



Oláh Krisztián Sándor

A SÍKBÓL KIMOZDÍTOTT ÉPÜLETHOMLOKZATOK HOMLOKZATI TŰZTERJEDÉSI VIZSGÁLATA MÉRNÖKI MÓDSZEREKKEL

Absztrakt

A homlokzati tűzterjedésgátlás mind a hazai, mind a külföldi tűzvédelmi előírások fontos eleme, amelyre nincs egységes európai vizsgálati szabvány. A magyarországi homlokzati tűzterjedési határérték-vizsgálat csak sík homlokzatokra vonatkozik, ezzel szemben a valós épületeken kiugró és visszahúzott homlokzati tagozatok és ezek kombinációja egyaránt jellemző. A probléma feloldására a cellamodelles szimulációk alkalmazása megoldást jelenthet, amit jól szemléltet az is, hogy erre nemzetközi szinten párhuzamosan több példa is adódik. A hazai szabvány szimulációs környezetbe történő átültetésével előáll egy olyan új „vizsgálati eszköz” ami lehetővé teszi az ismeretlen viselkedésű épületgeometriák, hatékony és pontosnak mondható vizsgálatát. Cikkünkben a síkból kimozdított épülethomlokzatok homlokzati tűzterjedést befolyásoló sajátosságait mutatjuk be.

Kulcsszavak: homlokzat, homlokzati tűzterjedés, síkból kimozdított homlokzat, tűzszimuláció

FIRE PROPAGATION TEST OF MULTI-PLANAR FACADES WITH FIRE SAFETY ENGINEERING METHODS

Abstract

Preventing the façade fire propagation is an important element of both Hungarian and international fire safety legislation but there is no unified European test standard. The Hungarian façade fire propagation test standard applies only to vertical facades, but in the case of real buildings non-planar facades are also typical. In order to remedy the shortcomings of



the regulations, the use of CFD simulations may serve as a solution, supported by the fact that several international studies, independent of each other, have relied on this technology. By applying the Hungarian standards in the virtual environment of the simulation, a new “testing method” presents itself, which allows for the effective and fairly accurate examination of façade geometries with unknown fire behaviour. In our article features influencing the fire propagation of non-planar facades are introduced.

Keywords: façade, façade fire propagation, non-planar façade, fire simulation

1. BEVEZETÉS

A homlokzati tűzterjedésgátlás mind a hazai, mind a külföldi tűzvédelmi előírások fontos eleme és egyben a homlokzati megjelenést leginkább befolyásoló tényező is. A hazai és nemzetközi tüzesetek tanulságai jól mutatják, hogy a tűz elleni védekezés középpontjában ugyan továbbra is a zárttéri tüzek állnak, ugyanakkor a homlokzatokon alkalmazott formák és anyagok, szerkezetek jelentősen megemelték annak a kockázatát, hogy a tűz a homlokzatra kilépve kontrollálatlanul terjedjen, veszélyeztetve az épület egészét és a kiürítést is.

A homlokzati tűzterjedés elleni védelem általános követelményeit hazai viszonyok között az OTSZ, míg annak megfelelő megoldásait közvetlenül a Tűzterjedés elleni védelem TvMI, közvetve pedig az MSZ 14800-6 vizsgálati szabvány határozza meg. Mindezek a függőleges tűzterjedés gátlás vonatkozásában csak sík vagy a sík homlokzataból kiálló konzollal ellátott homlokzatokról rendelkeznek. Ezzel szemben a gyakorlatban még egy visszafogottabb építészeti elképzelés is igen gyakran eltér a fentebb említett, biztos tapasztalatokra alapozott tűzvédelmi megoldásoktól, ezzel ismeretlen mértékű kockázatot hordozva magában.



Érthető, hogy a térben összetett homlokzatok leíró (preszkriptív) szabályokkal történő teljes lefedése nem elvárható azok számossága miatt, de mit kezdhet a szakma ilyen esetekben?



1. ábra: Síkban megmozgatott homlokzat, nem éghető burkolatokkal,
(fotó: Oláh Krisztián, Budapest 2020 július)



2. A JELENLEGI SZABÁLYOZÁSI KÖRNYEZET A SÍKBÓL KILÉPŐ HOMLOKZATOK VONATKOZÁSÁBAN

A vonatkozó hazai szabályozás (jogszabály, szabvány, irányelv) mindösszesen a következő néhány pontban rendelkezik a függőleges síkból kimozdított épülettömegek tűzterjedés elleni védelméről.

Az OTSZ a homlokzati tűzterjedés elleni gát és a tűzterjedés ellen védett kialakítás fogalmán keresztül a síktól eltérő esetekről is rendelkezik, ezzel előírva a tűzterjedés elleni TvMI-ben szerepeltetett és annak megfelelő megoldásokat.

Illetve konkrét követelményt is támaszt bizonyos esetekben:

25. § ... (2) *A külső térelhatároló fal burkolati, bevonati, vakolt hőszigetelő rendszere*

a) csak A1 vagy A2 tűzvédelmi osztályú lehet

...

ab) KK és MK osztályú épületek előrenyúló épületrészeit alulról határoló födém alsó felületén, valamint a visszaugró épületrészei feletti, épületen kívüli teret felülről határoló födém alsó felületén. (Belügyminisztérium, 2019)

A Tűzterjedés elleni védelem TvMI-ben a nyílásos, sík homlokzat függőleges tűzterjedés elleni gátjára (konzolos szerkezettel vagy anélkül) megfogalmazott geometriai szabályok pontos értelmezésére a TvMI 7. ábrája – „Függőleges homlokzati tűzterjedés elleni gátak elvi metszetei” – szolgál (Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, 2020). Ezen ábra sajátossága, hogy a konzolos tűzgát alatti és fölötti falszakasz egy síkban van. Az itt feltüntetett függőleges és vízszintes kiterjedés ugyan könnyen rávetíthető egy-egy visszahúzott vagy előre ugratott homlokzatra – ahogyan ez a tervezői gyakorlatban jobb híján meg is történik, – ugyanakkor a homlokzati tüzek áramlástanai sajátosságaira való tekintettel sejtethető, hogy a szabályok ilyen jellegű kiterjesztése nem megalapozott. Az irányelvi ábrák megalapozottan csak annyit állítanak, amennyi a hazai és nemzetközi tűztesztek alapján már bizonyosan kijelenthető. Belátható hogy a fentebb említett hiányosság tehát nem oldható fel



csupán további ábramelléletek készítésével, azokat feltétlenül újabb vizsgálatokra szükséges alapozni.

Az OTSZ jelenlegi előírásai szerint azonos tűzszakaszba tartozó, különböző építményszintek esetén a függőleges tűzterjedés elleni védelemre alkalmas lehet minden olyan – a homlokzati tűzterjedési gát elvi ábrájától akár geometriai, akár szerkezeti szempontból eltérő - műszaki megoldás, amely a 14800-6 szabvány szerinti vizsgálat alapján megfelel az épület mértékadó kockázati osztályának megfelelő homlokzati tűzterjedési határérték követelménynek (Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, 2019 a).

Az MSZ 14800-6 és módosított változatai 1980 óta képezik a homlokzati tűzterjedés elleni védekezés egyik hazai alapkövét. 2004-ben e szabvány szerinti, bevonat nélküli, csupaszfalas vizsgálatok segítségével készítették elő a jelenleg érvényben lévő geometriai szabályokat és a szabvány 2009. évi módosítását. A homogén vagy hőszigetetlen homlokzatok korában született szabványt 2009-ben frissítették a kor igényeinek megfelelően. A módosításkor egyes a vizsgálatot érintő műszaki megoldások mellett változtattak a kiértékelési rendszeren is, hogy az a vizsgált, jellemzően hőszigetelt homlokzati rendszerekre vonatkozásában releváns, és elfogadható követelményeket támasszon (MSZT MB 110, 2009)

A homlokzati tűzterjedési vizsgálatnak alapvetően két célja van a 2009-es módosítás szerint:

A függőleges és vízszintes irányú tűzterjedési jellemzők (tűzterjedési határértékek: T_h) meghatározása

1. nyílásos épülethomlokzatokon létesített, légréssel szerelt és légrés nélküli bevonatokra, burkolatokra, hőszigetelő rendszerekre vonatkozóan, továbbá
2. nyílásos épülethomlokzatok esetén a tűzterjedési gátak kritériumainak nem megfelelő homlokzati megoldásokra vonatkozóan. (MSZT MB 110, 2009 p. 2)

Tekintve hogy a minősítés megléte a rendszergazdák számára nélkülözhetetlen a piacvesztés elkerülése érdekében, az utóbbi évek során számos vizsgálatot végeztek el, ugyanakkor érthető okokból azt szinte kivétel nélkül a gyakorlatban leggyakrabban előforduló, a geometriai követelményeknek megfelelő, sík homlokzatokon hajtották végre.

2020-ban újabb szabványfrissítésre került sor. A módosításokból kitűnik, hogy a szabvány alkalmazhatóságát igyekeznek az utóbbi évek igényei szerint kiterjeszteni – egyre nagyobb teret



biztosítva, a nem falazott szerkezeti megoldásoknak, illetve a vasbeton vázszerkezet elé épített szerelt jellegű konstrukcióknak. Szempontunkból fontos újítás a vizsgálóberendezés elé épített mintahomlokzatra merőleges szárnyfal megjelenése opcionális lehetőségként, amely felhívja a figyelmet arra, hogy a negatív falsarkok tűzterjedés szempontjából kedvezőtlen hatása sem elhanyagolható. Megállapítható hogy a szabványalkotók is egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a homlokzat előtti térbeli tűzterjedési problémákra, de továbbra is kérdés hogy az ismeretlen térbeli helyzetek vizsgálata milyen esetekben lesz kötelező.

Megjegyzendő, hogy függőleges tűzszakaszhatárokon a tűzterjedés elleni gátak irányelvben rögzített geometriai szabályainak mindenképpen meg kell felelni, attól eltérő megoldás – tudományosan megalapozott, azonos biztonsági szintet képviselő megoldások esetén is – csak jóváhagyási eljárás lefolytatása mellett valósítható meg, amely jelenleg tovább csökkenti tűzterjedési gát geometriai követelményeitől eltérő megoldások vizsgálata iránti érdeklődést.

A fentieket összegezve:

- Az irányelvi ábráktól eltérő formákkal kapcsolatban mérési tapasztalatok nincsenek.
- A terület kutatására legalkalmasabb, jelenleg is rendelkezésünkre álló vizsgálóberendezést ilyen formában gyakorlatilag nem használják.
- A tapasztalatok és ilyen jellegű ismereteink hiányában a megfelelő megoldásokra vonatkozó szakmai iránymutatás sem lehetséges.
- A tervezők legfeljebb az előírások, irányelvben rögzített megfelelő megoldások szó szerinti betartását követelhetik, ellenben ez gyakran teljesen életszerűtlen helyzeteket teremtve sok esetben nem érvényesíthető.

3. KUTATÁSI CÉL

Jelen kutatás célja a fent ismertetett problémára reagálva, a hazai homlokzati tűzterjedési szabvány szerinti vizsgálatra alapozott számítógépes szimulációk segítségével megvizsgálni az előreugró, illetve visszahúzott épülethomlokzatok tűzterjedési sajátosságait.

Az egyre nagyobb teret hódító számítógépes szimulációk segítségével, a valódi vizsgálatokhoz képest viszonylag csekély materiális befektetés mellett, relatív pontos képet kaphatunk a



jelenleg nem vizsgált épületformákról, ugyanakkor a szabványosított vizsgálat, illetve annak rendelkezésünkre álló eredményei alapján a későbbiekben lehetőségünk nyílna a valós tűztesztek eredményeinek kiterjesztésére.

A fentebb ismertetett szabályozási környezetből kiindulva, egy, a tűzszakasz határokon (Th határérték nélkül, feltételezeten legalább 45 percig) is megfelelő biztonságot képviselő, a geometriai szabályoknak megfelelő, csak nem éghető komponenseket tartalmazó sík homlokzatot tekinthetünk a „legmagasabb” biztonsági szintnek. A valós és a számítógépes vizsgálatok során egy ilyen homlokzat szabványosított vizsgálaton elért eredményeit vesszük a mértékadónak, majd a kapott eredményeket ehhez viszonyítva elemezzük és értékeljük az egyes, ettől eltérő kialakítású homlokzatok tűzvédelmi kockázatait.

4. VIZSGÁLAT MÓDJA, PEREMFELTÉTELEI

Az eddig leírtakból következően vizsgálatomat a hazai MSZ 14800-6 szabványra építettem fel, ahhoz valós vizsgálati eredmény alapján hitelesített cellamodelles numerikus szimulációt alkalmaztam. A dolgozat terjedelmi korlátai miatt a kutatás a tűztéri nyílásból a vizsgálószinti ablaknyílásba történő tűzterjedési jellegzetességekre korlátozódik, egy eddig nem feldolgozott területen, a síkból kimozdított homlokzatok esetében.

A vizsgálatot csak nem éghető komponenseket tartalmazó homlokzatokon végeztem, annak érdekében, hogy kizárjam a homlokzaton esetlegesen terjedő tűz befolyásoló hatásait, továbbá azért, mert a szimulációs szoftverek jelenleg még nem, vagy csak pontatlanul tudják kezelni az égésben résztvevő anyagok állapotváltozásait, amely szintén vizsgálati hibákhoz vezethetne.

A továbbiakban ezért olyan nem éghető, hőszigetetlen – vagy ezzel a vizsgálat szempontjából azonosan viselkedő, légrés nélküli, nem éghető homlokzatburkolati, vagy hőszigetelő rétegekkel ellátott – homlokzatokra fókuszálok, amelyek analóg módon teljesítik a jelenleg érvényben lévő geometriai követelményeket, de formailag eltérnek attól. Tehát a nyílások között előáll a jelenlegi egyetlen számítási szabály szerinti 1,3 méter, de a homlokzat síkból kimozdított - előreugró vagy hátrahúzott, nem pedig sík vagy konzollal ellátott sík.



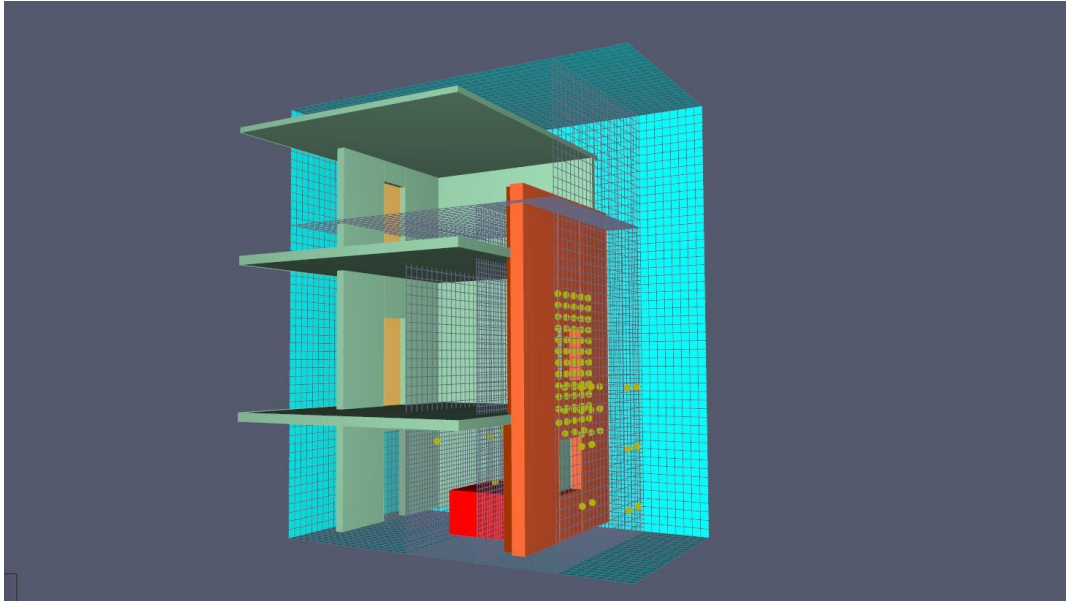
5. A VIZSGÁLAT ÉRTÉKELÉSI RENDSZERE

Az elvégzett vizsgálatok értékeléséhez egy nem éghető, csupaszfalas, homlokzati tűzterjedési gát kritériumainak megfelelő sík homlokzaton végzett vizsgálat hőmérsékleti eredményeit fogom referenciaértéknek tekinteni, amelyhez mérten az eddig nem deklarált teljesítményű homlokzati elrendezések kedvezőbb vagy kedvezőtlenebb viselkedését viszonyítani lehet.

6. A VIZSGÁLATI ALAPMODELL ISMERTETÉSE

A vizsgálat alap eszköze egy MSZ 14800-6:2009 szerinti valódi vizsgálati épület szimulációs környezetben felépített pontos mása. Vizsgálataimat a hazai és nemzetközi gyakorlatban is elfogadott cellamodelles szimulációs környezetben végeztem. A továbbiakban vizsgálati alapmodellként hivatkozom arra a modellre, amely alapján feltételezem az elvégzett szimulációk realisztikus viselkedését. A szabvány szerinti vizsgálati konfiguráció Pyrosim programban került modellezésre, a futtatások pedig az FDS 6.7.1- es verziójával készültek el.

A vizsgálati szabványban definiált, 650 kilogramm fenyőfa cseréplécből álló máglyát, amelyet 10 liter gázolaj tálcatüze gyújt be (MSZT MB 110, 2009), egy azonos befoglaló méretű téglatesttel helyettesíttem, amelynek felületére definiált tüzteljesítmény és annak időbeli felfutása a vizsgálatban definiált teljesítményértékek átszámításával, és "empirikus" úton történő finomhangolással határoztam meg, majd a tűztéri és homlokzat előtti hőmérsékleti adatok segítségével validáltam.



2. ábra: A referencia modell háromdimenziós képe Pyrosim programban

7. A VIZSGÁLATI ALAPMODELL SAJÁTOSSÁGAI ÉS VALIDÁCIÓJA

A modellben a vizsgálati szabvány által meghatározott összes hőelemet az azokhoz jellegében legközelebb álló thermoelemekkel helyettesítettem. Az ezeken mért hőmérsékleti eredmények összessége képezi a modell validációjának alapját. A vizsgálat során a tüztér hőmérsékletének átlagán felül a homlokzat előtt elhelyezkedő, I-VI jelű hőelemsorok által mért – kilépő lángra jellemző – átlaghőmérsékletek, továbbá a vizsgálószinti nyílásban elhelyezett – 1-16 jelű thermoelemek által mért –, a látható lángzónán kívül eső gáztéri hőmérsékletek is ellenőrzésre kerültek.

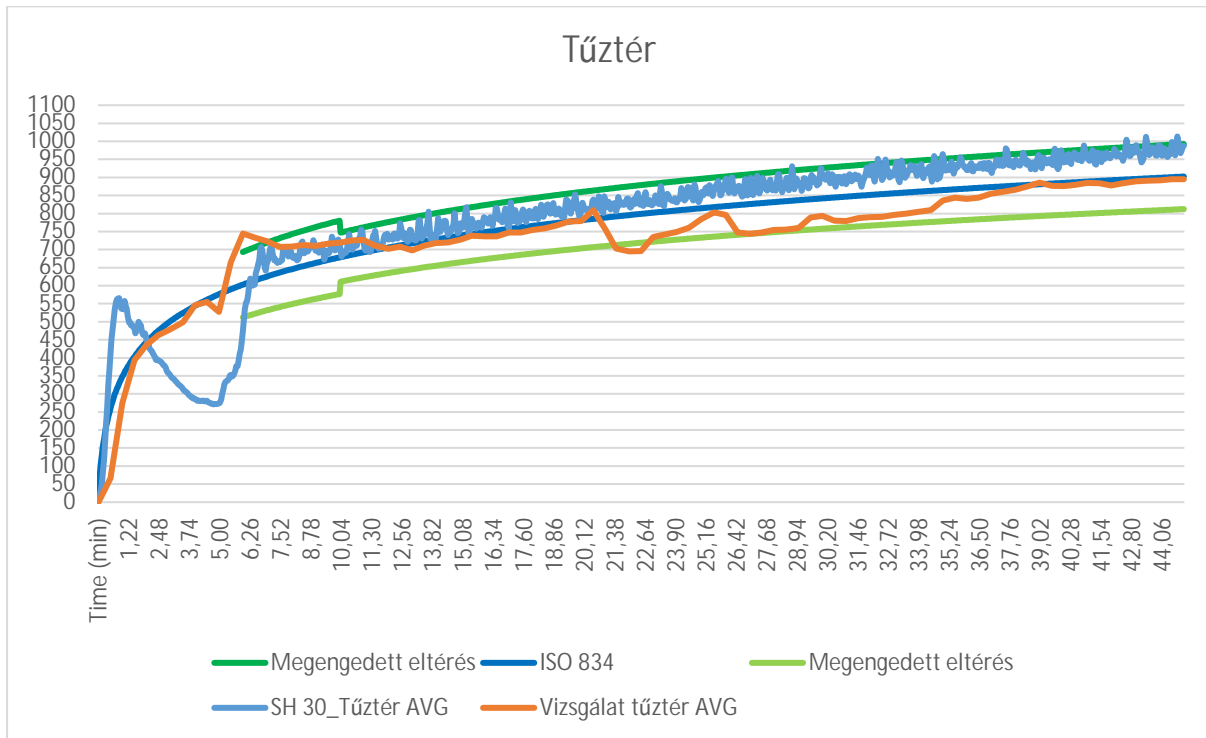
Az alapmodell elkészítéséhez lefuttatott közel 70 szimuláció során kiderült, hogy a tüztéri hőmérséklet viszonylagosan érzéketlen a tűz teljesítményére. A valódi máglya teljesítményének akár többszörösére is modellezhetjük a tűzfészket, mert a vizsgálati tér ajtaja – annak mérete – olyan mértékben oxigénvezéreltté teszi az égést (nemzetközi zsargonban kifejezetten oxigén/szellőzésvezérelt tüzekként hivatkoznak a vizsgálat tárgyát képező tüztípusra [O'Connor, 2008]), hogy a tüztér hőmérséklete nem képes jelentős mértékben



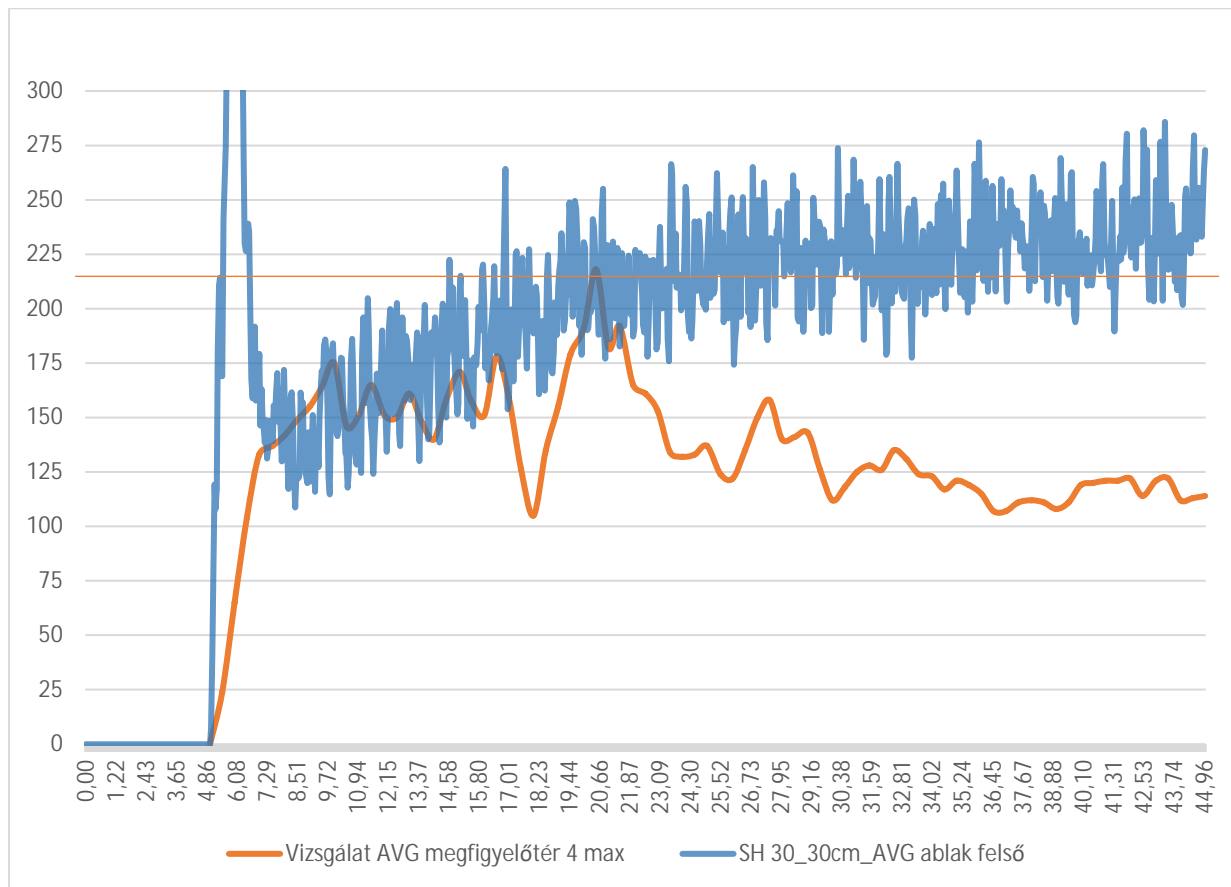
meghaladni az ISO 834 szerinti zárttéri tűzgörbét. Ezzel szemben a homlokzaton, ugyanezen teljesítménykülönbségek akár $\pm 50\%$ körüli hőmérséklet-eltéréseket is mutathatnak – az ablaknyílásban $150-170\text{ °C}$ fok vagy 80 °C fok is lehet, úgy, hogy a tűztér hőmérséklete mindkét esetben a megengedett tűréseken belül marad.

Ez a jelenség szemléletesen mutatkozik a valós vizsgálat és a szimuláció eredményeit összehasonlító grafikonokon is. Jól megfigyelhető, hogy a szimulációs eredmény és a valós tűzteszt homlokzati hőmérséklet eredményei megközelítőleg a 22-24. percig megegyeznek, majd ezt követően a valós hőmérsékletek csökkenni kezdenek, míg a szimulációs értékek tovább emelkednek. Eddig az időpillanatig ugyanis mindkét tűz oxigénvezérelten ég. A 22. perc körül azonban a valódi máglya elkezd leégni, miközben a szellőzőnyílások ki-be csukásával szabályozzák az égést, úgy, hogy zárttéri hőmérséklet-idő kitéti görbe szabvány szerint megengedett $\pm 5\%$ tűrésen belül mozogjon. Mivel a tűz teljesítmény csökken, a külső hőmérséklet is visszaesik. Ezt kiválóan szemlélteti, hogy a valós vizsgálat 20. és 33. percében is 800 °C fok körüli a tűztér átlaghőmérséklete, de a vizsgálati ablak négy legmagasabb hőmérséklete e két időpillanat között 175 °C -ról $110-115\text{ °C}$ körülire esik vissza. Az imént tett megállapítás arra enged következtetni, hogy a szabványos vizsgálat során 25-30 perc körül várható a teljesítmény csúcs, amely után nem éghető homlokzatok esetében nem várható a homlokzatot és a vizsgálószint nyílást érő magasabb hőmérsékleti kitétség (ÉMI, 2004).

Megállapítható tehát, hogy az ehhez hasonlóan összetett, egyszerre kül- és beltéri épületrészekre egyaránt kiterjedő tüzek szimulációja esetén feltétlenül szükséges a nyíláson kilépő láng hőmérsékletek visszaellenőrzése is, annak érdekében, hogy a további használatra szánt mértékadó tűzterhelés és lángkép biztosan helyesen kerüljön meghatározásra.



3. ábra: Tűztéri hőmérsékletek a valós vizsgálatban (narancssárga) és a szimulációs alapmodellben (világoskék)



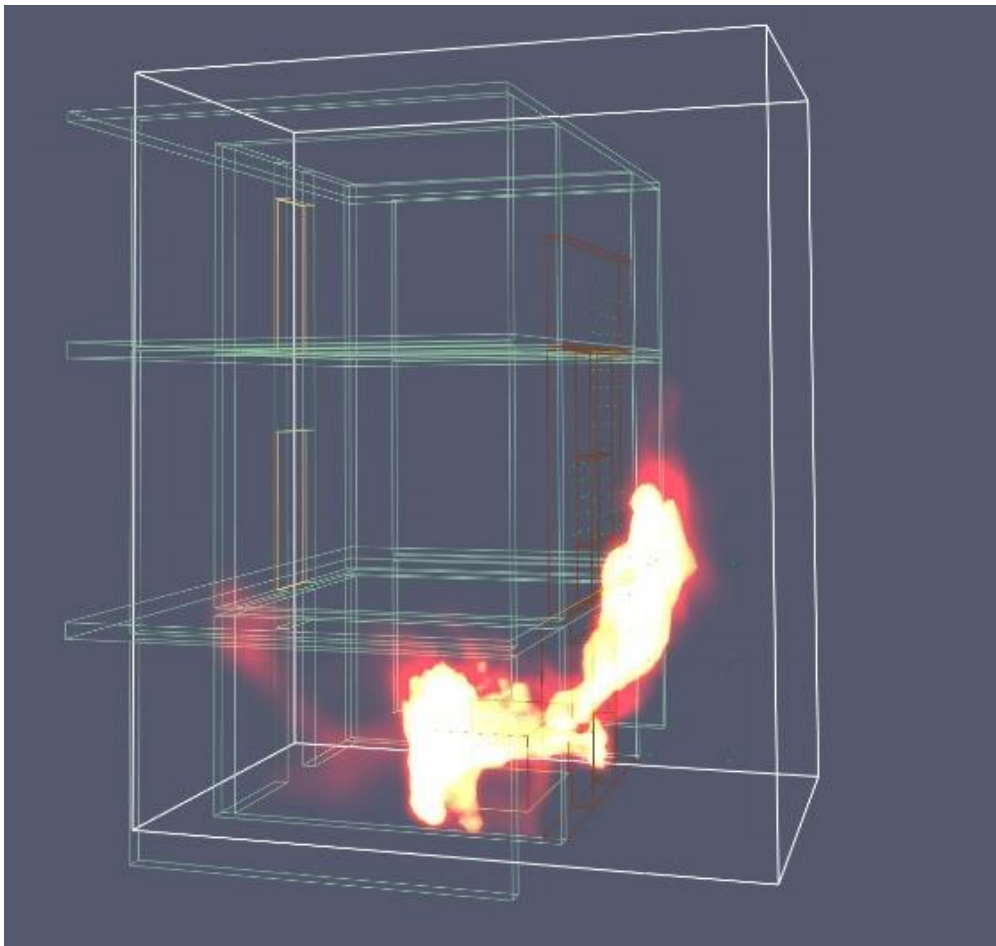
4. ábra: A vizsgálószinti nyílás szabványos hőelemei által mért négy legmagasabb (szabvány szerint 1-4 jelű) hőmérsékleti eredmény átlaga a valós vizsgálatban (narancs) és a szimulációs alapmodellben (kék)

A beillesztett grafikonokról leolvasható, hogy a szimuláció legrosszabb esetben is 10% körüli hibahatárral dolgozik, még a tüztértől távolabb eső pontokon is, és ez is a biztonság javára – a nagyobb kitettség irányába történik. Ezen a ponton meg kell jegyezni, hogy 10% körüli eltérések az egyes azonos jellegű vizsgálati eredmények között is előfordulhatnak.

A grafikonokon látható sűrűbb kilengésű kék vonal szemlélteti, hogy a szimulációban alkalmazott thermocouple eszközök a valódi hőelemeknél érzékenyebbek, rövidebb reakcióidővel, és valódi elemeknél sokkal több regisztrált eredménnyel dolgoznak, amely a pontosság irányába történő eltérés. További megállapítható különbség a hőmérsékleti átlagok 20-22. percnél történő szétválása, amelyet a korábban taglaltak szerint a valós tesztben szereplő famáglya leégése eredményez. Fontos megjegyezni, hogy a szimulációs program képes elégő



anyagokat kezelni, ezáltal a szabványos vizsgálatban mért csökkenő hőmérsékleti átlagok reprodukálására is képes lehetne, de könnyen belátható, hogy ezzel csupán további – a valódi vizsgálat által le sem fedett - eredménytartomány veszne el. A szabványban meghatározott térben vízszintesen és függőlegesen is kiterjedő pontfelhő által mért és összehangolt eredmények összessége alapján megállapítható, hogy a vizsgálati modell lángképe a vizsgálat szükséges pontosságának léptékében megfelel a valóságnak, és ezáltal feltételezhetjük annak áramlástanai szempontból is realiztikus viselkedését.



5. ábra: A vizsgálati alapmodell térbeli képe és jellemző lángképe a Pyrosim programban



8. A VIZSGÁLT MODELLEK BEMUTATÁSA

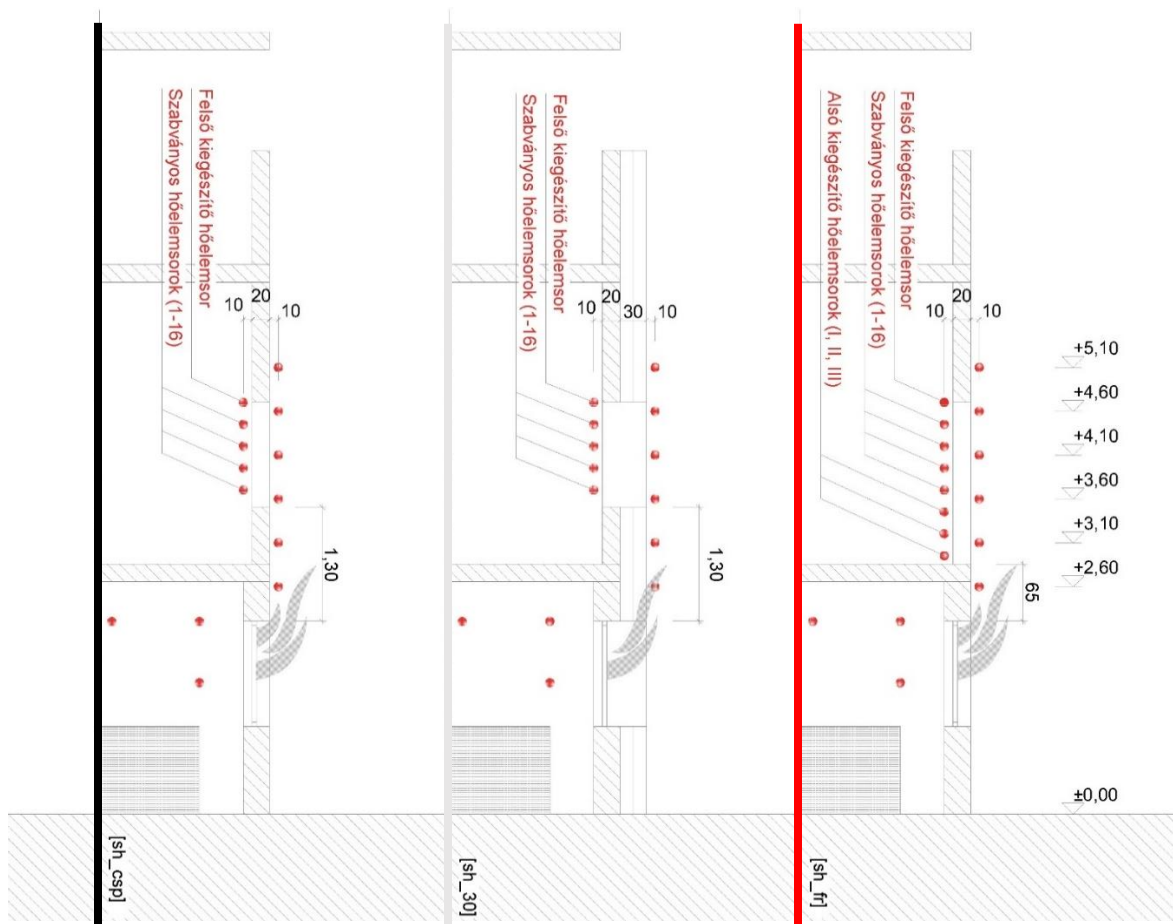
A vizsgálatok célja a tűzterjedés elleni gátakra vonatkozó $G_{H1}+1,3 \times G_{H2}=1,3$ m képlet kiterjeszhetőségének a vizsgálata a tűztéri homlokzat síkjától visszahúzott, illetve annak síkja elé kilépő épülethomlokzatok esetében.

Kiindulási alapfeltétel, hogy a vizsgálandó homlokzati elrendezéseket a szabványban rögzített paraméterekkel rendelkező alapszerkezet módosításával alakítom ki, attól csak a legszükségesebb mértékben térek el, rögzítve ezzel többek között az emeletközi födékek síkjait, illetve a tűztéri nyílás pozícióját és formátumát. Mindemellett meg kell állapítani, hogy a szabványban meghatározott tűztéri nyílás pozíciója és mérete, illetve ezáltal az afölött kialakuló szemöldök magassága nem teljesen életszerű, különösen a jelenlegi építési szokások ismeretében. Egy átlagos méretű ablak jellemzően 150 centiméter magas, ami szintén egy átlagos építményszint magasság (300 cm), belmagasság (270 cm) és parapet magasság (90 cm) mellett nagyságrendileg 15-20 centiméterrel kisebb szemöldököt eredményezne. Egy áramlástani szempontból ilyen érzékeny rendszernél természetesen a nyílás formátuma sem lehet elhanyagolható. A nemzetközi kutatási tapasztalatok is egyértelműen ezt erősítik. Marcus Nilsson 2016-ban publikált tanulmányából kiderül, hogy a nyílás mérete és pozíciója több szempontból is meghatározza a kilépő láng viselkedését. Egyrészt a nyílás alsó része részt vesz a légpótlásban is, ezáltal egy nagyobb nyílás kevésbé korlátozza a tűzteljesítményt. Másrészt, a szemöldök mögött füstkötény alakul ki ahol felgyűlnek az égéstermékek, és egy magasabb kötény mögött jobban felhalmozódó égéstermékek a szemöldökön átbukva hevesebb reakciót, és nagyobb lángmagasságot eredményeznek (Nilsson, 2016). Elméleti alapon ez azt is jelentheti, hogy azonos függőleges távolságra lévő nyílások között is jelentős eltérések lehetnek, csupán amiatt, hogy tűztéri nyílás a helyiség belmagasságán belül hol helyezkedik el. Szélsőséges esetben az is elképzelhető, hogy a tűzterjedési gát alsó nyílás szemöldökének növelésével többet ártunk, annak ellenére hogy a nyílások között távolság kis mértékben növekszik. Mindez jelzi, hogy a homlokzati tűzterjedés vizsgálatok jövőjében a pontos nyílásképre is az eddiginél nagyobb figyelmet kellhet fordítani. Jelen vizsgálat kapcsán nyíláskép módosítása tehát szintén újabb eredményekkel szolgálhatna, de ezzel párhuzamosan elhangolná a kapott eredményeket és kizárná annak lehetőségét, hogy összehasonlítsam őket a

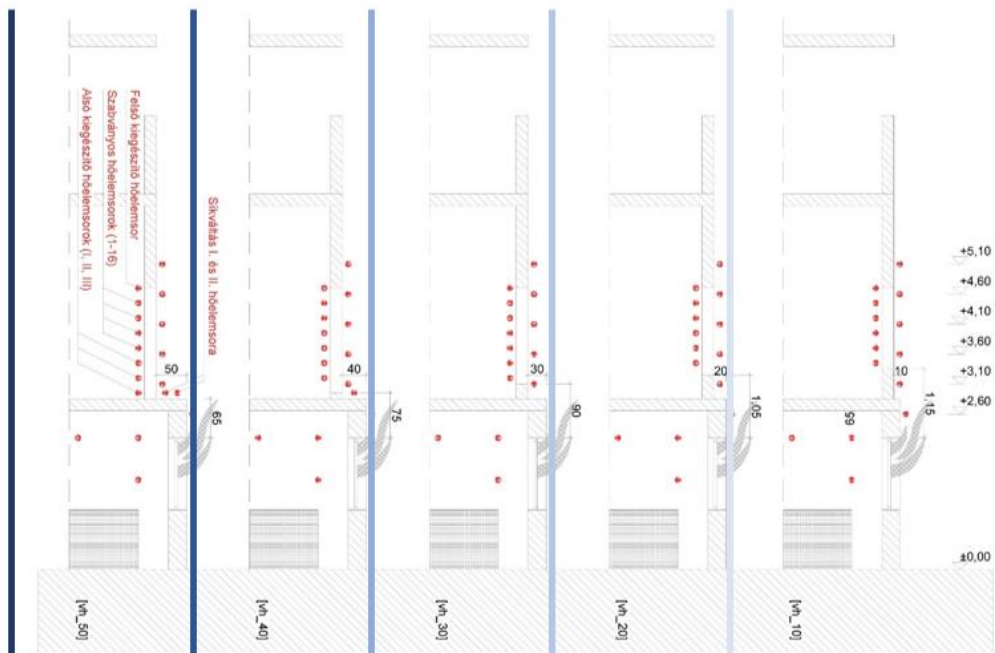


valós vizsgálatokban szerzett több évtizedes tapasztalatokkal. Az elvégzett vizsgálatokat éppen ezért a szabvány szerinti tűztéri nyílással végeztem el.

A fentiekből kiderül, hogy a homlokzati geometria egészen kis módosításai is jelentősen megváltoztathatják az áramlási jellegzetességeket, ezért a képletet nem csak annak szélsőértékein ellenőriztem – tehát a szabvány jelentette kötöttségek betartása mellett legjobban visszahúzott vagy előretolt homlokzaton –, hanem a vízszintes értelemben vett, cellaháló által is adott, minden 10 centiméteres méretlépcsőn.



6. ábra: A megvizsgált sík homlokzati konfigurációk metszetei (a színek a későbbiekben bemutatott grafikonokon történő azonosítást szolgálják)



7. ábra: A megvizsgált visszahúzott homlokzati konfigurációk metszetei (a színekódok a későbbiekben bemutatott grafikonokon történő azonosítást szolgálják)



8. ábra: A megvizsgált előreugró homlokzati konfigurációk metszetei (a színekódok a későbbiekben bemutatott grafikonokon történő azonosítást szolgálják)



A vizsgálati építményeket, az alapmodell kivételével csupaszfalas (hőszigetelő vagy burkolati rendszer nélküli) szerkezetként modelleztem annak érdekében, hogy azok a legtisztább formában a geometriai peremfeltételekre fókuszáljanak. Meg kell jegyezzük azonban, hogy egy a tűzterhelés alatt is helyén maradó – korábban szabvány szerint minősített – burkolat épp úgy befolyásolhatja pozitív, de kedvezőtlen esetben akár negatív irányba is a lángterjedést, mintha az az alapszerkezet része volna. Ez azért különösen fontos, mert az érvényben lévő irányelvek a biztonság érdekében ezek figyelembevételét a homlokzati tűzterjedés elleni gát geometriájában kifejezetten tiltják.

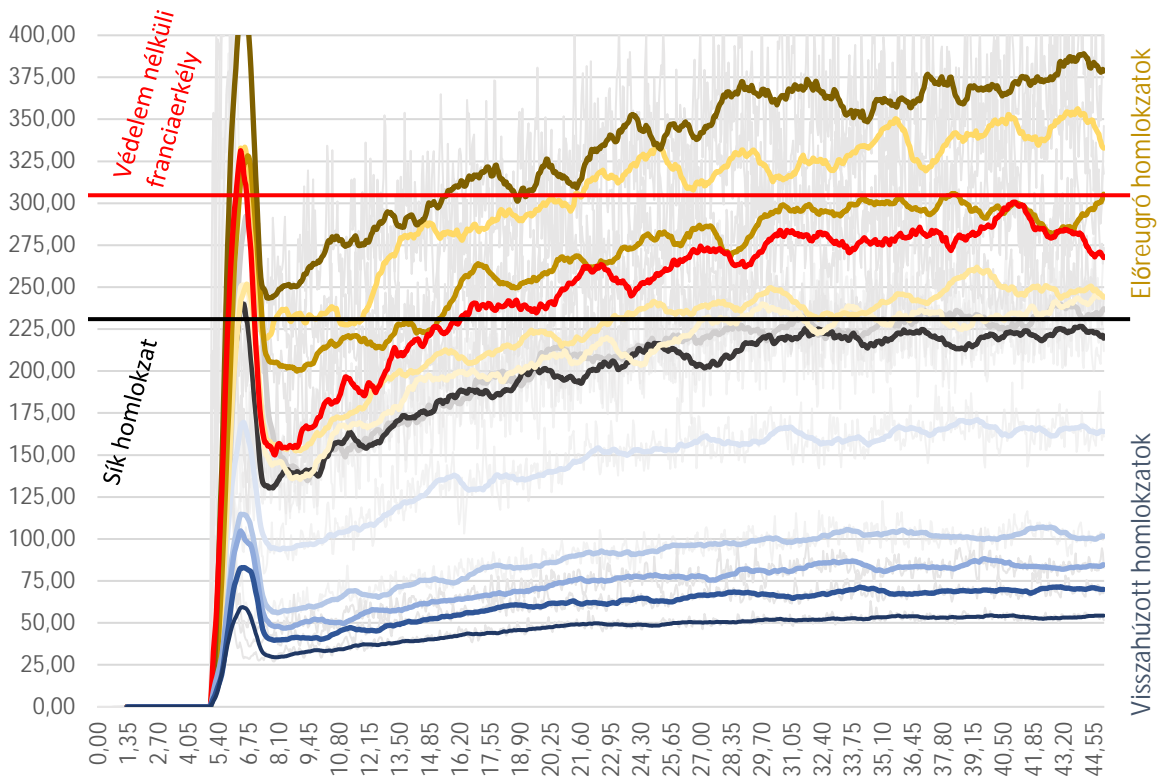
A vizsgálószinten a nyílászárók elhelyezkedése (parapetmagassága) minden esetben úgy került meghatározásra, hogy a parapet a számítás szerinti 1,3 méterre kerüljön. A kutatás időbeli és területi korlátai miatt nem volt lehetőség ettől eltérő vizsgálószinti nyíláskiosztás vizsgálatára.

A legmagasabb homlokzati tűzterjedési határérték-időtartam alatt bekövetkező hőmérséklet emelkedési eredményeket reprezentálandó, a futtatásokat 45 perc időtartamra végeztem el, amely időtartam alatt a szimulált tűzteljesítmény végig monoton növekszik, így a megfelelőséget a valós vizsgálatoknál magasabb kitettség mellett is ellenőriztem.

9. A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

A síkból kimozdított homlokzatokon elvégzett 12 futtatás eredményeit az alábbi grafikonok segítségével hasonlítottam össze. A korábbiakban már ismertettek szerint a homlokzati tűzterjedési gát legszigorúbb követelményeinek – tűzszakaszhatáron – is megfelelő sík homlokzat eredményeit tekintjük az elfogadható kockázattal járó kitettségnek, és ehhez viszonyítottan értékelhetjük a vizsgált homlokzatok terhelését.

Először a megfigyelőszinti ablaknyílás vetületében a szabvány szerinti mérőpontok által mért négy legmagasabb hőmérséklet-érték átlagát hasonlítottam össze, mivel ezeket tekintem a nyílásból-nyílásba történő tűzterjedést leginkább szemléltető mérési eredményeknek.



9. ábra: A vizsgálószinti nyílás szabványos hőelemei által mért 4 legmagasabb hőmérsékleti eredmények átlaga az elvégzett szimulációk során

A grafikonról tisztán leolvasható több igen meghatározó tendencia is. Az első és legjelentősebb, hogy míg a homlokzat visszahúzása a vártnál is sokkal kedvezőbben hat tűzterjedésre, addig a homlokzat előre mozdítása kifejezetten kedvezőtlenül hat még a vizsgált legnagyobb mértékű (50 centiméter) előreléptetés mellett is.

A visszahúzott homlokzatok eredményei alapján megállapítható, hogy a vizsgálószinti homlokzatot érő kitettség a homlokzat egyre nagyobb visszahúzása mellett monoton csökkenő tendenciát mutat. Már egy minimális, 10 centiméteres visszalépés is 50 °C fokkal alacsonyabb kitettséget eredményez. A homlokzat 20 centiméteres vagy afölötti visszahúzása pedig olyan



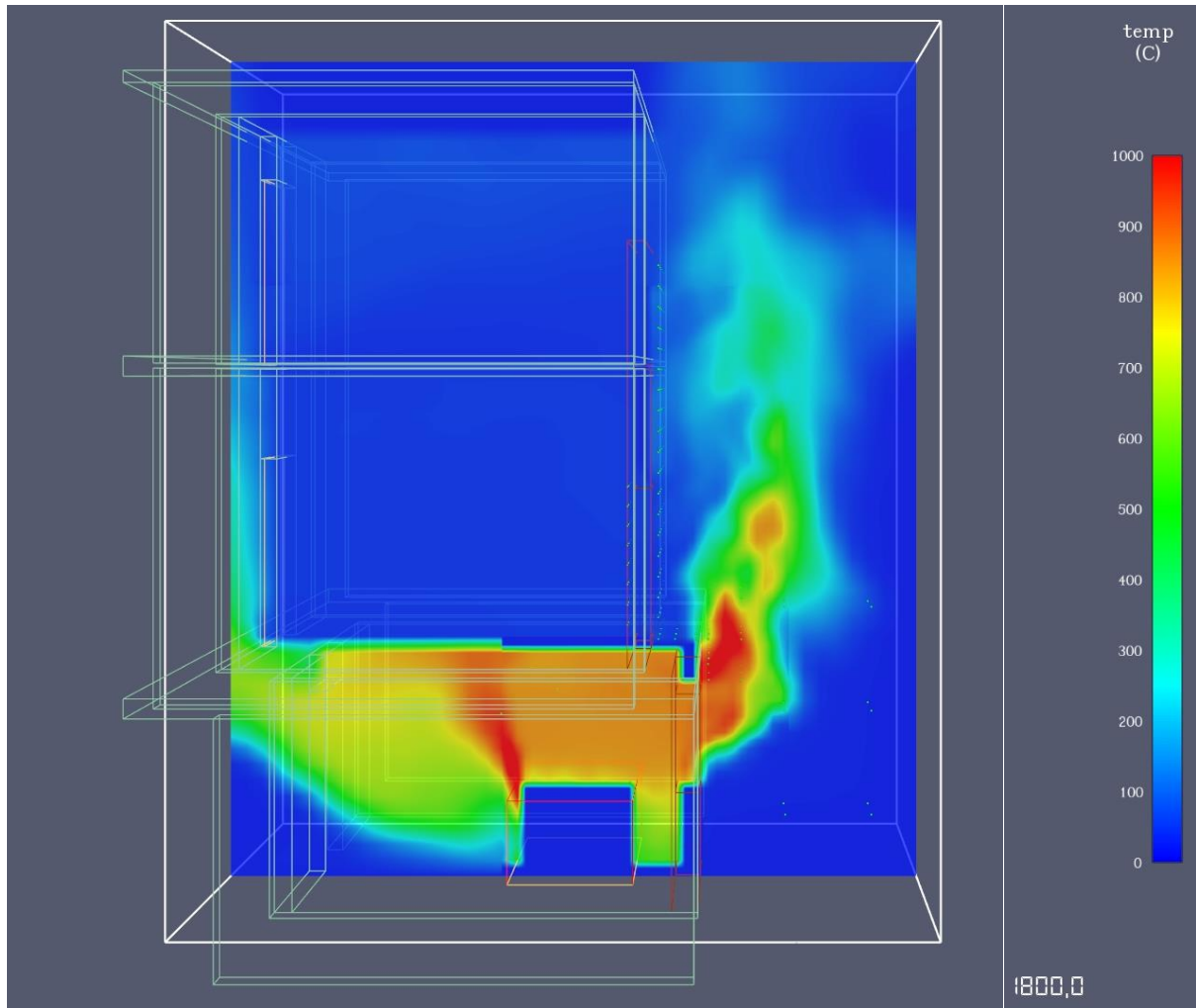
mértékben csökkenti a kitéti hőmérsékleteket, hogy azok alapján akár hosszabb kitéti idő mellett is minimálisra csökkenne a tűzterjedés kockázata – vélhetően még a hőszugárzás nem teljesen számításba vett, kedvezőtlen hatásai mellett is. A kedvezőbb kitettségek mellett a homlokzatok visszahúzása azok áramlástanai szempontból kiszámíthatóbb viselkedése miatt is csökkenti az alkalmazásukkal vállalt kockázatot.

A tűztéri homlokzat síkja elé csak 10-20 centimétert kilépő homlokzatok (homlokzatburkolatok) már 20-30 °C fokkal emelik a vizsgálószinti nyílásban mért hőmérsékleteket, de ez még elfogadható kockázatnak tűnik, hiszen ez a nagyságrend akkor is vállalható, ha egy tűzterjedési gát követelményeinek megfelelő homlokzatot a kor elvárásainak megfelelő, nem éghető burkolati rendszerrel látunk el. Ettől nagyobb mértékű előreugrás azonban a vizsgálószinti nyílásban mért hőmérsékletek drasztikus, akár 100-150 °C fokkal történő megemelkedését eredményezi. A szélsőséges csúcshőmérsékletek mellett tovább rontja a helyzetet, hogy még az edzett üvegszerkezetek betörését, és az ablaknyílásban elhelyezett tárgyak meggyulladását eredményező 220 °C körüli gáztéri hőmérsékletek szinte sokszerűen, már a vizsgálat 8-10. percében előállnak. Ez egy teljesen védelem nélküli kialakított franciaerkély vizsgálati hőmérséklet kitétét is bőven felülmúlja, ami egyértelműen elfogadhatatlan. Az előreugró homlokzatok kezelhetőségét tovább nehezíti, hogy a kapott eredmények alapján viselkedésük nem, vagy nem feltétlenül kiszámítható, vélhetően azért, mert áramlástanai szempontból összetettebbek. A homlokzat előretolása mellett a hőmérsékletek monoton növekedése nem állapítható meg, illetve a további mérési eredményekből az is kiderül, hogy nem ugyanazok a homlokzati konfigurációk viselkednek kedvezőbben vagy éppen kedvezőtlenebbül a vizsgálószinti nyílásban, mint a homlokzat felületén. Vélhetően a vizsgálószinti nyílás formája is jelentős hatással van az előretolt homlokzatok áramlástanai sajátosságaira, amelyek, ha le is írhatók valamilyen szabályszerűséggel, annak megállapításához további vizsgálatok szükségesek.

A lángnak és füstnek közvetlenebbül kitett sík vagy előreugró homlokzatok esetében a nyíláson belüli hőmérséklet értékek függőlegesen differenciálódnak, és alulról felfelé emelkedő tendenciát mutatnak, látszólag a vizsgálószinti homlokzat síkjától függetlenül.



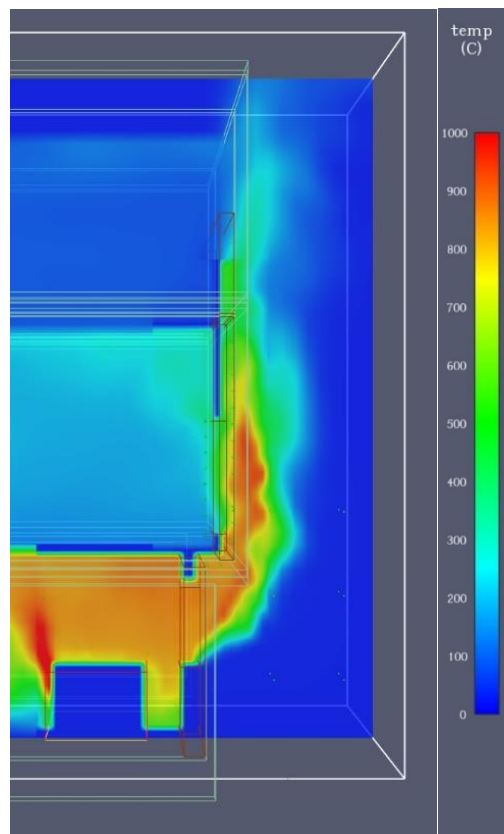
A visszahúzott homlokzatok esetében ugyanez nem állapítható meg, itt a nyílás a láng „függőleges tengelyével” párhuzamos „felfogó” felületként viselkedik, ahol a hőmérsékletek a nyílás belső síkján, a láng tengelyétől azonos távolságra kiegyenlítődnek.



10. ábra: Hőmérséklet-mező a láng tengelyében a vizsgálat 30. percében - 50 centiméterre visszahúzott homlokzaton



A homlokzat mindenkor síkja előtt mért eredmények az eddigi megállapításokat tükrözik: a visszahúzott homlokzatok kedvező, míg az előreugró homlokzatok kifejezetten kedvezőtlen viselkedése mutatkozik. Az előreugró homlokzatok előtt nagyságrendileg másfél-kétszer akkora hőmérsékletek várhatóak, mint a sík homlokzatokon.



11. ábra: Hőmérséklet-mező a láng tengelyében a vizsgálat 30. percében, egy 40 centiméterre előreugró homlokzat esetében

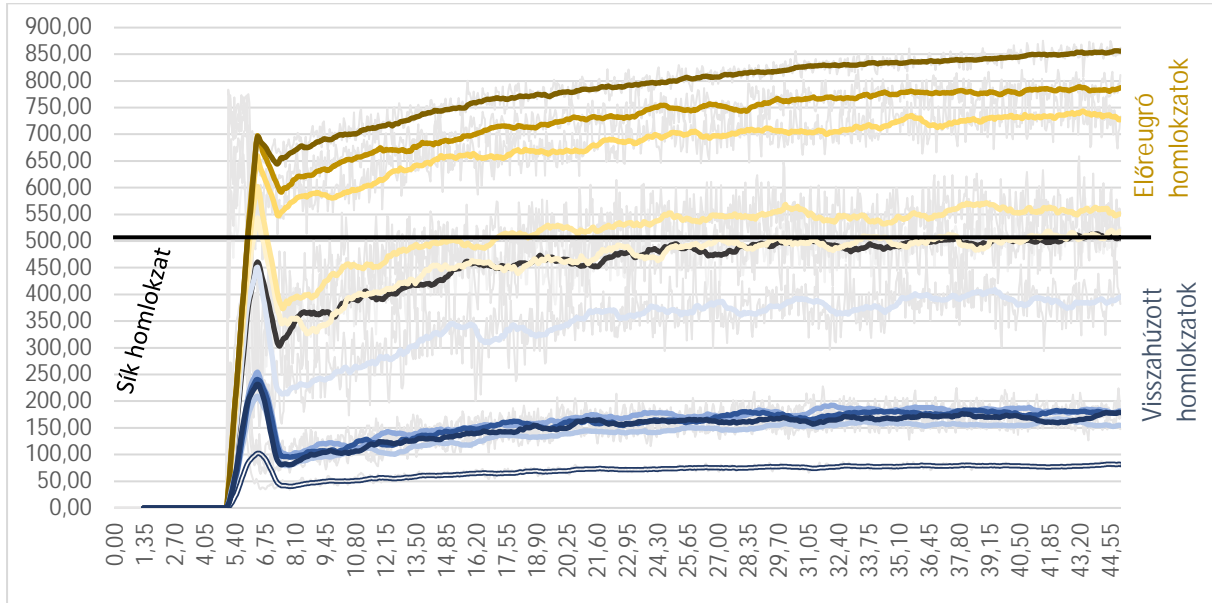
Az előreugró homlokzat alatt és a visszahúzott homlokzat előtt–a földszinti födém felett is tovább erősödnek az eddig felvázolt főirányok, ugyanakkor a mért értékek nagyságrendje feltétlenül szót érdemel.

A homlokzatra kilépő láng a födémkonzolba ütközve szétterül, illetve a beltéri mennyezethez hasonlóan megrekeszti az égésgázokat, így már egy 30 centiméternél nagyobb kinyúlású épületkonzol esetén is a zárttéri tűz nagyságrendjeit megközelítő hőmérséklet-eloszlással kell



számolni az előreugró födém alatt. A helyzetet természetesen csak tovább súlyosbítja, hogy a konzol alja ernyőszerűen fogja fel a nagy jelentőséggel bíró hőszugárzást is. Az itt jelentkező terhelés felhívja a figyelmet arra, hogy a valós teszttel igazolt tűzterjedési határérték csak a vizsgálattal megegyező orientációra vonatkozik és kiterjeszthesége további felülvizsgálatot igényel. Fontos megjegyezni, hogy a fentiek szerint, ilyen orientációjú vizsgálati eredmények hiányában vízszintes felületen (árkádfödém, erkélyek alsó síkján) csak A1 vagy A2 tűzvédelmi osztályú burkolati-, bevonati-, vagy vakolt hőszigetelő rendszer alkalmazhatók (azon vakolt hőszigetelő rendszerek, amelyek légrés nélküli kialakításuk miatt az irányelvi geometriai viszonyok esetén külön vizsgálat nélkül megfelelnek az OTSZ homlokzati tűzterjedési előírásainak).

A tűztéri homlokzat és az e feletti, legalább 20 centiméterre visszahúzott homlokzat között kialakuló vízszintes felület kitettsége a visszahúzás mértékétől függetlenül csekélynek mondható. A tűztéri homlokzattól távolodva – a visszahúzott emeleti homlokzati síkhoz közeledve – a födém feletti hőmérsékleti értékek nagyságrendileg a távolsággal arányosan csökkennek. A földszinti homlokzat síkjától mintegy 20 centiméter távolságra 170 °C fok körüli hőmérsékletek mérhetők, míg attól 40 centiméterre 100 °C fok körül maximalizálódnak az értékek – a vizsgálószinti nyílásban mért értékek már csak 50 °C fok körül mozognak (lásd 10. ábra). A kapott szám adatok alapján arra következtethetünk, hogy tűztérből kilépő láng a födém felső síkjára semmilyen mértékben nem tapad vissza. A szerkezet élén kívül a visszahúzott homlokzat előtti felületek komolyabb tűzeseti hőterhelés nem várható.



12. ábra: Az előreugró homlokzat alatt (a sárga árnyalataival jelölve) és a visszahúzott homlokzatok esetében a földszinti földem felett elhelyezett (a kék árnyalataival jelölve) hőelemsorok átlagértékei

10. A MEGMOZGATOTT HOMLOKZATOK VIZSGÁLATI EREDMÉNYEINEK VISSZAHATÁSA A JELENLEG ÉRVÉNYBEN LÉVŐ SZABÁLYOKRA

A dolgozat kiinduló kérdése a geometriai számítás kiterjeszhetősége volt, ugyanakkor ennek vizsgálata során jó néhány további kérdés merült fel, illetve számos igen jelentős következtetést lehetett levonni, amelyek gyakorlati elhelyezése legalább olyan jelentőségű, mint maga az eredmény. A számítás kiterjeszhetősége igen egyszerűen megállapítható az eredmények összevetése alapján, de utóbbiak részletes ismertetése nagyban hozzájárul azok használhatóságához és a további következtetések levonásához is feltétlenül szükséges.

A visszahúzott homlokzatok kifejezetten kedvező viselkedésük miatt továbbra is minden gond nélkül tervezhetők az eddigi szabályozási környezetnek megfelelően és az eddigi számítások szerint, annak tudatában, hogy már 20 centiméternél nagyobb visszahúzás esetén is jóval alacsonyabb a mértékadó követelményeknél is alacsonyabb a tűzterjedés kockázata. Fontos



megjegyezni, hogy egy esetleges irányelvi módosítás esetén, annak a teljes hazai építési környezetre kiterjedő volta miatt, a vizsgálati eredmények valós tűzteszttel történő igazolása feltétlenül szükséges. Megállapítható továbbá, hogy a visszahúzott homlokzat előtti (lapostető) rétegeket érő mérsékeltebb terhelés mellett könnyebben feloldható lenne az éghető vízszigetelő anyagok elkerülhetetlenül szükséges felhasználása és a szabályozásban előírt éghető anyagok tiltása között feszülő ellentét. A sugárzásnak közvetlenül nem kitett rétegekben, tűzterjedés szempontjából megalapozott részletképzésekkel, vélhetően minimális kockázatnövekedés mellett lehetne éghető, vagy akár égéskésleltetett anyagokat alkalmazni a jövőben. Gyakorlati megközelítésből ez azt jelenti, hogy biztonsággal alkalmazni lehetne azokat a megoldásokat, amelyeket a szakma eddig sem elkerülni, sem igazolni nem tudott. Az ide vonatkozó rétegrendi szabályok definiálásához – megfelelő peremfeltételek meghatározása mellett – a már meglévő, lapostetőkre vonatkozó tűzterjedési szabályokat, és azok tapasztalatait is hatékonyan fel lehetne használni. Amennyiben a kedvező viselkedést a valós vizsgálatok is megerősítenék, célszerű lenne a szabály finomhangolása úgy, hogy kedvezőbb viselkedés ne csak biztonságosabb legyen, de némi teret is adjon az építészeti és épületszerkezeti szaktervezői szándékoknak, ezzel segítve a pontosító szabályok befogadását az azokat alkalmazó szakmai körökben is.

Az előreugró homlokzatok kifejezetten kedvezőtlen viselkedése több megközelítésből is problémákat vet fel. A dolgozat alap kérdését tekintve elsődleges megállapítás, hogy a jelenlegi számítási módszerek alapján szerkesztett homlokzatok viselkedése tűzterjedés szempontjából nem fogadható el, azonban a jelenleg érvényben lévő szabályok nem rendelkeznek az ilyen jellegű homlokzatokról. További nehézséget okoz, hogy az elvégzett vizsgálatok egyike sem hozott megközelítőleg sem elfogadható eredményeket, illetve a kapott eredménykészlet alapján nehezen vagy nem is állapíthatók meg az azok viselkedését leíró szabályszerűségek.

A nyílásos homlokzatok e típusának biztonságos tervezése tehát feltétlenül további vizsgálatokat igényel. A további vizsgálatok segíthetnek az ilyen jellegű homlokzatok feltérképezésében, ugyanakkor a korábbiakban ismertetett összetettebb áramlási viselkedésük miatt számolnunk kell annak a lehetőségével is, hogy a biztonságos megoldások halmaza nem lesz leírható egyszerű geometriai képletekkel, és azok eseti vizsgálata válhat szükségessé. A tervezői gyakorlatra kivetítve arra számíthatunk, hogy a szabályozásban szereplő egyszerűsítő számítások erősen korlátozott lehetőségeket fognak biztosítani, és a



számításokkal nem kezelhető eseteket a jelenlegi dolgozathoz hasonlóan vizsgálattal lehet majd igazolni.

A fenti helyzet előállásakor már csak az épületformák vizsgálata újabb megoldandó feladatot állít majd a szakma elé, az azon alkalmazható rendszerekről nem is beszélve. Az ilyen jellegű homlokzatok vizsgálatához a jelenleg érvényben lévő 14800-6 szabvány értékelési rendszerét, illetve annak vizsgálati berendezését is fel kell készíteni a síktól nagyobb mértékben eltérő formák megvalósítására, illetve értékelhetőségére is. További nehézségeket okozhat, hogy a hatályos szabályozási környezetben egy-egy szerelt homlokzatburkolatot minden egyes eltérő homlokzati geometriára valós tűztesztel kellene leellenőriznünk, amely a hazai vizsgálókapacitást figyelembe véve egyáltalán nem elképzelhető.

Mindezek felvetik annak a gondolatát, hogy talán érdemes lenne a vizsgálatot differenciálni a rétegrendek homlokzati tűzben történő viselkedésének megállapítására és a különböző épületgeometriákon jelentkező terhelések meghatározására. A homlokzati tűzterjedés vizsgálatok ilyen jellegű kiterjesztéséhez mindazonáltal feltétlenül szükséges lenne egy új értékelési rendszer kidolgozása, amely nem csak viszonyítana (jelen vizsgálat) a korábbi eredményekhez, hanem sokkal inkább a tűzterjedés kézzel fogható kockázatait számszerűsítené. Egy új értékelési rendszer megteremthetné a fentebbi védelmi célok pontos meghatározásának lehetőségét, és vélhetően elősegítené az olyan célorientált megoldások kifejlődését is, amelyek azonos vagy akár nagyobb biztonság mellett, építészetileg is szabadabb megfogalmazást biztosítanának, ezzel segítve az új szabályok gyakorlati integrációját is.

11. ÖSSZEFOGLALÁS

Az eredmények egyértelműen igazolták, hogy az elvégzett vizsgálatok feltétlenül hiánypótló jellegűek, illetve azt is, hogy az érintett homlokzati tűzterjedési terület további feldolgozására is szükség van. Fontos kérdés, hogy a további kutatások színterét a szabvány valós léptékű tűztesztje jelenti-e majd, vagy a számítógépes szimulációk virtuális tere. E kérdés megválaszolása természetesen nem lehet feladata a jelenlegi dolgozatnak, ugyanakkor a szakma előtt álló lehetőségek összefoglalása segíthet felvázolni egy lehetséges irányt. Az könnyen



belátható, hogy összetettebb, illetve éghető komponenseket is tartalmazó rendszerek homlokzati tűzterjedés vizsgálatára a közeljövőben még nem lesznek alkalmasak a szimulációs vizsgálatok, így a valós léptékű tesztek létjogosultsága továbbra is megkérdőjelezhetetlen. Ezzel szemben a jelenleg érvényben lévő hazai szabvány – és az „azonos” célú nemzetközi szabványok – bizonyos homlokzati konfigurációk vizsgálatára nem alkalmasak, így a meglévő szabványok bővítése, vagy újak megalkotása válhat szükségessé. Ennek bekövetkezése esetén célszerű lenne egy olyan minősítési rendszert felállítani a burkolatok, bevonatok vonatkozásában, amely az eredményeket egyszerűbben kiterjeszthetővé vagy kombinálhatóvá tenné. Összességében kijelenthető, hogy a valós léptékű tűzteszteket a szimulációk nem helyettesíthetik, azonban bizonyos esetekben az eredmények kiterjesztésére alkalmasak, azt gyorsabban és rugalmasabban teszik lehetővé.

A témában végzett nemzetközi kutatások, és a dolgozat során elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a hazai szabványban rögzített homlokzattól már viszonylag kis léptékben (10-20 centiméter) eltérő sík vagy síkból kimozdított épülethomlokzat, akár jelentős mértékben (100 °C fok nagyságrend) eltérő terhelést eredményezhet. Ezt figyelembe véve, arra lehet számítani, hogy nagy mennyiségű vizsgálati eredmény birtokában is csak nagyon összetett és a biztonság javára nagy elhanyagolásokkal dolgozó – építészeti sok kompromisszumot eredményező – ökol szabályok megalkotására lesz lehetőség a közeljövőben, mindemellett a szimuláció az adott konkrét helyzetet hatékonyabban és pontosabban vizsgáló eszköz lehet rövid és hosszú távon egyaránt, még a jelenlegi ismereteink tükrében is, nem beszélve a benne rejlő, további kiaknázatlan lehetőségekről.

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

BELÜGYMINISZTERIUM (2019): 30/2019 (VII.19.) BM rendelettel módosított 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról

BELÜGYMINISZTERIUM ORSZÁGOS KATASZTRÓFAVÉDELMI FŐIGAZGATÓSÁG (BM OKF) (2020)a: Tűzterjedés elleni védelem TvMI 1.4:2022.07.10.



BELÜGYMINISZTERIUM ORSZÁGOS KATASZTRÓFAVÉDELMI FŐIGAZGATÓSÁG (BM OKF) (2019)b: *Számítógépes tűz- és füstterjedési, valamint menekülési szimuláció TVMI 8.4:2020.01.22.*

BOSTRÖM LARS (2016): *Facades and fire*. [online] forrás: <<http://www.sfpe-biv.se/attachments/article/10282/Facade%20BIV%202016.pdf>> [letöltés ideje: 2020. 07. 30.].

BOSTRÖM LARS, HOFMANN-BÖLLINGHAUS ANJA, COLWELL SARAH, CHIVA ROMAN, TÓTH PÉTER, MODER ISTVAN, SJÖSTRÖM JOHAN, ANDERSON JOHAN, LANGE DAVID (2018): *Development of a European approach to assess the fire performance of facades*

ÉPÍTÉSÜGYI MINŐSÉGELLENŐRZŐ INNOVÁCIÓS KHT. (ÉMI) (2004): *Vizsgálati jegyzőkönyv – a függőleges homlokzati tűzterjedési gát méretének meghatározásához lefolytatott vizsgálatokról. Budapest*

EPS HŐSZIGETELELŐANYAG GYÁRTÓK EGYESÜLETE (2019): *MEPS Homlokzati Tűzterjedési Vizsgálat 30 Cm Vastag Grafít EPS Tűzgát Nélkül*. [video] forrás: <<https://www.youtube.com/watch?v=BP9nQvEizXo&t=37s>> [letöltés ideje: 2020. 07. 28.].

MAGYAR SZABVÁNYÜGYI TESTÜLET MUNKABIZOTTSÁG 110 (MSZT/MB 110) (2009): *MSZ 14800-6:2009 Tűzállósági vizsgálatok. 6. rész: Tűzterjedés vizsgálata épülethomlokzaton*

NILSSON MARKUS, NILSEN JOHAN, MOSSBERG ALEX (2016): *Validating FDS against a large-scale fire test for facade systems*. In: Fire and Evacuation Modeling Technical Conference. [online] Thunderhead Engineering Consultants, Inc. forrás: <<https://www.thunderheadeng.com/2018/02/d2-16-nilsson/>> [letöltés ideje: 2020. 07. 28.].

NILSSON MARKUS (2016): *The Impact of Horizontal Projections on External Fire Spread – A Numerical Comparative Study. Report nr. 5510*. Lund University, Division of Fire Safety Engineering, Lund

O'CONNOR DANIEL J. (2008): *Building Facade or Fire Safety Facade?*. CTBUH Journal, [online] (II). forrás: <<https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/405-building-facade-or-fire-safety-facade.pdf>> [Letöltés ideje: 2020. 07. 29.].



WHITE NATHAN, DELICHATSIOS MICHAEL (2014): *Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Component*. MATEC Web of Conferences. 9. 02005. 10.1051/mateconf/20130902005. [online]. forrás: <https://www.researchgate.net/publication/275310802_Fire_hazards_of_exterior_wall_assemblies_containing_combustible_components> [Letöltés ideje: 2020. 07. 29.].

Oláh Krisztián Sándor Okl. építészmérnök, építésügyi tűzvédelmi tervező

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem/ BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS, Takács-TETRA Építész- és Mérnökiroda Kft.

olah.krisztian@takacs-tetra.hu

ORCID: 0000-0001-8379-3736