

Zöldhomlokzati rendszerek tűzvédelmi kérdéseinek elemzése



Készítették: Hajduk Bianka hajduk.bianka@gmail.com
Kazi Zsolt zsoltikazi10@gmail.com

Témavezetők: Dr Takács Lajos Gábor Phd ltakacs@epsz.bme.hu
Tamási Alexandra atamasi@epsz.bme.hu

BME Építészmérnöki Kar
Épületszerkezzetani Tanszék

1. Bevezetés
 - 1.1. A téma bemutatása, zöldhomlokzati rendszerek jelentősége
 - 1.2. Fogalommagyarázat

2. Téma előkészítés
 - 2.1. Tudományos környezet, szakirodalom vizsgálata
 - 2.2. Hazai szabályozás fontossága

3. Vizsgált rendszerekre vonatkoztatott tulajdonságok
 - 3.1. Zöldhomlokzatok elvi felépítése
 - 3.2. Kontakt „rendszer”
 - 3.3. Futtatott rendszer
 - 3.4. Zsebes rendszer
 - 3.5. Moduláris rendszer

4. Tűzvédelmi vonatkozás
 - 4.1. Homlokzati tűzterjedés típusai, veszélyei
 - 4.2. Alkotó anyagok/elemek tűzvédelmi jellemzői (táblázat)
 - 4.3. Tartószerkezeti kérdések

5. Összegzés
6. Irodalomjegyzék

Függelék

Absztrakt

Napjainkban egyre inkább előtérbe kerül az energiatudatos gondolkodás, ami meghatározza a meglévő és új épületállomány, valamint a városok fenntarthatóságának jövőjét. A zöldhomlokzati rendszerek új lehetőségeket kínálnak a városi környezet „zöldesítésére” és technológiailag egy olyan összetett rendszer felé mutatnak, amelyek túllépnek az esztétikai komfort növelésén, irányt mutatva a fenntartható épületszerkezetek felé.

Folytatva az elmélyülést az adott témában, a dolgozat a rendszerelemzésen túl azt a kérdéskört taglalja, hogy az egyes rendszereknek milyen tűzbiztonsági, tűzvédelmi adottságai, jellemzői vannak. A témával kapcsolatban meglehetősen kevés kutatási eredmény áll rendelkezésre, így a cél egy átfogó, rendszerező tanulmány létrehozása.

Nowadays, the energy-conscious thinking is coming to the front increasingly, which specifies the available and new buildings as well as the future sustainability of cities. Green wall systems offer new possibilities making the city milieu more green, and point towards a technologically complex system, which exceed the raising of aesthetic comfort pointing direction to the sustainable building construction.

Continuing the engrossment in that topic, dissertation not only analyzes systems but searches answers for the questions that what kind of parameters of fire safety and fire protection each systems have. Connected with the subject, there are pretty a little searching results so the target is to create a comprehensive, systematizing study.

1. Bevezetés

1.1. A téma bemutatása, aktualitása, fontossága

Napjaink fontos témája környezetünk védelme, a meglévő és egyre inkább növekedő városi területek energiahatékony és előremutató fenntartása; jövőjének újragondolása. A zöldhomlokzati rendszerek elterjedőben lévő, zöld, környezettudatos homlokzatburkolati rendszerek, melyek új lehetőségeket kínálnak az építészek számára az általuk tervezett épületek, építmények formálására, valamint esztétikai minőségének javítására. Számos előnyük közé tartozik a háttér szerkezet hőterhelésének csökkentése,



1. Forrás: <http://inhabitat.com/tag/green-facade/>

ezáltal a beltéri légkezelés energiaigényének redukálása, valamint az épületek belső térkomfortjának a növelése. Emellett fontos tényezőként vannak jelen a (szennyezett) városi levegő minőségének javításában, a városi hőszigetek hatásainak csökkentésében, illetve az ún. városi kanyonok kialakulásának az elkerülésében. Lényeges szerepet játszanak a sűrűn beépített városi környezet esztétikai megjelenésének javításában.

1.2. Fogalommagyarázat

- Zöldfal: belső térben kialakított függőleges zöldfelület
- Zöldhomlokzat: külső térben kialakított függőleges zöldfelület
- Városi hősziget: zsúfolt nagyvárosokban tapasztalható jelenség, ahol a sűrűn beépített területeken magasabb az átlaghőmérséklet; a zöldfelületek növelésével ez csökkenthető
- Városi kanyon: sűrűn beépített városi környezetben tapasztalható hatás, amikor a magas beépítettség miatt, alig van légmozgás, a szennyezett, meleg levegő nem cserélődik, így megnő a hőmérséklet (városi hőszigetek alakulnak ki)
- Kürtőhatás: légnyomáskülönbségből kialakuló függőleges légáramlás (huzat), ami közreműködik a kéthéjú átszellőztetett homlokzati szerkezetek átszellőzésében, régi típusú kémények kiszellőzésében

2. Téma előkészítés

2.1. Tudományos környezet, szakirodalom vizsgálata

Kutatásunk a szakirodalom vizsgálatával kezdődött. Több cikket, szabványt, ajánlást, illetve előírást vizsgáltunk meg, melyek az alábbi fejezetben kerülnek összegzésre.

A zöldhomlokzatokkal kapcsolatban jelenleg kevés szabályozás létezik, melyek nagy része irányelv, ajánlás. Nem kötelező őket betartani, a tervezőknek hivatottak segítséget nyújtani az alkalmazandó szerkezetekkel kapcsolatban, a választás során. Felhívják a figyelmet, hogy mikre érdemes odafigyelni a tervezési folyamatban.

Először a külföldi szabványok, irányelvek sorra vételezése történt meg, és ezekből készült összefoglaló, kivonat. Magyarországon jelenleg a zöldhomlokzatok tűzvédelmi vonatkozásában nincsenek előírások. A német FLL-t, (melyet Ausztriában is használnak) tudják figyelembe venni a tervezők. Azonban az FLL a német tűzvédelmi szabályozások alapján készült, ezért fontos, hogy ezeket az irányelveket, javaslatokat a tervezési folyamat során a magyar tűzvédelmi szabályozásoknak megfelelően használjuk.

a. Kúszónövények tüzesetei és stratégiák az elkerülésükre.¹

Homlokzati zöldesítés és tüzek:

Figyelembe kell venni a kúszónövényekkel történő klasszikus homlokzatzöldesítést (talajkapcsolattal rendelkező homlokzatzöldesítések)

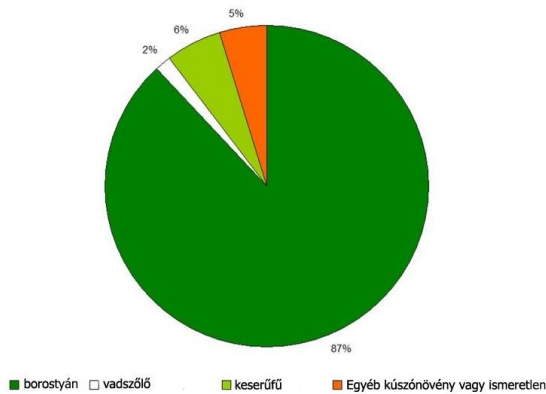
Az alábbiakban megjelenő esettanulmányok adatforrásául a Google Alerts szolgál – csak a témában megfelelő jelentésekre/hírekre vonatkozó még aktuálisan elérhető linkek vannak figyelembe véve. A gyűjtemény számos kulcsszóra támaszkodik (elsősorban „homlokzatzöldesítés”; „indás/kacsos kapaszkodó növények”; „kúszónövények”; „tüzeset”; „tűz”; és a 2008 óta leggyakoribb típusok/fajták német megjelölései).

1. eredmény: Németországban összesen 54 olyan eset maradt meg, amelyeknél még aktuálisan a tűzoltóság sajtó és/vagy bevetési jelentése online elérhető.

Jelentős –az esetek 87%-ban – a borostyán ég. A borostyán esetében ennyire szembetűnő esetgyakoriság, csak részben származtatható az igen sűrűn történő felhasználásából. Elsősorban a sűrű homlokzati növényzetben lévő elszáradt és elhalt növények magas aránya a felelős. Esetlegesen a lombozatot védő viaszréteg is növelheti annak gyúlékonyságát a száraz állapotban. Az ilyen növényeknél számolni kell azzal, hogy a maradéktalan eltávolítás sokszor amatőr módon, figyelmen kívül történik.

¹ Thorwald Brandwein: Statistisches über Brände mit Kletterpflanzen und Strategien zu ihrer Vermeidung

Kúszónövények fajtái szerinti tűzeseti gyakoriság



A vadszőlő – ami szintén önkapaszkodó – nem ennyire szembetűnő. Az éves lombhullatásból adódóan a felső zöld felülete mögött – egy sokkal nehezebben meggyulladó – biomassza rejti el, mint a borostyánt. Azonban, főként az őszi időszakban még mindig számolni kell minimális tűzveszéllyel. (1 ismert eset)



Miért találkozunk kevesebb esettel, segédszerkezetre futó növényeknél? A (megfelelően kivitelezett) segédszerkezet által kialakul egy bizonyos távolság/hézag, ami kedvezőbb lombhullatást eredményez. Ez különösen érvényes télen a lombhullató növények esetén. A segédszerkezetre kapaszkodó növények közül egyértelműen a keserűfű jelentkezik az esetek túlnyomó részében, köszönhetően az igen gyakori alkalmazásának, illetve hogy nagy tendenciát mutat az elhaló szárazanyagképződésben, mindenekelőtt az elburjánzásból és az önárnyékolásból adódóan.

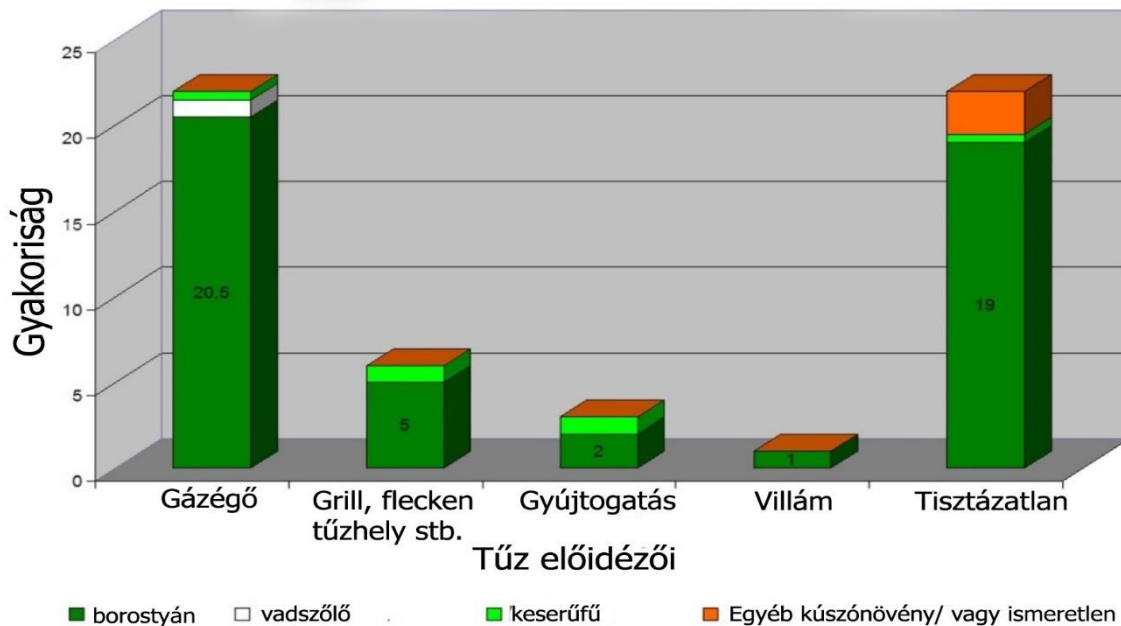
2. eredmény – A tűz előidézői

Az 54 zöldhomlokzati tüzeset 2008 óta

Az egyik fontos problémát az emberi figyelmetlenség jelenti. A tisztázatlan esetekben, igen hasonló okokra lehet következtetni.

Statisztikai következtetések

A logikus feltételezés igazolása, hogy a száraz – elsősorban elhalt – növénytömeg a kúszónövények magasabb éghetőségéhez vezet. Az ugyancsak érthetetlen, hogy mennyivel több homlokzati zöldesítés lesz elhanyagolva, mint gondozva. (Megj.: A tüzesetek oka sosem a zöld vagy a kiszáradt növény, a gyújtóforrás mindig valami más – pl. grillezés, járműtűz, lakástűz kijutása a nyílászárókon keresztül a homlokzatokra – a száraz növény a tűz terjesztésében játszik szerepet)



Minden egyes homlokzatra kúszónövény esetén fellépő tűzveszély (függetlenül attól, hogy magas vagy alacsony) közvetlen következménye a gondozás elhanyagolásának, illetőleg a természetes amortizálódásnak.

A homlokzati zöldesítések jelenlegi hiányának és ezáltal a tűzveszély elkerülésének okai

- a '80-as évek közösségeinek és természetvédelmi szervezeteinek a reklámtevékenysége: „Inkább kapaszkodó, mint kúszó, és akkor már minden megy magától”...

- Hogyha tetszik a zöld, akkor senki sem tartja szükségét a gondozási intézkedéseknek – itt főleg csak részben

- Időnként mindig jön egy még nagyobb lelkesedés a zöldesítésre, és ilyenkor „reklámot” csinálnak a homlokzati lehetőségeknek, de sajnos az ehhez kellő megfelelő ráfordítások megtétele nélkül

Összegzés:

A tanulmány a kúszónövények tüzeseteivel foglalkozik, 54 esetet vizsgál meg és kategorizál aszerint, hogy mi volt a kiváltó ok, és ezekre keres megoldást.

Az alábbi táblázat foglalja össze a lényegi részét:

<i>Kúszónövényfajták</i>	<i>54 esetből hány ilyen</i>	<i>Valószínű oka</i>
<i>borostyán - önkapaszkodó</i>	<i>87%</i>	<i>- gyakori alkalmazás - viaszréteg</i>
<i>vadszőlő - önkapaszkodó</i>	<i>1 eset</i>	<i>- nehezen meggyulladó biomassza</i>
<i>keserűfű - segédszerkezetes</i>	<i>a segédszerkezetre futó növények közül a legveszélyesebb</i>	<i>- nagy lombhullató képesség - légrés veszélye</i>

(Az elszáradó levelek, mindegyik esetben potenciális tűzveszélyt jelentenek)

b. Az angol irányelv: Fire Performance of Green Roofs and Walls²

Kutatásunk másik fő vezérvonalát az angol Fire Performance of Green Roofs and Walls adta, mely 36 oldalas kiadvány általánosan, illetve kísérletek alapján taglalja a zöld tetők és homlokzatok tüzeseti viselkedését.

A zöldtetők, zöldhomlokzatok létesítése nagy múltra tekint vissza, több Nyugat-Európai országban. Ezért is fontos a megfelelő irányelvek, útmutatók kiadása.

A dokumentum írói abból indultak ki, hogy egy zöldtető- vagy homlokzat veszélyes lehet tűzvédelmi szempontból, ha a növények kiszáradnak, esetleg nem gondozzák őket megfelelően. Azt próbálták megállapítani, hogy egy ilyen szerkezet mennyire tűzálló, és meddig teljesíti az adott előírásokat.

² Department for Communities and Local Government - Fire Performance of Green Roofs and Walls, 2013 augusztus

A dokumentum tartalma részletesen:

Az 1960-as évektől kezdve építenek zöld tetőket, főként Németországban, Svájcban és Ausztriában. Napjainkban egyre nagyobb az érdeklődés az Egyesült Királyságban a zöld tetők iránt. Itt hagyománya van a zöldhomlokzatok létesítésének, főként kúszónövényeket telepítettek, ám mostanában újabb termékek jelentek meg a piacon, széles növényválasztékkal.

Ez az angol dokumentum a jelenleg elérhető irányelvekről, írásos anyagokról nyújt áttekintést, illetve különböző tesztek eredményeit is tartalmazza a zöld tetőkkel és fal rendszerekkel kapcsolatban. Valamint irányelveket ad arra vonatkozóan, hogy a zöld tetők és falak hogyan viselkednek tűz esetén, milyen a tűzállósági teljesítményük, a fenntarthatóságuk.

A cikk először csoportosítja a zöld tetőket egy általános leírás formájában a különböző típusok függvényében. A zöld falak esetén (élő falak – living walls), három típust különböztet meg: futtatott/kontakt (történhet a falra, vagy valamilyen tartóvázra), zsebes, és a moduláris rendszer (utóbbi kettő hidrokultúrás alapon működő növénytelepítések). Majd a zöld falak és tetők előnyeit ismerteti, melyek például:

- alkalmazkodás a klímaváltozáshoz
- szennyezettség csökkentése, tisztább levegő
- fenntartható csatornázás (zöld tetők esetén)
- hangcsillapítás
- biodiverzitás
- esztétika
- gazdaságosság

A zöld tetők és homlokzatok létesítése tűzvédelmi szempontból kockázatos lehet. Az általános vélemény szerint, amíg a tetőt vagy falat nedvesen tartjuk (ami normális esetben szükséges a növények életben tartásához), addig az ellenáll a tűzhatásnak.

Azonban a növények kiszáradhatnak, például egy szárazság idején vagy az öntözőrendszer meghibásodása esetén, és ez esetben nagyobb kockázatot jelenthetnek. A múltban több tesztet végeztek Németországban, melyekben a zöld tetők és homlokzatok tűzeseti viselkedését vizsgálták, azonban jelentős tűzteszt nincs a zöldhomlokzatokra.

(Megjegyzés: A lakásból homlokzatra kilépő tűz, vagy gépjárműtűz a homlokzat mellett, ill. hosszantartó tűzhatás szintén veszélyesek, a kiszáradás mellett.)

Szükséges volt bemutatni, hogy a zöld tetők- és homlokzatok a tűzzel szemben ellenállóak tudnak lenni, és hogy a tűzterjedés hatására bizonyos funkcionális követelmények megszegésére kerülhet sor.

A cikk írói több dokumentumot is felhasználtak munkájuk során:

- Factory Mutual Global Property Loss Prevention Data Sheets 1-35 – Green Roof Systems (2007)

- ANSI/SPRI VF-1 External Fire Design Standard for Vegetative Roofs
- The GRO Green Roof Code (2011).

Az írás először a zöldtetőket majd a zöld falakat vizsgálja: melyekre milyen előírások, építési elvek vonatkoznak, milyen kockázat rejlik bennük.

Tűzmegelőzés

Az európai útmutató általánosan azt állítja, hogy a zöld tetőket úgy kell megtervezni, hogy biztosítsák a szükséges ellenállást a külső tűzterjedéssel szemben az alábbi intézkedésekkel:

- növelni kell a nem éghető tartalmat az ültetőközegben
- meg kell előzni a kiszáradást.

A zöld tetők/falak kockázata az építési előírások, szabályzatok vonatkozásában

A fő tűzkockázati tényezők a következők:

- milyen nehéz meggyújtani a növényzetet?
- mi a valószínűsége és sebessége a tűzterjedésnek az organikus anyagon keresztül?
- mi a valószínűsége, sebessége és következménye a tűzterjedésnek az épület belsejébe?

Az útmutató kiadásához tesztek elvégzésére volt szükség, melyek során azt vizsgálták, hogy mekkora a valószínűsége, hogy a zöld tetők és falak meggyulladnak és a tűz oly módon terjed, hogy az megszegi az Építési Szabályzat előírásait. A funkcionális előírások 5 különböző területhez kapcsolódnak:

- B1 – Figyelmeztetés és menekülés szándéka
- B2 – Belső tűzterjedés (szigetelés)
- B3 – Belső tűzterjedés (szerkezet)
- B4 – Külső tűzterjedés
- B5 – Hozzáférés és felszerelések a tűzoltáshoz

A B1-es pont kivételével – mivel ez esetben ennek nincs konkrét jelentősége – az összes többit figyelembe veszik a zöld rendszerek vizsgálata során.

A belső tűzterjedés (szigetelés) figyelembevételénél azt nézik, hogy a lángok átterjedhetnek-e a zöld tetőn oda és vissza. *(Megjegyzés: pl. a tetőösszefolyón, felülvilágítón*

vagy tetőfelépítményen keresztül.) A szerkezeten belüli tűzterjedés esetén a tűznek lehetősége van áttérjedni egy oldalfalon vagy tetőn keresztül (lépcsős homlokzat), továbbá, hogy egy homlokzati falon keresztül terjedjen, valamint a homlokzat egy része akár le is válhat.

Külső tűzterjedés esetén, egy szomszédos épületről/re terjedhet a tűz hősugárzás vagy parázs által. (Megjegyzés: Ez a jelenség az ún. röptűzterjedés.)

A B5-ös előíráson belül, megvan a kockázata, hogy a tűz túl nagy egy homlokzati falon, és nehéz eloltani.

Építési szabályzat követelmények és ajánlások a zöld falakra

Dolgozatunk először általánosan fejt ki az egyes pontokat, majd a későbbiekben részletezi azokat zöld falakra vonatkozóan.

1. B2 követelmény

a. *Általánosan:*

Az épületen belüli tűzterjedés meggátolására a belső szigetelésnek:

- megfelelően ellen kell állnia a lángterjedésnek a felületén, és
- ha meggyulladt, legyen egy tűzkieresztő vagy egy megengedhető tűz növekedési értéke bizonyos körülmények között

Belső szigetelés alatt értjük az olyan anyagokat, termékeket, melyeket szigetelések felosztásánál, falban, mennyezetben, vagy más belső szerkezetben használunk.

A B2 követelmény teljesítéséhez a falaknak és mennyezeteknek az alábbi táblázat osztályainak kell megfelelni. A táblázat a szobák, helyiségek szerint meghatározza, hogy az adott helyiségben legalább milyen osztályú szigetelés alkalmazható.

Szigetelések osztályozása		
Hely	Nemzetközi osztály	Európai osztály
Kis szobák, melyek nem nagyobbak, mint a. 4m ² lakóépületben b. 30m ² nem lakóépületben	3	D-s3, d2
Egyéb szobák (garázsok)	1	C-s3, d2
Közlekedők tartózkodási helyen belül		
Egyéb közlekedők, beleértve a közterületeket a lakótömbökben	0	B-s3, d2

b. Ajánlás a zöldhomlokzatokra: a B2 követelmény teljesítése

A követelmény teljesítéséhez a fal és mennyezet szigeteléseknek besorolhatónak kell lenni a fenti táblázat osztályaiba. A Brit osztályzás az alábbi tesztrészeken alapul (BS 476): Tűztesztek épület anyagokon és szerkezeteken:

- 6. rész: Tűzterjedés a termékeken
- 7. rész: Az osztályzás meghatározása a felszíni lángterjedés alapján
- 4. rész: Nem éghető teszt az anyagokra és
- 11. rész: A hőkibocsátás értékelése az építési termékeken.

Az európai osztályzás az alábbi dokumentumban van meghatározva: BS EN 13501-1: 2002, Építési termékek és építkezési elemek tűzosztályozása, 1. rész – Osztályzás a tűzteszteken való viselkedés adatai alapján.

Élő fal (living wall) rendszer használata esetén bizonyítani kell, hogy a megfelelő osztályzást kapta releváns helyzetére az épületen belül. Azt is fel kell jegyezni, hogy a fal egyes részei esetleg kisebb teljesítményűek (az előző táblázat alapján), míg nem gyengébbek a 3-as (brit) vagy D-s3, d2 (európai) osztálynál. Ezek a területek a fél szoba padlóterületénél – és lakóépületben 20 m² –nél vagy nem lakóépületben 60 m² –nél – kisebbek lehetnek.

Ha a teszt bizonyítja, hogy egy élő fal (living wall) megfelel a 3. (brit) vagy D-s3, d2 (európai) osztálynak, akkor alkalmazható a meghatározott területeken.

2. A B3 követelmény

a. Általánosan

- Két vagy több épületet elválasztó falat úgy kell megtervezni és kivitelezni, hogy megfelelően ellenálljon a tűzterjedésnek az épületek között.
- Ahol indokoltan szükséges a tűzterjedés meggátlása az épületen belül, méréseket kell végezni, megfelelő mértékben az épület méretéhez és tervezett használatához, amely tartalmazza az egyiket vagy mindkettőt a következők közül:
 - az épület felosztása tűzálló szerkezettel
 - megfelelő automatikus tűzoltó rendszerek telepítése.

A B3 követelmény figyelembevételével, és a tűzszakasz- vagy helyiséghatár-falak tetővel való kapcsolatához 3 alapvető javaslat van:

- a falakat fel kell vinni addig, hogy találkozzanak a tető aljával fedésben vagy a födémmel, és a tűzterjedés megállítást biztosítani kell, ahol szükséges, a fal és a tető találkozásánál a szakaszhatárok fenntartása érdekében

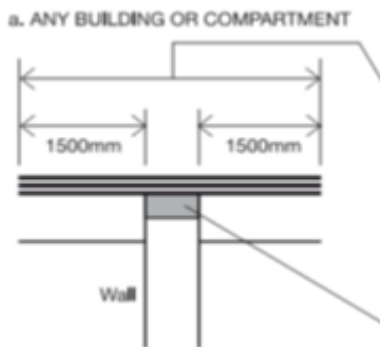
- ahol az oldalsó fal találkozik a tetővel, a tető területén 1500 mm szélességben a fal akármelyik oldalán szükséges egy AA, AB vagy AC jelölésű tetőszinti tűzterjedési gát egy szubsztrátum vagy a héjalás nehezen éghető anyagból
- alternatívaként, a védett terület biztosítására az oldalsó fal felmehet a tetőn keresztül legalább 375 mm magasságig a határos tetőfedés felső felszíne fölé.

A 2. pont figyelembevételével, ahol az épületeket lakhatásra használják (nem intézményi) irodának, gyülekezésnek és rekreációs célú csoportoknak, és 15 m-nél alacsonyabbak, az éghető „boarding” - melyet szubsztrátum réteggént használnak a tető fedésére - fagyapot táblákat vagy fa burkolású léceket lehet az oldalfalon körbe vinni feltéve, hogy azok teljesen be vannak ágyazva habarcsba vagy más alkalmas anyagba a fal teljes szélességében.

A fenti kikötéseket illusztrálja a következő kép.

Szintén meg kell jegyezni, hogy ahol a tető padlóként is funkcionál, a szerkezet elemeként kell tekinteni és biztosítani kell a megfelelő tűzállóságot az épület magasságának függvényében. Ez több szempontból fontos egy fél-intenzív vagy intenzív tető esetén, amely kényelmi funkciókat is kiszolgál.

Bármilyen épület esetén:



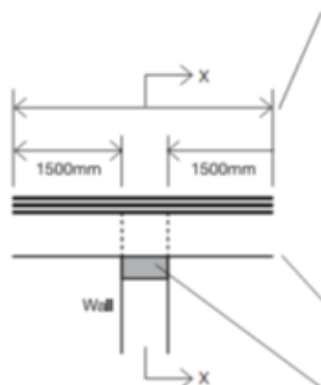
- A tetőszigetelés e távolság felett AA, AB vagy AC besorolású legyen

- A dupla szigetelésű tető fólia hőre lágyuló maggal tartalmazzon egy nehezen éghető anyagú sávot, legalább 300 mm szélességben a fal középpontja körül

- Ha a tető elemei keresztezik a falat, 15 m-en keresztül szükséges a tűzvédelem a csomópont rongálódásának késleltetésére

- Rugalmas tűz-gátlóelem a tető alatt

b. RESIDENTIAL (NOT INSTITUTIONAL), OFFICE OR ASSEMBLY USE AND NOT MORE THAN 15M HIGH



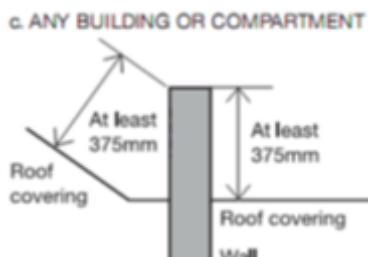
Lakóépület, iroda, vagy közösségi használat, 15 m-nél alacsonyabb épület esetén:

- A tetőszigetelésnek legalább AA, AB, vagy AC besorolásúnak kell lennie ebben a távolságban

- Ha a tető elemei keresztezik a falat, 15 m-en keresztül szükséges a tűzvédelem a csomópont rongálódásának késleltetésére

- Rugalmas tűz-megállító elem a tető alatt

Bármilyen épület:



- A falat legalább 375 mm-t túl kell vezetni a tetőszigeteléshez vagy tetőfedéséhez képest

- Ahol a magasságkülönbség legalább 375 mm a két tető között, vagy ahol a tetőszigetelés a fal mindkét oldalán AA, AB, vagy AC a legmagasabban lévő tetőrészig felvezetve

b. Ajánlás a zöldhomlokzatokra: a B3 követelmény teljesítése

A követelmény teljesítése érdekében meg kell előzni, hogy a tűz a homlokzaton egyik emeletről a másikra terjedjen.

Ahol a zöld rendszer külső falra van rögzítve és mögötte légrés van, ott annak mérete meghatározott.

3. A B4 követelmény

a. Általánosan

Az épületek külső falainak és tetőszerkezetének megfelelően ellen kell állnia a tűzterjedésnek a falakon át és az egyik épületről a másikra is, az épület magasságára, használatára és helyzetére való tekintettel.

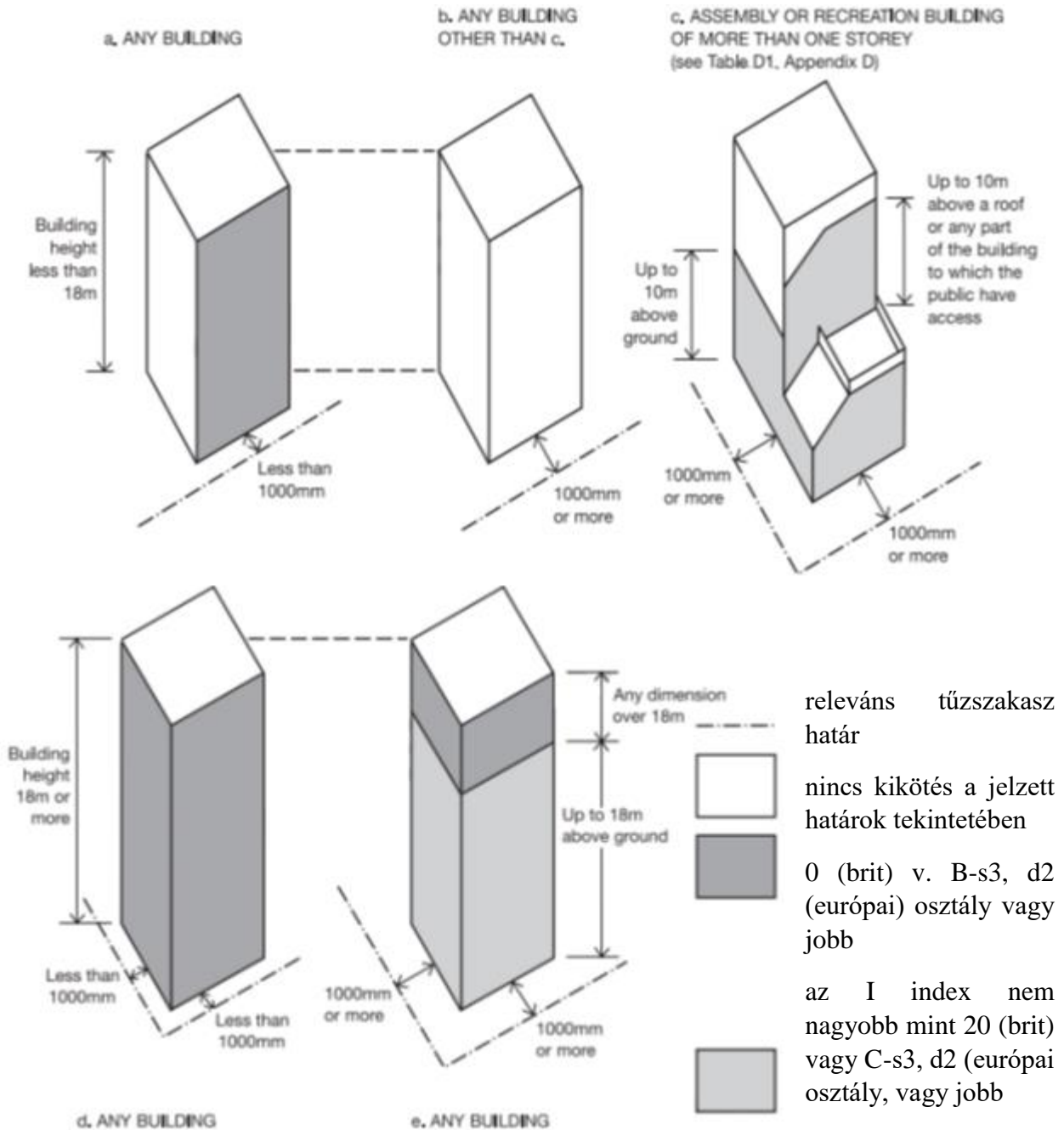
Az ajánlás meghatározza a tetőfedésnek azt a használati határát, amikor már nem nyújt megfelelő védelmet a tűz átterjedésével szemben. A tetőfedés nem az egész tetőszerkezetre utal, hanem olyan szerkezetre, amely egy vagy több anyagrétegből állhat. Az ajánlások, melyek az ABD-től származnak, kültéri tűzkitét esetén vizsgálják a tetők teljesítményét.

A tetőfedéseknek kijelölt osztályzásokat adtak a teljesítményük alapján, melyek a BS 476-3: 2004 vagy BS EN 13501-5: 2005 dokumentumban vannak megadva. A szerkezeteket nemzetközi rendszereken belül osztályozták 2 betűvel A-tól D-ig. Az első betű megadja az áthatolás idejét, és a második betű a láng terjedés mértékét.

A tetőfedések, melyek AA AB vagy AC (brit) vagy B_{roof}(t4) (európai, t4 módozat) besorolásúak, nem kapnak korlátozást. (Megjegyzés: Magyarországon az ún. röptűzterjedést a t1 módozattal vizsgálják. A t4 módozat abban különbözik, hogy sugárzó panel és szélgenerátor mellett vizsgálják.)

b. Ajánlás a zöldhomlokzatokra: a B4 követelmény teljesítése

Approved Document B Diagram 40 – Kikötések a külső felületekre vagy falakra



Megjegyzések:

1. A brit osztályzás automatikusan nem egyenlő az azonos európai osztályokkal, tehát a termékek tűzvizsgálat nélkül nem sorolhatók az európai osztályokba.

2. Amikor az osztályzás tartalmazza az „s3, d2”-t, azt jelenti, hogy nincs korlátozás a füstfejlődésre és/vagy az égve csepegésre.

Ennek a követelménynek a megfeleléséhez szabályozások kellene. A külső falaknak a fenti ábrában található kikötéseknek kell megfelelnie. Ezek függnnek az épület magasságától, a célcsoporttól és a releváns tűzszakasz határtól való távolságtól.

Minden épületre (kivéve a gyülekezési és rekreációs épületeket egynél több emelettel), ahol az épület magassága kevesebb, mint 18 m, és a távolság a releváns határtól meghaladja az 1 m-t, nincsenek kikötések (lásd fenti ábra). Feltéve, hogy nincsenek előírások, a zöld falak engedélyezettek ilyen épületekben, mivel nem mutatnak nagyobb tűzkockázatot egy olyan épülethomlokzatnál, amely egyébként megengedett módon éghető homlokzatburkolattal ellátott.

Az egy emeletes épületek – 18 vagy több méterrel a földszint felett– esetében, minden, a külső falszerkezeten használt anyagnak nehezen éghetőnek kell lennie. A „Diagram 40” két másik kikötést fogalmaz meg a külső felületekre (c és e).

A 18 m-nél magasabb épületeknél, ahol a határ távolság kevesebb, mint 1 m, illetve a 18 m feletti – magas – épületekben a külső felületeknek minimum 0 (brit) vagy B-s3, d2 (európai) osztályúnak kell lenniük.

A termékeket tüzeseti viselkedésük alapján különböző kategóriákba soroljuk: A1, A2, B, C, D, E, F (A1 a legjobb, F a legrosszabb), a BS (és egyben MSZ) EN 13501-1:2002-vel összhangban. Ez a szabvány hivatkozik 5 európai tűzkitét vizsgálatra, valamint a lenti táblázat megadja azokat a tesztfolyamatokat, amelyek meghatározzák a különböző osztályokat.

Általánosságban, amelyik anyagot nem vizsgálták, F kategóriába kell sorolni. Először a termékek a táblázat alsó kategóriáiban vannak, és átmennek az EN ISO 11925-2 teszten, ami értékeli a gyúlékonyságukat, kis teljesítményű lángnak kitéve. Amely termékek átmennek ezen a teszten, E vagy D besorolást kapnak. Hogy a további tűzhatással szembeni ellenállóságot meghatározzuk, az ún. „egy égő tárggyal történő” tesztet végezzünk el (BS EN 13823).

Az „egy égő tárggyal történő vizsgálat”-ot használták a kutatások során a zöldhomlokzati rendszerek esetén, ami kiértékeli a termék potenciális hozzájárulását a tűz fejlődéséhez egy tüzeset alatt, amikor azt szimulálják, hogy egy égő tárgy van a szoba sarkában (*papírkosár – közepes tűzteljesítmény*), közel a vizsgált termékhez. A teszt alapján A2, B, C, és D tűzvédelmi osztály adható.

Az építési termékek osztályozása a tüzeseti viselkedésük alapján, kivéve a padlókat és a lineáris csöveket, és a hőszigetelő termékeket:

Class	Test method(s)	Classification criteria	Additional classification
A1	EN ISO 1182 ^a	$\Delta T \leq 30$ °C; and $\Delta m \leq 50$ %; and $t = 0$ (i.e. no sustained flaming)	-
	and EN ISO 1716	$PCS \leq 2,0$ MJ/kg ^a and $PCS \leq 2,0$ MJ/kg ^{b,c} and $PCS \leq 1,4$ MJ/m ² ^d and $PCS \leq 2,0$ MJ/kg ^a	-
A2	EN ISO 1182 ^a	$\Delta T \leq 50$ °C; and $\Delta m \leq 50$ %; and $t \leq 20$ s	-
	or EN ISO 1716	$PCS \leq 3,0$ MJ/kg ^a and $PCS \leq 4,0$ MJ/m ² ^b and $PCS \leq 4,0$ MJ/m ² ^d and $PCS \leq 3,0$ MJ/kg ^a	-
	and EN 13823	$FIGRA \leq 120$ W/s and $LFS <$ edge of specimen and $THR_{300s} \leq 7,5$ MJ	Smoke production ^f and Flaming droplets/particles ^g
B	EN 13823	$FIGRA \leq 120$ W/s and $LFS <$ edge of specimen and $THR_{300s} \leq 7,5$ MJ	Smoke production ^f and Flaming droplets/particles ^g
	and EN ISO 11925-2 ¹ : Exposure = 30 s	$F_s \leq 150$ mm within 60 s	
C	EN 13823	$FIGRA \leq 250$ W/s and $LFS <$ edge of specimen and $THR_{300s} \leq 15$ MJ	Smoke production ^f and Flaming droplets/particles ^g
	and EN ISO 11925-2 ¹ : Exposure = 30 s	$F_s \leq 150$ mm within 60 s	
D	EN 13823	$FIGRA \leq 750$ W/s	Smoke production ^f and Flaming droplets/particles ^g
	and EN ISO 11925-2 ¹ : Exposure = 30 s	$F_s \leq 150$ mm within 60 s	
E	EN ISO 11925-2 ¹ : Exposure = 15 s	$F_s \leq 150$ mm within 20 s	Flaming droplets/particles ^h
F	No performance determined		

A vizsgálat korai szakaszában azt feltételezték, hogy a fő tűz kockázat az ültetőközeg volt és nem a növények. A „cone calorimeter” teszteket 50 kW/m²-n végezték az ültető közeg kemencében szárított mintáin, és ez esetben nem fedeztek fel gyúlékonyságot. Sikerült kimutatni, hogy nem valószínű az organikus közeg meggyulladása vagy hozzájárulása a tűz terjedéséhez, még ha teljesen száraz is lenne. Feltéve, hogy a zöld falak egyike sem ment át az „egyszerű égő tárgy” teszten, kimutatták, hogy a szubsztrátum és a közeg alkotóanyagai éghetőek, míg az ültetőközeg nem.

Az ajánlások a zöld falakra a következőkben:

- ahol az épület megfelel az „Diagram 40b”-nek (a 3. pontban ismertetett ábra alapján a B4-es követelménynek), ott zöldhomlokzati rendszerek alkalmazhatóak
- egyéb esetekben – ahol a külső felszínnek nehezen éghetőnek kell lennie – a zöldrendszer használata nem ajánlott, hacsak szabványos teszttel be nem bizonyítható, hogy a termék megfelel a Diagram 40 előírásainak

- ha a zöldhomlokzati rendszert ott használják, ahol a külső felszínnek nehezen éghetőnek kell lennie, az egész homlokzatot védtelennek kell tekinteni, amikor kiszámoljuk a távolságot a releváns határtól. Ha az adott releváns határ helyzete közelebb van az épülethez, a zöldfal használata ugyancsak nem ajánlott

- mivel ez a teszt korlátozott számú terméket vett figyelembe, a kereskedelemben lévő anyagok további teszteket igényelnek beleértve az ültetőközeget és a növényeket.

4. B5 követelmény

Az épületet úgy kell tervezni, hogy a tűzoltók a mentést és az oltást minél könnyebben el tudják végezni.

A követelmény teljesítése érdekében, 18 métert meghaladó épületmagasság esetében a tűzoltási és mentési lehetőségeket biztosítani kell, minden emeleten csőcsonkok és vízkivételi csonkok elhelyezése szükséges. *(Megjegyzés: ez Magyarországon 14 méter felett előírás.)* Ahol a tetőt közösségi helyként használják, biztosítani kell a száraz oltás lehetőségét, továbbá azt is, hogy a 45 méteres tűzoltó tömlő elérjen addig a pontig, ahol az oltás szükséges.

Zöldfalak telepítése és karbantartása

Néhány zöldhomlokzati rendszert viszonylag kis súlyú anyagokból készítenek, mint pl. HDPE és polipropilén (műanyag), habár a rendszer súlyához hozzáadódik az ültetőközeg, valamint a növények és az öntözőrendszerből származó nedvesség tömege is.

Néhány viszonylag könnyebb rendszer rögzíthető közvetlenül a falra (pl. HDPE). A nehezebb rendszerek paneljei pedig nagyjából 80-100 kg/m²-esek, ezért fontos a megfelelő rögzítés, hogy a fal elbírja a rendszerből származó terheket. Egy általános zöldfalat úgy terveznek, hogy „nem karbantartott”, igényli az öntözést, és egyes megoldásoknál, előfordul amelyik kevesebb vizet igényel. Ettől függetlenül mindig ajánlott karban tartani őket.

Fontos továbbá az életvédelem is – az Építési Szabályzattal összhangban kell tervezni.

Összefoglalás:

A dokumentum lényegében 5 követelményt fogalmaz meg, a tervezés során melyeket figyelembe kell venni, ha a tervező a kiadott irányelvek szerint dolgozik. A legfontosabbakat az alábbi táblázat tartalmazza:

Követelmények	Általánosan	Zöldhomlokzatokra vonatkoztatva
<i>B1 – Figyelmeztetés és menekülés szándéka</i>		<i>Nem vesszük figyelembe.</i>
<i>B2 – Belső tűzterjedés (szigetelés)</i>	<i>A belső szigetelésnek ellen kell állnia a láng hatásnak, ill. ha</i>	<i>A belső szigetelésnek minimum D-s3, d2 (európai)</i>

	<p>meggyulladt, akkor adott tűzkieresztő értékkel kell rendelkeznie.</p> <p>A részletes elemzés tartalmazza, hogy milyen osztályba sorolt szigetelés szükséges adott épületfunkció esetén.</p>	<p>osztálynak kell megfelelnie, amit tesztek alapján kell meghatározni.</p>
<p>B3 – Belső tűzterjedés (szerkezet)</p>	<p>A két vagy több épület elválasztó falat úgy kell megtervezni, hogy az megfelelően ellenálljon a tűzhatásnak, és a tűz ne terjedhessen át. Érdemes ezt a falat a tető fölé felvinni, ebben az esetben a szöveg kitér a tetőre vonatkozó követelményekre is.</p>	<p>A követelmény teljesítése érdekében meg kell előzni, hogy a tűz végig terjedjen a homlokzaton egyik emeltről a másikra haladva. Ha az adott fal emeleti szakaszokat is tartalmaz, a tüzet meg kell állítani a két szakasz között.</p>
<p>B4 – Külső tűzterjedés</p>	<p>Az épület külső falainak és tetejének megfelelően ellen kell állnia a tűzhatásra, és meg kell akadályoznia a tűz tovább terjedését az épület magasságának, rendeltetésének figyelembe vételével.</p> <p>A tervezés során figyelembe kell venni a tetőfedés anyagát (nem éghető legyen), illetve egyéb méretbeli meghatározásokat, melyeket a részletes leírás tartalmaz, képes formában is. Összefoglalva az AA, AB, AC (brit), vagy B_{roof(t4)} (európai) besorolásúak nem kapnak korlátozást.</p>	<p>Képpel illusztrálva adja meg, hogy az adott falnak milyen tűzállósággal kell rendelkeznie, az épület típusától, magasságától és a releváns határtól függően.</p>
<p>B5 – Hozzáférés és felszerelések a tűzoltáshoz</p>	<p>Az épületnek könnyen hozzáférhetőnek kell lennie a tűzoltás miatt.</p>	<p>Erre a dokumentum nem tér ki teljesen.</p>

Megjegyzések:

A dokumentummal kapcsolatban a megjegyzéseink a következők:

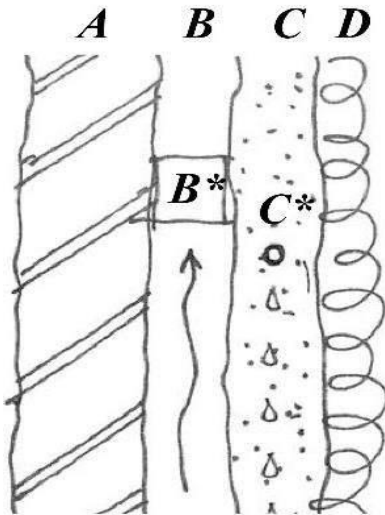
- *Zöldhomlokzatok tervezése során hasznos segítséget nyújt, ha a kiadott követelményeket lépésenként próbáljuk betartani. Azonban érdemes figyelembe venni, hogy ezek az angol építési szabályzat függvényében készültek.*
- *Először a B2-es követelményt kell teljesíteni, tehát a belső szigetelés minimum D-s3, d2 (európai) besorolású legyen. A táblázat alapján könnyen megállapítható, hogy az adott épület milyen típusú, ahhoz milyen követelmény szükséges, így ennek megfelelő anyagválasztás is lehetséges.*
- *A B3-as követelmény teljesítéséhez szintén segítséget nyújt az adott képes táblázat. Az emeletről emeletre való homlokzati tűzterjedés megakadályozása érdekében különös gondot kell rá fordítani a tervezési folyamat során.*
- *A következő lépésben meg kell határozni az épület pontos helyzetét, és ez alapján megállapítani, hogy a homlokzati részen milyen besorolású legyen a szerkezet, így teljesítve a B4-es követelményt.*
- *Az egyes rendszereket azonban érdemes lenne vizsgálatnak alávetni, hogy pontosan, milyen tulajdonságúak és milyen tűzállósági értékkel (homlokzati tűzterjedési határértékkel) rendelkeznek. Ha az ezeknek a kritériumoknak megfelel a zöldhomlokzat, nyugodtan alkalmazhatjuk az adott helyen.*
- *Fontos továbbá, a zöldhomlokzatok megfelelő karbantartása, a különböző növények igényeinek figyelembevételével. Kimutatható hogy nagy mértékben kiszáradt növények esetén keletkező tüzet a növényzet terjesztheti, így érdemes odafigyelni az öntözésükre, levélgyűjtésre stb.*

2.2. Hazai szabályozás fontossága

Hazai viszonylatban egy zöld rendszer tervezése során, a magyar általános homlokzatokra vonatkozó előírásokon kívül csak a külföldi szabályozások állnak rendelkezésre. Szükség van egy, a magyar építési szabályzatokkal összhangban íródott kiadványra, mely nemcsak tűzvédelmi aspektusaiban, hanem egyéb alkalmazástechnikai szempontból is útmutatást nyújt a tervezőknek és a kivitelezőknek. Az irányelv elkészítésének lényeges pillére tűztesztek lefolytatása, melyek új, információkkal szolgálhatnak a zöldhomlokzati rendszereket illetően. Jelen pillanatban folyamatban van egy ilyen irányelv kidolgozása.

3. Vizsgált rendszerekre vonatkoztatott tulajdonságok

3.1. Zöldhomlokzatok elvi felépítése

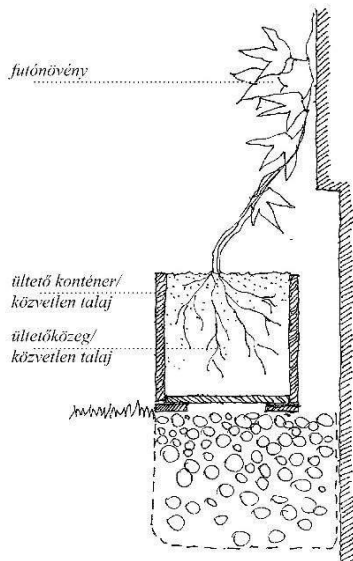


1. ábra

Jel	Megnevezés	Feladat
A	Háttérszerkezet	tartószerkezeti, rögzítő szerep
B	Légrés: - átszellőztetett - megszakított	homlokzati rétegek elkülönítése, a szerkezet kiszellőztetése
B*	Tartószerkezet: - vízszintes - függőleges	szükség esetén a külső szerkezeti rétegek megtartását, rögzítését látja el (rendszerrel függően van vagy nincs)
C	Hátszerkezet (növénytartó) - segédszerkezet - konkrét ültetőközeg	megfelelő helyet és környezetet nyújt a növények gyökérzónájának, biztosítja a kellő tápanyagellátást (rendszerfüggő)
C*	Integrált öntözőrendszer	Talajkapcsolattal nem rendelkező zöldhomlokzatok esetén vizet és tápoldatot szállít a növények gyökereihez
D	Növényfedés	épületszerkezetek külső védelme, közvetlen pára-és hőterhelés javítása, belső hőkomfort javítása, esztétikus megjelenés

3.2. Kontakt „rendszer”

A rendszer elvi felépítése



2. ábra



2. Kontakt rendszer, saját kép

A „kontakt” megoldás alapvetően a legegyszerűbb és természetesen módon a legrégebben használatos rendszer: a homlokzat növényvel való befuttatását jelenti, mindenféle segédszerkezet alkalmazása nélkül. Általánosan ez egy kültéri módszer, amelynek növényei megfelelő talajkapcsolatot igényelnek, és ha ez nem áll rendelkezésre, akkor ültetődobozokkal, esetleg kis léptékű talajcserével szükséges ezt biztosítani. Bár anyagigény szempontjából ez a rendszer a legkedvezőbb – mivel csak a növényekkel kell számolnunk – viszont a helyes fenntartásra rendszeresen időt kell fordítani; gondolva itt az elszáradó és elhulló levelek eltávolítására, valamint a növények állandó visszametszésére azokon a helyeken, ahol nem szeretnénk, hogy takarjon (pl.: ablakoknál). A növények kéményre való felfutását minden esetben meg kell akadályozni. Tervezett módon viszonylag ritkán találkozhatunk ezzel a megoldással, mivel számos fenntartási és technológiai probléma merül fel, de általánosságban mégis ez a legelterjedtebb zöldhomlokzati megoldás a maga spontaneitása miatt. A lazább beépítésű, kertvárosi, a sűrűn beépített nagyvárosi, valamint az ipari környezetben is egyaránt találkozhatunk a kontakt „rendszerrel”. A városi kihasználatlan tűzfalak, egyik kedvelt borítása. Ezeknek az eseteknek a túlnyomó többségében nem tervezett növényfuttatásról beszélhetünk, amely elsősorban esztétikai szempontokat szolgál, viszont a többé-kevésbé ellenőrizetlenül engedett növekedés komoly technológiai (vakolattartási) és tűzvédelmi veszélyeket rejt magában.

Alapesetben a rendszer előnye – hogy nem igényel segédszerkezetet – maga a hátrány is, mivel ezek a kapaszkodó növények általában vastag gyökerekkel rendelkeznek, esetenként már fással. Ezek pedig károsíthatják a homlokzatot a mindenhova bekúszó száraikkal, ami idővel a homlokzat vizesedését és tönkremenetelét okozhatja. Téli időszakban pedig a homlokzat sérüléseibe bejutó víz fagyveszélyként jelentkezik. A bármiféle

elválasztóréteg hiányában a homlokzat közvetlenül ki van téve a fokozott nedvesség hatásnak, a növények jelenléte miatt fellépő különböző biológiai, és biokémiai hatásoknak.

Rögzítés:

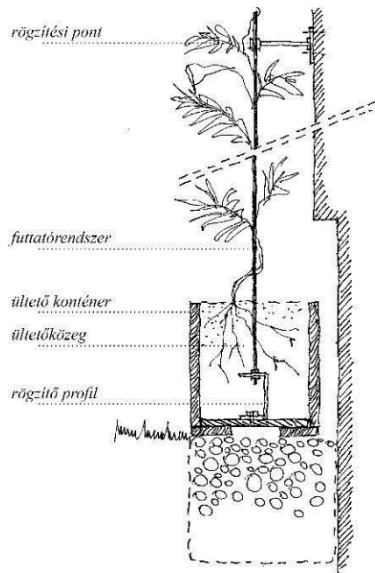
A növények közvetlenül a falra futnak – kapaszkodnak, segédszerkezet nélkül.

Anyagok:

A rendszer egyszerűségéből adódóan gyakorlatilag csak a növényekkel kell számolnunk, illetve nem megfelelő talaj esetében használhatnak ültető ládákat, melyek anyaga a legtöbb esetben fa. (megj.: a faanyag részletes leírása a következő – *Futtatott rendszer* – című fejezetben kerül bemutatásra)

3.3. Futtatott rendszer

A rendszer elvi felépítése



3. ábra

3. Futtatott rendszer, <http://www.globalgarden.hu/referenciak/?album=1&gallery=52>

A futtatott rendszer esetében, továbbra is a régóta használt megoldásnál maradunk, azzal a különbséggel, hogy itt valamilyen segédstruktúra történik a növények telepítése. Alapvetően ez is talajkapcsolatot igénylő megoldás, így igazak rá a kontakt „rendszernél” már említett talajcserés-ültetőládás lehetőségek – nem megfelelő tápanyagtartalmú talaj esetén. A segédstruktúra általában futtatóháló, futtatórács vagy huzal. Anyagfelhasználását tekintve, a leggyakrabban használtak a fa, a műanyag, illetve a rozsdamentes/horganyzott acél anyagú szerkezetek. Az anyagválasztásnál a fő hangsúlyt a szerkezetet érő biológiai, biokémiai, valamint nedvességátvitelrel szembeni ellenállóképességre, illetve az esetleges tűzhatással szembeni viselkedésre kell helyeznünk. Ezek pedig erősen befolyásolják, a szerkezet ugyancsak nem elhanyagolható statikai tulajdonságait.

Rögzítés

Hátszerkezet alkalmazása esetén felmerül a rögzítés kérdése. Itt több megoldás létezik, amik megvalósítása függ a homlokzat terhelhetőségétől is. Közös tulajdonságuk hogy a segédszerkezet minden esetben eltartással kerül rögzítésre a homlokzattól. (megj.: természetesen megoldható lenne, hogy közvetlenül a homlokzatra rögzítsük a futtatórácsot, de akkor előjönnének a kontakt rendszer esetében megfigyelt káros hatások, amiket érdemes elkerülni). Az egyik elterjedt megoldás, hogy közvetlenül a homlokzat elé, de az épülettől



4. Rögzítési példa, saját kép

független támszerkezetre történik a segédszerkezet rögzítése (pl.: oszlopok) és a homlokzatra csak pontszerűen horgonyozzák hátra a szerkezetet, mintegy merevítésként, hogy stabilabb legyen a növényfal. Acél, fa és műanyag szerkezet is kivitelezhető ilyen formában. A másik ugyancsak elterjedt megoldás, hogyha terhelhető a homlokzat vagy nincs lehetőség támszerkezet telepítésére, akkor közvetlenül az épületfalra rögzítik a futtatórácsot, de attól eltartással. Ilyenkor általában pontszerűen történik a csatlakoztatás. Ezesetben legtöbbször acél futtatószerkezetet alkalmaznak, esetleg szóba jöhet a műanyag, de ez kevésbé jellemző.

Anyagok

Fa anyagú szerkezet alkalmazása esetén, a futtató rácsos megoldás fordul elő a leggyakrabban. Előnye, hogy természetessége által a többi anyaghoz képest talán ez nyújtja a legsztétikusabb képet, és még a futtatás időszakában, valamint az esetleges téli lombozatvesztés idején is megfelelő látvánnyal szolgálhat. Hátránya éppen az előnyében rejlik, mivel szerves anyag, így gondoskodni kell a megfelelő védelemről is, ami ezesetben nem is olyan egyszerű. Jól megválasztott faanyagvédő szerek alkalmazása esetén bízhatunk a rovarok, gombák távolmaradásában, de – a nedves környezet hatásaként – megtelepedő moszatok és algák károsító hatását nehéz elkerülni, esetleg a megfelelő permetezés segíthet. (Megj.: a vízdékony faanyagvédőszerek kültéri alkalmazása nem ajánlott, mivel fenn áll a kimosódás veszélye) Emellett csak közel állandó nedvességtartalom mellett marad hosszútávon ellenálló, ami ebben az esetben nem biztosítható. Kedvező tulajdonságai közé sorolhatnánk, hogy szerves anyag lévén a tönkremenetel után elbomlik, így elvileg ez a leginkább környezetbarát szerkezeti megoldás, viszont ha a várt élettartamot tekintjük, ami

ilyen körülmények mellett relatív rövid, akkor érdemes elgondolkodni az egyéb anyagválasztáson.



39.kép Égéskeleltetővel kezelt fa állványzat 2011 nov.

40 kép Az égéskeleltető kimosódása után 2012. márc. képek forrása: Takács L.

Égéskeleltető szerek használatával ugyan megnövelhető a meggyulladás ideje tűzkitét esetén, azonban hazánkban a kültérben is alkalmazható égéskeleltetők még nem terjedtek el, illetve nem vizsgálták ezen égéskeleltetők tartósságát növényfuttatóknál, a növények okozta mechanikai igénybevételek mellett. A futtató szerkezet teherhordó képessége az ún. beégési sebességtől függ, vagyis, hogy tűzkitét esetén az idő előrehaladtával milyen gyorsasággal csökken az adott elem keresztmetszete és ezáltal a teherhordó képessége. Gyakorlatilag ebből következik, hogy a szerkezet keresztmetszete a tűzállóságot leginkább meghatározó adottság. Ez a legtöbb esetben viszont változó és az egyes növényfalak méretei, illetve a telepíteni kívánt növények súlyának függvényében kerül kiszámításra. A túl sok egyedi, esetenként eltérő körülmény és tényező ellenére, a faanyagú tartószerkezet méretezhető ezek figyelembevételével.

Műanyag alkalmazásakor ugyancsak a futtatórácsos megoldás a leginkább használatos. A műanyag – kőolajszármazék lévén – mint szerves anyag esetében már számolnunk kell az előállításához, szükséges energiamennyiséggel, valamint a keletkező melléktermékekkel, amiket általánosan tekintve nem túl környezetkímélőek. Ennek ellenére a műanyag előnyös tulajdonságai közé tartozik, a könnyű alakíthatóság, a kis súly, a relatív jó teherbírás illetve, hogy az életciklusa végén újrahasznosítható. Érdekes azonban szem előtt tartani, hogy érzékeny a különböző vegyi, biokémiai hatásokra, így egyes növények, mikroorganizmusok esetén károsodhat a szerkezet és akár bomlani is kezdhet. A szélsőséges hőmérsékletet sem viseli jól, ehhez kapcsolódva pedig a napsugárzás hőterhelésén túl, a fellépő UV hatás és annak fakító, öregítő hatása is a szerkezet gyors tönkremeneteléhez vezethet. Mindezek befolyásolják a futtatórács esztétikai megjelenését a homlokzaton, ami téli, valamint még a befuttatás időszakában egyáltalán nem elhanyagolható tényező. Tűzvédelmi szempontból vizsgálva a műanyag rácsszerkezet igen nagy kockázatot jelent,

mivel tűz esetén a homlokzati tűzterjedési határérték vizsgálatok tapasztalatai alapján a homlokzatra kilépő láng hőmérséklete — a belső térben egy óra elteltével átlagosan mért 1000-1100°C-ról – 680-700°C-ra esik vissza, míg az E tűzvédelmi besorolású hőre lágyuló műanyagok nagyjából 70°C-on megolvadnak a tűzterjedést égve csepegéssel is elősegíthetik. Meg lehet említeni, hogy műanyagtípustól függően változik az égve csepegés és füstfejlesztés mértéke. Összeségében véve, tehát a műanyag futtatószerkezet nem ajánlott megoldás.

Acél futtatóhálóval, -huzallal, -ráccsal egyaránt találkozhatunk. Rozsdamentes/horganyzott verzióban ez a legelterjedtebb megoldás, amit számos előnyös tulajdonsága indokol. Életciklusát tekintve viszonylag kedvező anyagról beszélhetünk: bár az acélgyártás folyamata az utóbbi fél évszázadban jelentősen fejlődött és a befektetett energiamennyiség mintegy 60%-kal csökkent, még így is elég összetett, és végsősoron káros folyamatról van szó. Ennek ellenére, ha figyelembe vesszük, a gyártásnál keletkező melléktermékeket (például: kohósalak, acélsalak), azok a gyártási folyamaton túlmenően sokrétűen felhasználhatók, mind útépitési és földmunkáknál mind pedig ipari alapanyagként. Életciklusa végén az acél újrahasznosítható; ennek a léptéke világviszonylatban eléri a 96%-os szintet. Előnyös tulajdonságai közé tartozik a jó alakíthatóság, alaktartósság, nagy teherhordóképesség és a különböző mechanikai hatásokkal szembeni magasfokú ellenállóképesség. Emellett szervesetlen anyagként jól tűri a fellépő biológiai, biokémiai hatásokat és a változó időjárási terheléseket. A korrózióvédelemre érdemes figyelmet fordítani, mivel fokozott terhelésnek van kitéve az anyag. Sokrétű felhasználásából adódóan rögzítéstechnológiája függ az adott szerkezettől: a már fentebb említett módon a homlokzattól független, illetve arra terhelő tartószerkezetként is előfordul; rögzítése lehet pontszerű, és vonalszerű is. Tűzvédelmi szempontból kényes anyag. Bár A1-es nem éghető tűzvédelmi osztályba sorolhatjuk, mégis érdemes odafigyelni rá, mivel tűzeseti teherkombinációnál vizsgált kihasználtságtól függően 350-700 °C körül meglágyul és teherbírása 700 °C környékén a 10%-ra esik vissza. A homlokzatra kilépő lánghatás hőmérséklete pedig 680-700°C-on mozog. Megfelelő statikai méretezéssel javítható a szerkezetek tűzeseti viselkedése.



Általánosságban számos kiegészítő, tűzállóságot növelő lehetőség áll rendelkezésre az acél szerkezetek tűz elleni védelmére (például: körülfalazás, gipszrostburkolat, szórt ásványi szálas körülburkolás, égéskésleltetővel itatott falapok, gipszperlit burkolólap stb.) de sajnos ezek jelentős része ebben az esetben nem alkalmazható esztétikai vagy technikai korlátok miatt. Esetleges megoldást jelenthetnek a különböző tűzvédelmi bevonatok, melyek hő hatására felhabosodnak és elzárják a védendő szerkezetet a közvetlen hőterheléstől.

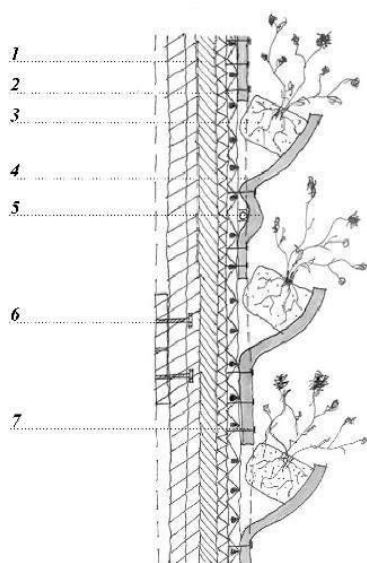
5. Futtatott rendszer saját kép

Ezek felhordására kézi festéssel és gépi szórással egyaránt van lehetőség, de alapvetően az üzemi körülmények közötti gépi felhordás biztosítja a legegységesebb és mindenhol megfelelő vastagságú védőréteget. A bevonat bizonyos hőmérsékleten felhabosodik és körülvéve a szerkezetet védi a hőhatástól, akár több száz fokot is csökkentve a szerkezetre jutó hőt. Még ilyen megoldásokat alkalmazva is elengedhetetlen a megfelelő méretezés a terhek és a kockázat együttes figyelembevételével.

A futtatott rendszernél alkalmazott szerkezetek anyagai közül technológiai, teherbírási, időállósági szempontból az acél a legkedvezőbb, ahol a tűzvédelmi vonatkozásokkal fokozottan számolni kell, de emellett esztétikai oldalról a fa is jó megoldás, melynél tűzvédelmi részről a keresztmetszetek méretezése a kulcskérdés.

3.4. Zsebes rendszer

A rendszer elvi felépítése:



4. ábra



6. Zsebes rendszer, saját kép

Ez a rendszer már jelentősen összetettebb az eddigieknél. Alapvető különbség, hogy nincs szükség közvetlen talajkapcsolatra, hanem az előnevelt növények ún. „zsebekben” ülnék, ahol a megfelelő tápanyagtartalom biztosítása mellett minimális ültetőközeg is elegendő a fejlődésükhöz. A rendszer többrétegű szerkezetként kerül kialakításra, általában közvetlenül a falra szerelve. A homlokzatra rögzítésre kerül valamilyen rács vagy lemez háttérstruktúra, ami vagy már önmagában vízzáró, vagy vízzáróságát további beiktatott réteggel biztosítani kell. Ennek lényege, hogy a növények miatt fellépő nedves, párás környezeti hatás ne károsítsa a homlokzatot. Ezekre rögzítenek többrétegben filcnemez vagy geotextil/szivatószőnyeg membránt, melyek feladata több részből áll: a legkülső rétegen kialakított lyukakban („zsebekben”) ülnék a növények, amik idővel a hátsóbb rétegek közé gyökereznek, valamint a több egymásra kerülő réteg egyfajta védő-szigetelő sávként működik, ami a növények gyökérzónáját és a hátszerkezetet óvja a külső hatásoktól. Fenntartása általában automata öntözőrendszerrel történik. A megoldás nagy előnye, hogy sokkal jobban kezelhető, mint a kontakt vagy a futtatott rendszer, az előre kiosztott ültetőzsebek lehetővé teszik, hogy a homlokzat bizonyos területein (például nyílások környékén) kevesebb növény legyen. A rendszerek fejlődésével egyre nő a növényválaszték is. (megj.: viszonylag kevés növény képes kacsokkal, indákkal; minimális segítséggel vagy anélkül felkapaszkodni a homlokzatra, de előre kialakított ültetőközegben jóval több fajtaval találkozhatunk). Az esztétikai szempontokon kívül a többféle növény párhuzamos alkalmazásával természetesen módon lehet szabályozni a lombzat nagyságát. Ezek a tényezők együttesen csökkentik az egyszerűbb rendszereknél fellépő elburjánzás veszélyét. A zsebes rendszer kivitelezése – összetettségéből adódóan – komolyabb technológiai háttértudást igényel. Főként beltéri megoldás, mivel a megfelelő tulajdonságú és vastagságú szigetelőréteg

hiányában nemcsak az öntözőrendszer teszi fagyveszélyessé, hanem a növények gyökerei is kárt szenvedhetnek a hideg időjárás következtében. Emellett a beépített csepegtetőrendszer sem képes az egyenletes víz-és tápanyagellátást biztosítani, így lesznek részek, melyek nedvességgel telítődnek és olyanok is, amik kevésbé vagy alig kapják meg a szükséges vízmennyiséget. Ennek ellenére a dolgozat vizsgálja ezt a megoldást, mivel léteznek kültéren megvalósult példái is és alapvetően fontos, ahhoz, hogy teljes képet kapjunk az egyes rendszerek működéséről.

Rögzítés:

Alapvetően közvetlenül a homlokzatra történik a rendszer felszerelése, így ebben az esetben is lényeges statikai kérdések merülnek fel. Fontos számolnunk a szerkezeti rétegek tömegével (vízzel telített állapotban), valamint a tervezett növények már élő, teljes lombzatának súlyával, illetve meglévő homlokzat esetén vizsgálni kell, hogy az képes-e a zöldhomlokzat tömegéből adódó plusz teher elviselésére. Nem elhanyagolható tényező a szélteher sem, ami változó irányú és erősségű, dinamikus hatásként éri a zöldhomlokzati rendszert. Általánosságban egy ilyen zöld rendszer tömege 50 és 100 kg között mozoghat, erősen függve a növénytípustól és a szerkezet anyagától.

A legtöbb esetben *fa* lécrácsot vagy valamilyen felületszerkezetet (pl OSB lapot) rögzítenek hátszerkezetként a homlokzatra. (Természetesen elképzelhető egyéb megoldás is acél vagy műanyag felhasználásával, de költséghatékonysági okokból a fa a legelterjedtebb.) Az itt beépített faszerkezet hasonló jellemzőkkel bír, mint a futtatott rendszer esetében már említettek. Ebben az esetben azonban az intenzíven nedves környezet hatását csökkentik a homlokzaton is védő vízzáró rétegek. Mindenképpen gondoskodni kell ez esetben is a faanyag megfelelő védelméről gombák és rovarok ellen, ez általában valamilyen faanyagvédő szer alkalmazásával történik, mint a legtöbb szerkezeti fa esetében. (Megj.: a faanyagvédő szerek kültéri alkalmazásánál ez esetben is nagy körültekintéssel kell eljárni) Különleges anyagokkal lehet védekezni a magas nedvesség/páratartalom miatti algásodás és moszatosodás ellen, de idővel sajnos elkerülhetetlen bizonyos mértékű károsodás. Tűzvédelmi vonatkozásait tekintve, ugyancsak a keresztmetszet lesz a meghatározó tényező és a beégési sebesség függvényében számolhatunk a teherhordó képesség csökkenésével. A különböző égéskésleltető anyagok javíthatják a szerkezet ellenállóképességét. Használhatunk felületi védelmet a már említett hőre habosodó bevonatok vagy akár vízűveg formájában. Szóba jöhetne még a mélységi védelem, amikor vízdékony sókeverékekkel itatják át/telítik a faszerkezetet, azonban ez ilyen nedvességkörülmények, valamint a kültérből adódó hatások miatt ez nem ajánlott. (fenn áll a kimosódás veszélye)

A hátszerkezetre általában szegezéssel kerülnek rögzítésre a *filcnemez* vagy *geotextil* rétegek. A *filcnemez* egy természetes szövetből felépülő szerves anyag, ami jól ellenáll a különböző mechanikai hatásoknak. Az ilyen anyagból készült szivatószőnyeg esetén sajnos a szerves mivolta, illetve a fokozott nedvesség hatás következményeként viszonylag rövid időn belül megindul a rétegek rothadása. Az egyes vegyi-biológiai hatásoknak is csak

részben áll ellen, és mint a szerves anyagból készülő szerkezetek többségénél, itt is idővel algásodás, moszatosodás jelentkezik, ami ugyancsak a nedves környezet és a növények



jelenlétének tudható be. Idővel az egymásra kerülő rétegek közé gyökereznek a külső zsebekbe ültetett növények, és hosszútávon ez is károsítja a filcnemez membránt. Nem teljes növényfedés esetén az anyag ki lesz téve napsugárzásnak, ami gyors fakulást eredményez, főként az esztétika rovására.

7. Filcnemez a hátszerkezeten, ill. vízvezetési megoldás, saját kép

Tűzvédelmi szempontból nem túl kedvező, E besorolású, füstfejlesztése és az égve csepegés mértéke változó lehet, az egyes termékek adalékaitól és a hordozóréteg anyagától függően. Összeségében véve, ilyen felhasználás mellett korszerűtlen és problémás anyag, alkalmazása nem javasolt ebben az esetben.

Igényesebb és modernebb megoldásnak mondható, ha a filcnemez helyett *geotextília* rétegeket rögzítünk a homlokzati hátszerkezetre. Gyártása vegyi folyamatok sorozata, viszont relatív hosszútávra tervezzük és az életciklus végeztével újrahasznosítható. Nagy különbség és ebben az esetben előny a filcnemezrel szemben, hogy a geotextília szerves anyag. (megj.: léteznek természetes szálakból készülő szerves anyagú geotextíliák is, de felhasználásuk –ebből adódó negatív tulajdonságaik miatt– korlátozott és esetünkben nem használatos). Ezeket a műszaki textíliákat általában földmunkáknál, szivárgó rendszerek



részeként, szűrő, elválasztó rétegek használják. Zsebes rendszer esetén rögzítésük és szerepük is megegyezik a filcnemez rétegnél leírtakkal. Jelentős előny azonban, hogy jóval ellenállóbbak mind mechanikai mind pedig a vegyi-biológiai igénybevételekre, mint szerves társuk. Anyaguk helyes megválasztásával UV állóságuk is nagyban javítható.

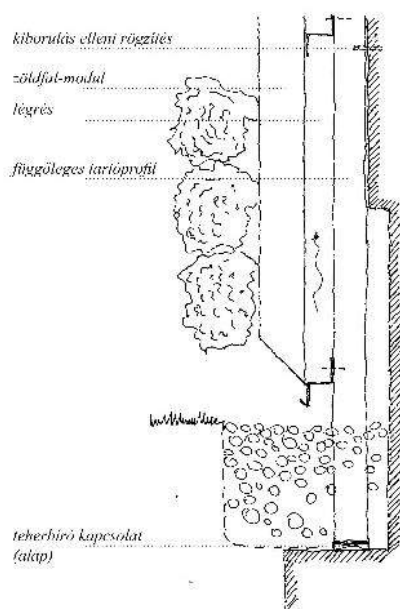
8. Geotextil zsebek, saját kép

Sajnos idővel itt is előfordulhat a rétegek rothadása, biológiai szennyeződése, de sokkal hosszabb időintervallumra tervezhető, mint a nemez.

Tűzvédelmi oldalról közelítve tényleges besorolása nincs az anyagnak, mivel a legtöbb esetben terepszint alatt, a talajban kerül felhasználásra. Alkotóanyagát tekintve általánosan polietilén, polipropilén, és esetenként polivinylalkoholból készül, így ezek alapján E tűzvédelmi osztályú, füstfejlesztése (s1, s2, s3) és égve csepegésének mértéke (d0, d1, d2) az adott alapanyag függvényében változhat.

3.5 Moduláris rendszer

A rendszer elvi felépítése



5. ábra



9. Moduláris rendszer, saját kép

A moduláris rendszer az eddig bemutatott megoldások közül a legösszetettebb felépítésű. A homlokzatra felszerelt – általában fém – vázszerkezetre történik a rozsdamentes acél, vagy ritkábban műanyag ültetőmodulok elhelyezése. A megoldás nagy előnye, amellett, hogy a zsebes rendszerhez hasonlóan közvetlen talajkapcsolatot nem igénylő, előnevelt növények használhatóak, hogy akár azonnali fedés érhető el. A növénytartó ládák előre megtervezett kiosztás alapján kerülhetnek kivitelezésre, ezzel szabályozható, hogy a homlokzat egyes területei a kívánt mértékben legyenek zöldesítve. A modulok további pozitívuma, hogy bár az ültetőládában több növény is helyet kap, viszont egy egy elszáradó növény eltávolítása, viszonylag könnyen elérhető: a modulok egyesével leszerelhetőek, az adott növény kiszedhető és azonnal pótolható. A vastag ültetőközegnek köszönhetően a rendszer nem fagyveszélyes, sőt akár az integrált öntözőrendszerhez hasonlóan fűtővezetékek elhelyezésére is van lehetőség, ami hideg éghajlaton kifejezetten praktikus.

Rögzítés:

A modulok a homlokzattól eltartással, a fent említett módon vázszerkezet segítségével kerülnek rögzítésre. Ebben az esetben, bár egy egy modul között dilatációs és szerelő hézag van, de arányait tekintve teljes fedésről beszélhetünk, így számolnunk kell a létrejövő légrésben működő hatásokkal. Hőtechnikai szempontból kísérletek is bizonyítják,

hogyan egy ilyen típusú rendszer akár 8-10°C-os hőmérsékletcsökkenést is eredményezhet a hátszerkezeten, redukálva ezzel a szerkezetet és a belső teret érő hőterhelés mértékét. Ehhez nagyban hozzájárul a légrétegben működő ún. kürtőhatás, vagyis a homlokzat alsó és felső síkja közötti nyomáskülönbségből adódó légmozgás. Gyakorlatilag egy kéthéjú, átszellőztetett szerkezetről van szó. Tűzvédelmi szempontból azonban fontos kérdés, hogy egy esetleges tűznél miként lehet megakadályozni, hogy a nyílásokon kilépő lángok bejussanak ebbe a természetes huzatos részbe. A nyílások körül kialakított fém fegyverzetű lezárások, a légrétegben elhelyezett hőre habosodó szalagok, bevonatok az általános homlokzatokhoz hasonlóan itt is eredményes megoldásként szerepelhetnek, azonban alkalmazásuk nem gyakori.

Anyagok:

Bár olcsóbb megoldásként jelentkeznek a *műanyag* modulok alkalmazása azonban igen ritka, köszönhetően az anyag negatív tulajdonságainak, gondolva itt elsősorban a kémiai ellenállóképességgel és fakulással-gyengüléssel szembeni viselkedésre, illetve a fokozott tűzveszélyre (E tűzveszélyességi osztály, az anyag körülbelül 70°C-on megolvad). Sokkal gyakoribb a *rozsdamentes acél* modulok és rögzítőváz alkalmazása, annak ellenére, hogy jóval drágább rendszertípusról beszélünk. Az acél a *Futtatott rendszer* esetében már említett előnyös fizikai-kémiai tulajdonságai révén széleskörben elterjedt és terméktől függően különböző módokon kerül kialakításra. A statikailag méretezett rögzítőváznak a növényvel és ültetőközeggel „töltött” átlagosan 90-110 kb/m² között mozgó modulhálón kívül a homlokzatot érő dinamikus hatásként jelentkező szélterhelés is el kell viselnie. Tűzvédelmi szempontból hasonló kérdések merülnek fel, mint a *Futtatott rendszer* acélhuzaljai, -hálói esetében, így tűzeseti teherkombinációnál vizsgált kihasználtságtól függően 350-700 °C körül



meglágyul és teherbírása 700°C körül a 10%-ra esik vissza. Erre a szerkezet megfelelő méretezésével és különböző korszerű tűzgátló, anyagokkal lehet válaszolni. A rozsdamentes acél tűzvédelmi szempontból kedvezőbb, lassabban melegszik fel, mint a szerkezeti acél.

10. Ültetőmodulok, saját kép

A növények ültetőközegének ágyazórétegeként *duzzasztott perlitet, lávaőrleményt, agyagkavicsot* használnak, mindegyike külön vizsgálat nélkül is A1 tűzvédelmi osztályúak. Ezen anyagok közös tulajdonsága – függetlenül attól, hogy szervesek vagy szervetlenek – hogy magas hőszigetelő képességgel rendelkeznek, és szemszerkezetük, anyagszerkezetük megengedi, hogy szűrő, aljzatréteggént kerüljenek alkalmazásra. Jelen tanulmányban a *duzzasztott perlit* kerül alaposabb kifejtésre.

A duzzasztott perlit egy természetes kőzetből hevítéssel előállított szervesanyag. Lényeges előnye, hogy kis térfogatsúlya ellenére viszonylag nagy porozitással rendelkezik, utóbbiból is következik jó hőszigetelő képessége, ami elősegítette széleskörű építőipari elterjedését. Jól ellenáll a különböző biológiai-biokémiai hatásoknak, mivel szervesanyag nem algásodik, nem gombásodik és az egyes mikroorganizmusok sem telepednek meg a felületén. A modulok fenekén elterített őrlemény képes egyenletes vízellátást biztosítani és kellő teret adni a növények gyökereinek. Óvja a növények gyökérzónáját és az integrált öntözőrendszert (esetenként akár fűtőrendszert is) a nyári túlzott felmelegedéstől, téli időszakban pedig az elfagyástól. Emellett szigeteli a légrétegét is, ezzel jelentősen csökkentve a hátszerkezet hőterhelését. Tűzvédelmi szempontból A1 nem éghető tűzvédelmi osztályba sorolható, füstfejlesztéssel, égve csepegéssel nem kell számolnunk. Egy esetleges homlokzati tűznél, akár elválasztó réteggel is funkcionálhat, mely elszigeteli a hátszerkezetet a tűzkitétből adódó magas hőterheléstől. (Megj.: ez erősen függ a szerkezettől és egyelőre nincs még mögötte homlokzati tűzterjedési vizsgálat). A perlit esetében megemlített tulajdonságok többsége változó mértékben igaz az e célra alkalmazott anyagok többségére.

4. Tűzvédelmi vonatkozás

4.1 Homlokzati tűzterjedés típusai, veszélyei

4.1.1 Az egyes típusok, esettanulmányok

Bármilyen épület homlokzatának tervezésekor pontos előírásoknak kell megfelelni, legyen szó egy átlagos, burkolt vagy zöldhomlokzatról. A tervező részéről gondos odafigyelést igényel, ugyanis rengeteg tüzeseti forrás található környezetünkben, kezdve a legalapvetőbb emberi hanyagságtól a rossz kivitelezésig.

Ebben a részben több példát, esetet vizsgáltunk meg, melyekhez egy rövid vázlat az alábbiakban olvasható.

Homlokzati tüzesetnek számos oka lehet, ezek közül néhány, konkrét példával:

- kivitelezési problémák pl. miskolci paneltűz
- lakásból a homlokzatra terjedés pl. miskolci paneltűz
- építési munkálatok során emberi gondatlanság pl. shanghai-i eset
- a homlokzat közelében keletkező tűz (pl. szeméttároló), és onnan az épületre terjedés pl. dijoni eset
- vandáltűzek, cigarettacsikk az erkélyről stb.

Lényeges, hogy dolgozatunk során alapvetően a megfelelően kivitelezett falakat vizsgáltuk, ugyanakkor nem kerülhető ki a rossz példák említése sem. Homlokzati tűzterjedés kialakulhat emberi gondatlanság, rossz építési eljárás miatt is, például a 2009-es miskolci tűz. Az alábbi képen látható, hogy a rossz kivitelezésnek köszönhetően az egyik lakásból hogyan terjedt a tűz felfelé a homlokzaton a fenti lakásokba. Ezesetben valószínűleg több hiba is közrejátszott, gondolva a hőszigetelés nem megfelelő rögzítésére (pontoszerű rögzítések

helytelenül), vagy a homlokzati légrésben hiányzó, vagy rosszul felszerelt tűzgátló szalagokból következő hibákra. Utóbbiból adódóan kialakulhatott a kürtő-hatás, ami a tűz gyors terjedéséhez vezethetett. A homlokzati tűz miatt keletkező füst és lángok a menekülést és menekítést is akadályozták.

Az épületet 2007-ben szigetelték le vakolt homlokzati hőszigetelő rendszerrel, melynél az elkészítés során nem vették figyelembe a gyártó által kiadott utasításokat. Ha az anyagokat megfelelően alkalmazták volna, valószínűleg lassabban terjedt volna a tűz a homlokzaton. Továbbá nemcsak a homlokzaton, de a gépészeti csatornákon, aknáknak sem volt tűzgátló elválasztás a födémek vonalában.

Az eset után vizsgálatot indítottak, melyek feltárták az elkövetett hibákat. Az eset rávilágított a kivitelezés pontosságának, a tűzvédelmi előírások betartásának fontosságára.³



11. Kép a 2009-es miskolci tüzesetről. A tűzterjedés útja jól látható. Forrás: <http://24.hu/belfold/2016/10/06/felmentettek-a-miskolci-paneltuz-miatt-megvadolt-not/>

Számos ilyen eset előfordult már, és bár némelyik szélsőséges példa, de mégis intelem, hogy a szerkezetek megfelelő kialakítása elengedhetetlen. Az ehhez hasonló balesetek elkerülésére Dániában a tervezés szakaszában, a homlokzati hőszigetelő anyag választásánál egyeztetnek a tűzoltósággal, ha éghető anyagot kívánnak alkalmazni. A Brandfolkenes Szervezet (Dán Tűzoltó Szervezet) képviselőjében Tommy Kjaer, a szervezet elnök-helyettese megállapította: „Amíg minden az útmutatások és az utasítások szerint történik, a tűz kialakulásának a veszélye természetesen kisebb. Azonban sérült külső homlokzati réteg nem tudja teljesíteni a feladatát, ezzel lehetővé téve a tűz elterjedését az épület többi részére. Ilyen esetben a tűz kívülről jöhet be és egészen a tetőig terjedhet. Ez egyaránt csökkenti a tűzoltók és az épületben tartózkodó személyek biztonságát.”³

³ <http://www.rockwool.hu/miert-a-rockwool/tuzvedelem/tuzesetek>

Mindezekből következik, hogy zöldhomlokzatok esetén is körültekintően kell eljárni a kivitelezés során. Ugyanakkor itt nem csak az általános előírásoknak kell megfelelni, hanem az egyes rendszerekre vonatkoztatva a szerkezet anyagait, illetve a telepített rendszer növényeit, sajátos tulajdonságait is érdemes figyelembe venni a tervezés során.

Homlokzati tűz azonban máshogy is keletkezhet. Nem csak azt kell megakadályozni, hogy a lakásban kialakuló tűz ne terjedjen át a homlokzatra, hanem fordítva is. Zöldhomlokzatok esetében ez különösen fontos lehet, hiszen a felhasznált anyagok illetve növények kockázatot jelenhetnek. Az angol *Fire Performance of Green Roofs and Walls* kiadvány szerint a növények ültetőközege nem lehet veszélyforrás, ha A1 tűzvédelmi osztályú ültetőközegről és megfelelően karbantartott rendszerről van szó. (megj.: csak 100%-ban kiszáradt növények esetén számolunk ilyen jellegű veszélyforrással). Ez elkerülhető, ha a növényeket rendszeresen gondozzák, vagy öntözőrendszert szerelnek be.

Egy következő példa szintén az emberi gondatlanságot mutatja be. A homlokzati tüzeset 2010-ben Shangaiban történt, egy ötszáz lakásos apartman felújítása során.. A régi épületek energetikai korszerűsítése manapság nagyon népszerű, a homlokzatot egy nagyobb hőszigetelő képességgel rendelkező anyaggal vonták be éppen, mikor az egyik munkás hegesztéssel tüzet okozott. A hőszigetelés közepén éghető anyagú volt, ezért könnyen meg tudott gyulladni. Magyarországon szigorú előírások szabályozzák, hogy milyen tűzállósági értékkel rendelkezhet a homlokzat, míg külföldön erre nem mindig figyelnek oda. Az esetből azt a következtetést lehet levonni, hogy az építési munkálatoknál fontos az életbiztonság szempontjából a megfelelő előírások betartása, és a munkafolyamatok biztonságos kivitelezése. Ebben a példában az állvány is könnyen éghető anyagból készült, a hegesztő munkás pedig nem rendelkezett a szükséges engedéllyel.⁴



12. Shanghai 2010 apartman-tűz 13. Dijon 2010 Forrás: <http://www.bbc.com/news/world-europe-11752303>

Forrás: <http://www.firesafenorthamerica.org/wp-content/uploads/FSNAWhitePaperNFPA285.pdf>

2010-ben egy másik sokkoló, 10 halálos áldozattal járó tüzeset is történt, ezúttal egy dijoni szállásépületben. A tűz a szeméttárolókból terjedt át az épület homlokzatára. Az eset sajnos éjszaka történt, és a keletkező füst akadályozta a menekülést. Itt is éghető és megfelelő

⁴ <http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/349-tanulsagos-homlokzati-tuzesetek.pdf>

védelem nélküli volt a hőszigetelés, így a lángok könnyedén terjedhettek. Tehát kockázati tényezőnek kell tekinteni a közelben elhelyezett szeméttárolókat is, hiszen Magyarországon többnyire a társasházak bejárata közelében vannak elhelyezve, arra pedig nincs előírás, hogy a homlokzat ezen részén milyen hőszigetelést kell alkalmazni. A vizsgálatok többnyire a beltéren keletkező tüzesetekkel foglalkoznak, és a homlokzatra átterjedő esetekkel kevésbé.⁴

Vandáltűznek nevezzük a tüzesetek azon típusát, melyek a fal tövében keletkeznek, és onnan terjednek az épületre. (megj.: a legtöbb esetben gondatlanságból, emberi figyelmetlenségből vagy szándékosságból keletkeznek ilyen tüzek). Ebből következik, hogy fontos odafigyelni, mit helyezünk el az épület környezetében. Ezek a tüzek nagyon hamar kifejlődnek, átlagosan 10-15 perc alatt, és a lángmagasság akár 2,5-3, de akár a 3,8 métert is elérheti! Emiatt nagyon gyors lehet a tűzterjedés, percek alatt elérheti az első emeletet is, onnan pedig az épületen belül tovább terjedhet a lakásokra. Az ablakokból kicsapó lángok pedig elérhetik a 3- 6 méteres magasságot is, következésképp 15-20 perc múlva akár az emeleten is lehet a tűz, legyen bármilyen a homlokzati burkolat típusa. A vandáltűzre példaként felhozható a 2012-es hamburgi tüzeset, amit a fal tövében álló motorok kigyulladás okozott. A lángok hatalmas méretének köszönhetően a második emeletig feljutott a tűz, az alsó három szint ablakai betörték, függetlenül attól, hogy a homlokzati hőszigetelés nem éghető osztályozást kapott.⁵

Ezek a példák mind alátámasztják, hogy a homlokzati tűzterjedést több faktor, tényező befolyásolja, határozza meg, ezért fontos, hogy a vizsgálatok során több aspektusból nézzük meg az anyagokat. Ezekből az esetekből tanulni lehet, többféle tűztesztelési eljárást lehet kifejleszteni, így egy-egy terméket rendszert nemcsak osztályokba soroljuk, hanem a viselkedésüket is vizsgálhatjuk különböző helyzetekben.

Lényeges következtetések:

- *A homlokzat nem éghető anyagokat tartalmazzon.*
- *Érdemes megfontolni, a szintenkénti tűzvédelmi gátak elhelyezését*
- *Egy esetleges tűz esetén az éghetőség mellett a füstfejlődést is vizsgálni kell, hogy az mennyire akadályozza az épületben tartózkodókat a menekülésben.*
- *A vandáltűzek elkerülése érdekében gondolni kell arra, hogy lesznek elhelyezve az épület mellett, a talajszintről elérhető veszélyt jelentő tárgyak, toldalékok, például szeméttároló, gyúlékony anyagok, felszerelések stb.*

4.1.2 A homlokzati tűzterjedéssel kapcsolatos vizsgálatok

A homlokzatok tüzeseti viselkedésével kapcsolatban konferenciákat rendeznek. Az angol FSF (Fire Sector Federation) non-profit szervezet 2013-ban tartotta az első nemzetközi rendezvényt Párizsban, idén májusban pedig Lundban, Svédországban. A

⁵ http://www.firepress.hu/WEBSET_DOWNLOADS/149/FI-14-jan-feb.pdf

konferencián mérnökök, kutatók, és különféle szakemberek, gyártók oszthatták meg egymással tudásukat a témában. A program fő témakörei közé tartoztak:⁶

- Szabványosítási munka
- Vizsgálati és értékelési módszerek
- Előírások
- Tűzbiztonság technika
- Tűzoltás és tűzoltói beavatkozás
- Homlokzati rendszerek
- Esettanulmányok

Az FSF megalakulásának előzménye, hogy az angol kormány nem kívánta tovább szabályozni illetve irányítani a tűzoltó és mentőszolgálatot, hanem a tűzvédelemmel foglalkozó ágtól várta el az előírások alakítását. A szervezet arra próbálja ösztönözni a szektort, hogy fejlesszék az épített és természetes környezetet, valamint a tűzvédelmi és mentési szolgálatot. A konferencia több partner együttműködésével valósul meg.

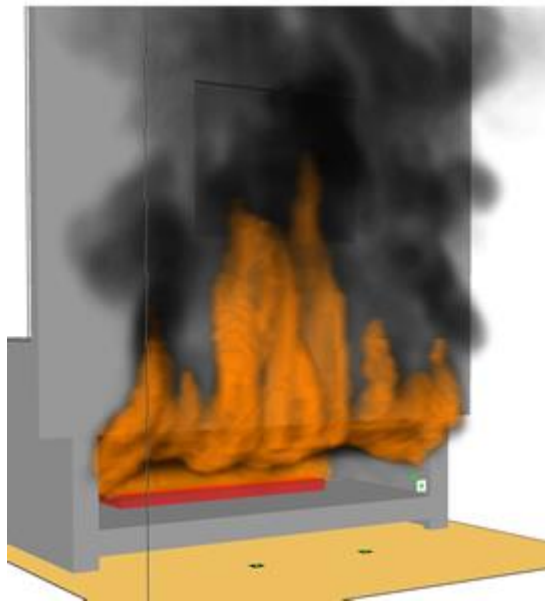
a. Külföldi vizsgálatok, példák

A homlokzati tűzterjedés vizsgálatára az egyes országoknak külön tesztjei, besorolási eljárásai vannak. A homlokzatok általában először a felépítő anyagok alapján kerülnek osztályozásra, majd hogy adott szerkezetként hogyan viselkednek (például: Magyarország). Svédországban egy egyedülálló tesztet dolgoztak ki a homlokzatok tüzeseti viselkedésének vizsgálatára. Az eredményeket Dániában, Norvégiában, és Finnországban is felhasználják az adott ország építési előírásaira vonatkozóan, és az alkalmazhatóságukat eltérően korlátozzák.

A teszt egy olyan szituációt mutat be, melyben tűz ütött ki egy apartmanban, és a rossz ablak következtében nagyobb mennyiségű láng és füst jut ki. A teszt egy másik esetet is reprezentálhat: egy égő szemetes konténer van a homlokzat mellett a földszinten. A teszthomlokzat 4*6 méteres, és a lehető legjobban hasonlít a valós szerkezetre. A mintát 20 percig tűzhatásnak teszik ki, ami alatt a tűz elterjedése a tűzforráshoz képest csak minimális lehet. Az esetlegesen lehulló törmelékeket feljegyzik, továbbá mérik a tűz gázok hőmérsékletét is. A teszt célja az, hogy megállapítsák, hogy a homlokzat mennyiben járul hozzá a tűzterjedéshez.⁷



14. Tűzterjedési teszt,
Forrás:
<http://www.firesafetysearch.com/news/facades-and-fire/>



15. Forrás: <http://www.firesafetysearch.com/news/facades-and-fire/>

Az angol *Fire Performance of Green Roofs and Walls* kiadvány szintén foglalkozik a homlokzati tűzterjedés problémakörével. Itt már konkrétan zöldtetőket és zöldhomlokzatokat vizsgáltak meg, hogy azok hogyan viselkednek egyes tűzeseti szituációkban. Különböző forgatókönyveket készítettek, ezek közül 3 készült el zöldhomlokzatokkal kapcsolatban.

b. Magyar vizsgálatok, példák

Magyarországon kétféle vizsgálaton ellenőrzik a homlokzati hőszigetelő rendszereket. Először tűzvédelmi osztályba sorolják az anyagokat az OTSZ szerint. Ezek lehetnek A1, A2, B, C, D, és E, ahol az E kategória a legrosszabb. Továbbá nézik az égve csepegés (d0,d1,d2) és a füstfejlődés (s1, s2, s3) jellemzőket (a legkedvezőtlenebb felé haladva). A másik vizsgálat során megállapítják, hogy hány percig felel meg az adott szerkezet a hatályban lévő jogszabályok előírásainak. Az anyag, szerkezet tűzállósági határértéke határozza meg, hogy egy épület hány szint magas lehet. Így például a hatályos OTSZ szerint “a homlokzati tűzterjedési határérték-követelmény, az épületek szintszámának függvényében, a vonatkozó műszaki követelmény szerinti vizsgálattal igazoltan.”⁸

- 2 vagy 3 szintes épületnél $Th \geq 15$ perc;
- 4 vagy 5 szintes épületnél $Th \geq 30$ perc;
- és középmagas, magas vagy 5 szintnél magasabb épületnél $Th \geq 45$ perc”.

⁸ <http://www.langlovagok.hu/html/tuzor/65.shtml>

Ezek a kategóriák azonban eltérhetnek az egyes anyagok függvényében, illetve a szerkezeti alkalmazás alapján. Például egy homlokzati hőszigetelő rendszer polisztirol habbal vagy ásványgyapottal kialakítva tüzesetei hasonló tulajdonságot mutatnak, azonban önmagukban az egyik E, a másik A1-es besorolású. Ezért is fontos, az anyagok adott szerkezetben történő vizsgálata, és ez alapján jellemzők megadása.⁸

Magyarországon az ÉMI által kiadott korábbi ÉME, illetve jelenlegi NME, TMI dokumentumok határozzák meg, hogy az egyes szerkezetekre vonatkozóan mely anyagok teljesítik a tűzvédelmi követelményeket, továbbá a dokumentumok tartalmazznak bizonyos csomóponti kialakításokat is. (például a nyílások körüli kávak és szemöldökök kialakítása.) Az ezektől való eltérés felelősséggel jár, mivel a teljesítmény nem garantált.⁸

4.2. Alkotó anyagok/elemek tűzvédelmi jellemzői (táblázat)

Anyag	Tűzvédelmi ragasztó
Felhasználási terület	<ul style="list-style-type: none"> – Tűzvédő lapok/szalagok ragasztása betonra/gázbetonra – Tűzvédő lapok ragasztása és tömítés levegőszállító vezetékekben – Különböző tágulási együtthatójú, eltérő jellegű építőanyagok rögzítésénél
Anyag tulajdonságok	<ul style="list-style-type: none"> – szerves – oldószermentes – tartósan rugalmas – vízálló
Besorolás	A2-s1,d0

Anyag	Kombinált favédőszer
Felhasználási terület	<ul style="list-style-type: none"> – égéskésleltető – gombák, rovarok ellen
Anyag tulajdonságok	
Besorolás	B-s2,d0

Anyag	növények
Felhasználási terület	<ul style="list-style-type: none"> – maga a zöldesítés – lehet: <ul style="list-style-type: none"> - egyszerű (kontakt, futtatott, gabion jellegű stb.), ill. - kombinált (zsebes, moduláris, konténeres stb.)
Anyag tulajdonságok	<ul style="list-style-type: none"> – szerves – táptalajt igényel/hidrofób – kiszáradásveszély
Besorolás	<ul style="list-style-type: none"> – F – s1/2/3 (növénytípustól függhet) – d: valószínűleg nincs

Anyag	acél
Felhasználási terület	<ul style="list-style-type: none"> – futtatóhuzal, -háló, -rács – hátsó rögzítőelem – modulok
Anyag tulajdonságok	<ul style="list-style-type: none"> – szervesetlen – tűzálló – mechanikai hatásoknak ellenáll – alaktartó – hőtágulásra érzékeny lehet – korrózióvédelem!!
Besorolás	A1

Anyag	műanyag
Felhasználási terület	<ul style="list-style-type: none"> – futtatórács – modulok – rögzítőelemek
Anyag tulajdonságok	<ul style="list-style-type: none"> – szerves – mechanikai hatásoknak korlátozottan ellenáll – fakulhat – vegyi-biológiai hatásokra érzékeny lehet
Besorolás	D vagy E-s1/2/3-d0/1/2

Anyag	geotextil
Felhasználási terület	<ul style="list-style-type: none"> – „szivatószőnyeg” membránként zsebes rendszernél
Anyag tulajdonságok	<ul style="list-style-type: none"> – általában szervesetlen – polietilénből, polipropilén, polivinilalkohol – (esetenként természetes szálak anyagból) – mechanikai hatásoknak korlátozottan ellenáll – fakulhat – vegyi-biológiai hatásokra érzékeny lehet – állandó nedvesség hatásával idővel kikezdi
Besorolás	E-s1/2/3-d0/1/2

Anyag	filcnemez
Felhasználási terület	– „szivatószőnyeg” membránként zsebes rendszernél
Anyag tulajdonságok	<ul style="list-style-type: none"> – szerves – valamilyen természetes szövetből – mechanikai hatásokra érzékeny – fakulhat – vegyi-biológiai hatásokra érzékeny – állandó nedvességhatástól idővel szétrohad – gombásodhat – algásodhat
Besorolás	E-s1/2/3-d0/1/2

Anyag	(duzzasztott) perlit
Felhasználási terület	<ul style="list-style-type: none"> – moduláris rendszernél az ültetőközeg ágyazata – fontos elválasztó réteg, védi a hátszerkezetet az elfagyástól
Anyag tulajdonságok	<ul style="list-style-type: none"> – szervesetlen – tűzálló – kis sűrűségű – jó hőtechnikai tulajdonságú – nem gombásodik – nem algásodik – vegyi-kémiai hatásoknak ellenáll – környezetbarát
Besorolás	A1

Anyag	üvegszövet
Felhasználási terület	<ul style="list-style-type: none"> – zsebes rendszernél védő/alapréteggént használják – a hátszerkezetet védi a közvetlen vegyi, biológiai ill. nedvességátástól
Anyag tulajdonságok	<ul style="list-style-type: none"> – szervetlen – nem gombásodik – nem algásodik – vegyi-kémiai hatásoknak ellenáll
Besorolás	B-C

Anyag	fa
Felhasználási terület	<ul style="list-style-type: none"> – futtatott és zsebes rendszereknél a futtató-vagy tartószerkezet
Anyag tulajdonságok	<ul style="list-style-type: none"> – szerves anyag – csak állandó nedvességtartalom mellett marad hosszútávon ellenálló – mechanikai hatásoknak ellenáll – vegyi-biológiai hatásokra érzékeny – favédő, égéskésleltető szerekkel javítható az ellenállóképessége – gyulladási hőmérséklet: 230-280°C –
Besorolás	<p>égéskésleltető nélkül: D-s2, d0</p> <p>égéskésleltetővel: B, C tűzvédelmi osztályig javítható</p> <p>OSB teljes felületű hátszerkezet esetén: E</p>

4.3. Tartószerkezeti kérdések

A zöldhomlokzatok tűzeseti viselkedésénél számolni kell a felmerülő tartószerkezeti kérdésekkel is. Meg kell állapítani, hogy a szerkezetben lévő anyagok milyen tűzállósági jellemzőkkel rendelkeznek, illetve mennyire maradnak stabilak tűz esetén. A keletkező gázok és füst értékeit mérésekkel szükséges megállapítani. Ezek az adatok a menekülési idő szempontjából fontosak, mivel biztosítani kell az épületben tartózkodók számára egy meghatározott időkeretet, ami alatt képesek elhagyni az épületet. Menekülés közben veszélyt jelenthetnek a lehulló szerkezeti darabok is. Jelen kutatásban a statikai faktorra részletesebben nem térünk ki, azonban ennek vizsgálata újabb kérdéskört vet fel, mely a következőkben továbbmutat a dolgozatunkon.

5. Összegzés

Napjainkban egyre inkább elterjednek a zöld és környezettudatos megoldások, melyek javítják a közvetlen környezetünk, a zsúfolt, szennyezett városaink levegőjének minőségét energiafelhasználásának mértékét, ezáltal jelentős hatást gyakorolva az életkörülményeinkre. A függőleges zöld rendszerek kialakítása lehetővé teszi – még a legsűrűbben beépített városrészekben is – az eddig üresen álló homlokzati felületek aktív kihasználását. A pozitív hatások mellett azonban nem feledkezhetünk meg a biztonságról sem, mely megteremtésének alappillére a teljeskörű megismerés és így az ilyen rendszerek egyik fő veszélyforrásának a tűzhatásnak az egyes megoldásokra vetített vizsgálata.

A zöldhomlokzati rendszerek tűzvédelmi vonatkozásainak kutatása, bővítése és alkalmazása elengedhetetlen része a biztonságos és fenntartható rendszerek kiépítésének.

6. Irodalomjegyzék

¹Thorwald Brandwein: *Statistisches über Brände mit Kletterpflanzen und Strategien zu ihrer Vermeidung*

²Department for Communities and Local Government - *Fire Performance of Green Roofs and Walls, 2013 augusztus*

³<http://www.rockwool.hu/miert-a-rockwool/tuzvedelem/tuzesetek>

⁴<http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/349-tanulsagos-homlokzati-tuzesetek.pdf>

⁵http://www.firepress.hu/WEBSET_DOWNLOADS/149/FI-14-jan-feb.pdf

⁶<http://www.facade2016.org/>

<http://www.firesectorfederation.co.uk/about/>

⁷<http://www.firesafetysearch.com/news/facades-and-fire/>

⁸<http://www.langlovagok.hu/html/tuzor/65.shtml>

Zöldhomlokzati rendszerek szerkezeti megoldásainak elemzése – Holczer Eszter, Kazi Zsolt, Tudományos Diákköri Konferencia 2015.

Képek:

Címlapkép: Tracer Urban Nature

1. <http://inhabitat.com/tag/green-facade/>

2. Saját kép

3. <http://www.globalgarden.hu/referenciak/?album=1&gallery=52>

4-10. Saját kép

11. <http://24.hu/belfold/2016/10/06/felmentettek-a-miskolci-paneltuz-miatt-megvadolt-not/>

12. <http://www.firesafenorthamerica.org/wp-content/uploads/FSNAWhitePaperNFPA285.pdf>

13. <http://www.bbc.com/news/world-europe-11752303>

14 15. <http://www.firesafetysearch.com/news/facades-and-fire/>

16-23. Saját kép

24. <http://2015.korusokejszakaja.hu/hu/locations?selected=13>

25. Google streetview:

<https://www.google.hu/maps/@47.4555376,19.1047712,3a,75y,204.4h,101.39t/data=!3m6!1e1!3m4!1sAfkYQkWYuMFjAnfLYWISaA!2e0!7i13312!8i6656>

26-30. Saját kép

31. Google streetview

32-36. Saját kép




37. Google streerview

38. Saját kép





39. Takács Lajos Gábor 2011.11.




40. Takács Lajos Gábor 2012.03.

Függelék: Budapesti kontakt rendszerek gyűjteménye

Cím		Megjegyzés
Budapest V. kerület, Nyáry Pál utca	 <p data-bbox="427 884 539 907"><i>16. saját kép</i></p>	teljes falfelület tűzfal
Budapest VI. kerület, Szív utca 1.	 <p data-bbox="427 1449 539 1471"><i>17. saját kép</i></p>	bérház, udvari homlokzat
Budapest VI. kerület, Városligeti fasor 1.	 <p data-bbox="427 1886 539 1908"><i>18. saját kép</i></p>	

<p>Budapest VI. kerület Andrássy út 111.</p>	 <p>19. saját kép</p>	<p>részleges borított</p>
<p>Budapest VII. kerület, Városligeti fasor 29.</p>	 <p>20. saját kép</p>	<p>kezdődő zöld homlokzat, tűzfal</p>
<p>Budapest VII. kerület, Dózsa György út 62-64.</p>	 <p>21. saját kép</p>	<p>teljes falfelület, tűzfal</p>


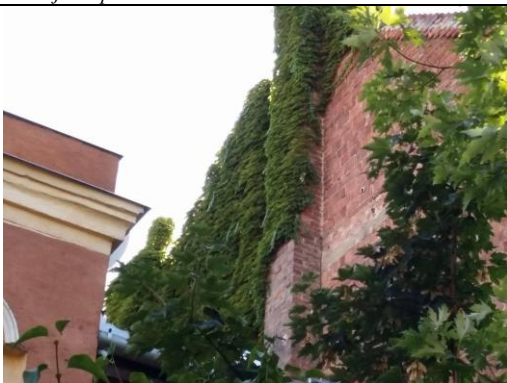

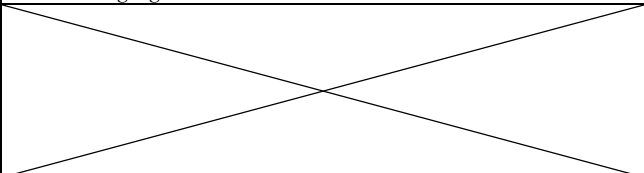
<p>Budapest VII. kerület, Bajza utca 10.</p>	 <p>22. saját kép</p>	<p>részelegesen borított, főhomlokzat</p>
<p>Budapest VIII. kerület, Leonardo Da Vinci utca 38.</p>	 <p>23. saját kép</p>	<p>teljes falfelület, tűzfal</p>
<p>Budapest VIII. kerület Ötpacsirta 2</p>	 <p>24. Forrás: http://2015.korusokejszakaja.hu/hu/locations?selected=13</p>	<p>MÉSZ székház</p>
<p>Budapest IX. kerület, Illatos út 23.</p>	 <p>25. Forrás: google streetview: https://www.google.hu/maps/@47.4555376,19.1047712,3a,75y,204.4h,101.39t/data=!3m6!1e1!3m4!1sAjfYQkWYuMFjAnfLYWISaA!2e0!7i13312!8i6656</p>	<p>ipari épület</p>


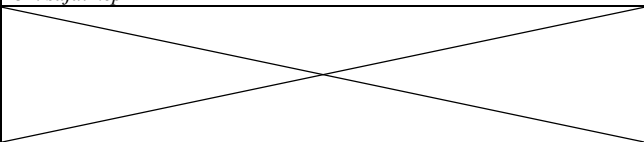
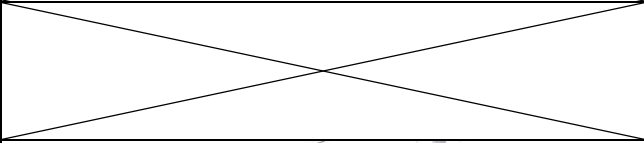


Budapest IX. kerület, Soroksári út		ipari épület
Budapest X. kerület, Szlávy utca 10.		családi ház, teljes falfelület, tűzfal
Budapest X. kerület, Mádi utca 162.		családi ház, összes homlokzat, teljes falfelület
Budapest X. kerület, Állomás utca 24.		családi ház, részlegesen borított
Budapest X. kerület, Sibrik Miklós út 66-68.		iskolaépület, részlegesen borított
Budapest X. kerület, Kerepesi út 47.		Készenléti Rendőrség épülete, teljes falfelület





26. saját kép

27. saját kép

28. saját kép

<p>Budapest XI. kerület, Petzvál József utca 10.</p>	 <p>29. saját kép</p>	<p>többlakásos ház, részlegesen borított</p>
<p>Budapest XI. kerület, Petzvál József utca 40.</p>	 <p>30. saját kép</p>	<p>többlakásos ház, részlegesen borított, kéményre is felfut</p>
<p>Budapest XI. kerület, Fadrusz utca 6.</p>	 <p>31. Forrás: google streetview</p>	<p>bérház, részlegesen borított</p>
<p>Budapest XI. kerület, Bertalan Lajos utca 9.</p>		<p>bérház, teljes falfelület</p>

<p>Budapest XVIII. kerület, Gyömrői út 79.</p>	 <p>32. saját kép</p>	<p>ipari épület</p>
<p>Budapest XVIII. kerület, Gyömrői út 89.</p>		<p>ipari épület</p>
<p>Budapest XX. kerület, Török Flóris út</p>		<p>családi ház, teljes falfelület</p>
<p>Budapest XX. kerület, Török Flóris út 29</p>	 <p>33. saját kép</p>	<p>családi ház, teljes falfelület</p>
<p>Budapest XX. kerület, Török Flóris út 43.</p>	 <p>34. saját kép</p>	<p>családi ház, teljes falfelület</p>

<p>Budapest XX. kerület, Török Flóris út 49.</p>		<p>családi ház</p>
<p>Budapest XX. kerület Török Flóris út 63.</p>		<p>részlegesen borított tűzfal</p>
<p>Budapest XX. kerület, Mártírok útja 11.</p>		<p>családi ház, teljes falfelület</p>
<p>Budapest XX. kerület, Gubacsi út</p>		<p>ipari épület</p>

35. saját kép

36. saját kép

37. Forrás: Google streetview

38. saját kép