

Tépett-farkasolt textilhulladék tűzzel szembeni viselkedésének vizsgálata

Examination of the fire behavior of textile waste



Szerző: Kudronné Berta Eszter

BME Építészmérnöki Kar

2023. november 2.

Konzulensek:

Dr. Perlakiné Dr. Patkó Csilla – BME ÉPK Épületszerkeztani Tanszék

Dr. Kemes Balázs – BME ÉPK Középülettervezési Tanszék

Dr. Takács Lajos – BME ÉPK Épületszerkeztani Tanszék

Dr. Majorosné Dr. Lublós Éva – BME ÉMK Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

ABSZTRAKT

A lakossági hulladéktermelés 3-6 %-a textíliákból adódik. Ez a szám nem tűnik soknak, azonban a textilipar környezetterhelését tekintve már jóval nagyobb arányt kapunk: az üvegházhatású gázok kibocsátásának 10 %-áért, a globális vízszennyezés 20 %-áért felelős. A textíliák használata elkerülhetetlen minden ember számára, azonban a vele járó környezetterhelés jelentősen csökkenthető. Ezen lehetőségek egyikét kezdtem el vizsgálni 2022-ben Tudományos Diákköri Konferenciára készített dolgozatomban, miszerint a keletkező textilhulladékot – a hulladékkezelés problematikájával együtt – nem exportáljuk, hanem másodlagos nyersanyagként használjuk fel, például az építőiparban. Különböző formájú textilhulladék hővezetési tényezőjét és zajcsillapítását mértem, és azt tapasztaltam, hogy csupán ezen tulajdonságok figyelembevétele alapján alkalmazhatóak lennének építőanyagként.

Textilhulladék - elsősorban hőszigetelőanyagként való - alkalmazásának egyik kritikus pontja az éghetőség, mely meghatározza a beépíthetőséget. Célom a textilhulladékból tépéssel, majd farkasolással előállítható vattaszerű anyag, mint hőszigetelő építőanyag tűzállóságának meghatározása, ezáltal beépíthetőségének körülhatárolása. Tűzvédelmi osztály (MSZ EN13501-1:2019 Építési termékek és építményszerkezetek tűzvédelmi osztályozása c. szabvány szerinti) besorolását szeretném elvégezni az éghetőség, füstfejlesztés és az égve csepegés vizsgálatával. Feltételezhetően éghetőek lesznek a próbatestek, így égéskésleltető hatását is megnézem. A vizsgálat során a gyúlékonyságot figyeljük meg, kis kitéti idő alatti láng hatására - lánggal égés, parázslás vagy szenesedés történik. Emellett megfigyeljük a füstfejlesztés mértékét, füst színét és az esetleges égve csepegést. Utóbbi esetén jellemzően a polimerek teljesítenek rosszul, esetemben várhatóan a szintetikus szálak. Az eredmények függvényében szeretném elemezni a beépítési lehetőségeket a Tűzvédelmi Műszaki Irányelv (TvMI 11.2:2022.06.13.) és az OTSZ 2. melléklet 1. táblázata szerint.

Abstract

3-6% of residential waste production comes from textiles. This figure does not seem like much, but in terms of the environmental burden of the textile industry, we have a much higher proportion: it is responsible for 10% of greenhouse gas emissions and 20% of global water pollution. The use of textiles is inevitable for all people, but the associated environmental impact can be significantly reduced. I began to investigate one of these possibilities in my thesis for TDK in 2022, according to which the resulting textile waste - together with the problem of waste management - is not exported, but used as a secondary raw material, for example in the construction industry. I measured the thermal conductivity and noise reduction of textile waste in different forms, and found that they could be used as building materials based on these properties alone.

Combustibility is one of the critical points in the use of textile waste primarily as a thermal insulation material, which determines the suitability for installation. My goal is to determine the fire resistance of a cotton-like material that can be produced from textile waste by tearing and then wooling as a heat-insulating building material, thereby delimiting its suitability for installation. I would like to classify the fire safety class (according to the standard MSZ EN13501-1:2019 Fire classification of building products and structures) by testing the combustibility, smoke generation and drip burning. It is assumed that the test specimens will be combustible, so I will also look at the effect of flame retardant. During the test, flammability will be observed, flame exposure for a small exposure time - flame burning, smouldering or charring. We also observe the extent of smoke development, smoke colour and possible dripping when burning. For the latter, polymers typically perform poorly, in my case probably synthetic fibres. Depending on the results, I would like to analyse the installation options according to the Technical Directive on Fire Safety (TvMI 11.2:2022.06.13.) and the OTSZ Annex 2 Table 1.

Tartalomjegyzék

1. Hőszigetelőanyagok és a fenntarthatóság
2. Tűzzel szembeni viselkedés vizsgálata
 - 2.1. Vizsgált minták
 - 2.2. Vizsgálat menete
 - 2.3. Vizsgálati eredmények
 - 2.4. Eredmények összehasonlítása
3. Beépíthetőség elemzése tűzvédelmi szempontok alapján
4. Konklúzió
5. Köszönetnyilvánítás

1. Hőszigetelőanyagok és a fenntarthatóság

Jelenlegi ökológiai válságunkra adott egyik részmegoldás, hogy épületeinket egyre nagyobb rétegvastagságban hőszigeteléssel látjuk el. Ennek oka az, hogy az épületek üzemeltetése a globális energiafogyasztás 28%-át teszi ki [1], melynek legnagyobb hányada a fűtésből adódik, emellett egyre nagyobb hányadot jelent a hűtésre fordított energiamennyiség is. Ismert becslés, hogy hőszigetelés nélkül a falakon keresztül a hőveszteség 35%-a, a tetőn 25%-a, a talajjal érintkező szerkezeteken keresztül 15%-a távozna [2]. Ezek alapján határozzák meg a rétegtervi hőátbocsátási tényező kötelezően betartandó értékét (- a legfrissebb és legszigorúbb értékeket hazánk 2018-ban vezette be [3]). Az épületek megtervezése során egyéb eszközökkel is élhetünk a gazdaságosabb üzemeltetés érdekében, például a lehülő felületet érdemes a fűtött térfogathoz képest csökkenteni. Az adott környezeti tényezőket is számításba vehetjük, például a domborzati viszonyokból adódó szélárnyék vagy benapozottság meghatározhatja az épület tájolását. A különböző helyiségek tájolása, az alacsonyabb követelményértékekkel rendelkező átmeneti terek szintén segíthetnek a megfelelő belső téri klíma és komfort kialakításában.

Mivel azonban az építőipar globális energiafelhasználása, szén-dioxid kibocsátása és hulladéktermelése is évről évre növekszik, érdemes figyelmet fordítani arra, hogy épületeink szigetelőanyagainak primer energiatartalma alacsony legyen. Az épület ökológiai lábnyoma ugyanis nem csak a felépítésből adódik, hanem a „cradle to cradle” (= „bölcsőtől bölcsőig”) elv alapján az építőanyagok alkotóelemeitől, azok legyártásától kezdve egészen a bontásig és hulladékkezelésig minden folyamat környezetterhelését és energiaigényét számításba kell venni. A jelenleg leggyakrabban alkalmazott hőszigetelő anyagok azonban vagy kőolajszármazékok (polisztirolhab, poliuretánhab), vagy nagyon nagy a gyártási energiaigényük (üvegyapot, kőzetgyapot). Emiatt zajlik egyre több kísérlet természetes vagy hulladék alapanyagú szigetelések létrehozására, valamint csúcstechnológiával készülő, extra teljesítményjellemzőket elérő hőszigetelőanyagok megalkotására. A természetes és hulladék alapú hőszigetelőanyagok jellemzően alacsony gyártási energiaigény mellett gyárthatók, sokszor megkötött szén-dioxidot tartalmaznak, ökológiai lábnyomszámításnál 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.

Az építőanyagválasztás során fontos szempontokat vet fel – a fent említett környezeti hatások komplex vizsgálata mellett – az építésökológia és építésbiológia tudománya, mely szerint

például érdemes tekintettel lenni építőanyagaink ragasztó-, és kötőanyagainak összetételére, hogy elkerüljünk egy esetleges káros kipárolgásból (VOC = Volatile Organic Compounds = illékony szerves vegyületek) adódó beteg épület tünetegyüttest [4].

Definíció szerint az építési hőszigetelőanyagoknak a hővezetési tényezője 10 °C-on mérve 0,06 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 hőszigetelőanyagok esetén is valamely akusztikai jellemző.

2. Tűzzel szembeni viselkedés vizsgálata

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. Gyúlékonyság vizsgálatát végezhetjük az MSZ EN ISO 11925-2:2011 [6] (1-2. ábra) szabvány alapján is.



1-2. ábra: egyedi lángforrásos vizsgálat vizsgálókamrája [7]

Az egyedi lángforrásos vizsgálat során direkt gyújtólángot alkalmaznak, gyulladást, lángterjedést és égve csepegést figyelnek meg. Második vizsgálat egy égő tárggyal történő vizsgálat (EN 13823 szabvány szerint), ami az anyag belső sarokhelyzetben történő beépítése esetén egy kisebb lánghatást vizsgál, az összegyűjtött füstgázok elemzésével egyidejűleg. Ezekre a szabványos, hőszigetelőanyagok esetén alkalmazott tűzzel szembeni viselkedési vizsgálatokra nem nyílt lehetőségem, ráadásul a kezeletlen anyag gyúlékonysága várható, így a Lindner-módszert használtam, melyet a későbbiekben részletezek.

2.1. Vizsgált minták

Alapanyagok

A minták készítéséhez a Fandaro szécsényi gyár termékének töltetét használtam, melyet hazai szabászati és varrodai textilhulladékokból állítanak elő tépő-, majd farkasológépek segítségével. A vattát nemszőtt fátjolhuzatba töltik, így paplan formában mélyhűtött élelmiszerek biztonságos szállításához alkalmas csomagolóanyagként forgalmazzák [8]. A különböző szálösszetételű anyagokat pamut és kevert szál as anyagokra szelektálva dolgozzák fel.

A textíliák normál típusai éghetőek, ezért mindenképpen szerettem volna kipróbálni egy egyszerű égéskésleltető anyagot. (A hőszigetelőanyagok körében egyébként is jellemző különböző okokból mellékanyagok használata.) A vízüveg olyan sóoldat, melyet akár házi körülmények között is alkalmaznak hőállóság, tűzállóság, időjárásállóság növelésére. Az oldat a levegő szén-dioxid tartalmának hatására megszárad, belőle kovasav válik ki. Betonfelületek és faanyagok impregnálására használják, stukkók készítése során, fémek javításához, de még víztisztító berendezésekben és élelmiszeriparban is előfordulhat. A textilipar hidrogén-peroxidos fehérítés során alkalmazza. A leggyakrabban nátronvízüveget (nátrium-szilikát) [9] alkalmaznak, melynek gyártása viszonylag egyszerű. Nátrium-karbonát és szilícium-dioxid ömlesztéses reakciójával lehet előállítani – tehát alapanyagai hazánkban, természetes formában is fellelhetőek. Ipari mennyiségben a nátrium-karbonát gyártásához a Solvay-eljárást alkalmazzák, mely módszer a melléktermékek visszaforgatásával egy gazdaságos és környezetkímélő gyártási folyamatot eredményez. A kálivízüveg (kálium-szilikát) [10] hasonló tulajdonságokkal rendelkezik, annyi előnnyel a nátronvízüveghez képest, hogy páraáteresztő. Emiatt alkalmazható szilikátfestékek kötőanyagaként és vályogvakolatok megerősítésére. Mivel egy szál as szerkezetű hőszigetelőanyagnak vélhetően alacsony a páradiffúziós ellenállása – és ez a tulajdonság szükséges egy *lélegző* falszerkezet esetén -, ezért a páraáteresztő kálivízüveggel is végeztem vizsgálatokat.

Próbatestek készítése

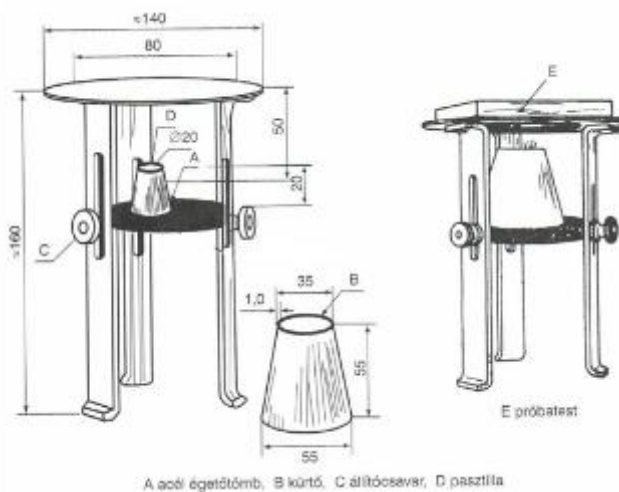
A korábbi tanulmányom alapján [11] a textilhulladékból tépéssel, majd farkasolással előállított vatta hővezetési tényezője 60 kg/m^3 sűrűsége n a legalacsonyabb, így ilyen sűrűségű próbatesteket készítettem. A 100x100x20 mm-es próbatestek 12 gramm textilanyagot tartalmaznak. Ezekhez kevertem hozzá 10, 20 és 30 grammnyi 36 tömegszázalékos nátron-

illetve 28 tömegszázalékos kálivízüveget. Az anyag sűrűségének és vízüveggel való keveredésének homogenitására törekedtem. A vízüvegtől a textilszálak összeálltak, vattacsomók egymáshoz tapadtak, száradás során a próbatestek keménnyé váltak.

A szemléletesség kedvéért egy hasonló méretű EPS lapot is vizsgáltam.

2.2. Vizsgálat menete

Az Építőanyagok és Magasépítés Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriumában végzett vizsgálat során Dr. Majorosné Dr. Lublós Éva volt segítségemre. A próbatesteket építési faanyag beégésvizsgálatához használatos MSZ 9607-1:1983-as szabvány [12] szerinti Lindner-módszerrel vizsgáltuk. Ezzel a módszerrel megfigyelhetjük az egységnyi lánghatásra bekövetkező égést, lángképződést, szenesedést, a beégési időt, a keletkező füst mennyiségét, színét, az anyag viselkedését. A vizsgálat során Lindner-készülékbe (lásd 3. ábra) 1 gramm hexametilén-tetramin pasztillát helyezünk, meggyújtjuk, a lángra gyorsan acél kürtöt helyezünk, és a próbatestet a láng fölötti, környálással ellátott acéllemezre tesszük. [13]



3. ábra: Lindner-készülék [14]

2.3. Vizsgálati eredmények

Pamut szálak minta, kezeletlen, 60 kg/m³ sűrűségű, 12 grammos próbatest

A minta csomókban összeáll, nem egy formatartó egység. Láng hatására a kitett felületen táplálja a tüzet, ég, a felső felületen szinte azonnal sűrű fehér füst képződik. Lángáttörés a 37. másodpercben (6. ábra). Innentől az anyag teljes felületen lángra kap, míg majdnem teljesen elég, már csak kevés fehér füst képződik. Érdekes, hogy kis részben fekete olvadék is képződött,

mely forrt – ennek magyarázatát abban látom, hogy valószínűleg keveredett a pamut mintába kevés szintetikus anyag, az olvadhatott el hő hatására. Jellemző ugyanis, hogy pamut textiltermékek varrását is poliészter cérnával készítik el. A fennmaradó elszenesedett anyag és pernye közepén egy kevés ép állapotú pamutvattát találtam. Az égés a lánghatás megszűnését követően is folytatódott, a teljes leégés 4,5 perc alatt ment végbe (4-9. ábra).



4. ábra: meggyújtás után



5. ábra: a 9. másodpercben



6. ábra: a 37. másodpercben



7. ábra: 54. másodpercben



8. ábra: 122. másodpercben



9. ábra: 4,5 perc után

Kevert szálás minta, kezeletlen, 60 kg/m³ sűrűségű, 12 grammos próbatest

A minta csomókban összeáll, nem egy formatartó egység. A láng hatására gyakorlatilag azonnal lánggal ég, mely hamar az egész mintára kiterjed. Főként az elején fehéres-szürkés füst képződik. Az anyag összeolvad, égő darabokban szétesik a minta, a lánghatás körülbelül egy perc után már nem éri el az anyagot. Olvadék csöpög a próbatestből. A teljes, lánggal történő leégés 2 perc alatt véget ér (10-12. ábra).



10. ábra: meggyújtás után

11. ábra: 26. másodpercen

12. ábra: 162. másodpercen

Expandált polisztirolhab 2 cm vastagságú próbatest

Az összehasonlítás kedvéért megnéztem ezt a szintetikus, kőolaj alapú anyagot, mely jellemzően E éghetőségi osztállyal rendelkezik. A próbatest láng hatására szinte azonnal megolvadt és lecsepegett (13-15. ábra).



13. ábra: meggyújtás után

14. ábra: 10 másodpercen belül

15. ábra: a kiolvadt rész alulról nézve

Kevert szálás minta, 10 gramm nátronvízűveggel kezelt próbatest

A próbatest láng hatására erősen füstölni kezd, nagy mennyiségű fehéres-szürkés füst keletkezik. Láng nem tör át a próbatesten, szenesedés terjedése a 40. másodpercen égeti át a mintát. A láng hatás megszűnése után is még a szenesedés tovább terjed. (16-18. ábra)



16. ábra: meggyújtás után



17. ábra: 40. másodpercben



18. ábra: elszenesedés a felső felületen

Kevert szálas minta, 20 gramm nátronvízűveggel kezelt próbatest

A próbatest láng hatására kevés fehéres-szürkés füstöt fejleszt, az izzó anyag a 63. másodpercben égeti át a mintát, lángáttörés nem következik be. A lánghatás megszűnése után a szenesedés az előzőnél lassabban, kismértékben továbbterjed. (19-20. ábra)



19. ábra: meggyújtás után



20. ábra: 63. másodpercben

Kevert szálas minta, 30 gramm nátronvízűveggel kezelt próbatest

A próbatest láng hatására nagyon kevés fehéres-szürkés füstöt fejleszt, lángáttörés nincs, körülbelül a minta feléig ér a szenesedés. A lánghatás megszűnése után a szenesedés nem terjed tovább. (21-22. ábra)



21. ábra: meggyújtás után 22. ábra: 8 perc után

Pamut szálás minta, 10 gramm nátronvízűveggel kevert próbatest

A próbatest láng hatására kb. egy percen át csupán a kitett felületen parázslík, nagyon kevés fehér színű füst képződése mellett. A parázs a 96. másodpercben égeti át a mintát. A szálak csupán elbarnulnak, összeesnek, a szenesedés a lánghatás megszűnése után még terjed. (23-25. ábra)



23. ábra: meggyújtás után 24. ábra: 96. másodpercben 25. ábra: 209. másodpercben

Pamut szálás minta, 20 gramm nátronvízűveggel kevert próbatest

A próbatest láng hatására a kitett felületen parázslani, izzani kezd. A lánghatás megszűnte után a 182. másodpercben éri el az izzás a felső felületet, ekkor egy kevés füst jelenik meg. (26-28. ábra)



26. ábra: meggyújtás után



27. ábra: 177. másodpercen



28. ábra: 182. másodpercen

Pamut szálás minta, 30 gramm nátronvízűveggel kevert próbatest

A próbatest láng hatására a kitett felületen izzani kezd, kis mértékben elszenesedik. (29-31. ábra)



29. ábra: meggyújtás után



30. ábra: a 75. másodpercen



31. ábra: a 229. másodpercen

Kevert szálás minta, 10 gramm kálvízűveggel kezelt próbatest

A próbatest láng hatására a kitett oldalon égni kezd, 10 másodperc alatt erős szürkésfehér füst kezd képződni. A 19. másodpercen a minta oldala lángra kap, majd a közepe is lánggal ég. A lánghatás megszűnésével a minta égése csillapodik, a szenesedés még egy kis ideig terjed, füst képződése mellett. (32-36. ábra)



32. ábra: meggyújtás után



33. ábra: 21. másodpercen



34. ábra: 74. másodpercen



35. ábra: 204. másodpercen



36. ábra: 282. másodpercen

Kevert szálas minta, 20 gramm kálvízüveggel kezelt próbatest

A próbatest láng hatására a kitett felületen égni kezd, a parázs már a 17. másodpercen átégeti a mintát. Sűrű fehéresszürke füst képződik. Lángok azonban csak a 40. másodperctől jelennek meg, melyek teljesen átégetik a minta közepét. A láng hatás megszűnésével a minta égése alábbhagy, a szenesedés még rövid ideig terjed. (37-41. ábra)



37. ábra: meggyújtás után



38. ábra: 17. másodpercen



39. ábra: 40. másodpercen



40. ábra: 87. másodpercen



41. ábra: a 178. másodpercen

Kevert szálas minta, 30 gramm kálvízüveggel kezelt próbatest

A próbatest láng hatására parázzsal izzani kezd, kevés füst fejlesztése mellett. A minta nem kap lángra, átégés nem következik be. (42-44. ábra)



42. ábra: meggyújtás után



43. ábra: 118. másodpercen



44. ábra: 125. másodpercen

Pamut szálas minta, 10 gramm kálivízüveggel kezelt próbatest

A próbatest láng hatására a kitett oldalon parázssal izzani kezd. Kevés fehér füst képződik. Miután a lánghatás megszűnik, az alsó felületen nem látható izzó anyag, azonban a minta közepében tovább terjed a szenesedés, a 153. másodpercben átég a minta. Lángok nem jelennek meg, a szenesedés még percekig terjed tovább, némi füst kíséretében. Ennél a mintánál érezhetően nem sikerült a homogenizálás, körülbelül a beírható körben található a vízüveg. (45-49. ábra)



45. ábra: meggyújtás után



46. ábra: 125. másodpercben



47. ábra: 146. másodpercben



48. ábra: 153. másodpercben



49. ábra: a 6. percben még izzik a belseje

Pamut szálás minta, 20 gramm kálivízüveggel kezelt próbatest

A próbatest lángnak kitett felülete parázssal izzani kezd, nem kap lángra, kevés fehér füst képződik. A lánghatás megszűnése során a 135. másodpercben a parázs belülről átégeti a mintát. A szenesedés füst képződés kíséretében még percekig terjed. (50-54. ábra)



50. ábra: meggyújtás után



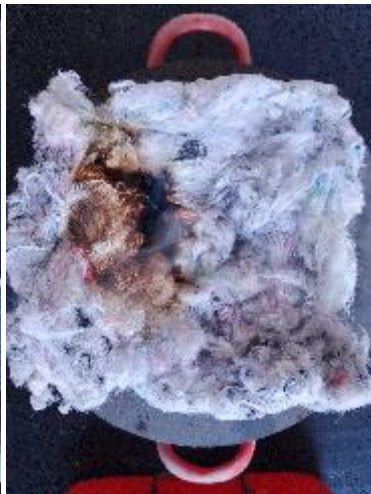
51. ábra: 56. másodpercben



52. ábra: 123. másodpercben



53. ábra: 135. másodpercben



54. ábra: 192. másodpercben

Pamut szálás minta, 30 gramm kálivízüveggel kezelt próbatest

A próbatest lángnak kitett felülete izzani kezd, láng nem képződik. A parázslás továbbterjed a lánghatás megszűnése után is, így a 158. másodpercben átég a minta, nagyon kis mértékű füstképződés kíséretében. (55-59. ábra)



55. ábra: meggyújtás után

56. ábra: 123. másodpercben

57. ábra: 135. másodpercben



58. ábra: 142. másodpercben

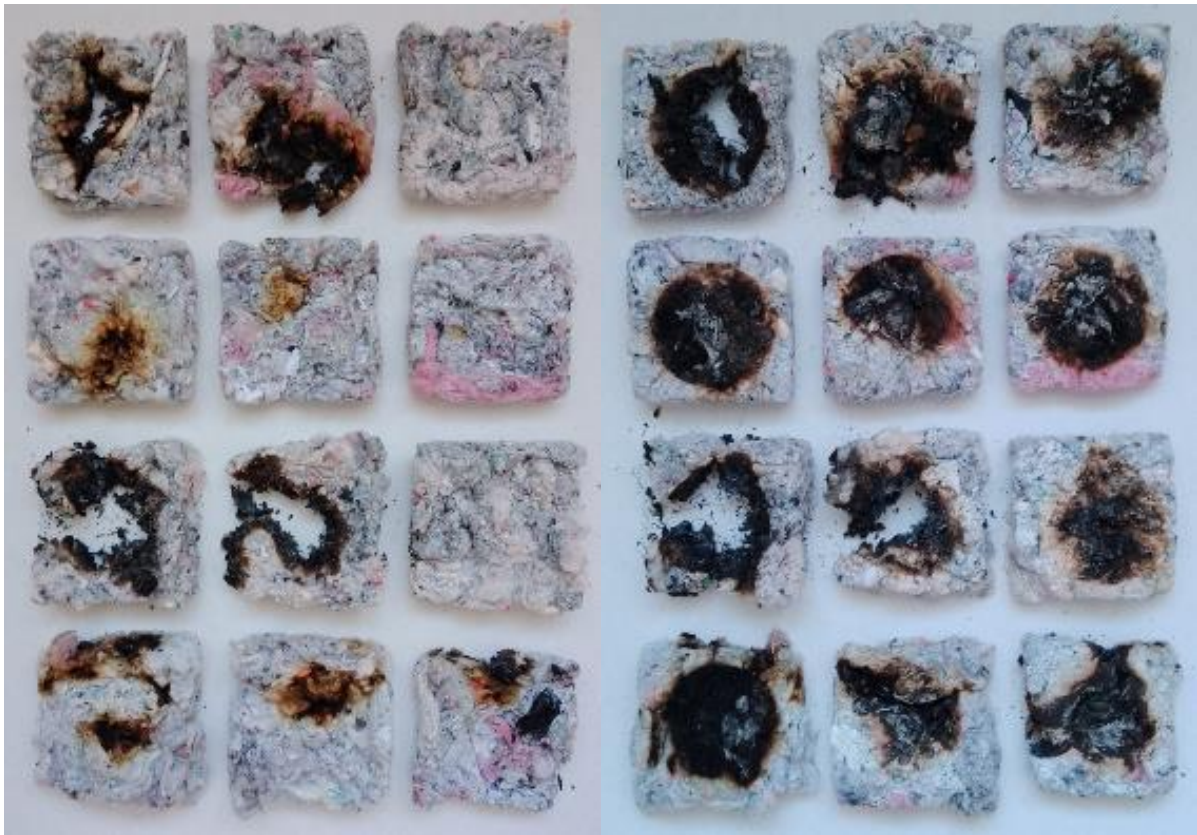
59. ábra: 209. másodpercben

2.4. Eredmények összehasonlítása

A kezeletlen próbatestek egyértelműen éghetőek, lánggal, sok füsttel égnak, mely folyamat a lánghatás megszűnése után is folytatódik.

A kezelt próbatestek esetén érdekes tapasztalat a szálösszetétellel kapcsolatos összefüggés (60-61. ábra). A pamut szálás anyagok nem gyulladtak ki és nagyon kevés füstöt fejlesztettek, azonban a kevert szálás, kevesebb vízüveget tartalmazó minták átégtek. Ezen belül különbség mutatkozott a kétféle vízüveg között is - míg a nátrónvízüveg esetén kisebb mértékű a szenesedés a pamut mintánál, a kevert szálás minták sem lánggal égtek, csupán füstölő

parázssal égett át a minta. A kálvízüveg esetén a lassú parázslás nagyon sokáig fennmaradt a pamut mintánál, a kevert szálás minta pedig kisebb arányú vízüveg mellett lánggal égett.



60-61. ábra: Vizsgálat sorrendje szerint balról jobbra, fentről lefelé rendezve: bal oldali képen a próbatestek felső felülete, illetve jobb oldali képen a próbatestek alsó felülete

Kevert szálás minták nátronvízüveggel kezelve – beégés képe (62-63. ábra):



62. ábra: felső felülete (balról jobbra 10, 20 és 30 gramm nátronvízüveggel)



63. ábra: lángnak kitett oldalon (balról jobbra 10, 20 és 30 gramm nátronvízüveggel)

Jól látható, hogy a vízüveg hatására megnövekedett az anyag lánggal szembeni ellenállása.

Pamut szálás minták nátronvízüveggel kezelve – beégés képe (64-65. ábra):



64. ábra: felső felülete (balról jobbra 10, 20 és 30 gramm nátronvízüveggel)



65. ábra: lángnak kitett oldalon (balról jobbra 10, 20 és 30 gramm nátronvízüveggel)

A láng és hő hatása szenesedés formájában jól érzékelhető, azonban a pamut szálak elég jól lefojtják a tüzet.

Kevert szálás minták kálivízüveggel kezelve – beégés képe (66-67. ábra):



66. ábra: felső felülete (balról jobbra 10, 20 és 30 gramm kálivízüveggel)



67. ábra: lángnak kitett oldalon (balról jobbra 10, 20 és 30 gramm kálivízüveggel)

A 10 és 20 gramm kálivízüveggel kezelt minták a láng felett teljesen átégtek, míg a 30 gramm kálivízüveggel kezelt sokkal jobban teljesített.

Pamut szálas minták kálivízüveggel kezelve – beégés képe (68-69. ábra):

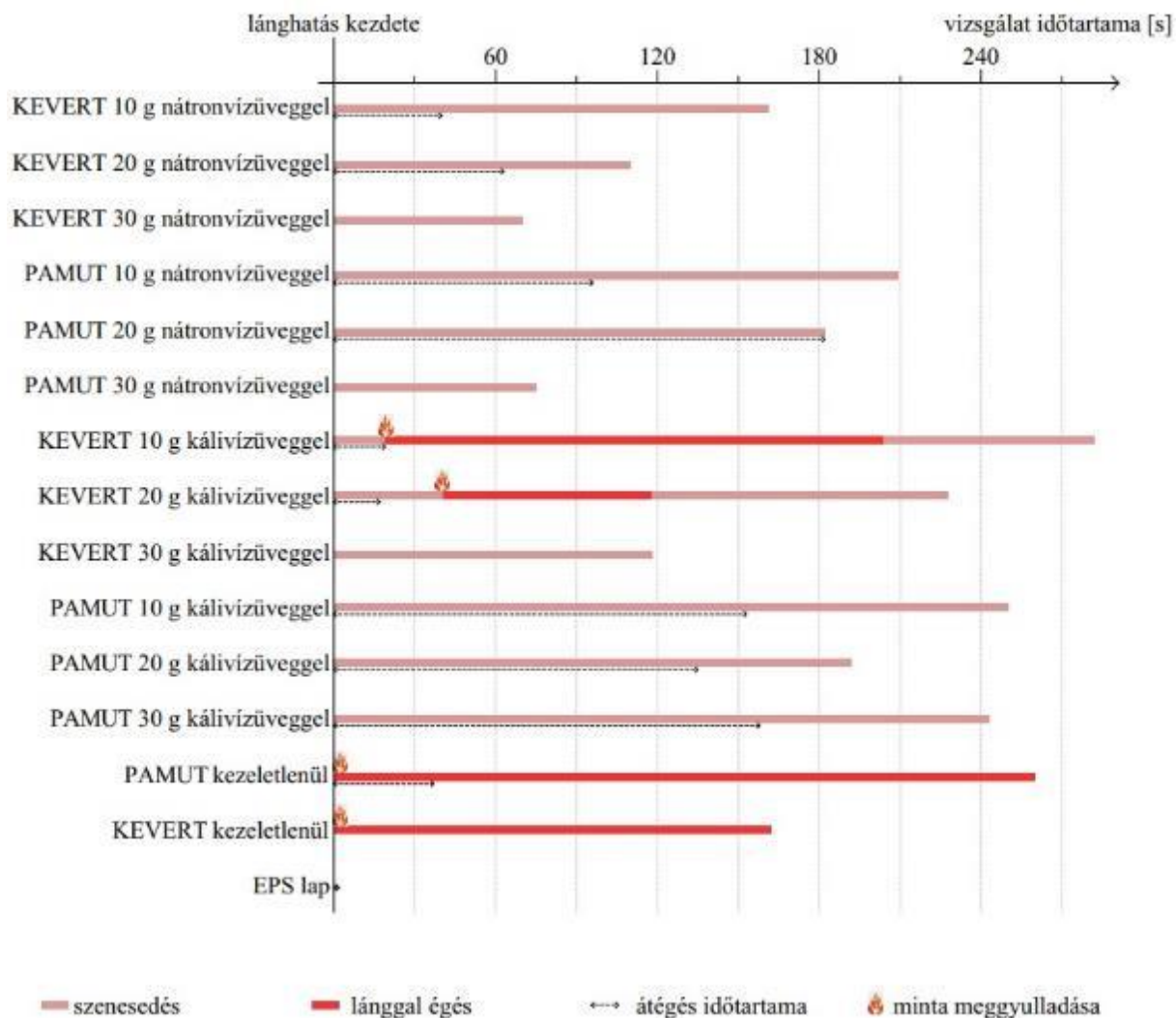


68. ábra: felső felülete (balról jobbra 10, 20 és 30 gramm kálivízüveggel)



69. ábra: lángnak kitett oldalon (balról jobbra 10, 20 és 30 gramm kálivízüveggel)

Ezekon a mintákon kizárólag szenesedés, izzó parázzsal történő átégés figyelhető meg, mely a kálivízüveg növekvő arányában egyre kisebb felületen történt.



70. ábra: vizsgálati eredmények grafikusan ábrázolva

Egymáshoz viszonyítva a vízüveggel kezelt mintákat, azt állapíthatjuk meg, hogy a pamut szálás próbatestek jobban ellenálltak a lánghatásnak, a kevert szálás mintákhoz képest sokkal lassabban jelentkezett bármilyen hatás, nem kaptak lángra, lassabban és kevésbé szenesedtek el. A különbséget azzal magyarázom, hogy a pamut szálak könnyebbek, így ezek a próbatestek azonos sűrűség 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 fent maradt, a szenesedés lassan továbbterjedt. Ez mindenképpen említendő információ lenne építőanyagként történő beépítés esetén, mivel tüzeset után még sokáig rejtett tűzfészekként jelenthetne problémát az anyag sajátos viselkedése.

3. Beépíthetőség elemzése tűzvédelmi szempontok alapján

Vizsgált anyagom kezeletlen formában MSZ EN 13501-1:2007+A1:2010 [15] alapján valószínűleg E tűzvédelmi osztályú lesz, hiszen nagyon nagy részvétele a tűzben, 10 perc elteltéig el nem ég meggyullad. Éghető, de égve nem csepeg, füstfejlesztése jelentős. A vízüveggel kezelt anyag elérheti a D-s2,d0 tűzvédelmi osztályt, a pamutszálás vízüveggel kezelt anyag akár a D-s1,d0 osztályt is. Összehasonlításként kigyűjtöttem a tavalyi tanulmányomból néhány másik hőszigetelőanyag tűzvédelmi osztályát.

hőszigetelőanyag termék	jellemző tűzvédelmi osztály
kőzetgyapot	A1
üveggyapot	A1
cellulóz	E
lenrost	E
pamut	E
gyapjú	E
kenderrost	E
kókuszszál	C
szárított tengerifű (neptunfű)	C
parafa	E
fagyapot	A2-B
farost	E
faforgácslap	D
nádpalló	E
szalmabála	E
üveghab	A1
extrudált polisztirolhab (EPS)	E
expandált polisztirolhab (XPS)	E
poliuretánhab (PIR)	D-E

1. táblázat: hőszigetelőanyag termékek jellemző tűzvédelmi osztályai ([11] alapján)

Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) [16] szerint 1) csak 150°C-nál magasabb gyulladási hőmérsékletű építőanyag építhető be 2) 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 tetőterek esetében NAK mértékadó kockázati osztályú, *csak* egy lakást tartalmazó lakóépület vagy lakórendeltetésű önálló épületrész esetén.

3) 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 tűszakaszon belül az ipari, mezőgazdasági, tárolási célú, maximum kétszintes és 500 m²-es alapterületű helyiségcsoport homlokzatán, mely kiürítés első szakaszában kiüríthető
- egy tűszakaszon belül nyílás nélküli lábazati fal esetén
- egy tűszakaszon belül tűzterjedés szempontjából egy légteret képező helyiséghez tartozó homlokzaton

- egy tűszakaszon belüli egyszintes épület homlokzatán
- egy tűszakaszon belüli, legfeljebb háromszintes egylakásos lakóépület, vagy üdülő homlokzatán.

- D osztályú hőszigetelőanyag általános helyeken beépíthető, E osztályú hőszigetelőanyag csak akkor, ha vizsgálattal igazoltan teljesíti a homlokzati tűzterjedési határérték-követelményt vagy homlokzati tűzterjedési gátat építenek be. A határérték-követelményeket a 26.§ 3) bekezdése tartalmazza, 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 az EPS hőszigetelőlapok alkalmazásának gyakoriságára.

4. Konklúzió

Mindenképpen szükséges égéskésleltető anyag alkalmazása a szélesebb körű beépíthetőség érdekében. Érdemes olyan vegyszert választani, - ahogy a vizsgálat során is tettem – melynek környezetterhelése nem jelentős sem a gyártása, alkalmazása, sem a beépítés utáni kipárolgás, és megsemmisítés során.

Érdemes lenne a fent hivatkozott tűzállósági osztályba sorolásra alkalmas szabványok szerinti vizsgálatokat is elvégezni a pontosabb meghatározás érdekében. A kutatás folytatása során azt

szeretném megvizsgálni, hogy mi az optimális vízüveg-arány, ami a már elfogadható éghetőség mellett nem rontja túlságosan a hővezetési tényező értékét – ugyanis ez várhatóan magasabb lesz a kezelt anyagnál. Emellett érdekelne a páratechnikai viselkedése a vízüveggel kezelt anyagoknak – a nátronvízüveg véleményem szerint nagyobb páradiffúziós ellenállást eredményezne a kálivízüveggel szemben.

Kíváncsi lennék ökológiai lábnyom számításra, így szeretném a későbbiekben különböző hőszigetelőanyagok EPD (környezetvédelmi terméknyilatkozatok) összehasonlítását elvégezni. Hozzávetőleges számításokkal szeretném megbecsülni a vizsgált mintáim ökológiai lábnyomát.

5. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom az Építőanyagok és Magasépítés Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriumában dolgozó tanárnőnek és hallgatónak, hogy rendelkezésemre bocsátották az ott fellelhető eszközöket és anyagokat, valamint tudásukkal segítették kutatásom megvalósulását.

Jelen dolgozatom a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-2-I-BME-333 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.



Irodalomjegyzék

[1] <https://www.architects.org/news/the-new-net-zero>

[2] https://www.epinfo.hu/blogImages_akt/knauf-insulation_210209.jpg

[3] 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról, 5. melléklet, 1. táblázat

[4] Patkó Csilla: Passzív és alacsony energiaigényű (favázás) épületek belső légterében kialakuló légparaméterek mérése és vizsgálata, doktori értekezés, 2014

- [5] Bozsaky Dávid: Építési hőszigetelő anyagok, TERC Kft. 2017.
- [6] MSZ EN ISO 11925-2 Tűzzel szembeni viselkedési vizsgálatok. Építési termékek gyúlékonysága közvetlen lánghatásra. 2. rész: Vizsgálat „egyetlen láng” gyújtóforrással (ISO 11925-2:2020)
- [7] <https://www.vedelem.hu/files/UserFiles/File/aktualis/20160504-tszn/12.pdf>
- [8] <https://fandaro.eu/>
- [9] <https://hu.wikipedia.org/wiki/N%C3%A1trium-szilik%C3%A1t>
- [10] <https://kreativlakas.com/vakolat/szilikatok-az-epitoiparban-vizuveg/>
- [11] <https://tdk.bme.hu/EPK/Zold2/Textilhulladek-hasznositasa-az-epitoiparban>
- [12] MSZ 9607-1:1983, „Égéskeletető szerrel kezelt fa és fahelyettesítő anyagok vizsgálata. Az égéskeletetés hatékonyságának vizsgálata és minősítése Lindner-módszer alapján”, 1983.
- [13] Bíró, András; Földes, Tamás; Bíró, Boglárka; Lublós, Éva: Az építőiparban használt fa vizsgálata CT-vel in Védelem és Tudomány: Katasztrófavédelem online tudományos folyóirat 6: 2 pp. 19-36., 18 p. (2021)
- [14] L. Németh, „9. faszerkezetek tűzállóságának tervezése fejezet 9.3 Az égéskeletető anyagok hatásmechanizmusai alpont”, in Faanyagok és faanyagvédelem az építőiparban, Budapest: Agroinform kiadó, 2003.
- [15] MSZ EN 13501-1:2007+A1:2010 Épületszerkezetek és építési termékek tűzvédelmi osztályozása. 1. rész: Osztályba sorolás a tűzvesélyességi vizsgálatok eredményeinek felhasználásával
- [16] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet

Melléklet: Mérési jegyzőkönyv 2023.10.16.

alapanyag	mellékanyag	mellékanyag tömege [g]	próbatest kezdeti tömege [g]	próbatest végső tömege [g]	tömegveszteség [g]		átégés ideje [s]
					[g]	[%]	
KEVERT	nátronvízüveg	10	16,628	13,251	3,378	20,3%	40
KEVERT	nátronvízüveg	20	24,020	18,812	5,208	21,7%	63
KEVERT	nátronvízüveg	30	32,696	30,196	2,500	7,6%	-
PAMUT	nátronvízüveg	10	18,077	15,137	2,940	16,3%	96
PAMUT	nátronvízüveg	20	24,089	14,780	9,309	38,6%	182
PAMUT	nátronvízüveg	30	31,772	23,620	8,152	25,7%	-
KEVERT	kálivízüveg	10	16,105	10,533	5,572	34,6%	19
KEVERT	kálivízüveg	20	25,625	17,515	8,110	31,6%	17
KEVERT	kálivízüveg	30	32,692	25,210	7,482	22,9%	-
PAMUT	kálivízüveg	10	16,332	12,370	3,962	24,3%	153
PAMUT	kálivízüveg	20	24,180	20,370	3,810	15,8%	135
PAMUT	kálivízüveg	30	33,065	28,387	4,678	14,1%	158
PAMUT	-	-	11,450	0,537	10,913	95,3%	37
KEVERT	-	-	11,920	1,379	10,541	88,4%	0
EPS	-	-	2,412	2,010	0,402	16,7%	2