

Kudronné Berta Eszter¹, Dr. Kemes Balázs², Dr. Nagy Balázs³,
Nagy Attila Balázs⁴, Dr. Perlakiné Dr. Patkó Csilla⁵

A TEXTILHULLADÉK HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI AZ ÉPÍTŐIPARBAN

TEXTILE WASTE UTILIZATION POSSIBILITIES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

KIVONAT / HUN

A körkörös gazdaság modellje alapján a hulladékként megjelenő anyagok nyersanyagként forgathatók vissza a rendszerbe, akár iparágakon átívelően. A lakossági textilhulladék jellemzőit figyelembe véve felmerülhet a kérdés, hogy hő- vagy hangszigetelésként alkalmazható lehet-e? Mivel a szakirodalomban e kérdésre jelenleg nem kaptunk kielégítő választ, ezért kutatásunkban a textilhulladékok építőipari célú újrahasznosításának lehetőségeit vizsgáltuk az anyagtulajdonságok szempontjából. Épületfizikai, azaz hőtechnikai és akusztikai laborméréseket végeztünk különböző textilhulladékból készült próbatestenen. A vizsgált minták hővezetési tényezője 0,036-0,074 W/(mK) közötti eredményeket mutatott, míg a hangelnyelési tényezője minden esetben a [0;1] tartományba esett.

Kulcsszavak: újrahasznosítás, körkörös gazdaság, ökológikus építészet, textilhulladék, hőszigetelés, hangszigetelés

ABSTRACT / ENG

Based on the circular economy model, materials that become waste can be recycled back into the system as raw materials, even across industries. Considering the characteristics of household textile waste, the question may arise whether it can be used as thermal or sound insulation. As the literature does not currently answer this question satisfactorily, our research investigated the possibilities of recycling textile waste for construction purposes. To analyse the applicability, we carried out building physics investigations, i.e. thermal and acoustic laboratory tests on different textile waste test specimens. The thermal conductivity of the tested samples showed results in the range of 0.036-0.074 W/(mK), while the sound absorption coefficient was in the range [0;1] in all cases.

Keywords: recycling, circular economy, ecological architecture, textile waste, thermal insulation, sound insulation

ektorált tartalom

¹ építésmérnök hallgató, BME Építésmérnöki Kar,
e-mail: eszter.szolo@gmail.com

² okleveles építésmérnök, DLA, egyetemi adjunktus, BME Építésmérnöki Kar Középülettervezési Tanszék,
e-mail: kemes.balazs@epk.bme.hu

³ okleveles szerkezet-építőmérnök, PhD, egyetemi docens, BME Építőmérnöki Kar Építőanyagok és Magasépítés Tanszék,
e-mail: nagy.balazs@emk.bme.hu

⁴ okleveles villamosmérnök, tanszéki mérnök, laboratóriumi vezető, BME Építésmérnöki Kar Épületszerkezzetani Tanszék,
e-mail: anagy@epsz.bme.hu

⁵ okleveles építésmérnök, PhD, egyetemi adjunktus, BME Építésmérnöki Kar Épületszerkezzetani Tanszék,
e-mail: cspatko@epsz.bme.hu

1. | A TÉMA AKTUALITÁSA

Napjainkra a Föld népessége meghaladta a 8 milliárd főt. Az ismert történelemben korábban soha nem tapasztalt növekedés ez, amely az elemzések alapján tovább folytatódik. A népességnövekedéssel együtt jár, hogy egyre többen osztozunk a bolygónk adta véges erőforrásokon és lehetőségeken, a korábbi évszázadokban vagy évezredekben még tágas világ egyre szűkösebbé válik. Ezt a folyamatot tovább gyorsítja az éghajlatváltozás, amelynek következtében nem csak a térlehatárolás eszközei fogynak, hanem az emberi életre alkalmas terület is. Az egyes kontinenseket és országokat vizsgálva hatalmas különbségek tapasztalhatók, amelyek egyre feszítőbb egyenlőtlenégeit sűrűsödő gazdasági és társadalmi válságok jelzik. Nagy különbség van abban a tekintetben is, hogy mit érzékelünk közvetlenül vagy mit gondolunk ezekről a változásokról a „fejlett világhoz” tartozó területen, vagy azon kívül.

Növekvő egyetértés mutatkozik viszont abban, hogy ez a folyamat egyre kevésbé fenntartható, paradigmaváltásra van szükség. Arról azonban megoszlanak a vélemények, hogy pontosan mit is kellene tennünk. Bár a problémákat jelző jelenségek sok hasonlóságot mutatnak, az eltérő földrajzi, társadalmi és gazdasági adottságok miatt várhatóan több eltérő, a lokális helyzetekhez igazodó modellrendszerre lesz szükség. Számos kutatás és kísérlet folyik jelenleg is, hogy kialakuljanak ezek az új működési modellek, amelyek legfontosabb közös tulajdonsága a környezetükhöz igazított, holisztikus értelemben fenntartható működtetés. Az egyik ilyen ígéretes modell a körforgásos gazdasági stratégia, amelyre épít és amelyhez kapcsolódik ez a cikk.

„Már nem civilizációnk fenntartható fejlődéséről, hanem „fenntartható visszavonulásról”, az élőhelyek gyökeres megváltozásáról, a puszta élet folytathatóságának lehetőségéről kellene beszélnünk. A Föld ilyen civilizációs elvárások mellett képtelen eltartani 7 (ma már több mint 8) milliárd embert (...) Megoldás: visszatérni / előrelépni a technika egy, a bioszféra által még tolerált szintjére egy másfajta társadalmi struktúrában.” [1]

2. | A TEXTILHULLADÉKOK ÚJRAHASZNOSÍTÁSÁNAK SZEREPE A KÖRKÖRÖS GAZDASÁGBAN

Az Európai Parlament 2021. június 24-én elfogadta az új uniós klíma rendeletet [2], amely jogilag kötelezővé teszi az üvegházhatású gázok kibocsátásának 55%-os csökkentését 2030-ig, és a klíma semlegességet 2050-ig [3]. A hazai körforgásos gazdasági stratégián belül kiemelt szakpolitikai területnek számít az építőipar, és azon belül az épületek. Az építésgazdasági stratégia körforgásos átállásra vonatkozó céljait „A körforgásos gazdaság bevezetése és a hulladékgazdálkodás kihívásainak kezelése” című SRSP/TSI projekt hiányelemzésének megállapításai taglalják [4]. A tanulmány többek közt kitér a tervezési fázisban a körforgásos szemlélet erősítésére, majd a kivitelezési fázisnál az újrahasznosításra vonatkozó műszaki irányelvek kidolgozásának szükségességére. A használati időszakra vonatkozóan taglalja az épületek élettartamának meghosszabbítására irányuló körforgásos szempontokat, valamint az életciklus végén a hulladékok értékelését az újrafelhasználási lehetőségek szerint.

A kutatás témája a textilhulladék építőanyagként való továbbhasznosításának lehetőségeit vizsgálja, kezdve azokkal a mérésekkel, amik az anyag épületfizikai teljesítményét törekszenek felmérni. Ezzel biztosítva a körkörös szemléletmódhoz való csatlakozási lehetőségeket mind az építőipar, mind pedig a divatipar tekintetében. Miután

kialakult a kép a textilhulladék, mint nyersanyag tulajdonságairól, a következő fontos lépés az átalakítás technológiájának módszertan-vizsgálata, illetve magának az újrahasznosítás metodikájának kialakítása a körkörös szemléletmódon keresztül.

A legnagyobb környezetterhelő iparágak között található az építő- és a textilipar. A divatipar a GDP 2%-át teszi ki és az üvegházhatású gázok kibocsátásának 10%-áért felelős, míg az építőipar az üvegházhatású gázok kibocsátásának 40%-áért felelős jelenleg, a világ GDP-jének 6%-át adja [6] [7]. Becslések szerint a textilipar a negyedik legszennyezőbb iparágá vált, a karbonlábnyom mellett a vegyi anyagok használatának mértéke és a vízszennyezés miatt. A divatipar termelése az elmúlt két évtizedben jelentős növekedést ért el – a fogyasztói hozzáállás társadalmi elterjedésével párhuzamosan. Világszinten 10 nagy divatcég a ruhaipar bevételeinek körülbelül a harmadát birtokolja, amit úgy érnek el, hogy távol-keleti országokban alacsony munkabérekért olcsó alapanyagokból gyártatják le a ruhaneműket [6]. Erős marketingtevékenység segítségével tudják eladni az akár hetente megjelenő új kollekciókat – innen eredeztethető a fast fashion kifejezés. A mennyiség mellett a minőség is problémás, hiszen rövid gyártási idő alatt, rengeteg vegyszer felhasználásával készülnek a részben természetes szálakból, 60%-ban pedig kőolajszármazékokból álló ruhadarabok [8]. Az egyre rövidebb ideig viselt ruhadarabok közül így egyre több akad fenn a rostán a használt-



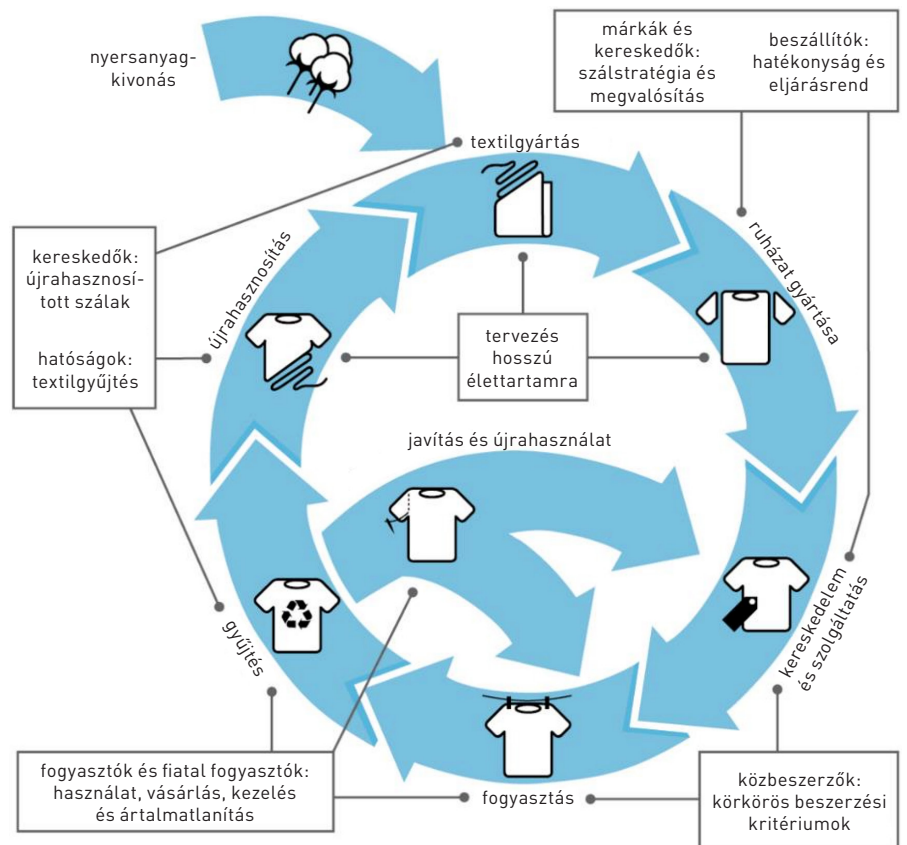
1. ÁBRA: Használtruha hegyek Afrikában [5]

ruha-kereskedelem és a jótékonyági adományozások során, majd kerül a hulladéklerakókba, égetőkbe. Végeredményként a felhasznált óriási mennyiségű energia és természeti erőforrás rövid idő alatt elértéktelenedik és kezelhetetlen mennyiségű hulladékként okoz problémát [9] (**1. ábra**). E hulladék nagy mennyiségű, légkörből megkötött szén-dioxidot tartalmaz és bár egy része természetes anyag, lebomlása – komposztálódása – nem előnyös a számos kémiai eljárás miatt, aminek a textilgyártás során a növényi rostokat alávetették [10].

Egy 2015-ös projekt keretében mérték az európai textilhulladék mennyiségét és minőségét, valamint energiaszükségletét is kiszámították [11]. Ebben az évben az EU-ban vásárolt ruhamennyiség 6,4 millió tonna volt, a kidobásra ítélt ruhamennyiség 11 millió tonna volt, melynek különbözete a gyártási folyamatok közben termelődő hulladékanyag. Az anyag típusok mennyiségét külön-külön mérték, és ezen adatok szolgáltak alapul az ökológiai lábnyom kiszámításához. Ez alapján a karbonlábnyom 195 millió tonna, a vízlábnyom 46,4 milliárd m³.

A textilipar lassú megújulása folyamatban van (**2. ábra**). Komoly kutatás-fejlesztés zajlik a textiliák minőségének javítására, a gyártási hulladék mennyiségének csökkentésére és új, környezetbarát alapanyagok megalkotására. A használt ruhák tekintetében egyre inkább elfogadott a ruhák elajándékozása, adományba adása, továbbértékesítése, így sok darab tovább körforgásban marad (**3. ábra**). A kidobásra ítélt ruhák azonban jelenleg jellemzően a kommunális hulladékgyűjtőbe kerülnek, ezáltal továbbhasznosításuk ellehetetlenül. A problémát felismerve fogalmazta meg 2018-ban az Európai Unió 2018/851-es irányelvét [12], mely szerint 2025. január 1-jétől a textilhulladékot külön kell gyűjteni, amelynek következtében az be tud lépni a hulladékhierarchia magasabb szintjén a hulladékhasznosításba, vagy akár vissza a gyártási folyamatba.

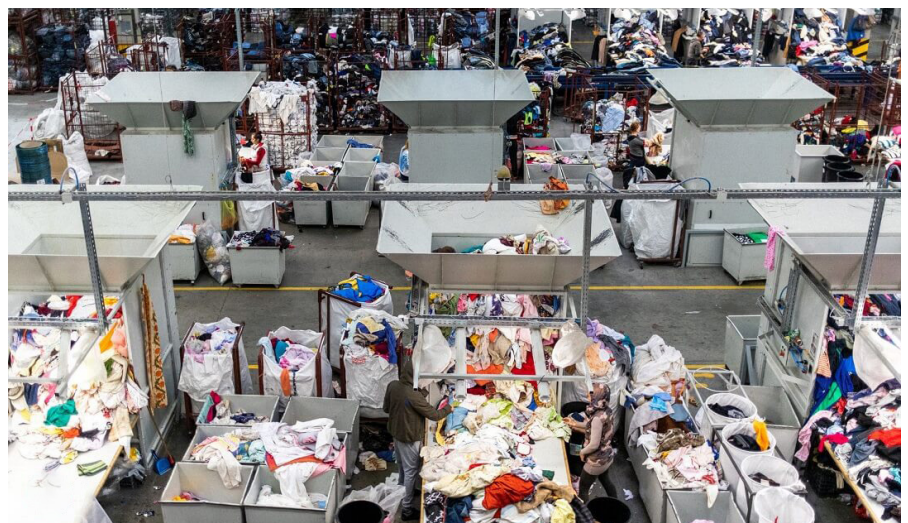
Számtalan felhasználási lehetősége van a használt ruháknak, lakástextileknek, de akár a gyártási anyagmaradékoknak, szabászati hulladékoknak is. Van olyan felhasználás, ahol nem mindegy az anyagösszetétel, illetve nem minden újrafeldolgozást végző



2. ÁBRA: A textilipar körforgásos működése [11] alapján

cég, vállalkozás vállalja a használt textilek tisztítását. A termelődő hulladék mennyisége és a mennyiség várható növekedése miatt azonban még ha ezek a vállalkozások növelik is a feldolgozóképeségüket, vagy az újrafeldolgozott termékek felértékelődése mentén

létesülnek új vállalkozások, akkor is marad kezelésre szoruló hulladék. Ezek – például építőipari – hasznosítása elkerülhetővé tenné, hogy égetésükkel, hulladéklerakóba küldésükkel tovább növeljük az üvegházhatású gázok mennyiségét a légkörben.



3. ÁBRA: Textrade hazai textilhulladék-válogató üzem [a korforras.hu hozzájárulásával] [13]



4. ÁBRA: A párna töltete



5. ÁBRA: „P” jelű párna



6. ÁBRA: „K” jelű próbatest

3. | TUDOMÁNYOS KUTATÁSOK: ÉPÍTŐIPARI TERMÉKEK TEXTIL-HULLADÉKBÓL

A szakirodalom áttekintéséből látható, hogy tudományos kutatásokban többen többféle megoldást is vizsgáltak a textilhulladékok építőipari célú felhasználására, az alább szereplő anyagtulajdonságok azonban nem deklarált értékek.

Fontos megemlíteni Briga-Sá és társai kísérletét, melyben cementes keverékhez adtak textilhulladékot különböző arányban. Nem-teherhordó blokkokat akartak így előállítani, az átlagosnál jobb hőszigetelő képességgel. Az anyag hővezetési tényezőjét $0,149 \text{ W/(mK)}$ -ig sikerült lecsökkenteniük [14]. Korábban, mások kéthéjú falazatba építve vizsgálták 100% akril összetételű kötött textilanyag, illetve ennek a gyártási hulladékának a hőszigetelő képességét. A két fal közé ömlesztett nagyobb darabokból álló töltetre $0,044 \text{ W/(mK)}$ hővezetési tényezőt kaptak [15]. Sedlmayer és társai ismert összetételű kevert szálás minták hővezetési tényezőjét és dinamikai merevségét vizsgálták. A hulladék textilanyagokat kismértékben átalakították: tépéssel, foszlatással és felületkezeléssel. Mért eredményeik $\lambda = 0,036\text{-}0,042 \text{ W/(mK)}$ között mozogtak [16]. El Wazna és társai két akril és két gyapjú mintát állítottak elő géppel, nemezeléshez hasonló eljárással. Így $25\text{-}60 \text{ kg/m}^3$ sűrűséget értek el, amit vizsgálva $0,0339\text{-}0,0355 \text{ W/(mK)}$ hővezetési tényezőket kaptak [17]. Disanayake és társai szintetikus alapú (nejlon, spandex és poliuretán) szabászi hulladékból sajtólással állítottak elő paneleket. Az általuk optimálisnak tartott összetétel esetén értek el $0,0953 \text{ W/(mK)}$ hővezetési tényezőt [18].

Egy egyetemünk részvételével 2021-ben végzett kutatás többek között a kereskedelemben már kapható farmer alapú hőszigetelést is vizsgálta, a hővezetési tényező hőmérséklet és sűrűség függvényében mérve. Ezek a minták $0,036\text{-}0,039 \text{ W/(mK)}$ hővezetési tényezővel rendelkeztek [19].

A hatékony és gazdaságos újrahasznosítás érdekében a hatalmas mennyiségű textilhulladékot ipari léptékben szükséges kezelni. A lakossági textilhulladék jellemzően elhasznált ruhamezőkből keletkezik, amelyek egyik fő funkciója az emberi test hővédelme. Emellett lakástextíliákat zajcsillapításra is alkalmaznak, így adódik a feltetelezés, hogy hulladékok hő- vagy hangszigeteléseként alkalmazható lehet valamilyen formában az építőipar számára. Az ökológikus építészetben ez egy lehetőséget jelentene arra, hogy a magas szén-dioxid kibocsátással előállított termékek helyett a nagy mennyiségű megkötött szén-dioxidot tartalmazó anyagokat alkalmazzanak.

Jó példaként megemlíthetünk két gyártót, melyek kifejlesztettek hőszigetelő termékeket hulladéktextíliák felhasználásával. Az amerikai Bonded Logic Inc. hőszigetelés gyártó cég Ultra Touch DENIM terméke 80%-ban használt farmerek feldolgozásával készített hőszigetelő paplant, melyet perforációk segítségével könnyen méretre lehet vágni. Az anyagot bőr alapú égésgátlóval, gombaölő- és penészgátló szerekkel kezelik. A termék hangszigetelő képessége is kiemelkedő a szigetelő anyagok között [20]. Egy másik cég, a szlovák Envirotex, szélesebb körben használja fel a textilhulladékot, a hőszigetelés mellett rezgésszigeteléshez, zajvédő falak és vízvisszatartó talajfeltöltések készítéséhez is gyártanak termékeket [21].

4. | VIZSGÁLT ANYAGOK, MÓDSZERTAN ÉS EREDMÉNYEK

Jelen szócikkben bemutatott vizsgálatok alapját egy 2022-ben készített TDK kutatás és dolgozat [22] keretein belül elvégzett épületfizikai mérések alkotják.

Az első esetben a Fandaro cég Szécsényben gyártott párnáit használtuk, melyeket mélyhűtött élelmiszerek szállításához használható hőszigetelő csomagolásként forgalmazznak. A töltete szabászatokból, varrodákból kikerülő tiszta anyagmaradék, amit tépő-, majd farkasológépekkel vattaszerűvé alakítanak (4. ábra). A gyártási folyamat alacsony ökológiai lábnyommal bír. Ezekből a „K” jelű kevert (5. ábra) és „P” jelű pamut szálás (6. ábra) anyagösszetételű párnákból készített próbatesteken hővezetési tényező mérését végeztük, több párnából álló felületen pedig hangnyelést mértünk.

A második esetben pedig használt, vegyes anyagösszetételű ruhákból készítettünk „S” jelű, a hőáram irányára merőleges rétegekből (7. ábra), illetve „H” jelű, a hőárammal párhuzamos rétegekből (8. ábra) és „M” jelű, ömlesztett, apró darabokból álló (9. ábra) próbatesteket.

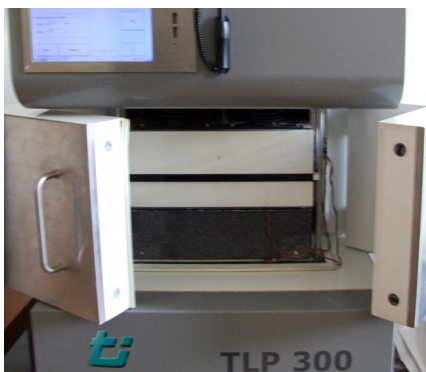
Peremvédett segédfűtőlappal berendezéssel (Taurus TLP 300 DTX) (10. ábra) vizsgáltuk a próbatestek hővezető képességét az MSZ EN 12667:2001 szabvány [23] alapján. A $300 \times 300 \times 85\text{-}100 \text{ mm}$ méretű próbatesteket $10 \text{ }^\circ\text{C}$ átlagos középhőmérsékleten mértük a vizsgálatok során, melyek előtt laborlevegőn ($23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ és $50 \pm 5\% \text{ RH}$) tároltuk. A párnákból készült próbatesteken 8 mérést végeztünk, hogy ezek esetében a vizsgálat során eltérő nyomóerő alkalmazásával



7. ÁBRA: „S” jelű próbatetest

a hővezetési tényező szempontjából optimális sűrűséget is kimérhessük.

A vizsgálatok eredményei alapján megállapítottuk, hogy a gyárilag beállított 61-63 kg/m³ sűrűség nagyon közel állt az általunk mért legalacsonyabb hővezetési tényezőnél beállított sűrűséghez. A párnák töltetére 60 kg/m³ sűrűség esetén 0,0359-0,0471 W/(mK) közötti értékeket kaptunk, míg a különböző szövetből készült minták 0,0565-0,0739 W/(mK) hővezetési tényezővel rendelkeztek (11. ábra).



10. ÁBRA: Taurus TLP 300 DTX típusú berendezés behelyezett próbatesttel



12. ÁBRA: Az utózengési idő mérése zengő szobában, a hangelnyelési tényezők számításához



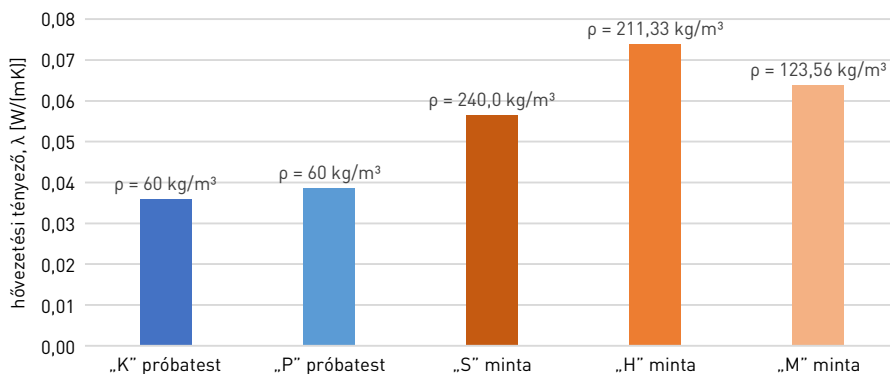
8. ÁBRA: „H” jelű próbatetest

A „P” jelű párnákat akusztikai vizsgálatnak is alávetettük, az MSZ EN ISO 354:2003 [24] alapján hangelnyelési képességüket határoztuk meg. A párnákat zengő szobában helyeztük el (12. ábra), ahol rózsaszaj kibocsátása, majd a forrás kikapcsolása után mértük a hangnyomásszint-csökkenést, a mérőberendezés ez alapján határozta meg az utózengési időt. Az utózengési idő oktávsvonkenti átlagolt értékéből Sabine-képlet alapján számíthattuk az anyag hangelnyelő képességét.

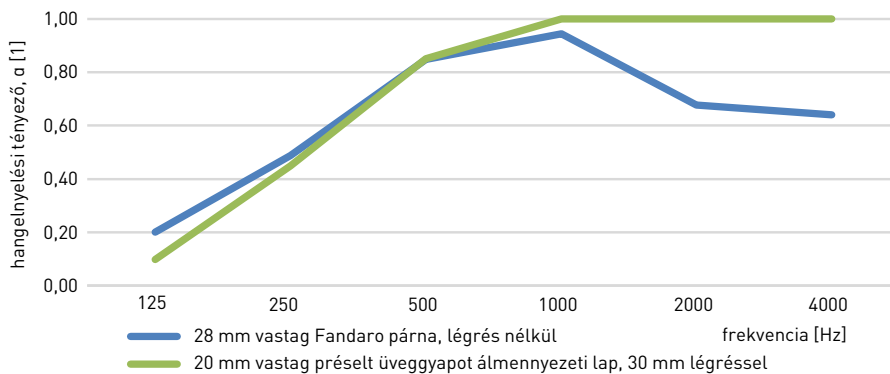


9. ÁBRA: „M” jelű próbatetest és töltete

A párnák felső felületével számított értékek alapján azt látjuk, hogy az anyag hangelnyelése a jelenleg forgalomban kapható üveggypot lemezek hangelnyeléséhez nagyon hasonló (13. ábra), tehát hangelnyelő burkolatként alkalmazható lenne. Ezen kívül a jó hangelnyeléséből, az anyag szerkezetéből és fajlagos tömegéből adódóan az is valószínűsíthető, hogy szerelt falszerkezetekben a belső, hangelnyelő tulajdonságú ásványgypot szálal réteg helyett is alkalmazni lehetne.



11. ÁBRA: A hővezetési tényező mérések eredményei a különböző próbatesteken



13. ÁBRA: A párnák hangelnyelési tényezői összehasonlítva egy kereskedelemben kapható hangelnyelő burkolat [25] hangelnyelési tényezőivel 125-4000 Hz frekvenciatartományban

5. | KONKLÚZIÓ ÉS A KUTATÁS FOLYTATÁSÁNAK LEHETSÉGES IRÁNYAI

Kutatásunkban röviden megvizsgáltuk a divatipar környezetterhelését és megkíséreltünk megoldást találni a körkörös gazdaságba való integrációjára a textilhulladékok építőipari célú felhasználásával. Feltételeztük, hogy a textilhulladék anyaga alkalmas lehet hő-, illetve hangszigetelésre, ezért a szakirodalomban kerestünk ilyen témájú vizsgálatokat. Azt találtuk, hogy a vegyes összetételű textilhulladék nagy mennyiségének kezelésére nem kínál kielégítő megoldást a meglévő, jellemzően farmert felhasználó termékpaletta, azonban érdemes foglalkozni az építőipari hasznosíthatóság kérdésével. Ezek alapján magunk is végeztünk hőtechnikai és akusztikai méréseket különböző, vegyes anyagösszetételű használt ruhából készült próbatesteken.

A Fandaro cég párnái mindkét szempontból jó eredményeket mutattak, hővezetési tényezőjük 0,036-0,047 W/(mK) közötti értékeket adott, hangnyelési tényezője [0,1] tartományba esett. A szövetből készített minták rosszabb, 0,057-0,074 W/(mK) hővezetési tényezővel rendelkeznek. Vizsgálataink alapján úgy gondoljuk, hogy érdemes foglalkozni a textilhulladék építőipari hasznosíthatóságával és meg kell ismernünk a benne rejlő potenciált.

További kutatási irány lehet a hőszigetelő képesség vizsgálata magasabb páratartalom esetén, a léghanggátlás mérése, az anyag időbeni roskadásának vizsgálata, a tűzállóság javítási lehetőségeinek vizsgálata. Érdemes lenne megfigyelni, hogy a kapott eredmények milyen mértékben függnek össze a textíliák anyagösszetételével. A beépíthetőség kérdéskörében kompozitként való alkalmazásuk jó lehetőségeket kínál, ezért ilyen irányú vizsgálatokat is érdemes lenne folytatni. Elengedhetetlen lenne a problémahalmazt az infrastrukturális lehetőségek és feladatok szempontjából is vizsgálni: az EU Hulladék Keretirányelv által

2025-től előírt szelektív gyűjtést milyen módon lehet biztosítani, mekkora területet tud lefedni egy gazdaságos méretű újrafeldolgozó üzem.

Az építőipar és divatipar, két domináns iparág, melyek nagymértékben járulnak hozzá a hulladékok előállításához, egy holisztikus rendszerszemléleten keresztül, a gyártási folyamataik összekapcsolásával, a körkörös gazdaság irányvonalaival egy meghatározó elemévé válhatnának. Ezáltal elindulhatna egy együttműködés a különböző iparágak között, egymást segítve a körkörös modellre való átállásban.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] **James Lovelock:** The Vanishing Face of Gaia: A Final Warning: Enjoy It While You Can. Allen Lane, 2009, 200 p.
- [2] **Európai Parlament:** 2050-re klímasemleges EU - megvan az EP jóváhagyás. EP sajtóközlemény, 2021.06.24. <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/press-room/20210621IPR06627/>
- [3] **Európai Parlament:** Mit jelent a karbonsemlegesség, és hogyan érhető el 2050-ig? EP sajtóközlemény, 2019.12.17. <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/priorities/klimamegallapodas-2016/20190926ST062270/>
- [4] **OECD:** Towards a National Circular Economy Strategy for Hungary, OECD Publishing, Paris, 2023. 249 p. <https://doi.org/10.1787/1178c379-en>
- [5] **Linton Besser:** Dead white man's clothes. Online cikk, 2021.08.11. <https://www.abc.net.au/news/2021-08-12/fast-fashion-turning-parts-ghana-into-toxic-landfill/100358702>
- [6] **Fashion United:** Global Fashion Industry Statistics. Online adatgyűjtemény, FU, 2021. <https://fashionunited.com/global-fashion-industry-statistics>
- [7] **Európai Parlament:** A textilgyártás és a textilhulladék környezetre gyakorolt hatása (infografika). EP sajtóközlemény, 2020.12.29. <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20201208ST093327/>
- [8] **Changing Market Foundations:** Fossil Fashion - The hidden reliance of fast fashion on fossil fuels. CMF, 2021. 24 p. http://changingmarkets.org/wp-content/uploads/2021/01/FOSSIL-FASHION_Web-compressed.pdf
- [9] **Edőcsény Klára Ilona, Harangozó Gábor:** Fenntartható üzleti gyakorlatok a divatiparban - a hazai mikro-, kis- és középvállalkozások példáján keresztül. Vezetéstudomány, LII. évf., 6. szám, 2021, <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2021.06.01>
- [10] **Alden Wicker:** Fast fashion is creating an environmental crisis. Newsweek Magazine online cikk, 2016.01.09. <https://www.newsweek.com/2016/09/09/old-clothes-fashion-waste-crisis-494824.html>
- [11] **ECAP, Sarah Gray:** Mapping clothing impacts in Europe: the environmental cost. ECAP, 2017.12. 41 p. <http://www.ecap.eu.com/wp-content/uploads/2018/07/Mapping-clothing-impacts-in-Europe.pdf>
- [12] **European Commission:** Waste framework directive. EC közlemény, https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en
- [13] **Mengyán Eszter:** Hova kerül a használt ruha a gyűjtő konténerből? Textilújrahasznosítóban jártunk. Online cikk, 2020.04.02. <https://korforras.hu/2020/04/02/hova-kerul-a-hasznalt-ruha-a-gyujtokontenerbol/>
- [14] **Ana Briga-Sá, Norma Gaibor, Leandro Magalhaes, Tiago Pinto, Dinis Leitao:** Thermal performance characterization of cement-based lightweight blocks incorporating textile waste. Construction and Building Materials, vol. 321 (2022), 126330, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126330>
- [15] **Ana Briga-Sá, David Nascimento, Nuno Teixeira, Jorge Pinto, Fernando Caldeira, Humberto Varum, Anabela Paiva:** Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution. Construction and Building Materials, vol. 38 (2013), pp. 155-160, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.08.037>
- [16] **Martin Sedlmajer, Jiri Zach, Jitka Hroudová:** Possibilities of development of thermal insulating materials based on waste textile fibers. Advanced Materials Research, vol. 1124 (2015), pp. 183-188, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1124.183>
- [17] **Mohamed El Wazna, Mohamed El Fathi, Abdeslam El Bouari, Omar Cherkaoui:** Thermo physical characterization of sustainable insulation materials made from textile waste. Journal of Building Engineering, vol 12 (2017), pp. 196-201, <https://doi.org/10.1016/j.job.2017.06.008>
- [18] **Kanchana Dissayanake, Dakshitha Weerasinghe, Pramodya Wijesinghe, P. Kalpage:** Developing a compression moulded thermal insulation panel using postindustrial textile waste. Waste Management, vol 79 (2018), pp. 356-361, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.001>
- [19] **Elena Dieckmann, Richard Onsiong, Balázs Nagy, Leila Sheldrick, Christopher Cheeseman:** Valorization of waste feathers in the production of new thermal insulation materials. Waste and Biomass Valorization, vol. 12 (2021), pp 1119-1131, <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01007-3>
- [20] **Bonded Logic:** UltraTouch Denim Insulation. Termék adatlap, <https://www.bondedlogic.com/ultratouch-denim-insulation/>
- [21] **EnviroTex:** Textile Recycling Group. Gyártói webhely, <https://envirotex.eu/>
- [22] **Kudronné Berta Eszter:** Textilhulladék hasznosítása az építőiparban. TDK dolgozat, 2022, 46 p. <https://tdk.bme.hu/EPK/Zold2/Textilhulladek-hasznositasa-az-epitoiparban>
- [23] **MSZ EN 12667:2001** Építési anyagok és termékek hőtechnikai viselkedése. A hővezetési ellenállás meghatározása segédűtőlapos és hőárammérős eljárással. Nagy és közepes hővezetési ellenállású termékek
- [24] **MSZ EN ISO 354:2003** Akusztika. A hangnyelés mérése zengő szobában
- [25] **Ecophon:** Ecophon Focus A. Termék adatlap, <https://www.ecophon.com/hu/ecophon/modular-ceilings/focus/focus-a/>