

# A napsugárzás mesterséges fényforrásokkal történő imitálásának problémája\*

TOLVAJ László<sup>1</sup>, PERSZE László<sup>2</sup>

<sup>1</sup> NymE FMK, Faanyagtudományi Intézet

<sup>2</sup> NymE FMK, FMK PhD-hallgató

## Kivonat

A vizsgálataink célja volt megállapítani, hogy a mesterséges fényforrások képesek-e imitálni a faanyagok napsugárzás által okozott degradációját. A próbatesteket xenonlámpával, higanygőzlámpával és közvetlen napfényvel sugároztuk be. A napfényvel történt kezelésnél a próbatestek csak napos időben voltak kitéve a szabadba. Megállapítottuk, hogy a xenonlámpa csak hosszú idejű kezelésnél képes szimulálni a napsugárzást.

Rövid idejű xenonlámpás besugárzásnál a faanyag sárgulása gyorsabb és erőteljesebb volt, mint napfényvel történő azonos idejű besugárzásnál. Az eredményeink azt mutatták, hogy a higanygőz lámpa nem alkalmas napsugárzás szimulálására

**Kulcsszavak:** napsugárzás, xenonlámpa, higanygőz lámpa, színváltozás, infravörös

## Problem of sunlight imitation by artificial light sources

### Abstract

The aim of this study was to determine whether the artificial light sources are able to imitate properly the photodegradation of wood caused by sunlight. The wood specimens were irradiated with xenon lamp, with mercury lamp and with direct sunlight. The samples were out for sunlight irradiation only on sunny days. The xenon light is able to simulate the sunlight only in the case of long term irradiation. The photo-yellowing of wood was faster and greater in the case of short term exposure to xenon light than compared to sunlight. The results showed mercury light did not simulate the sunlight properly.

**Key words:** sunlight, xenon lamp, mercury vapour lamp, colour change, infrared spectrum

## Bevezetés

Az időjárás hatásának kitétt faanyagok károsodása sok komponensből álló folyamat. A különféle behatások közül a napsugárzás a meghatározó szerep, különösen a degradáció kezdetén. A napfény spektrumából az ultraibolya fény fotonjainak energiája elegendő az egyes kémiai kötések felszakításához, ezért ennek a tartománynak a hatása a mérvadó. A napsugárzásnak kitétt faanyagok felületén bekövet-

kező változások vizsgálata a szabadba kitétt minták esetén sok nehézségbe ütközik. A napsugárzás intenzitása egy nap folyamán állandóan változik, de a nap állásának változásával egy év során is jelentős intenzitás-változások történnek. Ezek az eltérések egy alkalmasan számolt sugárzási átlaggal kompenzálhatók. A teljesen vagy részben felhős időszakok viszont hosszabb kitétségek esetén lehetetlenné teszik

\*A kutatás a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás komplex feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

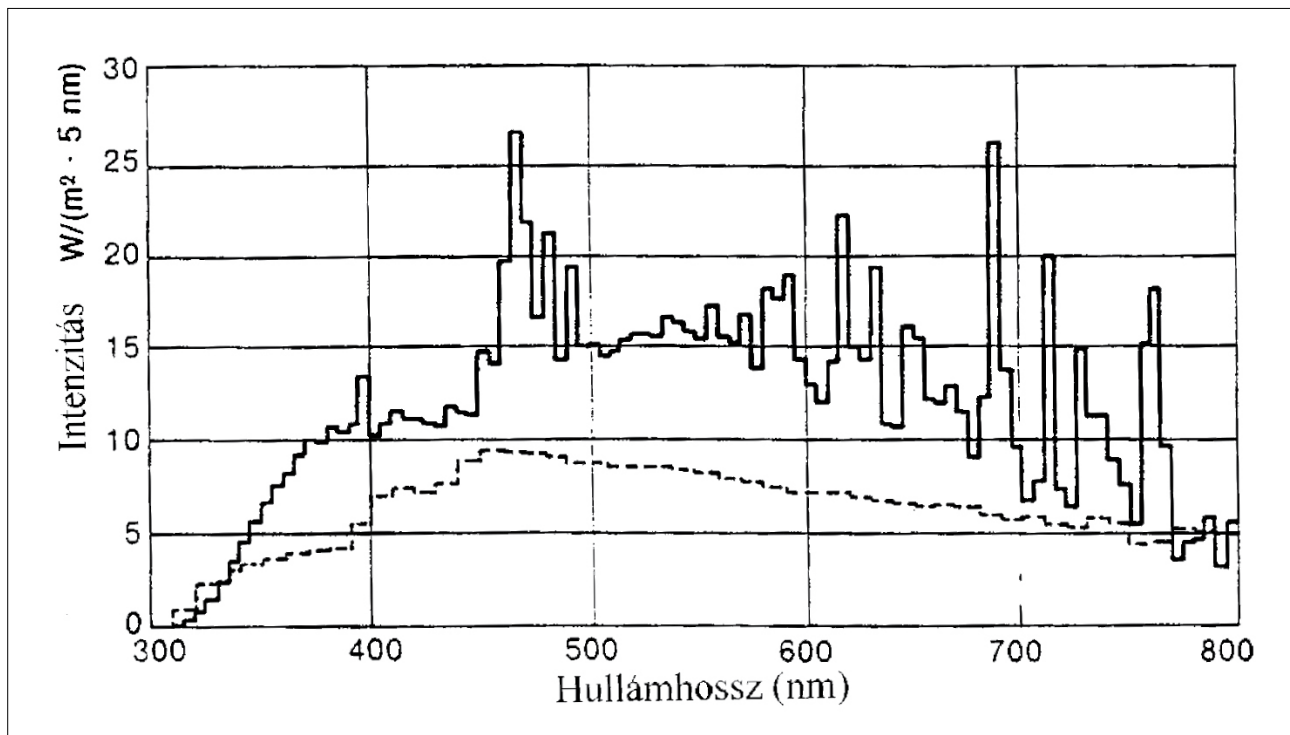
This research was supported by the European Union and co-financed by the European Social Fund in frame of the project „Talentum - Development of the complex condition framework for nursing talented students at the University of West Hungary”, project ID: TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018

a mintákat valóban ért napsugárzás kalkulálását. Természetes kitérés esetén a levegő páratartalmának illetve a csapadéknak a degradáló hatása, szintén nehezen követhető. A fenti nehézségek miatt a faanyagok fotodegradációját elsősorban mesterséges fényforrások alkalmazásával, megismételhető körülmények között szokták vizsgálni. A mesterséges fényforrások alkalmazása viszont azt a kérdést veti föl, hogy ezek a fényforrások mennyire alkalmasak a napsugárzás imitálására, illetve hogyan határozható meg az időekvivalencia a természetes és a mesterséges besugárzás között.

Annak eldöntésére, hogy egy fényforrás alkalmas-e a napsugárzás imitálására, a fényforrás emissziós színképét kell összehasonlítani a napsugárzás földfelszínre elérő részének spektrumával. Ezt látjuk az 1. ábrán, mely az 1965-ben rögzített napszínképet (D65 színkép) és az általunk használt xenonlámpa emissziós színképét mutatja be. A vizsgálatoknál alkalmazott fényforrások közül a xenonlámpa színképe áll legközelebb a napéhoz. A szakirodalomban található publikációk döntő többségénél (Ohkoshi 2002, Pandey 2005, Kataoka és munkatársai 2005, 2007, Tolvaj és Mitsui 2005) xenonlámpát használtak. Az egyetlen lényeges eltérés a napsugárzáshoz képest, hogy a föld felszínre elérő napsugárzás színképe jobban benyúlik az ultraibolya tartományba, mint a xenonlámpáé.

Tovább rontja az ekvivalenciát, hogy az ózonréteg vékonyodásával az UV-B tartományból is egyre több eléri a talajszintet. Ezért a xenonlámpa egyre kevésbé lesz alkalmas a napsugárzás hatásának imitálására, hiszen éppen a legnagyobb degradációt előidéző rövid hullámhosszak hiányoznak belőle.

Ezért vizsgálatainknál a xenonlámpa mellett higanygőz lámpával is végeztünk besugárzásokat. A higanygőz lámpáknak hátrányos tulajdonsága, hogy az UV-B mellett olyan hullámhosszakon is sugároznak (az UV-C-tartományban), melyek nem találhatók meg a földfelszínre elérő napsugárzásban. A higanygőz lámpával történő besugárzásnál a kezelési időket a többi vizsgálatéhoz képest tizedére kellett csökkenteni, de még így is a többinél nagyobb változásokat produkált. Sajnálatos módon a fényforrások emissziójának intenzitását nem állt módunkban változtatni. A különböző fényforrásokkal végzett vizsgálatok eredményeinek összehasonlítására a szakirodalomban kevés példa található. Ota és munkatársai (1997) a császárfű (Paulownia tomentosa) furnér színstabilitását tesztelték napsugárzás és higanygőz lámpás besugárzás hatására. Felületkezelt faanyagok degradációját vizsgálták Podgorski és munkatársai (1996) szabadtéri kitérésű és mesterséges, laboratóriumi időjárás-imitációval. Arnold és munkatársai (1991) fluoreszcenciás UV-lámpával és



**1. ábra** A xenonlámpa és a napsugárzás emissziós színképe (az alsó vonal a D65 napszínkép)

**Figure 1** The emission spectra of xenon lamp and sunlight (the lower line represents the D65 sunlight)

xenonlámpával történt imitációt hasonlítottak össze. A fénybesugárzási ciklusok között vízpermetezést alkalmaztak. A vizsgálat időtartama 2400 óra volt. Az első méréseket 600 órás kezelés után végezték, és a minták felületerózióját mérték. Megállapították, hogy a két fényforrás hatása nagyon hasonló volt. Véleményünk szerint ilyen hosszú kezelési idővel és a vizes kioldás hozzáadásával csak a nagymértékű eltéréseket lehet kimutatni. A finomabb különbségek feltárásához a rövidebb kezelési idő, vízpermetezés nélkül alkalmasabb lett volna. Pandey és Vuorinen (2008) a xenonlámpa és UV-lézer degradáló hatását hasonlította össze.

A kezelések hatására bekövetkező változásokat a (távoli) infravörös színekép (IR) felvételével szokták detektálni. Mellette az elmúlt évtizedekben egyre inkább előtérbe kerül a színváltozás vizsgálata is (Chang és Chang 2001, Ayady és munkatársai 2003, Hansmann és munkatársai 2006, Oltean és munkatársai 2008, 2009, Wang és Ren 2008, Sharratt és munkatársai 2009). A színérés alkalmazásának területén Németh végzett úttörő munkát (Németh és Faix 1988, Németh 1982, 1984, 1998). Napjainkban a fotodegradáció és a termikus degradáció kölcsönhatásának vizsgálatánál is fontos szerep jut a színérésnek (Mitsui és munkatársai 2001, 2004/a, 2004/b, Mitsui és Tsuchikawa 2005). A napsugárzás és a mesterséges fényforrások hatásának összehasonlítása érdekében próbatesteket helyeztünk a szabad ég alá. Gondoskodtunk róla, hogy a próbatestek csak napsütésben legyenek kint. Ezekkel a feltételekkel igyekeztünk leválasztani a kitétségi vizsgálatoknál előforduló egyéb behatásokat, továbbá a felhős és a sötét időszakok kizárásával a tényleges besugárzási időket tudtuk használni az összehasonlításkor. Az összehasonlításhoz xenonlámpát és higanygőz lámpát használtunk.

### Vizsgálati anyagok és módszerek

A vizsgálatoknál akác (*Robinia pseudoacacia* L.), bükk (*Fagus sylvatica* L.), lucfenyő (*Picea abies* Karst) és álciprus (*Chamaecyparis obtusa* Seib. et Zucc.) faanyagból vágunk ki próbatesteket. A próbatestek méretét az infravörös spektrofotométer mintatartójának befogadó képessége szabta meg. A vizsgálatokhoz homogén, a felszínén csak egyféle pásztát tartalmazó, 50x10x2 mm méretű lapkákat készítettünk.

A napsugárzásnak kitett mintákkal végzett vizsgálatoknál a próbatesteket Takayamában (Japán, földrajzi szélesség: 39° 9,3 perc, tengerszint fe-

letti magasság: 560 méter) helyeztük a szabadba. A minták csak napsütéses időben voltak kitéve a tartóállványra, mely dél felé nézett és a vízszintessel 30°-os szöveget zárt be. A besugárzások között a mintákat a laboratóriumban, teljes sötétségben tároltuk. A minták 200 órás besugárzást kaptak.

A xenonlámpás besugárzást az SX-75: Suga Test Instrument kamrában végeztük el. A lámpa emissziója a 300-400 nm tartományban 180 W/m<sup>2</sup> volt. Nem volt lehetőség a látható fénytartomány kiszűrésére. A kamrában mért „fekete panel” hőmérséklet 63°C volt, és a relatív páratartalmat 50%-ra állítottuk be. A higanygőz által történt fénykibocsátást egy HAL 800NL típusú lámpa biztosította, mely egy a Nippon Denchi Co. Ltd. által gyártott, KBP 659 típusú kamrában helyezkedett el. A kamrát ipari méretű faszerkezetek besugárzására tervezték. A higanygőz lámpa fénytéljesítménye 320 W volt, és a próbatestek 64 centiméterre helyezkedtek el tőle. A hűtött kamrában az áramló levegő hőmérséklete 26°C volt. A minták xenonlámpával 200 órás, higanygőz lámpával 20 órás besugárzást kaptak.

Fénybesugárzásra a faanyagban történt változásokat színéréssel és az IR színekép felvételével detektáltuk. Színéréshez a Nippon Denshoku Industries által gyártott SE-2000 típusú készüléket használtuk. Az eredményeket a CIE L\*a\*b\* színekoordináta rendszerben adtuk meg. Az IR színeképek felvételére a kétsugaras JASCO, DR-81 FTIR spektrofotométert használtuk. A színeképeket 64 mérés átlagából, 4 cm<sup>-1</sup> felbontással készítette el a készülék számítógépe. A háttér színeképet egy alumínium lapka segítségével vettük fel. A színeképeket az összehasonlítás érdekében az 1380 cm<sup>-1</sup> körüli maximumnál egységre normáltuk. Ezt a cellulóz C-H csoportjához tartozó sávot gyakran használják belső vonatkoztatási sávként, mert centrális helyzetű, kellően intenzív és a tapasztalatok szerint stabil a fénybesugárzással szemben. A változások demonstrálására különbségi színeképeket képeztünk úgy, hogy a kezelt minta színeképéből kivontuk a kezeletlen minta színeképét. Mivel a diffúz reflexiós technika nagyon érzékeny a mérendő felület érdességére, ezért a mintákat mindig úgy helyeztük el a mintatartóban, hogy az IR sugár haladási iránya merőleges legyen a minta rostirányával.

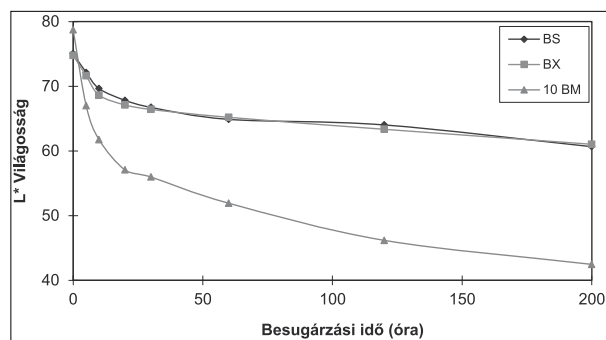
### A vizsgálati eredmények értékelése

A kezelések hatását a színváltozás és az infravörös színeképek mérésével regisztráltuk. A kezelések kezdetén a színváltozás erőteljesebb volt, mint az infravörös színekép változása. Már néhány órás kezelés után

szabad szemmel is észlelni lehetett a változásokat. Ez különösen igaz volt az akác mintákra. A kezelés első 30 órájára koncentrált a színváltozások jelentős része, amint ez jól látható a 2-5. ábrákon. A világosság változása volt a teljes színváltozás fő tényezője (2. ábra). Az első 30 óras időtartam alatt a teljes besugárzási időszakra eső világosság-csökkenésnek közel a 60%-a történt meg a lombhullató fajoknál, és 40-50%-a a fenyőknél. Ebben az időszakban a mesterséges fényforrások erőteljesebb világosságcsökkenést okoztak, mint a napsugárzás. A legnagyobb eltérés a lucfenyőnél mutatkozott. Itt a xenonlámpa hatása 15%-kal volt nagyobb a napsugárzásnál. Átlépvé az 50 óras kezelést a trend változott, és a grafikonok elérték egymást, vagy párhuzamosan futottak. A higanygőz lámpa a többinél jóval erőteljesebb változást okozott, még a tizedrészére lerövidített idő alatt is.

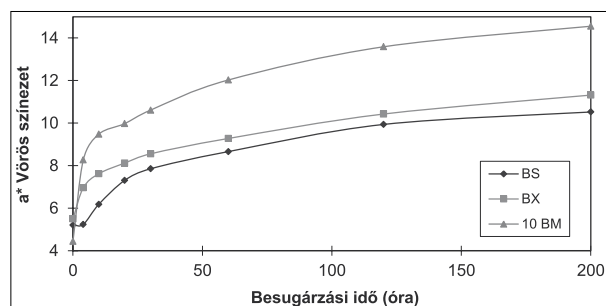
A másik két színkoordináta ( $a^*$  és  $b^*$ ) változása a világosságnál nagyobb eltérést mutatott a xenonlámpa és a napsugárzás között (3-5. ábra). A vörös színezet ( $a^*$ ) változását a bükk faanyag adataival mutatjuk be a 3. ábrán. Érdekes megfigyelni, hogy a napsugárzás hatására a kezelés első 5 órájában nem történt változás, majd hirtelen növekedés történt. Sőt, az álciprus esetében kismértékű csökkenést tapasztaltunk az első 5 órában. Csupán az akác vörös színezete növekedett erőteljesen a kezelés kezdetétől. Ezzel szemben a xenonlámpás kezelés hatására ilyen stagnálást nem tapasztaltunk. A vörös színezet mindegyik mintánál a besugárzás kezdetén erőteljesen emelkedni kezdett. Ez az emelkedés meredekebb volt, mint a napsugárzásnál. A 30 óras kezelés után a trend változott, és a grafikonok megközelítették egymást, vagy párhuzamosan futottak. Azt is gondolhatnánk, hogy a napsugárzás gyenge volt az első napon, és ez okozta a stagnálást. A mérési jegyzőkönyv ezt nem támasztja alá, és a megismételt vizsgálatoknál ugyanez történt.

A harmadik színkoordináta ( $b^*$ ; sárga színezet változása) esetében még nagyobb volt az eltérés a napsugárzás és a xenonlámpa hatása között, mint a másik két koordináta esetében (4-5. ábra). A minták elsárgulása a xenonlámpa esetében a kezelés első 5 órájára, ezzel szemben napsugárzásnál az első 30 órára koncentrált. A álciprus (5. ábra) és a lucfenyő korai pásztája esetében 5 óra alatt a teljes sárgulás 61%-a történt meg a xenonlámpás besugárzás hatására. Napsugárzásnál a sárgulás lefutása ennél sokkal kiegyenlítettebb volt.



**2. ábra** A bükk faanyag világosságának csökkenése a besugárzás során (Rövidítések: B; bükk, S; napsugárzás, X; xenonlámpás besugárzás, M; higanygőz lámpás besugárzás. Higanygőz lámpa esetében az időadatokat 10-zel osztani kell.)

**Figure 2** The lightness decrease of beech samples during irradiation. (Abbreviations: B, beech; S, sunlight; X, xenon light; M, mercury light. The time data for mercury light irradiation are 10 times shorter.)

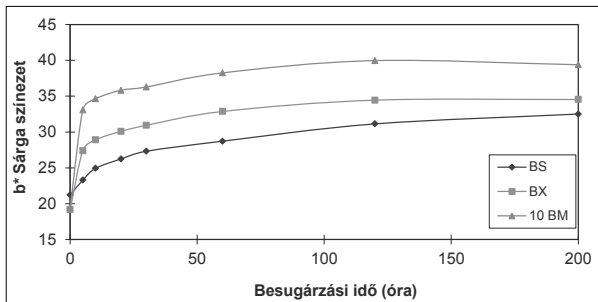


**3. ábra** A bükk faanyag vörös színezetének változása a besugárzás során (Rövidítések: B; bükk, S; napsugárzás, X; xenonlámpás besugárzás, M; higanygőz lámpás besugárzás. Higanygőz lámpa esetében az időadatokat 10-zel osztani kell.)

**Figure 3** Colour change (red content) of beech wood during light irradiation. (Abbreviations: B, beech; S, sunlight; X, xenon light; M, mercury light. The time data for mercury light irradiation are 10 times shorter.)

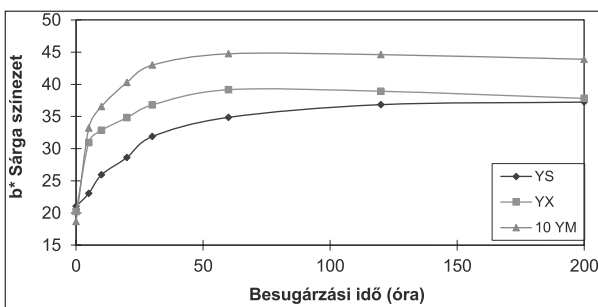
A sárga színezet grafikonjai a vizsgált fajoknál 50 óras kezelés után (napfény és xenonlámpa esetén) közel kerültek egymáshoz vagy párhuzamosan futottak egymással.

A fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy a xenonlámpás besugárzás csak a hosszú idejű (50 óránál hosszabb) kezeléseknél alkalmas a napsugárzás imitálására. Különösen a sárga színezet változásában találtunk nagy eltéréseket a rövid idejű besugárzásnál. A rövid idejű xenonlámpás kezelés a gyorsított hatások elérésére alkalmas, de az időszorozási tényező nem állapítható meg, mert az egyes koordináták eltérően viselkednek.



**4. ábra** A bükk faanyag sárge színzetének változása a besugárzás során. (Rövidítések: B; bükk, S; napsugárzás, X; xenonlámpás besugárzás, M; higanygőz lámpás besugárzás. Higanygőz lámpa esetében az időadatokat 10-zel osztani kell.)

**Figure 4** Colour change (yellow content) of beech wood during light irradiation. (Abbreviations: B, beech; S, sunlight; X, xenon light; M, mercury light. The time data for mercury light irradiation are 10 times shorter.)



**5. ábra** Az álciprus sárge színzetének változása a besugárzás során. (Rövidítések: Y; álciprus, S; napsugárzás, X; xenonlámpás besugárzás, M; higanygőz lámpás besugárzás. Higanygőz lámpa esetében az időadatokat 10-zel osztani kell.)

**Figure 5** Colour change (yellow content) of Japanese cypress wood during light irradiation. (Abbreviations: Y, Japanese cypress; S, sunlight; X, xenon light; M, mercury light. The time data for mercury light irradiation are 10 times shorter.)

A higanygőz lámpás besugárzás hatására létrejövő színváltozás alapvetően különbözik mind a xenonlámpás, mind a napsugárzás hatására történő színváltozástól. Az eltéréseket jól szemléltetik a 2-5. ábrák. Itt a kezelés során a változások sokkal erőteljesebbek voltak, mint a másik két besugárzásnál. Ezért a besugárzást csak 20 óráig folytattuk. Az eltérések oka a higanygőz lámpa által kibocsátott fény hullámhossz-eloszlásában keresendő. Míg a xenonlámpa csak az UV-A-tartományban sugároz, addig a higanygőzlámpa a teljes UV-tartományban bocsát ki fényt, emissziójának 80%-a az UV-tartományba esik. A kibocsátott UV-fény 31%-a az UV-A (380-315 nm) tartományba, 24%-a az UV-B (315-280 nm) tartományba, és 25%-a az UV-C (> 280 nm)

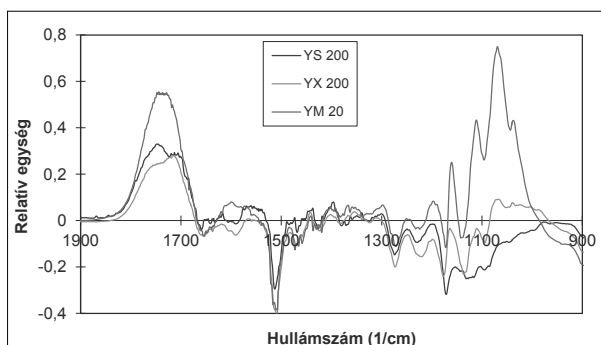
tartományba esik. Az UV-C-tartományban kibocsátott fotonok energiája olyan nagy, hogy képesek főlzakítani a faanyagban lévő összes kémiai kötést (Hon 1991). Ezért a higanygőzlámpa nem alkalmas a napsugárzás imitálására, de a vele végzett kísérletek segítséget nyújtanak a fotodegradációs folyamatok jobb megértéséhez, és hozzájárulnak a mérés technika finomításához.

A színváltozás nem ad közvetlen felvilágosítást a bekövetkezett kémiai változásokról, ezért fontos, hogy az infravörös színek változását is megvizsgáljuk. A napsugárzás és a xenonlámpás besugárzás hatása közötti különbségeket akác és álciprus fafajok mintáival készült különbségi színeképek segítségével mutatjuk be (6-8. ábra). Csak az új lenyomat-tartományt (900-1900  $\text{cm}^{-1}$  között) ábrázoltuk, hiszen itt találunk számottevő eltéréseket. Az ábrák a karbonilcsoportok számának növekedését mutatják 1680-1910  $\text{cm}^{-1}$  között. Tipikus fotodegradációs jelenség a lignin aromás gyűrűjének felhasadása 1510  $\text{cm}^{-1}$  és 1600  $\text{cm}^{-1}$  környékén. A guajacil gyűrű abszorpciójának csökkenését is megfigyelhetjük 1280  $\text{cm}^{-1}$  környékén. Az egyes abszorpciós csúcsokhoz tartozó kémiai csoportok részletes listáját egy korábbi munkánk tartalmazza (Tolvaj és Faix 1995). Az 1000-1200  $\text{cm}^{-1}$  közötti tartományban látható változások nem egyértelműek, sőt a 6. ábrán a higanygőz lámpa által okozott változásoknál a 900-1500  $\text{cm}^{-1}$  közötti széles tartományban megkérdőjeleződik a különbségi színek értelmezhetősége. A jelenséggel részletesen foglalkozik egy korábbi cikkünk (Tolvaj és Mitsui 2010). Az alkalmazott besugárzások hatása közötti eltérések a karbonilcsoportok sávjában jelentkeznek. A 20 órás higanygőz lámpás besugárzás hatására jóval nagyobb abszorpció-növekedés történik, mint a másik két kezelésnél 200 óra alatt

A karbonilcsoportok abszorpciójánál két sáv növekedését figyelhetjük meg. Napsugárzásnál a nagyobb hullámszámoknál lévő sáv intenzitása a nagyobb, míg a xenonlámpás besugárzásnál a kisebb hullámszámoknál lévő sáv intenzitása a nagyobb álciprus esetében (6. ábra). Akác esetében ez a két sáv jól elkülönül, mert az 1700  $\text{cm}^{-1}$  körüli sáv lényegesen gyengébb, mint a másik (7-8. ábra). A 200 órás besugárzásnál ez az eltérés a kétféle besugárzás hatása között nem jelentős (7. ábra). A 60 órás besugárzásnál viszont a két sáv abszorpciójában mutatkozó eltérés jelentős (8. ábra). Fontos megemlíteni, hogy a kezelés során az

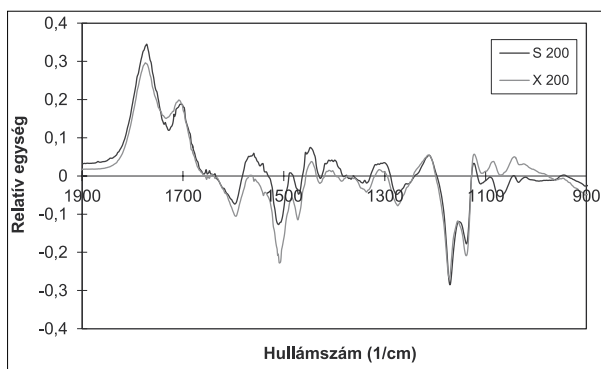
itt láthatónál lényegesen nagyobb eltérések is voltak a napsugárzás és a xenonlámpa hatása között. A xenonlámpás besugárzásnál az 1700-1710  $\text{cm}^{-1}$  körüli sáv maximumának intenzitása a kezelés kezdetén gyorsabban nőtt, mint az 1760-1770  $\text{cm}^{-1}$  körüli sáv. Az 1700-1710  $\text{cm}^{-1}$  körüli sáv növekedése megállt 60 órás kezelés után, a másiké viszont folytatódott. A napsugárzás hatására ez éppen fordítva történt, amint ezt jól szemlélteti 60 órás kezelés után a 8. ábra akác esetében. Itt az 1700-1710  $\text{cm}^{-1}$  körüli sáv folyamatosan növekedett a kezelés 200 órája alatt. Az eltérések 60 órás kezelés után a kiegyenlítődés felé haladtak, és 200 óránál már alig voltak eltérések. A fent leírt tendenciák valamennyi vizsgált fafajra érvényesek voltak.

A színváltozáshoz hasonlóan itt is megállapíthatjuk, hogy a xenonlámpás besugárzás csak



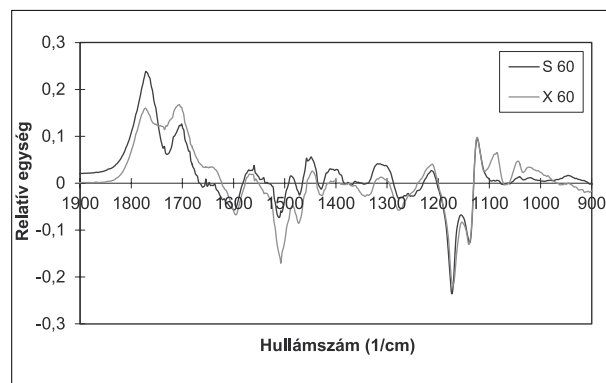
**6. ábra** Az álciprus korai pásztyájának különbségi IR színeképei 20, illetve 200 órás besugárzás után. (Rövidítések: Y; álciprus, S; napsugárzás, X; xenonlámpás besugárzás, M; higanygőz lámpás besugárzás.)

**Figure 6** Difference IR spectra of earlywood part of Japanese cypress caused by 20, or 200 hours light irradiation. (Abbreviations: Y, Japanese cypress; S, sunlight; X, xenon light; M, mercury light.)



**7. ábra** Az akác faanyag különbségi IR színeképei 200 órás napsugárzás (S) és xenonlámpás besugárzás (X) után.

**Figure 7** Difference IR spectra of black locust wood after 200 hours sunlight (S) and xenon light (X) irradiation

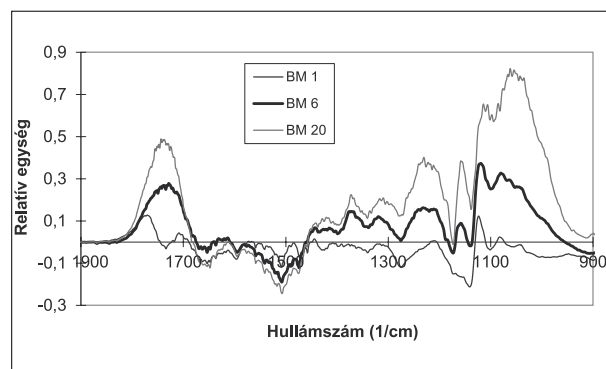


**8. ábra** Az akác faanyag különbségi IR színeképei 60 órás napsugárzás (S) és xenonlámpás besugárzás (X) után

**Figure 8** Difference IR spectra of black locust wood after 60 hours sunlight (S) and xenon light (X) irradiation

hosszú idejű (60 óránál hosszabb) kezelésnél tudja imitálni a napsugárzást. A rövid idejű besugárzásoknál eltérés van a két besugárzás hatására lejátszódó kémiai folyamatok között.

A higanygőz lámpás besugárzásnál is látható volt a két karbonilsáv növekedése rövid kezelési időknél (9. ábra). Az egyórás kezelés hatására a két sáv elkülönülése ugyanolyan jól látható volt, mint a másik két kezelésnél. Ezután a sávok összeolvadtak egy sávba. Alapos megfigyelés után itt is látszik, hogy eleinte a kisebb hullámszámoknál lévő sáv növekedett erőteljesebben, majd a tendencia megfordult. Erre a következtetésre az egybeolvadt sáv maximumának a nagyobb hullámszámok irányába történt elmozdulásából juthatunk. A 9. ábrán az is jól látszik, hogy a különbségi színeképeknek az 1000-1500  $\text{cm}^{-1}$  tartományban jelentkező anomáliája a kezelési idő növekedésével fölerősödik. A fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy a higanygőz lámpa nem alkalmas a napsugárzás imitálására.



**9. ábra** A bükk faanyag különbségi színeképei 1, 6 és 20 órás higanygőz lámpás besugárzás után

**Figure 9** Difference IR spectra of beech wood after 1, 6 and 20 hours mercury light irradiation

### Összefoglalás

A természetes és a mesterséges fényforrások hatásának összehasonlítására elsőként végeztünk olyan kísérleteket, ahol a szabadba kitett mintákat csak napsugárzás érte, egyéb behatás – például eső – nem. Továbbá a kezelési időbe valóban csak a napsütéses órákat számoltuk bele. Megállapítottuk, hogy a xenonlámpa csak hosszú idejű kezelésnél alkalmas a napsugárzás imitálására. Rövid idejű (50 óránál rövidebb) kezelésnél a xenonlámpa lényegesen nagyobb sárgulást okoz, mint a napsugárzás és a karbonilcsoportokat tartalmazó vegyületek keletkezésében is eltérések vannak. Kimutattuk, hogy a higanygőz lámpa nem alkalmas a napsugárzás imitálására.

A napsugárzás imitálásához tervezett besugárzásnál célszerűnek látszik a xenon- és a higanygőz lámpa kombinációjának alkalmazása. További kísérletek szükségesek annak meghatározásához, hogy a két fényforrást milyen intenzitási viszony mellett, és milyen időarányban kell alkalmazni a napsugárzás hatásának megvalósításához.

### Irodalomjegyzék

- Arnold M., Sell J., Feist W. C. (1991) Wood weathering in fluorescent ultraviolet and xenon arc chambers. *Forest Products Journal* 41 (2):40-44
- Ayady N., Lejeune F., Charrier F., Merlin A. (2003) Color stability of heat treated wood during artificial weathering. *Holz Roh Werkstoff* 61:221-226
- Chang H. T. and Chang S. T. (2001) Correlation between softwood discoloration induced by accelerated lightfastness testing and indoor exposure. *Polym. Degrad. Stab.* 72:361-365
- Hansmann C., Deka M., Wimmer R., Gindl W. (2006) Artificial weathering of wood surfaces modified by melamine formaldehyde resins. *Holz Roh Werkstoff* 64(3):198-203
- Hon D. N. S (1991) Photochemistry of wood. In: Hon D. N. S., Shiraishi, N. (eds) *Wood and cellulosic chemistry*. Marcel Dekker, New York, pp 525-555
- Kataoka Y., Kiguchi M., Fujiwara T., Evans P. D. (2005) The effects of within-species and between-species variation in wood density on the photodegradation depth profiles of sugi (*Cryptomeria japonica*) and hinoki (*Chamaecyparis obtusa*). *J. Wood Sci.* 51(5):531-536
- Kataoka Y., Kiguchi M., Williams R. S., Evans P. D. (2007) Violet light causes photodegradation of wood beyond the zone affected by ultraviolet radiation. *Holzforschung* 61(1):23-27
- Mitsui K., Takada H., Sugiyama M., Hasegawa R. (2001) Changes in the Properties of Light-Irradiated Wood with Heat Treatment. Part 1. Effect of Treatment Conditions on the Change in Color. *Holzforschung* 55 (6):601-605
- Mitsui K. (2004/a) Changes in the properties of light-irradiated wood with heat treatment. Part 2. Effect of light-irradiation time and wavelength. *Holz Roh Werkstoff* 62:23-30
- Mitsui K., Murata A., Tsuchikawa S., Kohara M. (2004/b) Wood Photography Using Light Irradiation and Heat Treatment. *Color Research and Application* 29 (4):312-316
- Mitsui K. and Tsuchikawa S. (2005) Low Atmospheric Temperature Dependence on Photo-degradation of Wood. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 81:84-88
- Németh K. (1982) A fa színének értékelése a CIELAB-rendszerben. *Az Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei* (2):125-135
- Németh K. (1984) Színmérés a faiparban IV. A CIELAB színingermérő rendszer alkalmazása. *Faipar* 33 (5):156-159
- Németh K. und Faix O. (1988) Farbmessung zur Beobachtung der Photodegradation des Holzes. *Holz Roh Werkstoff* 46 (12):472
- Németh K. (1998) A faanyag degradációja. *Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest*
- Ohkoshi M. (2002) FTIR-PAS study of light-induced changes in the surface of acetylated or polyethylene glycol-impregnated wood. *J. Wood Sci.* 48(5):394-401
- Oltean L., Teischinger A., Hansmann C. (2008) Wood surface discolouration due to simulated indoor sunlight exposure. *Holz Roh Werkstoff* 66:51-56
- Oltean L., Hansmann C., Németh R., Teischinger A. (2009) Wood surface discolouration of three hungarian hardwood species due to simulated indoor sunlight exposure. *Wood Research.* 55(1): 49-58
- Ota M., Ogata H., Jono Y., Hirota K., Abe K. (1997) Light-Induced Color Changes of Acetylated Veneers of Kiri (*Paulowniatomentosa* Steud.). *Mokuzai Gakkaishi* 43:785-791



- Pandey K. K. (2005) Study of the effect of photo-irradiation on the surface chemistry of wood. *Polym. Degr. Stab.* 90(1):9-20
- Pandey K. K., Vuorinen T. (2008) Comparative study of photodegradation of wood by a UV laser and a xenon light source. *Polym. Degrad. Stab.* 93(12):2138-2146
- Podgorski L., Merlin A., Deglise X. (1996) Analysis of the Natural and Artificial Weathering of a Wood Coating by Measurement of the Glass Transition Temperature. *Holzforschung* 50:282-287
- Sharratt V., Hill C. A. S., Kint D. P. R. (2009) A study of early colour change due to simulated accelerated sunlight exposure in Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Polym. Degrad. Stab.* 94:1589-1594
- Tolvaj L. and Faix O. (1995) Artificial Ageing of Wood Monitored by DRIFT Spectroscopy and CIE L\*a\*b\* Color Measurements. I. Effect of UV Light. *Holzforschung* 49 (5):397-404
- Tolvaj L. and Mitsui K. (2005) Light Source Dependence of the Photodegradation of Wood. *J. Wood Sci.* 51(5):468-473
- Tolvaj L., Mitsui K., Varga D. (2011) Validity limits of Kubelka-Munk theory for DRIFT spectra of photodegraded solid wood. *Wood Sci. Technol.* 45:135-146
- Wang X. and Ren H. (2008) Comparative study of the photo-discoloration of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel) and two wood species. *Applied Surface Science* 254:7029-7034

## Nyílászárók szerkezeti elemeinek hatása a teljesítményjellemzőkre\*

### I. rész. A rugalmas ütközések hatása az ablak légzárására

BENCSIK Balázs<sup>1</sup>, KOVÁCS Zsolt<sup>1</sup>, DÉNES Levente<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NymE FMK, Faanyagtudományi Intézet

#### Kivonat

Az épület energetikai mérlegében nagy szerepet töltenek be a különböző nyílászáró szerkezetek, melyekre az EU új termékszabványában rögzített teljesítményjellemzők vonatkoznak. A teljesítményjellemzők között szerepel az ablakok légzárési követelményértéke is, amit egy adott használatra szánt ablaknak a beépítés pillanatában teljesítenie kell. Kísérletsorozatunk célja az, hogy megvizsgáljuk azon szerkezeti elemeket, amelyek szignifikáns módon befolyásolják egy nyílászáró légzárési teljesítményét. E cikkben a rugalmas ütközések szerepét ismertetjük. A kísérletsorozat során laboratóriumi körülmények között vizsgáltuk az ablakok légzárását peremtömítéssel és középtömítéssel, majd külön-külön eltávolítva azokat és végül a használt középtömítést cseréltük le egy teljesen új tömítésre és végeztük el a szabványos vizsgálatokat. A középtömítés eltávolításával az ablakok légzárása minden nyomásfokozaton jelentős mértékben romlott, míg a peremtömítés eltávolítása nem okozott minden

\*A kutatás a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás komplex feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

This research was supported by the European Union and co-financed by the European Social Fund in frame of the project „Talentum - Development of the complex condition framework for nursing talented students at the University of West Hungary”, project ID: TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018