

Vpliv vlažnosti na dielektrične lastnosti lesa

Effect of moisture content on the dielectric properties of wood

avtor **Matej JOŠT**, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Rožna dolina c. VIII/34, SI-1001 Ljubljana, matej.jost@bf.uni-lj.si

izvleček/Abstract

V članku je predstavljen vpliv vlažnosti lesa na dielektrične lastnosti bukovine (*Fagus sylvatica* L.) in smrekovine (*Picea abies* L.). Diskastim preskušancem smo pri različnih vlažnostih izmerili dielektrične lastnosti. Meritve smo izvedli pri devetih frekvencah elektromagnetnega polja (2, 3, ..., 10 MHz). Vse meritve smo opravili pri sobni temperaturi z impedančnim analizatorjem HP 4191A RF po metodi z mikrometrom, na katerega sta bili pritrdjeni diskasti kovinski elektrodi. Ugotovili smo, da dielektrična vrednost narašča z vlažnostjo lesa in pada z višanjem frekvence elektromagnetnega polja.

In this article, the effect of moisture content on the dielectric properties of beech (*Fagus sylvatica* L.) and spruce (*Picea abies* L.) is presented. Dielectric properties of wood disks were measured at different moisture content. Measurements were performed at nine various frequencies of electromagnetic field (2, 3, ..., 10 MHz) and at room temperature, with impedance analyser HP 4191A RF, using method by a micrometer screw with circular parallel electrodes. It was found out that dielectric constant of wood increases by increasing the moisture content of wood and decreases with increasing of frequency.

Ključne besede: visoka frekvenca, dielektrične lastnosti, vlažnost lesa

Key words: high frequency, dielectric properties, moisture content of wood

1. UVOD

Poznavanje dielektričnih lastnosti lesa je pomembno pri visokofrekvenčnem (VF) sušenju in lepljenju lesa. Pri obeh postopkih se VF uporablja za segrevanje, pri čemer dielektrične lastnosti lesa (dielektrična vrednost in tangens izgubnega kota) vplivajo na hitrost segrevanja in porabo energije. Dielektrične lastnosti so odvisne od polarizacijskih mehanizmov, na katere vpliva veliko dejavnikov: lesna vrsta oz. njena gostota, vlažnost lesa, smer lesnih vlaken glede na silnice elektromagnetnega polja, temperatura, vsebnost ekstraktivov, frekvenca elektromagnetnega polja ... (Resnik in sod. 1995). Kot navaja James 1997 na dielektrične lastnosti močno vplivata predvsem vlažnost lesa in frekvenca elektromagnetnega polja. Ker je frekvenca pri VF relativno fiksna oz. konstantna, smo v tej raziskavi preučevali zvezo med vlažnostjo in dielektričnimi lastnostmi bukovine in smrekovine.

2. MATERIAL IN METODE

Uporabili smo les bukovine (*Fagus sylvatica* L.) in smrekovine (*Picea abies* L.). Iz zračno suhih desk smo izdelali diskaste preskušance (po 15 preskušancev za vsako lesno vrsto), ki so imeli radialno orientacijo, premera

$45,0 \pm 0,25$ mm in debeline $5,3 \pm 0,30$ mm. Preskušance smo na obeh stičnih ploskvah obrusili, da smo dobili boljši stični površini. Najprej smo preskušance 24 ur sušili pri temperaturi 100 ± 2 °C do absolutno suhega stanja. V absolutno suhem stanju smo določili njihove dimenzije in maso (m_0), ter določili dielektrične lastnosti: dielektrično vrednost (ϵ) in tangens izgubnega kota ($\tan \delta$). Preskušance smo v nadaljevanju navlaževali v klima komori in jim nato v poljubnem časovnem intervalu določili maso (vlažnost), takoj nato pa opravili meritve dielektričnih lastnosti. Vse meritve dielektričnih lastnosti smo opravili z impedančnim analizatorjem HP 4191A RF IMPEDANCE ANALYZER, in sicer pri devetih različnih frekvencah elektromagnetnega polja (2, 3 ... in 10 MHz), po metodi z mikrometerskim vijakom (Jošt, Resnik, Šernek 2004).

3. REZULTATI

3.1. Vpliv vlažnosti na dielektrične lastnosti lesa

Rezultati meritev so pokazali, da se ϵ povečuje z naraščajočo vlažnostjo preskušancev (slika 1). To je pričakovano, saj z naraščajočo vlažnostjo narašča delež vode v lesu, ki ima ϵ 80, medtem ko je ϵ absolutno suhega lesa bistveno nižja (bukovine približno 2,1 in smrekovine 1,7) (Torgovnikov 1993). Večji

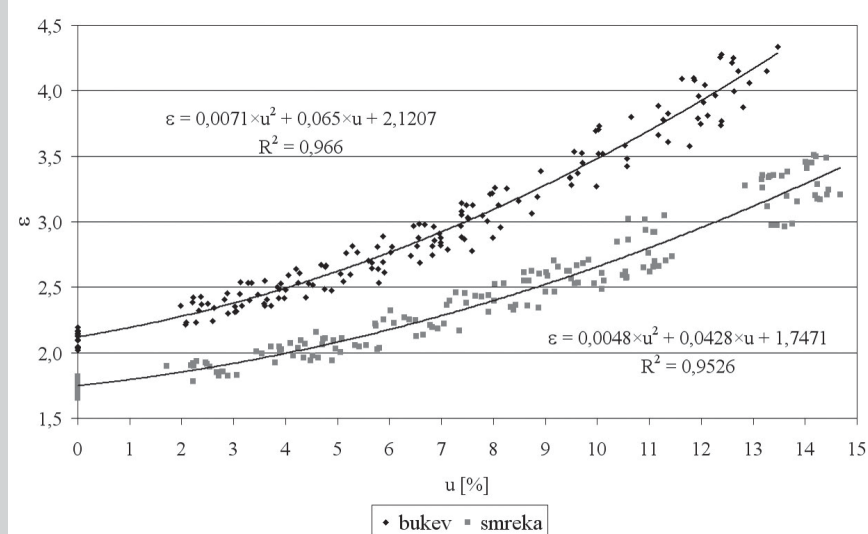
ko je delež vode v lesu, višji je delež, ki ga k skupni ϵ doprinese voda in je zato ϵ sistema voda-les višja (Khalid in sod. 1999). Višja vlažnost lesa poleg tega omogoči lažjo rotacijo polarnih komponent, kar se kaže z višjo polarizacijo lesa in s tem posledično z višjo ϵ lesa (Makoviny 2000). Zveza med ϵ in vlažnostjo lesa je na obravnavanem območju (od absolutno suhega stanja do $u = 14\%$) skoraj linearna, bolje pa to odvisnost opišemo s kvadratno enačbo, saj tudi Kabir in sod. 1997 navajajo, da je za opis zveze pri vlažnostih do točke nasičenja celičnih sten (TNCS) primerna kvadratna enačba. Z naraščajočo vlažnostjo ϵ bukovine narašča hitreje kot ϵ smrekovine. Razliko pojasnimo z dejstvom, da je bukovina gostejša in tako pri isti vlažnosti vsebuje večjo maso vode kot smrekovina. Sprememba ϵ v odvisnosti od mase vode v lesu pa je enaka pri obeh lesnih vrstah.

Pozitivna odvisnost med ϵ in vlažnostjo je enaka pri vseh obravnavanih frekvencah elektromagnetnega polja. Z naraščajočo frekvenco električnega polja se ϵ znižuje (slika 2), saj se pri višji frekvenci – v krajšem času – manjše število molekul uspe poravnati s smerjo električnega polja, zaradi tega je tudi polarizacija lesa manjša (Khalid in sod. 1999).

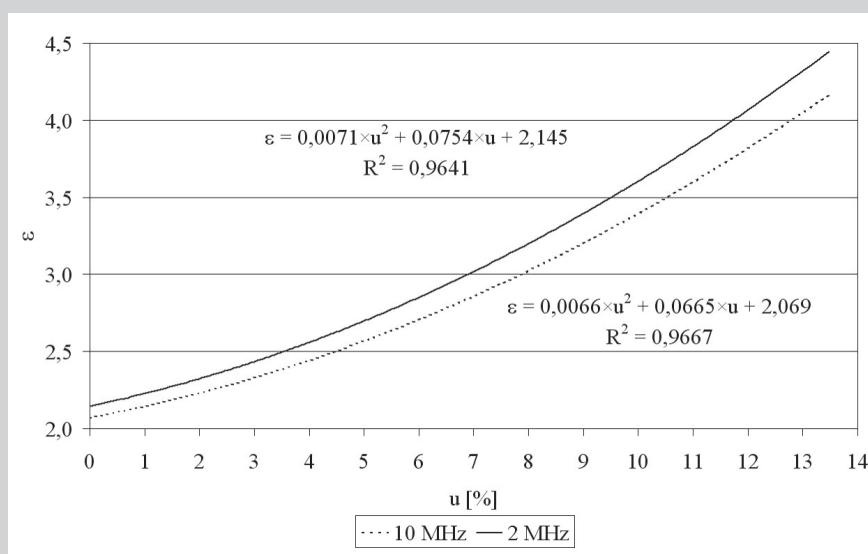
Prav tako kot ϵ tudi δ narašča z naraščajočo vlažnostjo lesa (slika 3). V absolutno suhem stanju sicer ni statistične razlike med $\tan \delta$ obeh lesnih vrst. Razlika se pojavi pri višjih vlažnostih, kjer ima bukovina višji $\tan \delta$, kar je verjetno posledica enakega dejavnika kot pri ϵ (ob enaki vlažnosti je masa vode pri bukovini večja kot pri smrekovini).

3.2. Vpliv vrste lesa in gostote na dielektrične lastnosti

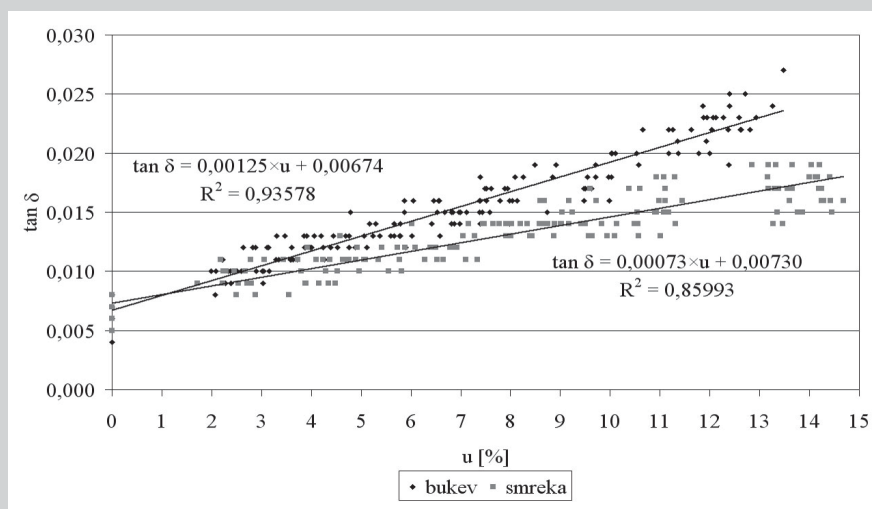
Lesna vrsta ima znaten vpliv na ϵ lesa, in sicer ima bukovina višji ϵ kot smre-



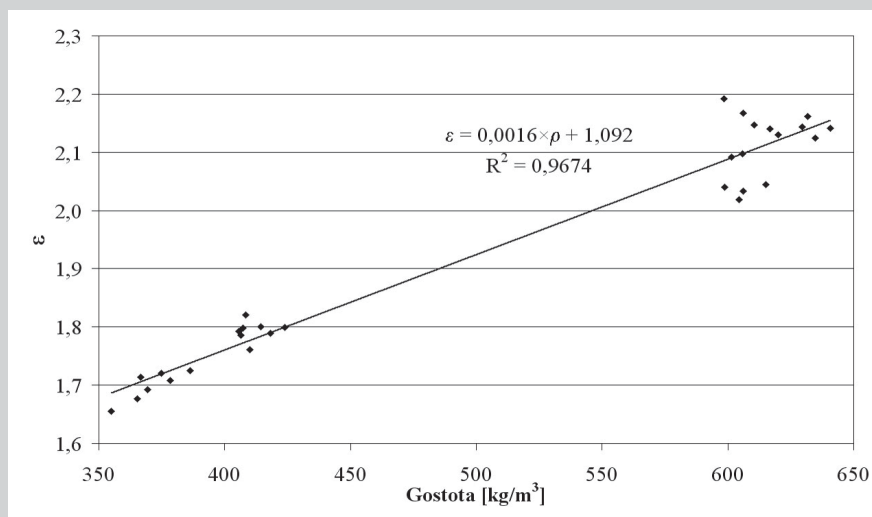
□ Slika 1. Dielektrična vrednost smrekovih in bukovih radialnih preskušancev, merjena pri frekvenci 5 MHz, v odvisnosti od vlažnosti



□ Slika 2. Dielektrična vrednost bukovih radialnih preskušancev, merjena pri frekvenci 2 in 10 MHz, v odvisnosti od vlažnosti. Meritve so predstavljene s polinomom druge stopnje.



□ Slika 3. Tangens izgubnega kota smrekovih in bukovih radialnih preskušancev, merjene pri frekvenci 5 MHz, v odvisnosti od vlažnosti



□ Slika 4. Dielektrična vrednost smrekovih in bukovih radialnih preskušancev pri vlažnosti $u = 0$ %, merjene pri frekvenci 5 MHz, v odvisnosti gostote

kovina. Takšno razmerje je posledica razlike v gostotah obeh vrst (Peyskens in sod. 1984). Preskušanci iz smrekovine so imeli povprečno gostoto 390 kg/m^3 , preskušanci iz bukovine pa 620 kg/m^3 . Na podlagi podatkov ϵ preskušancev različnih gostot lahko oblikujemo zvezo med gostoto lesa in ϵ lesa, ki je predstavljena na sliki 4. Podatkom je prirejena linearna trendna črta s koeficientom 0,0016, kar pomeni, da se ob povišanju gostote za 1 kg/m^3 ϵ

lesa zviša za 0,0016. Iz podatkov lahko vidimo, da je gostota bukovine v povprečju za 60 % višja od gostote smrekovine, ϵ bukovine pa je v povprečju od ϵ smrekovine višja le za 20 %. To nakazuje, da poleg gostote na ϵ vplivajo tudi drugi dejavniki (kemijska sestava – količina posameznih kemičnih komponent) (Khalid in sod. 1999). Ker kljub temu gostota najbolj vpliva na ϵ (Torgovnikov 1993), lahko tako z enačbo (slika 4) za neznano lesno vrsto ob po-

znavanju le njene gostote, izračunamo pričakovano ϵ v absolutno suhem stanju.

4. SKLEP

Z naraščajočo vlažnostjo lesa narašča tudi ϵ lesa (voda ima precej višjo dielektrično vrednost kot absolutno suh les). Zvezo med ϵ in vlažnostjo lesa na obravnavanem območju lahko opišemo s kvadratno enačbo. Z naraščajočo frekvenco elektomagnetnega polja ϵ pada, kar je posledica slabše polarizacije pri višjih frekvencah. Gostejši les ima višje ϵ , kar je posledica večje količine materiala, ki lahko sprejme določen električen naboj. Odvisnost med gostoto lesa in dielektrično vrednostjo lahko opišemo z linearno zvezo. □

literatura

1. James, W. L. 1977. Dielectric behaviour of douglas-fir at various combinations of temperature, frequency, and moisture content. Forest Products Journal, 27,6: 44-48
2. Jošt, M., Resnik, J., Šernek, M. 2004. Vpliv temperature termične obdelave na dielektrične lastnosti lesa. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 73: 123-135
3. Kabir, M.F., Khalid, K. B., Daud, W. M., Sidek, H. A. A. 1997. Dielectric properties of rubber wood at microwave frequencies measured with an open-ended coaxial line. Wood and Fiber Science, 29, 4: 319-324
4. Khalid, K.B., Kabir, M.F., Daud, W.M., Sidek, H.A.A. 1999. Multi-component mixture modeling of the dielectric properties of rubber wood at microwave frequencies. Holzforschung, 53, 6: 662-668
5. Makoviny, I. 2000. Dielectric and electromagnetic characteristic of beech wood. Drevarsky vyskum, 45, 3: 23-34
6. Peyskens, E., De Pourcq, M., Stevens, M., Schalck, J. 1984. Dielectric properties of softwood species in microwave frequencies. Wood Science and Technology, 18: 267-280
7. Resnik, J., Berčič, S., Cikač, B. 1995. Visokofrekvenčno segrevanje in lepljenje lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 109 str.
8. Torgovnikov, G.I. 1993. Dielectric properties of wood and wood based materials. Berlin, Springer – Verlag: 195 str.