski les, leseni mostovi, police, palice v garderobnih omarah, telovadna orodja, ...

Strižna trdnost

Strižna trdnost je odpor lesa proti strigu lesnih plasti s silo, ki deluje v ravnini lesnih vlaken (\parallel) ali redko, prečno na lesna vlakna (\perp).

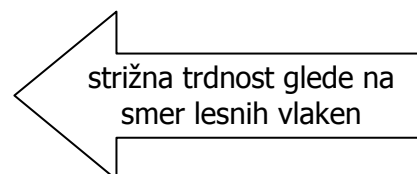


Strižne napetosti nastanejo v lesu npr. pri vezeh z žičniki, vijaki, pri rogljnih vezeh ali pri vezeh z lastovičjim repom. Vlečna sila ukrivi žičnik med ploskvama. Zato se ploskvi premakneta in popustita zaradi striga.



Poleg splošnih vplivov na mehanske lastnosti lesa je pri strižni trdnosti najbolj pomembna smer zunanje strižne sile glede na smer lesnih vlaken.

V smeri lesnih vlaken je strižna trdnost približno tri do štirikrat manjša kakor v smeri pravokotno na lesna vlakna. Zato lesene obdelovance, ki bodo obremenjeni na strig, če se le da, obremenimo prečno na lesna vlakna.



Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

CEPLJIVOST LESA IN RAZCEPNI ODPOR

Cepljivost je lastnost lesa, da se cepi ali razdvaja vzdolžno (v smeri lesnih vlaken (\parallel)). Les navadno cepimo z orodjem v obliki klina. Pravokotno na lesna vlakna (\perp) cepilni klin ne razdvaja lesnih vlaken, temveč jih le tlači. Cepljivost lesa določata razcepni odpor in gladkost cepljene površine. Razcepni odpor je enak sili, ki jo potrebujemo, da s klinom razcepimo les, na določeni cepilni ploskvi.

Cepljenje je postopek, pri katerem ne prerežemo lesnih vlaken in ne nastajajo odrezki. Tekočina prodre v površino cepljenega lesa v manjši meri kakor v žaganega. V preteklosti so zato cepili les za izdelavo dog, sodov, kadi in skodel.

Doge so deščice za sestavljanje lesene posode (čebra, soda).



Najpomembnejši kriteriji cepljivosti

- Lesne vrste z ravnim potekom lesnih vlaken imajo nižji razcepni odpor kakor vrste z zavito rastjo.
- Razcepni odpor praviloma narašča z gostoto lesa.
- Vlažen les ima nižji razcepni odpor kakor suh.
- Razcepni odpor je najmanjši, če postavimo cepilni klin na prečni prerez lesa v smeri lesnih trakov oz. v radialni smeri in nato cepimo les v smeri vlaken.

Majhen razcepni odpor ima les iglavcev (smrekovina, borovina, macesnovina), velik razcepni odpor pa imajo trdi listavci (hrastovina, jesenovina, orehovina).

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

FIZIKALNOKEMIJSKE LASTNOSTI LESA

GORLJIVOST LESA

Če zažgemo kos lesa, sprožimo v njem fizikalne in kemijske reakcije. Les se segreje, krči, poka, oddaja vodo, nazadnje pa oddaja tudi pline, ki nastanejo ob razkroju lesa (vodna para, ogljikov dioksid in drugi). Ko les srednje gostote segrejemo na približno 100°C, se prične termični razkroj lesa (s tujko imenovan tudi piroliza). Ko tak les segrejemo do približno 260°C, začne razpadati tudi kemijsko (kemijski razkroj). Les se vname že pri nižji temperaturi, če ji je izpostavljen dalj časa oziroma če se nahaja v obliki vlaken, iveri ali prahu.



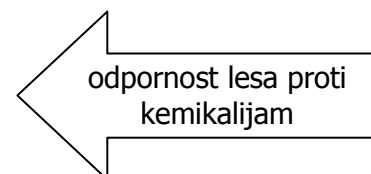
Gorljivost lesa izkoriščamo predvsem za namene ogrevanja, zato je za nas zelo pomembno, kolikšna je količina toplote, ki se sprosti ob sežigu lesa. Tej energiji pravimo **kurilna** ali **kalorična vrednost** lesa. Odvisna je od številnih dejavnikov:

- **gostote lesa** (vrste lesov, ki imajo večjo gostoto, imajo tudi večjo kurilno vrednost od vrst lesov z manjšo gostoto),
- **vlačnosti lesa** (vlažen les ima manjšo kurilno vrednost kot zračno suh les. Razlog za to je v tem, da se v vlažnem lesu ogromno energije porabi tudi za izhlapevanje vodne pare, zato je »izkupiček energije« na koncu nekoliko manjši),
- **kemične sestave lesa.**

Les različnih drevesnih vrst, ki ima enako maso in vsebuje enako količino vlage, ima skoraj enako kurilno vrednost. Kurilna vrednost se tako od vrste do vrste le malo razlikuje.

ODPORNOST LESA PROTI KEMIKALIJAM

Odpornost proti kemikalijam je lastnost lesa, da se upira razkroju, če nanj učinkujemo z različnimi snovmi (kemikalijami), npr. s kislinami, bazami, raztopinami soli in organskimi topili). Na splošno velja, da je les iglavcev bolj odporen proti kemikalijam kot les listavcev.



Če les obdelujemo z določeno kislino ali bazo, kmalu spoznamo, da vse kisline ali baze nanj ne delujejo enako. Odpornost lesa je

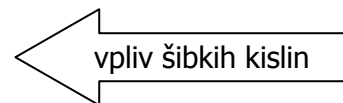
Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

OSNOVE LESARSTVA

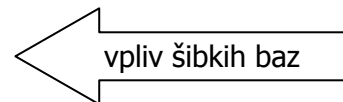
Lastnosti lesa

namreč močno odvisna od koncentracije, pH vrednosti ter temperature kisline ali baze, s katero obdelujemo vzorec lesa.

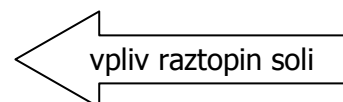
Les je pri sobni temperaturi dokaj odporen proti **razredčenim** oziroma **šibkim kislinam**. Z nižanjem pH vrednosti oziroma višanjem temperature kisline se niža tudi odpornost lesa na delovanje kislin. Zanimivo je, da je les (iglavcev in listavcev) mnogo bolj odporen proti kislinam kot proti bazam.



Šibke baze pri sobni temperaturi prav tako le malo načenjajo les. Ko se pH vrednost dvigne nad 9 oziroma ko naraste temperatura baze nad sobno temperaturo, se poveča tudi učinek baze na les. Pričneta se raztapljati hemiceluloza in lignin, kar pa s pridom izkoriščajo v papirni industriji, ko predelujejo les v celulozna vlakna, iz katerih izdelajo papir.

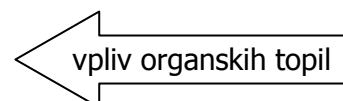


Pri **raztopinah soli** je učinek podoben; pH nevtralne soli na les nimajo bistvenega učinka; nanje je les relativno odporen. To je pomembno dejstvo za graditelje pomolov, čolnov in drugih naprav, ki so v neposrednem stiku z morskovo vodo. Če je pH soli rahlo kisel ali alkalen, je učinek na les zelo podoben kot pri šibkih kislinah in bazah.



Nekatere raztopine anorganskih soli (npr. CuCl_2 in CuSO_4) obarvajo les, ki vsebujejo tanin. S temi solmi so les barvali v preteklosti, danes se njihovi uporabi izogibamo, ker so soli kovin škodljive zdravju.

Učinek **organskih topil** na les je omejen predvsem na raztapljanje ekstraktivnih snovi v lesu; v *splošnem* pa tovrstna topila stenskih sestavin ne načenjajo (tudi pri višji temperaturi ne). Pri temperaturi približno nad 150°C pa aceton in alkohol raztapljata predvsem komponente lignina v lesu.

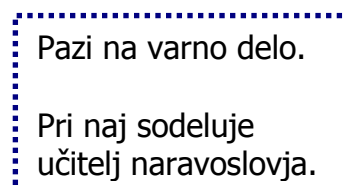


Vaja

Preveri učinek kislin, baz, raztopin soli in organskih topil na les.

Za vajo potrebuješ deščice različnih lesnih vrst in kemikalije: kisline, baze, raztopine soli in organska topila.

V poročilu opiši potek dela in zapiši rezultate. Za prikaz rezultatov oblikuj preglednico z računalniškimi orodji.



Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____

LITERATURA

1. -- 2002: Biologija – tematski leksikon. Tržič: Učila International.
2. -- 2004: Kemija – tematski leksikon. Tržič: Učila International.
3. -- 1988: Holz-lexikon. Stuttgart: DRW Verlag
4. Čermak, M. 1998: Tehnologija lesa 1 – učbenik za program mizar. Železniki: Fami.
5. Lohmann, U. 1993: Holz Handbuch. Leinfelden – Echterdingen: DRW – Verlag Weinbrenner GmbH & Co.
6. Pipa, Rudi. 1990: Anatomija in tehnologija lesa. Ljubljana: Lesarska založba.
7. Polanc, J. in I. Leban. 2004: Les – zgradba in lastnosti. Ljubljana: Lesarska založba.
8. Torelli, N. 1990: Les & skorja. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo.
9. Wagenführ, R. 1996: HOLZ Atlas. Leipzig: Fachbuchverlag.

SLIKOVNO GRADIVO

1. Rok Leban

Avtor:

Irena Leban, Srednja lesarska šola Škofja Loka

Strokovni pregled:

Milena Škodnik, Šolski center Slovenj Gradec,
Poklicna gostinska in lesarska šola

Lektor:

Barbara Oman, Srednja lesarska šola Škofja Loka

Ime in priimek: _____ Razred: _____ Šolsko leto: _____