

FAIPAR 64. évf. (2016)
1. szám

DOI: 10.14602/WoodScience-HUN_2016_1

Legjelentősebb környezeti terhek a fenyő rönkök és fenyő fűrészárak behozatalának szállítása folyamán

BÖRCSÖK Zoltán¹, PÁSZTORY Zoltán¹, SCHÖBERL Miklós²

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Innovációs Központ

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Fa- és Papíripari Technológiák Intézet

Kivonat

A cikk egy olyan kutatásról számol be, mely a fenyő faanyag behozatal szállításból adódó környezeti terheit az alábbi két területen mérte fel:

- üvegházhatású gázok kibocsátása
- nem megújuló primer energiaigény.

Mindezt azzal a céllal tette, hogy megállapítsa: ezek a számszerűsített környezetterhek hogyan módosítják az import fenyő faanyag környezeti megítélését.

A munka során az import mennyiségi adatokat statisztikából vettük, míg a szállítási távolságokat becsléssel határoztuk meg. A vizsgált két terület környezeti terheinek teljes életütemzés (LCA; Life Cycle Assessment) alapján meghatározott fajlagos mutatói ($\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{tkm}$; és MJ/tkm) szakirodalmi forrásból származnak.

Mivel a fenyő faanyag egyik fő felhasználója az építészet, ezért a kutatást és az eredmények kiértékelését a faépítészetre figyelemmel végeztük el. Az üvegházhatású gázok kibocsátásával kapcsolatban megállapítottuk, hogy az import fenyő faanyag szállítási igénye nem módosítja jelentősen felhasználásának ilyen alapú környezeti megítélését, azaz a faanyag továbbra is megőrzi, különösen hosszú élettartamú nagy tömegű termékekben (pl. faépítészet) széntároló képességét. Ugyanakkor a klímavédelem érdekében változatlanul keresni kell – az import fenyő szállítása területén is – az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentési lehetőségét.

A nem megújuló primer energiaigény vizsgálati eredményeit egy épület energiahatékonyságának vizsgálatára felhasználva teljesen újszerű megközelítésben jártunk el akkor, amikor az épület teljes életútjának összes nem megújuló primer energiaigényét két csoportra bontva az ún. „szürke energia” alakulását vettük figyelembe. Ennek során megállapítottuk, hogy az import fenyő szállításának nem megújuló primer energiaigénye már oly módon járulhat hozzá egy épület energiahatékonyságához, hogy az már nem hagyható figyelmen kívül, és intézkedéseket igényel.

Kulcsszavak: épületek energiahatékonysága, faépítészet, fenyő import, áruszállítás környezeti terhei, szénlábnyom, szürke energia

The most important environmental impacts of the Coniferous timber and lumber import caused by transport

Abstract

The main goal of this article is to report on a research that dealt with the environmental impacts of coniferous timber and lumber import. The research covered the area of the greenhouse gas emissions (climate change) and non-renewable primary energy demand (depletion). The import data originated from import statistics, while the distances were determined by estimation. The specific indicators ($\text{kgCO}_{2\text{eq}} / \text{tkm}$, and MJ / tkm) of the environmental burdens (defined on the basis of life cycle assessment, LCA) of the studied areas come from literature sources.

As the construction industry is a major user of coniferous wood, so the research and the results were focused on wood-based construction.

In case of the greenhouse gas emissions it was established that the imported coniferous wood transportation does not change significantly the environmental impact of the usage. The wood

preserve carbon storage capacity, especially in massive, long-lived products (e.g. in wooden architecture). At the same time, in order to protect the climate, we may have to continue to look for ways of minimizing greenhouse gas emissions, and that includes the transportation of coniferous lumber.

All non-renewable primary energy demand of the building for the entire lifetime, were split into two groups. The evolution of the embodied energy was taken into account. We found that the non-renewable primary energy demand of the coniferous wood import (transportation) significantly contributes to a building's energy efficiency and cannot be ignored, and actions are required.

Keywords: energy efficiency, wood architecture, coniferous wood import, environmental impact of the transport, carbon footprint, embodied energy

Bevezetés

A közlekedés – ezen belül az áruszállítás – számos káros környezeti hatással jár (Mészárosné és Lukács 1999, Chapman 2007, Raffai 2007, ITF 2010, EEA 2012). Ezek a káros környezeti hatások, lényegében az igénybe vett szállítóeszköztől és a szállítás módjától függően annál nagyobbak, minél nagyobb távolságból érkezik az áru a felhasználási és/vagy fogyasztási helyére. Ezt a tényt pedig az áru környezetvédelmi értékelésénél figyelembe kell venni. Különösen fontos e kérdés tisztázása a nagy szállítást igénylő importból származó termékek esetében. A szállítás káros környezeti hatásai közül egyik legjelentősebb a klíma változásáért felelősnek tartott *üveg-házhatású gázok (ÜHG)* kibocsátása. Az áruszállítás azonban nemcsak szennyezőanyagok kibocsátásával jár, hanem jelentős olyan energia felhasználásával is, mely nem megújuló erőforrásból származik, miáltal növeli a kimerülő készletek igénybevételét (ITF 2010, EEA 2012). Ennek mértékét a SIA Merkblatt 2032 definíciója alapján nem megújuló erőforrásból származó kumulatív primer energiaigény (KEA_{ne} ; *Kumulierter Energieaufwand*_{nicht erneuerbar}) mennyiségével szokásos meghatározni. Mivel minden terméknek és szolgáltatásnak van ilyen energiaigénye, ezért az olajválság óta – de különösen az utóbbi két évtizedben – világszerte számos jelentős kutatás foglalkozott e kérdéssel. Külön fogalmat is alkottak rá, német nyelvterületen graue Energie (szürke energia), míg angolul embodied energy (beépülő energia) kifejezést használják. Ezek közül nálunk leginkább a „szürke energia” elnevezés kezd ismertté válni. Legújabban pedig – sok külföldi kutatás mellett néhány hazai (Szalay 2012, Bejő et al. 2013) munka is – épületek energiahatékonyságának megítélésénél veszik figyelembe a szürke energia mértékét.

Magyarországon termőhelyi adottságok miatt alacsony a fenyőerdők részaránya, ezért a fenyő faanyagigény nem elégíthető ki belső forrásból. Ugyanakkor a faépítészetben a mi földrajzi környezetünkben szinte kizárólag fenyő faanyagot használnak, ami túlnyomó részt csak importból biztosítható, ezért a hazai faépületek környezettudatosságának és energiahatékonyságának megítélésénél az import fenyő szállításából adódó környezeti terhek nem hagyhatók figyelmen kívül.

Ez a cikk ezért a „Környezettudatos energiahatékony épület” című (TÁMOP-4.2.2.A-11/1KONV-2012-0068 számú) kutatásra támaszkodva arra vállalkozik, hogy felmérje, a magyar fenyő faanyag-behozatal milyen mértékben járul hozzá a

- szénlábnyma alapján a klímaváltozáshoz, valamint
- szürkeenergia-igénye alapján a készletek kimerüléséhez.

Módszer

Fenyő import adatok

Vizsgálataink első lépése statisztikai elemzés volt. Ehhez a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatait használtuk fel, kiemelve azokat az adatokat, melyek a faépítészet számára fontosak, így a tartósítószerrel nem kezelt fenyő rönköt és a fenyő fűrészárut (statisztikai szám *MKN 440710* ill. *MKN 440320*). Az importáló országok közül csak azokat vettük figyelembe, ahonnan a vizsgált időszak hat éve alatt (2008–2013) éves átlagában rönk esetében legalább 100 t, míg fűrészáru esetében legalább 500 t behozatalára került sor. A figyelembe vett országok a teljes fenyő rönk import 99,8%-át, míg fűrészáru esetében a teljes import 99,6%-át adták. Az egyes országok jellemzésére egyrészt a szállítási távolság (km), másrészt a vizsgált időszakban éves átlagban szállított

famennyiség (t/év) adatait választottuk. Mivel a statisztikában a szállítási távolságok adatai nem szerepelnek, ezért ezt minden ország esetében becsült értékkel számítottuk. A statisztikai elemzés eredményét az 1. táblázatban foglaltuk össze.

A statisztikákban azonban az sem szerepel, hogy az import teljesítése milyen szállítási eszközzel történt, ezért egyszerűsítésként három változatot vettünk figyelembe:

- A = 100%-os vasúti szállítás.
- B = 70%-os vasúti, 30%-os közúti szállítás.
- C = 100%-os közúti szállítás.

Fenyő import szállításának jelentősebb környezetterhei

Környezetterheket a bevezetőben említett két területen mértük fel.

A **szénlábnym** mértékének megítéléséhez a globális felmelegedési potenciál (GWP; Global Warming Potential) tudományosan elfogadott és használt mutatóját választottuk, mely számunkra most a szállítás miatt a teljes életút során jelentkező összes ÜHG kibocsátás mennyiségét adja meg szén-dioxid egyenértékben ($kgCO_{2eq}$) kifejezve.

A szürkeenergia-igény mértékének megítélésére az újabb kutatásokban már elterjedten használt nem megújuló erőforrásból származó primer energiaigény (KEA_{ne}) mutatóját választottuk, mely számunkra most a szállítás miatt a teljes életút során jelentkező összes ilyen energiaigény mennyiségét adja meg MJ mértékegységben kifejezve.

Mindkét mutató a teljes életútelemlés (LCA) módszerével határozható meg. Mivel ilyen jellegű, a szállításra



1. ábra Fenyő rönk vagy fűrészáru importja Magyarországra. A nyilak vastagsága a mennyiséggel arányos

Figure 1 Coniferous timber and lumber import to Hungary. The thickness of the arrows shows the quantity

1. táblázat Fenyő rönk és fűrészáru import adatok (forrás: KSH)

Table 1 Import data of coniferous timber and lumber (source: National Statistical Office [NSO])

Ország	Távolság [km]	Fenyő rönk [t/év]	Fenyő fűrészáru [t/év]
Románia	690	2269,8	7435,8
Ukrajna	600	86694,8	107187,9
Fehéroroszország	1200	1828,3	1218,0
Szlovákia	380	12712,5	48629,3
Ausztria	350	143,4	13345,6
Horvátország	340	321,7	< 500
Csehország	610	< 100	6649,4
Németország	800	< 100	8295,7
Dánia	1430	< 100	1239,8
Észtország	1800	< 100	2816,5
Finnország	2700	< 100	7723,6
Olaszország	1100	< 100	963,0
Lettország	1550	< 100	979,1
Lengyelország	880	< 100	1555,2
Oroszország	2100	< 100	16013,1
Svédország	1850	< 100	13968,5
Összes		103970,5	238020,4

részletesen kiterjedő, hazai kutatás nem állt rendelkezésünkre, ezért a számításához szükséges fajlagos, tonna kilométerre vetített adatokat külföldi forrásból (Frischknecht, R., et al. 2014) választottuk ki. Ezek alapján egy 70% vasúti és 30% közúti szállítási mix mutatóit is felvettük. (2. táblázat)

Számítás és eredmény

A számítások során meghatároztuk a kiválasztott importáló országok 2008 és 2013 közötti időszakra eső hat évének átlagában a leszállított fenyő rönk, ill. fenyő fűrészáru famennyiségek tonna súlyát és a becsült szállítási távolságokat (1. táblázat), majd ezeket szoroztuk három változatban a szénlábnyom, ill. a szürke energia fajlagos (2. táblázat) értékeivel. Az így kapott importáló országonkénti adatokat összegezve megkaptuk a hazai éves fenyő rönk, ill. fenyő fűrészáru behozattal járó súlyozott környezetterheit A; B és C változatban két mutató, a szénlábnyom és a szürkeenergia-igény abszolút értékeit. Kiszámítottuk ugyanezen mutatók fajlagos egy tonnára jutó átlagos értékeit is (3. ill. 4. táblázat). Számításokat MS Excel táblázatos formában végeztük el.

Kiértékelés és következtetések

Az eredmények kiértékelésénél ki kell hangsúlyozni, hogy mind a szénlábnyom, mind a szürke energia fajlagos mutatói teljes életút (cradle to grave; „bölcsőtől a sírig”) elemzésből (LCA) származnak. Így magában foglalják mind a szállítóeszközök, mind az infrastruktúra (vasút, közút) gyártásának, építésének, karbantartásának, üzemeltetésének és az életút végi hulladékkezelésének valamennyi ÜHG kibocsátását és nem megújuló primer energiaigényét. Szükséges megemlíteni, hogy ezek a számításnál használt fajlagos mutatók az *ecoinvent* adatbázisára épülnek, amely svájci energia mix, közlekedéstechnikai és logisztikai kultúra feltételrendszerében készült. Mivel ezek a körülmények a figyelembe vett importáló országok esetében ettől eltérőek, az eredmény abszolút mennyiségi értékei közelítő értékek. Az is megállapítható azonban, éppen a svájci és a legtöbb importáló ország közötti fejlettségi szint különbsége alapján, hogy a valódi környezetterhek várhatóan a számított értékeknél nagyobbak. Ugyanakkor a számítás során használt becsült szállítási távolsági adatok minőségével kapcsolatban azt kell figyelembe venni, hogy azok a tényleges adatoktól lefelé és fölfelé is eltérhetnek. Kizárva azonban egy szisztematikus egy irányba mutató tévedés lehetőségét, ezek az eltérések egymást akár ki is egyenlíthetik. Így a kiértékelés számára a környezeti terhek nagyságrendje tekintetében, de különösen az egyes változatok közötti összehasonlításra, mindenképpen jó alapot adnak.

2. táblázat Különböző szállítási módok kutatásban figyelembe vett fajlagos környezetterhelési mutatói (forrás: Frischknecht, R., et al. 2014)

Table 2 Specific environmental impact of different modes of transportation (source: Frischknecht, R., et al. 2014)

Szállítás	Jel	Szénlábnyom [kgCO ₂ eq/tkm]	Szürke energia [MJ/tkm]
100% vasúti	A	0,0140	0,550
70% vasúti, 30% közúti	B	0,0683	1,354
100% szállítás (tgk >20t)	C	0,1950	3,230

3. táblázat Fenyő rönk behozatal környezetterhei

Table 3 The environmental impact of log import

Szállítás	Jel	Éves szénlábnyom [tCO ₂ eq]	Fajlagos szénlábnyom [kgCO ₂ eq/t fenyő]	Éves szürke-energia-igény [GJ]	Fajlagos szürke-energia-igény [MJ/t fenyő]
100% vasúti	A	850,9	8,2	32238,0	310,0
70% vasúti, 30% közúti	B	4151,1	39,9	62661,9	602,5
100% közúti	C	11851,7	114,0	196312,4	1887,6

4. táblázat Fenyő fűrészáru behozatal környezeti terhei

Table 4 The environment impact of lumber import

Szállítás	Jel	Éves szénlábnyom [tCO ₂ eq]	Fajlagos szénlábnyom [kgCO ₂ eq/t fenyő]	Éves szürke-energia-igény [GJ]	Fajlagos szürke-energia-igény [MJ/t fenyő]
100% vasúti	A	2785,0	11,7	109410,6	459,7
70% vasúti, 30% közúti	B	13586,3	57,1	269348,9	1131,6
100% közúti	C	38791,0	163,0	642538,4	2699,5

Kiértékelés során (vegyes szállítást feltételezve és így a „B” jelű változatot választva alapesetként) a fenyő faanyag behozatal környezeti terheiről a szénlábnyom és a szürkeenergia-igény esetében az alábbiakat állapíthatjuk meg:

Az éves fenyő rönk és fűrészáru import összesített szénlábnyomának abszolút mértéke számításaink alapján kerekítve 18 ezer tonna $\text{CO}_{2\text{eq}}$. (Ez a szén-dioxid kibocsátás fotoszintézis kapcsán mintegy 9700 tonna faanyagban köthető meg, ami kb. egy 1200 hektáros 3 éves intenzív művelésű nyárfa ültetvény éves dendromassza hozamával egyenlő.)

A faanyag szénlábnyoma fotoszintézisből eredően nagy negatív potenciállal rendelkezik, azaz a faanyag CO_2 nyelő. Fenyő rönk fajlagos szénlábnyoma az erdei rakodón $-1830 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}/\text{t}$. Ezt a CO_2 nyelő potenciált kell csökkenteni az import szállítás fajlagos szénlábnyomával, amely a „B” változat szerint $39,9 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}/\text{t}$. Az import fenyő rönk fajlagos szénlábnyoma tehát $-1790,1 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}/\text{t}$, ami változatlanul jelentős CO_2 nyelő potenciált képvisel. Hasonló megállapítást tehetünk fenyő fűrészáru esetén is. Ennek szénlábnyoma a fűrészüzemi készáru téren természetes szárítás alkalmazása mellett $-1777 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}/\text{t}$. Ezt az értéket itt is csökkenteni kell a szállítás $57,1 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}/\text{t}$ fajlagos mértékével, így tehát az import fenyő fűrészáru szénlábnyoma $-1719,9 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}/\text{t}$.

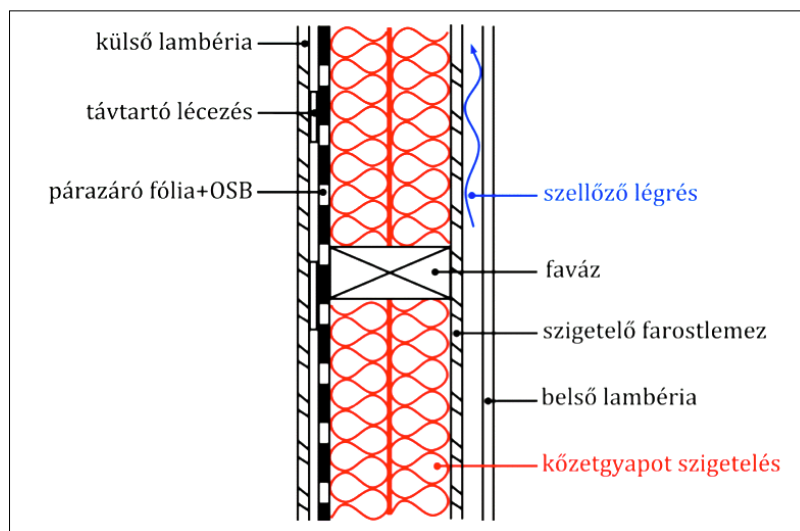
Megállapíthatjuk tehát, hogy az import fenyő rönk és fűrészáru szállításából (70% vasúti és 30% közúti megoszlási arányban) adódó ÜHG kibocsátása nem módosítja jelentősen felhasználásának ilyen alapú környezeti megítélését, azaz ezek az anyagok továbbra is megőrzik, különösen hosszú élettartamú nagy tömegű termékekben történő felhasználásuk során (pl. faépítéset) széntároló képességüket. Ugyanakkor a klímavédelem érdekében változatlanul keresni kell – az import fenyő rönk és fűrészáru szállításának területén is – az ÜHG kibocsátás csökkentésének lehetőségét.

Az éves fenyő rönk és fűrészáru import összesített szürkeenergia-igényének abszolút mértéke számításaink szerint kerekén 330 ezer GJ. (Ez a mennyiség körülbelül 56 ezer 110 m^2 -es passzívház éves fűtésienergia-szükségletének felel meg!)

Jelenleg a fatermékek közül leginkább csak az építészetben használatos termékek szürkeenergia-igényét ismerjük. Fenyő fűrészáru (természetes módon szárított, nem gyalult) szürkeenergia-igénye $1,85 \text{ MJ/kg}$. (*Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2014*) Ezt az értéket növeli az import fenyő fűrészáru szállításának fajlagos szürkeenergia-igénye ($1,13 \text{ MJ/kg}$) amely így $2,98 \text{ MJ/kg}$ értéket vesz fel. Ez a 61%-os növekedés már nem hagyható figyelmen kívül, hiszen hatással van egy épület teljes életútja során jelentkező energiaigény mértékére.

Mindez azt jelenti, hogy ha egy könnyűszerkezetű faház *Wi01* típusú (2. ábra) külső falának 1 m^2 -ében található $35,2 \text{ kg}$ tömegű fűrészáru importból biztosítjuk, akkor a teljes falszerkezet 1 m^2 -nek $587,9 \text{ MJ}$ (*bauteilkatalog.ch*) szürkeenergia-igénye $39,8 \text{ MJ}$ mennyiséggel megnő és $627,7 \text{ MJ}$ értéket vesz fel. Ez a (példánkban 6,8%-os) növekedés azon túl, hogy a nem megújuló kimerüléséhez hozzájárulva el nem hanyagolható környezeti terhet jelent, képes lehet egy épületelem szürkeenergia-igényét a beépített import faanyag tömegétől függően olyan mértékben megnövelni, hogy emiatt a faanyag elveszítheti energiahatékonyság téren egyébként fennálló versenyelőnyét a konkurens építőanyagokkal szemben.

Amikor itt épületek energiahatékonyságáról beszélünk, nem a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet szűken értelmezett és csupán a használati energiahatékonyságára kiterjedő értelemben szólnunk róla, hanem – ahogy azt a legújabb kutatások is teszik – az épület teljes életútja során felmerülő energiaigényt vesszük alapul. Egy épület teljes életútja ugyanis a használat mellett még több olyan szakaszból áll, melyek szintén energiát igényelnek. Ha ezeket a szakaszokat a DIN EN 15804 szabvány alapján vesszük figyelembe (4. táblázat) akkor – eszerint,



2. ábra Wi01 típusú könnyűszerkezetű külső fal szigeteléssel

Figure 2 Wi01 type wooden frame wall

a hazánkban még be nem vezetett EU szabvány szerint – az épületek teljes életútjának egyes szakaszait az alábbi két csoportba rendezhetjük:

- szürke energia (a táblázatban szürkével jelzett A; C és D jelű szakaszok)
- használati energia (a táblázatban pirossal jelzett B jelű szakaszok)

Ez a totális energiahatékonysági szemlélet, mely egy épület teljes életútja során felmerülő valamennyi primer energiaigényt és azon belül a szürke energia és a használati energia alakulását is figyelembe veszi, hazánkban még újszerű, de mára már teljesen elkerülhetetlen az alkalmazása, mert amint csökkentjük éppen a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet által megkövetelt energiahatékonysági intézkedésekkel egy épület használati energiaigényét, úgy egyúttal (a beépített nagyobb szigetelőanyag vastagsággal, az épületgépészeti rendszerekkel, stb.) növeljük a szürke energia abszolút mennyiségét, és ezzel az összes energián belül a szürke energia részarányát is, mely így már nem hagyható figyelmen kívül. Ezen az úton eljuthatunk egy olyan helyzetbe, amikor már csak a szürke energia csökkentésével érhetünk el újabb hatékonyságnövelést. Erre pedig hazánkban az import fenyő rönk már most a következő lehetőségeket kínálja:

- kisebb szállítási igénnyel (közelebről) beszerezhető fenyő rönk és fűrészáru
- vasúti szállítás preferálása
- import fenyő kiváltása hazai fafajokkal.

Ezek közül az esetek közül, most az import fenyő rönk helyettesítésének lehetőségét említjük meg. Egy korábbi kutatás (Rébék-Nagy P. 2013) rámutatott arra, hogy a könnyűszerkezetes panelokban a fenyőfát nyár faanyaggal helyettesíthetjük. A már említett Wi01 típusú (2. ábra) külső fal példáját felhasználva, és csupán a faváz fenyő anyagának nyárfával történő helyettesítését tekintve a fal 1 m²-re vonatkozóan 15,1 kg import fenyő helyett alkalmazhatunk nyárfát. Ez azt jelenti, hogy 15,1 kg esetében elmarad a fenyő fűrészáru behozatal fajlagos szürkeenergia-igénye, azaz a falpanel 1 m²-ében összesen 17,09 MJ. Nyárfa használatkor tehát (feltételezve, hogy a hazai nyár fűrészáru szürkeenergia-igénye az adatbázisból vett fenyő fűrészáruéval azonos) 17,09 MJ értékkel csökken a falpanel 1 m²-ének szürkeenergia-igénye, azaz 587,9 MJ (lásd fentebb) helyett 570,08 MJ értéket vesz fel. Ez a csökkenés a falpanel 1 m²-re vonatkozóan kerekítve 3%-os, ami pedig egy épület energiahatékonyságának megítélésében már nem hagyható figyelmen kívül.

Összefoglalás

A cikk arra vállalkozott, hogy felmérje a magyar fenyő faanyag behozatal szállítási igénye milyen mértékben módosítja a faanyag

- szénlábnyomát, valamint
- szürkeenergia-igényét,

és ezzel az import fenyő környezeti megítélését.

Ennek során megállapítottuk, hogy:

1. Az import fenyő rönk és fűrészáru szállításából adódó ÜHG kibocsátása nem módosítja jelentősen annak szénlábnyomát, így felhasználásának ilyen alapú környezeti megítélését sem, azaz ezek az anyagok továbbra is megőrzik, különösen hosszú élettartamú nagy tömegű termékekben történő felhasználásuk során

5. táblázat Épület teljes életútjának szakaszai EN 15804 szabvány alapján
Table 5 The Life Cycle of the building according to the EN 15804 standard

Termelési szakasz	A1	Alapanyag-termelés
	A2	Szállítás
	A3	Építőanyag-, építőelem-gyártás
Építési szakasz	A4	Szállítás
	A5	Épület felépítése
Használati szakasz	B1	Használatba vétel
	B2	Karbantartás
	B3	Javítás
	B4	Csere
	B5	Felújítás
	B6	Épületüzemeltetés energiahasználata
	B7	Épületüzemeltetés vízhasználata
Életút végi szakasz	C1	Bontás
	C2	Szállítás
	C3	Hulladékkezelés
	C4	Hulladéklerakás
Jóváírás, terhelés	D	Energia, anyag visszanyerés

- (pl. faépítészet) széntároló képességüket. Ugyanakkor a klímavédelem érdekében változatlanul keresni kell, az import fenyő rönk és fűrészáru szállításának területén is, az ÜHG kibocsátás csökkentésének lehetőségét.
2. Az import fenyő rönk és fűrészáru szállításból adódó szürkeenergia-igény növekedésével kapcsolatban pedig megállapítottuk, hogy az olyan mértékű, mely a nem megújuló készletek kimerüléséhez hozzájárulva már nem elhanyagolható környezeti terhet jelent. Hatása alapján képes lehet akár egy épületelem szürkeenergia-igényét a beépített import faanyag tömegétől függően olyan mértékben megnövelni, hogy emiatt a faanyag energiahatékonyság téren egyébként fennálló versenyelőnye a konkurens építő anyagokkal szemben erősen gyengül.

Mindkét megállapítás alapján a környezeti terhek csökkentése érdekében intézkedések szükségesek, melyek az alábbi területeket érintik:

- kisebb szállítási igénnyel (közelebről) beszerezhető fenyő rönk és fűrészáru
- vasúti szállítás preferálása
- import fenyő kiváltása hazai fafajokkal.

Hivatkozások

- Mészárosné K. Á., Lukács P. (1999) A közlekedési környezetvédelem helyzete és jövőbeli alakulása 1999-től 2020-ig. OMFB Technológiai Előrettekintési Program, Budapest. <http://www.nih.gov.hu/letolt/kutat/tep/kozlek/meszarosne.pdf>
- Chapman L. (2007) Transport and climate change: a review. *Journal of Transport Geography* 15: 354–367.
- Raffai P. (2007) A közlekedési szektor, mint környezeti terhelés. Budapesti Gazdasági Főiskola. Elektronikus jegyzet. http://elib.kkf.hu/edip/D_13433.pdf
- EEA (European Environment Agency) (2012) Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2012 – Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets. Report No 6/2012. ISBN: ISBN 978-92-9213-331-3.
- ITF (International Transport Forum) (2010) Transport Greenhouse Gas Emissions: Country Data 2010. 79 pp. Pari
- Szalay Zs.: Megéri-e közel nulla energiaigényű épületeket építeni? *Magyar Épületgépészet* 2012/11.
- Bejő L., Szabó P., U. Nagy G., Kuzsner Á. (2013) Az energiatanúsítványon túl: a környezetterhelés értékelése, különös tekintettel a fa alapú építés esetén. *Faipar* 2013/4. pp. 26–31.
- Frischknecht, R., et al. (2014) Primärenergiefaktoren von Transportsystemen Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2014 <http://www.bbl.admin.ch/kbob/00493/00495/bauteilkatalog.ch> <http://www.bauteilkatalog.ch/ch/de/202.asp?id=30759872&navid=1&ngid=2&typ=-131912444&lng=DE>
- Rébék-Nagy P.: Nyár és fenyő vázszerkezetű kísérleti fapanelek vizsgálata. Diplomadolgozat. NYME FMK 2013

A nyereségesség összehasonlító elemzése a hazai bútorgyártásban

BARTA Balázs

Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola

Kivonat

A bútorgyártás globálisan egy növekvő kereslettel bíró ágazat. Az elmúlt évtizedben jelentősen átrajzolódott a gyártói, vásárlói pozíciók. Azok az országok tudtak sikeresen megerősödni, ahol képesek voltak az értékteremtésben előbbre lépni. A magyar bútorgyártás az elmúlt évtized egyértelmű vesztese közé tartozik. Mivel nem sikerült még megtalálni a megfelelő piaci stratégiát az illeszkedő szegmessel, a növekvő költségek melletti árversenyben a bútorgyártás profitabilitása jelentős csökkenést szenvedett el. Meghatározó mértékben hozzájárult ehhez, hogy a hazai piacméretcsökkenést export teljesítmény nem tudta kompenzálni. Így viszont nem maradt erőforrás arra, hogy a hozzáadott értékben előbbre sikerüljön lépni. Az elemzés célja ennek a folyamatnak az érzékeltetése, és tényekkel, számításokkal történő alátámasztása.

Kulcsszavak: bútorgyártás, nyereségesség, összehasonlító elemzés

Comparative analysis of the domestic SME manufacturing furniture market profitability

Abstract

The furniture manufacturing is facing growing demand, globally. In the recent decade the position of producer and consumer profile have significantly been reshaped. Those countries could benefit from the changes, which could progress in the value creation. The Hungarian furniture SME manufacturing unfortunately belongs to the losers. Since the proper niche segment was not identified, profitability largely diminished. Significant contributor to the losses was partly the decrease of the Hungarian market size, which could not be compensated by the export volume improvement. It resulted in unsatisfactory resources necessary for progressing in the value-added. The objective of this paper is to provide evidence for this phenomena, by calculations and factual evidence.

Keywords: furniture manufacturing, profitability, comparative analysis

Bevezetés

A bútoripar versenyképességére vonatkozóan számos szakmai publikáció született (Localized low-tech learning in the furniture industry, P. Maskell 1996; Low and medium technology industries in the knowledge economy, H. Hirsch-Kreisen 2005). A tőke egy része a nemzetközileg versenyképes áron elérhető természeti erőforrások és alacsony munkaerőköltség kombinálását preferálja. Ugyanakkor a változások egyre jelentősebb sebességgel mennek végbe. Ennek példája Kína, mely a két fenti tényezőben globális komparatív előnnyel rendelkezett, ám ezek jelentősen elolvadtak. Vietnám mellett Lengyelország olyan ország, amely elsősorban olcsó bérköltséggel versenyző piaci szereplő, és már több mint 3 éve az olasz és német gyártókhöz viszonyítják a minőség/ár arányukat.

A hazai szakirodalom nem szentel kiemelt figyelmet a magyar bútoripar összehasonlító nyereségességével kapcsolatos kérdésnek, és nemzetközi irodalom is korlátozottan áll rendelkezésre. A milánói Centre for International Studies (CSIL) az egyik legjelentősebb, a kérdéssel foglalkozó szakértő vállalat, valamint nemzetközi szaklapokban – pl. Journal of Forest Science – találhatóak a kérdéssel foglalkozó publikációk.

A bútoripar – sokat hangoztatott felfogás szerint – alacsony technológia-intenzitású és magas munkaerő-ráfordítású iparág. Ezért népszerű az a vélemény, hogy alapvetően kihívásokkal teli a jövője, nem lehet stratégiai ágazat,

nem prioritás állami szinten jelentős közpénzt a fejlesztésére fordítani. Márpedig a fa- és bútoringázás óriási lehetőségeket rejt magában, különösen a szerteágazó beszállítói alágazatokkal együtt. Megerősítése, a vállalkozók számára vonzóbbá tétele, és így a foglalkoztatási lehetőségeinek erősítése alapvető nemzetgazdasági érdek.

A felvetések a következők:

- Hol képződik most a profit?
- Hogyan lehet a bútorgyártás felé terelni?
- Hogyan teljesít a bútorgyártás más ágazatokhoz képest itthon?
- Más országokban milyen eredményességgel teljesít a bútorgyártás?

A kérdések felvetésének, majd a lehetséges okok taglalásának célja, hogy vállalkozások szintjén növekedjen az a rendelkezésre álló pénzügyi erőforrás, mely aztán képes a magasabb iparági beruházási rátát elősegíteni.

Irodalmi áttekintés

A vállalkozások nyereségességének elemzése, összehasonlíthatóvá tétele számos szempont miatt szükséges:

1. vállalaton belül a megfelelő menedzsment döntések meghozatalához,
2. a transzparens és objektív teljesítmény-értékeléshez vagy cégérték számításhoz,
3. a korrekt gazdaság-politikai eszközök kiválasztásában, értékelésében nyújtanak meghatározó szerepet, a vállalkozáson felüli szintek esetében.

Pontosan a fenti szempontok heterogén jellege miatt rengeteg potenciális eszköz áll rendelkezésre a teljesítmények értékeléséhez, és a céltól függően ezek adekvátsága eltérő lehet. Jelentős szakmatörténeti múltra tekint vissza a nyereségesség vizsgálata.

A teljesítmény olyan paraméterek, mutatók összességének elemzésén alapul – egymást kiegészítve, néha akár egymásnak ellentmondva –, melyek hitelesen írják le az eredmény elérésének folyamatát (Kaplan és Norton, 1992). Megértésével megismerhetővé válik, hogy a jelenlegi eredmények hogyan befolyásolják a jövőbeni teljesítményt. A teljesítmény egy dinamikus folyamat.

Történeti áttekintés kiemelkedő forrása Andy Neely tollából született Üzleti Teljesítmény Mérés – Business Performance Measurement – című mű.

A működés komplex jellegből fakadó összetett mutatót képes prezentálni a Kiegyensúlyozott Stratégiai Mutatószám Rendszer, a Balanced Scorecard, melynek megfogalmazói Robert S. Kaplan és David P. Norton voltak 1992-ben. A teljesítmény értékelését négyféle megközelítésből végzi el – pénzügyi, vevői, belső szervezeti és innovációs, tanulási szempontból. A számos kritika közül, mely megfogalmazásra került a modellel kapcsolatban – különösen a versenyképességi aspektus hiánya (Fitzgerald's et al.'s, 1991), illetve az emberi tényező elhanyagolása (Maisel, 1992; Ewing és Lundahl, 1996; Lingle és Schiemann, 1996; Brown, 1996) mértékadó. A kritikák és tapasztalatok alapján került megalkotásra az ún. Prizma Modell, melynek egyik központi gondolata, hogy tulajdonosi érték az érintettek értékén keresztül érhető el (shareholder, stakeholder) – Crowe, 1999. Az elnevezés eredete: A prizma megtöri a fényt. Ez demonstrálja az olyan egyszerűnek tűnő dolgok rejtett bonyolultságát, mint a fehér fény. Ez igaz a Prizma Modellre. Jelképezi teljesítménymérés és menedzsment valós komplexitását. Összességében egy közel 200 mutatóból álló, a szervezetet teljes részletezettséggel bemutató rendszer jött létre.

Azonban vállalati működés során ennyire bonyolult rendszert nyilván nem lehet átlátni, és a menedzsment-döntésekhez megfelelő hatékonysággal használni. Ezért szűrni kell a mutatókat, és a legfontosabbakat kiválasztani.

A vállalkozáson belüli szempontok közül kiemelkedhet a marketing. Ennek oka, hogy a teljesítmény megítélésének szerves eleme az újfajta termékekből, vagy innovatív értékesítésből származó eredmény bemutatása (Sheth és Sisodia, 1995). A konkrét mutatószámokat tekintve a termékek értékesítése, bevezetése, optimális portfólió szempontrendszer volt az első, melynek jelentős korai szerzője Charles Sevin (1965) volt. A határbevételeknek a határköltségekhez való viszonyáról, mint a marketing erőforrások disztribúciójában vezérlő elvéről Feder (1965) írt először elemzést. Goodman (1972) alkotta meg a marketing kontrollig fogalmát. Buzzel és Chusil (1985), valamint Day és Fahey (1988) diszkontált cash flow használata mellett érveltek, mint a marketing stratégiákból származtatott nettó jelenérték számításának módja. Bonoma és Clark (1988) a komplex mutatók jelentőségét hangsúlyozták, melyek megrendelések, nyereség, értékesítés, piacrészesedés és cash flow.

A pénzügyi mutatóknak a teljesítménymérésben való központi szerepét folyamatos kritikák érték, és az 1970-80-as években a vállalkozáson kívüli, illetve a cégen belüli „puhább” tényezők felé történtek elmozdulások. Számos szakirodalmi cikk született többek között a piacrészesedés és az árazás kapcsolatáról, mint a vállalati érték egyik lehetséges forrásáról. Ezek azonban túlságosan bonyolult számításokon alapultak és ellentmondásos eredményeket hoztak (Jacobson, 1988; Szymanski, Bharadwaj és Varadarajan, 1993).

Az elmúlt 15 évben az egyik újból felfedezett eszköz a marketing audit (Brownlie, 1993; Rothe, Harvey, és Jackson, 1997). Ennek során szisztematikusan elemzésre kerülnek a működési területek és a mutatószámok, valamint javaslatokat fogalmaznak meg. A szempontok, melyek minden vállalkozás esetében meghatározó jelentőségűek: piacorientáltság, vevői elégedettség, vásárlói hűség és márkavérték.

Az összetettséget kifejező, leghatékonyabb módszer napjainkban a vállalkozások teljesítményének mérésére a Gazdasági Hozzáadott Érték, angol rövidítéssel EVA, azaz az Economic Value Added. Az EVA egy olyan teljesítménymérő jelzőszám, amely a befektetett tőke értékteremtő képességét méri a befektetett tőke költségének levonását követően.

Az EVA alkalmas arra, hogy egyszerre mérje a profitabilitást és a vállalkozás növekedését. A korábban használt mutatók – mint például az adófizetés előtti nyereségesség, egy részvényre jutó nyereség, beruházásra jutó megtérülés – csak egy-egy szeletét mutatták meg a vállalkozói teljesítménynek. Az 1982-ben Joel Stern és G. Bennett Stewart által kidolgozott EVA ezeken túlmutatott.

A tanulmányban található elemzés során a kiinduló pontot – a statisztikailag nagy mennyiségben beszerezhető adatok alapján – a termelési tényezők költségén számított hozzáadott érték jelentette. Ez a mutató az árbevételnek a készletváltozással, eladott áruk beszerzési értékével és adókkal csökkentett értéke, melynek összegét a bérjellegű költségekkel csökkentve nemzetközileg összehasonlítható eredményt kapunk, mely különbségnek és a teljes árbevételnek a hányadosa, a bruttó működési ráta. Ez a mutató az Európai Unió elemzéseinek irányadó vizsgálati szempontja.

Módszertan

A profitabilitással kapcsolatos elemzések az EUROStat, az OECD iLibrary és az ENSZ UNCTADStat adatbázis alapján készültek, saját számítások alapján. Valamennyi adatbázis 2012-es adatokat tartalmaz.

Megvizsgált kérdés, hogy a jelentős mértékű és tempójú globális átalakulás a bútortiparban hogyan hatott a magyar bútortipar szereplőire? Képesek volt-e a hazai ágazat szereplői megtalálni a nemzetközi jó gyakorlatokhoz hasonlóan a saját stratégiájukat, és ez érződik-e a versenyképességükben?

A felvetések megválaszolására a dolgozatban a következő logika mentén történik az elemzés:

- a hazai bútorgyártás beszállítói láncolatának hozzáadottérték-vizsgálata
- a fenti eredmény hogyan viszonyul más európai bútortipari gyártói eredményekhez
- a hazai bútorgyártás teljesítménye mennyire jó más hazai ágazatokhoz viszonyítva
- majd végezetül a külföldi bútorgyártás és az adott ország más ágazati teljesítményének viszonya.

Az első lépésben a beszállítói lánc mentén történt értékteremtési folyamatot kell megvizsgálni. A bútorgyártás beszállító láncában résztvevő szereplőről készült tematikus összefoglalás, melynek résztvevői: erdészet és fakitermelés, faáru kereskedők, fűrészüzem, bútorgyártás, nagykereskedelmi vevők, kiskereskedelmi vevők.

Szempont az elemzésnél továbbá az is, hogy a bútortipar fogyasztói árindexe hogyan viszonyult az általános fogyasztói árváltozáshoz.

Eredmények és értékelésük

Amennyiben meg kívánjuk vizsgálni, hogy az egyes bútorgyártási ellátási láncban szereplők hogyan teljesítettek gazdaságilag, alapvetően jellemző adat a vállalkozások által elért bruttó működési ráta. Ennek demonstrálására szolgál az 1. táblázat.

A táblázat alapján megállapítható, hogy rendkívül alacsony profitabilitással, hozzáadott értékkel működött a hazai bútorgyártásnak a fakitermelés után található teljes vertikuma. Miközben alapanyag oldalról van egy költségtényező, mely magas nyereségességgel tud működni, a fogyasztói árak oldaláról pedig egy átlagos inflációnál jelentősebb kisebb mértékben érvényesített áremelés. Így kettős présben van a bútorgyártás, melyet tetézik a teljes belső piac lecsökkent mérete.

Fontos annak is a vizsgálata, hogy hazai jellegzetesség-e a beszállítói láncra vonatkozó megállapítások,

vagy pedig a többi európai országban is ez a jelenség figyelhető-e meg. Ezért földrajzi és ágazati alapon kiválasztásra kerültek azok a régiók, melyek relevánsak az összehasonlító vizsgálat szempontjából. Ezt szintén részletezi az 1. táblázat.

Szlovénia párhuzamos karakterét leszámítva az összes többi országban jelentősebb az a nyereségességi érték, melyet az egyes szereplők realizálni tudtak. A bútorgyártásban átlagosan kb. 50%-kal marad el a magyarországi teljesítmény a többi vizsgált országtól.

Természetesen számos összehasonlítási kérdést vet fel a táblázat. Az egyik ezek közül, hogy valóban alacsony-e az a nyereségesség, melyet itthon a bútoriparban lehet realizálni, a többi hazai iparághoz képest. Ennek szemléltetését szolgálja a 2. táblázat.

A kiválasztott ágazatok között található magas és alacsony technológiai igényű ágazat is. Sajnálatos módon az állapítható meg, hogy a hazai bútoriparban a legalacsonyabb a realizált hozzáadott érték. Még az alacsony reputációval rendelkező textilipar is meghaladja, míg a gépgyártás értéke több mint 50%-kal.

Ezt követően érdemes rátekinteni arra, hogy a többi országban, az egyéb kategóriákban hogyan alakult a nyereségesség a magyarországihoz képest. Arról van-e szó, hogy más kategóriákban is alacsonyabb a nyereségtartalom, vagy pedig bútoripari sajátosságról van-e szó.

A táblázat egyértelműen mutatja, hogy a többi gyártási kategória esetében az ágazatok teljesítménye nemzetközi összehasonlításban középértéken található, jellemzően a többiek által meghatározott intervallumban mozogva.

1. táblázat A hazai bútoripar értékteremtési láncának összehasonlítása más országokéval (forrás: EUStat alapján saját számítások)

Table 1 Comparison of the Hungarian furniture industrial value creation with that of other countries Source: own calculation based on EUStat data

	Erdészet és fakitermelés	Faáru kereskedők	Fűrészüzem	Bútorgyártás	Vevők - nagyker	Vevők - kisker	Bútor fogyasztói ár-változás vs. fogyasztói kosár
Magyarország							
Vállalkozások száma		618	722	2 530	288	2 036	
Bruttó működési ráta	34,0%	5,5%	6,7%	6,1%	3,7%	3,6%	23,0%
EU							
Vállalkozások száma		38 358	39 633	125 000	24 600	168 350	
Bruttó működési ráta		21,3%	7,5%	8,0%	6,5%	6,7%	57,0%
Bulgária							
Vállalkozások száma		109	701	2 101	253	1 875	
Bruttó működési ráta	17,0%	17,3%	11,0%	11,4%	6,6%	6,4%	36,0%
Lengyelország							
Vállalkozások száma		1 532	5 235	14 295	648	6 004	
Bruttó működési ráta	11,0%	10,2%	9,4%	9,0%	9,7%	7,3%	43,0%
Ausztria							
Vállalkozások száma		641	1 053	3 146	282	2 626	
Bruttó működési ráta	31,0%	47,9%	4,8%	9,9%	4,8%	5,2%	72,0%
Szlovénia							
Vállalkozások száma		285	558	1 093	69	208	
Bruttó működési ráta	45,0%	3,6%	10,6%	5,4%	4,4%	4,3%	112,0%
Németország							
Vállalkozások száma		3 988	2 024	9 316	1 567	17 782	
Bruttó működési ráta	24,0%	58,6%	3,8%	8,6%	7,0%	5,6%	41,0%
Olaszország							
Vállalkozások száma		17 660	5 865	18 883	5 845	35 106	
Bruttó működési ráta		60,7%	10,5%	6,8%	6,6%	7,6%	88,0%

2. táblázat A hazai értékteremtési láncok összehasonlítása más országokéval (forrás: EUStat alapján saját számítások)

Table 2 Comparison of the Hungarian value creation with that of other countries Source: own calculation based on EUStat data

	Élelmiszeripar	Textilipar	Elektronikai gépgyártás	Gépjárműgyártás	Agrár- és erdészeti gépgyártás	Bútorgyártás
Magyarország						
Vállalkozások száma	4 436	1 091	874	45	161	2 530
Bruttó működési ráta	6,2%	6,6%	8,9%	10,8%	8,7%	6,1%
EU						
Vállalkozások száma	262 816	60 300	51 000	2 300	7 202	125 000
Bruttó működési ráta	7,7%	8,5%	8,6%	6,0%	8,9%	8,0%
Bulgária						
Vállalkozások száma	4 840	583	487		326	2 101
Bruttó működési ráta	8,7%	11,6%	9,4%		20,9%	11,4%
Lengyelország						
Vállalkozások száma	13 767	4 211	2 076	110	480	14 295
Bruttó működési ráta	8,8%	11,3%	10,2%	9,0%	12,0%	9,0%
Ausztria						
Vállalkozások száma	3 421	591	480	27	123	3 146
Bruttó működési ráta	7,5%	6,7%	13,6%	9,8%	7,3%	9,9%
Szlovénia						
Vállalkozások száma	1 248	349	403	18	59	1 093
Bruttó működési ráta	5,9%	8,0%	8,8%	6,2%	10,2%	5,4%
Németország						
Vállalkozások száma	29 106	3 809	6 127	263	639	9 316
Bruttó működési ráta	5,1%	6,9%	6,9%	4,9%	9,3%	8,6%
Olaszország						
Vállalkozások száma	55 203	15 799	9 162	119	1 947	18 883
Bruttó működési ráta	7,6%	8,5%	9,3%	3,7%	5,3%	6,8%

3. táblázat Bútor fogyasztói árváltozás versus fogyasztói kosár (forrás: EUStat alapján saját számítások)

Table 3 Furniture retail price inflation versus consumer inflation

EU	Magyarország	Bulgária	Lengyelország	Ausztria	Szlovénia	Németország	Olaszország
57%	23%	36%	43%	72%	112%	41%	88%

Ahol jelentősebb a nemzetközi beszállítói integráltság, ott magasabb ez az érték – többek között a technológia-transzfer, a munkaszervezettség, a management irányultságok okán.

Fontos azt is megállapítani, hogy a nagykereskedelmi és kiskereskedelmi eredményesség is alacsonyabb, azaz a disztribúciós pontokon résztvevő hazai kulcsszereplőknek alacsony motivációjuk van a bútorkategória forgalmazására Magyarországon esetében a többi vizsgált országhoz képest.

A többekénél erőteljesebb árpés, a jelentős költségoldal szintén nagyobb nehézséget okoz a hazai szereplőknek, mint a többi vizsgált piacon. Ezt szemlélteti a 3. táblázat:

Következtetések

A bútorgyártás nemzetközi szinten vonzó tevékenység, mely növekvő piacon, exportorientáltan, speciális szegmensre alapozva képes arra, hogy fenntartható profitabilitással működjön.

Számos olyan ország van – mind Európában, mind azon kívül –, melyek alkalmazkodva a megváltozott piaci körülményekhez sikeresen adaptált stratégiával képesek voltak profitálni a globális növekedésből.

A jelenlegi hazai bútorgyártás, a kis- és középvállalkozásokat tekintve, ennek a kihívásnak nem felelt meg. Ez csökkenő mennyiségeket és profitabilitást eredményezett, egy lefelé tartó spirál veszélyébe vezetve a helyi bútorigazgatási vállalkozásokat.

Jelentős nehézség továbbá a hazai bútorgyártók számára, hogy kettős nyomás alatt kell teljesíteniük: egyfelől alapanyag oldalról jelentős költségnövekedés tapasztalható, míg a fogyasztói árak felől az átlagos fogyasztói árindextől is elmaradó árat tudtak érvényesíteni az elmúlt években.

A fenti folyamat megfordítására, ellensúlyozására rendkívül fontos a menedzsment kompetenciák fejlesztése, megerősítése, és a külpiaci orientáció elősegítése.

Irodalomjegyzék

Robert S. Kaplan, David P. Norton (2000) Balanced Scorecard – Eszköz, ami mozgásba hozza a stratégiát – BSC – Kiegyensúlyozott stratégiai mutatószám-rendszer, KJK-KERSZÖV, Budapest

Andy Neely (2004) Business Performance Measurement – Theory and Practice, Cranfield School of Management

Andy Neely, Chris Adams, Mike Kennerley (2002) The Performance Prism: The Scorecard for Measuring and Managing Business Success, Pearson Education

dr. Pucsek József (2013) Pénzügyi és számviteli kontrolling

Robbie Lewis and W Hadley Leawell (august 1995) Economic Value Added, Sam Houston State University

James L. Grant (2003) Foundations of Economic Value Added

Burja Vasile, Marginean Radu (2013) Furniture industry in Romania and in the European Union – a comparative approach, Revista Economica, 65:4,

Ratnasingam (2002) Export Dynamics of the South East Asian furniture industry, Furniture Design Manufacturing Asia 14(7), 52-55

Xiao Han, Yali Wen, Shashi Kant (2009) The Global Competitiveness of the Chinese wooden furniture industry, Forest Policy and Economics 11, 561-569

A beszállítási lánc szereplői, ENSZ UNIDO, The Global Wood Value Chain, Bécs, 2003

EUROStat adatbázis

OECD iLibrary adatbázis

ENSZ UNCTADStat adatbázis

Javaslatok rétegelt-ragasztott fatartók tervezéséhez, gyártásához és üzemeltetéséhez, felmérési és modellezési eredmények alapján

III. rész: A tönkremeneteleket igazoló vizsgálatok és eredményei

VANYA Csilla¹, KÁNNÁR Antal², RABB Péter³

¹ Pécsi Tudományegyetem, Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar

² Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Intézet

³ Bartal és Rabb Kft., ügyvezető, okleveles építőmérnök, faszerkezetek szakmérnök

Kivonat

A rétegelt-ragasztott fatartók egyre elterjedtebbé váltak az elmúlt 50 évben. A megfelelő minőségű anyagokból készített rétegelt-ragasztott tartók minőségi beszerelést és üzemeltetést követően időtállóak, azonban egyre több esetben fordul elő a rétegelt-ragasztott tartók károsodása és a károsodás miatt egész tetőszerkezetek életveszélyessé válása. Ebben a cikkben a rétegrepedések és tönkremenetelek okaihoz kapcsolódó mechanikai vizsgálatok és azok eredményei kerülnek bemutatásra. A mechanikai vizsgálatok célja, hogy próbatest szinten megállapítsuk a ciklikusan változó klimatikus környezet (hőmérséklet, páratartalom) hatását az RR tartók faanyagára és annak ragasztási síkjaira. Mivel a faanyag rostra merőleges húzószilárdsága és nyírószilárdsága csekély, a tartókon kialakult delamináció oka, ezen feszültségek szilárdságot meghaladó mértékében keresendők. Az elvégzett vizsgálatok is a két szilárdság meghatározására ill. a ciklikusan változó klimatikus környezet ezen szilárdságokra gyakorolt hatására irányultak.

Kulcsszavak: rétegelt-ragasztott faszerkezet, delamináció, felmérés

Design, fabrication and operation proposals for glued-laminated timber, based on measuring and modelling results

Chapter 3: Failure examinations and their results

Abstract

Glue laminated timber beams have been used in an increasing number of cases in the past 50 years. Glue laminated beams are durable constructs if they are manufactured from adequate quality materials and if their installation and operation are performed to a high quality standard. There are however an increasing number of cases of glue laminated beams suffering damage and as a result entire roof structures becoming life-threatening. In this paper we present the mechanical tests and their results related to the causes of delaminations and failures. The purpose of mechanical tests is to determine the impact of the cyclically changing climatic environment (temperature, humidity) on the material and the gluing planes of glued laminated timber structures on a test specimen level. Since timber has low tensile and shear strength normal to grain, the cause of delamination in the structures is to be sought in the excess of stress exceeding the strength. The performed tests focused on the determination of the two strength values and the impact of the cyclically changing climatic environment on these strengths.

Keywords: glue-laminated structures, delamination, assessment

Bevezetés

Mint azt már a cikksorozat első részében is leírtuk, a rétegelt-ragasztott fatartók egyre több esetben károsodnak, és a károsodások miatt egyre több tetőszerkezet válik életveszélyessé. A felmerülő problémákat és azok okait átfogóan kell vizsgálni, melynek megvalósítása nem kis feladat. A Nyugat-magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Karának Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Intézete elnyert egy pályázati támogatást (Baross Gábor RRTARTO1 OMFB-00398/2010). Ezen a pályázaton belül a felmért szerkezetek rétegrepedéseit és egyéb tönkremeneteli problémáit már bemutattuk az első cikkben. A második cikkben pedig a tönkremeneteli problémák számítói modelljét mutattuk be, a következtetésekkel együtt (Vanya 2014a, b).

Ebben a cikkben a rétegrepedések és tönkremenetelek okaihoz kapcsolódó mechanikai vizsgálatok és azok eredményei kerülnek bemutatásra.

Mérések, vizsgálati módszerek

A tönkremenetelek okait mérésekkel és mechanikai vizsgálatokkal állapítottuk meg. Ezeket a Nyugat-magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Karának Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Intézetében végeztük a Baross Gábor RRTARTO1 OMFB-00398/2010 pályázatán belül (Kánnár 2012).

A mechanikai vizsgálatok célja, hogy próbatest szinten megállapítsuk a ciklikusan változó klimatikus környezet (hőmérséklet, páratartalom) hatását az RR tartók faanyagára és annak ragasztási síkjaira. Mivel a faanyag rostra merőleges húzószilárdsága és nyírószilárdsága csekély, a tartókon kialakult delamináció oka ezen feszültségek szilárdságot meghaladó mértékében keresendő.

Az elvégzett vizsgálatok is a két szilárdság meghatározására ill. a ciklikusan változó klimatikus környezet ezen szilárdságokra gyakorolt hatására irányultak.

A mintákat a Lignum Európa Kft.-vel gyárttattuk le, akik a hazai RR fagyártás piacvezetői, rendelkeznek ÉME és CE minősítéssel. Az alkalmazott rétegragasztó Cascomin 1247 számú melamin-karbamid szerkezeti ragasztóanyag + 2526 számú edző volt.

A rostra merőleges húzószilárdság meghatározásának módszere

A vizsgálat során 30 mm és 10 mm vastag lamellákból készült lucfenyő mintákat vizsgáltunk. A próbatest kialakítást az 1. ábra mutatja.

Az I. sorozat esetén a ragasztás, illetve faanyag rostra merőleges húzószilárdságának vizsgálatát végeztük el 25 db vastag, és 25 db vékony lamellás mintán. A minták nedvességtartalma 10% volt, tehát nem voltak kitéve semmilyen klimatikus behatásnak. A II. sorozat esetén egy 20 napos 5 naponként drasztikusan változó ciklikus klímának tettük ki a próbatesteket. A vizsgálat az előzőhöz hasonlóan 25 vékony és 25 vastag lamellás mintából állt. A klímaadatok a következők voltak:

II. sorozat ciklikus klímában (ck)

- 5 nap 40 °C 98% RH egyensúlyi fanedvesség 26%
- 5 nap 10 °C 40% RH egyensúlyi fanedvesség 7,9 %
- 5 nap 40 °C 98% RH
- 5 nap 10 °C 40% RH



1. ábra Rostra merőleges húzó minták

Figure 1 Specimen for testing the tension perpendicular to the grain direction

A nyírószilárdság vizsgálatának módszere

Nyírószilárdság vizsgálatokat az elkészített tartótömb teljes magasságából kivágott 50x50 mm-es mintákon végeztük el. Minden vizsgálatnál 30 db mintát készítettünk. A tartó magassága 300 mm volt, így 30 mm vastag lamella esetén 9, míg 10 mm-es lamella esetén 29 ragasztási síkot tartalmazott.

A vizsgálatokat az MSZ EN 392 alapján végeztük el. Az eljárás menete a következő: a próbatesteket az egyensúlyi nedvességtartalom eléréséig az ISO

554 szerinti 20/65 normál klímán, azaz (20 ± 2) °C hőmérsékletű és $(65\pm 5)\%$ relatív páratartalmú környezetben tároltuk, így a nedvességtartalom 8–13% között állt be. Meg kell határozni a nyírási felület méreteit 0,5 mm-es pontossággal. A próbatestet úgy kell a nyírófelületre helyezni, hogy a terhelő erő a rostiránnyal párhuzamosan működjön. A ragasztási réteg úgy helyezkedjen el, hogy a nyírási síktól való távolsága sehol se legyen 1 mm-nél nagyobb. A terhelést azonos sebességgel úgy kell végrehajtani, hogy a törés legalább 20 s után következzen be. Meg kell állapítani a fa rostszakadási százalékának értékét a legközelebbi öttel osztható számjegyre.

Delamináció vizsgálat MSZ EN 391 alapján

A vizsgálat célja, hogy megállapítsuk a technológiai folyamat során alkalmazott ragasztóanyag, valamint présnyomási paraméterek megfelelőségét. A vizsgálat során első lépésben egy nyomótartályban történő vizes telítés történik, majd egy száraz klímában történő szárítás. Ezután következik a kialakult delaminációs jelenségek felmérése és kiértékelése. A vizsgálatot a szabvány „A” típusú eljárása szerint végeztük.

Ennek megfelelően a következő ciklusok követték egymást:

1. 15 kPa abszolút nyomás, 5 perc
2. 600 kPa abszolút nyomás, 60 perc
3. 15 kPa abszolút nyomás, 5 perc
4. 600 kPa abszolút nyomás, 60 perc

Ezt követően 21 óra 65 °C, 15% RH környezetben történő szárítás.

A kiértékelésnél figyelembe kell venni az összes ragasztási hosszat és a vizsgálat után keletkező összes réteg-elválás összes hosszát. Ezek aránya adja a rétegelválási százalékot.

2 db 10 mm-es, és 2 db 30 mm-es lamellából készült $80\times 120\times 300$ mm méretű (rost x szél. x mag.), tartószerkezetet vizsgáltunk a kísérleti tartó anyagából.

Összehasonlításképpen elvégeztünk egy ipari partner nyitott teraszos RR árnyékoló szerkezetében delaminálódott tölgy tartószerkezeti elemek delaminációs vizsgálatát. A lamellavastagság ott 20 mm volt, az alkalmazott ragasztó egy poliuretán alapú, ablakgyártásban használt, de nem szerkezeti ragasztó volt. A kísérleti eljárás az előzőekkel megegyező volt.

A delamináció vizsgálat módszere csavarozott és szeglemezelt RR tartó tömbökön

A különböző vasalat típusok hatásának elemzésére vizsgálati eljárást dolgoztunk ki, mely alapján hasznos következtetéseket vonhatunk le a vasalat típusokkal kapcsolatosan. A gyakorlatban legelterjedtebben tartóba bemetszett acéllemezt helyeznek el, átmenő csavaros rögzítéssel. Ennek előnye a vasalat részleges elrejtése, hátránya viszont, hogy a fára nézve repesztő hatással bír teherátadáskor, valamint a gátolt dagadás-zsugorodás feszültségeket indukál változó klimatikus viszonyok miatt. Ennek eredményeképpen a csavarok mentén a legtöbb ilyen tartónál, már néhány éves működés után jelentős repedéseket tapasztalunk. Felmerült a gondolat, hogy alkalmazzunk a repedést gátló, az egész keresztmetszetet összefogó vasalatokat. A vizsgálat során 35 cm hosszú, teljes keresztmetszetű hasábokat vizsgáltunk a kísérleti tartó anyagából, mindkét lamellavastagság esetén. Vizsgáltuk a csavaros kapcsolat repesztő hatását ill. a szeglemezes kapcsolat repedést gátló hatását. A kapcsolatok kialakítását a 2. ábra mutatja.

A vizsgálatokat a korábban már ismertetett MSZ EN 391:2002 delaminációs vizsgálati eljárás szerint végeztük a próbatest méretét kivéve.

Lamella hosszoldás vizsgálatának módszere

Az RR tartók kialakításánál fontos technológiai lépés az egyes lamellák hosszirányú toldása, a lamellák hosszának az elérni kívánt tartómérethez igazítása. Az ipari adatgyűjtés során ugyan csak kevés esetben találtunk olyan problémát, ahol ezen kötések mentek tönkre a tartók, a gyártástechnológia teljes körű felülvizsgálata céljából azonban ezen kötések is megvizsgáltuk, száraz és nedves mintákon egyaránt. A mintákat a Lignum Európa Kft.-vel gyártattuk le a kísérleti tartóval egyidőben, ugyanazon anyagból, mindkét lamella vastagsággal és azonos ragasztóval. A mintákat 4 pontos hajlító vizsgálatokkal teszteltük az EN 408 szerint. A minták 90 cm hosszúak és 120×40 mm keresztmetszetűek voltak.

5 db száraz $U=11\%$ és 5 db nedves $U=22\%$ nedvességtartalmú közepesen hosszoldott mintát vizsgáltunk. Kontrollként 5–5 db hosszoldás nélküli lucfenyő mintát vizsgáltunk, azonos nedvességtartalmakra klimatizálva.



2. ábra Csavarozott és szeglemezes kapcsolat kialakítása

Figure 2 Design of bolted connections and nail plates

Mértük a törést okozó maximális erőt, illetve rögzítettük az erő-lehajlás diagramokat. Ez alapján számításra került a minta hajlítószilárdsága és a rugalmassági modulus.

Felületkezelő anyagok párazárás vizsgálatának módszere

A vizsgálat célja annak megállapítása volt, hogy a különböző, kereskedelemben kapható jó minőségű felületkezelő anyagok – elsősorban a lazúrok, hiszen a fa struktúráját nem akarjuk eltakarni – mennyire akadályozzák meg, illetve késleltetik a fatartók vízfelvételét. A kérdés azért lényeges, mivel az RR tartók egyik széles alkalmazási területe a termálfürdők tetőszerkezete. Részben a medencefeltöltés-leeresztés, az éjszakai-nappali hőmérsékletkülönbségből adódó ciklikus páratartalom-változás, téli-nyári jelentős páratartalom-különbség a tartókban jelentős sajátfeszültségeket indukál, ha azok nedvesednek, illetve kiszáradnak, különösen, ha a tartó különböző részei eltérő módon teszik ezt. Ezen problémák elkerülésének triviális, ám költséges és gyakran megspórolt módja a számítógép vezérelt klimatizálás. Még ezen utóbbi kedvező esetben is adódhat azonban üzemszünet, meghibásodás. Kérdés, hogy ezen esetekben mennyire lehet a felületkezelő anyagokkal késleltetni, megakadályozni a párafelvételt.

A vizsgálat során 5 különböző típusú lazúr és egy poliuretán alapú bútorlakk került tesztelésre magas, 98%-os páratartalom, és 40 °C hőmérséklet mellett. Ilyen klímaviszonyok a gyakorlatban esetenként fürdőépületek kupoláiban is kialakulhatnak, másrészt a nagy páratartalom biztosította, hogy a vizsgálatok időtartama ne legyen túl hosszú. A vizsgálatokhoz 14x14x2 cm-es lucfenyő mintákat használtunk. A kiinduló nedvességtartalom 12% volt. Az egyes lazúrok esetén alkalmazott mintaszám 10-10 db minta volt. Kontrollként kezeletlen falapokat alkalmaztunk. A nedvességtartalom-méréseket naponta végeztük el két hétig.

Eredmények

A rostra merőleges húzószilárdság meghatározásának eredményei

A vizsgálatok eredményeit – a rostra merőleges húzószilárdság értékeket – az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat Lucfenyő RR minták rostra merőleges húzószilárdság értékei

Table 1 Tensile strength values of norway spruce specimens, perpendicular to the grain direction

Minta (25 db/vizsgálat)	Rostra merőleges húzószilárdság (MPa)	Szórás (%)
10 mm száraz ($U_{\text{netto}}=10\%$)	1,22	24
10mm ciklikus klímában	1,24	26
30 mm száraz ($U_n=10\%$)	1,35	31
30 mm ciklikus klímában	1,34	29

Rostra merőleges húzásra a kísérletek tanúsága szerint nincs hatással a ciklikus klíma. Hozzá kell tenni azonban, hogy a kis próbatestméret miatt nem alakul ki az a ragasztási réteget fárasztó belső feszültségrendszer (hiszen a húzó minta csak kisméretű lamella darabot tartalmaz), ami egy teljes RR tömbben kialakul. Az eredmények szórása, a fa mint biológiai anyag természetes, 20%-os szórásának megfelelő. A vastag minták nagyobb szórása utal azok inhomogénebb szerkezetére. A valós viszonyok pontosabb modellezésére ezért a későbbiekben bemutatott delaminációs vizsgálatokkal tettünk kísérletet.

A nyírószilárdság vizsgálatának eredményei

Megállapítottuk 10% nedvességtartalom esetén a kétféle lamellavastagság mellett a nyírószilárdságot, mintegy 30-30 mérés alapján. Ezt követően a már ismertetett ciklikus klímában kezeltük a mintákat 20 napig. Az eredményeket a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat Lucfenyő RR minták nyírószilárdság és rugalmassági modulusz értékei

Table 2 Shear strength and modulus values of norway spruce glulam specimens

Minta (30 db/vizsgálat)	Nyírószilárdság [MPa]	Nyíró rugalmassági modulusz [MPa]
10 mm, száraz ($U_n=10\%$)	6,19	294,92
10 mm, ciklikus klímában	5,40	249,92
Eltérés	13%	15%
30 mm száraz ($U_n=10\%$)	5,37	327,06
30 mm ciklikus klímában	4,52	253,50
Eltérés	16%	23%

A minták nyírószilárdsága és nyíró rugalmassági modulusa is mintegy 15%-kal csökkent. Ciklikus klímában tehát az anyag fárad már rövid (20 napos) ciklus esetén is. Ha a ciklikus klíma éveken át tart, a szilárdságcsökkenés mértéke ennek többszöröse is lehet feltehetően. A vékony lamellás minták homogénebb jellege kisebb mértékben a nyírószilárdság csekélyebb csökkenésében is megmutatkozik, de elsősorban a nyíró rugalmassági modulusz ciklikus klímában való csökkenésében szembetűnő. Ha a nyíró rugalmassági modulusz lecsökken, adott terhelés mellett nagyobb alakváltozás jön létre (pl. a faszervezetek nyírásból származó lehajlása jelentős a fa alacsony 300 MPa értékű nyíró rugalmassági modulusza miatt), melyet a ragasztó igyekszik meggátolni. A ragasztórétegben megnövekedő feszültség így könnyen meghaladhatja annak szilárdságát, és az ipari tapasztalatoknál megfigyelt rétegrepedési problémák okozója lesz.

Mindezek alapján a lamellavastagság csökkentése célszerűnek látszik a rétegrepedési problémák elkerülése érdekében, nem csak íves, hanem egyenes tartóknál is.

A delamináció vizsgálat eredményei

Az eredményeket a 3. táblázat mutatja.

3. táblázat A delaminációs vizsgálat eredményei

Table 3 Results of the delamination test

Minta	L10/1	L10/2	L30/1	L30/2
Az elvált szakaszok hossza [mm]	35	9	4	30
	11	17	23	25
	30	16	26	13
	14	6	26	23
	7	10		3
	17			12
Összes rétegelválási hossz $I_{tot\ del}$ [mm]	114	58	79	106
Teljes delamináció [D_{total}]	1,7 %	0,8 %	3,7 %	4,9 %
Az egy ragasztási síkra jutó maximális delamináció [D_{1max}]	14,6 %	7,1 %	10,8 %	10,41 %

A vékony lamellás próbatestek kevésbé delaminálódtak, tehát a feltevés, miszerint a vékony lamellás tartó jobban tolerálja a ciklikus klímát, helyesnek látszik. A szabvány a vizsgálathoz nem rendel semmilyen megfeleléségi kritériumot, azaz a felhasználó dönti el, hogy a kapott eredmény neki megfelel-e. Ezt komoly hiányszágnak tartjuk, így mindenképpen fontos lenne legalább a hazai gyakorlatban bevezetni minősítési értékeket. Az elvégzett vizsgálatok, szakmai tapasztalatunk és elméleti megfontolások alapján 5% teljes delamináció értéket javaslunk megfeleléségi határértéknek, valamint 15%-os értéket az egy ragasztási síkra jutó maximális delamináció megfeleléségi értékének. Ezen határértékek figyelembe vételével a vizsgált minták megfelelőek, tehát mind az alkalmazott ragasztó, mind az alkalmazott technológia, elsősorban a présnyomás, megfelelő.

Az összehasonlításképpen elvégzett tölgy RR árnyékoló delaminációs vizsgálatokor gyakorlatilag 100% delaminációt tapasztaltunk, a lamellák kézzel szétválaszthatók voltak (3. ábra). Ez részben a tölgy faanyag gyengébb ragaszthatóságával, részben pedig az alakváltozásból fakadó nagyobb feszültségekkel magyarázható, és alátámasztja azt a vélekedést, hogy tölgy faanyagból nem, vagy csak nagyon nehezen készíthető teherhordó ragasztott faszerkezet (Wittmann 2000).

A delamináció vizsgálat eredménye a csavarozott és szeglemezelt RR tartó tömbökön

A delaminációs hatást vizsgálva megállapítottuk, hogy az nem jelentős egyik lamellavastagság és egyik kapcsolat esetében sem. Az alkalmazott ragasztó tehát megfelelő. A kötésekről készült képek tanúsága azonban jól kimutatja, hogy csavaros kötés esetén – mely a dagadási zsugorodási folyamatokat a csavaroknál koncentrálnak erőhatással akadályozza meg – repedések indulnak el. A kialakult repedések mértékét részben csökkenti a csavarok berágódása a faanyagba (3–4 mm csavaronként), mely a létrejövő alakváltozás 50–70%-át kiteszi. Ez az oka, hogy a beépített tartók esetén csak több év elteltével alakulnak ki jelentős repedések.

A szeglemez típusú kapcsolatok a tartóelemet összefogják és a keletkező feszültségek sok ponton kisebb feszültségcsúcsok segítségével akadályozzák az alakváltozást, így ebben az esetben nem alakulnak ki számottevő repedések. Ezek alapján javasoljuk szeglemezes típusú kapcsolatok kialakítását. A lamellavastagságból adódó különbség a vizsgálat során nem volt kimutatható.

A lamella hosszoldás vizsgálatának eredménye

A lamella hosszoldás vizsgálatának eredményeit a 4. táblázat mutatja.

A nedvesítés hatására hosszoldott mintáknál a hajlítószilárdság mintegy 22%-kal csökkent, míg a rugalmassági modulus 19%-kal. Toldás nélküli tömörfa mintákon a hajlítószilárdság 11%-kal csökkent, míg a rugalmassági modulus 26%-kal. A megközelítőleg 20%-os csökkenések megfelelnek a faanyag nedvességtartalom függvényében mutatott szilárdságcsökkenési tendenciáinak. A hosszoldott minták fele tartalmazott belet, és ezen minták esetén a faanyag tört el, és nem a hosszoldás. A belet nem tartalmazó minták esetén a ragasztás nyílt meg. Ez a jelenség arra a tényre hívja fel a figyelmet, hogy a szerkezeti fa lamellái nem tartalmazhatnak belet.



3. ábra Delaminálódott tölgy RR minták

Figure 3 Delaminated oak glulam specimens

4. táblázat A lamella hosszoldás eredményei

Table 4 Results of the lamella finger joint tests

	Hajlítószilárdság [MPa]	Rug. mod. [E, MPa]
Hosszoldott száraz átlag U=11%	56,41	8297
Hosszoldott nedves átlag U=22%	43,56	6628
Tömörfa száraz átlag U=11%	49,28	7602
Tömörfa nedves átlag U=12%	44,06	5643

Ezt azonban a gyakorlatban a gyártók sajnos nem tartják be. A bél körüli, juvenilis fa gyenge minősége – mint ahogy a vizsgálatok is mutatják – alacsony szilárdságot okoz, nem teljesíti a szerkezeti fa követelményeit.

Példaként említjük a tapolcai rendezvénycsarnok esetét, ahol a szerkezet törése beles lamella mentén jött létre (4. ábra).

A felületkezelő anyagok párazárás vizsgálatának eredményei

A felületkezelő anyagok párazárás vizsgálatának eredményeit az 5. táblázat mutatja.

A vizsgálatok azt a számunkra meglepő eredményt hozták, hogy a különböző lazúrok lényegében alig, vagy egyáltalán nem késleltetik a párafelvételt, így a tartók ilyen módon való felnedvesedés elleni védelme nem megoldható. Jelentős nedvesség elleni védelmet csupán egy poliuretán alapú bútorlakkal tudunk kimutatni, mely egy hét után 10%-kal, 2 hét után 8%-kal alacsonyabb nedvességtartalmi értéket mutatott kezeletlen mintákhoz képest. Párafelvétel elleni felületkezeléshez tehát a PUR bútorlakkok javasolhatók. Meg kell továbbá oldani a szabad és részben takart bútű felületek párazáró megoldását is.

Összefoglalás

Megállapítható, hogy a rétegelt-ragasztott fa tartószerkezetek tönkremeneteleinek és meghibásodásainak problémái számos okra vezethetők vissza. A felmérési eredmények, a számítások elvégzése különféle esetek modellezésével, és az ebben a cikkben bemutatott mechanikai mérések és vizsgálatok is ezt támasztják alá. Az eredmények jó összefüggést mutatnak a felmérési eredményekkel, és a számítási vizsgálatokkal.

A következő cikk, ugyanezen rétegelt-ragasztott fa tartószerkezetek tönkremeneteleinek és meghibásodásainak az okait vizsgálja, illetve a bemutatott eredményekből következően a gyakorlat számára is hasznos javaslatok kerülnek bemutatásra mind a tervezésre, gyártásra és üzemeltetésre vonatkozóan.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalomjegyzék

Bartal és Rabb Kft. (2010) Kutatási jelentés a BAROSS RRTARTO1 OMF0-00398/2010 számú pályázathoz, 118.

Kovács Gy. (2011) Híd a jövőbe, Magyar Építéstechnika, 50 (6): 2-5.

Kánnár A. (2012) Szakmai zárójelentés: Rétegelt-ragasztott fatartók méretezési és technológiai innovációja a klimatikus sajátfeszültségek figyelembevételével projekt REG-ND-09-2-2009-0019



4. ábra A tapolca rendezvénycsarnok tartója

Figure 4 Failed glulam beam of the Tapolca event hall

5. táblázat A felületkezelő anyagok párazárás vizsgálatának eredményei

Table 5 Results of the vapour-barrier test effected by the coating materials

Lazúr típusa	H milesi	Olassy	Jedinka	Xiladecor	Sadolin	Pur lakk	Kontroll natur
Átlag nedvességtartalom %							
1 nap	21,38	16,95	19,12	19,65	18,55	9,26	20,01
2 nap	21,73	18,55	19,51	19,65	19,04	10,61	23,32
3 nap	23,87	21,22	21,78	24,53	21,64	11,89	23,81
1 hét	26,83	24,87	25,72	26,22	26,41	15,31	26,46
2 hét	28,98	28,60	26,20	30,72	25,80	18,47	26,73

- MSZ EN 391:2002. Rétegelt-ragasztott fa. A ragasztási rétegek elválásának vizsgálata. Magyar Szabványügyi Testület, Bp. 9 old.
- MSZ EN 392-1999 Rétegelt-ragasztott fa. A ragasztási rétegek nyíróvizsgálata.
- MSZ EN 408:2011 – Faszervezetek. Szerkezeti fa és rétegelt-ragasztott fa. Egyes fizikai és mechanikai tulajdonságok meghatározása. (visszavont)
- Vanya Cs. (2012) Damage problems in glued laminated timber; Drewno – Prace, Naukowe, Donesienia, Komunikaty, No. 188, pp.115-128; ISSN 1644-3985
- Vanya Cs. (2014a) Javaslatok rétegelt-ragasztott fatartók tervezéséhez, gyártásához és üzemeltetéséhez, felmérési és modellezési eredmények alapján. I. rész: Irodalmi áttekintés és a rétegelt-ragasztott fatartók tönkremeneteleinek felmérési eredményei. Faipar 62(1)/3. http://dx.doi.org/10.14602/WoodScience-HUN_2014_3.
- Vanya Cs. (2014b) Javaslatok rétegelt-ragasztott fatartók tervezéséhez, gyártásához és üzemeltetéséhez, felmérési és modellezési eredmények alapján, II. rész: A számítómodell és azok eredményeinek bemutatása a rétegelt-ragasztott fatartók tönkremenetelek okaira; Faipar 62(1)/3. http://dx.doi.org/10.14602/WoodScience-HUN_2014_4
- Wittmann Gy. (2000) Mérnöki Faszervezetek I. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Bp. 274. old.
-

A sötét egzóta faanyagok helyettesítése gőzölt akác faanyaggal

BANADICS Endre¹, GÁLOS Borbála², TOLVAJ László¹

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Fizika és Elektrotechnika Intézet

² Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

Kivonat

Akác faanyagot gőzöltünk, hogy a sötét egzóta faanyagokhoz hasonló színeket kapjunk. A barna színárnyalatok széles skálája hozható létre az akác faanyag gőzölésekor. Megállapítottuk, hogy ezek a színárnyalatok ugyanazt a benyomást keltik, mint a sötét egzóta faanyagok, függetlenül attól, hogy közel vannak-e valamelyik egzóta fafaj színéhez. Néhány egzóta faanyag esetében bemutattuk azokat a gőzölési paramétereket, melyekkel az akác faanyagot ezekhez közel azonos, vagy hasonló színűvé lehet gőzölni. Azt tapasztaltuk, hogy a teljes színeltérés (ΔE^*) nem követi jól a szemünkkel érzékelt színeltérést, ha a különbséget a vörös színezet eltérése okozza.

Kulcsszavak: egzóta fafajok, akác, gőzölés, színeltérés

Substitution of dark exotic wood species by steamed black locust

Abstract

Black locust wood was steamed to create colours similar to those of dark exotic species. A wide range of brown shades can be created by steaming black locust. It was found that these colour tones give the same feeling as the dark exotic species, regardless if these colours match those of any exotic species or not. The appropriate steaming parameters were determined for creating the same or similar colour as some exotic species have. It was observed that the total colour difference (ΔE^*) is inefficient in monitoring the visually observed colour difference, if the difference was created by differences in the red hue component.

Keywords: exotic species, black locust, steaming, colour difference

Bevezetés

A sötét színű egzóta fafajok iránti kereslet miatt jelentős kiterjedésű trópusi őserdőt vágnek ki évente. Ezeknek az őserdőknek a visszaszorulása jelentős hatással van a klímaváltozásra. Ezért fontos keresni azokat a lehetőségeket, melyekkel a sötét egzóta faanyagokat helyettesíthetjük. A gőzölés olyan színváltoztató eljárás, mely nem párosul toxikus anyagok felhasználásával, de a magas extraktanyag-tartalmú faanyagoknál jelentős színváltozást lehet elérni vele.

A faanyagot vagy a színváltoztatás érdekében, vagy a megmunkálás könnyebbé tételéért gőzölik. A színváltoztatás azoknál a faanyagoknál célszerű, melyeknek a természetes színe nem tetszetős, vagy zavaróan inhomogén. Az akác faanyagra mindkét megállapítás igaz. Az akác faanyag színe esztétikai szempontból jelentősen eltér a faanyagok többségétől. Hiányzik belőle a barnás árnyalat, mely a faanyag kellemes, meleg színárnyalatát adja. Helyette egy zöldessárga árnyalat dominál. Ez az esztétikai szempontból kedvezőtlen színárnyalat jelentősen korlátozza az egyéb tulajdonságai alapján értékes akác faanyag felhasználását. Gőzöléssel ez a zöldessárga színárnyalat jelentősen csökkenthető, és növelhető a barna árnyalat. Szabad szemmel is jól érzékelhető, hogy gőzölés hatására a faanyag világossága jelentősen csökken. A gőzölési paraméterek változtatásával nagyon sokféle színárnyalatot lehet előállítani (Tolvaj és tsai. 2010). Az ipari akácgőzölés eredményeit először Molnár (1976) publikálta. Más faanyagok esetében viszont a jellegtelen szürkésfehér szín módosítása a cél. Ide sorolható a bükk faanyag, mely gőzöléssel tetszetős, enyhén vörös árnyalatot kap.

Napjainkban egyre nagyobb mértékben található irreguláris elhelyezkedésű, barnás színű álgeszt a méretes bükk rönkökben (Hrcka 2008). Gőzöléssel a fehér és a színes geszt közötti nagy színeltérés jelentősen csökkenthető (Tolvaj és tsai. 2009). Hasonló a helyzet csertölgy esetében is, ahol a jelentős méretű világos szijács és a sötét geszt között nagy a színbeli eltérés (Todaro és tsai. 2012).

Az akác a fizikai és mechanikai tulajdonságai alapján alkalmas a sötét egzóta fafajok helyettesítésére (Molnár és Bariska 2002). Kutatásunk során azt vizsgáltuk, hogy melyik egzóta fafaj színe közelíthető meg akácgőzöléssel. Meghatároztuk a vizuálisan közelinek tekinthető színű gőzölt akác és egzóta minták színeltérését a színkoordináták segítségével. Ezt a paramétert összevetettük a vizuálisan érzékelhető, szubjektív színeltéréssel.

Vizsgálati anyagok és módszerek

Szemrevételezéssel kiválasztottuk azokat az egzóta faanyagokat, melyek közelinek tűntek a korábban gőzöléssel előállított akácszínhez. Igyekeztünk úgy választani, hogy közöttük legyen beltérben és kültérben használatos faanyag is. Ezek a faanyagok a következők: afrormosia (*Pericopsis elata* H.), azobe (*Lophira alata* B.), blackbutt (*Eucalyptus pilularis* Sm.), fekete dió (*Juglans nigra* L.), massaranduba (*Manilkara bidentata* C.), mahagóni (*Khaya ivorensis* C.), wenge (*Millettia laurentii* W.). A laboratóriumi akácgőzölési kísérleteket 75–100 °C között, 5 °C-os léptékekkel egy zárt fazékban végeztük. Az edényben a faanyag alatt desztillált vizet helyeztünk el. Ez a víz biztosította a zárt gőzölő térben a telített vízgőzt. A fazekakat szárítószekrénybe tettük. A szekrény hőmérsékletét az automatika a beállított hőmérséklet körül $\pm 0,5$ °C tartományban tartotta. A gőzöléshez nedves akác faanyagot használtunk, a nedvességtartalom 25–30% között volt. A mintákat 1; 2; 4; 6; 9; 12; 15; 18; 22 napos gőzölés után szedtük ki a gőzölőtérből. A 105–130 °C közötti hőmérsékleteken fazék helyett nyomásálló edényt alkalmaztunk. Ezeken a hőmérsékleteken a gőzölést 6 napig folytattuk, mert ezt követően már nem történt érdemi színváltozás. A mintákat 105 °C-on 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6 nap után, 110 °C-on 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6 nap után, 115 °C-on 0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6 nap után, 120 °C-on 0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 6 nap után, 130 °C-on 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 6 nap után szedtük ki a gőzölőtérből. A próbatetek méretét a gőzölőedény mérete szabta meg. A keresztmetszetük 25x25 (mm) volt, a hosszuk pedig 200–300 mm között változott. Gőzölési hőmérsékletenként 3 próbatetet gőzöltünk. A gőzölés kezdetekor 6 órás felfűtést biztosítottunk. A gőzölési időt a beállított hőmérséklet elérésétől számítottuk. Gőzölés után a próbateteket a laboratóriumi légtérben egy hónapig kondicionáltuk. A légszáraz próbateteket hosszirányban, középen kettévágtuk, és a frissen kialakított felszínen végeztük el a színmérést.

A színéréshez egy számítógéppel vezérelt KONICA-MINOLTA 2000d típusú színmérő készüléket használtunk. Próbatestenként 10 ponton végeztünk színmérést. A színpontokat a háromdimenziós CIELAB színíngermérő rendszerben adtuk meg. Ebben a rendszerben a minta világosságát az L^* koordináta adja meg. Faanyag esetében az a^* koordináta a vörös színezetet, a b^* koordináta a sárga színezetet reprezentálja. (A nagyobb értékek az élénk színeket, a kisebbek a szürke árnyalatokat adják.)

Két szín közötti eltérést a színpontok távolsága adja a háromdimenziós Descartes-féle koordináta rendszerben. Ezt reprezentálja a teljes színeltérés (ΔE) az alábbi definíció szerint:

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^*_g - L^*_e)^2 + (a^*_g - a^*_e)^2 + (b^*_g - b^*_e)^2} \quad [1]$$

ahol,

g index: a gőzölt minta,

e index: az egzóta minta.

A vizsgálati eredmények értékelése

Az azobe, blackbutt, fekete dió, maccaranduba, mahagóni és wenge egzóta faanyagok színét gőzölt akác minták színével hasonlítottuk össze, hogy megtaláljuk azokat a gőzölési paramétereket, melyekkel a gőzölt akác színe az egzóta fafajéhoz hasonlóvá módosítható.

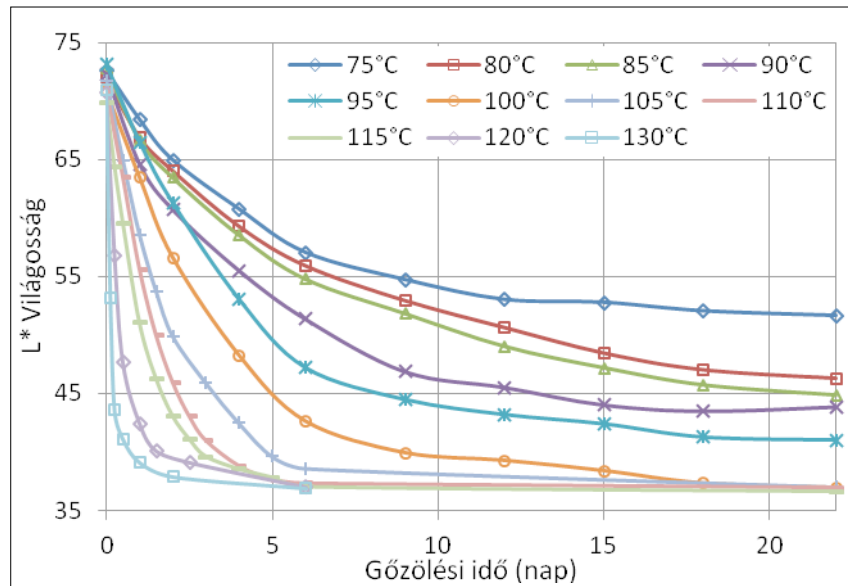
A világosság csökkenését a gőzölési idő és a hőmérséklet függvényében az 1. ábra mutatja. Valamennyi hőmérséklet esetében igaz, hogy a minták világossága a gőzölés kezdetekor jelentősen csökkent, majd ez a folyamat lelassult. A hőmérséklet növelésével egyre sötétebb színeket lehetett elérni, és a lényeges változások időtartama rövidebb lett, ezen belül a változás üteme egyre gyorsabb lett. A grafikonok alapján megállapítható, hogy alacsony hőmérsékleten nem érhető el olyan sötét szín, mint magas hőmérsékleten, hiába növeljük a gőzölési időt.

A világosság görbék telítődést mutatnak. A világosság értéke gőzöléssel nem csökkenthető 36 egység alá. A telítődési szakasz megjelenése azzal magyarázható, hogy a színváltozásért felelős kémiai változások döntő többsége már végbement az adott hőmérsékleten. Mivel ezek az átalakulások hőmérséklet-függőek, a telítődési szakasz a hőmérséklet növekedésével egyre hamarabb bekövetkezik.

A teljes színezetváltozást (a^* és b^* változása) követhetjük nyomon, ha a színpontok vándorlását az a^*-b^* színsíkon ábrázoljuk (2. és 3. ábra). A grafikonokat két ábrán mutatjuk be, mivel a görbék túlságosan átfedik egymást. Az ábrák bal felső sarkában található a kezeletlen minták színpontjai, ezek a görbék kezdőpontjai. Ezeket követik az egyre hosszabb idejű gőzölések színpontjai. A kezdőpontok közötti relatíve nagy távolságok az egyes akác faanyagok közötti színeltérésekből származnak. A görbék nagyobbik része patkó alakot formáz. A gőzölési hőmérséklet csökkenésével a patkó alsó (időben későbbi) szára egyre rövidebb lesz, a vörös irányú eltolódás pedig növekszik. Alacsony hőmérsékleten (95 °C) alatt a 6 napos gőzölés kevésnek bizonyult a görbék visszafordulásához, de 75 és 80 °C-on még a 22 nap sem volt ehhez elegendő. A görbék futásából megállapítható, hogy egyazon szín előállítása különböző hőmérsékleteken csak 100 °C környékén valósítható meg. A lényegesen alacsonyabb vagy magasabb hőmérsékleteken a tendenciák jelentősen eltérnek.

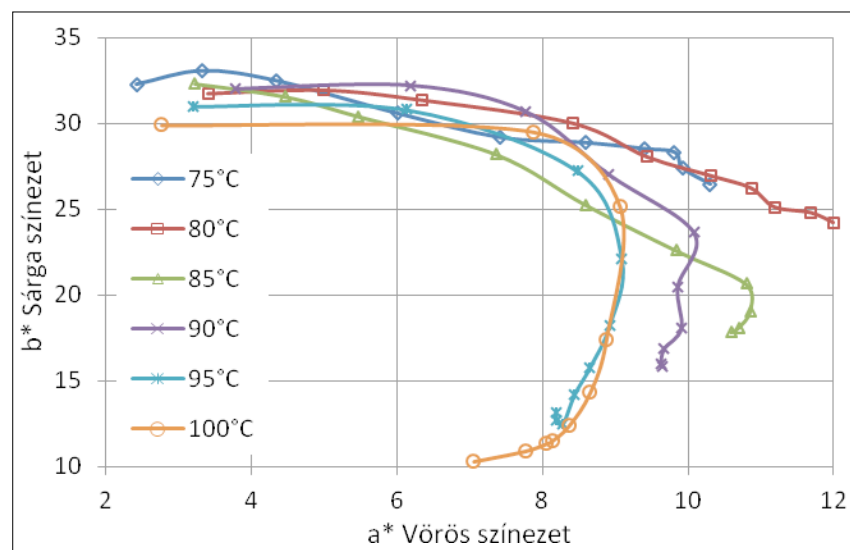
A gőzöléssel létrehozott színek színpontjai nagy területet fednek le. A vörös színezet 10 egységen belüli tartományban, a sárga színezet 25 egységen belüli tartományban változik. Szemrevételezve a színezeteket, a szürkés sárgától egészen a csokoládébarnáig létrehozhatók gőzöléssel. Az akác faanyag sárga színezetének értéke folyamatosan csökken a gőzölés során, de ez az értéke nem süllyed 10 egység alá.

A létrehozható színek egy részét szemlélteti a 4. ábra, bemutatva a 100 °C-on történt gőzöléssel megvalósítható színárnyalatokat. Sajnálatos módon a szkennelés észrevehetően módosította a színezeteket. Az egyes ábrákon látható mintákat együtt szkenneltük, így a torzítás az egyes ábrákon belül azonos volt.



1. ábra Az akác világosságának változása a gőzölési idő és hőmérséklet függvényében (105–130 °C-nál a 22 naphoz tartozó pontok extrapolálás eredményei.)

Figure 1 Lightness change of black locust as function of steaming time and temperature (At temperatures 105–130 °C, the 22 day value was calculated by extrapolation.)



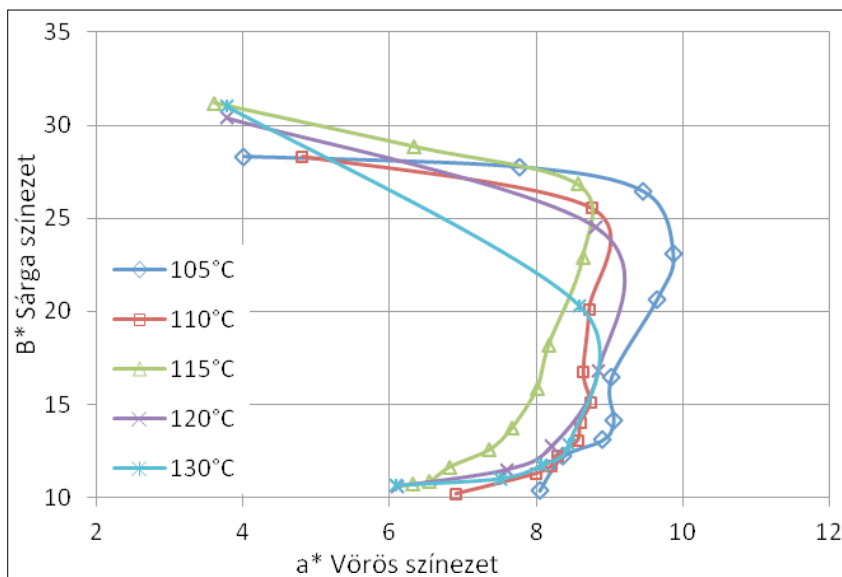
2. ábra A színpontok elhelyezkedése az a^*-b^* síkon a gőzölési idő és hőmérséklet függvényében (75–100 °C tartomány) (A görbék bal felső kezdőpontjai a kezeletlen minták színezetét jelölik.)

Figure 2 The location of the colour dots as a function of steaming time and temperature (75–100 °C interval) (The colour dots of nonsteamed, samples are located in the upper left corner.)

A vörös irányú torzítást mutatja a kezeletlen minta a 4. ábrán.

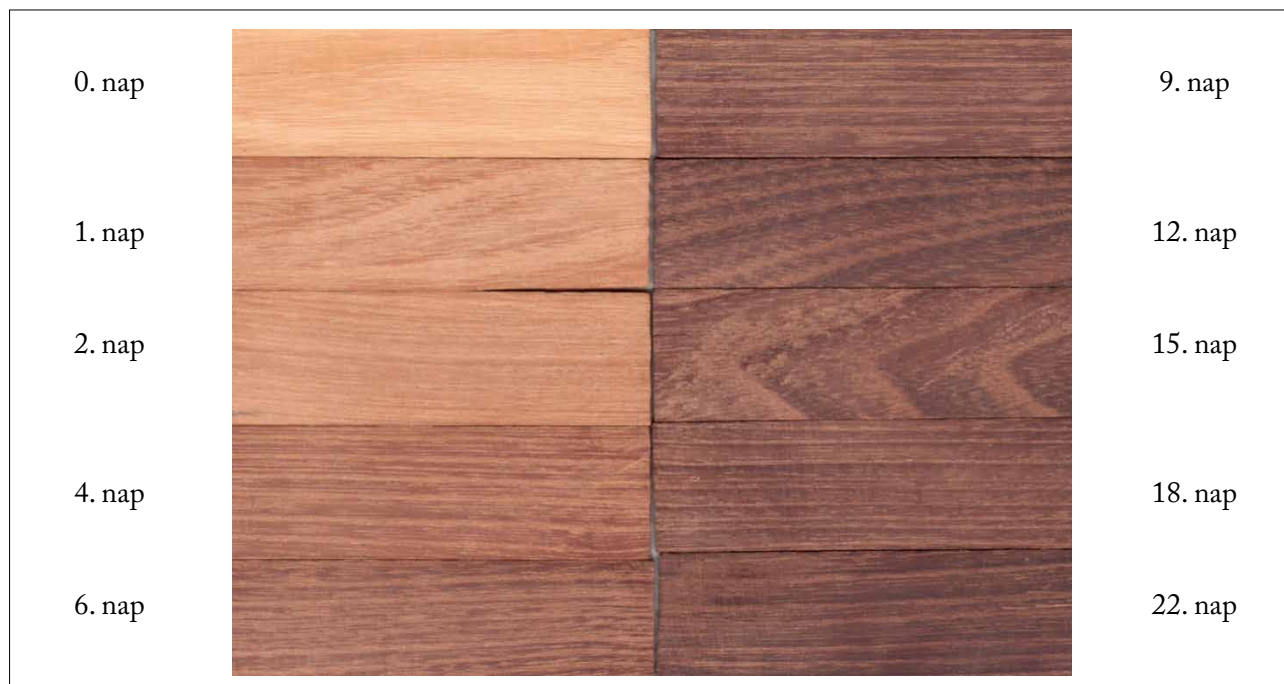
A 4. ábra jól reprezentálja azt a széles színskálát, melyet az akác gőzölésével 100 °C-on létre lehet hozni. Azért választottuk a 100 °C-t, mert ezzel már el lehet érni a gőzöléssel elérhető legsötétebb árnyalatot (1. ábra). Az itt látható színek többségében meleg, barnás színárnyalatok. Ezek a színárnyalatok ugyanazt a benyomást keltik, mint a sötét egzóta faanyagok, függetlenül attól, hogy közel vannak-e valamilyik egzóta fafaj színéhez. Látszik, hogy a 4. ábrán látható utolsó 5 minta (9–22 napos gőzölés) sem világosságban, sem színezetben nem tér el jelentősen egymástól. Ezt mutatja az 1. és 2. ábra is. Ez azt jelenti, hogy ezen a hőmérsékleten az akác faanyagot 10 napnál tovább nem érdemes gőzölni.

Megmértük a színét azoknak az egzóta fafajoknak, melyekhez találtunk hasonló színt a gőzölt akác minták között szemrevételezéssel. Ezeket a színkoordinátákat az 1. táblázat tartalmazza. Mindegyik egzóta fafaj alatt ott található a hozzá legközelebb eső gőzölt akác minta (az első szám a gőzölési hőmérsékletet, a másik pedig a gőzölési időt mutatja). A fafajokat a teljes színeltérés (1) alapján raktuk sorba. Az 5–9. ábrákat pedig a szabad szemmel látható hasonlóság alapján állítottuk sorba.



3. ábra A színpontok elhelyezkedése az a*-b* síkon a gőzölési idő és hőmérséklet függvényében (105–130 °C tartomány) (A görbék bal felső kezdőpontjai a kezeletlen minták színezetét jelölik.)

Figure 3 The location of the colour dots as a function of steaming time and temperature (105–130 °C interval) (The colour dots of nonsteamed, samples are located in the upper left corner.)



4. ábra A 100 °C-on gőzölt akác faanyag színváltozása

Figure 4 The colour variation of black locust steamed at 100 °C (Nonsteamed sample: upper left followed by the steamed samples for 1; 2; 4; 6; 9; 12; 15; 18 and 22 days.)

1. táblázat Az egzóta faanyagok és a gőzölt akác minták átlagos színkoordinátái

Table 1 The average colour coordinates of exotic wood and the corresponding steamed black locust samples. The first number for steamed black locust show the steaming time and the second represent the steaming time in day

Egzóta	Gőzölt akác		L*	a*	b*	ΔE^*
	Hőmérséklet (°C)	Gőzölési idő (nap)				
Blackbutt			50,24	11,45	29,35	3,2
	80	12	50,5	10,9	26,2	
Massaranduba			46,66	10,27	27,3	6,4
	80	8	53,1	10,2	27,4	
Fekete dió			36,94	10,11	18,85	9,2
	90	10	46,1	9,9	18,5	
Azobe			28,96	10,18	15,7	10,6
	100	15	38,38	8,05	11,34	
Mahagóni			40,52	15,68	29,2	14,1
	90	18	43,49	9,67	16,85	
Afromosia			33,84	14,36	29,87	19,9
	100	4	48,25	8,8	17,4	
Wenge			16,39	10,74	22,52	24,1
	100	22	36,93	7,5	10,3	

A teljes színeltérés (1) alapján a sorrend: blackbutt, massaranduba, fekete dió, azobe, mahagóni, afromosia, wenge. A szemrevételezés alapján felállított sorrend: blackbut, massaranduba, fekete dió, afromosia, azobe, wenge, mahagóni.

A sorrendek közötti eltérés abból adódik, hogy a teljes színeltérés faanyag esetében nem alkalmas a látható színeltérés leírására. A színezetbeli (a^* , b^*) eltéréseket nem tudja jól követni. A probléma részletes tárgyalása megtalálható Csanády és tsai. (2015) könyvben.

Jirous and Ljuljka (1999) egy angol papíripari előírás alapján publikált egy táblázatot arról, hogy mekkora a teljes színeltérés, amit szemmel már látunk (2. táblázat). A 2. táblázatban összefoglalt értékhatárokat használják faanyagok esetében is (Straze és tsai. 2008, Németh és tsai. 2014).

A rajzoltos és tarka felületek esetén a 2. táblázatban megadott adatok nem mérvadóak. Ilyen esetekben kevésbé érzékeljük a különbségeket. Ez mondható el a kellően rajzoltos faanyagokra vonatkozóan is. Ezért a rajzoltos faanyagok esetén a 2. táblázat határait jelentősen fel kell emelni.

Ezt igazolják az általunk összehasonlított minták színeltérései is. A blackbutt és a massaranduba esetében nem volt észrevehető színeltérés a hozzájuk párosított gőzölt akáchoz képest, de a ΔE^* értékek is alacsonyak. A fekete dió esetében is alig észrevehető az eltérés (5. ábra), pedig itt a ΔE^* értéke már megközelíti a 10-es értéket. Az afromosia esetében is csak kis eltérés látható (6. ábra), amit elfed a jelentős rajzolatbeli eltérés. Itt már a ΔE^* értéke közel 20. Az azobe és a hozzá társított gőzölt akác a színezetben és a rajzolatban tér el.

2. táblázat A vizuális érzékelés és ΔE^* színínges különbség kapcsolata papír esetében (Straze és tsai. 2008)

Table 2 Correlation between sense perception and colour difference (ΔE^*) for paper (Straze et al. 2008)

ΔE^*	Szemmel érzékelhető eltérés
$\Delta E^* \leq 0,2$	Nem érzékelhető
$0,2 < \Delta E^* \leq 0,5$	Alig észrevehető
$0,5 < \Delta E^* \leq 1,5$	Észrevehető
$1,5 < \Delta E^* \leq 3,0$	Már látható
$3 < \Delta E^* \leq 6$	Jól látható
$6 < \Delta E^* \leq 12$	Nagy
$12 < \Delta E^*$	Nagyon nagy



5. ábra Fekete dió (fent) és a 90 °C-on, 10 napig gőzölt akác színe (alul) ($\Delta E=9,2$)

Figure 5 The colour of walnut (top) and black locust steamed at 90 °C for 10 days (bottom) ($\Delta E=9,2$)



6. ábra Afromosia (fent) és a 100 °C-on, 4 napig gőzölt akác színe (alul) ($\Delta E=19,9$)

Figure 6 The colour of afromosia (top) and black locust steamed at 100 °C for 4 days (bottom) ($\Delta E=19,9$)



7. ábra Azobe (fent) és a 100 °C-on, 15 napig gőzölt akác színe (alul) ($\Delta E=10,6$)

Figure 7 The colour of azobe (top) and black locust steamed at 100 °C for 15 days (bottom) ($\Delta E=10,6$)



8. ábra Wenge (fent) és a 100 °C-on, 22 napig gőzölt akác színe (alul) ($\Delta E=24,1$)

Figure 8 The colour of wenge (top) and black locust steamed at 100 °C for 22 days (bottom) ($\Delta E=24,1$)



9. ábra Mahagóni (fent) és a 90 °C-on, 18 napig gőzölt akác színe (alul) ($\Delta E=14,1$)

Figure 9 The colour of mahagóni (top) and black locust steamed at 90 °C for 18 days (bottom) ($\Delta E=19,9$)

A különbség szemmel látható. A kicsi ΔE értéket az adja, hogy az azobe rajzolata sötét és világos vonalakat egyaránt tartalmaz, amit a színmérés átlagol. A szemünk viszont az összehasonlításnál a világos csíkokat nem veszi figyelembe. Ebben az esetben a szemnek sokkal kellemesebb látvány a gőzölt akác, mint a durván tarka azobe.

A wenge abban tér el a hozzá társított gőzölt akáctól (8. ábra), hogy a rajzolata markáns sötét vonalakat tartalmaz. Ezek a sötét vonalak okozzák a nagy ΔE^* értéket. A wenge esetében is a gőzölt akác színe tűnik kellemesebbnek az emberi szem számára.

A mahagóni jó példa arra, hogy mennyire eltér a szem érzékelése az objektív színméréstől, ha az eltérések a színezetben vannak. Mivel a három színkoordináta közül a világosság (L^*) értéke lényegesen nagyobb, mint a másik kettő, ezért a ΔE^* számításánál a világosság dominál, és a vörös színezetnek (a^*) van a legkisebb hatása. A mahagóni esetében viszont a vörös színezetben jelentős az eltérés a hozzá társított gőzölt akáchoz képest. Ezt az eltérést a mahagóni vörösesbarna színárnyalata okozza. A szemünk jól látja ezt az eltérést, és nagy különbséget érzél a két szín között. A mahagóni nem helyettesíthető gőzölt akáccal.

A vizsgálatokból az is kiderült, hogy az objektív színméréssel meghatározott teljes színváltozás (ΔE^*) nem követi jól a szemünkkel érzékelt színeltérést, ha a különbséget a vörös színezet eltérése okozza.

Összefoglalás

A barna színárnyalatok széles skálája hozható létre az akác faanyag gőzölésekor. Ezek a szem számára kellemes, meleg színárnyalatok a sárgás barnától egészen a csokoládébarnáig terjednek. Ezek a színárnyalatok ugyanazt a benyomást keltik, mint a sötét egzóta faanyagok, függetlenül attól, hogy közel vannak-e valamelyik egzóta fafaj színéhez.

Néhány egzóta faanyag esetében bemutattuk, hogy milyen gőzölési paraméterekkel lehet az akác faanyagot közel azonos, vagy hasonló színűvé gőzölni.

Megállapítottuk, hogy az objektív színméréssel meghatározott teljes színváltozás (ΔE^*) nem követi jól a szemünkkel érzékelt színeltérést, ha a különbséget a vörös színezet eltérése okozza.

Kitekintés

A trópusi esőerdők – az óceánokhoz, a talajhoz, valamint lápokhoz és mocsarakhoz hasonlóan – jelentős mértékben képesek CO_2 -t elnyelni. Az erdőirtások miatt, melyhez a sötét színű egzóta fafajok iránti kereslet is hozzájárul, 2050-re a trópusi esőerdők területének több mint a fele eltűnhet. Ezzel a növényzetből és a talajból együttesen közel 32 milliárd tonna CO_2 kerülne a légkörbe. A biokémiai hatásokon kívül az erdőirtás biogeofizikai visszacsatolásai is a globális klímaváltozás erősödését okozzák. Az erdőknek a gyepekhez és mezőgazdasági növényekhez képest nagyobb a levélfelülete, mélyebb a gyökérszete. Ezáltal intenzívebb transpirációt folytatnak, mely hűvösebb-nedvesebb klimatikus viszonyokat eredményez (Jackson és tsai. 2008). A trópusi esőerdők területének csökkenésével ez a globális léptékű éghajlati hatás gyengül, mely tovább fokozhatja a felmelegedés mértékét. Tanulmányunk eredményei egy olyan módszerre világítanak rá, mely az akác gőzölésével lehetőséget teremthet a sötét színű egzóta fafajok kiváltására, megőrzésére.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Klímahatás – Az éghajlatváltozás hatásainak komplex vizsgálata, nemzetközi K+F pályázatok előkészítése a Nyugat-magyarországi Egyetemen (TÁMOP-4.2.2.D-15/1/KONV-2015-0023) projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- Csanády E., Magoss E., Tolvaj L. (2015) Quality of Machined Wood Surfaces. Springer pp.86-87. DOI: 10.1007/978-3-319-22419-0
- Hrcka R. (2008) Identification of discoloration of beech wood in CIElab space. Wood Research 53(1): 119-124.
- Jackson R. B., Randerson J. T., Canadell J. G., Anderson R. G., Avissar R., Baldocchi D. D., Bonan G. B., Caldeira K., Diffenbaugh N. S., Field C. B., Hungate B. A., Jobbágy E. G., Kueppers L. M., Noretto M. D., Pataki D. E. (2008) Protecting climate with forests. Environ. Res. Lett. 3 044006 (5pp). DOI: 10.1088/1748-9326/3/4/044006
- Rajkovic J., Ljuljka B. (1999) Boja drva i njezine promjene prilikom izlaganja atmosferskim utjecajima. Drvna Industrija 50 (1): 31-39.
- Molnár S. (1976) Akácfanemesítés Pusztavacson. Az erdő 15(11): 490-492.
- Molnár S., Bariska M. (2002) Magyarország ipari fái. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
- Németh R., Molnár S., Csopor K., Ábrahám J., Komán Sz., Csordós D., Fehér S., Szeles P., Bak M., Bariska M. (2014) Akác kutatások a Faanyagtudományi Intézetben. In: Lipák László (szerk.) Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap XXII: Tudományos eredmények a gyakorlatban. Lakitelek, 2014.11.11 pp. 89-95.
- Straze A., Gorisek Z., Pervan S., Prekrat S. (2008) Research on colour variation of steamed cherrywood (*Prunus avium* L.). Wood Research 53 (2): 77-90.
- Todaro L., Zuccaro L., Marra M., Basso B., Scopa A. (2012) Steaming effects on selected wood properties of Turkey oak by spectral analysis. Wood Science and Technology 46 (1-3): 89-100. DOI: 10.1007/s00226-010-0377-8 <http://link.springer.com/article/10.1007/s00226-010-0377-8>
- Tolvaj L., Németh R., Varga D., Molnár S. (2009) Colour homogenisation of beech wood by steam treatment. Drewno-Wood 52: 5-17.
- Tolvaj L., Molnár S., Németh R., Varga D. (2010) Color modification of black locust depending on the steaming parameters. Wood Research 55 (2): 81-88.

A gépészeti rendszer hatása a különböző hőszigetelési teljesítményű könnyűszerkezetes épületek energiafelhasználására

KARÁCSONYI Zsolt¹, HANTOS Zoltán²

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Intézet

² Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Építéstani Intézet

Kivonat

A szerzők egy könnyűszerkezetes lakóházat vizsgáltak három különböző hőszigeteltségi fokozattal és három különböző, fatüzelésen alapuló épületgépészeti rendszerrel kiépítve. A vizsgálatok eredménye hétköznapi ismeretekkel is feltételezhető, hiszen mind a szigetelések vastagságának, mind az épületgépészeti rendszer hatásfokának növelésével egyaránt csökkenthető az épület energiafelhasználása. Tényleges értékekkel azonban elsőként mutathatjuk be, hogy mekkora fogyasztáscsökkentést eredményez a komolyabb hőszigetelés, vagy egy modern napkollektoros, hővisszanyerővel kombinált fűtési rendszer a Magyarországon megvalósítható fa bordavázás épületek esetében. A cikkben bemutatott kilenc épület mindegyike teljesíti a 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet A+ energetikai besorolását, de a leggyengébb és a legjobb közötti több mint kétszeres energiafelhasználási mutatóval. Az épületek a korszerű fa bordavázás épületek energiafogyasztás-csökkentésének lehetséges fokozataiként értelmezhetők.

Kulcsszavak: energia, energiahatékonyság, könnyűszerkezetes épület, fa bordavázás épület, épületgépészet

The effect of the HVAC system on the energy consumption of various insulated lightframe buildings

Abstract

The authors examined a wood frame house with three different insulation thicknesses and three different HVAC (Heating, Ventillation and Air Conditioning) system – all based on wood burning. The results are evident without prior knowledge: the thicker the insulation, or the more effective the heating system, the lower the energy consumption. This is the first attempt to quantify this effect with scientific calculation for timber frame houses built in Hungary. The question was how large is the energy saving using thicker insulation or the application of a high end HVAC system with solar collector and heat exchanger. All 9 buildings presented in this article meet the standards of the A+ category of the governmental order 176/2008. (VI. 30.), but comparing the worst to the best, the energy consumption is more than double. These buildings show the steps of reducing the energy consumption of modern timber frame houses.

Keywords: energy, energy-efficiency, lightframe-construction building, wood frame house, HVAC

Bevezetés

Az Európai Unió energiapolitikája kapcsán a lakossági energiafelhasználás a figyelem középpontjába került az elmúlt évtizedekben. A fosszilis energiahordozók közelgő kimerülésével és környezetvédelmi szempontokkal egyaránt magyarázzák azt a törekvést, hogy a lakosság energiafelhasználását kényszerrel és támogatással egyaránt csökkenteni kell. Az első látványos lépés ebben a kérdésben a 2002-es EU direktíva [1], amit Magyarországon a 7/2006-os [2], majd a 176/2008-as [3] számú rendeletek hivatottak megvalósítani. E rendeletek számszerű követelményeket írnak elő az épületek hőszigetelésének teljesítményére, valamint a beépített épületgépészeti rendszer hatásfokára – különböző energiahordozók felhasználása esetén.

Az épületek tényleges energiafelhasználását földgáz egyenértékre kell meghatározni, ez lehetővé teszi az összehasonlítást és az energetikai osztályba sorolást is.

Az EU azóta továbblépett: 2020-ra a tagországok fosszilis energiafelhasználásának 20%-os csökkentését írja elő, melynek megvalósításához hazánknak is komoly változásokat kell életbe léptetnie. Az energiatakarékos épületek piacán komoly szerepet kapnak a könnyűszerkezetes épületek, ami többek között a fa tartószerkezet kedvező hőtechnikai tulajdonságaival is magyarázható (Dávid és Pakainé Kováts, 2012). Az energiahatékonyan túl azonban a fa tartószerkezetű, cellulóz szigeteléseket tartalmazó, illetve a fatüzelésen alapuló gépészeti rendszerrel kiépített épületek még kedvezőbb energetikai illetve ökológiai megítélést kapnak. Ezeket a jellegzetességeket különböző, Nyugat-Európában már alkalmazott komplex, ökológiai szempontokon alapuló értékelési rendszerek már figyelembe is tudják venni az épületek minősítése során (Bejó, Szabó, U. Nagy és Kuzsner, 2013).

A „Környezettudatos energia hatékony épület” című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 számú projektben lakóházakkal kapcsolatos kutatás-fejlesztési munkák folytak párhuzamosan. A szerzők az épület-szerkezeti alprojektben tevékenykedtek, ahol fatüzeléssel működő épületgépészeti rendszerekkel kiépített fa bordavázis könnyűszerkezetes lakóépületek energiahatékonyasági vizsgálatait végezték.

A szerzők a cikkben egy könnyűszerkezetes lakóházat mutatnak be három különböző hőszigetelési fokozattal és három különböző, fatüzelésen alapuló épületgépészeti rendszerrel ellátva. A beépített szigetelési vastagságok fokozatos növelése és az épületgépészeti rendszerek hatásfokának javítása kilenc, egymástól jól elkülönülő teljesítménnyel rendelkező épületet eredményezett. Ezek az épületek lépésenként közelítik meg a közel nulla energiaigényű épületek 2016 januárjától érvénybe lépő követelményeit [6], kihangsúlyozva, hogy a fa bordavázis könnyűszerkezetes épületek és a fatüzelésen alapuló gépészeti rendszerek valós, jól használható megoldást nyújtanak az építőipar előtt álló kihívásokra.

Kutatási munka bemutatása

A számítási eljárást az épületfizika és épületenergetika általános szakmai szabályai (Zöld, 1985 és 2000), (Sembery, 2004) szerint végeztük, kiegészítve az energiatanúsítást szabályozó rendeletekkel. A rétegrendek hőátbocsátási tényezőjének meghatározását az MSZ EN ISO 6946 [10], a vonalmenti hőhidak analizését az MSZ EN ISO 10211 [11] szabványok útmutatásai alapján végeztük. Utóbbi végelelem szoftver alkalmazásával lehet pontosan elvégezni. A téma egyes részleteivel korábban is foglalkoztunk, kutatásainkból több cikk is született (Hantos és Karácsonyi, 2007, 2009, 2014). A jelen vizsgálathoz szükséges három különböző épületgépészeti rendszer kialakításában és az ahhoz tartozó számításokban Bajor Ervin épületgépész nyújtott segítséget (Bajor, 2014), a mintaként szolgáló családi házat Szabó Péter okleveles építészmérnök tervezte (1. és 2. ábra).

A munka során rétegrendi és csomóponti szinten született meg három különböző épület, melyek rendre $U = 0,20; 0,17$ és $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási értékű falszerkezettel, és ezekhez teljesítményben hozzá hangolt egyéb rétegrendekkel rendelkeznek.

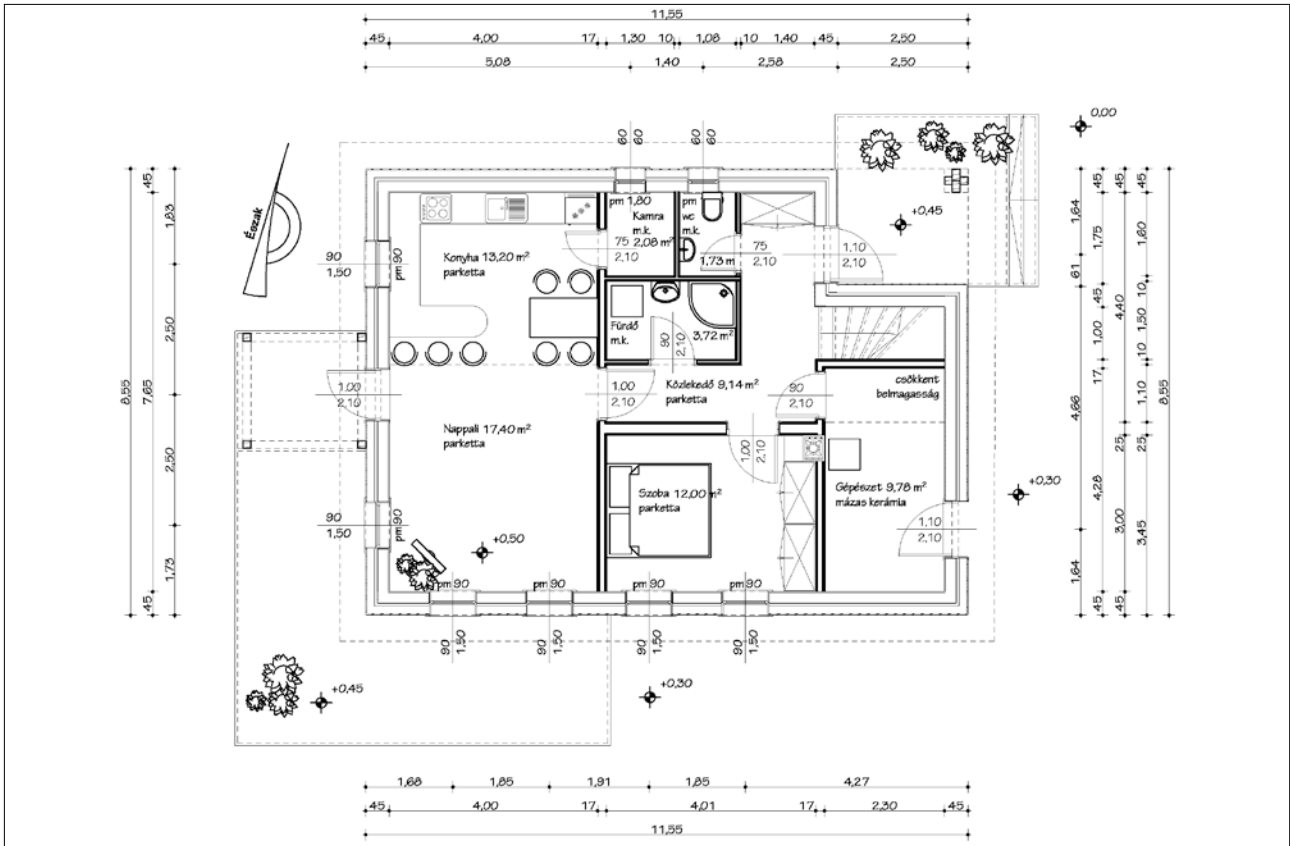
Részletes, az egyes inhomogén rétegeket is figyelembe vevő módszerrel határoztuk meg az összes rétegrend hőátbocsátását (1. táblázat), valamint elvégeztük a páratechnikai ellenőrzésüket is. Így egy olyan építőkészlet állt rendelkezésünkre, melyeket szabadon kombinálhattuk a gépészeti rendszerekkel.

A cikk alapját képező kutatómunka során kidolgoztuk az összes előforduló szerkezeti csomópontot, majd a THERM végelelem szoftverrel elvégeztük a vonalmenti hőhidveszteségi tényezők (ψ) meghatározását.

A számítás során három szinten ellenőriztük az épületek teljesítményét: az első a rétegrendek hőátbocsátása, a második az épület fajlagos hővesztesége, a harmadik pedig az épületgépészeti rendszer tényleges energiafogyasztása – a szakmailag elfogadott szabályok szerint földgáz egyenértékben kifejezve. Vizsgálatainkat valós arányokkal rendelkező épületen folytattuk, melyekhez három különböző gépészeti rendszert terveztünk:

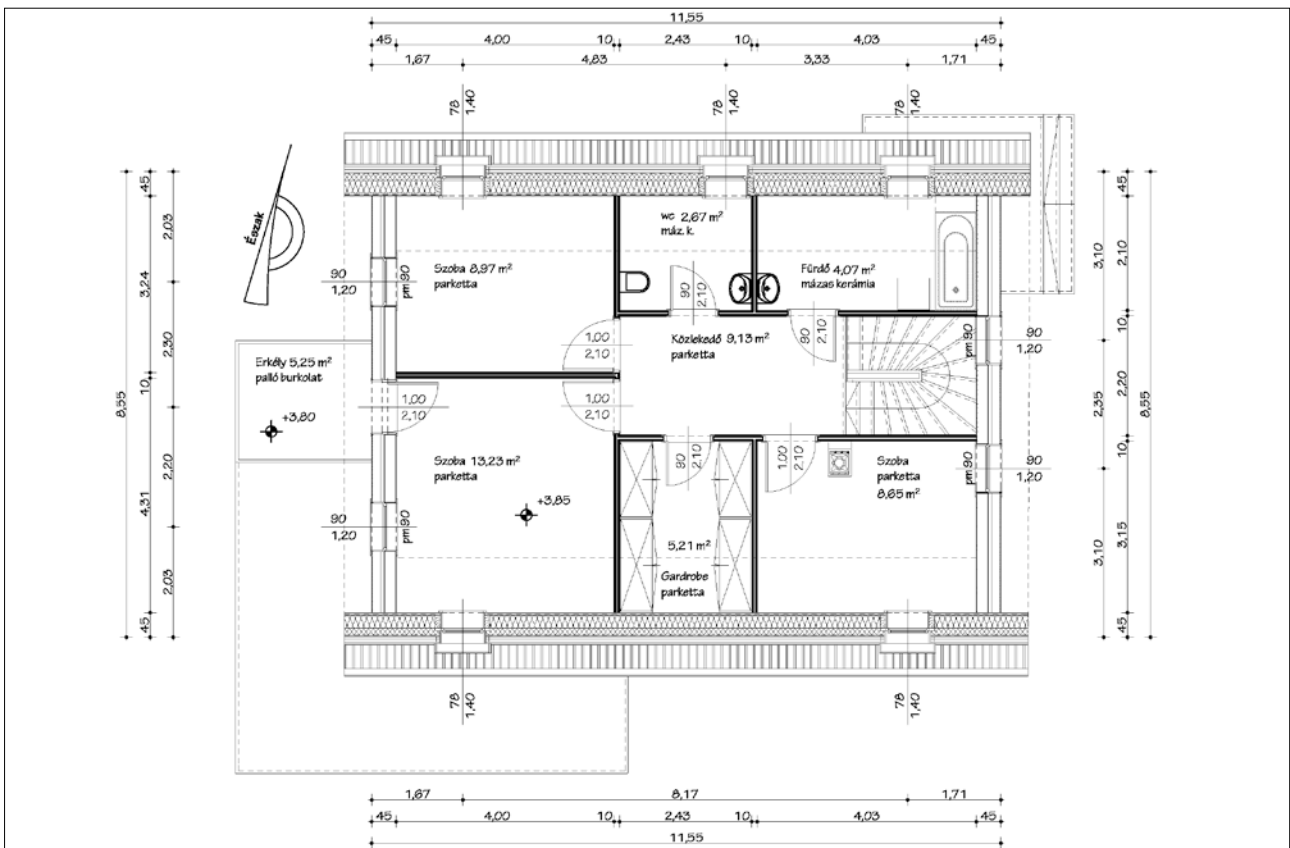
G1: Fűtés és használati melegvíz-előállítás faelgázosító kazánal, fűtésre és használati meleg vízre külön indirekt puffertárolóval kombinálva.

A rendszer alapját egy 20 kW névleges teljesítményű faelgázosító kazán adja, amely a fűtést és a használati melegvíz-ellátást is biztosítja. Fűtéshez és a használati melegvíz-ellátáshoz külön puffertárolót terveztünk. A fűtési rendszer hőleadó elemei acéllemez lapradiátorok. A helyiség hőmérsékletek pontos szabályozhatósága érdekében a radiátorokat termosztatikus fejvel kell ellátni, így a csökkentett fűtés lehetősége is megvalósítható, illetve a túlfűtés elkerülhető. A radiátoros fűtési kör a pufferról csatlakozik le, saját keringető szivattyúval és keverőszeleppel. A használati melegvíz-ellátást a 120 literes indirekt bojlerrel biztosítjuk.



1. ábra Földszint alaprajza

Figure 1 First floor



2. ábra Tetőtér alaprajza

Figure 2 Second floor

A csapolók és a bojler között cirkulációs rendszer épül. A fűtési és használati melegvíz-termelő rendszer szabályozását a kazán automatikája biztosítja. A radiátoros fűtési kör időjárásfüggő előremenő hőmérsékletű vízzel üzemel. A cirkulációs szivattyú időprogram szerint üzemel.

G2: Fűtés és használati melegvíz-előállítás faelgázosító kazánal, fűtésre és használati meleg vízre külön indirekt pufferrel tárolóval kombinálva, használati meleg vízre napkollektoros rásegítéssel.

A „G1” változattal azonos rendszer, de használati melegvíz-ellátásra egy nagyméretű (300 l) tárolót helyezünk el, amibe a kazánon kívül a napkollektor vezetékét is bekötjük. A tetőn elhelyezésre kerül 3 db 2 m² felületű napkollektor. A napkollektorok a két hőcserélős tároló alsó hőcserélőjét fűtik. Számítások alapján – egy 4 fős család esetén – a fenti rendszer az éves melegvíz-ellátás 60%-át fedezi, így csak a fennmaradó 40%-ot kell a faelgázosító kazánalnak biztosítani. Opcióként beépíthető a tárolóba egy elektromos fűtőpatron is, amivel kiváltható a kazán befűtése az átmeneti időszakban.

G3: Fűtés és használati melegvíz-előállítás faelgázosító kazánal, fűtésre és használati meleg vízre külön indirekt pufferrel tárolóval kombinálva, használati meleg vízre napkollektoros rásegítéssel, hővisszanyerős lakásszellőző alkalmazásával.

A „G2” változattal azonos rendszer, de az épületben központi gépi szellőzés is készül. A hővisszanyerős szellőztető berendezés a földszinti gépészeti helyiségben kerül elhelyezésre. A berendezés névleges térfogatárama 200 m³/h. A befűtési pontokat a lakóterekben, azaz a hálószobákban és a nappaliban kell elhelyezni, a visszaszívási pontokat pedig a konyhában, fürdőben és a WC-kben. A helyiségek közötti átszellőzést ajtóréssel vagy ajtóráccsal kell biztosítani.

Az eredmények ismertetése

Az energiatakarékos szabályok szerint az épület tömegarányai alapján kell meghatározni azt az energiafelhasználási követelményértéket, mely az energetikai besorolás alapját képezi [2]. A vizsgált lakóház teljes fűtött térfogata $V = 413 \text{ m}^3$, míg az összes lehűlő felülete $A = 336 \text{ m}^2$. Az ezekből számítható éves energiafogyasztási követelmény $E_p = 171,6 \text{ kWh/m}^2$. Az épület annak függvényében sorolható be energiafelhasználási kategóriába, hogy a számított követelmény értéknek mekkora hányadát fogyasztja ténylegesen [3]. Ennek megfelelően százalékosan kifejezhetők az egyes épületek és gépészeti rendszerek éves fogyasztásai (2. táblázat). Az épületek energetikai osztálya mindegyik épület esetében A+ (fokozottan energiatakarékos).

A 3. ábra a három különböző épület egyes lehűlő felületeinek a hőveszteségeit mutatja az adott felület hőátbocsátási tényezőjének és nagyságának a szorzatából kalkulálva. A felületek nagysága mindhárom esetben ugyanakkora.

A 3. táblázatban tüntettük fel az egyes épületek különböző épületgépészeti rendszereinek fogyasztási adatait – a szakmai szabályokra és előírásokra tekintettel az adatokat primer energiában, vagyis földgáz egyenértéken tüntettük fel. Az első oszlopban a fűtés éves energiaigénye látható kWh/m²-ben, a következő oszlopokban a használati meleg víz (HMV) és a szellőztetés energiafelhasználása látható. Az összesített adatokból egyértelműen kitűnik, hogy már a legkevésbé korszerű, 0.20 szerkezettel tervezett, és G1 jelű gépészettel ellátott rendszer is rendkívül alacsony energiafelhasználással üzemeltethető, de a hőtechnikailag legkorszerűbb, 0.12 szerkezetű és a G3 jelű épületgépészettel rendelkező épület ennek az értéknek kevesebb, mint a felét használja fel éves szinten.

1. táblázat Rétegrendi hőátbocsátási értékek

Table 1 Heat transmission values

Rétegrend megnevezése	Épület hőszigeteltségi színvonala ill. elnevezése		
	0.20	0.17	0.12
	U érték [W/m ² K]		
Fal	0,20	0,17	0,12
Padló	0,27	0,23	0,10
Padlásfödém	0,22	0,18	0,10
Tető	0,23	0,19	0,10
Árkádfödém	0,20	0,17	0,12
Nyílászárók	1,25	0,70	0,70

2. táblázat Az épületek viszonyított energiafogyasztása a különböző épületgépészetek esetén

Table 2 Relative energy-consumption of the examined buildings and HVAC systems

Épület megnevezése	Gépészeti rendszer		
	G1	G2	G3
0.20	48%	38%	29%
0.17	44%	34%	25%
0.12	40%	30%	21%

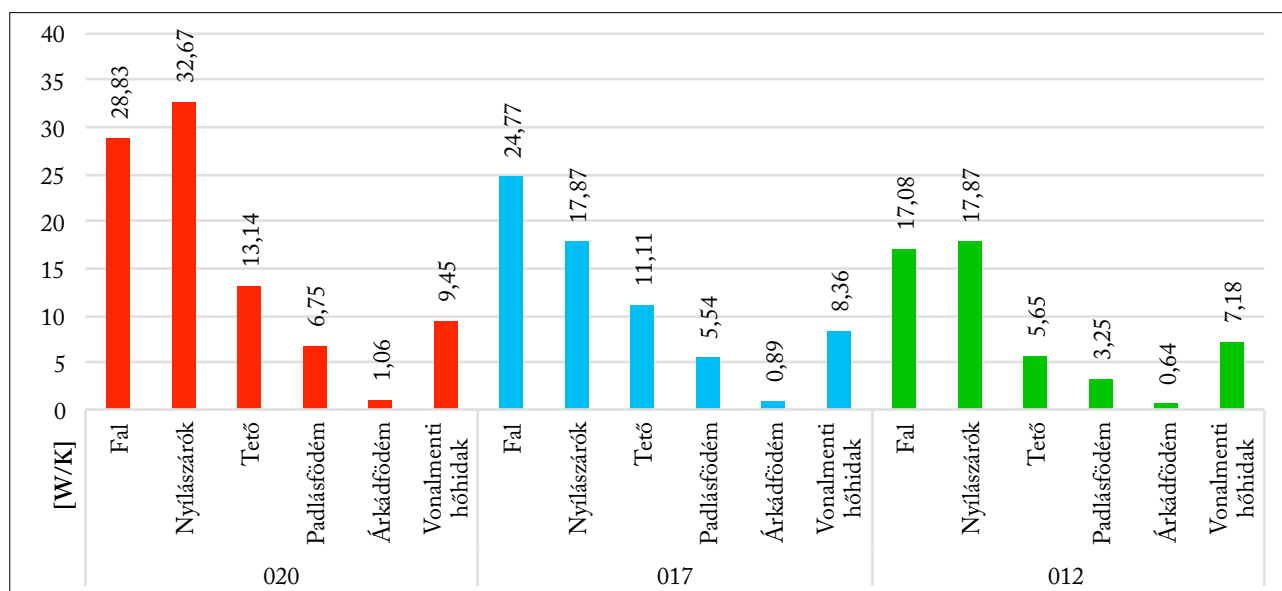
Az értékek azt is megmutatják, hogy a használati meleg víz előállításához napkollektoros rendszert üzemeltetve ugyanannak az épületnek az éves energiafelhasználása több mint 50%-kal csökkenthető. Ezt az értéket a telepített napkollektor minősége, hatásfoka javítani és rontani is képes.

Szembevetendő, hogy ahol hővisszanyerős szellőztetési rendszert alkalmazunk, ott a fűtési energiaigény 40–50%-kal is csökkenhet, miközben a szellőzés energiafelhasználása elhanyagolhatóan kicsi. Ebben az esetben a rendszer beszerzési és telepítési költségei egyszerűen magasabb kiadást követelnek meg, azonban a fenntartási költségek lényegesen alacsonyabbak lesznek.

Amennyiben a felhasznált tüzelőanyag, a tűzifa fűtőértékét 12 MJ/kg-mal, sűrűségét pedig 500 kg/m³-rel vesszük figyelembe, akkor közelítőleg meghatározhatjuk a felhasznált mennyiséget a hétköznapi életben könnyebben megfogható mértékegységekkel is (1 m³ tömör tűzifa ≈ 1 erdei méter). A 4. táblázatban a fűtés és használati meleg víz biztosításához szükséges éves tűzifa mennyiségeket mutatjuk be. Ugyanebben a táblázatban az épületgépészeti rendszerek üzemeléséhez szükséges villamosenergia-igény közelítő értékét is feltüntettük.

Összefoglalás

A vizsgálataink elsődleges célja volt, hogy olyan épületek kedvező energetikai tulajdonságait igyekezzünk megmutatni, melyekben a fa építőanyagként és fűtőanyagként egyaránt alkalmazásra kerül. A fa bordavázás épületek már a legegyszerűbb kivitelben is alacsony energiafogyasztásúak, amit további szigetelésekkel és azokhoz illeszkedő épületszerkezeti megoldásokkal számottevő arányban fokozhatunk.



3. ábra Az egyes épületszerkezetek W/K-ben kifejezett hővesztése a három épület esetén

Figure 3 Heat loss of the 3 examined structures in W/K

3. táblázat Az egyes épületek primer energiában kifejezett fogyasztási adatai a különböző épületgépészeti rendszerek esetén

Table 3 Energy consumption of the 9 examined system in primary energy

Épület megnevezése	Éves energiafelhasználás [kWh/m ²]				
	Fűtés	Melegvíz	Szellőztetés	Összesen	
0.20	G1	49,3	33,8	-	83,1
	G2	49,3	15,4	-	64,7
	G3	30,9	15,4	3,4	49,7
0.17	G1	42,1	33,8	-	75,9
	G2	42,1	15,4	-	57,5
	G3	23,7	15,4	3,4	42,5
0.12	G1	35,6	33,8	-	69,4
	G2	35,6	15,4	-	51,0
	G3	17,9	15,4	3,4	36,6

4. táblázat Az épületgépészeti rendszer működtetéséhez felhasznált éves tűzifa és villamosenergia-mennyiség

Table 4 Firewood and electrical energy consumption of the HVAC system (annual values)

Épület megnevezése	Tűzifa	Villamos energia	
	m ³	kWh	
0.20	G1	5,60	1137
	G2	4,21	1137
	G3	2,82	1561
0.17	G1	5,07	1137
	G2	3,67	1137
	G3	2,28	1561
0.12	G1	4,57	1137
	G2	3,18	1137
	G3	1,84	1561

A biomassza – és azon belül annak legelterjedtebb képviselője, a tűzifa – a mai napig az egyetlen olyan energiahordozó, amit az emberiség képes megújuló módon termelni és felhasználni. Ebből is következik, hogy a biomassza tüzelés önmagában is kedvező megítélést ad az épületeknek, hiszen a fatüzelésű rendszerek a földgázhoz képest mintegy 40%-kal kedvezőbb energetikai besorolásúak [2], de ezt egy teljes egészében megújuló energiát hasznosító napkollektoros rendszer, illetve a konvekciós hőveszteségeket minimalizáló hővisszanyerős szellőztetés alkalmazása tovább is javíthat, egészen a passzívházak követelményeit megközelítő értékig is.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott kutatás a Környezettudatos energia hatékony épület című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2002/91/EK IRÁNYELVE (2002. december 16.) az épületek energiateljesítményéről
7/2006 (V.24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról
Dávid V. K., Pakainé Kovács J. (2012) Új tendenciák az Európai Unióban a könnyűszerkezetes készházak területén, *Faipar* 60(4): 20–26
Bejő L., Szabó P., U. Nagy G., Kuzsner Á. (2013) Az energiatanúsításon túl: a környezetterhelés értékelése, különös tekintettel a faalapú építés esetén, *Faipar* 61(4): 26–31
7/2006 (V.24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról, (2016. január 1-től érvénybe lépő állapot, 6. melléklet)
Zöld A. (1985) Hővédelem, In: Fekete I. szerk. *Épületfizika kézikönyv*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 15–198. old.
Zöld A. (2000) *Épületenergetika*, Műegyetemi Kiadó, Budapest
Sembery P., Tóth L. szerk. (2004) *Hagyományos és megújuló energiák*, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
MSZ EN ISO 6946, *Épületszerkezetek és épületelemek. Hővezetési ellenállás és hőátbocsátás. Számítási módszer.*
MSZ EN ISO 10211, *Hőhidak az épületszerkezetekben. Hőáramok és felületi hőmérsékletek számítása.*
Hantos Z., Karácsonyi Zs. (2007) Fa bordavázás épület hőátbocsátási tényező számítása I., *Faipar* 55(1-2): 28–32
Hantos Z., Karácsonyi Zs. (2009) Fa bordavázás épület hőátbocsátási tényező számítása II., *Faipar*, 57(2): 5–10
Hantos Z., Karácsonyi Zs., (2014) *Lakóépület fűtési energiaigényének modellezése*, *Faipar* 62. évf., DOI: 10.14602/WoodScience-HUN_2014_21
Bajor E. (2014) *Épületgépész tanulmányterv a TÁMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 „Környezettudatos energia hatékony épület” pályázathoz*, Budapest

A nedvességtartalom szerepe a pellet mechanikai stabilitásának kialakulásában

KOCSIS Zoltán

Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Faipari Gépészeti Intézet

Kivonat

Napjainkban a faalapú por-forgács halmazok pelletálhatóságával összefüggő kutatások még meg lehetőségen hiányosak. A folyamatra jellemző jelenségek (mechanikai stabilitás, sűrűlódási viszonyok, rheológiai tulajdonságok, feszültség-deformációs összefüggések) még máig is számos kérdést vetnek fel a kutatóknak. Ennek oka a faanyag felépítésének bonyolult struktúrájában keresendő. A szakirodalmak szinte egységes állásponton vannak, miszerint a pellet mechanikai stabilitásában a fő szerepet a lignin, mint természetes kötőanyag illetve a vele kapcsolatos kötési erők játsszák, de emellett megemlítik az adhéziós erők jelentős hatását is, amik a nedvességtartalommal állnak szoros kapcsolatban. Jelen kutatás vizsgálat alá vonta a pellet mechanikai stabilitásával összefüggő kötési erők eredetét és a kísérletek azt bizonyították, hogy a préselés során a farészek felületére kivált víz jelenléte valóban meghatározó szerepet tölt be a kötési erők kialakításában.

Kulcsszavak: pellet-víz kapcsolat, mechanikai stabilitás, szorpciós izoterma, vízpotenciál, pF-görbe, tenzió

The influence of moisture content on the mechanical stability of wood pellets

Abstract

At present, research concerning pellet manufacturing is incomplete. The typical properties of pellets, like mechanical stability, friction conditions, rheological properties, relationships of stress and deformation still give rise to many questions for researchers today, because of the complexity of the structure of wood. According to the literature, the mechanical stability of pellets is related to the lignin and the adhesion forces. The present work examines the possible origins of the binding forces and experimental evidence shows that the presence of water on particle surfaces plays a definite role during the pressing procedure.

Keywords: pellet-water contact, mechanical stability, sorption isotherm, water potential, pF curve, tension

Bevezetés, a témával összefüggő szakirodalmi áttekintés

Az utóbbi időben – tekintettel a megújuló energiák fokozódó hasznosítására – egyre nagyobb szerepe van a faiparban keletkező por-forgács halmazok energetikai célú nemesítési folyamatainak. A nemesítés ilyen értelemben tömörítést jelent, amellyel a faalapú melléktermékek használati értékét növeljük. A tömörítési eljárások lényege, hogy a megfelelően aprított alapanyag nagy nyomáson történő préselése során egy nagyobb energiasűrűségű, természetes tüzelőanyagot kapjunk eredményül. Az így előállított pellet vagy brikett energetikai alapanyagul szolgálhat mind az ipari létesítmények részére, mind pedig a lakossági felhasználás területén. A faiparban keletkező por-forgács halmazok pelletálási folyamatainak megvan a sajátos technológiája, amelyhez a kapcsolódó paramétereket (szemcseméret, préselési nyomás, nedvességtartalom stb.) általában tapasztalati úton alakították ki. Éppen ezért az alapkutatások szerepe napjainkban felértékelődött. A jó minőségű pellet ($\rho=1050-1100$ kg/m³) előállításának döntő faktora a megfelelően aprított alapanyag, a nedvességtartalom és a préselési nyomás. Az apríték mérete a 0,2–1,5 mm szemcseméret-tartományban ideális (ez a frakciótartomány jellemző az utánaprítási technológiára is), az optimális alapanyag nedvességtartalom 10–15% között van, a pelletálási nyomás matricás préseknél pedig 100 MPa körülire tehető (Kocsis 2015, Fenyvesi és tsai. 2008, Dmitry és tsai. 2013, Escort 2009).

A préselési nyomást és a frakcióméretet technológiai állandónak tekinthetjük, azaz döntően a nedvességtartalom határozza meg a pellet mechanikai stabilitását.

A témával kapcsolatosan az alábbi főbb külföldi kutatásokat említhetjük meg:

Mani és tsai. (2006) vizsgálták az alapanyag nedvességtartalmának a hatását a fenyőpellet sűrűségével összefüggésben. Megállapították, hogy 100 MPa préselési nyomáson a legnagyobb pelletsűrűség akkor érhető el, amikor az alapanyag (fűrészpor) nedvességtartalma 12–15% között van.

Samuelsson és tsai. (2012) erdeifenyő-pelleteket vizsgáltak és beszámoltak arról, hogy a nedvességtartalom jelentős szerepet játszik a pellet mechanikai szilárdságának kialakításában. A mechanikai szilárdságot összefüggésbe hozták a pelletsűrűséggel. Arra a következtetésre jutottak, hogy az alapanyagból kivált nedvesség kenő hatást fejt ki a matrica falára, így csökken a matrica fala és az anyagalmaz között kialakult súrlódási erő, azaz adott préselési nyomáson nagyobb pelletsűrűségi értékeket kaptak. Azonban bizonyos nedvességtartalom felett észrevették, hogy csökkent a pelletsűrűség. Végül megállapították, hogy ha az alapanyag nedvességtartalma 11–13% között van, akkor optimális a pellet minősége.

Kaliyan és Morey (2009) megállapította, hogy az optimális alapanyag nedvességtartomány változhat a különféle alapanyagok és termelési paraméterek mellett.

Nielsen és tsai. (2010) arról számoltak be, hogy a pellet sűrűségét az alapanyag nedvességtartalmán kívül a faanyagban lévő extraktanyagok mennyisége is befolyásolja. Ha nagyobb a faanyag extraktanyag-tartalma, akkor kisebb pelletsűrűség érhető el.

Mani és tsai. (2003) konstatálták, hogy pelletáláskor a nedvesség hatására létrejövő adhéziós erők okozzák a szemcsék egymáshoz tapadását. Ezek az erők a nedvességtartalmon kívül a szemcsemérettől (felülettől) és a szemcsék közötti távolságtól is függenek. Ha kisebb a szemcseméret, akkor nagyobb a kötési felület és a szemcsék is közelebb kerülnek egymáshoz, ezáltal nő az adhéziós erő. Fordított esetben pedig ez az erő gyorsan csökken. Megállapításuk szerint az adhéziós erők a van der Waals (molekuláris erő) erőkből és a lignin által kialakított H-H kötésekéből származnak.

Sun (2011) arra a következtetésre jutott, hogy az alapanyag nedvességtartalmának növekedésével nő a kötési felület, ami szükséges a molekuláris erők és a H-H kötések kialakulásához. A nedvességtartalom hatását összefüggésbe hozta a monomolekuláris vízréteg (monoréteg) vastagságával. Lucfenyő alapanyagban mérte a különböző alapanyag nedvességtartalmi értékekhez tartozó pelletsűrűségeket, majd megállapította, hogy egy bizonyos alapanyag nedvességtartalmi értéktől kezdve a pelletsűrűség nőtt, majd elért egy maximumot és azután csökkent. Sun (2011) talált egy olyan kritikus nedvességtartalmi értéket, ami már meghaladta a monoréteg vastagságát és ennek eredményeképpen kisebb pelletsűrűségeket kapott. Végeredményben megállapította, hogy az alapanyag nedvességtartalma a 10–15% közötti tartományban az optimális. A 10% alapanyag nedvességtartalom alatt és 15% felett 100 MPa préselési nyomáson csökkent a pellet sűrűsége és a szilárdsága. Kísérletileg megállapította azt is – Kaliyan és Morey (2009) eredményeire építve –, hogy a maximális pelletsűrűség nem mindig ugyanahhoz az alapanyag-nedvességtartalomhoz tartozik, a hőmérséklet és a nyomás is befolyásolja.

A fent leírtak alapján a kutatók megállapították, hogy egy bizonyos alapanyag-nedvességtartalom felett és alatt nem áll össze a pellet. Meghatározták, hogy a gyakorlatban alkalmazott pelletálási nyomáson (100 MPa) 15% alapanyag-nedvességtartalom fölé nem ajánlott menni, az optimális nedvességtartomány 10–15% között van. Préseléskor a szemcsék közötti fő kötési erők a lignin által alkotott másodlagos H-H kötésekéből, valamint a van der Waals erőkből tevődnek össze. Az utóbbiak viszont a nedvességtartalommal állnak szoros kapcsolatban. Egységesen arra a megállapításra jutottak, hogy e témakör további kutatásokat igényel. Jelen kutatás éppen ezért célul tűzte ki a nedvesség befolyásoló hatásának további vizsgálatát a pellet mechanikai stabilitásával összefüggésben.

A fa-víz kapcsolat általános áttekintése

A faanyag egy széles mérettartományt átfogó üregrendszerrel rendelkezik, amelyek alapján megkülönböztetünk:

- makrokapillárisokat: kapilláris sugár $r > 10^{-6} - 10^{-5} \text{ m}$ (szabad víz tartomány),
- mezokapillárisokat: kapilláris sugár $r = 10^{-7} - 10^{-6} \text{ m}$ és
- mikrokapillárisokat: kapilláris sugár $r < 10^{-10} - 10^{-7} \text{ m}$ (kötött víz tartomány).

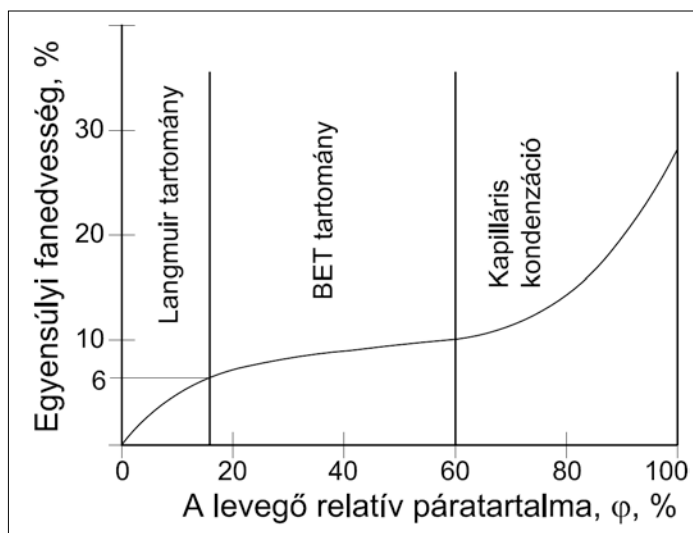
A víz számára hozzáférhető üregek a sejtfaiban találhatóak, a cellulóz fonalmolekulák közötti ún. intermicelláris térben. Ezek az üregek 10^{-9} m nagyságrendűek. A cellulózmolekulán belül minden glükóz-molekulához egy elsődleges és két másodlagos hidroxil (OH) csoport kapcsolódik. Az OH csoport a kristályos cellulóz részekenél a molekulák közötti kötést biztosítja, a nem kristályos részeken viszont vízmolekulákat köt meg. A fában lévő cellulóz mintegy 70%-a kristályos (micella) formában van jelen. Itt a cellulózmolekulák között H-H kötések vannak, ezért a kristályos részek a víz számára átjárhatatlanok. Az egymás melletti rétegben elhelyezkedő cellulózmolekula-láncok a másik két fő alkotóelemben vannak ágyazva, vagyis a hemicellulózba és a ligninbe. A lignin a sejtfa mechanikai ellenálló képességét növeli, és alapvetően ez határozza meg a sejtfa mechanikai tulajdonságait (Molnár 1999). A higroszkóposág szempontjából alapvető szerepe van a cellulóz szerkezetének, az intermicelláris és interfibrilláris üregeknek. Ezen üregekben lévő víz mennyisége meghatározza a micellák, mikrofibrillák egymástól való távolságát, vagyis a faanyag zsugorodását és dagadását. Ezek a jelenségek a sejtfaiban lévő kötött víz mennyiségével állnak összefüggésben. A faanyagokban a kötött víz kb. 30% alatti nedvességtartalomnak felel meg. A kötött víz mennyiségét a mikrofibrilla mátrixában a szorpciós helyek száma szabja meg. Amikor minden szorpciós hely telített (sejtfa mikroüregei telítődnek vízzel) rosttelítettségi állapotról beszélünk.

A fa-víz kapcsolat tárgyalásánál fontos megemlíteni a szorpciós izotermát. A különböző faanyagok szorpciós izotermái kissé eltérnek egymástól, de mivel ez az eltérés olyan csekély, ezért jó közelítéssel a faanyagok szorpciós izotermája egy görbén ábrázolható (Eisenmann 1949; Vorreiter 1949; Keylwerth 1964; Peralta 1995). A szorpciós izoterma elvi sémája Németh (1995) alapján az 1. ábrán látható.

A görbe első része az ún. kemiszorpció, ahol a fa vízmolekulákat köt meg a szabad OH gyökein keresztül és kialakul egy monomolekuláris réteg. Ez a réteg rendkívül erősen kötődik a fatesthez, ezért egyes feltételezések szerint a H-H kötések és a van der Waals-erők (molekuláris erők) mellett kovalens kötések is kialakulnak. Az első vízmolekula-csoportok mindig az elemi rostok amorf szakaszaihoz kötődnek. Bariska (1988) szerint a monomolekuláris réteg ~6% nettó nedvességtartalomnak felel meg. Meredek emelkedés figyelhető meg az izotermán $\phi=70\%$ -os relatív páratartalomtól. Ez a jelenség a kapilláris kondenzációval magyarázható, melynek jelentősége van a kötött víz felvétele szempontjából.

Belső nedvességáramlás

A fa kolloid, kapillárporózus anyag, amelyben a nedvesség folyékony vagy gőz fázisban vándorol. A belső nedvességáramlás mindig valamilyen potenciálkülönbség (hajtóerő) hatására jön létre. A faanyag a vizet molekuláris adszorpció és kapilláris adszorpció útján tárolja. Ha a faanyag teljesen száraz, akkor először a molekuláris adszorpció útján köti meg a fa a vizet és csak bizonyos nedvesség felett lép be a kapilláris adszorpció. A molekuláris adszorpció jellemzője, hogy a vízmolekulák a sejtfa közvetlen közelébe (10^{-9} m-es távolságra) kerülnek és a vonzóerő következtében a mikrofibrillák felületi molekuláihoz (azon belül is az amorf részek OH gyökeihez) tapadnak. A vonzóerő az első molekularétegben a legnagyobb és az 5–6. réteg után drasztikusan csökken (Pizzi és tsai. 1987). A molekuláris erőtér hatására a vízmolekulák nyomás alatt vannak a szívóhatásnak megfelelő mértékben. A víz felvétele következtében az anyag térfogata növekszik (megduzzad), kialakulnak a 10^{-9} m nagyságú pórusok. A kapilláris adszorpció esetében a kialakuló kapilláris méretű pórusokban meniszkusz alakul ki, majd ezek a kapilláris méretű üregek tartják a vizet a felületi feszültség adta kapilláris erők segítségével.



1. ábra A szorpciós izoterma elvi sémája

Figure 1 The theory of the sorption isotherm

¹ Tájékoztató adatok: egy vízmolekula átlagos mérete 0,1 nm (korábbi megfelelője az 1 ångström).

² Kötési energiák közelítő értékei: kovalens kötések: ~474 kJ/mol, H-H kötések: ~20 kJ/mol).

A testben lévő üreg addig nevezhető kapillárisnak, míg abban a folyadék felszínét elsősorban a felületi feszültség határozza meg és a gravitációs erő elhanyagolható. Ez a határ kb. 10^{-3} – 10^{-7} m kapilláris sugárnál van (Sitkei 1994). A levegőből a kapillárisba bejutó pára a felületeken a molekuláris erők hatására abszorbeálódik és először egy-, majd többrétegű molekuláris filmet alkot. A víz ebből a rétegből hatol be a mikrokapillárisokba, amelyek sugara kisebb a folyadékfilm rétegvastagságánál. A mozgatóerő a kapilláris potenciál (ψ_k), amely meghaladhatja a 100 MPa nyomást is. Ha a kapilláris sugara nagyobb a többrétegű molekuláris vízréteg vastagságánál, ezek az erők drasztikusan csökkennek és létrejön a rosttelítettség, vagyis az az állapot, amikor a sejtfalak teljesen telítettek kötött vízzel, de az üregekben szabad víz nem található (Tiemann 1906).

A rosttelítettség alatti tartományban a diffúziós jelenségek játsszák a főszerepet. A diffúciónak két fő típusa van:

- a gőz diffúziója a sejtüregben (lumen),
- a kötött víz diffúziója a sejtfalakon belül.

A kötött víz belső mozgása folyékony fázisban és izotermikus viszonyok között a sejtfalakon, mint mikrokapillárisokon keresztül megy végbe. Mozgatóerő a kapilláris feszültség-gradiense. A nedvesség pára formájában diffúziós erők hatására mozog a nagyobb kapillárisokban. Itt a hajtóerő a koncentráció különbség (Sitkei 1994).

Elméleti megfontolások, potenciálmélet

A sejtfalban lévő kapillárisokban a vizet a felületi feszültség adta kapilláris erők tartják. Nedvesítő folyadékok esetén a kapillárisban lévő folyadékfelszín homorú (2. ábra), a felület sugara (r_i) nagyobb vagy egyenlő a kapilláris sugarával (r) (Sitkei 1994).

A meniszkusz két oldalán kialakuló nyomáskülönbség felírható az alábbi módon:

$$P_g - P_s = \Delta P = \frac{2\sigma}{r_i} = \frac{2\sigma \cos \theta}{r} \quad (\text{Pa}) \quad [1]$$

ahol:

P_g – a kapillárisban lévő vízgőz nyomása, (N/m^2),

P_s – a meniszkusz felett lévő telített levegő vízgőz nyomása, (N/m^2),

σ – a víz felületi feszültsége ($0,072 \text{ N/m}$),

r_i – a folyadékfelszín sugara, (m),

r – a kapilláris sugara, (m),

θ – a nedvesítés szöge, ($^\circ$).

Érdekes megjegyezni, hogy a fában lévő szerves anyagok csökkentik a víz felületi feszültségét hozzávetőleg $0,05 \text{ N/m}$ értékre (Csanády és tsai. 2015). A kapillárisnyomás hatására a folyadék a kapillárisban felemelkedik és a kapilláris erő egyensúlyt tart a folyadékoszlop súlyával, amely alapján a kapillárisemelés (h) kifejezhető:

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{r\gamma_v} \quad (\text{m}) \quad [2]$$

ahol:

γ_v – a víz fajsúlya, (N/m^3).

Az (1; 2) egyenletekből következik, hogy a kapilláris emelés és a vele összefüggő kapilláris nyomás a sugárral fordítottan arányos. A meniszkusz két oldalán lévő relatív gőznyomás értéke a Thompson-formula alapján számítható (Sitkei 1994):

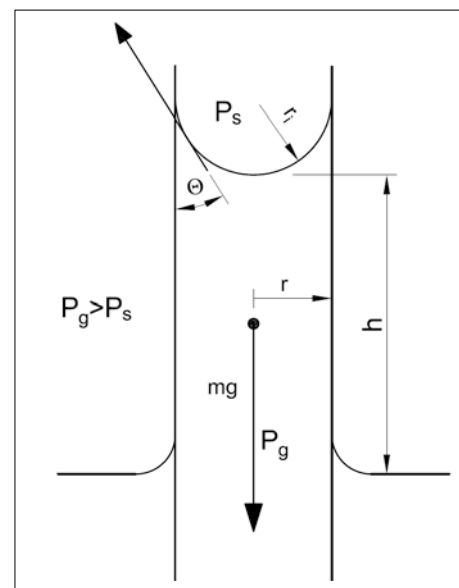
$$\phi = \frac{P_g}{P_s} = \exp\left(-\frac{2\sigma\rho_g}{P_s\rho_v r}\right) \quad [3]$$

ahol:

ϕ – a relatív gőznyomás (vagy másképpen a relatív páratartalom),

ρ_g – a vízgőz sűrűsége a kapillárisban, (kg/m^3),

ρ_v – a víz sűrűsége a kapillárisban, (kg/m^3).



2. ábra A kapillárisemelés elvi sémája

Figure 2 The theory of capillary rise

Ez az összefüggés olyan kapillárisokra vonatkozik, amelyekben a kapilláris potenciál sokkal nagyobb a gravitációs erőter potenciáljánál, vagyis a mikrokapillárisokra. A sejt falban lévő mikrokapillárisok vízfelvétele addig tart, amíg $P_s > P_g$. A (3) egyenlet alapján a rosttelítettségi állapot akkor következik be, amikor a kapillárisban lévő vízgőznyomás megegyezik a folyadékfelszín felett lévő telített levegő vízgőz nyomásával ($P_g = P_s$), ekkor $\phi = 1$.

A kapilláris potenciál, vagy másképpen a kapilláris nyomás:

$$\psi_k = \frac{2\sigma \cos \Theta}{r} \quad (\text{Pa}) \quad [4]$$

Nedvesítő folyadékok esetén a ψ_k értéke mindig negatív. A fa víztartó (vízmegkötő) képessége tehát negatív kapilláris nyomással ún. tenzióval jellemezhető. A nedvesség változásakor a fa dagad, illetve zsugorodik, ezzel a pórusok is változnak. A mikrokapilláris sugár (r) és a kapilláris potenciál (ψ_k) változását Sitkei (1994) alapján a relatív páratartalom (ϕ) függvényében az 1. táblázatban láthatjuk.

Növekvő mikrokapilláris sugár esetében gyorsan csökken a kapilláris potenciál (1. táblázat). Ha a sejt falban lévő összes mikrokapilláris sugara nagyobb, mint 10^{-7} m, akkor rosttelítettségi állapotról beszélünk. A mikrokapillárisokban a leggyakoribb kapilláris sugár-méret Stamm (1946) munkája alapján a $0,5-1,0 \cdot 10^{-9}$ m közötti tartományban van. Ekkor $\phi \sim 20\%$; $X \sim 5\%$ és $\psi_k \sim -215$ MPa. A rosttelítettség alatti tartományban ($\phi = 0,05-0,99$) a kapilláris potenciál 400 MPa és 14 MPa között változik. A fa dagadását a sejt falak közé az ilyen rendkívüli nyomáson bekerülő víz okozza.

1. táblázat Az r és ψ_k változása a relatív páratartalom függvényében

Table 1 Changes of r and ψ_k change as a function of the relativ humidity

ϕ	0,05	0,1	0,2	0,5	0,7	0,85	0,9	0,95	0,98	0,99
r ($\times 10^{-9}$ m)	0,36	0,46	0,67	1,8	3,73	10,2	21,9	46,3	106,6	107,7
ψ_k (MPa)	-400	-307	-215	-92,5	-47,6	-21,7	-14	-6,8	-2,7	-1,4

A kapilláris potenciál kifejezhető másképpen is az ún. vízpotenciállal a következő elméleti megfontolások alapján: A levegőben mindig van vízpára, amely a fa anyaggal kölcsönhatásba lép. A levegő is negatív vízpotenciállal (tenzióval) köti meg a vizet és ez a potenciál a levegő relatív páratartalmából meghatározható a Thompson-formulához hasonlóan:

$$\ln \phi = -\frac{2\sigma \cdot m_v}{rRT} = \psi_c \frac{m_v}{R'T} \Rightarrow \psi_c = \frac{R'T}{m_v} \ln \phi \quad (\text{MPa}) \quad [5]$$

ahol:

ψ_c – a levegő és a fa vízpotenciálja, (MPa),

T – a hőmérséklet, ($^{\circ}\text{K}$),

ϕ – a relatív páratartalom,

m_v – a víz moltérfogata ($18 \text{ cm}^3/\text{mol}$),

R – az univerzális gázállandó ($8,314 \text{ J/mol} \cdot ^{\circ}\text{K}$),

R' – az univerzális gázállandó más mértékegységben kifejezve ($8,2 \text{ MPa} \cdot \text{cm}^3/\text{mol} \cdot ^{\circ}\text{K}$).

A fában lévő póruseloszlás ismeretében megszerkeszthető az egyensúlyi nedvesség (X) változása a kapilláris sugarának illetve a vízpotenciálnak a függvényében. Példaképpen Csanády és tsai. (2015) munkája alapján fenyőre jellemzően az összefüggés a 3. ábra alapján kerül bemutatásra. Az ábra jól illusztrálja a fentiekben elhangzottakat.

Az anyagok víztartalma megadható az eltávolításához szükséges szívóerő mértékével is. Schofield (1935) nyomán talajok, mezőgazdasági anyagok esetében a nedvességtartalom jellemzésére az ún. pF-görbéket használják, amiken a nedvesség eltávolításához szükséges vízoszlop cm-ben kifejezett szívóerő tízes alapú logaritmusát értjük. Példaképpen, ha pF = 3, ez 103 cm vízoszlop szívóerejének felel meg, ami átszámítva $-0,1$ MPa tenziót jelent³.

³ A negatív előjelű tenzió vagy másképpen vízpotenciál értékeket fizikailag abszolút értékben kell értelmezni, hiszen a pF-szám emelkedésével növekszik a definíció szerinti vízoszlop magassága és általa a nyomása is. A negatív előjel csupán egy relatív nézőpont. A mikrokapillárisban lévő meniszkusz másik oldalán a szívóerőnek megfelelő nagyságú nyomóerő (kapilláris nyomás) ébred. Ennek értelmében a szívóerő és a nyomóerő egymással ekvivalens mennyiségek.

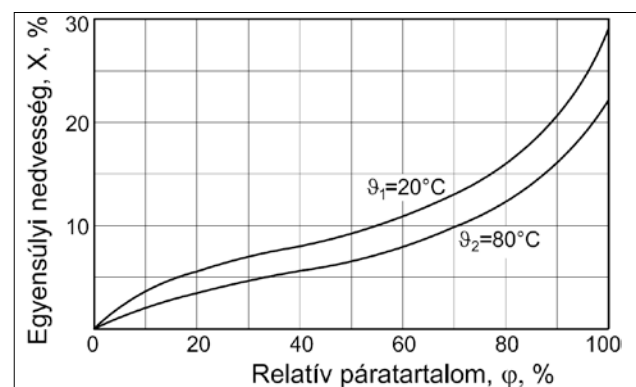
Anyagok és módszerek

A vizsgálatok zárt térben, lucfenyő (*Picea abies*) és akác (*Robinia pseudoacacia*) por-forgács mintákon történtek. A vizsgálati frakciótartomány 0,2–1,5 mm között volt vegyesen, jellemzően az utánaprítási technológiára. A préselési nyomás az 5. ábrán látható mérési pontokhoz tartozó nyomásértékeknek (vízpotenciál értékek) megfelelően 30–300 MPa közötti nyomástartományban változott. A por-forgács halmazok beállított nedvességtartalmi értékei fenyőnél és akácnál egyaránt: 5%, 7%, 10%, 12%, 13%, 14%, 15%. A beállított préselési sebesség egységesen 10 mm/perc volt. A mérések INSTRON univerzális szilárdságvizsgáló gépen történtek egy erre a célra kialakított 6 mm-es nyomófej és hőmérséklet szabályozó mérőberendezés segítségével. A méréshez felhasznált eszközök részletesebb tárgyalása Kocsis és Csanády (2014) munkájában megtalálható. A mérések kivitelezése az alábbiak szerint történt: Az adott nedvességtartalmú és fafajú valamint vegyes frakciójú por-forgács minta behelyezésre került a fentiekben megjelölt irodalomban található nyomócsőbe, majd 100 MPa kezdeti nyomáson tömörítve lett. A nyomócsőből történő kitolást követően a tömörített halmaz vagy egyben maradt vagy szétesett. Az egyben maradás feltétele az volt, hogy a pellet a saját súlyát képes legyen elbírní. Ha a pellet szétesett, akkor 5 MPa megnövelt nyomással újbóli tömörítés történt. Ha a megnövelt nyomásnál a pellet már összeállt, akkor ez a nyomásérték 1 MPa nyomásonként mindaddig csökkentve lett, amíg a pellet még éppen egyben maradt. A minimális nyomásértékek tehát 1 MPa pontossággal kerültek meghatározásra. A mérés hibája ennek megfelelően a 300 MPa nyomáshoz viszonyítva 0,3%-ra, a 30 MPa nyomáshoz képest pedig 3%-ra adódott. Az adott mérési paraméterekhez tartozó mérések háromszor lettek megismételve, majd ezek átlagai adták az 5. ábrán látható mérési pontok értékeit. A három ismételt mérésből adódó nyomásértékek közötti szórás $\pm 5\%$ -on belüli volt a két fafajnál. A kapott nyomásértékek – mivel ekvivalens mennyiségek a vízpotenciállal –, így az 5. ábrán közvetlenül ábrázolhatóak.

Pelletálás során a befektetett préselési energia egy része a matrica falán kialakult jelentős súrlódás miatt hő formájában távozik. Ekkor a hőmérséklet hozzávetőleg $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül van (Gilbert és tsai. 2009, Kocsis 2015). A vizsgálatok éppen ezért a pelletálásra jellemző $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten történtek. Csanády és tsai. (2015) alapján a fa szorpciós izotermáját a rosttelítettségi határig a két vizsgálati hőmérsékleten a 4. ábrán láthatjuk. Megfigyelhető, hogy a hőmérséklet növekedésével a szorpciós izoterma lefelé tolódik, azaz a faanyag egyensúlyi nedvességtartalma csökken azonos relatív páratartalom mellett.

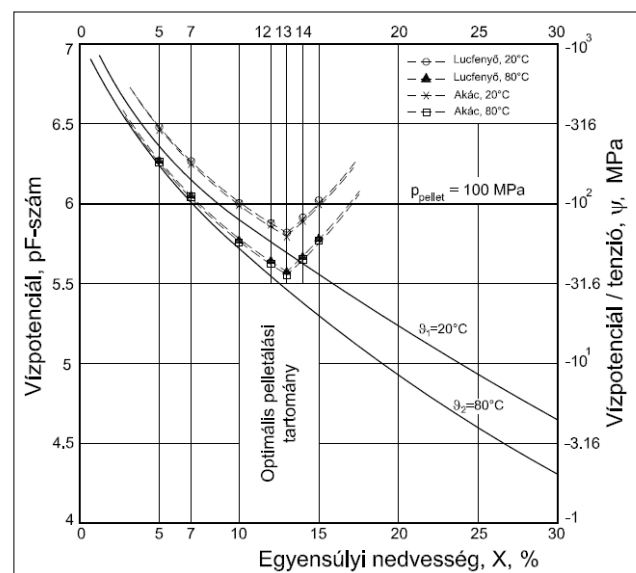
Eredmények és értékelés

Felhasználva az [5] egyenletet, megszerkesztésre került – a 4. ábrán látható szorpciós izoterma alapján – a fa pF-görbéje a rosttelítettségi határig. A kapott mérési eredmények grafikus ábrázolása és egyben a fa pF-görbéje az 5. ábrán látható. Az 5. ábrán látható pF-görbék megfelelnek a szorpciós izotermának és ahhoz hasonlóan hiszterézis jellemzi őket. Megfigyelhető, hogy minél negatívabb a vízpotenciál, annál kisebb a maximálisan elérhető egyensúlyi nedvességtartalom.



4. ábra A faanyag egyensúlyi nedvességtartalma a két vizsgálati hőmérsékleten

Figure 4 The equilibrium moisture content of wood at two different temperatures



5. ábra A kapott eredmények grafikus ábrázolása (szaggatott vonal) és a fa pF-görbéje (folytonos vonal) $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten

Figure 5 The measurement results (dotted line) and the pF curve of wood (solid line) at two different temperatures

A kapott eredmények érdekessége hogy a mérési pontok szisztematikusan az egyensúlyi tenziógörbék felett helyezkedtek el (5. ábra), ami azt jelenti, hogy a szükséges préselési nyomás mindig nagyobb az adott nedvességtartalomhoz tartozó víztenzió értékénél. Ebből az következik, hogy az egyensúlyi nyomásnál negatívabb (nagyobb) nyomáson biztosan kiválik a víz a fa felületére, amely hozzájárul az érintkező fafelületek között fellépő kötési erők kialakításához. A farészek felületén ily módon kivált víz folyadékfilmet alkot. A kialakult folyadékfilm a molekuláris erők hatására az érintkező fafelületek pórusai között potenciálkülönbséget hoz létre. Ez a potenciálkülönbség szívóerőt (vákuumot) produkál, amely következtében a farészek feltételezhetően a kialakult adhéziós erők hatására összetapadnak. A szívóerő nagysága a nedvességtartalom függvényében változik, ezáltal erősen összefügg a fa víztartó képességét meghatározó tenzió értékével. A nedvesség növekedésekor a fa víztenziója csökken, vagyis a víz a felületen kisebb nyomáson válik ki, feltételezhetően csökkentve ezáltal az adhéziós erők nagyságát.

Pizzi és tsai. (1987) megállapították, hogy a szívóhatás értéke a 6. vízmolekula-réteg után drasztikusan csökken. Ez a jelenség analóg módon megfigyelhető a talajoknál is, ahol a vízréteg vastagsága 5–6 molekularétegnél kisebb, akkor a víz erősen kötődik a talaj pórusaihoz és emiatt a növény nem tud felvenni vizet, ez az ún. hervadáspontra jellemezhető (Sitkei 1997). A szívóhatás csökkenésének kezdete megfigyelhető az 5. ábrán a 13%-os nedvességtartalmi értéktől kezdődően. Ettől fogva a pellet már csak egyre növekvő nyomásokon állt ismét össze (a molekuláris erők csökkenése miatt a felületek feltételezhetően megcsúsztak egymáson). A hőmérséklet növekedésével a faanyagban termikus bomlási folyamatok is megindulnak. Ezek a bomlási folyamatok 50–60 °C fölött már elkezdődnek. Ennek fő oka a hemicellulóz és a lignin lágyulása. A hemicellulóz 50 °C, a lignin 90 °C felett kezd el lágyulni. A hőmérséklet növekedésével a faanyag termoplasztikus képessége nagymértékben javult, ezáltal a pellet a 20 °C-hoz viszonyítva kisebb nyomáson állt össze. Érdekes megjegyezni, hogy a minimális préselési nyomás mind a két hőmérsékleten azonos nedvességtartalomhoz tartozik.

Következtetések és összefoglalás

A kapott eredmények alapján a következő megállapítások tehetők:

- Kísérletileg és bizonyos elméleti megfontolások alapján megállapítható, hogy a lignin mellett a nedvességtartalomnak is jelentős szerepe van a pellet mechanikai stabilitásának kialakításában, hiszen pelletálási nyomáson jellemzően a nedvességtartalom hozza létre a farészecskéket összetartó adhéziós erőket.
- A fa pF-görbéje a rosttelítettség alatti tartományban exponenciális jellegű, így a 0% nedvességtartalomhoz aszimptotikusan közelít, vagyis a por-forgács abszolút száraz állapotban elméletileg csak végtelen nyomáson áll össze.
- A gyakorlatnak megfelelően az optimális alapanyag nedvességtartalom 10–15% között van. A 15–20% közötti nedvességtartományban csökken a pellet mechanikai stabilitása, 20% körüli nedvességtartalomnál pedig a pellet már nem áll össze 100 MPa nyomáson.
- A pelletsűrűség összefüggésbe hozható a relatív pelletálási nyomással ($\Delta p/p$), ahol Δp a préselési nyomás ($p_{\text{pellet}} = 100 \text{ MPa}$) és a minimális nyomás (p_{min} , amin összeáll a pellet) különbsége. Minél nagyobb a relatív pelletálási nyomás, annál nagyobb pelletsűrűség adódik. Az 5. ábra alapján a legnagyobb pelletsűrűséget a két hőmérsékleti értéken lucfenyő és akác mintánál a 12–13%-os alapanyag nedvességtartalom mellett kapjuk.

A kutatási munka célja a pellet mechanikai stabilitásának kialakítását befolyásoló tényezők felkutatása volt. Megállapítható, hogy a préselés során a fafelületek között kivált víz által kialakított adhéziós erők jelentősen hozzájárulnak a pellet mechanikai stabilitásához. A szerző hangsúlyozza, hogy a téma további, mélyrehatóbb kutatása szükséges a jelenség egzaktabb tárgyalásához.

Megállapíthatjuk, hogy a fa egy igen bonyolult felépítésű biomechanikai rendszer, amely minden részletében még pontosan nem ismert. Ebből következik, hogy a fizikai-mechanikai tulajdonságok az anyagszerkezet jellemzőinek függvényében ma még nem adhatók meg elegendő pontossággal. Az összefüggések kidolgozása elkezdődött, és az ismeretek szisztematikus feldolgozása végül oda fog vezetni, hogy a fizikai-mechanikai tulajdonságok a fa finomszerkezeti jellemzőinek segítségével megadhatók lesznek.

Irodalomjegyzék

- Bariska M. (1988) A szorpció hiszterézise és okai, előadás a Nyugat-magyarországi Egyetemen, Sopron
- Csanády E., Magoss E., Tolvaj L. (2015) Quality of Machined Wood Surfaces. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015 pp.13-32. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-22419-0>

- Dmitry T., Chander S., Mathew L. (2013) Effect of Additives on Wood Pellet Physical and Thermal Characteristics: A Review. Hindawi Publishing Corporation. ISRN Forestry. Volume 2013, Article ID 876939, 6 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/876939>
- Eisenmann E. (1949) Moderne Holztrocknung und ihre Arbeitsgrundlage, Holz -Zentralblatt 75(75): 945.
- Escort G. (2009) Wood pellets – a cleaner kind of fuel. NZ Journal of Forestry Volume 53(4):18-19.
- Fenyvesi L., Ferencz Á., Tóvári P. (2008) A tűzipellet. Cser Kiadó, Budapest, pp.9-43.
- Gilbert P., Ryu C., Sharifi V., Swithenbank J. (2009) Effect of process parameters on pelletisation of herbaceous crops, Fuel 88:1491–1497. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2009.03.015>
- Kaliyan N., Morey R. V. (2009) Factors affecting strength and durability of densified biomass products. Biomass Bioenergy 33:337–59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.08.005>
- Keylwerth R. (1964) Untersuchungen über die freie und behinderte Quellung 4. Untersuchungen über den Quellungsverlauf und die Feuchtigkeitsabhängigkeit der Rohdichte von Hölzern. HRW 22:255–258.
- Kocsis Z. (2015) A fa szemcsés halmazok tömörítésének rheológiája és energetikája a pelletálási tartományban, Doktori értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem. pp. 32-70. <http://dx.doi.org/10.13147/NYME.2015.002>
- Kocsis Z., Csanády E. (2014) A nem-lineáris rheológia alkalmazása a faalapú anyagok pelletálásával, tömörítésével összefüggésben I. kísérleti rész. Faipar 62:(2) pp.8-17. http://dx.doi.org/10.14602/WoodScience-HUN_2014_1.
- Mani S., Tabil L. G., Sokhansanj S. (2003) An overview of compaction of biomassgrinds. Powder Handling Process 15:160–168.
- Mani S., Tabil L. G., Sokhansanj S. (2006) Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses, Biomass Bioenerg. 30:648–654. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.01.004>
- Molnár S. (1999) Faanyagismeret. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. pp.188-209.
- Németh R. (1995) A fa-víz kapcsolatok a kutatás középpontjában. Faipar, 1995/9, pp.148-149.
- Nielsen N. P. K., Gardner D. J. G., Felby C. (2010) Effect of extractives and storage on the pelletizing process of sawdust. Fuel, 89(1), 94-98. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2009.06.025>
- Peralta P. N. (1995) Sorption of moisture by wood within a limited range of relative humidities. Wood and Fiber Science (27) 1:13-21.
- Pizzi A., Bariska M., Eaton N. J. (1987) Theoretical water sorption energies by conformation analysis. Part 2. Amorphous Cellulose and the sorption isotherm. Wood Sci. Technol. 21:317-327.
- Samuelsson R., Larsson S., Thyrel M. & Lestander T. A. (2012) Moisture content and storage time influence the binding mechanisms in biofuel wood pellets. Applied energy 99:109-115. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.05.004>
- Schofield R. K. (1935) The pF of the water in soil. In: Transactions, 3rd Internat. Congr. Soil Science 2:34-48.
- Sitkei G. (1994) A faipari műveletek elmélete. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, pp.105-140.
- Sitkei G. (1997) Gyakorlati áramlástan. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, pp.450-484.
- Stamm A. (1946) Passage of liquids, vapours and dissolved materials through softwoods. USDA Bull. 929.
- Sun C. C. (2011) Decoding powder tabletability: roles of particle adhesion and plasticity. Journal of Adhesion Science and Technology 25:483–499. <http://dx.doi.org/10.1163/016942410X525678>
- Tiemann H. D. (1906) Effect of moisture upon the strength and stiffness of wood. US Dep Agric For Serv Bull 70, 144 pp.
- Vorreiter L. (1949–1962) Holztechnologisches Handbuch. I-III. G. Fromme Verlag, Wien.

FATE kitüntetések 2014-ben



Pakainé dr. Kováts Judit

*Faipar fejlesztéséért
emlékérem*

1968-ban született Kőszegen, ahol általános iskolai és gimnáziumi tanulmányait folytatta. 1992-ben végezte el az EFE Faipari Mérnöki Karán az okleveles faipari mérnöki szakot. Az ezt követő években a KKF nemzetközi marketing szakát és a Soproni Egyetem gazdasági szakmérnöki posztgraduális képzést végezte el – mindkettőt kitűnő eredménnyel. 1993–1996 között az MTA nappali aspiránsa volt, 1997-ben védte kandidátusi disszertációját, melynek témája: „Vásárlói magatartás a bútortipari szakágazatban”.

Kutatási tématerülete: fogyasztói magatartás-kutatások a fa- és bútortiparon, továbbá a klaszterizációs folyamatok, klasztermenedzsment hatékonyságának, a klasztertagok klaszterszolgáltatásokkal való elégedettség-vizsgálata. Kutatási céljai között szerepel a bizalom hatásának vizsgálata az együttműködések makro-regionális rendszerére nemzetközi és hazai példák tükrében.



Prof. Dr. Csanády Etele

Lugosi Armand-díj

Munkái között megtalálható a fa, és fából készült termékek népszerűsítését célzó kampányok tervezése, előkészítő kutatása és megvalósítása. Emellett számos k+f projektben dolgozott résztvevőként, vezetőként. Két alkalommal vezette a hazai bútortipicott érintő átfogó kutatásokat, melyek célja a magyarországi bútortipicott szokások kvantitatív mérése volt.

A 2012-ben átadott Lignum NymE Látogatóközpont megálmodója, a Faipari Mérnöki Kar részéről felelőse volt a tervezés és kivitelezés idején. A létesítményt a mai napig segíti munkájával.

1992-től dolgozik az egyetemen, jelenleg a Simonyi Kar Informatikai és Gazdasági Intézetének tanszékvezető docense. Tagja az NymE Szenátusának és a Simonyi Kar Kari Tanácsának. Doktori témavezetése mellett öt aspiráns sikeres PhD védést abszolvált az utóbbi években. Jelenleg három doktorandusz munkáját segíti vezetőként. A Faipari Tudomány Alapítvány elnöke, a FAEKA Kuratóriumának tagja.

Tizenkét alkalommal volt főszervezője a Faipari Marketing Konferenciának, nagy szerepet játszott a Pannon Design Vásár- és Szakkiállítás és az innoLignum Vásár és Szakkiállítás rendezvények soproni sikereiben a 2008–2013 közötti időszakban.

Kitüntetései: a Soproni Egyetem Kiváló Dolgozója (2000), a Magyar Marketing Szövetség kitüntetése (2000) és a FATE díja a Faipar Fejlesztéséért (2014).

1979-ben az Erdészeti és Faipari Egyetem Faipari Mérnöki Karán faipari mérnöki oklevelet szerzett. 1990-ben egyetemi doktori címet, majd 1994-ben a műszaki tudomány kandidátusa fokozatot szerezte meg. 2006-ban habilitált, 2010-től egyetemi tanár.

A diploma megszerzése után a Győr-Sopron-Ebenfurti Vasút Kereskedelmi Osztályának Külkereskedelmi és Vámraktározási részlegénél dolgozott, mint vámszabadterület-vezető. Első nagy mérnöki munkájaként két logisztikai bázis

felépítését, technológiai működését kellett megterveznie team-munkában és irányítania. 1983-tól az Erdészeti és Faipari Egyetem Faipari Géptani Tanszékén tudományos segédmunkatárs lett. A Faipari Géptani Tanszék ipari megbízásos munkáiban folyamatosan részt vett, ahol résztervezési, mérés-technikai és kísérletvégzési feladatok hárultak rá. Számos TDK, diplomatervezési és doktorandusz témavezetői feladatát látta el. 1989-től mind mélyebb ismeretanyagot szerzett a CAD-CAM-CNC technika témakörben és meg-

szervezte e tárgyterület egyetemi oktatását. Az oktatás mellett a témában jelentős kutatási tevékenységet is folytatott. 1996 óta résztvevő alapító tagja a Soproni Egyetem Akkreditált Vizsgálólaboratóriumának. Egyetemi oktatóként folyamatosan részt vett a Gépipari Tudományos Egyesület és a Faipari Tudományos Egyesület munkájában.

Szakirodalmi munkásságát a FATE vezetése kiemelkedő jelentőségűnek ítéli, melyet Lugosi Armand-díjjal jutalmaz.



Dr. Varga Dénes

Lugosi Armand-díj

Varga Dénes 1979-ben született Szombathelyen. Okleveles faipari mérnöki diplomáját 2002-ben szerezte technológia és üzemfenntartás szakirányon, a Nyugat-magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Karán. Tudományos tevékenységét harmadévesen kezdte dr. Tolvaj László irányításával az akácgőzölés és színérés területén. 2002-ben felvételt nyert a Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola nappali tagozatára. Kutatási területe az akác hidrotermikus nemesítése volt. A befogadó Fizika Intézet oktatási tevékenységébe fizika gyakorlatok vezetésén keresztül kapcsolódott be. 2004-ben januártól novemberig

a hollandiai SHR Hout Research, független faipari kutatóintézetben, az európai Marie Curie faanyag-modifikációs projekt keretében nyílt lehetősége a kutatási terület mélyebb megismerésére. A 10 hónapig tartó intenzív kutatómunka lehetővé tette az eredeti kutatási célok kibővítését négy fajt, valamint a szín mellett egyéb fizikai illetve mechanikai faanyag tulajdonságok vizsgálatára is. 2005–2007 között Japánban, az Akita Megyei Egyetem (Akita Prefectural University) Nosiróban található Fatechnológiai Intézetben dolgozott vendégkutatóként. A japán–magyar kapcsolatokat *Cryptomeria japonica* klónok anatómiája és sűrűségi tulajdonságai közti összefüggés vizsgálatának keretében ápolta. A doktori (PhD) fokozatot 2008-ban szerezte meg. 2008 óta a Nyugat-magyarországi Egyetem által alapított hídképző szervezet, az ERFARET Erdő- és Fahasznosítási Tudásközpont Nonprofit Kft. ügyvezetője és kutatója. „Fás” szemléletét innováció menedzsment tréningeken és üzletfejlesztéssel kapcsolatos tanfolyamokon bővítette. Munkájával hozzájárul az akadémiai-ipari, valamint a nemzetközi kapcsolatok erősítéséhez.



Pagonyné Mezősi Marietta

Szabó Dénes-díj

Pagonyné Mezősi Marietta 1981-ben okleveles faipari mérnökként végzett Sopronban, az Erdészeti és Faipari Egyetem Faipari Mérnöki Kar, mérnöki szakán. Friss diplomásként Szombathelyen a Nyugat magyarországi Fagazdasági Kombinátnban dolgozott gyakornokként, majd Körmentre került, ahol művezető, műszaki koordinátor, fűrészüzem üzemvezető lett. A rendszerváltást követően az Eurofa-Kft. asztalosüzemének üzemvezetője. 1992-ben az üzemi munkát tanári pályára váltotta. 1995-ben Sopronban, az Erdészeti és

Faipari Egyetem Tanárképző Intézet Karán kitüntetési minősítéssel okleveles faipari mérnök-tanár diplomát szerzett. Szentgotthárdon a III. Béla Szakképző Iskolában több sikeres fejlesztő tevékenységet végzett. 2000-ben a Szentgotthárdi Ipari Park Phare Program keretében az új gyakorlati oktatói bázis létrehozásának aktív közreműködője volt. A faipari kézi és gépi tanműhely tervezését és beruházását végezte, ezzel a faipari gyakorlati oktatás korszerű feltételrendszerét valósította meg. 2002-ben közoktatás-vezetői és mérés-értékelési pedagógus szakvizsgát tett Szombathelyen, a Berzsenyi Dániel Főiskolán.

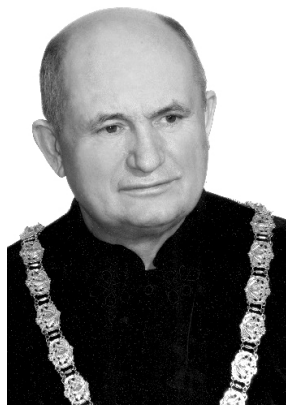
Különös figyelmet fordít a tehetséggondozásra, tanulóit az SZKTV, OSZTV, EuroSkills, WorldSkills versenyek rangos helyezettei. 2011-ben a londoni WordSkills asztalos világbajnokság országos döntőjére való eredményes felkészítésért elismerő oklevelet vehetett át a Vasi Tiszktól és a Vas Megyei Közgyűlés elnökétől.

2012-ben nemzetközi asztalos versenyt (oszták-szlovén-magyar) és faipari tanár továbbképzést szervezett. 2010–2013 között Szentgotthárdon a felsőfokú gépipari mérnökasszisztens képzés létrehozásában, megvalósításában jelentős szerepe volt. 2013-ban TÁMOP pályázat keretében irányításával az országban az első között került bevezetésre az iskolában az új, 3 éves duális szakképzés. 21 évi pedagógus munkáját, ebből 16 évi szakmai igazgatóhelyettesi tevékenységét Szentgotthárdon eredményesen zárta. Munkája elismerésül a köz-

jó, településeinek és közösségének javára történő eredményes tevékenységért, magas szintű szakmai munkáért, a megye fejlődéséért végzett áldozatkész szolgálatért és a példás emberi hozzáállásért 2013. március 15-én Vas Megye Önkormányzatának Közgyűlése által adományozott „Vas Megye Önkormányzata Szolgálatáért Oktatási Tagozata” kitüntetést vehette át.

2013. szeptember 1-től Szombathelyen a megye legjelentősebb faipari szakképző iskolájában, a Hefele Menyhért Építőipari- és Faipari Szakképző Iskolában dolgozik. Munkája mellett szakmai szakértői, kamarai szakértői tevékenységet, szakmai vizsgabizottsági elnökséget lát el. A faipari ágazatot érintő számos TÁMOP és egyéb országos szintű projektben dolgozik a szakképzés minőségének és tartalmának fejlesztésén. Az Országos Képzési Jegyzékhez kapcsolódó kompetenciaelvű, moduláris szakképzés fejlesztését, tananyagfejlesztést, szakmai és vizsgakövetelmény írását, komplex vizsga kidolgozását, kerettanterv írását, mérési-értékelési eszközök, módszertani útmutatók kidolgozását végzi. Publikációi a faipari oktatás tartalmi, módszertani megújulását, az oktatás színvonalának emelését szolgálják. Elkötelezett a faipar, az oktatás, a fejlődés iránt; a faipar jövőjéért dolgozik.

Pagonyiné Mezősi Mariettát kimagasló oktatási tevékenységéért az egyesület elnöksége Szabó Dénes-díj kitüntetésben részesítette.



Prof. Dr. Molnár Sándor

Fáy Mihály-életműdíj

Molnár Sándor szakmai-tudományos munkásságának középpontjában a hazai favagyron minőségi jellemzőinek feltárása és komplex, igényes hasznosításának fejlesztése állnak. Ennek érdekében gyakorló mérnökként (1963–79) több jelentős faipari fejlesztést irányított a Dél-

alföldi és a Nagykunsági Erdő- és Fafeldolgozó Gazdaságoknál. Egyetemi pályafutása során (1980-tól haláláig) új alapokra helyezte a hazai faanyagtudományi oktatást és kutatást. 1988-ban az akác termesztése és minősége témában végzett kutatásai alapján megszerezte a MTA doktora címet, és lehetőséget kapott a Faanyagtudományi Intézet megszervezésére, amelynek 2009-ig vezetője volt. Két ciklusban irányította dékánként a Faipari Mérnöki Kart. Ez alatt az idő alatt új szakokkal bővült a kar oktatási kínálata, megszervezte a Faipari Kutató- és Szolgáltató Központot és megvásárolta a budapesti Faipari Minőségellenőrző Intézet (FAIMEI) laboratóriumait. A FATE elnökeként kezdeményezője és névadója volt a soproni LIGNO-NOVUM nemzetközi szakvásárnak. Tudományos eredményeit több

mint 200 magyar és idegen nyelvű publikációban tette közzé. Élete utolsó szakaszában mesekönyveket írt és jelentetett meg. Munkáját mindvégig

jelentős hazai és nemzetközi figyelem és elismerés övezte, melyet számos kitüntetés igazol.



Deák-Horváth Tibor

Fáy Mihály-életműdíj

1949-ben született Lovasberényben. Az Erdészeti és Faipari Egyetem Faipari Mérnöki Karán szerzett okleveles faipari mérnöki diplomát 1974-ben. Frissen végzett mérnökként 1974–76 között a Videotonnál mérnöki munkakörben alkalmazták. 1976-ban az AEV budapesti vállalatánál termelési előadó, 1976–1980 között gyáregységvezető. Ezután a Bábolnai Mezőgazdasági Kombinát üzemvezető főmérnöke (1980–1983), majd a Skála-Coop kereskedő cég gazdasági tanácsadója (1983–85). 1985-ben a Közgazdaság-tudományi Egyetemen okleveles közgazda végzettséget szerzett. 1985–88 között a Kiskunsági Kötöttáru-gyárnál vállalati biztos, majd 1990-ig ügyvezető igazgatói beosztásban a Skála önálló vállalkozási osztályvezetője. 1990–91-ben a Lágymányosi Faipari Vállalatnál igazgató. 1992-ben levezényelte a cég privatizációját és elnök-vezérigazgató beosztásban Bau-Möbel Rt. néven folytatták tevékenységüket. Ezen cég jogutódjainál dolgozott vezető beosztásban nyugdíjazásáig.

Sokrétű tapasztalat gyűjtésére alkalmas munkásságából megemlíthjük, hogy gyáregységvezetői minőségében a Szabolcs-Szatmár megyei 300 fős, 3 telephelyes gyáregység láda, raklap és egyéb csomagolóanyagok gyártásának és értékesítésének megszervezése képezte a feladatát. Bábolnán egy újonnan épített fűrészüzem főmérnöke lett. Nem mindennapi feladatai közé tartozott ekkor a Szovjetunióba exportált 516 istálló gyártása, és egy tojástálca üzem irányítása. Az istállógyártás irányítása mellett feladatul kapta a tojástálca üzemi beruházás dollár fedezetének, fűrészáruval való fedezete előállítását, amit szintén sikeresen megtudott oldani. Közgazdász tudását is gyümölcsöztette: többek között a Skála ipari tevékenységeinek kapcsán, mint a Kiskunhalasi Kötöttáru-gyár, a HBH Bajor Királyi Sörgyártó Kft., az Interspán, az ÖTL Motorgyár és más vegyes vállalatok alapításánál gazdasági tanácsadói munkakörben. A Lágymányosi Faipari Vállalat igazgatójaként kidolgozta a vállalat reorganizációs tervét, amelynek keretében – a piaci helyzet és a belkereskedelmi értékesítési lehetőségek figyelembevételével – a 250 fős létszámot 70 főre kellett leépítenie. Sikeresen oldotta meg az Rt.-vé alakítás és a privatizáció bonyolult feladatait.

1994-től a FATE elnökhelyettese, majd több cikluson keresztül vezetője napjainkig. Több évtizedes munkáját a FATE Fáy Mihály-életműdíjjal jutalmazta.



Dr. Tóth Sándor

FATE Örökös Tag kitüntetés

1961 óta tagja a Faipari Tudományos Egyesületnek, 1968 óta a „Faipar” szerkesztőbizottságának. Egyesületünknek 1984 óta tisztségviselője. Dolgozott a műszaki és környezetvédelmi, az ipargazdasági bizottságban, a budapesti szervezet elnökeként, valamint a főtítkár helyetteseként.

Szakmai tájékoztatási tevékenységét több mint 100 előadás, 289 nyomtatott és elektronikus publikáció fémjelzi. Csak a „Faipar”-ban 84, a „Magyar Asztalos” szakfolyóiratban 65, a „Fatáj”-ban 35 írása jelent meg. Az ezredfordulóra kezdemé-

nyezte egyesületünk és szakmánk történetének megírását. A hazai ffeldolgozás történetét két önálló könyvben (1999, 2001) írta meg.

Dolgozott a Budapesti Fűrészek, az Épületasztalosipari és Faipari, a Budapesti Bútoripari Vállalatnál, a Bútoripari Fejlesztési Intézetnél, a Mezőgazdasági és Élelmezésügyi-Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztériumban. Életútja során megjárta, megismerte a fűrész- és lemezipar, a bútort- és épületasztalosipar, a gyártmányfejlesztés, az ipar- és üzemgazdaság, valamint a kutatás-fejlesztés, a műszaki-gazdasági információ és a vezetés területeit a szakmában.

2005. évi nyugdíjazása után is aktív közéleti tevékenységet folytat; több mint 10 éve tart szakmánkat népszerűsítő előadásokat a MTESZ Tudomány- és Technikatörténeti Bizottsága Országos Ankétjain. Változatlanul aktívan vesz részt a Faipari Tudományos Egyesület munkájában: szervezője a Szenior Klub működésének és a szakmatörténeti kutatásoknak. 2009 óta 12 emlékfüzetben dolgozta fel a faiparos szakma nagyjainak életét és munkásságát.

A FATE elnökhelyettese.

A Növekedési Hitelprogram története

GYALLAI Gábor

Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Informatikai és Gazdasági Intézet

Kivonat

Jelen írás abból a célból készült, hogy bemutassa a Magyar Nemzeti Bank 2013 júniusában indított hitelösztönző programjának eddigi életét. Az írás áttekinti a program egyes szakaszait, a szakaszok eredményeit, a vállalati hitelezésre gyakorolt hatásait.

Kulcsszavak: vállalati hitelezés, hitelösztönző eszköz, finanszírozási programok, makrogazdasági hatás

History of the Funding for Growth Scheme

Abstract

The present essay was prepared with the aim to introduce the credit incentive programme launched by the National Bank of Hungary in 2013. The essay provides an overview of the stages, their results and their effects on corporate lending.

Keywords: corporate lending, credit incentive tool, financing programmes, macroeconomic effect

Bevezetés

A Kormány többször kinyilvánította, hogy támogatni kívánja a kereskedelmi bankok vállalati hitelezési aktivitását. Mivel a kis- és középvállalkozások (kkv) kiemelt gazdasági és társadalompolitikai jelentőséggel bírnak, a mindenkori kormányzatok a szektor helyzetének javítása érdekében már korábban is különböző intézkedéseket tettek. Az intézkedések főbb területei az adókedvezmények, eltérő hatósági és adminisztrációs kötelezettségek biztosítása, szankciók enyhítése, a finanszírozáshoz jutás segítése. A Magyar Nemzeti Bank (MNB) szintén igyekszik élénkíteni a szektor hitelezését, refinanszírozott forrásjuttatással, kiváltképp a jelenleg is futó Növekedési Hitelprogramon (NHP) keresztül.

A Növekedési Hitelprogram célja

A Növekedési Hitelprogram megalkotásakor a deklarált célja az volt, hogy a kis- és középvállalkozások forint alapú hitelhez jutásának elősegítése útján oldja a hitelpiaci zavarokat, erősítse a pénzügyi stabilitást és élénkítse a gazdasági növekedést. Rövid távú célként megfogalmazásra került a hitelintézetek közötti verseny növelése is.

A program alapvetően két csatornán keresztül befolyásolta a kkv-hitelezést és ezen keresztül a reálgazdasági növekedést. Egyrészt hitelkereslet élénkítő hatása van a forinthitelek piacán elérhetőnél olcsóbb banki finanszírozásnak, melyet a kkv-k új beruházások megvalósítására és tevékenységük forgóeszköz-igényének finanszírozására fordíthatnak. Másrészt banki oldalról javul a meglévő és a potenciális ügyfelek hitelképessége – a csökkenő törlesztő-részletek miatt –, mely a hitelkínálat növekedéséhez, a hitelezési kondíciók lazításához vezethet.

A Növekedési Hitelprogram első szakasza I. pillérének keretében kapott kölcsön kizárólag beruházásra, forgóeszköz-finanszírozásra, EU-s támogatás előfinanszírozásához, illetve az eredetileg ilyen célra folyósított kkv kölcsön vagy pénzügyi lízing kiváltására volt felhasználható. A II. pillér a nyitott árfolyam-pozícióval rendelkező kkv-k finanszírozását szolgálta, devizahitelek kedvező kamatozású forintkölcsönökre történő átválthatóságával.

A különböző lehetséges hitelcélok számbavétele után elmondható, hogy a beruházási célú kölcsönök egyfelől keresletet teremtenek a beruházási javak piacán, másfelől hozzájárulnak a gazdaság kínálati potenciáljának tartós bővüléséhez. A forgóeszköz-finanszírozó hitelek esetében a termelő kapacitások nagysága nem változik, a hitelkereslet növekedése az árupiaci kereslet emelkedésében és a kapacitáskihasználtság javulásában mutatkozik meg. A további célok elsődlegesen a kkv-k jövedelmezőségét és ezen keresztül hitelképességüket javítják.

A Növekedési Hitelprogram második szakaszának pillérei – tekintettel a hasonló célokra – az általuk kifejtett hatás tekintetében is hasonlóak az első szakaszhoz. Az NHP második szakaszának I. pillére – az első szakasz finanszírozási lehetőségein túl – a lízing útján történő finanszírozást is lehetővé tette, így szélesebb körű felhasználási lehetőséget biztosított. A II. pillér a korábban felvett deviza- illetve forinthitelek kiváltásának lehetőségét biztosította, ami a kkv-k finanszírozási költségeinek csökkentésén keresztül javítja hitelképességüket.

Az NHP céljainak teljesülése

A 2008 őszi kirobbant pénzügyi válság a gazdasági szereplőket – mind globálisan, mind Magyarországon – arra kényszerítette, hogy mérlegszerkezetüket átalakítsák, adósságaikat csökkentsék. A piaci és finanszírozási problémákkal szembesülő kkv-k egy része kereskedelmi hitelek vett igénybe szállítói tartozásaik felhalmozásával, mások csődbe mentek, ezzel tovább növelték üzleti partnereik finanszírozási gondjait.

A kereskedelmi banki portfóliók minőségében is drasztikus romlás következett be, mely azt váltotta ki, hogy a bankok hitelezési képessége és hajlandósága csökkent. A hitelintézetek veszteségeik és kockázataik növekedését érzékelve mérsékeltek rövid lejáratú és likviditási finanszírozásukat, a másik oldalon pedig a vállalati szféra fogta vissza beruházási hiteligenyét. Az előzőek együttesen hozzájárultak a beruházási aktivitás mérséklődéséhez.

A gyenge kereslet és a hitelszűke különösen a kkv-szektorra sújtotta, rontva a szektor jövedelemtermelő képességét, mely hozzájárult a termelőkapacitások leépüléséhez, a pénzügyileg tönkrement vállalkozások számának növekedéséhez. Mivel a kkv-k jellemzően belföldi piacra termelnek, így a fejlődő országok növekedéséből, valamint az exportpiacok helyreállításából nem tudtak kellő mértékben profitálni.

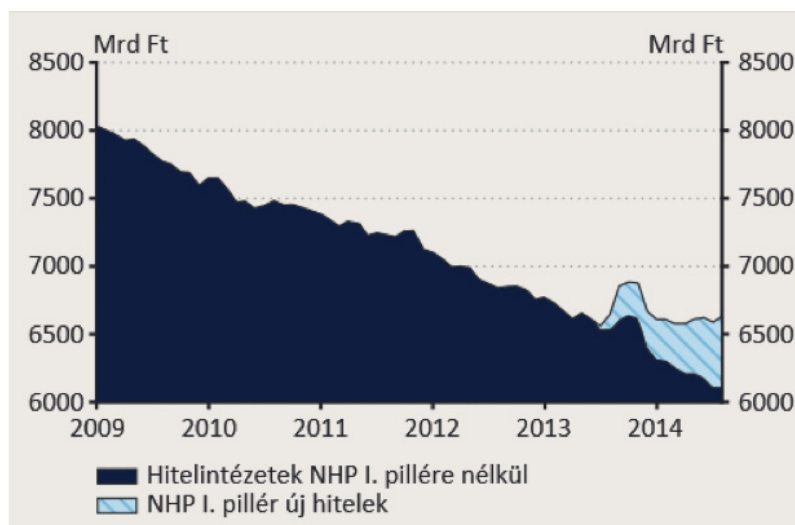
Az MNB által az NHP kapcsán megfogalmazott elsődleges, hosszú távú cél a kkv-szektor banki hitelezésének élénkítése volt, melynek sikere jól látható az alábbi ábrán.

Az NHP bevezetése átalakította a hazai kkv finanszírozási piacot, annak meghatározó szereplője lett. Bő egy év alatt háromszorosára nőtt a kedvező árazású hitelállományok kkv hitelezésen belüli aránya, 2014 szeptemberére megközelítette a 40%-os szintet.

A kockázat és munkaigény miatt a hitelintézetek először a nagyobb és kevésbé kockázatos ügyfeleikre koncentráltak, csak kisebb részben került sor a fiatalabb és rövidebb hitelmúlttal rendelkező, kisebb méretű ügyfelek hiteligenyeinek kielégítésére:

- Egyrészt a tranzakciós költségekben keresendőek az okok. Ezeknek a költségeknek, melyek egy hitel folyósítását megelőzik, a hitel folyósításakor meg kell térülnie a hitelintézet számára.
- Másrészt a méretüket tekintve relatíve nagyobb vállalkozások, amelyek stabilabb tevékenységgel, hosszabb működéssel és hitelmúlttal rendelkeznek, sok ellenálló képességük is átlagosan jobb, kisebb kockázatot jelentenek. Míg a kisebb cégek, amelyeket legtöbbször rövidebb hitelmúlt jellemez, kockázatosabbnak tekinthetők és relatíve nagyobb a munkaigényük.

Empirikus adatok bizonyítják, hogy a hazai kkv-k számára a leggyakoribb finanszírozási forrást a családi, baráti kölcsönök biztosítják. Jóval kisebb súllyal, de meghatározóak még a kkv-k külső finanszírozásának gyakoriságában a banki folyószámlahitelek, a vissza nem térítendő támogatások, a lízingfinanszírozás és a Széchenyi Kártya Program.



1. ábra Az NHP keretében nyújtott új hitelek hatása a vállalati hitelek állományára
Forrás: MNB

Figure 1 The effect of the new credits in the programme on corporate loan portfolio
Source: MNB

Az NHP bevezetésével mind a fejlesztési, mind a forgóeszköz-finanszírozás tekintetében részben átvette a korábbi finanszírozási csatornák szerepét, domináns finanszírozási eszközzé vált.

Az NHP működésének első két szakaszát áttekintve megfigyelhető a mikrovállalkozások részesedésének növekedése. Míg az első szakaszban az új hitelekben belül a mikrovállalkozások részesedése csupán 25% volt, addig a második szakaszban ez 34%-ra emelkedett. A mikrovállalkozások által felvett hitelek döntő többsége beruházási hitel volt.

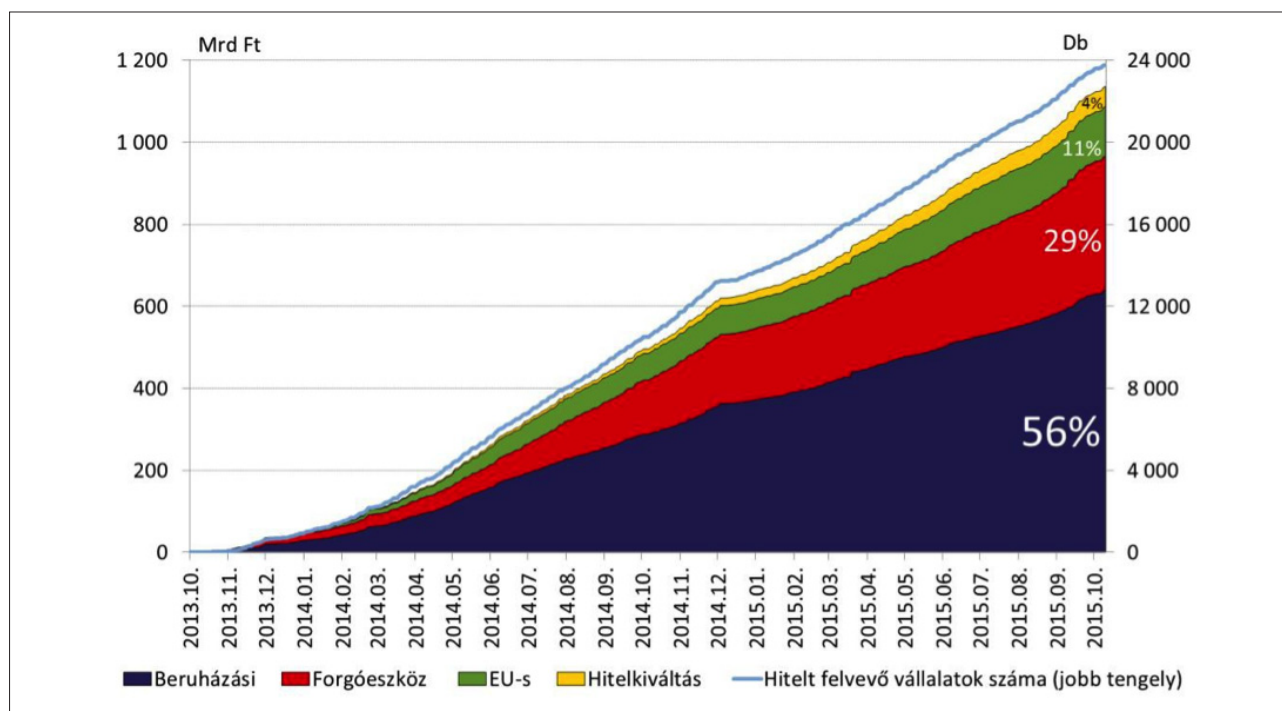
A Növekedési Hitelprogram első és második szakaszáról összességében elmondható, hogy a két szakaszban együttvéve több mint 28 ezer mikro-, kis- és középvállalkozás jutott finanszírozáshoz, 1800 milliárd forintot meghaladó összegben. A program következtében a 2008–2013 közötti folyamatos csökkenés után a kkv-hitel-állomány 2013 végétől újra növekedni tudott, ami jelentősen, 1–1,5 százalékponttal emelte a gazdasági növekedést az elmúlt két évben.

A piaci hitelezés azonban még nem állt helyre, a bankok kockázatvállalási hajlandósága továbbra is alacsony maradt. Az átmeneti eszközként bevezetett NHP teljesítette a program meghirdetésekor kitűzött piacépítési és növekedési célokat. Ugyanakkor az NHP-t mára a kereskedelmi bankok egyre inkább standard terméként használják, ami hosszú távon nem támogatja a piaci alapú hitelezés helyreállítását. Ezen okok miatt az MNB az NHP fokozatos kivezetéséről döntött. Az átmeneti, kivezetési szakaszban is szükség van azonban a piaci hitelezés jegybanki eszközökkel történő támogatására.

Az NHP 3. szakasza, régi-új programok

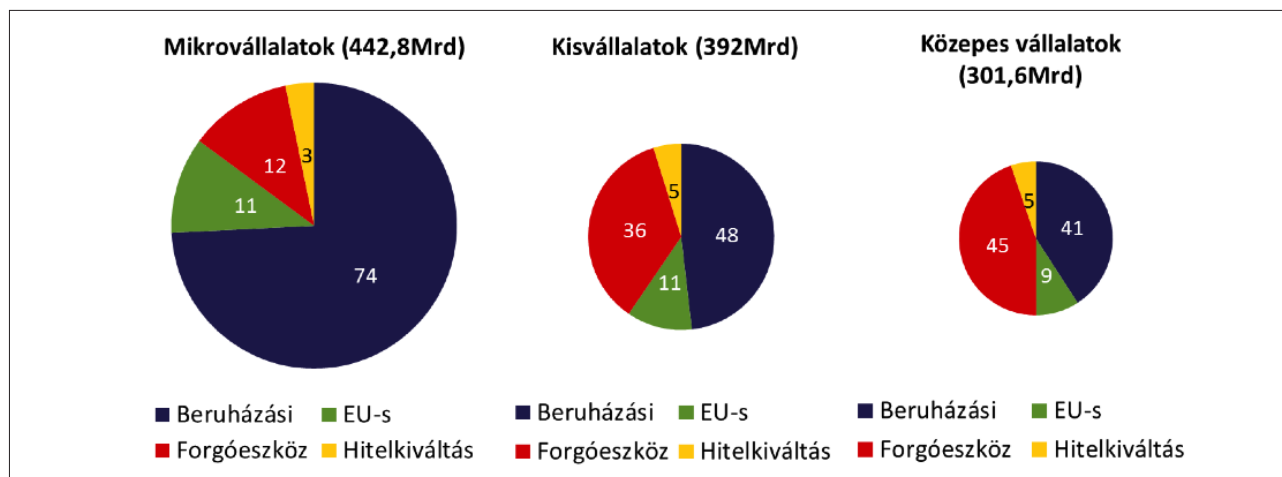
A Magyar Nemzeti Bank 2016 januárjában elindította a Növekedéstámogató Programot (NTP), amely a bankok piaci hitelezéshez való visszatérését segíti elő az NHP fokozatos kivezetésével és a pozitív ösztönzést jelentő új Piaci Hitelprogram (PHP) meghirdetésével. Az NTP részeként indult az NHP két pillérből álló harmadik, kivezető szakasza, melynek keretében 2016 január elejétől december végéig köthetnek hitelszerződés hazai kkv-k. Az MNB mindkét pillért 300 milliárd forintos keretösszeggel hirdette meg.

A régi-új hitelprogram legfontosabb változtatása, hogy a forinthiteleknél 10 milliárd forintról 1 milliárd forintra csökkent a maximálisan felvehető hitelösszeg, valamint kikerült a hitelcélok közül a forgóeszköz-beszerzés, így az új NHP-t már csak új beruházások finanszírozására, továbbá földvásárlási és lízing céllal lehet igénybe venni. A forinthitelek keretében minimum 3 millió forinthez lehet hozzájutni, 2,5%-os kamat mellett,



2. ábra NHP második szakasza igénybevételének alakulása (hitelcélok és a hitelfelvevő vállalatok száma alapján) Forrás: MNB

Figure 2 The changes in the utilization of the second stage of the programme (according to credit purposes and the number of borrower companies) Source: MNB



3. ábra A hitelcélok megoszlása az egyes vállalatcsoportokon belül (Megjegyzés: szerződéses összeg szerint.) Forrás: MNB

Figure 3 Distribution of credit purposes in individual company groups Source: MNB

a devizahitelek keretében pedig maximum 30 millió euró hitelhez juthatnak hozzá a devizabevétellel rendelkező kkv-k, rendkívül alacsony, 1% körüli, fix kamatozás mellett.

Az új, pozitív ösztönzőket tartalmazó intézkedéscsomag, a PHP két eszközzel, a kamatcsere ügylettel (HIRS) és a preferenciális betételhelyezéssel kívánja a bankok hitelezését elősegíteni:

1. A hitelezési aktivitáshoz kötött kamatcsere-ügyletek a bankok hitelezésből adódó kamatkockázatának kezelése révén, a kockázat jegybank általi részleges átvállalásán keresztül segíti a hitelezést.
2. A preferenciális betételhelyezési lehetőség kiegészítő eszköz, melynek keretében a bankok irányadó kamat mellett helyezhetik el tartalékkötelezettség feletti likviditásuk egy részét elszámolási számlájukon.

Összefoglalás

Az NHP bevezetése és gyors felfutása jelentősen átalakította a hazai kkv finanszírozási piacot. Bár a programot sikeresnek ítélik, az MNB úgy véli, piactorzító hatása miatt előnyösebb, ha piaci alapokra tér vissza a vállalati hitelezés. A bankok hitelezési feltételei némiképp enyhültek az elmúlt évben, így a finanszírozást kereső kkv-knak érdemes hitelkérelemmel fordulni a kereskedelmi bankokhoz, szem előtt tartva azt is, hogy az egyes bankok hitelezési gyakorlata akár jelentősen is eltérhet.

Irodalomjegyzék:

<http://www.mnb.hu/letoltes/nhp2-folyt-termektajekoztato-2015jun15.pdf> (Megtekintés dátuma: 2016. május 5.)

<https://www.mnb.hu/letoltes/az-nhp-masodik-szakaszaban-nyujtott-hitelek-elemzese.pdf> (Megtekintés dátuma: 2016. május 5.)



SAJTÓKÖZLEMÉNY

IPARJOGVÉDELMI OLTALOM MEGSZERZÉSÉRE IRÁNYULÓ PÁLYÁZAT DR. HORVÁTH SÁNDORNAK

2016.03.22.

Dr. Horváth Sándor iparjogvédelmi oltalom megszerzéséhez kapcsolódóan nyújtott be pályázatot az Új Széchenyi Terv Kutatási Technológiai és Innovációs Alapjához. A pályázat keretében 600.000 Ft pályázati támogatásban részesült. Az iparjogvédelmi oltalom egy fából készült gyermekjáték (Klity-Klaty) koncepciójára vonatkozik.

Klity-Klaty gyermekjáték

A KLITY-KLATY bükkfából készült gyermekjáték, amely gurítás közben a benne elhelyezkedő fagolyók és a különböző hosszúságú farudak segítségével eltérő magasságú hangokat ad ki. Anyagát tekintve időtálló, természetes, lebomló anyagból készült. Összeállításához nincsen szükség kötőanyagra (ragasztó), tehát mérgező anyagot nem tartalmaz, ami káros hatással lenne az emberi szervezetre. Felületkezeléshez csupán lenolaj került felhasználásra, ami szintén környezetbarát. A játék egy és négy év közötti gyerekeknek készült. Szerkezete strapabíró, stabil, ennek köszönhetően lenyelhető alkatrészekhez nem férhet hozzá a gyermek.

Az IPARJOG_12 projekt címe: „Klity-Klaty gyermekjáték hazai iparjogvédelmi oltalmának megszerzése”.

A projekt 2013.12.01.-2016.02.29. között zajlott.

A tervezést követően a koncepcióra formatervezési mintaoltalom került bejegyzésre.

Dr. Horváth Sándor
E-mail: sh@nyme.hu
www.drhorvathsandor.hu
www.ujszechenyiterv.gov.hu



A projektek a Magyar Kormány támogatásával, a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség kezelésében, a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap finanszírozásával valósulnak meg.