

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

*Janova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski program Gradbeništvo,  
Smer operativno gradbeništvo

Kandidat:

**Igor Burgar**

# **Razvrščanje lesa z nedestruktivnimi metodami**

**Diplomska naloga št.: 218**

**Mentor:**  
prof. dr. Goran Turk

**Somentor:**  
mag. Jelena Srpčič

Ljubljana, 27. 2. 2006

**ZAHVALA:**

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Goranu Turku ter somentorici mag. Jeleni Srpčič.

Zahvalil bi se tudi staršema, starima staršema ter vsem ostalim, ki so mi vsa leta študija nudili pomoč in razumevanje v stiskah ter mi tako pomagali narediti vsak še tako naporen dan lepši.

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK:**

**UDK:** 519.22:691.11(043.2)

**Avtor:** Igor Burgar

**Mentor:** izr. prof. dr. Goran Turk

**Somentorica:** mag. Jelena Srpčič

**Naslov:** Razvrščanje lesa z nedestruktivnimi metodami

**Obseg in oprema:** 51 str., 31 pregl., 35 sl.

**Ključne besede:** les, nedestruktivne metode, razvrščanje lesa

**Izveleček:**

Nedestruktivno razvrščamo les na dva načina: vizualno in strojno. Ker je les naraven material so njegove lastnosti različne glede na drevesno vrsto, klimatske pogoje, v katerih je drevo raslo, časa sečnje, načina spravila in načina obdelave. V gradbeništvu delimo les na konstrukcijski in nekonstrukcijski les in ga razvrščamo po vidnih značilnostih ali mehanskih lastnostih.

Strojno razvrščanje je nedestruktivna metoda, ki temelji na zvezi med lastnostmi lesa in trdnostjo posameznega elementa. Izvajamo ga z različnimi napravami.

Vizualno razvrščanje lesa je najstarejša nedestruktivna metoda, ki je v praksi še vedno zelo razširjena in temelji na vizualnem opazovanju in subjektivni interpretaciji zaznanj pri tem.

Evropska unija enotnega standarda za vizualno razvrščanje lesa nima, temveč podaja samo zahteve, ki jih mora vsebovati nacionalni standard. Standard mora vsebovati omejitve za lastnosti lesa in načine določanja teh lastnosti: grče, zavrtost lesnih vlaken, gostota, razpoke, geometrijske karakteristike, biološke in druge karakteristike.

Kot glavni del te diplomske naloge sem primerjal omejitvene vrednosti in načine določanja teh omejitvenih vrednosti nordijskega, britanskega in nemškega standarda.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT:**

**UDC:** 519.22:691.11(043.2)  
**Author:** Igor Burgar  
**Supervisor:** assoc. prof. dr. Goran Turk  
**Cosupervisor:** msc. Jelena Srpčič  
**Title:** Strength grading of timber with non-destructive methods  
**Notes:** 51 p., 31 tab., 35 fig.  
**Key words:** wood, non-destructive methods, wood grading  
**Abstract:**

There are two main non-destructive methods of grading timber: visual and machine grading. The properties of timber as a natural material depend on the wood species, growth conditions, time of wood-cutting, storing, and the way of treating.

In construction the structural and non-structural use of timber is distinguished and grading timber by visual or mechanical properties is used.

Machine grading is non-destructive method, based on relationship between characteristic properties and strength of individual element.

Visual grading is the oldest non-destructive method, which is still very common in practice and is based on visual inspection..

In European Union there is no unique standard for visual grading, only an European standard EN 518 with the grading requirements for national standards was adopted. It contains demands which national standards must follow as well as the limits for timber properties. The following properties should be controlled: knots, slope of grain, density, fissures, geometrical characteristics, biological and other characteristics.

As main part of this work, the comparison between limits of timber properties and determination methods in Nordic, British and German standards were studied.

## VSEBINA

<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1 SPLOŠNO.....	1
1.2 OPIS PROBLEMATIKE.....	2
1.3 ZGODOVINSKI PREGLED.....	2
1.4 SEDANJE STANJE PO SVETU.....	3
1.5 STANJE V SLOVENIJI.....	3
<b>2 NEDESTRUKTIVNE METODE RAZVRŠČANJA LESA</b> .....	<b>4</b>
2.1 DEFINICIJA.....	4
2.2 STROJNE METODE.....	4
2.2.1 NAPRAVE, KI DELUEJO NA OSNOVI MERITVE UPOGIBA.....	4
2.2.2 NAPRAVE, KI DELUEJO NA OSNOVI ZVOČNEGA VALOVANJA.....	5
2.2.3 NAPRAVE, KI DELUEJO NA OSNOVI ULTRAZVOČNEGA VALOVANJA.....	6
2.2.4 SKENIRANJE LESA Z RENTGENOM.....	8
2.2.5 MERJENJE Z GAMA ŽARKI.....	8
2.4 VIZUALNO RAZVRŠČANJE LESA.....	8
2.4.1 ZAHTEVE ZA STANDARDE ZA VIZUALNO RAZVRŠČANJE LESA PO TRDNOSTI (DODATEK A V PREN14081-1:2000).....	9
<b>3 PRIMERJAVA STANDARDOV DIN 4074-1, NS-INSTA 142 TER BS 4978 ZA VIZUALNO RAZVRŠČANJE LESA PO TRDNOSTI IN ZAHTEVE ZA ŽAGANI LES PO prEN 14081-1</b> .....	<b>13</b>
3.1 TRDNOSTNI RAZREDI IN VRSTE ŽAGANEGA LESA PO POSAMEZNIH STANDARDIH.....	13
3.2 PRIMERJAVA MEJNIH VREDNOSTI ZA ZNAČILNOSTI, ZARADI KATERIH JE ZMANJŠANA TRDNOST LESA.....	15
3.2.1 GRČE.....	15
3.2.2 ZAVITOST VLAKEN.....	30
3.2.3 GOSTOTA IN HITROST RASTI.....	33
3.2.4 RAZPOKE.....	36
3.3 PRIMERJAVA MEJNIH VREDNOSTI ZA GEOMETRIJSKE ZNAČILNOSTI.....	38
3.3.1 LISIČAVOST.....	38
3.3.2 UKRIVLJENOST.....	41
3.4 PRIMERJAVA MEJNIH VREDNOSTI ZA ZNAČILNOSTI BIOLOŠKE RAZGRADNJE LESA.....	45
3.4.1 OBARVANOST.....	45
3.4.2 OBŽRTOST ZARADI ŽUŽELK, POŠKODBE ZARADI GLIV, TROHNOBA.....	46
3.5 PRIMERJAVA MEJNIH VREDNOSTI ZA OSTALE ZNAČILNOSTI.....	47
3.5.1 REAKCIJSKI LES.....	47
3.5. MEHANSKE POŠKODBE IN OSTALI KRITERIJI.....	49
<b>4 ZAKLJUČEK</b> .....	<b>50</b>
<b>LITERATURA IN VIRI</b> .....	<b>51</b>

# UVOD

## 1.1 Splošno

Les je naraven, obnovljiv material, zelo uporaben za različne namene. Kot konstrukcijski material ga uporabljamo že od pradavnine, kasneje pa je z raznimi oblikami obdelave postal najpogostejši material za prevzem upogibnih in tlačnih obremenitev (stropne in strešne konstrukcije, mostovi, stebri za električne drogeve,...). Z nastopom jekla in armiranega betona, se je njegova uporaba v gradbeništvu močno zmanjšala. Šele z nastopom lepljenega lesa, z uporabo lesa kot gradiva za izdelavo lesnih plošč, predvsem pa z različnimi postopki spreminjanja neugodnih lastnosti lesa (modificiran les) je njegova uporaba spet začela naraščati.

Les kot konstrukcijski material ima tako dobre kot slabe lastnosti. Med dobre lastnosti štejemo, da je ekološko čist, obnovljiv, da ima visoko trdnost v primerjavi z lastno težo, da se ga lahko obdeluje, ima dobre toplotno izolacijske lastnosti ipd. Njegove slabe lastnosti so predvsem neobstočnost proti vlagi, biološkim škodljivcem in, po splošnem prepričanju, tudi proti požaru. Za uporabo v gradbeništvu je les problematičen predvsem zato, ker na njegove lastnosti ne moremo vplivati, saj so odvisne od tega, kje in kako drevo raste in kako se po poseku ravna z njim (obdelava, sušenje).

Obstaja veliko različnih drevesnih vrst, katerih les ima zelo različne lastnosti. V gradbeništvu se za konstrukcije uporablja največ les iglavcev (smreka, jelka, macesen) ter nekaterih listavcev (npr. hrast). Če želimo uporabljati les z zahtevanimi lastnostmi, moramo dobro poznati tako zgradbo lesa kot njegove napake. Oboje namreč vpliva na njegove trdnostne lastnosti, vidne napake na površini pa tudi na njegov izgled.

Les razvrščamo glede na bistvene lastnosti v razrede. Razvrščanje lesa je seveda odvisno od tega, zakaj ga bomo uporabljali, saj mora imeti les, uporabljen za nosilni konstrukcijski element, drugačne lastnosti kot les, iz katerega izdelujemo parket, opaž ali stavbno pohištvo.

## 1.2 Opis problematike

Kot za vsak drug material moramo tudi pri lesu poznati njegove mehanske lastnosti, če ga želimo uporabiti v konstrukcijah. Za les v konstrukcijah je pomembna predvsem njegova trdnost (upogibna, tlačna, natezna – vzporedno in pravokotno na vlakna, strižna). Največkrat so leseni elementi obremenjeni na upogib, zato je kot karakteristična izbrana upogibna trdnost. Trdnostni razredi pa so (skladno s standardom SIST EN 338) označeni s črkama C (iglavci) oziroma D (listavci) in številko, ki pomeni upogibno trdnost v  $\text{N/mm}^2$  (npr. C24).

Poznamo dva osnovna načina razvrščanja lesa po trdnosti:

⇒ Vizualno razvrščanje

⇒ Strojno razvrščanje

Pri vizualnem razvrščanju razvrščamo les v razrede na osnovi vidnih značilnosti (širina branik) oziroma ocene napak (grče, zavitost vlaken, obarvanje,...), pri strojnem razvrščanju pa les razvrščamo v razrede na osnovi meritev posameznih značilnosti. Povezava med obema načinoma razvrščanja pa kljub mnogim raziskavam še ni natančno določena.

## 1.3 Zgodovinski pregled

Zaenkrat je še vedno najbolj razširjen način razvrščanja lesa vizualno razvrščanje. Tak način razvrščanja lesa pa je predvsem zelo zamuden in močno odvisen od izurjenosti, izkušenj in vestnosti opazovalca.

Začetek strojnega razvrščanja lesa lahko najdemo v 60. letih prejšnjega stoletja, večji razmah pa v 70. in 80. letih prejšnjega stoletja. Na začetku je strojno razvrščanje lesa temeljilo na upogibnem poskusu, s katerim so ugotavljali upogibni elastični modul lesa. Zaradi dokazane povezave med elastičnim modulom in trdnostjo lesa je tako razvrščanje boljše in omogoča točnejše in hitrejše razvrščanje. Slaba stran tega pa so velike in drage naprave. V 90. letih prejšnjega stoletja so začeli uporabljati tudi druge nedestruktivne metode, kot so meritve dinamičnega modula elastičnosti z ultrazvokom oziroma udarnimi metodami, meritve z rentgenskimi napravami in drugo.

## **1.4 Sedanje stanje po svetu**

V številnih evropskih državah se še vedno uporablja vizualno razvrščanje. V začetku so sicer za vizualno razvrščanje nameravali izdelati enoten evropski standard, vendar zaradi prevelikih razlik med vrstami in tudi nacionalnimi standardi to ni bilo možno. Zato so se odločili, da v standardu EN 518:1996 podajo splošna načela za standarde za vizualno razvrščanje, standardi pa bodo ostali nacionalni. Kasneje so določila iz omenjenega standarda vključili v dodatek A standarda za konstrukcijski žagan les prEN 14081-1:2000.

Za razliko od vizualnega razvrščanja lesa dobimo s strojnim razvrščanjem neposredno trdnostni razred po SIST EN 338. Strojno razvrščanje lesa po trdnosti je tako v nekaterih državah že zelo razvito in tudi ekonomsko upravičeno.

## **1.5 Stanje v Sloveniji**

V Sloveniji se še vedno uporablja samo vizualno razvrščanje po postopkih iz JUS oziroma DIN standardov. Vendar tudi to poteka, kot je bilo ugotovljeno z obiski žag in izvršenimi anketami med razvrščevalci, zelo nenatančno (Zorko, 2005). Vizualno razvrščanje je nekakšna kombinacija med standardi, ki ocenjujejo vizualni izgled, in standardi za razvrščanje na podlagi ocene napak (grče, zavrtost vlaken, barva,...). Zaradi sprejema harmoniziranega evropskega standarda kot obveznega (označevanje lesa z oznako CE), bodo naši proizvajalci prisiljeni postopke vizualnega razvrščanja lesa izvajati bolj natančno ali pa se bodo morali odločiti za strojno razvrščanje.



# NEDESTRUKTIVNE METODE RAZVRŠČANJA LESA

## 2.1 Definicija

Po definiciji je nedestruktivna preiskava materiala metoda, s katero identificiramo fizikalne in mehanske lastnosti delov materiala na tak način, da ga ne poškodujemo.

Metode, s katerimi na nedestruktiven način razvrščamo les, razdelimo na:

⇒ Vizualne metode

⇒ Strojne metode

Vizualna metoda razvrščanja lesa je verjetno najbolj razširjena in najstarejša metoda razvrščanja lesa in je subjektivna. Z opazovanjem lesa ugotavljamo značilne lastnosti, kot so širina branik, velikost, pogostost in lega napak, mehanske poškodbe, poškodbe od insektov, barva, ipd.

V zadnjem času pa se vse bolj uveljavljajo strojne metode. Z napravo ugotavljamo lastnosti lesa, ki vplivajo na tiste lastnosti lesa, ki določajo razrede. Na primer z meritvijo upogibne togosti elementa glede na primerjalni element, z meritvijo hitrosti potovanja zvoka skozi les (določitev dinamičnega modula elastičnosti), ultrazvok (meritev potovanja zvoka visoke frekvence), z rentgenskimi žarki, meritvijo lastne frekvence in ostalimi metodami, ki so v razvoju.

## 2.2 Strojne metode

### 2.2.1 Naprave, ki delujejo na osnovi meritve upogiba

So najbolj razširjene in delujejo na dva načina:

1. Pri prehodu elementa skozi napravo za razvrščanje je ta obremenjen z določeno obtežbo, pri tem izmerimo upogib. Velikost upogiba določi trdnostni razred elementa.
2. Upogib je predhodno določen in je enak za vse elemente, ki se razvrščajo. Velikost najmanjše obtežbe, ki je potrebna za dosego upogiba, določa trdnostni razred elementa.

Iz izmerjenega upogiba pri znani obtežbi oz. iz izmerjene obtežbe pri določenem upogibu nato z enačbami iz mehanike trdnih teles izračunamo statični modul elastičnosti. V obeh primerih je potrebno element vizualno preveriti za lastnosti, ki jih naprava ne more zaznati, vplivajo pa na trdnost.

### 2.2.2 Naprave, ki delujejo na osnovi zvočnega valovanja

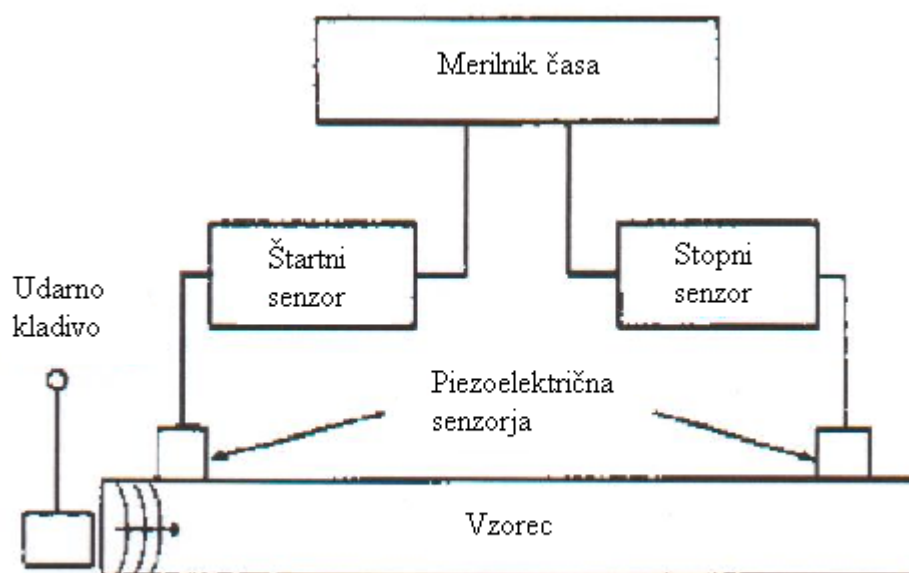
Ta tehnika temelji na dejstvu, da je hitrost zvoka skozi les odvisna od gostote in togosti lesa. Po teoriji lahko nato izračunamo dinamični modul elastičnosti po naslednji enačbi:

$$E_{din} = \rho * v^2$$

kjer je  $\rho$  gostota lesa, ki jo dobimo iz dodatnih preiskav,  $v$  pa hitrost valov. V praksi je val sprožen v lesen vzorec z udarnim kladivom ali pa z vsiljeno vibracijo, ki jo proizvaja nek inštrument. Dva piezoelektrična senzorja sta postavljena na razdalji  $d$ , blizu koncev lesenega vzorca. S pomočjo teh senzorjev se meri čas  $t$ , ki ga potrebuje val, da prepotuje razdaljo med tema dvema točkama. Nato lahko izračunamo hitrost vala po znani enačbi:

$$v = d / t$$

in nato še dinamični modul elastičnosti.



Slika1: Zasnova merjenja udarnih valov

Najnovejša naprava, ki obstaja na trgu, in deluje na principu udarne metode je Timber Grader MTG. Merilni inštrument postavimo na konec lesenega elementa in pritisnemo gumb, ki sproži zvočni val skozi leseni element. Poseben računalniški program nam potem na osnovi izračunane hitrosti preleta valov in izmerjene gostote s tehtanjem razvrsti les v trdnostni razred.



Slika 2: Naprava Timber Grader MTG

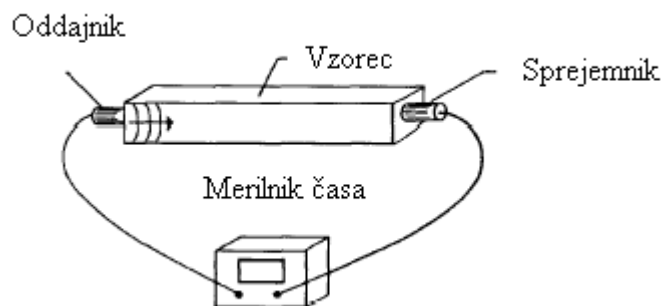
### **2.2.3 Naprave, ki delujejo na osnovi ultrazvočnega valovanja**

Ultrazvočna metoda je dokaj podobna zvočni metodi, le da ta poteka pri višjih frekvencah ( 20 – 500 kHz ). Iz zvočne hitrosti lahko predvidimo trdnost, povečanja časa preleta zvoka med dvema senzorjema pa nam da lokacijo napake v elementu.

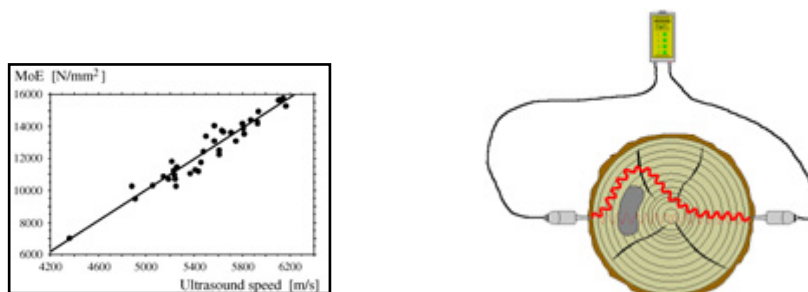
Metoda je uporabna za ugotavljanje razpok predvsem pri bolj homogenih materialih. Najbolj pogosti sta naslednji dve metodi:

- Pri prvi potrebujemo dva piezoelektrična senzorja, oddajnik in sprejemnik, ki sta postavljena na nasprotnih straneh vzorca. Ultrazvočni signal, ki naleti na napako v vzorcu se deloma odbije in ga sprejme oddajnik, zmanjšan del signala, ki se ne odbije pa sprejemnik. Na osnovi teh dveh signalov lahko preiskujemo notranje napake.
- Pri drugi pa potrebujemo samo en senzor, ki deluje kot oddajnik in sprejemnik sproženih pulzov.

Na ultrazvok vplivajo okoljski faktorji in karakteristike lesa, kot sta vlažnost in smer vlaken. Npr. ultrazvok je v smeri vlaken približno trikrat hitrejši kot prečno na vlakna.



Slika 3: Ultrazvočno valovanje



Slika 4: Korelacija med modulom elastičnosti in hitrostjo ultrazvoka

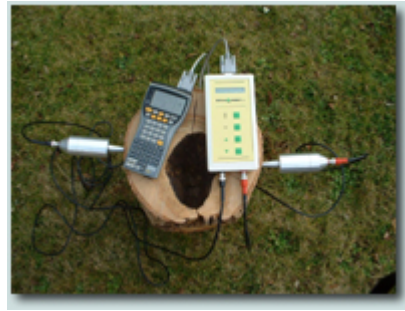
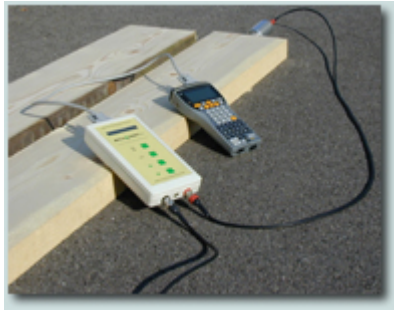
V splošnem velja, da večja kot je hitrost ultrazvoka, manj je posebnosti oziroma napak materiala na poti posameznega vala.

Komercialno uporabna naprava, ki temelji na ultrazvočni metodi, je SYLVATEST DUO, ki omogoča dve aplikaciji:

- ⇒ Longitudinalno merjenje
- ⇒ Radialno merjenje

Z longitudinalnim merjenjem lahko na podlagi znanih mehanskih lastnosti in vrednotenja modula elastičnosti razvrstimo vzorec v določen trdnostni razred.

Radialno merjenje, ki ga izvajamo na stoječih drevesih, nam omogoča vrednotenje notranjega razkroja debla (v odstotkih) še pred posekom.



Slika 5: longitudinalno in radialno merjenje

#### 2.2.4 Skeniranje lesa z rentgenom

Skeniramo s pomočjo obsevanja vzorca z različnih strani, medtem ko se vzorec premika mimo stroja. Jakost poslanih valov se meri na nasprotni strani, kot ga obsevamo. S tem postopkom dosežemo tridimenzionalno sliko vzorca in njegove notranjosti, izračunamo pa lahko različne parametre, ki so povezani s specifično težo, grčami in širino branik.

#### 2.2.5 Merjenje z gama žarki

Komercialno najbolj poznana naprava, ki razvršča les, na podlagi merjenja z gama žarki, je Finnograder. Ta naprava uporablja gama žarke, da definira različne lastnosti lesa, iz katerih lahko predvidimo trdnost. Kot rezultat dobimo sledeče parameter za vsak interval širine 10 cm: grčavost, ekscentričnost grč, zvitost vlaken, specifično težo in predvideno trdnost.

### 2.4 Vizualno razvrščanje lesa

Osnovne zahteve (smernice) za vizualno razvrščanje konstrukcijskega žaganega lesa v Evropski uniji podaja že omenjeni standard prEN14081-1:2000 (dodatek A). V Evropi obstaja več različnih pravil za vizualno razvrščanje lesa v trdnostne razrede. Razlogi za to so naslednji:

- različnost drevesnih vrst oz. skupin drevesnih vrst
- geografski izvor
- različne dimenzijske zahteve
- spreminjajoče zahteve za različno uporabo
- kakovost razpoložljivega materiala
- zgodovinski vplivi in tradicija

Zaradi velikih razlik v pravilih, ki se trenutno uporabljajo v posameznih državah, je zaenkrat nemogoče oblikovati enotna pravila za vse države. Zato so v standardu prEN14081-1:2000 navedena samo osnovna načela, ki naj bi jih upoštevali pri oblikovanju zahtev glede mejnih vrednosti za nekatere značilnosti lesa.

#### **2.4.1 Zahteve za standarde za vizualno razvrščanje lesa po trdnosti (dodatek A v prEN14081-1:2000)**

Standard za vizualno razvrščanje lesa mora vsebovati omejitve za lastnosti lesa in načine določanja teh lastnosti: grče, zavitev lesnih vlaken, gostota oz. stopnja rasti, razpoke, geometrijske karakteristike, biološke karakteristike in druge karakteristike.

Definirane morajo biti mejne vrednosti za:

- Značilnosti zaradi katerih je zmanjšana trdnost lesa:
  - Grče  
Maksimalna dimenzija grče ali luknje na mestu izpadle grče mora biti definirana na enega izmed naslednjih načinov:
    - a) glede na širino in/ali debelino lesa
    - b) glede na prečni prerez lesa
    - c) glede na absolutne vrednosti za dano območje dimenzij lesa

Omejitve dimenzij grč so odvisne od območja elementa, v katerem se grče nahajajo (grče na robovih, na stranski ploskvi, ...).

Pri določenih vrstah in velikosti grč moramo upoštevati, da skupine grč vplivajo na trdnost lesa.

- Zavitev lesnih vlaken

Standard mora vsebovati definicijo za zavitev lesnih vlaken in metodo za merjenje z omejitvenimi vrednostmi za vsak trdnostni razred.

Priporočljive omejitvene vrednosti so podane z razmerji 1:4, 1:6, 1:8, 1:10.

Lokalna zavitev vlaken, ki se pojavlja okoli grč ali drugih napak, se pri merjenju zavitosti lesnih vlaken ne upošteva.

➤ Gostota in hitrost rasti

Standard mora vsebovati zahteve za gostoto ali stopnjo rasti širino branik. Če so predpisane zahteve za gostoto, mora biti določena povezava s stopnjo vlažnosti. Priporočljiva stopnja vlažnosti je 20 %. Če je stopnja vlage pri določanju vlage drugačna od 20 %, mora standard vsebovati korekcijske faktorje za preračun gostote na 20 % vlažnost lesa. Metoda za preračun je podana v SIST EN 384.

Če je predpisana širina branik, mora standard vsebovati definicijo za stopnjo rasti in metodo za merjenje z omejitvenimi vrednostmi.

Priporočljive omejitvene vrednosti za širino branik so 15 mm, 10 mm, 8 mm, 6mm, 4 mm in 3 mm.

➤ Razpoke

Če z raziskavami ali empirično ugotovimo, da razpoke ne vplivajo na trdnost, lahko njihov vpliv zanemarimo. V nasprotnem primeru moramo postaviti omejitve. Razpoke, katerih širina je manjša od 1 mm, lahko zanemarimo.

• Geometrijske značilnosti:

➤ Lisičavost

Standard mora vsebovati kriterije za omejitve zmanjšanja dimenzij, ki so posledica lisičavosti in se nanašajo na širino, debelino in dolžino preizkušanca, in metode, s katerimi te spremembe merimo.

Največja sprememba (zmanjšanje) dimenzije zaradi lisičavosti ne sme zmanjšati robne in čelne dimenzija elementa na manj kot 2/3 osnovne dimenzije elementa.

Zmanjšanje dimenzije vpliva na površino in odpornostni moment elementa, omejitve pa so potrebne tudi iz konstrukcijskih razlogov.

➤ Ukrivljenost

Določene morajo biti omejitve največjih določenih vrednosti za vzdolžno ukrivljenost v smeri širine in debeline ter zaradi zvitosti. Tudi če ukrivljenost lesa ne vpliva na trdnost, je treba vpeljati omejitve zaradi konstrukcijskih razlogov.

Ukrivljenost je povezana z vsebnostjo vlage in se lahko s časom spreminja. Pogosto je povezana tudi z dimenzijo lesa.

• Značilnosti biološke razgradnje lesa:

Standard mora vsebovati zahteve glede omejitev za poškodbe, ki so posledica delovanja gliv in insektov.

• Ostale značilnosti:

➤ Reakcijski les

Z reakcijskim lesom drevo preprečuje ukrivitev debla. Pri iglavcih je pod vejo pri listavcih pa nad vejo. Zato morajo standardi za mehek les upoštevati tak les kot kompresijski les, standardi za trd les pa kot tenzijski les.

➤ Mehanske poškodbe

Vpliv poškodb, ki nastanejo na deblih in rezanem lesu v gozdu, med prevozom in pri rokovanju, mora biti smiselno omejen glede na vpliv, ki naj bi ga takšne poškodbe imele na trdnost lesa v času uporabe.

➤ Ostale značilnosti

Značilnosti lesa, ki so značilne za posamezno področje, lahko zahtevajo določitev posebnih kriterijev in omejitev, ki pa naj se nanašajo le na trdnost ali konstrukcijsko rabo lesa.



- Označevanje:

Vsak razvrščen element mora biti ustrezno označen. Način, kako naj bo označen, mora biti opisan v standardu. Označba mora vsebovati naslednje podatke:

- a) razred
- b) vrsto lesa
- c) proizvajalca
- d) standard, po katerem je bilo izvedeno razvrščanje

Če so označbe po razvrščanju odstranjene, je elemente potrebno ponovno označiti v skladu z zahtevami za standarde za vizualno razvrščanje lesa. V izjemnih okoliščinah se lahko v trdnostne razrede razvrščen les pusti brez označb zaradi estetskih razlogov. V takem primeru mora naročnik to navesti ob naročilu. Na koncu standarda so v dodatku navedeni nekateri standardi za razvrščanje lesa v trdnostne razrede, ki so v uporabi na območju Evropske unije:

Britanski standard: BS 4978

Nordijski pravilnik za razvrščanje: INSTA 142

Nemški standard: DIN 4074-1

Francoski standard: NF B 52-001-4

Belgijski standard: STS 04

Italijanski standard: UNI 8198

Irski standard: IS 127

# **PRIMERJAVA STANDARDOV DIN 4074-1, NS-INSTA 142 TER BS 4978 ZA VIZUALNO RAZVRŠČANJE LESA PO TRDNOSTI IN ZAHTEVE ZA ŽAGANI LES PO prEN 14081-1**

Kot sem že omenil, se na področju Evropske unije uporablja več različnih standardov. Osrednji del moje diplomske naloge bo zato primerjava treh standardov.

## **3.1 Trdnostni razredi in vrste žaganega lesa po posameznih standardih**

Zaradi lažje primerjave ostalih lastnosti oz. mejnih vrednosti bom najprej podal trdnostne razrede, v katere razvrščajo elemente posamezni standardi.

### a) DIN 4074-1:2003

Na podlagi vizualno ugotovljenih značilnosti razlikujejo tri razrede žaganega lesa:

- S7
- S10
- S13

Kriteriji razvrščanja veljajo pri 20% vlažnosti lesa. Mejne vrednosti se merijo na najslabših mestih. Mejne vrednosti za posamezne razrede so podane v preglednicah in sicer ločeno za:

- tramove, pokončne deske in plohe (razredi S7, S7K; S10, S10K; S13, S13K)
- deske in plohe (razredi S7, S10, S13)
- letve (razreda S10 in S13)

V standardu so definirane naslednje vrste žaganega lesa:

Preglednica 1: Razdelitev žaganega lesa po DIN 4074-1

	Debelina $d$ oz. višina $h$	Širina $b$
letev	$d \leq 40 \text{ mm}$	$b < 80 \text{ mm}$
deska	$d \leq 40 \text{ mm}$	$b \geq 80 \text{ mm}$
ploh	$d > 40 \text{ mm}$	$b > 3d$
tram	$b \leq h \leq 3b$	$b > 40 \text{ mm}$

b) NS-INSTA 142:1997

Nordijski standard razlikuje glede na trdnost štiri razrede žaganega lesa:

- T3
- T2
- T1
- T0

Karakteristične vrednosti trdnosti teh razredov so približno  $30 \text{ N/mm}^2$ ,  $24 \text{ N/mm}^2$ ,  $18 \text{ N/mm}^2$  in  $14 \text{ N/mm}^2$  za bor, jelko, smreko in macesen, ki rastejo v povprečnih nordijskih razmerah. Za ostale vrste lesa in pogoje rasti lahko karakteristične vrednosti trdnosti odstopajo.

Za les, ki se uporablja kot lepljen les, nordijski standard prav tako razlikuje štiri razrede: LT40, LT30, LT20 in LT10.

Standard razlikuje dve vrsti žaganega lesa:

- elementi debeline  $\geq 45 \text{ mm}$  ali širine  $\geq 70 \text{ mm}$
- elementi debeline  $< 45 \text{ mm}$  in širine  $< 70 \text{ mm}$  do min  $25 \times 50 \text{ mm}$

c) BS 4978:1973

Britanski standard pri vizualni klasifikaciji loči dva trdnostna razreda:

- splošni konstrukcijski razred (GS)
- posebni konstrukcijski razred (SS)

Za les, ki se uporablja kot lepljen les, britanski standard razlikuje naslednje tri razrede: LA, LB in LC.

Standard ne definira vrst žaganega lesa, podaja pa minimalno vrednost za debelino ( $35 \text{ mm}$ ) in širino ( $60 \text{ mm}$ ).

d) prEN14081-1:2000 (dodatek A)

Evropski predstandard zahteva razvrščanje lesa v trdnostne razrede po standardu EN 338. Dovoljuje tako vizualno kot strojno razvrščanje, povezava med razredi, dobljenih po obeh načinih razvrščanja, pa je določena po SIST EN 1912. Pri strojno razvrščenem lesu je treba nekatere napake (razpoke, zvitost, trohno) dodatno vizualno oceniti. Prav tako je treba vizualno oceniti velikost grč in zavrtost vlaken na končanih delih elementov, ki niso strojno razvrščeni.

Splošna načela, ki se jih je treba držati pri vizualnem razvrščanju lesa, in omejitve napak so podane v dodatku A, dovoljena odstopanja dimenzij žaganega lesa pa v standardu EN 336.

Preglednica 2: Povezava med trdnostnimi razredi in razredi vizualno razvrščenega lesa iglavcev in topolovine po SIST EN 1912

SIST EN 338	DIN 4074-1	NS-INSTA 142	BS 4978
C30	S 13	T3	
C24	S 10	T2	SS
C18		T1	SS
C16	S 7		GS
C14		T0	GS

### 3.2 Primerjava mejnih vrednosti za značilnosti, zaradi katerih je zmanjšana trdnost lesa

#### 3.2.1 Grče

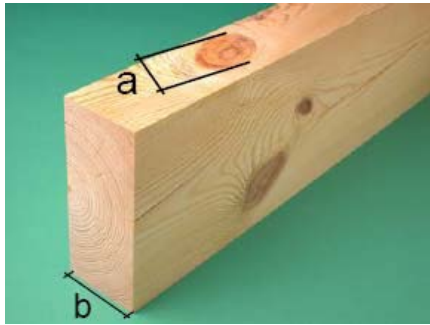
a) DIN 4074-1:2003

Pri razvrščanju ne razlikujemo med vraslimi in nevrslimi grčami. Izpadle grče obravnavamo enako kot vključene.

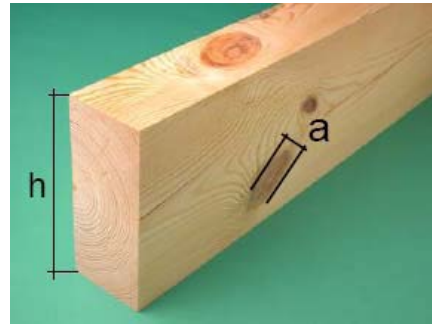
- Grče v tramovih

Merodajen je najmanjši vidni premer grče  $a$ . Grčavost  $A$  izračunamo tako, da delimo premer  $a$  z mero  $b$  ali  $h$  pripadajoče stranice profila. Upoštevamo največjo grčo.

- Razvrstitev tramov v razred S7:  $A \leq \frac{3}{5}$

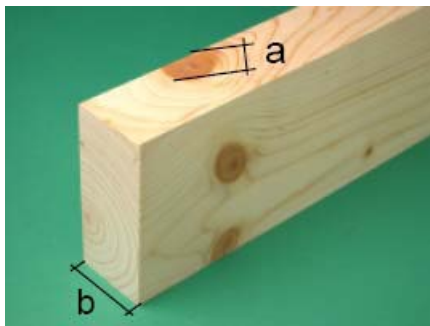


$$A = \frac{a}{b}$$

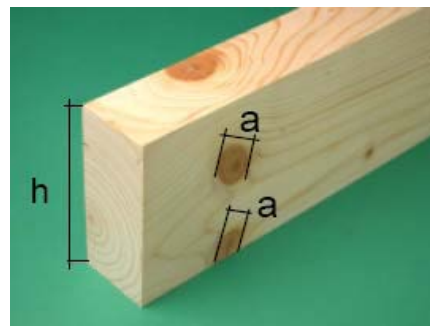


$$A = \frac{a}{h}$$

- Razvrstitev tramov v razred S10:  $A \leq \frac{2}{5}$

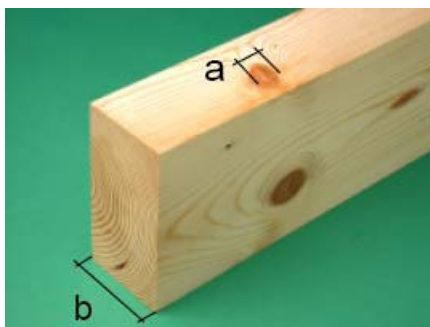


$$A = \frac{a}{b}$$

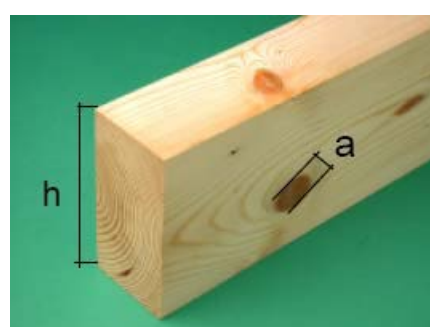


$$A = \frac{a}{h}$$

- Razvrstitev tramov v razred S13:  $A \leq \frac{1}{5}$



$$A = \frac{a}{b}$$



$$A = \frac{a}{h}$$

Slika 6: Merjenje grč po DIN 4074-1 pri tramovih

- Grče v deskah in plohih

Pri razvrščanju moramo upoštevati tri kriterije:

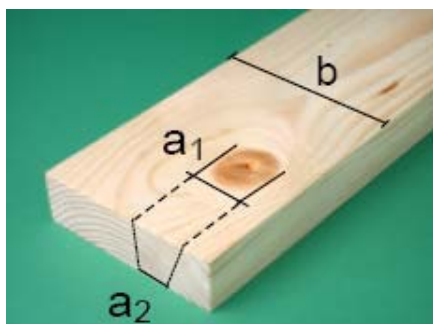
Ploskovna grča: grčavost  $A$  izračunamo kot vsoto mer grč  $a$ , ki smo jih določili na vseh površinah, na katerih izstopajo grče, deljeno s širino  $b$ .

Bočna grča: za izračun grčavosti moramo določiti projicirane dolžine, kot je prikazano na spodnji sliki.

Skupina grč: grčavost  $A$  izračunamo kot vsoto mer grč  $a$ , ki smo jih določili na vseh prečnih prerezih na dolžini 150 mm, deljeno z širino  $b$ . Mere grč, ki se prikrivajo, upoštevamo le enkrat. Grč, katerih najmanjši premer na nobeni stranici ne presega 5 mm, ne upoštevamo.

➤ Razvrstitev desk in plohov v razred S10

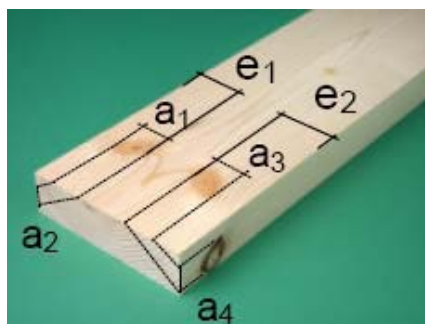
Ploskovna grča



$$a = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

$$A = \frac{a}{b} \leq \frac{1}{3}$$

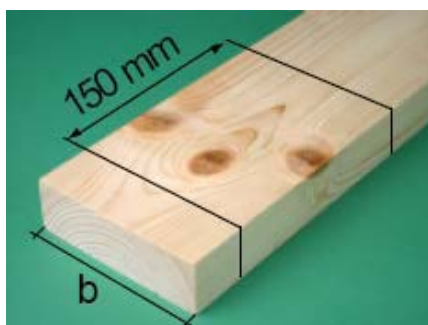
Bočna grča



$$E = e_1 + e_2$$

$$E \leq \frac{2}{3}b$$

Skupina grč

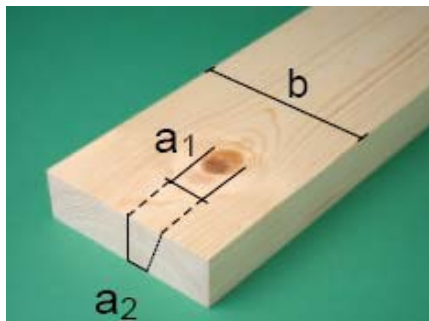


$$A = \frac{\sum_i a_i}{b} \leq \frac{1}{2}$$

( $a_i$  so dimenzije grč v območju 150 mm)

➤ Razvrstitev desk in plohov v razred S13

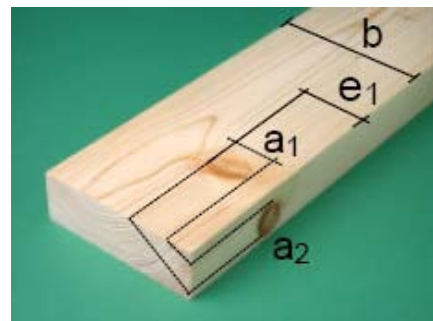
Ploskovna grča



$$a = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

$$A = \frac{a}{b} \leq \frac{1}{5}$$

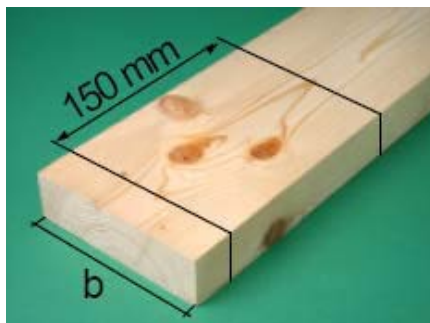
Bočna grča



$$E = e_1$$

$$E \leq \frac{1}{3}b$$

Skupina grč



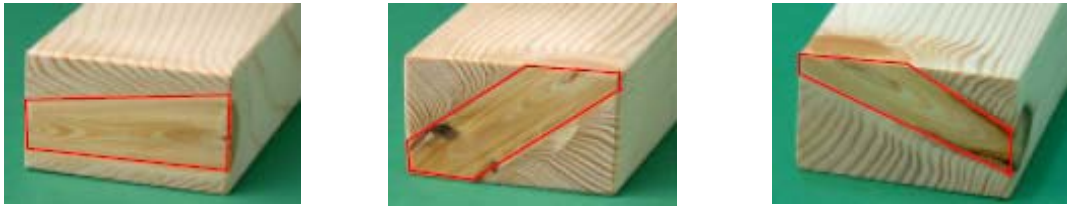
$$A = \frac{\sum_i a_i}{b} \leq \frac{1}{3}$$

( $a_i$  so dimenzije grč v območju 150 mm)

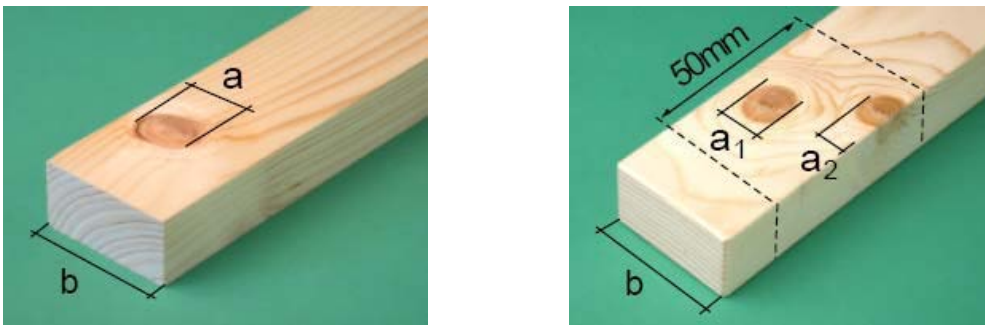
Slika 7: Merjenje grč po DIN 4074-1 pri deskah in plovih

- Grče v letvah

Grče merimo samo vzporedno z robovi in samo na ploskvah. Pri robnih grčah in grčah na ožji stranici moramo preveriti ali grča poteka skozi celotno širino letve. Pri letvah s strženom velja, da so grče, vidne na obeh straneh, grče skozi celotno širino. Grčavost  $A$  izračunamo kot vsoto vseh mer grča  $a$  na eni stranici na dolžini 50 mm, deljeno s širino  $b$ . Odločilna je večja grčavost.



Slika 8: Nedovoljene vrste grč po DIN 4074-1 pri letvah



$$A = \frac{a}{b}$$

$$A = \frac{a_1 + a_2}{b}$$

Slika 9: Merjenje grč po DIN 4074-1 pri letvah

- Razvrstitev letev v razred S10: - na splošno  $A \leq 1/2$   
- bor  $A \leq 2/5$
- Razvrstitev letev v razred S13: - na splošno  $A \leq 1/3$   
- bor  $A \leq 1/5$

Preglednica 3: Kriteriji za grče po DIN 4074-1

	Razredi		
	S7	S10	S13
Tramovi: splošno	do 3/5	do 2/5	do 1/5
Deske in plohi: grča	do 1/2	do 1/3	do 1/5
venec grč	do 2/3	do 1/2	do 1/3
bočne grče		do 2/3	do 1/3
Letve: splošno	do 1/2	do 1/3	
bor	do 2/5	do 1/5	

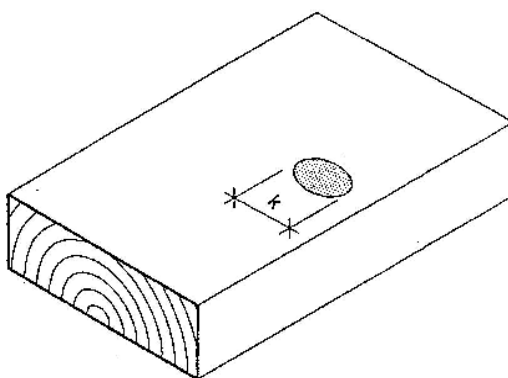


b) NS-INSTA 142:1993

Nordijski standard predpisuje različne omejitvene vrednosti za elemente debeline  $\geq 45$  mm ali širine  $\geq 70$  mm, ter elemente debeline  $< 45$  mm in širine  $< 70$  mm. Pravila so naslednja:

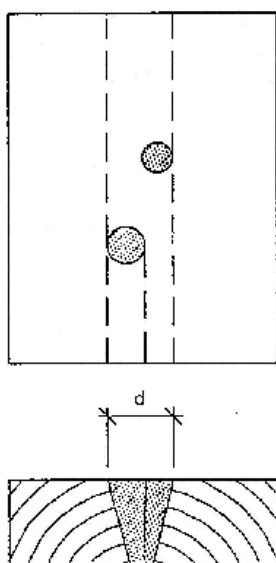
- Elementi debeline  $\geq 45$  mm ali širine  $\geq 70$  mm

Grče se merijo pravokotno na dolžino elementa in temeljijo na dimenzijah v času razvrščanja. Skorja okoli grč se meri skupaj z grčo. Če dve grči med sabo nista čisto ločeni, se merita kot ena grča.



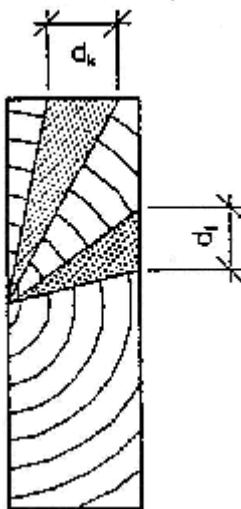
Slika 10: Merjenje grč po NS-INSTA-142

Grči, ki se prekrivata v dolžinski smeri, se upoštevata kot ena grča. To velja tudi, če sta grči del skupine grč.



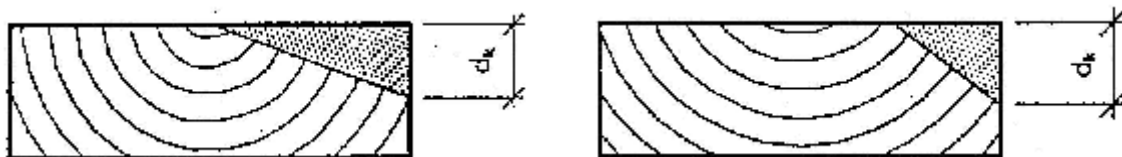
Slika 11: Merjenje prekritih grč

Robne grče: grče, ki se pojavijo na robu in se merijo pravokotno na dolžino elementa. Če je velikost grče na eni strani 7 mm ali manj, se grče na tej strani ne upoštevata.



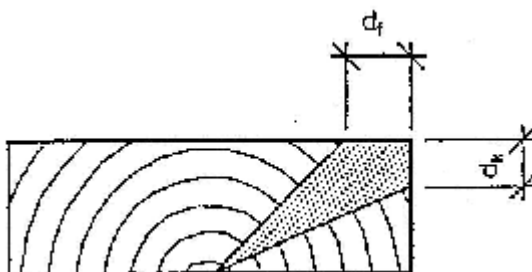
Slika 12: Ploskovne in robne grče

Poševne grče, ki ne dosežejo zunanje ploskve, se merijo enako kot robne grče in so ekvivalentne robnim grčam.



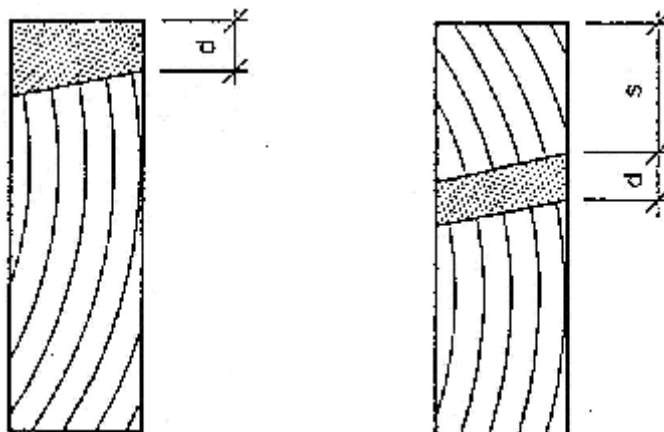
Slika 13: Poševne grče na notranji ploskvi

Velikost poševnih grč, ki dosežajo zunanjo ploskev, se izračuna kot seštevek dimenzije grče na robu in polovica dimenzije grče na zunanji ploskvi.



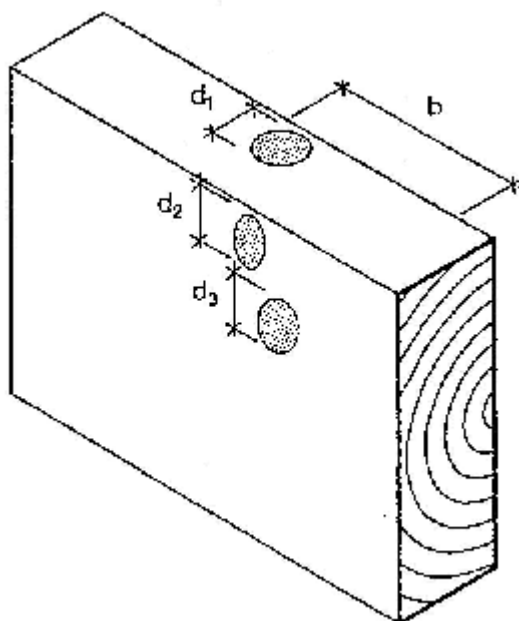
Slika 14: Poševne grče, ki dosežajo zunanjo ploskev

Grče, ki segajo od zunanje do notranje ploskve, se merijo samo na zunanji ploskvi. Take grče, ki so oddaljene od roba manj kot  $d$ , se vrednotijo kot robne grče. Če pa je grča oddaljena od roba več kot  $d$ , se vrednoti kot ploskovna grča.



Slika 15: Grče skozi celotno širino

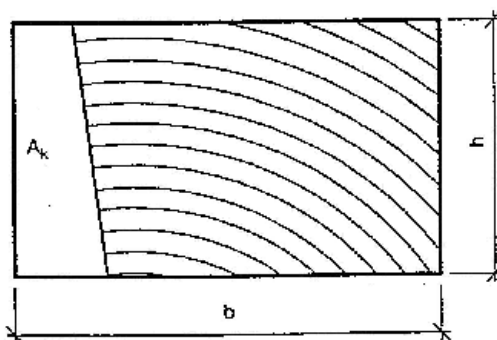
Grče, ki se pojavijo na dolžini, ki je enaka širini elementa do maksimalne dolžine 150 mm, se imenuje skupina grč. Grčavost se izračuna kot seštevek vseh grč na zunanji ploskvi in na robovih, ki so na določeni dolžini.



Slika 16: Skupina grč

- Elementi debeline  $< 45$  mm ali širine  $< 70$  mm

Pravila za merjenja so enaka. Grčavost je ovrednotena kot razmerje med površino grče in površino celotnega prečnega prereza elementa. Grčavost skupine grč je ovrednotena kot vsota teh razmerij na dolžini 100 mm.



Slika 17: Razmerje površin

Preglednica 4: Kriteriji za grče po NS-INSTA-142

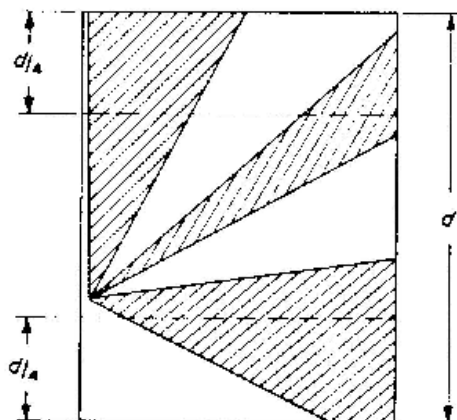
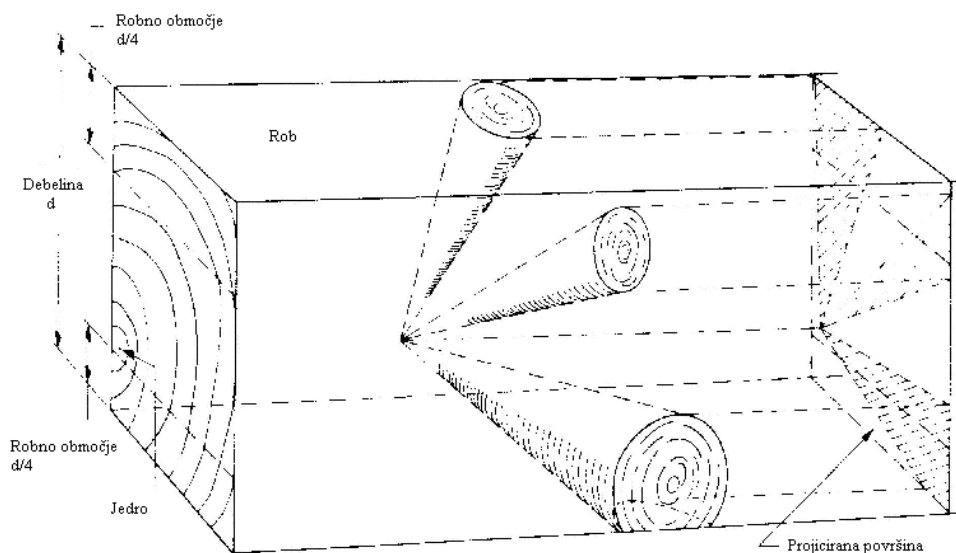
	T3	T2	T1	T0
<b><math>d \geq 45</math> mm ali <math>b \geq 70</math> mm</b>				
- posamezne grče	rob: $1/3 d$ ploskev: $1/6 b$	rob: $1/2 d$ ploskev: $1/4 b$ , največ 50 mm	rob: $4/5 d$ ploskev: $2/5 b$ , največ 75 mm	rob: $1/1 d$ ploskev: $1/2 b$
- robne grče	niso dovoljene	maksimalna dolžina posamezne grče enaka širini elementa		dovoljene
- skupina grč	maksimalna vsote grč je enaka vsoti največje dovoljene ploskovne in največje dovoljene robne grče			
<b><math>d &lt; 45</math> mm in <math>b &lt; 75</math> mm</b>				
- površina prečnega prereza ene grče		$1/4$ prečnega prereza celotnega elementa		$1/3$ prečnega prereza celotnega elementa
- površina prečnega prereza skupine grč		$1/3$ prečnega prereza celotnega elementa		$1/2$ prečnega prereza celotnega elementa

c) BS 4978:1973

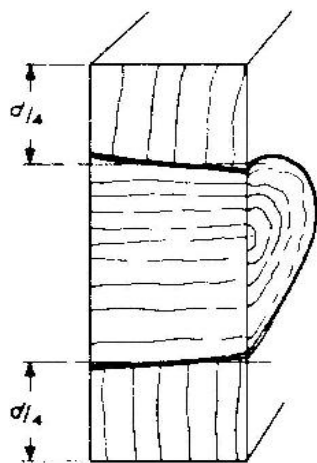
Britanski standard podaja omejitvene vrednosti grčavosti s kvocientom območja grče (K.O.G.). Ta kvocient je razmerje med projicirano prečno površino grče in celotnim prečnim prerezom elementa. Grč, manjših od 5 mm, se ne upošteva. Tipični kvocienti področja grče so prikazani na sliki 19. Za lažje razumevanje moram razložiti še naslednja dva izraza:

Robno območje: območji na robovih prečnega prereza elementa, vsako od teh pokriva 1/4 celotnega prečnega prereza elementa.

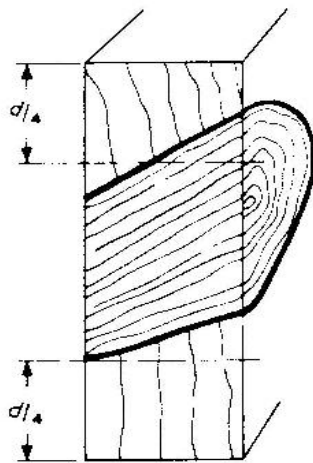
Robni pogoji: robni pogoji obstajajo, če projicirana površina grč pokriva več kot polovico enega od robnih območij.



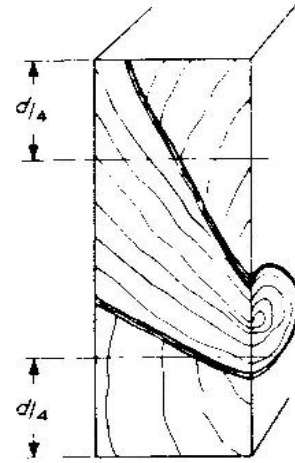
Slika 18: Projekcije grč



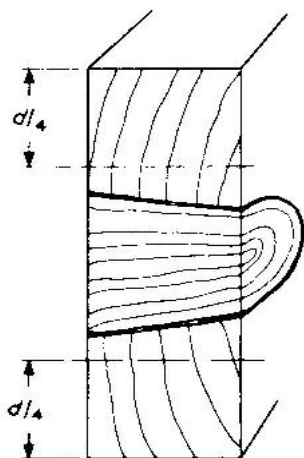
K.O.G. = 1/2



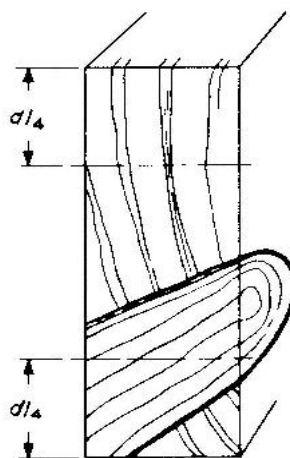
K.O.G. = 1/2



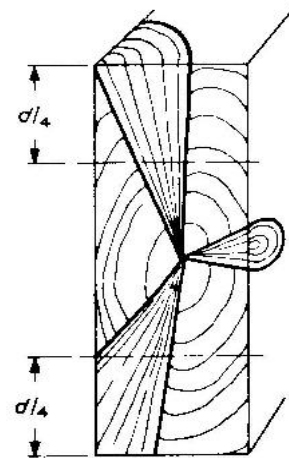
K.O.G. = 1/2



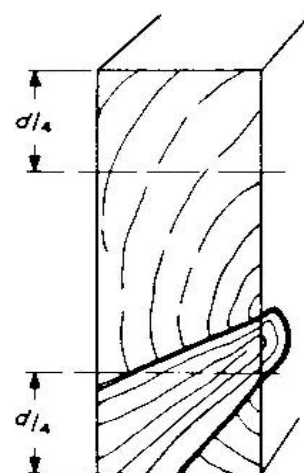
K.O.G. = 1/3



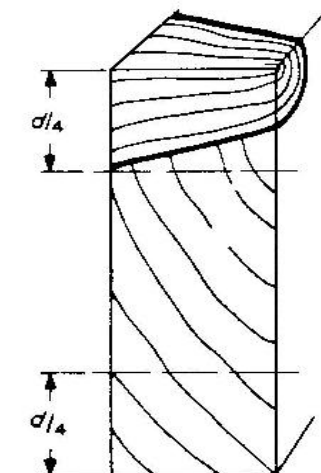
K.O.G. = 1/3



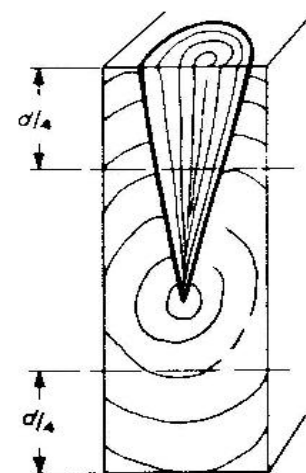
K.O.G. = 1/3



K.O.G. = 1/5



K.O.G. = 1/5

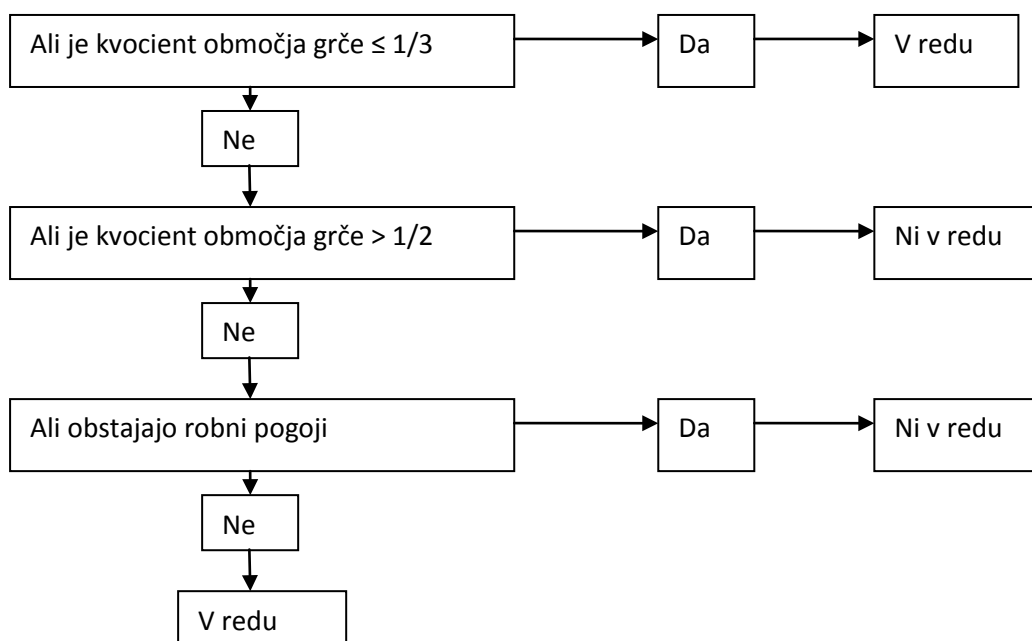


K.O.G. = 1/5

Slika 19: Značilni kvocienti območja grč

- Splošni konstrukcijski razred (GS)

- kvocient območja grče: če obstajajo robni pogoji kvocient območja grče ne sme prekoračiti  $1/3$ , če pa robni pogoji ne obstajajo, kvocient območja grče ne sme prekoračiti  $1/2$ . Metoda razvrščanja v GS razred je prikazana na sliki 20.

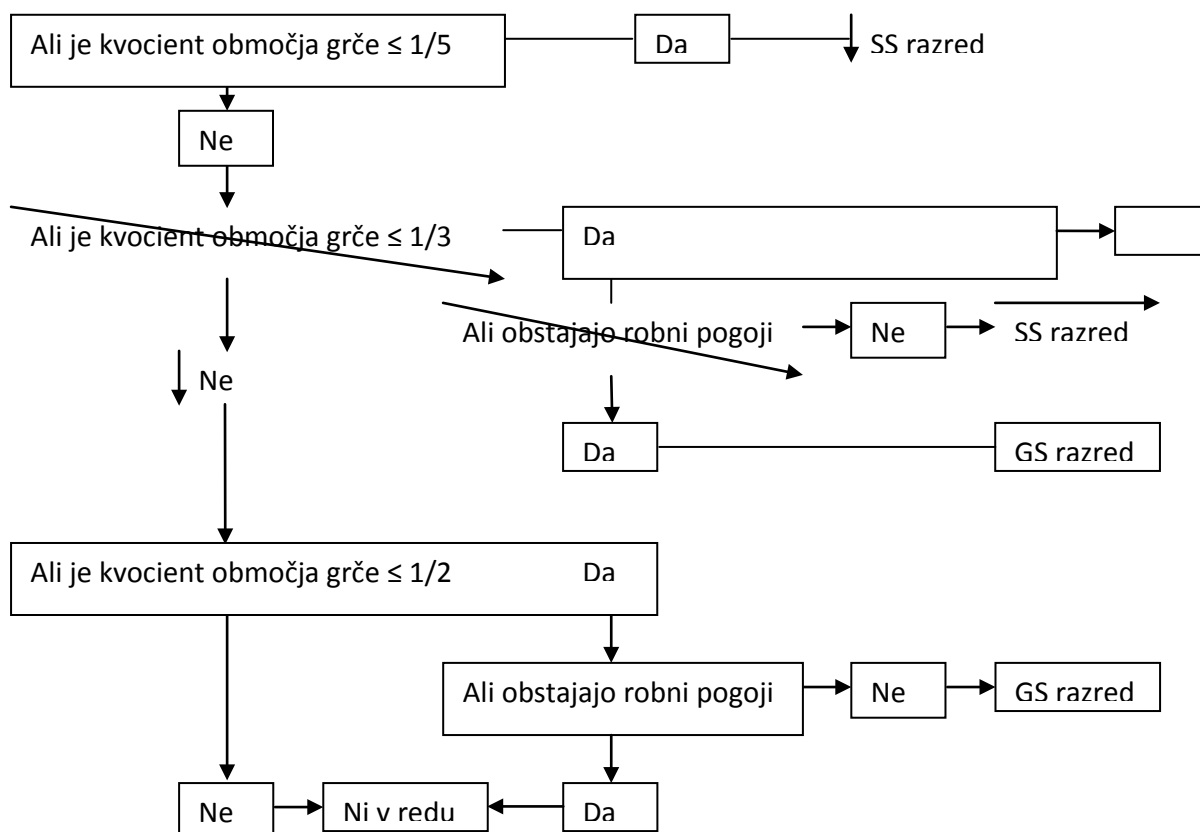


Slika 20: Odločitev o razvrstitvi v GS razred

- dolžinska ločenost: ko dve ali več grč, obe s kvocientom območja grče, ki prekorači 90 % dovoljene vrednosti kvocienta, ležita narazen na dolžinski razdalji, ki je manjša kot polovica širine elementa, se ta element ne kvalificira v ta razred.

- Posebni konstrukcijski razred (SS)

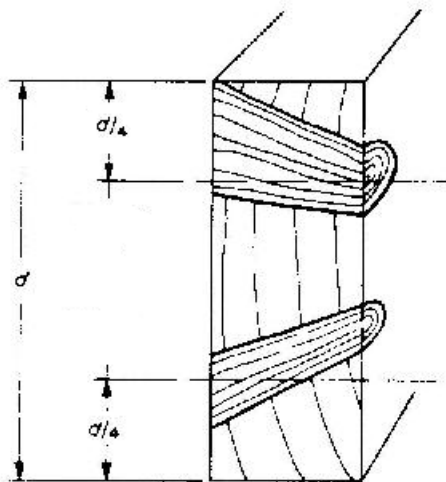
- kvocient območja grče: če obstajajo robni pogoji, kvocient območja grče ne sme prekoračiti  $1/5$ , če pa robni pogoji ne obstajajo, kvocient območja grče ne sme prekoračiti  $1/3$ . Metoda razvrščanja v SS razred je prikazana na sliki 21.



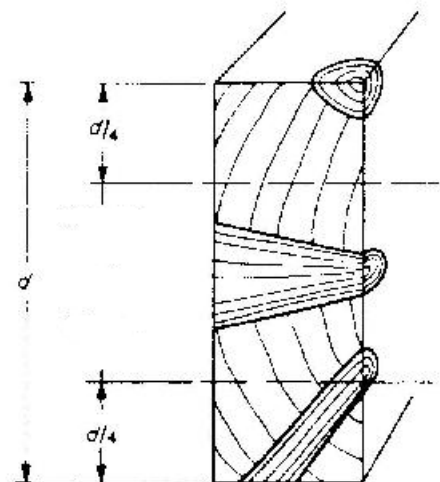
Slika 21: Odločitev o razvrstitvi v SS razred

- dolžinska ločenost: ko dve ali več grč, obe z kvocijentom območja grče, ki prekorači 90 % dovoljene vrednosti kvocijenta, ležita narazen na dolžinski razdalji, ki je manjša kot polovica debeline elementa, se ta element ne kvalificira v ta razred.





Ker je več kot ena polovica robnega območja zapolnjena z grčo, kvocient območja grče ne sme prekoračiti:  
 1/3 za GS razred  
 1/5 za SS razred



Ker je manj kot ena polovica robnega območja zapolnjena z grčo, kvocient območja grče ne sme prekoračiti:  
 1/2 za GS razred  
 1/3 za SS razred

Slika 22: Omejitvene vrednosti za posamezen razred

Preglednica 5: Kriteriji za grče po BS 4978

	GS razred	SS razred
obstajajo robni pogoji	K.O.G. $\leq 1/3$	K.O.G. $\leq 1/5$
ne obstajajo robni pogoji	K.O.G. $\leq 1/2$	K.O.G. $\leq 1/3$

d) prEN14081-1:2000 (dodatek A)

Evrposki predstandard omejitvenih vrednosti za grčavost ne podaja, podaja pa smernice, po katerih naj bi se določala grčavost.

Maksimalna dimenzija grče ali luknje na mestu izpadle grče mora biti definirana glede na širino in/ali debelino lesa, glede na prečni prerez lesa ali glede na absolutne vrednosti za dano območje dimenzij lesa.

Preglednica 6: Primerjava mejnih vrednost grč

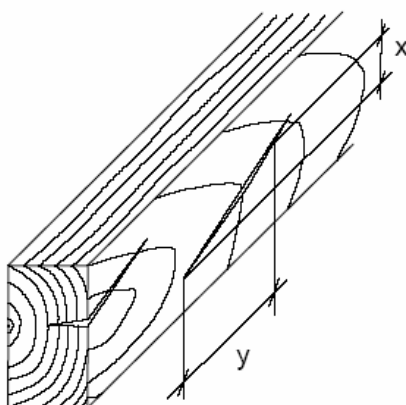
Razredi po standardih za vizualno razvrščanje	T3	rob $1/3 d$ ploskev $1/6 b$	rob $1/3 d$ ploskev $1/6 b$  niso dovoljene	
	S13	do $1/5$	do $1/5$  do $1/3$ do $1/3$	
	SS	obst. rob. pog : do $1/5$ ne obst. rob. pog.: do $1/3$	velja za vse: obst. rob. pog : do $1/5$ ne obst. rob. pog.: do $1/3$	velja za vse: obst. rob. pog : do $1/5$ ne obst. rob. pog.: do $1/3$
	T2	rob $1/2 d$ ploskev $1/4 b$	rob $1/2 d$ ploskev $1/4 b$  do $1/1 b$	do $1/4$ prereza  do $1/3$ prereza
	S10	do $2/5$	do $1/3$  do $1/2$ do $2/3$	do $1/3$
	GS	obst. rob. pog : do $1/3$ ne obst. rob. pog.: do $1/2$	velja za vse: obst. rob. pog : do $1/3$ ne obst. rob. pog.: do $1/2$	velja za vse: obst. rob. pog : do $1/3$ ne obst. rob. pog.: do $1/2$
	T1	rob $4/5 d$ ploskev $2/5 b$	rob $4/5 d$ ploskev $2/5 b$  do $1/1 b$	do $1/3$ prereza  do $1/2$ prereza

	T0	rob $1/1 d$ ploskev $1/2 b$	rob $1/1 d$ ploskev $1/2 b$  dovoljene	
	S7	do $3/5$	do $1/2$  do $2/3$	do $1/2$
		Tramovi: -splošno	Deske in plohi: - posamezne grče  - skupina grč - bočne grče - robne grče	Letve: - posamezna grča  - skupina grč

### 3.2.2 Zavítost vlaken

a) DIN 4074-1:2003

Zavítost lesnih vlaken izračunamo kot odklon vlaken  $x$  na merski dolžini  $y$  v odstotkih. Lokalne zavítosti vlaken, do katere pride npr. zaradi grč, ne upoštevamo. Zavítost lesnih vlaken ugotavljamo po razpokah ali branikah ob upoštevanju standarda EN 310.



Slika 23: Merjenje zavítosti vlaken po DIN 4074-1

Preglednica 7: Kriteriji za zavítost vlaken po DIN 4074-1

	Razredi		
	S7	S10	S13
Tramovi:	do 16 %	do 12 %	do 7 %
Deske in plohi:	do 16 %	do 12 %	do 7 %
Letve:	do 12 %	do 7 %	

b) NS-INSTA 142:1997

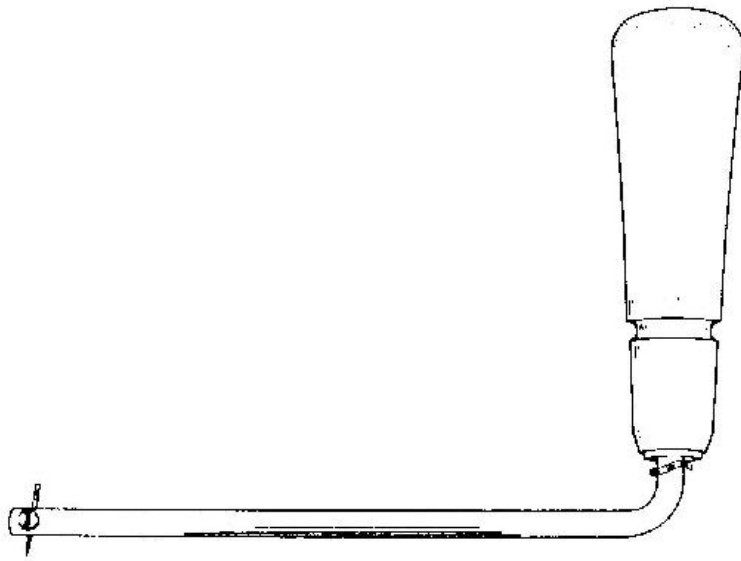
Nordijski standard obravnava zavrtost vlaken enako kot DIN 4074-1. Omejitvene vrednosti v preglednicah zaradi lažje primerjave podamo v odstotkih.

Preglednica 8: Kriteriji za zavrtost vlaken po NS-INSTA 142

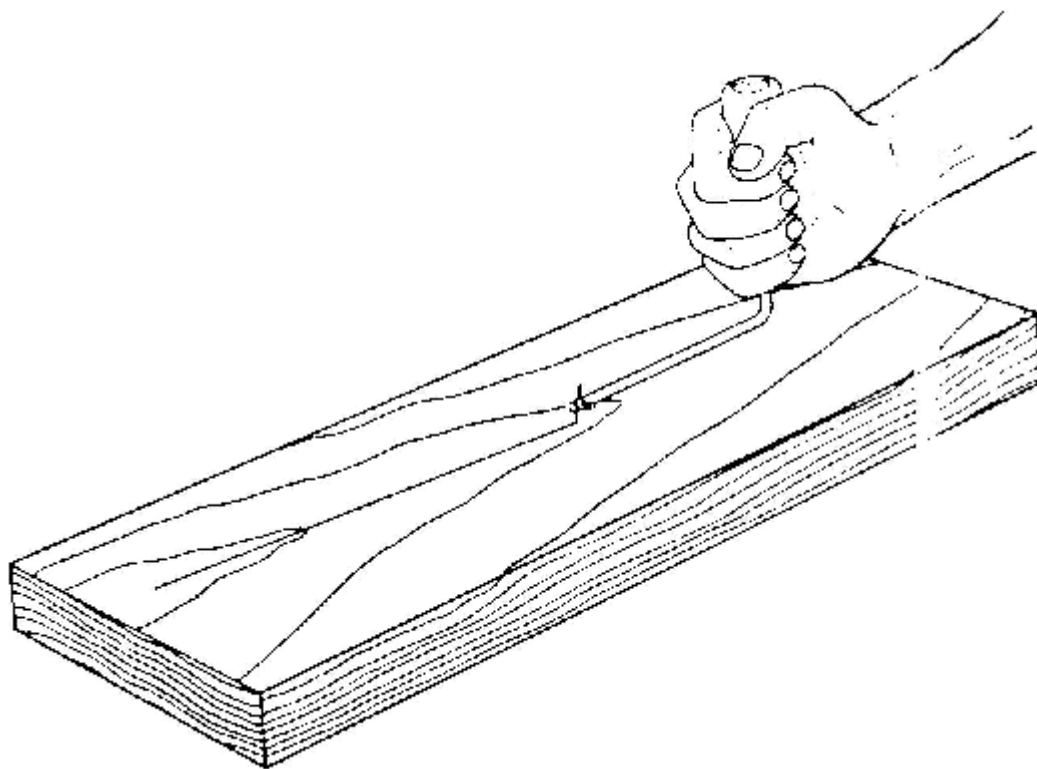
	T3	T2	T1	T0
$d \geq 45$ mm ali $b \geq 70$ mm	do 10 %	do 12,5 %	do 16,7 %	do 25 %
$d < 45$ mm in $b < 75$ mm		do 10 %	do 12,5 %	

c) BS 4978:1973

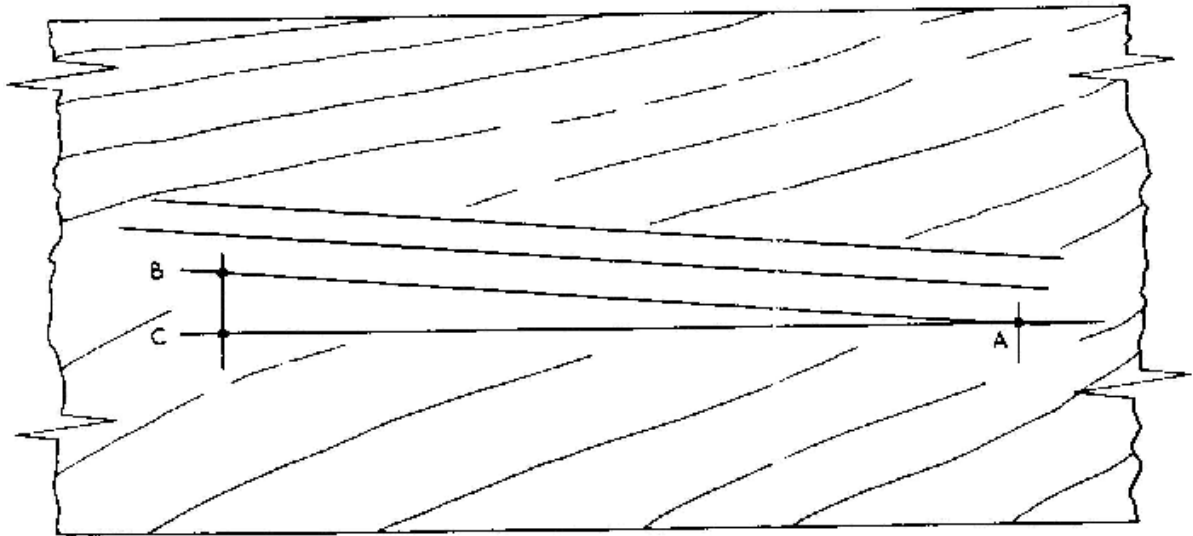
Britanski standard obravnava zavrtost vlaken s pomočjo posebne zarisalne igle, ki je prikazana na sliki 24. S to iglo počasi in s pravim pritiskom potegnemo po elementu, da ugotovimo smer vlaken. Postopek ponovimo vsaj 2x in če je pri drugem poskusu smer vlaken paralelna s smerjo vlaken pri prvem poskusu, je v redu, če ne postopek ponovimo. Zavrtost vlaken merimo kot je prikazano na slikah 25 in 26, kjer je AB črta, ki nam indicira smer vlaken, AC črta vzporedna robu elementa, BC pa je dolžine enote. Zavrtost vlaken je izražena kot  $1/x$ , kjer je  $x$  dolžina črte AC, merjeno v enotah dolžine BC. V bistvu je to razmerje definirano podobno kot v DIN-u in INSTA, le na drugačen način. Omejitvene vrednosti v preglednicah zaradi lažje primerjave podamo v odstotkih.



Slika 24: Zarisalna igla



Slika 25: Uporaba zarisalne igle



Slika 26: Merjenje zavivosti vlaken po BS 4978

Preglednica 9: Kriteriji za zavistos vlaken po BS 4978

	GS razred	SS razred
vse vrste lesa	do 16,7 %	do 10 %

d) prEN14081-1:2000 (dodatek A)

Evropski predstandard podaja samo smernice, kaj mora vsebovati standard za razvrščanje, in pa priporočljive omejitvene vrednosti. Standard mora vsebovati definicijo za zavistos lesnih vlaken in metodo za merjenje z omejitvenimi vrednostmi za vsak razred, priporočljive omejitvene vrednosti so podane z razmerji 1:4, 1:6, 1:8, 1:10.

Preglednica 10: Primerjava mejnih vrednosti za zavistos vlaken

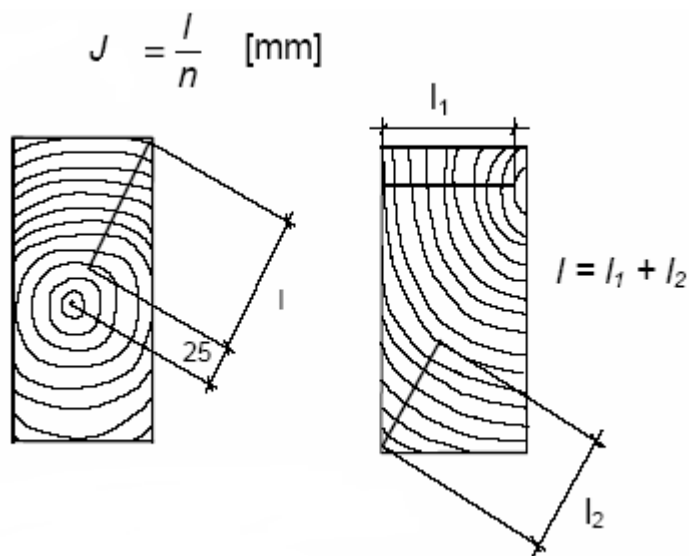
	Razredi po standardih za vizualno razvrščanje								
	S7	T0	T1	GS	S10	T2	SS	S13	T3
Tramovi	do 16 %	do 25 %	do 16,7%	do 16,7 % za vse	do 12 %	do 12,5 %	do 10 % za vse	do 7 %	do 10 %
Deske in plohi	do 16 %				do 12 %			do 7 %	

Letve	do 12 %		do 12,5 %		do 7 %	do 10 %			
-------	---------	--	-----------	--	--------	---------	--	--	--

### 3.2.3 Gostota in hitrost rasti

a) DIN 4074-1:2003

Širino branik merimo v radialni smeri v mm. Pri žaganem lesu, ki vsebuje stržen, ne upoštevamo območja s širino 25 mm, ki se začne v sredini stržena. Pri merjenju upoštevamo srednjo širino branik.



Slika 27: Merjenje širine branik po DIN 4074-1

Preglednica 11: Kriteriji za širino branik po DIN 4074-1

	Razredi		
	S7	S10	S13
Tramovi:	do 6 mm	do 6 mm	do 4 mm
Deske in plohi:	do 6 mm	do 6 mm	do 6 mm
Letve: s	do 6 mm	do 6 mm	

b) NS-INSTA 142:1997

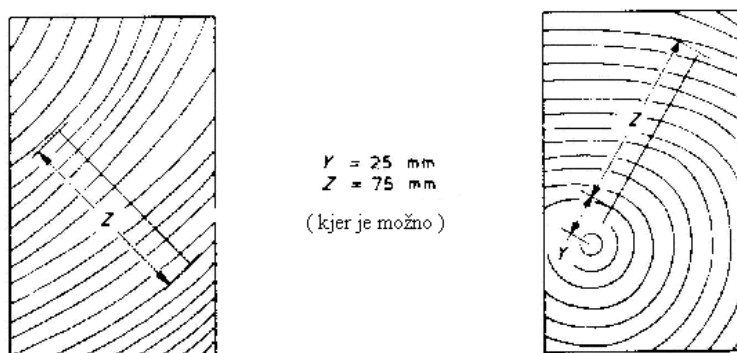
Širina branik se meri enako kot pri DIN-u.

Preglednica 12: Kriteriji za širino branik po NS-INSTA 142

	T3	T2	T1	T0
$d \geq 45 \text{ mm}$ ali $b \geq 70 \text{ mm}$	do 4 mm	do 6 mm	neomejeno	neomejeno
$d < 45 \text{ mm}$ in $b < 75 \text{ mm}$		do 4 mm	do 6 mm	

c) BS 4978:1973

Širina branik se meri kot povprečno število branik na odseku 25 mm od skupne dolžine 75 mm. Ta črta mora biti usmerjena od centra do roba elementa. Če les vsebuje stržen, tudi tukaj ne upoštevamo območja širine 25 mm. Če črta dolžine 75 mm ni možna, meritve izvedemo na najdaljši možni črti.



Slika 28: Merjenje širine branik po BS 4978

Preglednica 13: Kriteriji za širino branik po BS 4978

	GS razred	SS razred
vse vrste lesa	do 6,25 mm	do 6,25 mm

d) prEN14081-1:2000 (dodatek A)

Evropski predstandard omejitvenih vrednosti za širino branik ne podaja, podaja pa smernice, kaj mora vsebovati standard.

Če je predpisana širina branik, mora standard vsebovati definicijo za stopnjo rasti in metodo za merjenje z omejitvenimi vrednostmi.



Preglednica 14: Primerjava omejitvenih vrednosti za širino branik

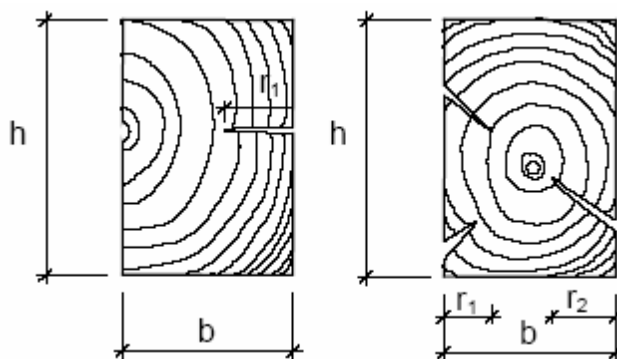
	Razredi po standardih za vizualno razvrščanje								
	S7	T0	T1	GS	S10	T2	SS	S13	T3
Tramovi	do 6 mm	ni	ni	do 6,25 mm za vse	do 6 mm	do 6 mm	do 6,25 mm za vse	do 4 mm	do 4 mm
Deske in plohi	do 6 mm	omejitve	omejitve		do 6 mm	do 10 %		do 6 mm	do 6 mm
Letve	do 6 mm				do 12,5 %				

### 3.2.4 Razpoke

a) DIN 4074-1:2003

Razpoke zaradi krčenja merimo samo pri tramovih, pri katerih merimo njihovo globino.

Razpok, ki so krajše od 1/4 dolžine žaganega lesa, vendar pa ne daljše od 1 m, ne merimo.



Slika 29: Ugotavljanje projicirane globine razpok po DIN 4074-1

Preglednica 15: Omejitvene vrednosti za razpoke po DIN 4074-1

	Razredi		
	S7	S10	S13
Tramovi: razpoke zaradi krčenja	dopustne do 3/5 ploščine prečnega prereza ali površine stranice	dopustne do 3/5 ploščine prečnega prereza ali površine stranice	dopustne do 3/5 ploščine prečnega prereza ali površine stranice
razpoke zaradi strele	niso dovoljene	niso dovoljene	niso dovoljene
kolesivost	ni dovoljena	ni dovoljena	ni dovoljena
Deske, plohi: razpoke zaradi krčenja	dovoljene	dovoljene	dovoljene

razpoke zaradi strele kolesivost	niso dovoljene ni dovoljena	niso dovoljene ni dovoljena	niso dovoljene ni dovoljena
Letve: razpoke zaradi krčenja razpoke zaradi strele kolesivost	dovoljene niso dovoljene ni dovoljena	dovoljene niso dovoljene ni dovoljena	

b) N  
S-

### INSTA 142:1997

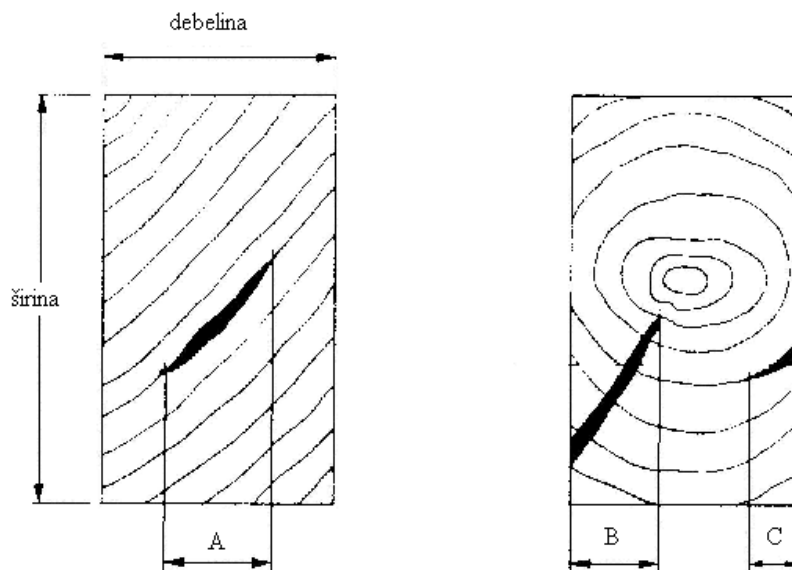
Nordijski standard ne podaja, kako se meri razpoke. Podaja pa omejitvene vrednosti, ki so podane v preglednici. Razlikuje razpoke v smeri branik in pa površinske razpoke, ki nastanejo zaradi sušenja.

Preglednica 16: Kriteriji za razpoke po NS-INSTA-142

	T3	T2	T1	T0
$d \geq 45$ mm ali $b \geq 70$ mm	razpoke niso dovoljene	dovoljena dolžina razpok do 50 mm na dolžini do 500 mm		dovoljena dolžina razpok 1000 mm
$d < 45$ mm in $b < 75$ mm		razpoke niso dovoljene		

### c) BS 4978:1973

Velikost razpoke se meri kot projicirana dolžina razpoke na paralelni rob, kot je prikazano na sliki 30. Če se v lesu pojavita dve ali več razpok na obeh straneh, moramo upoštevati vsoto obeh.



Slika 30: Merjenje razpok po BS 4978

Preglednica 17: Kriteriji za razpoke po BS 4978

	GS razred	SS razred
debelina razpoke $\leq$ debeline elementa	razpoka se lahko pojavi kjerkoli	razpoka se lahko pojavi kjerkoli
$1/2$ debeline elementa $<$ debelina razpoke $<$ debelina elementa	dolžina razpoke ne sme prekoračiti 900 mm ali $1/4$ dolžine elementa, kar je manjše	dolžina razpoke ne sme prekoračiti 600 mm ali $1/4$ dolžine elementa, kar je manjše
debelina razpoke = debelina elementa	dolžina razpoke ne sme prekoračiti 600 mm	razpoke dovoljene samo na koncih elementa, dolžina ne sme preseči dolžine elementa

d) prEN14081-1:2000 (dodatek A)

Evropski predstandard omejitvenih vrednosti za razpoke ne podaja, podaja pa smernice, kaj mora vsebovati standard. Če z raziskavami ali empirično ugotovimo, da razpoke ne vplivajo na trdnost, lahko njihov vpliv zanemarimo. V nasprotnem primeru moramo postaviti omejitve.

Razpoke, katerih širina je manjša od 1 mm, lahko zanemarimo.

e) Primerjava mejnih vrednosti za trdnostne razrede:

Zaradi dokaj različnega določanja omejitvenih vrednosti posameznih standardov je primerjavo težko opraviti.

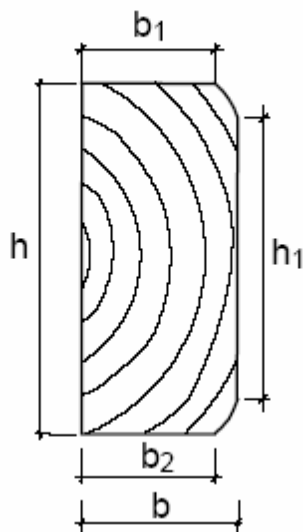
### 3.3 Primerjava mejnih vrednosti za geometrijske značilnosti

#### 3.3.1 Lisičavost

a) DIN 4074-1:2003

Lisičavost izračunamo kot razmerje med razlikami dolžin nasprotnih stranic in upoštevamo največje razmerje.

$$k_b = h - h_1; b - b_1; b - b_2$$



Slika 31: Merjenje lisičavosti po DIN 4074-1

Preglednica 18: Kriteriji za lisičavost po DIN 4074-1

	Razredi		
	S7	S10	S13
Tramovi:	do 1/3 dolžine vsake stranice	do 1/3 dolžine vsake stranice	do 1/4 dolžine vsake stranice
Deske in plohi:	do 1/3 dolžine vsake stranice	do 1/3 dolžine vsake stranice	do 1/4 dolžine vsake stranice
Letve:	do 1/3 dolžine vsake stranice	do 1/3 dolžine vsake stranice	

b) NS-INSTA 142:1997

Nordijski standard podaja omejitvene vrednosti, ki so razvidne iz preglednice 19.

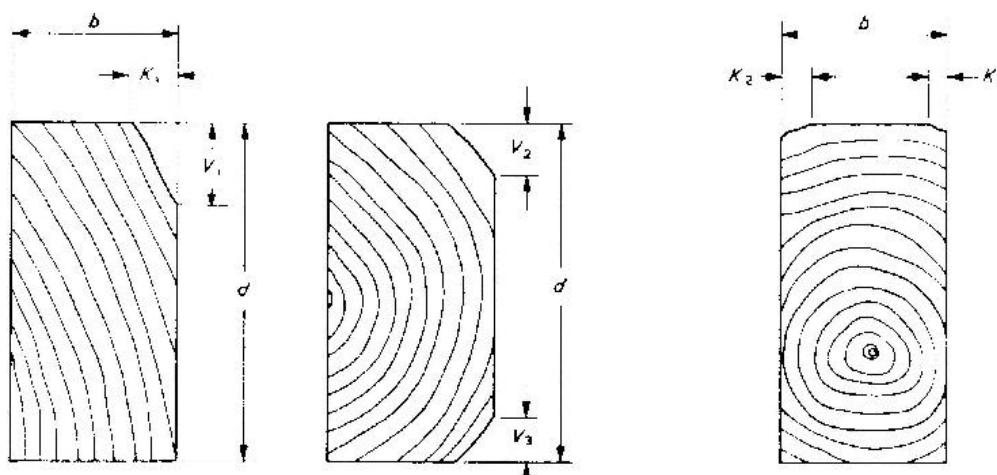
Preglednica 19: Kriteriji za lisičavost po NS-INSTA 142

	T3	T2	T1	T0

$d \geq 45 \text{ mm}$ ali $b \geq 70 \text{ mm}$	do 1/3 dolžine vsake stranice	do 1/2 dolžine vsake stranice
$d < 45 \text{ mm}$ in $b < 75 \text{ mm}$		do 1/4 dolžine vsake stranice

c) BS 4978:1973

Lisičavost na vsaki stranici mora biti vsota lisičavosti na obeh robovih in mora biti izražena kot razmerje manjkajočega dela in celotne stranice. Prikaz kako se meri lisičavost ja na sliki 32.



Slika 32: Merjenje lisičavosti po BS 4978

Preglednica 20: Kriteriji za lisičavost po BS 4978

	GS razred	SS razred
vse vrste lesa	do 1/3 dolžine vsake stranice	do 1/4 dolžine vsake stranice

d) prEN14081-1:2000 (dodatek A)

Evropski predstandard predlaga naslednje: standard za razvrščanje mora vsebovati kriterije za omejitve zmanjšanja dimenzij, ki so posledica lisičavosti in se nanašajo na širino, debelino in dolžino preizkušanca, in metode, s katerimi ta zmanjšanja merimo.

Največja sprememba (zmanjšanje) dimenzije zaradi lisičavosti ne sme zmanjšati robne in čelne dimenzije elementa na manj kot 2/3 osnovne dimenzije elementa.

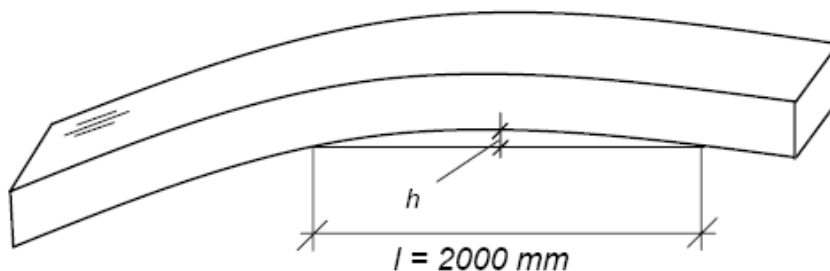
Preglednica 21: Primerjava omejitvenih vrednosti za lisičavost

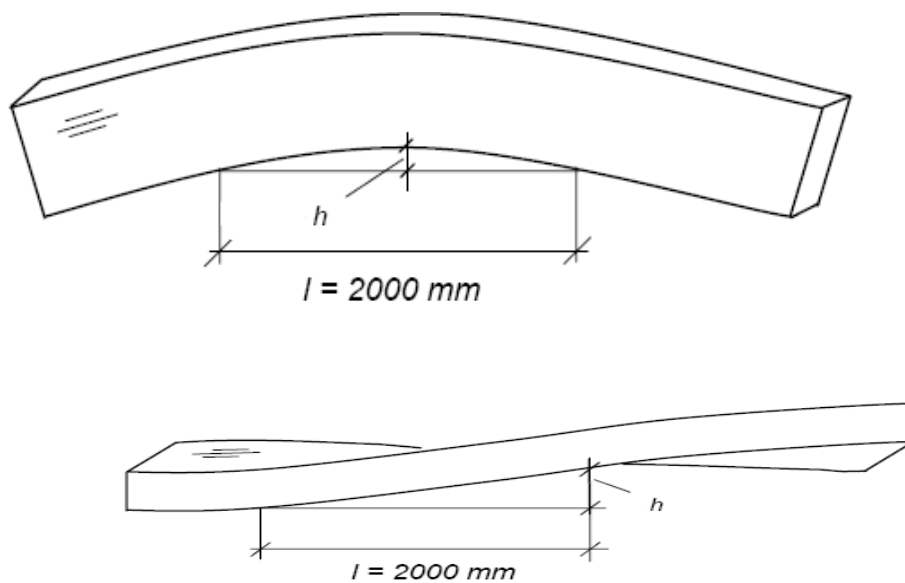
	Trdnostni razredi								
	S7	T0	T1	GS	S10	T2	SS	S13	T3
Tramovi	do 1/3	do 1/2	do 1/3	do	do 1/3	do 1/3	do	do 1/4	do 1/3
Deske in plohi	do 1/3			1/3 za vse	do 1/3		1/3 za vse	do 1/4	
Letve	do 1/3		do 1/4		do 1/3	do 1/4			

### 3.3.2 Ukrivljenost

a) DIN 4074-1:2003

Različna stopnja krčenja v radialni in tangencialni smeri lahko povzroči prečno ukrivitev, zavita rast in reakcijski les pa vzdolžno ukrivitev žaganega lesa in zvitost. Ukrivitev je močno odvisna od vlažnosti lesa. Pri svežem rezanem lesu je praviloma še ni zaznati, največja je, ko je les suh. Merimo lok, sabljo in zvitost na mestu z največjo deformacijo na dolžini 2000 mm.





Slika 33: Merjenje loka, sablje in zvitosti po DIN 4074-1

Preglednica 22: Kriteriji za ukrivljenost in zvitost po DIN 4074-1

	Razredi		
	S7	S10	S13
Tramovi:			
- vzdolžna ukrivljenost	do 12 mm	do 8 mm	do 8 mm
- zvitost	2mm/25mm širine	1mm/25mm širine	1mm/25mm širine
Deske in plohi:			
- vzdolžna ukrivljenost	do 12 mm	do 8 mm	do 8 mm
- zvitost	2mm/25mm širine	1mm/25mm širine	1mm/25mm širine
Letve:			
- vzdolžna ukrivljenost	do 12 mm	do 8 mm	
- zvitost	1mm/25mm širine	1mm/25mm širine	

b) NS-INSTA 142:1997

Nordijski standard meri ukrivljenost na enak način kot DIN.

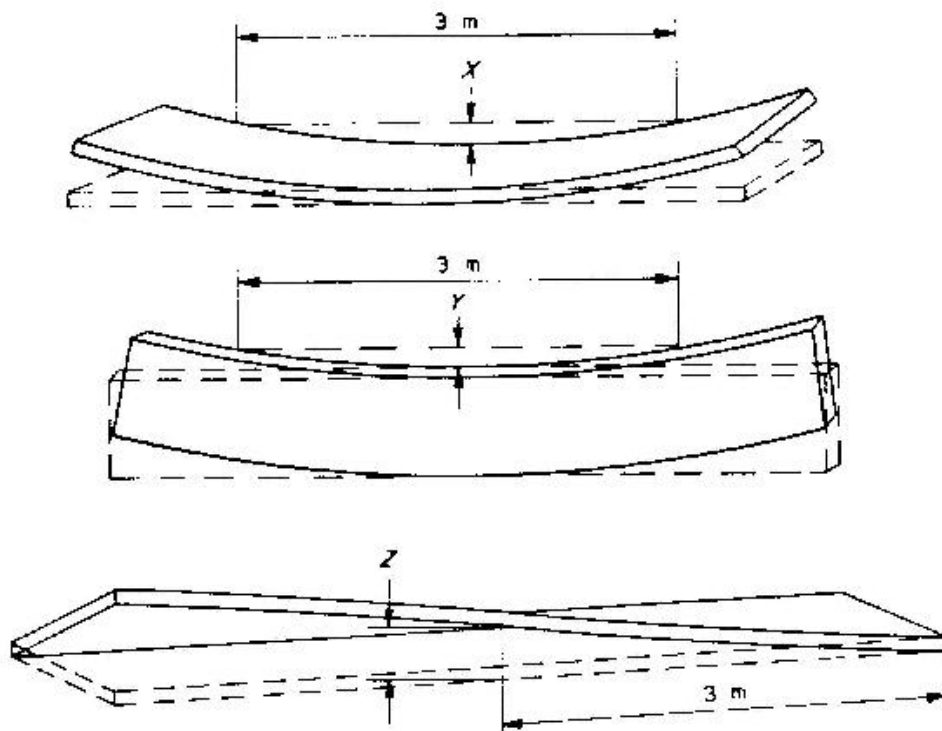
Preglednica 23: Kriteriji za ukrivljenost po NS-INSTA-142

	T3	T2	T1	T0
$d \geq 45$ mm ali $b \geq 70$ mm				

- lok	do 10 mm	do 20 mm
- sablja	do 8 mm	do 12 mm
- zvitost	1mm/25mm širine	2mm/25mm širine
$d < 45 \text{ mm}$ in $b < 75 \text{ mm}$		
- lok		do 10 mm
- sablja		do 10 mm
- zvitost		max. prirastek 5 mm čez širino, merjeno na dolžini 2m

c) BS 4978:1973

Britanski standard meri lok, sabljo in zvitost na mestu z največjo deformacijo na dolžini 3 m.



Slika 34: Merjenje loka, sablje in zvitosti po BS 4978

	GS razred	SS razred
vsi elementi:		
- lok	do 1/2 debeline na 3m dolžine	do 1/2 debeline na 3m dolžine



- sablja	do 15 mm na 3m dolžine	do 15 mm na 3m dolžine
- zvitost	do 1mm/25 mm širine na dolžini 3 m	do 1mm/25 mm širine na dolžini 3 m

Pregledn

ica 24: Kriteriji za ukrivljenost po BS 4978

d) prEN14081-1:2000 (dodatek A)

Predstandard podaja samo zahtevo, da morajo biti določene omejitve vzdolžne ukrivljenosti v smeri širine in debeline ter zvitost. Tudi če ukrivljenost lesa ne vpliva na trdnost, je potrebno vpeljati omejitve zaradi konstrukcijskih razlogov. Ukrivljenost je povezana z vsebnostjo vlage in se lahko s časom spreminja. Pogosto je povezana tudi z dimenzijo lesa.

Preglednica 25: Primerjava omejitvenih vrednosti za ukrivljenost

Razredi po standardih za vizualno razvrščanje	T3	do 10 mm do 8 mm 1 mm / 25 mm		
	S13	do 8 mm do 8 mm 1 mm / 25 mm	do 8 mm do 8 mm 1mm / 25 mm	
	SS	do 1/2 b do 15 mm 1mm / 25 mm		
	T2	do 10 mm do 8 mm 1 mm / 25 mm		do 10 mm do 10 mm max. prirastek 5mm čez širino
	S10	do 8 mm do 8 mm 1 mm / 25 mm	do 8 mm do 8 mm 1mm / 25 mm	do 8 mm do 8 mm 1mm / 25 mm
	GS	do 1/2 b do 15 mm 1mm / 25 mm		

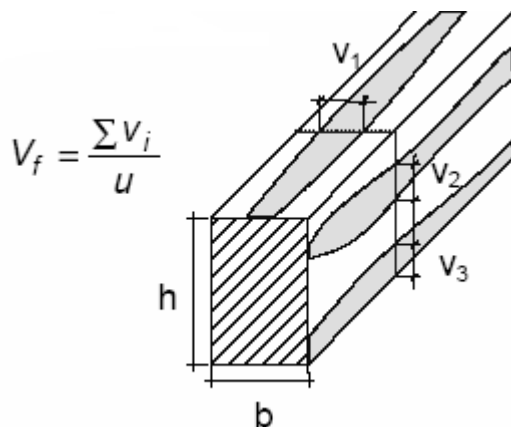
	T1	do 20 mm do 12 mm 2 mm / 25 mm		do 10 mm do 10 mm max. prirastek 5mm čez širino
	T0	do 20 mm do 12 mm 2 mm / 25 mm		
	S7	do 12mm do 12 mm 2 mm / 25 mm	do 12 mm do 12 mm 2 mm / 25 mm	do 12 mm do 12 mm 2 mm / 25 mm
		Tramovi: - lok - sablja - zvitost	Deske in plohi: - lok - sablja - zvitost	Letve: - lok - sablja - zvitost

### 3.4 Primerjava mejnih vrednosti za značilnosti biološke razgradnje lesa

#### 3.4.1 Obarvanost

a) DIN 4074-1:2003

Izmerimo in seštejemo največje širine obarvanih pasov na vseh ploskvah in rezultate podamo kot delež obsega prereza.



Slika 35: Merjenje obarvanosti po DIN 4074-1

Preglednica 26: Kriteriji za obarvanost po DIN 4074-1

	Razredi		
	S7	S10	S13
Tramovi: - modrivost - čvrste rjave in rdeče proge - rjava in/ali rdeča trohnoba	dovoljena do 3/5 ni dovoljena	dovoljena do 2/5 ni dovoljena	dovoljena do 1/5 ni dovoljena
Deske in plohi: - modrivost - čvrste rjave in rdeče proge - rjava in/ali rdeča trohnoba	dovoljena do 3/5 ni dovoljena	dovoljena do 2/5 ni dovoljena	dovoljena do 1/5 ni dovoljena
Letve: - modrivost - čvrste rjave in rdeče proge - rjava in/ali rdeča trohnoba	dovoljena do 3/5 ni dovoljena	dovoljena do 2/5 ni dovoljena	

b) NS-INSTA 142:1997

Nordijski standard obravnava modrikaste in rjave madeže, omejitvenih vrednosti ne podaja.

Preglednica 27: Kriteriji za obarvanost po NS-INSTA 142

	T3	T2	T1	T0
$d \geq 45$ mm ali $b \geq 70$ mm -modrivost - rjava obarvanost	dovoljena dovoljena			
$d < 45$ mm in $b < 75$ mm -modrivost - rjava obarvanost		dovoljena dovoljena		

c) BS 4978:1973

Britanski standard obravnava samo modrivost, omejitvenih vrednosti ne podaja.

d) prEN14081-1:2000 (dodatek A)

Predstandard podaja samo zahteve za standard za razvrščanje: ta mora vsebovati omejitve za poškodbe, ki so posledica delovanja gliv in insektov.

### 3.4.2 Obžrtost zaradi žuželk, poškodbe zaradi gliv, trohnoba

a) DIN 4074-1:2003

Podaja samo omejitvene vrednosti zaradi obžrtosti zaradi žuželk. Meri se velikost lukenj oziroma rofov. Za vse vrste lesa so dopustni rovi premera 2 mm.

b) NS-INSTA 142:1997

Nordijski standard obravnava trohnobo, zgodnjo fazo trohnobe in pa obžrtost zaradi žuželk. Omejitvene vrednosti so podane v preglednici 28.

Preglednica 28: Kriteriji za trohnobo in obžrtost po NS-INSTA-142

	T3	T2	T1	T0
$d \geq 45$ mm ali $b \geq 70$ mm -zgodnja faza trohnobe	ni dovoljena		dovoljena do 1/4 širine na dolžini 0,5 m ali do 1/8 širine na celotni dolžini	dovoljena
- trohnoba	ni dovoljena	dovoljena le v grčah		
- obžrtost zaradi žuželk	ni dovoljena			dovoljena do določene velikosti

$d < 45$ mm ali $b < 70$ mm -zgodnja faza trohnobe	dovoljena do 1000 mm dolžine
- trohnoba	dovoljena le v grčah
- obžrtost zaradi žuželk	ni dovoljena

c) BS 4978:1973

Britanski standard omejitvenih vrednosti ne podaja, dovoljene pa so luknjice manjših velikosti in v manjšem številu.

d) prEN14081-1:2000 (dodatek A)

Evropski predstandard podaja samo smernice, kaj mora vsebovati standard.

### 3.5 Primerjava mejnih vrednosti za ostale značilnosti

#### 3.5.1 Reakcijski les

Reakcijski les poizkuša pri nagnjenem drevesu vzpostaviti geotropičen položaj. S tem izrazom označujemo kompresijski les pri iglavcih in tenzijski les pri listavcih. Kompresijski les nastaja na spodnji strani vej in nagnjenih debel iglavcev, tenzijski pa na zgornji strani vej in debel listavcev. Izraza (kompresijski in tenzijski les) naj bi odražala napetostni stanji, ki se v nagnjenem deblu pojavljata na mestu njunega nastanka.

a) DIN 4074-1:2003

Kompresijski les se meri kot razmerje med površino prečnega prereza kompresijskega lesa in površino celotnega prečnega prereza. Omejitvene vrednosti so podane v preglednici 29.

Preglednica 29: Kriteriji za kompresijski les po DIN 4074-1

	Razredi		
	S7	S10	S13
Tramovi:	do 3/5	do 2/5	do 1/5
Deske in plohi:	do 3/5	do 2/5	do 1/5
Letve:	do 3/5	do 2/5	

b) N  
S-  
INST

A 142:1997

Omejitvene vrednosti so podane v preglednici 30.

Preglednica 30: Kriteriji za kompresijski les po NS-INSTA-142

	T3	T2	T1	T0
$d \geq 45$ mm ali $b \geq 70$ mm	dovoljen do 3/4 širine ali debeline na dolžini 1 m			dovoljen
$d < 45$ mm in $b < 75$ mm		dovoljen v zelo majhni stopnji		

c) BS 4978:1973

Britanski standard kompresijskega lesa ne obravnava.

d) prEN14081-1:2000 (dodatek A)

Evropski predstandard ne podaja omejitvenih vrednosti za reakcijski les..

e) Primerjava mejnih vrednosti za trdnostne razrede:

Primerjava je zaradi različnega načina določanja omejitvenih vrednosti zelo težka..

### 3.5. Mehanske poškodbe in ostali kriteriji

a) DIN 4074-1:2003

Merimo mehanske poškodbe, poškodbe zaradi parazitskih rastlin (bela omela), vključke skorje, preraščena mesta poškodb, nenormalen potek stržena. Omejitvenih vrednosti DIN 4074-1 ne podaja.

b) NS-INSTA 142:1997

Nordijski standard obravnava poškodbe pri žaganju, smolnate žepke, smolnat les, originalne površinske poškodbe in skorjo. Omejitvene vrednosti so podane v preglednici 31.

Preglednica 31: Kriteriji za ostale značilnosti po NS-INSTA-142

	T3	T2	T1	T0
$d \geq 45$ mm ali $b \geq 70$ mm - poškodbe pri žaganju	niso dovoljene	95 % prečnega prereza mora biti nepoškodovanega		dovoljene

- smolnati žepki	dovoljeni		
- originalne površinske poškodbe	dovoljene poškodbe širine do 1/5 širine lesa, dolžine do 2x širine lesa	dovoljene poškodbe širine do 1/5 širine lesa, dolžine do 3x širine lesa	dovoljene
- skorja	ni dovoljena		
$d < 45 \text{ mm}$ in $b < 75 \text{ mm}$ - poškodbe pri žaganju		95 % prečnega prereza mora biti nepoškodovanega	
- smolnati žepki		dovoljeni	
- originalne površinske poškodbe		do dolžine 100 mm	
- skorja	ni dovoljena	ni dovoljena	

c) BS 4978:1973

Britanski standard omejitvenih vrednosti za mehanske poškodbe ne podaja. Navaja pa, da morajo biti vsi elementi, ki kažejo razkroj zaradi gliv, krhkost, trohnobo in ostale poškodbe, ki vplivajo na trdnost, izključeni.

d) prEN14081-1:2000 (dodatek A)

Evropski predstandard omejitvenih vrednosti ne navaja, navaja pa smernice, kaj mora vsebovati standard za razvrščanje.

## ZAKLJUČEK

Obe vrsti nedestruktivnega razvrščanja imata tako svoje prednosti kot slabosti. Vizualno razvrščanje sicer ne zahteva sredstev za nabavo opreme, je pa bistveno počasnejše in odvisno od osebja, ki ga izvaja. Strojno razvrščanje je hitrejše, bolj objektivno in omogoča razvrščanje v višje trdnostne razrede. Zahteva pa velika sredstva za nabavo opreme, zato si manjše žage tega ne morejo privoščiti.

Standardi BS 4978, NS-INSTA-142 in DIN 4074-1 se bolj ali manj držijo smernic, ki jih podaja prEN14081-1:2000. Zelo verjetno evropskega standarda, ki bi podajal omejitvene vrednosti za vse evropske države, ne bo, saj je preveč razlogov, da se te vrednosti razlikujejo: različne drevesne vrste, geografski izvor, klimatski pogoji, itd. Najboljši in v praksi uporaben se mi zdi nemški standard DIN 4074-1. Obravnava vse smernice, ki jih podaja prEN14081-1:2000, obenem pa je edini izmed teh treh, ki razvršča žagan les na tramove, deske in plohe ter letve, kar se mi zdi smiselno in optimalno. Britanski standard BS 4978 žaganega lesa ne razvršča po dimenzijah, iz česar lahko sklepamo, da so omejitvene vrednosti, ki jih podaja, enake za vse elemente in verjetno manj natančne.



## LITERATURA IN VIRI

- 1) Ross R., Pellerin R. 1994. Nondestructive testing for Assessing Wood Members in Structures, Department of Agriculture, United States.
- 2) Srpčič J. 1986. Razvoj nedestruktivnih metod preiskav za klasifikacijo lesa gradbenih konstrukcij, Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij, Ljubljana.
- 3) Hanhijärvi A., Ranta-Maunus A., Turk G. 2005. Potential of strength grading of timber with combined measurement techniques, VTT Publications, Espoo.
- 4) Gornik Bučar D., Šega B. 2005. Razvrščanje konstrukcijskega žaganega lesa, Letno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta v letu 2004/2005.
- 5) Zorko B. 2005. Metode razvrščanja lesa po trdnosti, diplomska naloga. Ljubljana.
- 6) BS 4978:1973 Specification for timber grades for structural use, British Standards Institution
- 7) DIN 4074-1: Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit – Teil 1, Nadelschnittholz
- 8) prEN 14081-1:2000 Timber structures – Strength graded structural timber with rectangular cross section – Part 1: General requirements
- 9) NS-INSTA 142:1997 Nordic visual strength grading rules for timber