

## A sűrűség és nedvességtartalom egyidejű mérése mikrohullámú radar alkalmazásával

Measuring wood density and moisture content simultaneously using microwaves

Bejő László<sup>a</sup>, Jakócs Mihály<sup>b</sup>, Divós Ferenc<sup>c</sup>

<sup>a</sup>egy. tanár, Soproni Egyetem, Faipari és Műszaki Intézet, bejo.laszlo@uni-sopron.hu

<sup>b</sup>MSc hallgató, Soproni Egyetem, Faipari és Műszaki Intézet, alceyaon@gmail.com

<sup>c</sup>ügyvezető, Fakopp Enterprise Bt., divos@fakopp.com

### Kulcsszavak

faanyag,  
sűrűség,  
nedvességtartalom,  
mikrohullámú sugárzás,  
többváltozós regresszió

### Keywords

wood,  
density,  
moisture content,  
microwave,  
multi-parameter regression

### Absztrakt

A cikk egy új, a faanyag egyidejű sűrűség- és nedvességtartalom mérésére alkalmas eljárás kifejlesztésének kezdeti lépéseiről számol be. Az eljárás alapja a faanyagon áthaladó mikrohullámú jel csillapodásának és időkésltetésének mérésén alapszik. A két, függetlennek tekintett változó lehetőséget biztosít mindkét paraméter egyidejű becslésére, egyetlen méréssel. A cél egy fajajtól függetlenül működő, megfelelő precizitású becslési eljárás kifejlesztése.

A kutatás során számos, különböző fajfajból készült próbatest mérésére került sor, melyeket különböző nedvességtartalomra kondicionálva mértünk. A mért csillapodás és időkésltetés értékek, valamint a valós sűrűség és nedvességtartalom alapján, többparaméteres regresszió alkalmazásával becsülő modelleket állítottunk fel a sűrűség és a nedvességtartalom becslésére. Az eredmények alapján a módszer – a faanyagra jellemző, nagy változékonyságot is tekintetbe véve – alkalmas a nedvességtartalom nagy pontosságú, és a sűrűség kielégítően pontos mérésére. További mérések szükségesek az anyagvastagság, az antennák pozíciójának hatása, valamint az eredmények hőmérséklet-függése tekintetében.

### Abstract

A new method of measuring the density and the moisture content of wood using a single measurement is being developed. The method is based on using both signal attenuation and time lag of a microwave signal transmitted through the material. The two independent variables allow the simultaneous prediction of both parameters. The ultimate goal is to develop an instrument for predicting the parameters with acceptable precision, regardless of species.

Several wood species have been measured at various moisture content levels, and two-parameter linear regression models were fit on the experimental data. Based on the preliminary results, the method seems to be working very accurately for moisture content determination, and reasonably well when estimating density. Further experimentation is required to assess the effect of specimen thickness and temperature.

## 1. Bevezetés

A faanyag sűrűségét számos tényező befolyásolja; elsődlegesen a faj, de emellett jelentős hatása van a növekedés során a termőhelyi és klimatikus viszonyoknak, valamint a törzsön belüli helyzetnek, és más tényezőknek is. Emellett a fa higroszkópos anyag; a levegő relatív páratartalma és hőmérséklete függvényében képes abból nedvességet felvenni vagy leadni. A sűrűség és a nedvességtartalom jelentősége ugyanakkor meghatározó számos egyéb tényező – pl. a mechanikai tulajdonságok, méretmozgások, megmunkálhatóság stb. – tekintetében [1, 2].

A fentiek miatt a sűrűség és a nedvességtartalom mérése kritikus fontosságú a faipar számos területén. E paraméterek gyors, megbízható és pontos mérése többek között kritikus a szárítás, ragasztás, felületkezelés, faalapanyagok gyártása, és számos egyéb területen.

E paraméterek közvetlen mérése a faanyag tömegének és térfogatának meghatározásával, majd annak kiszáritásával történik. Ez a megoldás időigényes és a gyakorlatban sokszor nem alkalmazható. Emiatt számos alternatív (jellemzően roncsolásmentes) becslési módszert alkalmaznak e célra. Az ellenállásos és kapacitív nedvességmérők széles körben elterjedtek a nedvességtartalom mérésére, a felületi nedvességméréshez pedig jól alkalmazhatók az NIR (Near Infrared, azaz a közeli infravörös tartományban működő) szkennerek. A sűrűséget általában elektromágneses, jellemzően radar vagy gammasugárzáson alapuló méréssel értékeljük. Számos elfogadható pontosságú módszer és berendezés alkalmazható a két paraméter egyikének becslésére, azonban sok esetben igény lenne mindkét jellemző egyidejű mérésére is.

Az ismertetett kutatás célja egy új roncsolásmentes faanyagvizsgáló eljárás kifejlesztése volt, ami a fa sűrűségének és nedvességtartalmának egyidejű mérésére irányul, az anyag dielektromos tulajdonságai alapján. A végcél olyan gyakorlatban is alkalmazható műszer fejlesztése, amely megbízhatóan tudja becsülni e két paramétert, fajajtól függetlenül. Ez a cikk a kutatás első lépéseiről számol be.

## 2. Irodalomáttekintés

Az 1950-es évektől kezdve számos tanulmány jelent meg a fa dielektromos tulajdonságaival kapcsolatban [3-6]. Az elektromágneses sugárzás számos különböző alkalmazását tesztelték, beleértve a göcsök kimutatását [7], vagy akár a faanyag rostirányának a meghatározásának lehetőségét [8].

1993-ban Torgovnikov egy átfogó monográfiát tett közzé [9], amely szisztematikusan összefoglalja a különböző fajfajok dielektromos állandóit, és azok függését a faanyag sűrűségétől, nedvességtartalmától, a hőmérséklettől, illetve a sugárzás frekvenciájától. Az általa leírtak alapján az elektromágneses hullámok mind a faanyag sűrűségének, mind a nedvességtartalmának a becslésére alkalmasak lehetnek.

A közelmúltban több japán tanulmány foglalkozott a fa nedvességtartalmának meghatározásával mikrohullámú radar alkalmazásával. Az egyik ilyen kutatás japán cédrus (*Cryptomeria japonica*) fűrészáru nedvességmérésére alkalmas szenzor kifejlesztésére irányult, a radarjel fáziseltolódása alapján [10]. Később 52 MHz-es jel csillapodása és fáziseltolódása alapján mérték a nedvességeloszlást

nagy átmérőjű rönkökben. Az eredmények alapján a jelentősebb nedvességeltérések így roncsolás- és érintésmentes módszerrel kimutathatók [11]. Egy magyar tanulmány is született, mely különböző fajajú, nagy átmérőjű rönkök és rönkmáglyák nedvességtartalmának mérésére irányult a rosttelítettségi határérték felett, nagyteljesítményű mikrohullámú radar segítségével, ami megfelelő pontossággal becsülte az anyagok nedvességtartalmát [12].

Amerikai kutatók [13] mikrohullámú radart használtak duglászfenyő gerendák nedvességtartalmának meghatározására és a rejtett gombakárosodás kimutatására. Hasonló berendezéssel becsülték a nedves faanyag sűrűségét a rosttelítettségi határérték felett [14]. Egy másik kutatásban különböző fafajok nedvességét becsülték mikrohullámú radarral, és hasonlították össze a mért és irodalmi értékekkel [15].

### 3. Elméleti háttér

Kutatásunk célja két változó, nevezetesen a sűrűség és a nedvességtartalom egyidejű meghatározása volt. Mindkét paraméter hatással van a faanyag dielektromos tulajdonságaira. A geometria mellett az elektromágneses hullámok áthaladása és visszaverődése az anyagról annak dielektromos jellemzőitől függ. Így az áthaladó és visszaverődő sugárzás különböző mérhető paramétereit a dielektromos tulajdonságok, és ezen keresztül közvetlen a faanyag sűrűsége és nedvességtartalma is befolyásolja.

A sűrűség és a nedvességtartalom egyidejű meghatározásához két független becselőparaméterre van szükség. Az elektromágneses sugárzás esetében az áthaladási sebesség és az áthaladó jel csillapodása (elnyelése) többé-kevésbé függetlennek tekinthető. Ezeket a paramétereket használtuk a becsüléshez.

Az elektromágneses hullámok terjedési sebessége függ az anyagtól, amelyen áthaladnak. Vákuumban ez megegyezik a fény terjedési sebességével, és gázokban sem sokkal lassabb. Szilárd anyagokban az anyag dielektromos tulajdonságai függvényében változik a sebesség. A jel áthaladása során ez időkéscsökkentést, valamint a jel fáziseltolódását okozza a vákuumban (vagy esetünkben, a levegőben) terjedő jelhez képest.

Mialatt a jel áthalad az anyagon, a besugárzott energia

egy része elnyelődik az anyagban, és hőenergiává alakul. Ez a csillapodás a beérkező jel energiájának csökkenését eredményezi, azaz a jel amplitúdója csökken. A beérkező és a sugárzott jel energiájának a hányadosa az alábbi képlettel számítható [9]:

$$\frac{W}{W_0} = e^{-2\alpha d}, \quad (1)$$

ahol:

$W, W_0$  – a beérkező, illetve a kibocsátott energia,

$\alpha$  – csillapítási együttható,

$d$  – vastagság,

$\rho$  – sűrűség.

Az (1) egyenlet alapján a jelerősség csökkenése függ közvetlenül a sűrűségtől, illetve a csillapítási együtthatótól ( $\alpha$ ) keresztül közvetlen a hullámhossztól, valamint az anyag dielektromos állandójától ( $\epsilon$ ) és a veszteségi tényezőjétől ( $\tan \delta$ ). Mindkét utóbbi paraméter függ a nedvességtartalomtól és a sűrűségtől, valamint a hőmérséklettől is.

A mikrohullámú jel áthaladási sebessége és a csillapítása erősen függ mind a sűrűségtől, mind a nedvességtartalomtól. A jel sebessége és energiája a gyakorlatban jellemzően nem mérhető közvetlenül. Ugyanakkor az áthaladási idő (nagyon kis időkéscsökkentés esetén közvetlen, a jel fáziseltolódása alapján meghatározva), valamint a jel energiájával arányos amplitúdó ( $W \sim A^2$ ) azonban közvetlenül is mérhető.

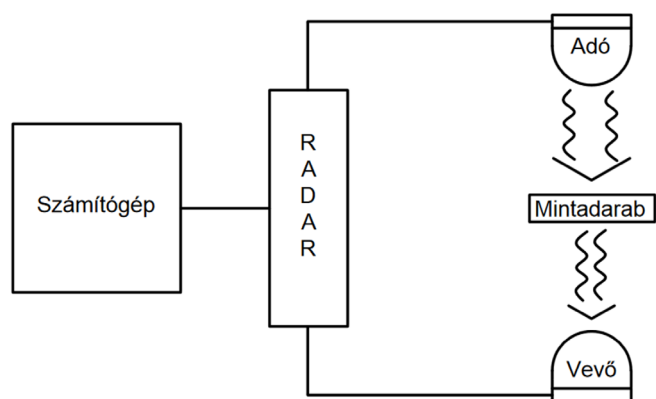
A hőmérséklet, az anyag vastagsága, valamint a jel frekvenciája/hullámhossza szintén befolyásolják a jel haladási sebességét és az átsugározott jel erősségét. Ezeket a változókat kontrollálni kell a kísérletek során. Nincs okunk feltételezni, hogy a fafajnak (a fafajokra jellemző sűrűségi értékek eltérésein túl) jelentős hatása lenne a mért paraméterekre.

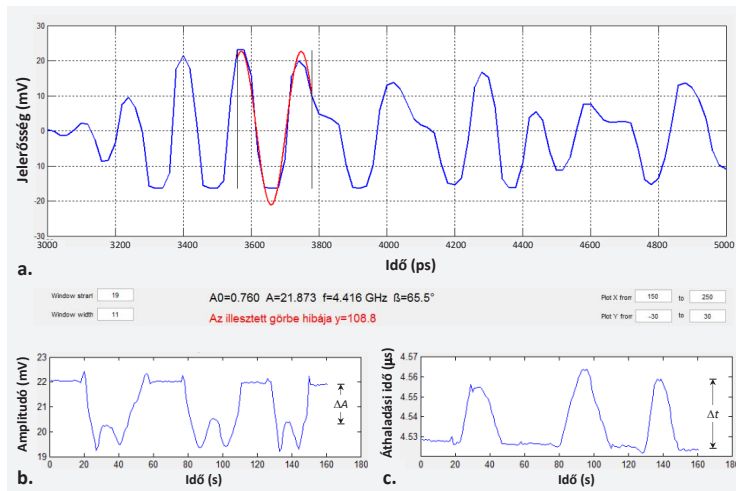
### 4. Anyagok és módszerek

A méréseket két, egymástól 110 mm távolságban elhelyezett 4,4 GHz-es Novelda RFBeam Microwave Radar antennával végeztük (1. ábra). Az antennákra szerelt lencsék a jel fókuszálását és az esetleges interferenciák elleni árnyékolást szolgálják. A beeső jel elemzése során



1. ábra: A fókuszáló lencsékkel felszerelt antennákból álló mérőrendszer fényképe és sematikus ábrája





**2. ábra:** Az átsugárzott mikrohullámú jel értékelése. Az a. ábra a szinuszgörbe illesztését mutatja a mért beeső jelre. A b. és c. diagrammok mutatják az amplitúdót, illetve az áthaladási időt. A völgyek, illetve a csúcsok az amplitúdó csökkenését, illetve az áthaladási idő növekedését mutatják a próbatest behelyezésekor

annak egy szakaszára szoftver segítségével szinusz jelet illesztettünk (2. ábra). Ez alapján határoztuk meg az áthaladási sebességet és a jel amplitúdóját.

A kísérlethez 36 próbatest készült, 18 különböző fajfajból. Az 1. táblázat mutatja a vizsgált fajfajokat, és azok átlagos sűrűségét. A próbatestek mérete 20×80×300 mm volt, az átsugárzás a vastagsági méret irányában történt.

A 2. ábrán a felső diagramm a szinuszgörbe illesztését mutatja. A bal- és jobboldali alsó diagrammok mutatják az amplitúdót, illetve az áthaladási időt. A völgyek és a csúcsok az amplitúdó csökkenését, illetve az áthaladási idő növekedését mutatják a próbatest behelyezésekor.

Minden próbatestet 4 alkalommal mértünk, különböző nedvességtartalomra történő kondicionálást követően ( $u_e$  = egyensúlyi fanedvességtartalom):

- $T = 20\text{ °C}$ ,  $\varphi = 65\%$ ,  $u_e \cong 12\%$ ;
- $T = 20\text{ °C}$ ,  $\varphi = 45\%$ ,  $u_e \cong 5\%$ ;
- $T = 20\text{ °C}$ ,  $\varphi = 20\%$ ,  $u_e \cong 2\%$ ;
- Abszolút száraz (100 °C-on történő szárítás után).

**1. táblázat:** A vizsgált fajfajok átlagos sűrűség értékei (5% átlagos nedvességtartalom mellett)

Fafaj	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Fafaj	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
Vörös tölgy (Quercus rubra)	0,759	Vörösfenyő (Larix decidua)	0,584
Akác (Robinia pseudoacacia)	0,753	Juhar (Acer)	0,578
Gőzölt bükk (Fagus sylvatica)	0,744	Csertölgy (Quercus cerris)	0,555
Fehér bükk (Fagus crenata)	0,703	Éger (Alnus glutinosa)	0,554
Kóris (Fraxinus excelsior)	0,647	Kislevelű hárs (Tilia cordata)	0,543
Kocsányos tölgy (Quercus robur)	0,623	Ezüst hárs (Tilia tomentosa)	0,423
Erdei fenyő (Pinus sylvestris)	0,617	Lucfenyő (Picea abies)	0,391
Dió (Juglans regia)	0,604	Rezgő nyár (Populus tremula)	0,376
Dabema (Piptadeniastrum africanum)	0,594	Abachi (Triplachiton scleroxylon)	0,376
Szibériai vörösfenyő (Larix sibirica)	0,586		

A próbatestek mérése minden kondicionálási lépést követően megtörtént a radar érzékelők közé helyezve azokat. Az abszolút száraz próbatestek vizsgálatához a próbatesteket először deszikkátorban lehűtöttük, mivel a magas hőmérséklet befolyásolta volna a mérési eredményeket. A mérés során feljegyeztük az amplitúdó és az áthaladási idő változását ( $\Delta A$ , illetve  $\Delta t$ ) a próbatest behelyezése nélkül mért értékekhez képest (ld. 2. ábra). A radáros mérést követően a próbatest tömegét is megmértük laboratóriumi mérleggel, 0,01 g pontossággal. A próbatestek méreteit szintén megmértük a 2. és 3. mérést követően, ( $u_e \cong 5\%$ , illetve  $2\%$ ) a sűrűség számításához. A mérés tolómérővel történt, 0,05 mm pontossággal. Az  $u_e \cong 12\%$ -ra kondicionált és az abszolút száraz próbatestek sűrűségéhez a méreteket lineáris extrapolációval határoztuk meg. A különböző nedvességtartalmi szinteken a tényleges nettó nedvességtartalom számításához a nedves és abszolút száraz tömeget használtuk:

$$u = \frac{m_n - m_0}{m_0}, \quad (2)$$

ahol:  $m_n$  – a próbatest nedves tömege,  
 $m_0$  – a próbatest abszolút száraz tömege.

## 5. Eredmények és értékelés

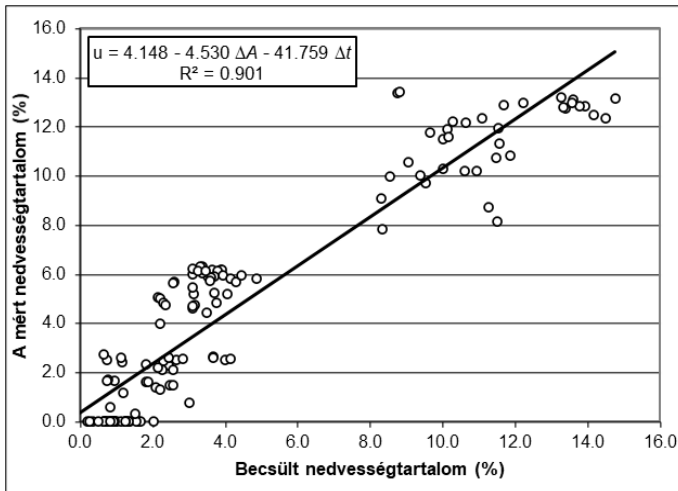
A mérések elvégzése után a mért adatokon kétparaméteres lineáris regresszió elemzést végeztünk, a  $\Delta A$  és  $\Delta t$  paraméterek, mint független változók használatával. A regresszió-analízist a Statistica® programmal (www.statistica.com) végeztük el sűrűség és nedvességtartalom függő változókra az alábbi modell használatával:

$$V = a \cdot \Delta A + b \cdot \Delta t + c, \quad (3)$$

ahol:  
 $V$  – a független változó (sűrűség, illetve nedvességtartalom),  
 $a, b, c$  – az illesztett lineáris modell együtthatói.

Az illesztést a teljes adathalmaz felhasználásával végeztük, így empirikus becslő modelleket állítottunk fel a sűrűség és a nedvességtartalom becslésére. (Megj.: az (1) egyenletnek megfelelően az amplitúdók különbsége helyett elméletileg helyesebb az amplitúdónégyzetek hányadosának használata, azonban a függvényillesztés során ez nem vezetett jobb eredményre a fenti modellhez képest.) A 3. és 4. ábra mutatja az eredményeket, beleértve a lineáris regresszióval felállított modelleket.

A biológiai anyagok jelentős változékonysága miatt azok tulajdonságait számos tényező befolyásolja. Ennek megfelelően az ilyen anyagok esetén a becslési pontosságok alacsonyabbak, mint más anyagok (pl. fémek, szilikátok, szintetikus anyagok) esetén. Az ilyen anyagok esetén a 0,5 feletti determinációs koefficiens értékek sokszor már elfogadhatók, 0,75 felett pedig már kifejezetten jónak mondhatók.



**3. ábra:** A kiszáritásos módszerrel mért és a mikrohullámú sugárzás amplitúdója és időkéslletése alapján becsült nedvességtartalom értékek összefüggése

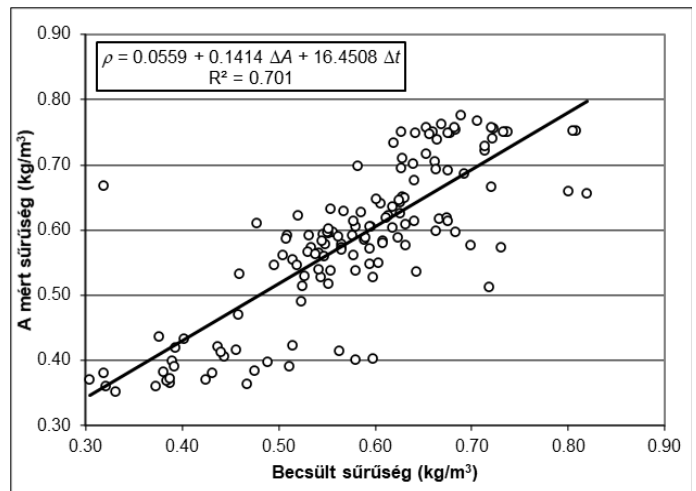
A 3. ábrán látható eredmények alapján az alkalmazott módszer a faanyag nedvességtartalmát kimondottan pontosan képes becsülni. A 0,9 feletti  $r^2$  érték fa és egyéb biológiai anyagok esetén kitűnőnek mondható. Az eljárással 1-2% pontossággal meg lehet becsülni a nedvességtartalmat az esetek túlnyomó többségében, ami a legtöbb gyakorlati alkalmazás esetében megfelelő pontosságot jelent.

A 4. ábrán a próbatestek mért és becsült sűrűség értékeinek összehasonlítása látható. Az összefüggés ebben az esetben nem olyan szoros, mint a nedvességtartalom esetében, de a sűrűség így is elfogadható pontossággal becsülhető a mért amplitúdó és áthaladási idő adatok alapján. Az eredményekből látható, hogy a faanyag dielektromos paraméterei kevésbé érzékenyek a sűrűség változására, mint a nedvességtartalomra, legalábbis az adott frekvenciájú mikrohullámú sugárzás esetén. (Megj.: mivel a függvény illesztése minden esetben a nedves sűrűség értékekre történt, a nedvességtartalom kis mértékben befolyásolja a sűrűséget is, így a két paraméter nem teljesen független egymástól.)

A fenti eredmények viszonylag kis méretű, légszáraz és annál alacsonyabb sűrűségű próbatestek mérése alapján adódtak. Az eredmények egyértelműen biztatóak, azonban csak a mért nedvességtartalom tartományban, és kisméretű próbatestek esetén igazolják a módszer működőképességét. Az eredmények alátámasztják az eljárás alkalmazhatóságát, de további mérésekre van szükség a nedvességtartomány kiterjesztésére (különösen a rosttelítettségi határértéken túl), és különböző faipari alkalmazásokban (pl. különböző vastagságú anyagok mérése, rönk nedvességmérés, forgácsok, farostok és faalapú anyagok mérése) használható berendezések kifejlesztéséhez.

## 6. Összefoglalás és következtetések

A bemutatott kutatás során a mikrohullámú sugárzás terjedési ideje és a jel amplitúdója alapján kíséreltük meg különböző sűrűségű és fafajú próbatestek sűrűségének és a nedvességtartalmának egyidejű becsülését. Az eredmények alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:



**4. ábra:** A próbatestek mért tömege és térfogata alapján számított és a mikrohullámú sugárzás amplitúdója és időkéslletése alapján becsült sűrűségértékek összefüggése

- A faanyag nedvességtartalma nagyon pontosan becsülhető a mért roncsolásmentes paraméterek használatával.
- A faanyag sűrűsége elfogadható pontossággal becsülhető a mikrohullámú sugárzás amplitúdója és időkéslletése alapján.
- Az alkalmazott mikrohullámú sugárzási frekvencia esetén a faanyag dielektromos paraméterei kevésbé érzékenyek a sűrűség változásaira, mint a nedvességtartaloméra.

A mikrohullámú sugárzás terjedési idejének és amplitúdójának mérése ígéretes lehetőséget kínál a fa nedvességtartalmának és a sűrűségének egyidejű mérésére. További vizsgálatokra van szükség az anyagvastagság és hőmérséklet hatásának a megállapítására, valamint a gyakorlatban is alkalmazható mérési eljárások (pl. különböző vastagságú anyagok mérése, rönk nedvességmérés, forgácsok, farostok és faalapú anyagok mérése, stb.) fejlesztéséhez.

## Köszönetnyilvánítás

A publikáció a TKP2021-NKTA-43 számú projekt keretében, az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg. A szerzők köszönetet mondanak Dr. Pödör Zoltánnak a statisztikai elemzések elvégzéséhez nyújtott segítségért.

## Irodalomjegyzék

- [1] Panshin, A. J. és de Zeeuw, C. 1980. Textbook of Wood Technology: Structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada. 4th ed. McGraw-Hill Series in Forest Resources. New York, McGraw-Hill Book Co.
- [2] Molnár S., Varga F.-né, Fehér S., Németh R. 2000. A faanyag műszaki tulajdonságai. In.: Molnár S. (szerk.) Faipari Kézikönyv I. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron, 59-82. old.

- [3] Trapp, W.; Pungs, L. 1956. Einfluss von Temperatur und Feuchte auf das dielektrische Verhalten von Naturholz im grossen Frequenzbereich. Holzforschung 10(5):144-150.
- [4] Tsusumi, J.; Watanabe, H. 1965. Studies on Dielectric Behavior of Wood. I. Effects of frequency and temperature on  $\epsilon'$  and  $\tan \delta$ . Journal of Japanese Wood Research Society 11(6):232-236.
- [5] Tsusumi, J.; Watanabe, H.: 1966. Studies on Dielectric Behavior of Wood. II. Effects of Moisture Content on Dielectric Constant  $\epsilon'$  and Dielectric Loss Factor  $\epsilon''$ . Journal of Japanese Wood Research Society 12(3):115-118.
- [6] Beldi, F.; Balint, J.; Szabo, J.; Ruzsa, B. 1968. Die dielektrischen Eigenschaften verschiedener Eichenholzarten. Holz Roh-Werkst. 26(3):89-95.
- [7] Kaestner, A.P.; Baath, L.B. 2005. Microwave polarimetry tomography of wood. Sensors Journal, IEEE. 5(2): 209-215.
- [8] Schajer, G.S.; Orhan, F.B. 2006. Measurement of wood grain angle, moisture content and density using microwaves. Holz Roh-Werkst. 64(6): 483-490.
- [9] Torgovnikov G. I.: 1993. Dielectric Properties of Wood and Wood-Based Materials (Springer Series in Wood Science); 196 S. ISBN 3-540-55394-0. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York
- [10] Ikeda, K.; Hoshikawa, T.; Watai, J.; Suzuki, Y.; Sugiyama, A. 2013. Evaluation of high moisture content of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) log using the phase detector of electromagnetic wave transmitter. Proc. 18th Int. NDTE of Wood Symposium, Madison, WI, USA, Sept. 24-27, 2013. pp. 723-728.
- [11] Ikeda, K.; Hoshikawa, T.; Suzuki, Y.; Sugiyama, A. 2017. Estimation of the Moisture Content of Japanese Cedar (*Cryptomeria japonica*) Large Diameter Logs by Measuring Relative Permittivity and Phase Attenuation of Low Frequency (52 Mhz) Electromagnetic Wave. Proc. 20th Int. NDTE of Wood Symposium, Madison, WI, USA, on Sept. 12–15, 2017. pp. 488-495.
- [12] Major, B.; Divos F. 2016. Sarangolt fa nedvességtartalom mérési lehetősége elektromágneses hullámokkal. (Moisture content measurement of stacked wood with electro-magnetic waves) Faipar 64:2, <http://dx.doi.org/10.14602/WOODSCI.2016.2.67>
- [13] Senalik, C.A.; Wacker, J.P.; Wang, X.; Rodrigues, B.P.; Jalinoos, F. 2017. Assessing Ability of Ground-Penetrating Radar to Detect Internal Moisture and Fungal Decay in Douglas-Fir Beams. Proc. 20th Int. NDTE of Wood Symposium, Madison, WI, USA, on Sept. 12–15, 2017. pp. 278-289
- [14] Divós F., Tsalagkas D., Koutsianitis D. (2013) Wood Density determination of Trees by Microwave Impulse Radar Device. Proc. 18th Int. NDTE of Wood Symposium, Sept. 24-27, 2013. pp. 143-149.
- [15] Divos, F.; Buza, A.K. 2015. Wood density measurement by microwave. Proc. 19th Int. NDTE of Wood Symposium, Rio de Janeiro, Brazil, Sept. 22–25, 2015. pp. 192-196.



**SOPRONI EGYETEM | KÖZPONTI VIZSGÁLÓLABORATÓRIUM**

A Soproni Egyetem Központi Vizsgálólaboratóriuma (SOE KVL) mintegy 70 éve szolgálja a hazai gazdaságot akkreditált vizsgálatok teljesítésével. Olyan nagy múltú szervezetek örököse, mint a FAIMEI Faipari Minőségellenőrző Intézet, a PKI Papíripari Kutatóintézet, valamint a EFVL Erdészeti és Faipari Vizsgálólaboratórium. Tevékenységünket az MSZ EN ISO/IEC 17125:2018 szabvány szerint nemzetközi akkreditáció keretei között végezzük. Ma ez egyetlen faipari fókuszú akkreditált vizsgálólaboratórium Magyarországon!

ANYAG ÉS FAANYAGVÉDELMI  
RÉSZLEG

KOMPOSIT ÉS FÉLKÉSZTERMÉK-  
VIZSGÁLÓ RÉSZLEG

TERMÉKVIZSGÁLÓ RÉSZLEG

TALAJTANI RÉSZLEG

**Faanyagok** – hengeresfa- és fűrészáru, faanyagok anatómiai jellemzőinek meghatározása, fafaj meghatározás

**Fa tartószerkezetek** – alakváltozás- és feszültségmérés szerkezeten, vagy szerkezeti elemén

**Faanyagvédelem** – faanyag tartósságának vizsgálata, favédőszer hatásosságának vizsgálata, védőszer kimutatása a faanyagban

**Vasút** – vasúti talpfák, hídfák, faoszlop vizsgálata, vasúti rögzítő szerkezetek vizsgálata

**Bútorok** – mintavétele, esztétikai, fizikai és mechanikai vizsgálata

**Növényvizsgálatok** – tápelemtartalmi vizsgálatok



**Faalapú lemezek** (*forgácslap, MDF/ HDF, rétegelt lemez, OSB, CK...*) – felületbevonatok, formaldehid kibocsátás, fa padlóburkolatok, rétegelt padlóburkoló anyagok, faipari ragasztóanyagok vizsgálata

**Hőkezelőüzemek ellenőrzése** – FAO IPPC ISPM 15 szabvány szerinti vizsgálat

**Építőanyagok tűzállósága** – építőanyagok (kivéve padlóburkoló anyagok) tűzvédelmi vizsgálata

**Talajvizsgálatok** – kémhatás, kötöttségi szám, humusztartalom, hidrolitos aciditás, kicserélődési savanyúság, összes karbonát tartalom, fenoltalein lúgosság, vízben oldható összes só tartalom, báziscsere vizsgálat, toxikus elem tartalom, mechanikai összetétel vizsgálata, a talaj tápanyag-tartalom vizsgálata

