

Kudronné Berta Eszter¹, Kemes Balázs², Takács Lajos³,
Majorosné Lublóy Éva⁴, Perlakiné Patkó Csilla⁵

TÉPETT-FARKASOLT TEXTILHULLADÉK TÜZZEL SZEMBENI VISELKEDÉSÉNEK VIZSGÁLATA

EXAMINATION OF THE FIRE BEHAVIOR OF TORN AND SHREDDED TEXTILE WASTE

KIVONAT / HUN

A textilipar és az építőipar óriási ökológiai lábnyomát egyszerre lehetne csökkenteni, amennyiben a textilipar hulladékát épületek hőszigeteléseként tudnánk alkalmazni. Egy 2022-ben készült TDK munkában a textilhulladék hővezetési és hangelnyelési tényezőjét vizsgáltuk, melynek eredményei biztattak a további kutatásra. A textilhulladék építőanyagként való alkalmazásának egyik kritikus pontja az éghetőség, amely meghatározza a beépíthetőséget. 2023-ban készített TDK dolgozatomban célunk volt egy a textilhulladékból tépéssel, majd farkasolással előállítható vattaszerű anyag, mint hőszigetelő építőanyag tűzállóságának meghatározása, ezáltal az anyag beépíthetőségének körülhatárolása. A tűzvédelmi osztály szabvány szerinti besorolását becsültük meg az éghetőség, füstfejlesztés és az égve csepegés vizsgálatával. A vizsgálatokat kezeletlen, valamint égéskésleltető vízűveggel átitatott próbatesteken végeztük el.

Kulcsszavak: újrahasznosítás, körkörös gazdaság, textilhulladék, hőszigetelés, tűzvédelem, éghetőség

ABSTRACT / ENG

The huge ecological footprint of the textile and construction industries can be reduced simultaneously if textile waste can be used as thermal insulation in buildings. In a TDK work in 2022, we investigated the thermal conductivity and sound absorption coefficient of the textile waste, and the results encouraged further research. One of the critical points of the application of textile waste as a building material is its combustibility, which determines its buildability. In my TDK thesis in 2023, we aimed to determine the fire resistance of a cotton-like material, which can be produced from textile waste by tearing and then shredding, as a thermal insulation building material, and thus to delimit its buildability. The fire classification according to the standard was estimated by testing the combustibility, smoke generation and burning drip. The tests were carried out on untreated specimens and on specimens impregnated with flame retardant water glass.

Keywords: recycling, circular economy, textile waste, thermal insulation, fire protection, combustibility

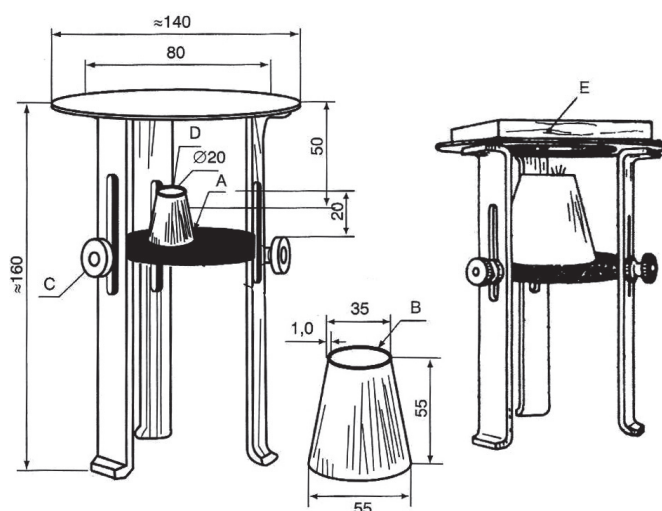
ektorált tartalom

¹ építészmérnök hallgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építészmérnöki Kar, e-mail: eszter.szolo@gmail.com
² okl. építészmérnök, DLA, egyetemi adjunktus, BME Építészmérnöki Kar, Középülettervezési Tanszék, e-mail: kemes.balazs@epk.bme.hu
³ okl. építészmérnök, tűzvédelmi tervező, PhD, tanszékvezető egyetemi docens, BME Építészmérnöki Kar, Épületszerkezetek Tanszék, e-mail: ltakacs@epsz.bme.hu
⁴ okl. építőmérnök, szerkezetépítő betontechnológus szakmérnök, tűzvédelmi tervező, DSc, habil., egyetemi tanár, Budapesti Műszaki és Gazdaság Tudományi Egyetem, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék, e-mail: lubloy.eva@emk.bme.hu
⁵ okl. építészmérnök, PhD, egyetemi adjunktus, BME Építészmérnöki Kar, Épületszerkezetek Tanszék, e-mail: cspatko@epsz.bme.hu

1. | HŐSZIGETELŐ ANYAGOK ÉS A FENNTARTHATÓSÁG

Mivel az építőipar globális energiafelhasználása, széndioxid kibocsátása és hulladéktermelése is évről évre növekszik, érdemes figyelmet fordítani arra, hogy épületeink szigetelő anyagainak primer energiatartalma alacsony legyen. Az épület ökológiai lábnyoma ugyanis nem csak az építkezés környezetterheléséből adódik, hanem a „cradle to cradle” („bölcsőtől bölcsőig”) elv alapján az építőanyagok legyártásától kezdve, a beépítésen keresztül, egészen a bontásig és a hulladékkezelésig minden folyamat környezetterhelését és energiafelhasználását számításba kell venni. A jelenleg leggyakrabban alkalmazott hőszigetelő anyagok azonban vagy kőolajszármazékok (polisztirolhab, poliuretánhab) vagy nagyon nagy a gyártási energiaigényük (üveggyapot, kőzetgyapot). Emiatt zajlik egyre több kísérlet természetes vagy hulladék alapanyagú szigetelések létrehozására, valamint csúcstechnológiával készülő, extra teljesítményjellemzőket elérő hőszigetelőanyagok megalkotására. A természetes vagy hulladék alapú hőszigetelő anyagok jellemzően alacsony gyártási energiaigény mellett gyárthatók, sokszor megkötött szén-dioxidot tartalmaznak, ezért az ökológiai lábnyom számításánál az alapanyagok nagyon alacsony, illetve hulladék esetén 0 értékkel bírnak. Esetükben felmerülő kérdés, hogy az alkalmazhatóság érdekében milyen mellékanyagokat alkalmaznak. A nanotechnológiás hőszigetelőanyagok a gyártási energiaigényt és a szintetikus alapanyagok lábnyomát a fajlagosan kisebb szükséges mennyiséggel kompenzálják.

A kutatás korábbi szakaszában sok szó esett a piacon fellelhető természetes vagy hulladék alapanyagú hőszigetelő anyagokról és az ilyen irányú kísérletekről [1] [2] [3]. Ezek közül most csak két pamut alapú hőszigetelő anyagokat gyártó céget említenénk. Az amerikai Bonded Logic Inc. Ultra Touch DENIM terméke 80%-ban használt farmerek feldolgozásával készít hőszigetelő paplant, míg a szlovák Envirotex, szélesebb körben használja fel a textilhulladékot – hőszigetelés mellett rezgésszigetelés, zajvédő falak és vízvizsszatartó feltöltések készítéséhez is gyártanak termékeket.



1. ÁBRA: Lindner-készülék [10]

A: acél égőtömb, B: kürtő, C: állítócsavar, D: pasztilla, E: próbatest

Az általunk vizsgált anyag a Fandaro szécsényi gyár terméke [4]. Ez a cég hazai szabászatokból, varrodákból gyűjti be a vegyes szálösszetételű anyagmaradékokat, melyeket aztán tépőgépekkel hosszúk darabokra, majd farkasológépekkel vattaszerűvé alakítanak. A farkasológép (a kártológéphez hasonló) tűskés hengerek mozgatásával dolgozik, ezáltal a különböző textileket szálaira bontja. Az így előállított vattaszerű anyagból készített paplanokat mélyhűtött élelmiszerek biztonságos, hűtő nélküli szállításához forgalmazzák, jó hőszigetelő képessége és a gyártás körforgásos jellege miatt érdekes számunkra.

2. | A TŰZZEL SZEMBENI VISELKEDÉS VIZSGÁLATA

A rendkívül környezetterhelő divatiparban megjelenő nagy mennyiségű használatruha, textilhulladék, feltételezésünk és a fent említett néhány pozitív példa szerint hasznosítható lenne az építőipar számára alapanyagként. Definíció szerint az építési hőszigetelő anyagoknak a hővezetési tényezője $10\text{ °C-on mérvé } 0,06\text{ W/mK}$ érték alatt kell legyen, ezen kívül követelményértékek vonatkoznak egyéb fizikai tulajdonságaikra. Ilyenek a térfogat- és mérettartás, kártevőkkel szembeni ellenállóképesség, fizikai és kémiai stabilitás. A megfelelő tervezhetőség érdekében szükséges ismernünk az anyag tűz-, hő- és fagyállóságát, higroszkóposágát, páraáteresztő képességét [5]. Hasznos információ lehet a hőszigetelő anyagok esetén is valamely akusztikai jellemző. A pamutszálak előnyös tulajdonságai [6] alapján tett hipotéziseket – jó hőszigetelőképeség és zajcsillapítás – a korábbi TDK dolgozat [1] [3] keretében megvizsgáltuk tépett-farkasolt textilhulladékból készített próbatesteken. Ezen mérések biztató eredményei után felmerülő legfontosabb kérdés az éghetőség, tűzzel szembeni viselkedés, amely meghatározza a beépíthetőséget.

Első vizsgálatként az anyag gyúlékonyságát szükséges megnézni. EN ISO 11925-2 szabvány szerint kemencében pontszerű gyújtóforrással 15, illetve 30 másodperces kitéti idő alatti hatás figyelhető meg. A gyúlékonyság vizsgálatát végezhetjük az MSZ EN ISO 11925-2:2011 [7] szabvány alapján is. Az egyedi lángforrásos vizsgálat során direkt gyújtólángot alkalmaznak, gyulladást, lángterjedést és égve csepegést figyelnek meg. A második vizsgálat egy égő tárggyal történő vizsgálat (EN 13823 szabvány szerint), amely az anyag belső sarokhelyzetben történő beépítése esetén egy kisebb lánghatást vizsgál, az összegyűjtött füstgázok elemzésével egyidejűleg.

2.1. A MÉRÉSI MÓDSZER

A kutatás jelenlegi stádiumában egy előzetes vizsgálatra került sor, amely a kutatást és anyagfejlesztést segíti egy későbbi szabványos vizsgálat előkészítéseként. Az előzetes vizsgálatot az építési faanyag beégésvizsgálatához használatos MSZ 9607-1:1983-as szabvány [8] szerinti Lindner-módszerrel végeztük. Ez lényegét tekintve a szabványos vizsgálatlal megegyező, azaz pontszerű gyújtóforrást alkalmaz, kis kitéti idő alatti hatást figyel meg. A kezeletlen próbatest-



2. ÁBRA: Gyúlékonyság vizsgálat a Lindner-módszerrel.

Balra: a próbatest nem gyullad meg, csak izzik (kevert szálás minta, 30 gramm kálvízűveggel).

Középen: a próbatest szenesedése terjed, erős füstképződés jelentkezik (kevertszálás minta, 10 gramm nátronvízűveggel).

Jobbra: a próbatest lánggal ég (kevert szálás minta, 20 gramm kálvízűveggel)

tek várható gyúlékonysága miatt ez a módszer *arányosabb* volt a kutatás jelen szakaszában. Különböző tulajdonságú próbatestek esetén figyelhettük meg az egységnyi lánghatásra bekövetkező égést, lángképződést, szenesedést, a beégési időt, a keletkező füst mennyiségét, színét, illetve az anyagok viselkedését. A vizsgálat folyamata: a Lindner-készülékbe **(1. ábra)** 1 gramm hexametilén-tetramin pasztillát helyezünk, meggyújtjuk, a lángra gyorsan acél kürtöt helyezünk, és a próbatestet a láng fölötti, környálással ellátott acéllemezre tesszük [9].

A kísérlet során a kezeletlen próbatestek mellett égéskésleltetővel kezelt mintákat is vizsgáltunk. Égéskésleltetőként kétféle vízűveget alkalmaztunk, mivel ezek viszonylag kis

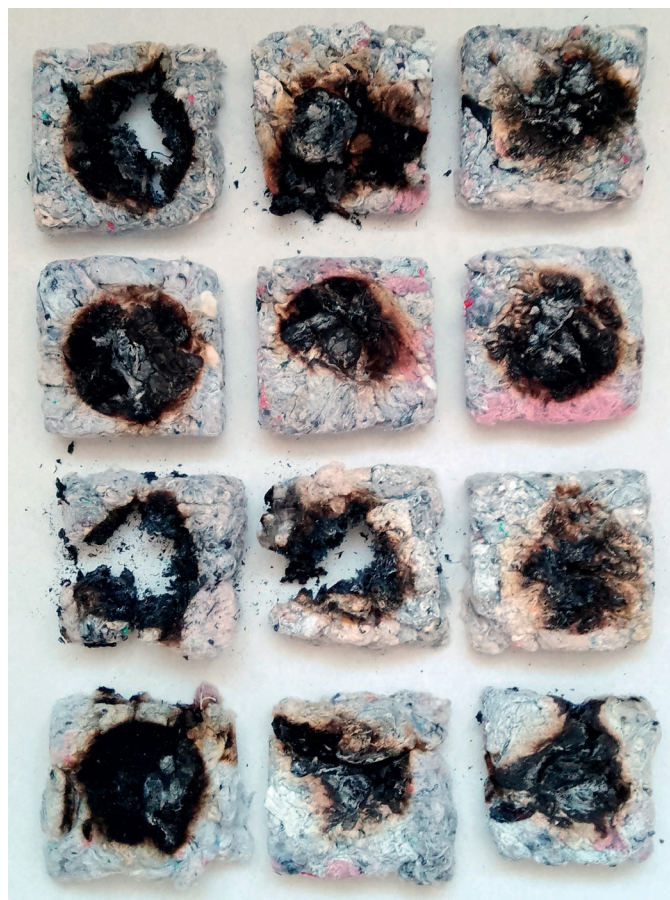
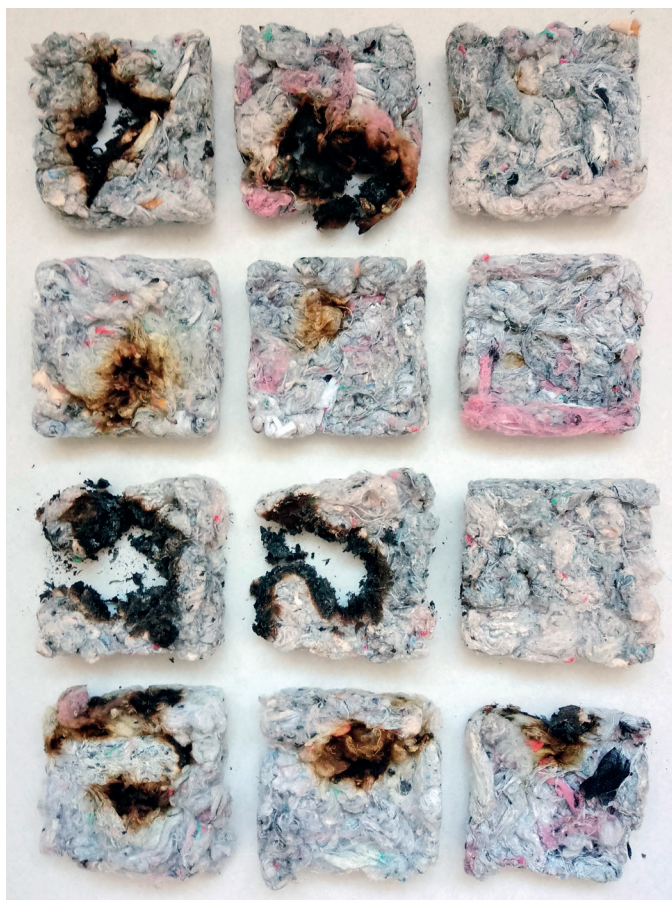
környezetterheléssel bírnak. A vízűveg olyan sóoldat, melyet akár házi körülmények között is alkalmaznak hőállóság, tűzállóság, időjárásállóság növelésére. Az oldat a levegő szén-dioxid tartalmának hatására megszilárdul, belőle kovasav válik ki. Használják betonfelületek és faanyagok impregnálására, stukkók készítése során, fémek javításához, de még víztisztító berendezésekben és az élelmiszeriparban is. A leggyakrabban nátronvízűveget (nátrium-szilikát) alkalmaznak, amelynek gyártása viszonylag egyszerű. A kálvízűveg (kálium-szilikát) hasonló tulajdonságokkal rendelkezik, azonban páraáteresztő. Egy szálás szerkezetű hőszigetelő anyagnak vélhetően alacsony a páradiffúziós ellenállása, így kálvízűveggel az előnyösebb, lélegző falszerkezet is kivitelezhető lenne.

2.2. PRÓBATESTEK KÉSZÍTÉSE

A korábbi tanulmány alapján a textilhulladékból tépéssel, majd farkasolással előállított vatta hővezetési tényezője 60 kg/m^3 testsűrűsége a legalacsonyabb, a legjobb hőszigetelő, így jelen tanulmányban ilyen testsűrűségű próbatestet készítettünk. A szemléletesség kedvéért most csak egy változóval dolgoztunk, a vízűveg arányával. A $100 \times 100 \times 20$ mm-es próbatestek 12 gramm textilanyagot tartalmaznak. Ezekhez kevertünk hozzá 10, 20 és 30 grammnyi 36 tömegszázalékos nátron-, illetve 28 tömegszázalékos kálvízűveget **(2. ábra)**. Az anyag sűrűségének és vízűveggel való keveredésének homogenitására törekedtünk. Azt tapasztaltuk, hogy a vízűvegtől a textilszálak összeálltak, a vattacsomók egymáshoz tapadtak, a száradás során a próbatestek keménnyé váltak. Egyfajta referenciaként egy próbatestekkel azonos méretű EPS lapot is vizsgáltunk **(3. ábra)**.



3. ÁBRA: Az EPS minta a lánghatásra 10 másodpercen belül kiolvadt



4. ÁBRA: Próbatetek a vizsgálat sorrendje szerint rendezve: bal oldali képen a próbatetek felső felülete, a jobb oldali képen a próbatetek alsó felülete

3. | VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

A kezeletlen próbatetek egyértelműen éghetőek, szinte azonnal meggyulladtak, lánggal, sok füsttel égnek, mely folyamat a lánghatás megszűnése után is folytatódik.

A kezelt próbatetek esetén érdekes tapasztalat a szálösszetétellel kapcsolatos összefüggés (4. ábra). A pamut szálak anyagok nem gyulladtak meg és nagyon kevés füstöt fejlesztettek, azonban a kevert szálak, kevesebb vízüveget tartalmazó minták átégtek. Ezen belül különbség mutatkozott a kétféle vízüveg között is. A nátrónvízüveg esetén kisebb mértékű volt a szenesedés a pamut mintánál, a kevert szálak minták sem lánggal égtek, csupán füstölő parázssal égett át a minta. A kálivízüveg esetén a lassú parázslás nagyon sokáig fennmaradt a pamut mintánál, a kevert szálak minta pedig kisebb arányú vízüveg mellett lánggal égett.

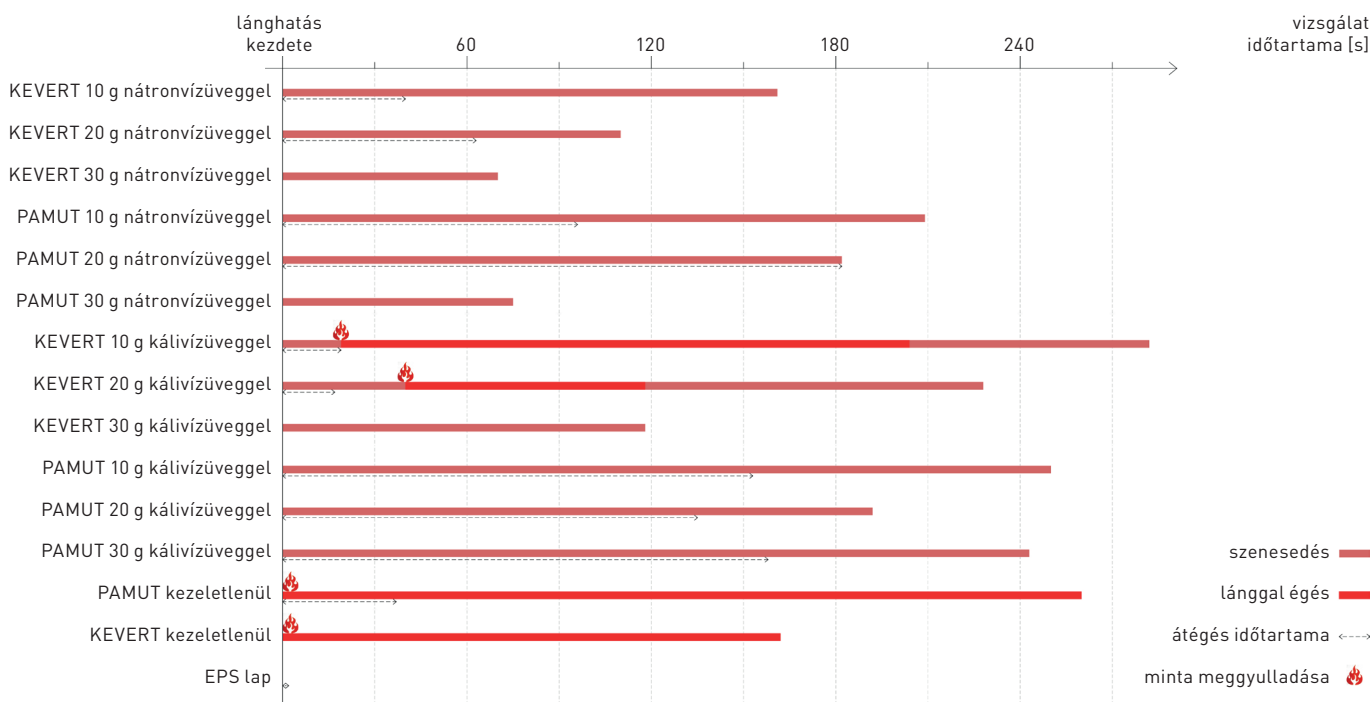
Jól látható balról jobbra haladva, ahogy nő a vízüveg aránya, a vízüveg hatására megnövekedett az anyag lánggal szembeni ellenállása. A második és negyedik sorba helyezett pamut minták esetén észrevehető, hogy a láng és hő hatása inkább szenesedés formájában érzékelhető, azonban elég jól lefojtják a tüzet a pamutszálak. A kálivízüveges kezelés után (alsó, negyedik sor) a mintákon kizárólag szenesedés, izzó parázssal történő átégés figyelhető meg, mely a kálivízüveg növekvő arányában egyre kisebb felületen történt.

Egymáshoz viszonyítva (5. ábra) a vízüveggel kezelt mintákat, azt állapíthatjuk meg, hogy a pamut szálak próbatetek jobban ellenálltak a lánghatásnak, a kevert szálak mintákhoz képest sokkal lassabban jelentkezett bármilyen hatás, nem kaptak lángra, lassabban és kevésbé szenesedtek el. A különbséget feltehetően az okozza, hogy a pamutszálak könnyebbek, így ezek a próbatetek azonos testsűrűség mellett jóval tömöttebb mintákat alkottak. A sűrűbb szálak közötti kevesebb levegő jelenléte a mintában a láng lefojtását, a hő lassabb terjedését eredményezte.

Az összes próbatestre igaz, hogy a belsejében létrejött parázs sokáig fennmaradt, a szenesedés lassan továbbterjedt. Az építőanyagként történő beépítés során ez fontos információ, mivel tüzeset után még sokáig rejtett tűzfészekként jelentene problémát az anyag sajátos viselkedése.

4. | BEÉPÍTHETŐSÉG

A vizsgált anyag kezeletlen formában várhatóan az E tűzvédelmi osztályba lenne besorolható az MSZ EN 13501-1:2007+A1:2010 [11] szabvány szerint, mivel nagyon nagy a részvétele a tűzben, 10 perc eltelté előtt meggyullad. Fontos tulajdonsága, hogy éghető, égve nem csepeg, de füstfejlésére jelentős. A vízüveggel kezelt anyag elérheti a D-s2,d0



5. ÁBRA: A vizsgálati eredmények grafikusán ábrázolva

tűzvédelmi osztályt, a pamutszálas vízűveggel kezelt anyag pedig akár a D-s1,d0 osztályt is, ugyanis a megfelelő esetekben 2 perc eltelte után gyulladt meg, illetve terjedt át a szenesedés az anyag túlsó felületére, de 10 perc előtt; részvétele a tűzben lényeges, füstfejlesztése nagyon alacsony vagy közepes, égve csepegés nem tapasztalható.

Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat [OTSZ] [12] szerint csak 150 °C-nál magasabb gyulladási hőmérsékletű építőanyag építhető be. A második melléklet táblázatai alapján E tűzállósági osztályú hőszigetelőanyag beépíthető lapostetők és alacsony hajlású tetők esetén az összes kockázati osztályban, amennyiben réteges szerkezeti kialakításban az elvárt tűzállósági teljesítmény-jellemzőket (R, E, I) önmagában a födém teljesíti; lapostetők és alacsony hajlású tetők esetén NAK (nagyon alacsony kockázatú) és AK (alacsony kockázatú) kockázati osztályban, amennyiben kötött rétegrendben vizsgálattal igazolt a szerkezet; magastetők, beépített tetőtér esetén NAK mértékadó kockázati osztályú, csak egy lakást tartalmazó lakóépület vagy lakó rendeltetésű önálló épület-rész esetén.

A OTSZ 24-26.§ szerint nem szükséges homlokzati tűzterjedés elleni védelmet biztosítani, azaz D és E tűzállósági osztályú hőszigetelőanyag is beépíthető átszellőztetett légréssel szerelt homlokzati fal esetén kizárólag a lábazati zónában; egy tűzszakaszon belül az ipari, mezőgazdasági, tárolási célú, maximum kétszintes és 500 m²-es alapterületű helyiségcsoport homlokzatán, mely kiürítés első szakaszában kiüríthető; egy tűzszakaszon belül nyílás nélküli lábazati fal esetén; egy tűzszakaszon belül tűzterjedés szempontjából egy légtérrel képező helyiséghez tartozó homlokzaton; egy tűzszakaszon belüli egyszintes épület homlokzatán; egy tűzszakaszon belüli, legfeljebb háromszintes egyalakos lakóépület, vagy üdülő homlokzatán.

D osztályú hőszigetelő anyag általános helyeken beépíthető, E osztályú hőszigetelő anyag csak akkor, ha vizsgálattal igazoltan teljesíti a homlokzati tűzterjedési határérték-követelményt vagy homlokzati tűzterjedési gátat építenek be. A határérték-követelményeket az OTSZ 26.§ 3) bekezdése tartalmazza, a 4) bekezdésben a kivételekkel – például nem kell betartani a 15 perces tűzterjedési határérték-követelményt, amennyiben az épület legfeljebb háromszintes és NAK, AK vagy KK (közepes kockázati osztályú) mértékadó kockázati osztályba tartozik. Ezek a kivételek még így is elég széles használhatóságot jelentenek, gondoljunk csak a jellemzően E tűzvédelmi osztályú EPS hőszigetelőlapok alkalmazásának gyakoriságára.

5. | KONKLÚZIÓ

A vizsgált anyag építőanyagként való alkalmazásának lehetőségét nem zárja ki az éghetősége. Természetesen még számos további kísérlet és vizsgálat szükséges ahhoz, hogy építőanyagként lehessen hasznosítani a textilhulladékot. A mostani kutatás viszont megerősítette, hogy érdemes folytatni a munkát. A kísérletsorozat alkalmával nem várt összefüggések tárultak fel, amelyeket érdemes lenne alaposabban vizsgálni, hiszen alapvetően határozták meg a próbatetek viselkedését. Az anyag inhomogenitására való tekintettel nagyobb számú kísérlet után lenne lehetőség kiválasztani külön a pamut és külön a kevert szálas próbatetekre vonatkozóan egy optimálisnak nevezhető vízűveg arányt – optimalizálni az éghetőséget és a vízűveg általi ökológiai terhelést –, és ezzel újra hővezetési tényező méréseket végezni. Nehéz kérdésnek tűnik, de a hővezetési tényezővel összefüggésben a testsűrű-

séget is optimalizálni kellene a két előző tulajdonság függvényében. Valószínűsíthetően romlik az égéskésleltetővel kezelt anyag hőszigetelő képessége, mivel itt az anyag testsűrűsége és jellege is megváltozott a vízüveg hatására. *E három tényező közötti optimális egyensúly vizsgálata egy következő kutatás feladata.* Fontos lenne a későbbiekben az építőanyagokra speciálisan vonatkozó szabványos vizsgálatok elvégzése.

Sajnos a pamutgyártásra és textiliparra jellemző számtalan vegyi anyag használata [13], melyek a ruhadarabok értékesítése, használata után is részben megtalálhatóak az anyagban [14]. Ezen vegyi anyagok főként az illékony szerves vegyületek kipárolgása miatt kérdésesek, azonban gyártói tájékoztatás hiányában és az anyagösszetétel sokfélesége miatt ezt csak nagyon nagy számú anyagminta bevizsgálásával lehet ellenőrizni. A fentiek mellett érdemes lenne megvizsgálni az anyag roskadását, nedvességre való érzékenységét, mindezen jellemzők értékét pontosabban ismert, különböző arányú szálösszetétellel.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] **Kudronné Berta Eszter:** Tépett-farkasolt textilhulladék tűzzel szembeni viselkedésének vizsgálata. TDK dolgozat, BME Építészmérnöki kar, Speciális épületszerkezetek szekció, 2023, <https://tdk.bme.hu/conference/EPK/2023/sessions/Epszerk3/paper/Tepettfarkasolt-textilhulladek-tuzzel>
- [2] **Kudronné Berta Eszter:** Textilhulladék hasznosítása az építőiparban. TDK dolgozat, BME Építészmérnöki Kar, Zöld szekció, 2022, <https://tdk.bme.hu/conference/EPK/2022/sessions/Zold2/paper/Textilhulladek-hasznositasa-az-epitoiparban>

- [3] **Kudronné Berta Eszter, Dr. Kemes Balázs, Dr. Nagy Balázs, Nagy Attila Balázs, Dr. Perlakiné Dr. Patkó Csilla:** A textilhulladék hasznosítási lehetőségei az építőiparban, Magyar Építőipar 71. évf. 3. szám [2022], 123-128. o., DOI10.17168/MEIP.2022.71.123, <https://ojs.magyarepitoipar.com/index.php/MEI/article/view/2022-3-3>
- [4] **I:** Cold-chain packaging box insulation liners for frozen products. Webhely, <https://fandaro.eu/>
- [5] **Bozsaky Dávid:** Építési hőszigetelő anyagok, TERC Kft., Budapest, 2017., 220 o.
- [6] **Bozsaky Dávid:** Pamut alapanyagú hőszigetelések, Magyar Építéstechnika 57. évf. 8-9. szám [2019], 42-44. o.
- [7] **MSZ EN ISO 11925-2:2020** Tűzzel szembeni viselkedési vizsgálatok. Építési termékek gyúlékonysága közvetlen lánghatásra. 2. rész: Vizsgálat „egyetlen láng” gyújtóforrással
- [8] **MSZ 9607-1:1983** Égéskésleltető szerrel kezelt fa és fahelyettesítő anyagok vizsgálata. Az égéskésleltetés hatékonyságának vizsgálata és minősítése Lindner-módszer alapján
- [9] **Bíró András, Földes Tamás, Bíró Boglárka, Lublőy Éva:** Az építőiparban használt fa vizsgálata CT-vel. Védelem és Tudomány: Katasztrófavédelem online tudományos folyóirat 6. évf. 2. sz. (2021), 19-36. o., <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/download/13458/10862/>
- [10] **Németh L.:** 9. Faszerkezetek tűzállóságának tervezése, 9.3 Az égéskésleltető anyagok hatásmechanizmusai. In: Faanyagok és faanyagvédelem az építőiparban, Agroinform Kiadó, Bp., 2003.
- [11] **MSZ EN 13501-1:2007+A1:2010** Épületszerkezetek és építési termékek tűzvédelmi osztályozása. 1. rész: Osztályba sorolás a tűzvesélyességi vizsgálatok eredményeinek felhasználásával
- [12] **54/2014. (XII. 5.) BM rendelet** az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról. <https://njt.hu/jogszabaly/2014-54-20-0A.4>
- [13] **Alden Wicker:** Fast fashion is creating an environmental crisis. Newsweek Magazine, 2016.09.01., <https://www.newsweek.com/2016/09/09/old-clot-hes-fashion-waste-crisis-494824.html>
- [14] **Giovanna Luongo:** Chemicals in textiles – A potential source for human exposure and environmental pollution. PhD értekezés, Stockholmi Egyetem, 2015, <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:850089/FULLTEXT02.pdf>