

UDK 630*812.31:001.4

Strokovni članek

Gostota in relativna gostota lesa

Density and Relative Density of Wood

N. Torelli¹

Izvleček

Obrazložena je slovenska, angleška in nemška terminologija gostote in obravnavan vpliv vlage na gostoto in relativno gostoto.

Ključne besede: gostota, relativna gostota, osnovna gostota, vlažnost, terminologija

Abstract

Slovenian, english and german terminology of density is explained and the effect of moisture on density and relative density (»specific gravity«) of wood discussed.

Keywords: density, relative density, basic density, moisture, terminology

Gostota (prostorninska masa) ρ je definirana kot masa na enoto volumna. Matematično jo definiramo kot

$$\rho = \lim_{dV \rightarrow 0} \frac{Dm}{dV} = \frac{dm}{dV},$$

kjer je m masa [kg] in V volumen [m^3].

Infinitezimalna masa dm je skupna oz. celotna masa v infinitezimalnem volumnu dV . Le-ta je dovolj velik, da vsebuje veliko število delcev. Količina snovi v infinitezimalnem volumnu je zadosti velika, da snov lahko obravnavamo kot kontinuum, vendar tudi dovolj majhna, da jo v pogledu lastnosti imamo za enotno. Dasi se zahteva snovna homogenost znotraj prav vseh infinitezimalnih volumnov dV , le-ta ni nujna za celotno prostornino lesa. To pomeni, da je lahko gostota posameznih infinitezimalnih volumnov različna, vendar konstantna znotraj vsakega od njih. Prav takšni pa so les in njegovi sestavljenici (kompoziti). Če infinitezimalni volumen zadosti tem zahtevam, lahko gostoto definiramo za vsako točko kontinuuma (Bodig & Jayne 1982, s. 38). Koncept kontinuuma izključuje predstavo atomske oz. molekulske zgradbe snovi. Predpo-

stavka kontinuirane (sklenjene) homogene porazdelitve mase dovoljuje uporabo zgornje enačbe za telesa končne velikosti:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Pojem gostote lesa kot higroskopne in nabreklijive snovi je dokaj zamotan. Vselej je treba natančno definirati, pri kakšni vlažnosti sta bila določeni masa in volumen. K temu moramo prišteti še hudo terminološko zmedo, zlasti v preteklosti, katere učinki so vidni še danes. Mnogokrat gre za zamenjavanje pojmov teža in masa, (nem. *Gewicht* in *Masse*; angl. *weight* in *mass*). S težo je v vsakdanji ali ohlapni rabi mišljena masa, torej s tehtanjem določena masa, lahko pa tudi teža, t.j. sila. Tako v angleški literaturi pogosto naletimo na dve masni veličini: *mass density*, masno gostoto ali »ta pravo« gostoto ρ in *weight density*, težno gostoto w , ko gre za težo na enoto volumna in ki pomeni nekdanjo *specifično težo* (glej dalje). In potem so tukaj še stare merske enote, zlasti anglosaške, ki dodatno otežujejo primerjavo vrednosti.

Prvi izraz, ki se je uporabljal za označevanje gostote lesa, je bil nem. *Raumgewicht*, slov. prostorninska teža. Šlo je za gostoto, saj so jo izražali z g/m^3 ali kg/m^3 .

Ko je DIN 1306 namesto specifične teže (*spezifisches Gewicht*) uvedel izraz *Wichte*, so ga začeli uporabljati tudi lesarji in gozdarji. Z *Rohwichte* so poimenovali »specifično težo« lesa kot porozne snovi in z *Reinwichte* »specifično težo« čiste lesne oz. stenske substance (Trendelenburg/Mayer-Wegelin 1955, s. 224), vendar ne v pomenu »specifična teža«, temveč »gostota«. To je lahko dokazati, saj so uporabljali enote za gostoto (kg/m^3 ali g/cm^3) in ne za »specifično težo« oz. nem. *Wichte*. t.j. kp/m^3 . Veličini *teža* in *specifična teža* v Zakonu o merskih enotah in merilih nista omenjeni. Teža G je sila, ki izhaja iz zemeljske privlačnosti za maso m ($G = m \times g$). Merimo jo torej kot silo (N). Veličina *specifična teža* ($\gamma = \rho \times g$) je zaradi prednosti nespremenljive mase v primerjavi s spremenljivo težo izgubila svoj pomen (prim. Kraut 1993, s. 63). Kasneje so Nemci *Rohwichte* spremenili v *Rohdichte*, kar ustreza angl. *bulk density*. Slovenci ekvivalentov za ta izraza nimamo, zato govorimo le o gostoti, pri čemer se (samo ob sebi) razume, da les vsebuje prazne prostore.

Mnogim dela težave pojem *specific gravity*. Takoj povejmo, da je izraz povsem napačen. *Specific* v fiziki praviloma pomeni »na enoto mase«. Gre

¹ Katedra za tehnologijo lesa, Oddelek za lesarstvo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija

za lastnost enote mase in potemtakem za lastnost snovi ali substance oz. materiala in ne za lastnost objekta ali sistema. Tako je *specifični volumen*, volumen na enoto mase in pomeni recipročno vrednost *gostoti*, ki je masa na enoto volumna. Prav nič skupnega nima pojem z gravitacijo. *Specific gravity* prevajamo kot relativna gostota (angl. *relative density*) in jo označujemo z d . (Panshin in de Zeeuw, 1980, s. 212) sta se zavedala, da je izraz zavajajoč in sta predlagala namesto *specific gravity* izraz *density index*, ki pa se ni »prijel«. *Relativna gostota* je razmerje med gostoto snovi (v našem primeru lesa) in gostoto referenčne snovi pri specifičnih pogojih in je brez enot (gre le za razmerje!). Relativno gostoto trdnin in kapljev in določamo praviloma glede na gostoto vode pri temperaturi 4 °C. Tedaj je gostota vode največja (pribl. 1.000 kg/m³). Le v absolutno suhem stanju sta gostota lesa ρ izražena v g/cm³ in relativna gostota d numerično enaki, sicer pa se v odnosu do vlažnosti zelo »muhasta« obnašata. Z naraščanjem lesne vlažnosti se povečujeta masa in volumen. Pri točki nasičenja celičnih sten (TNCS, angl. *Fiber Saturation Point*, FSP; nem. *Fasersättigungspunkt*, FSP), t.j. pri pribl. $U = 30\%$, se nabrekanje lesa ustavi, medtem ko

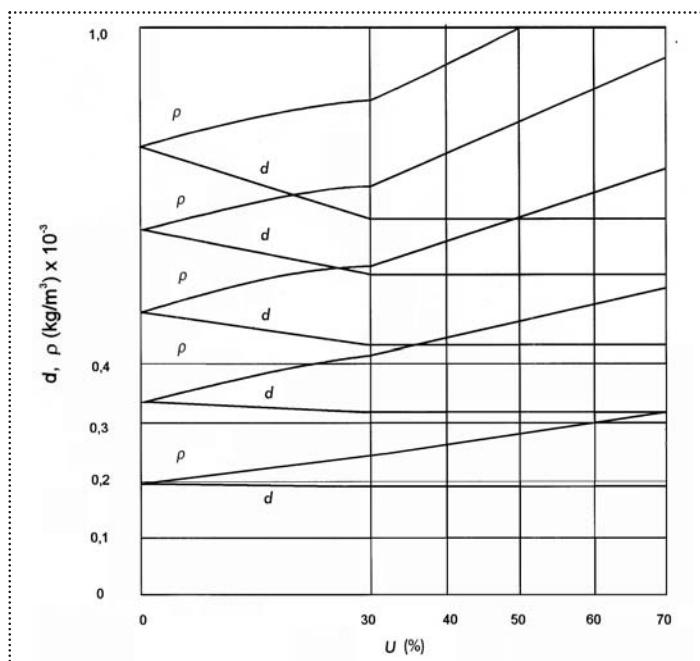
se masa lesa povečuje še naprej. Načelno gostota lesa do TNCS počasi narašča, nad njo pa hitreje (slika 1). Da bi obrazložili zvezo med vlažnostjo in relativno gostoto, moramo predvsem definirati pogoje, pri katerih sta bili izmerjeni masa lesa in volumen. Po dogovoru se masa lesa ugotavlja v absolutno suhem stanju, volumen pa pri specifičnih vlažnosti, ki jo je treba navesti ob znaku za relativno gostoto. V angleški literaturi lahko beremo npr. *specific gravity, volume when green*, ali pa *specific gravity, volume when oven dry*.

To pomeni, da je bil v prvem primeru les pri meritvi volumna svež (angl. *green*), t.j. z vlažnostjo $U \geq \text{TNCS}$ (tj. z maksimalnim volumnom), v drugem pa sušilnično suh, t.j. skoraj absolutno suh (angl. *oven*=peč, nem. *darren*=sušiti, žgati). Zdaj ne bo delala težav tudi takšna formulacija: »*specific gravity (basis of green volume and oven-dry weight)*«. Gre za relativno gostoto lesa, pri katerem je bil volumen lesa izmerjen v svežem stanju, »*oven dry weight*« pa bi lahko spustili. Seveda lahko določimo relativno gostoto pri poljubni vlažnosti, čeprav sta omenjeni najpogostejši. Z naraščanjem vlažnosti ostaja masa nespremenjena (po dogovoru), volumen lesa pa se

povečuje do TNCS, nato ostane konstanten. Relativna gostota zato do TNCS pada, nato pa ostane konstantna (in minimalna) (slika 2). Ta konstantna vrednost nad TNCS je osnovna relativna gostota (angl. *basic specific gravity* ali boljše *basic relative density*) (Siau 1995, s. 14). Iz vsega tega se vidi, kako pomembno je potrebno gostoto natančno definirati, zlasti v pogledu vlažnosti, pri kateri sta bili izmerjeni masa in volumen.

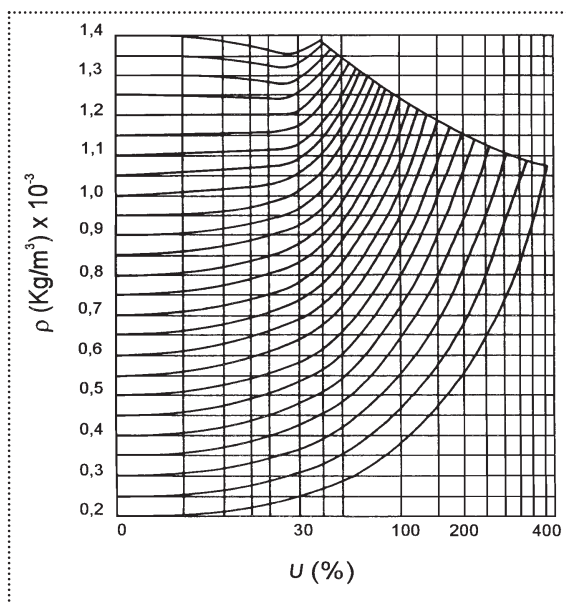
$\rho_{12...15}$ pomeni gostoto zračno suhega lesa, t.j. pri lesni vlažnosti, ki je v ravnovesju z »zunanjo« klimo celinske Srednje Evrope. ρ_N je normalna gostota, t.j. gostota pri vlažnosti, kot jo zadobi les v *normalni klimi* (tj. pri temperaturi 20 °C in relativni zračni vlažnosti 65 %). Lesna vlažnost je tedaj približno 12 %. To je gostota »absolutno« (bolje *sušilnično*) suhega lesa. Gostoto navsezadnje lahko določimo pri poljubni vlažnosti, vendar moramo vselej navesti vlažnost.

Lahko pa izrazimo gostoto lesa tudi kot osnovno ali *bazno gostoto* R . Ta je količnik med maso absolutno (sušilnično) suhega lesa in maksimalnim volumnom, kot ga ima svež les ali natančneje, kot ga ima les, katerega vlažnost je enaka vsaj TNCS (tj. $U \approx$



Slika 1. Zveza med lesno vlažnostjo in gostoto lesa (po Kollmannu 1934)

Figure 1. Relationship of density to moisture content



Slika 2. Vpliv vlažnosti U na relativno gostoto d in gostoto ρ ob predpostavki konstantnih volumnov in da je točka nasičenja celičnih sten (TNCS) 30% (risba po Siau 1995, s. 15).

Figure 2. Effect of moisture content on relative density (»specific gravity«) d and density ρ , assuming constant lumen size and a fiber saturation point (FSP) of 30%.

30 %). Takšno gostoto je zelo lahko določiti in reproducirati ter je zelo popularna. Pomeni količino absolutne suhe lesne substance v volumnu svežega lesa. V nemščini se imenuje *Raumdicthe* ali *Raumdicthezahl*, v angleščini pa *basic density*.

Nekoliko redkeje srečamo izraza *nominalna gostota in nominalna relativna gostota* (angl. *nominal specific gravity*). V tem primeru gre za gostoto oziroma relativno gostoto, pri kateri je bil volumen izmerjen pri označeni vlažnosti (masa pa v absolutno oz. sušilnično suhem stanju). Potemtakem sta osnovna gostota in osnovna relativna gostota posebna in najpogosteje uporabljana primera nominalne gostote oziroma nominalne relativne gostote.

Doslej smo obravnavali gostoto »masivega« lesa, tj. lesa kot porozne snovi. Volumen lesa je poleg celičnih sten vseboval tudi prazne prostore. Z zelo zahtevnimi meritvami z izpodiranjem z različnimi mediji so izmerili tudi *gostoto celične stene* oz. *gostoto lesne substance* ali *čisto gostoto* ρ' (nem. *Reindichte*). Ta znaša v absolutno su-

hem stanju okroglih 1.500 kg/m^3 , kar si ne bo težko zapomniti. Zanimivo je, da je gostota lesne substance praktično enaka pri vseh lesnih oz. drevesnih vrstah.

Razlike v gostoti masivnega lesa so potemtakem posledica različne prostorske porazdelitve lesne mase v lesu. Ta odvisi od anatomskih posebnosti posameznih lesov, kot jih določa delež posameznih tkiv in debelina celičnih sten, predvsem vlaken. Pri balzi (*Ochroma lagopus* Sw., $\rho_o = 120 \text{ kg/m}^3$) prevladuje tankosteno parenhimsko tkivo, pri gvajaku (*Guaiaecum officinale* L., *lignum vitae*, ρ_o , beljava = 1.300 kg/m^3) pa debelostena vlakna. Razlika v gostoti obeh lesov je zato približno 1:10!

Nasplošno lahko trdimo, da je spodnja meja gostote pogojena mehansko, zgornja pa fiziološko.

Les z zelo nizko gostoto ne bi bil dovolj trden, les z zelo visoko gostoto pa ne bi opravljal svoje osnovne vloge, tj. transporta vode in skladiščenja asimilatov.

LITERATURA

1. Bodig, J. & B.A. Jayne 1982. Mechanics of wood and wood composites. Van Nostrand Reinhold Comp., New York, itd.
2. Kollmann, F. 1934. Holzgewicht und Feuchtigkeit. Z. VDI 78: 1399.
3. Kraut, B. 1993. Strojniški priročnik 10. izd. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana.
4. Panshin, A.J. & C. De Zeeuw 1980. Textbook of wood technology 4. izd. McGraw-Hill Book Comp., New York, itd.
5. Siau, J.F. 1995. Wood: influence of moisture on physical properties. Dept. of Wood Science and Forest Products, Virginia Polytechnic Institute and State University.
6. Trendelenburg, H.M./H. Mayer-Wegelin 1955. Das Holz als Rohstoff 2. izd. Carl Hanser Verlag, München.

Novice iz Weiniga

Weinig raste

Z januarjem letošnjega leta je v skupini Weinig pod okriljem hčerinske firme Dimter iz Illertissna začelo delovati podjetje Fagus GreCon iz Alfelda v Nemčiji. Njegov glavni proizvodni program so izdelki in razvoj izdelkov za optimizacijo predelave lesa, kar se idealno vklaplja v Weinigovo proizvodno področje. Novo podjetje z dvema proizvodnima obratoma v Nemčiji ter prodajo in servisi v ZDA, Veliki Britaniji in Južni Afriki računa letos na obseg poslov v vrednosti 130 mio DEM.

Weinigov uspeh na Kitajskem

Kitajska tovarna za proizvodnjo strojev v Yantai, ki jo je Weinig prevzel v maju 1997, posluje nad pričakovanji. V lanskem letu je bilo izdelanih več kot 100 standardnih rezkalnih avtomatov za kitajski trg. Tako tudi ni pretirano pričakovanje, da se bo proizvodnja in prodaja v letoš-

njem letu na tem trgu podvojila.

S temi novostmi in razširitvami je skupina Weinig pressegla vsoto pol milijarde DEM vrednosti poslov na leto, kar jo med proizvajalci in dobavitelji strojev za masivno obdelavo lesa krepko postavlja na prvo mesto na svetu.

Novi redni član uprave Weiniga



Karl Wachter je bil s 1. januarjem letos imenovan za rednega člana uprave Weinig AG, iz Tauberbischofsheima. Odgovoren je za finančno področje in kontroling. Svojo poklicno pot je pri firmi Weinig začel leta 1961, postal prokurist v letu 1989, od leta 1996 dalje pa je bil namestnik člana uprave.