

Tűz- és füst terjedése panelépületben: panel épület tűzvédelmi helyzetének elemzése számítógépen futó matematikai tűzmodellel

A panelházak tüzeseteinek fényében aktuálisabb témát nem is boncolhatnánk. Hogyan terjed a tűz az épületben és a füst a menekülési útvonalakon? Milyen gyors ez a folyamat? A panelházak tűzbiztonságának elemzéséhez készült modell ezekre a kérdésekre adhat az eddigiéknél pontosabb válaszokat, s ez a megelőzési intézkedéseket is meghatározhatja. **A VEDELEM 2008/1 számában megjelent tanulmányt teljes terjedelmében adjuk közre.**

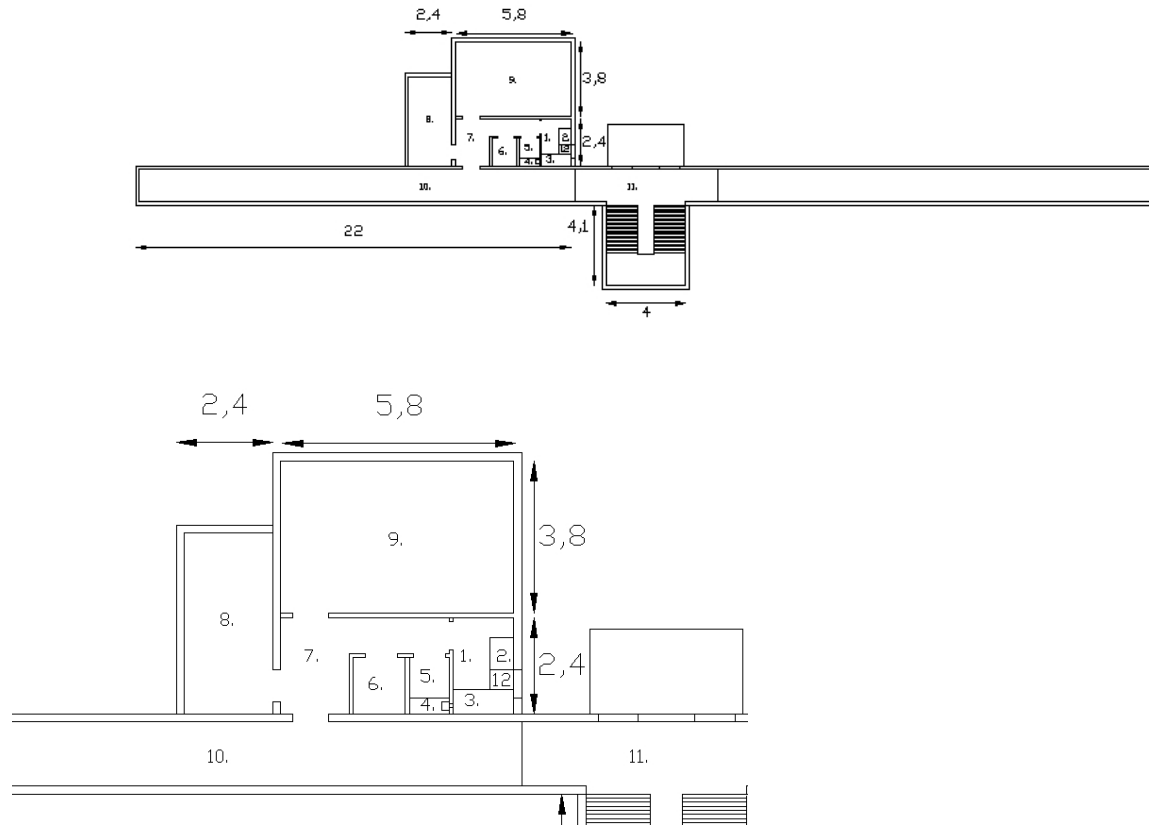
A számítógépeken futó matematikai tűzmodellek a tüzesetek modellezésére szolgálnak, amely tulajdonképpen az esetek számítógépes elemzése. A hagyományos eljárásokban több tényező elemzésekor is nehézségekbe ütközhetünk. Az áramlások, a különböző gázok koncentrációjának vizsgálata, de sokszor a kialakult hőmérséklet meghatározása is okozhat ilyen problémákat. A modell lehetőséget ad hogy az eddig meg nem vizsgált szempontokat is figyelembe vegyük. Szeretném leszögezni, hogy a számítógép csak a bevitt adatokkal képes dolgozni, így az eredmény a felhasználó felelőssége.

Az elemzéshez a NIST által kifejlesztett Fire Dynamics Simulator (FDS) szoftvert használtam.

A vizsgálat tárgya - 30 éves panelház

A panel házak egyre idősebbek és nem történnek meg az időszerű felújítások. Az elmaradt törődés következtében az egyéb meghibásodások mellett a kiterjedtebb tüzesetek gyakorisága is növekszik. A panelházak tűzbiztonságának elemzéséhez készült ez a modell. A modellben a tűz terjedése és a füst menekülési útvonalakon való terjedése egyszerre került elemzésre, de az eredmények egymástól függetlenül is értékelhetőek.

A leggyakoribb tűzkeletkezési hely, és ok a konyhában a tűzhelyen felejtett serpenyőben lévő olaj, vagy más élelmiszer. Számos panel épületben a konyhából központi szellőző rendszer szívja el a levegőt, ezáltal biztosítva a légcserét. A rendszer vegyes működésű, alaphelyzetben a sűrűség különbség elvén, időszakosan pedig gépi elszívással működik. A szellőző rendszerek nincsenek tűzszakaszolva, ezért ezeken a csöveken keresztül a tűz könnyedén terjedhet egyik szintről a másikra. A panel épületek biztonságának egy másik de nem kevésbé fontos tényezője a veszélytelen kiürítés. Számos épületben a lépcsőház légtéréből nyílnak a lakások, vagy a lépcsőház füstelvezetése nem megoldott. A modellhez egy valós panel épület paramétereit használtam fel. Az épület a földszinttel együtt 11 szintes, 1975-ben épült panel szerkezetes épület. A két darab lift a lépcsőházban egymás mellett helyezkedik el. A középén elhelyezkedő lépcsőházból két egymással szemközti folyosóról nyílnak a lakások. A folyosókat az orsóteres lépcsőháztól egy-egy acélkeretes üvegajtó választja el. A vizsgált lakásban a konyha a WC és a fürdőszoba helyiségek által körülzártan helyezkedik el egy szerelvény akna. Az aknában az egymás alatt és fölött elhelyezkedő konyhákat összekötő szellőző rendszer van. Az akna fala a konyhák és a fürdőszobák felé vasbeton, de a WC helyiségek felé könnyűszerkezetes burkolatú, amely legtöbb esetben éghető anyagú is. A szellőző cső fém anyagú 200-as kör keresztmetszetű.



- | | |
|--------------------|----------------|
| 1. konyha | 7. Előszoba |
| 2. konyha szekrény | 8. Kisszoba |
| 3. konyha szekrény | 9. Nagyszoba |
| 4. szellőző akna | 10. Folyosó |
| 5. WC | 11. Lépcsőház |
| 6. Fürdőszoba | 12. Gáztűzhely |

[Alaprajz]

A modell alapjai

A tűzmodell melyet felhasználtam egy CFD (Computational Fluid Dynamics) elvű tűz modell, a NIST Fire Dynamics Simulator (FDS) szoftvere és az ehhez a programhoz készült szintén a NIST Smokeview megjelenítő szoftver. A modell matematikai eredményei alapján a Smokeview egy háromdimenziós ábrát hoz létre, mely az előre meghatározott időlépcsőnek megfelelően kép kockákon szemlélteti a különböző megjeleníteni kívánt eseményeket, értékeket. Ilyenek lehetnek többek között, a tűz, a füst terjedése, a hőmérsékletek, a különböző gázok koncentrációja, az áramlási sebességek, irányok és az égési sebesség. Az ábrák alján szerepel az időpont másodpercben, a jobb oldalán az érték, és annak skálája, amelyet megjelenít az ábra. A vizsgálatban szereplő ábrák ezen megjelenítő program által készültek. A szereplő ábrákon természetesen csak a lényegesebb időpontokat, fordulópontokat jelenítettem meg.

A modell kiindulási adatai

Az FDS számításaihoz szükség van a számítási tér, a bútorok, berendezések geometriájára, a falak, a berendezések, bútorok termodinamikai tulajdonságaira, illetve a szellőzés paramétereire a nyílászárók nyílásának, zárásának idejére.

1. Felbontás

A tüzeset szimulációjához különböző felbontású mezőket használtam melyeket egy 22mX15mX13m-es térben helyeztem el. Finomabb felbontást a tűz keletkezési helyéhez közelebbi mezőben a konyhában és lakás egy részében (10cmX10cmX10cm), illetve a vizsgálat eredménye szempontjából jelentős mezőben a szellőző csatornában (5cmX5cmX5cm) használtam. A többi mező felbontása 20cmX20cmX20cm-es. A modellben így több mint 200 ezer cellának a számítását kellett elvégezni.

2. Szellőzés

A szellőzés rendkívül fontos tényező a tűz lefolyása során. A vizsgálat során a valóságban lejátszódható eseményeket követve állítottam be a szellőzési paramétereket. A konyhában lévő ablaküveg törésének időpontját a BREAK [11] szoftver segítségével határoztam meg. A szoftver a számítás során az üveg fizikai tulajdonságai, méretei mellett, a meleg réteg hőmérsékletét, illetve az üveg felületére eső hősugárzást veszi figyelembe. A szoftver eredményeként az üvegtábla törése a 117-ik másodpercben következik be.

A szellőzés másik fontos paramétere maga a szellőző rendszer. A modellben a szellőző rendszer egy 200mmX200mm –es négyszög keresztmetszetű fém anyagú szellőző cső. A szellőző cső a tető síkjáig húzódik. Az alja zárt a teteje nyitott, a szellőzést csak a sűrűségkülönbség működteti külön gépi elszívást nem szimuláltam. A szellőzőcső oldalfalán minden szinten egy 10cmX10cm-es szellőzőnyílás van. A szellőző nyílások a szimuláció kezdetétől fogva nyitott állapotban vannak, így a kezdetektől vizsgálható a szellőzőben kialakuló légáramlat és a közeg hőmérséklete. A szellőzős harmadik eleme a bejáratú ajtó nyitása. Esetünkben a tűzoltók, vagy a lakók a 300-ik másodpercben nyitják ki az ajtót. A nyitott ajtón keresztül a folyosóra kiáramló füst, pedig befolyásolja a kiürítést. A lépcsőházat a folyosóktól elválasztó üvegajtót nyitottnak tekintettem, hiszen mind a tűzoltók a beavatkozás során, mind a lakók, hogy a füstöt a folyosóról eltávolítsák, nyitva hagyhatják azt. A lépcsőházban a pihenőkben, a szinteken illetve a folyosók végén is találhatóak ablakok, amelyeket csak egyenként kézzel lehet kinyitni, a leggyakoribb esetben azonban ezek zárva vannak és csak az üveg törésével van lehetőség a füst elvezetésére, így a modellben zártnak tekintettem őket.

A modellben szereplő anyagok tulajdonságai

A modellben szereplő anyagok tulajdonságai:

Fenyő[3]:

- Gyulladás hőmérséklet 320.0 (C)
- Párolgás hő 500. (kJ/kg)
- Sűrűség 450. (kg/m³)

Acél [3]:

- C_DELTA_RHO: 20. (kJ/m²/K)

Beton [3]:

- Fajhő 0.88 (kJ/kg/K)
- Sűrűség 2100 (kg/m³)
- Hővezetési tényező 1.0 (W/m*K)

Mdf [5]:

- Gyulladás hőmérséklet 320.0 (C)
- Párolgás hő 400. (kJ/kg)

- Sűrűség 700. (kg/m³)

Zsíros lerakódás a cső belsejében[8,4]:

- Gyulladási hőmérséklet: 240.0 (C)
- Párolgás hő: 380 (C)
- Sűrűség: 890 (kg/m³)
- Rétegvastagság: 1(mm)

Függöny(az adatok a [4] –ben több fejezetben):

- Gyulladási hőmérséklet 230.0 (C)
- Párolgás hő 2500. (kJ/kg)
- Sűrűség 117. (kg/m³)

A berendezések méretei:

Megnevezés	Anyag	Méret
Gáztűzhely	Acél	50cm hosszú 50 cm mély 80 cm magas
Konyhaszekrény alsó része a szellőző mellett	MDF	1.6 m széles 60 cm mély 80 cm magas
Konyhaszekrény felső része a szellőző mellett	MDF	1.6 m széles 30 cm mély 70 cm magas
Konyhaszekrény alsó része a gáztűzhely mellett	MDF	1m széles 50 cm mély 80 cm magas
Konyhaszekrény felső része a gáztűzhely mellett	MDF	1m széles 50cm mély 70 cm magas
Szellőző cső	Acél	20cm széles 20 cm mély 15 m magas
Függöny	Függöny	90cm X 90 cm területű, 1mm vastagságú
WC helyiség szellőző cső felöli burkolata	Fenyő	

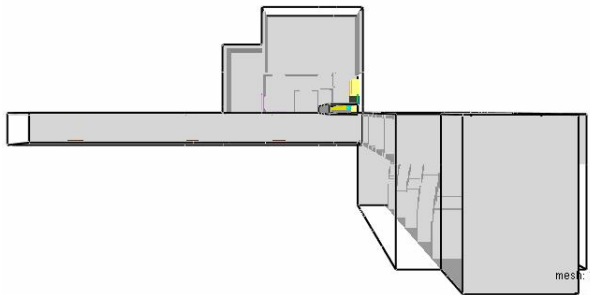
[1.számú táblázat]

VIZSGÁLAT

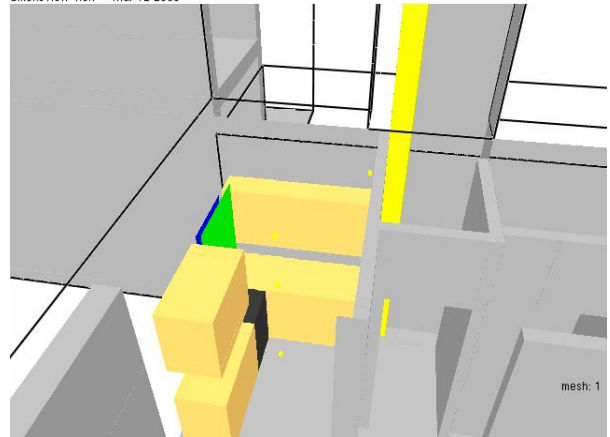
1. Gyújtóforrás

A gyújtóforrás a gáztűzhely tetején elhelyezett 0.1m² területű 1000 kW/m² hőfelszabadulási sebességgel égő gázláng. A gyújtóforrás túl nagy kiterjedésű ahhoz, hogy a tűz keletkezésének állapotát mutassa, de a vizsgálatnak sem a tűz közvetlen keletkezési okának a meghatározása a célja. A cél a tűz terjedése során, a szellőző rendszeren kialakuló tűzterjedés lehetőségének valamint a keletkező füst, menekülésre gyakorolt hatásának vizsgálata. A nagyobb felületű gyújtóforrás tulajdonképpen azt jelenti, hogy a nulla időpillanat egy már kialakult állapotot tükröz.

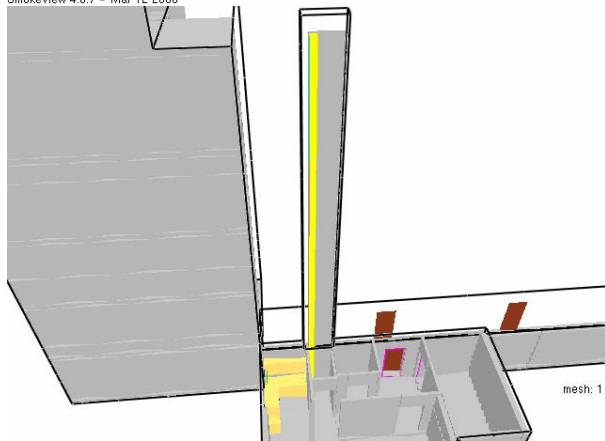
2. A tűz terjedése



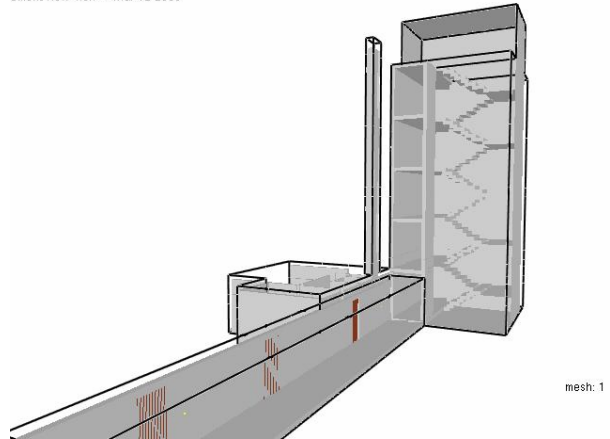
1. ábra Felülnézetből látható az épület jobboldalon a lépcsőház, középen a kereszt irányú alakzat a folyosó, felette pedig a lakás látható.



2. ábra A z ábrán a konyha látható, a kép jobb oldalán látható sárga színnel a szellőző akna..

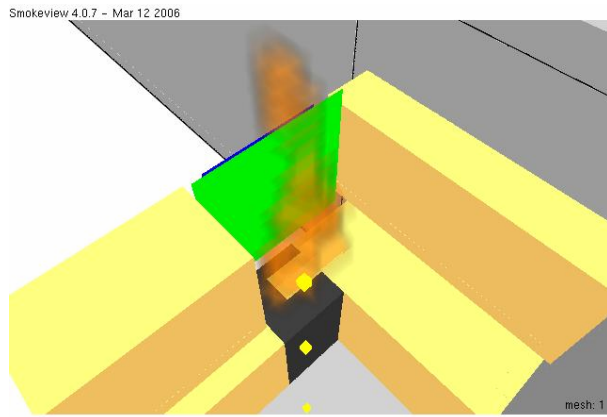


3. ábra A szellőző akna



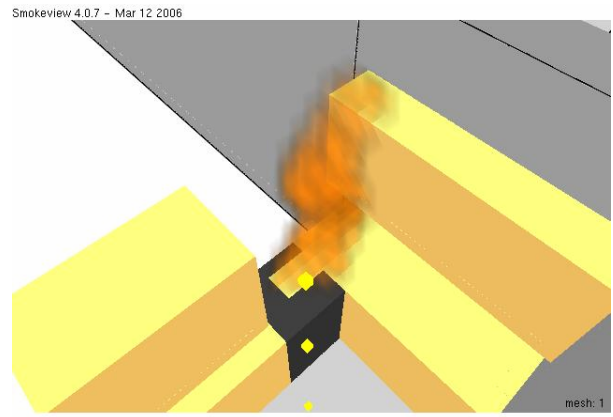
4. ábra A lépcsőház

Egy szinten két szimmetrikus folyosó nyílik a lépcsőházból, egy folyosóról pedig 6 lakás nyílik két oldalra 3-3. A vizsgálatot egy oldalon a lépcsőház felől nézve a jobb első lakásra végeztem. Bútorokat csak a konyhában helyeztem el, hiszen a szellőző rendszer a vizsgálat cél területe, nem a lakáson belüli tűz terjedés. A konyha melletti keskenyebb vertikális alakzat a konyha a WC és a fürdőszoba által körül zárt közmű akna [3.ábra]. Az aknában a láthatóság megkönnyítése érdekében sárga és cián kék színnel van ábrázolva a szellőző cső. A lépcsőház elrendezését a 4.ábra szemlélteti.



Frame: 3
Time: 6.0

5. ábra A 6. s-ban a gáztűzhelyen látható gyújtóforrástól lángra lobban a függöny.



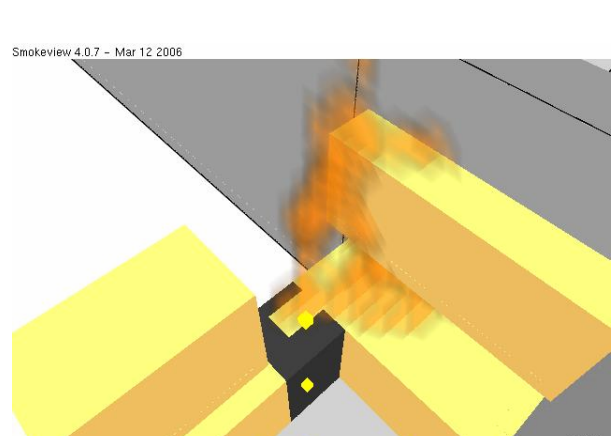
Frame: 155
Time: 310.0

7. ábra A 310s-ban A konyha szekrény felső része is meggyullad.



Frame: 6
Time: 12.0

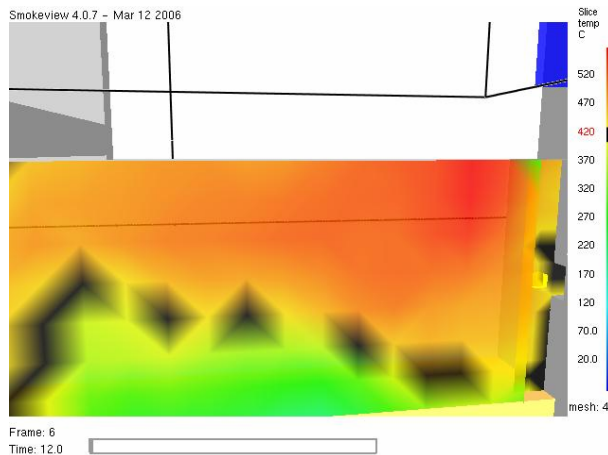
6. ábra A 12s-ban A függöny teljesen lángba borul.



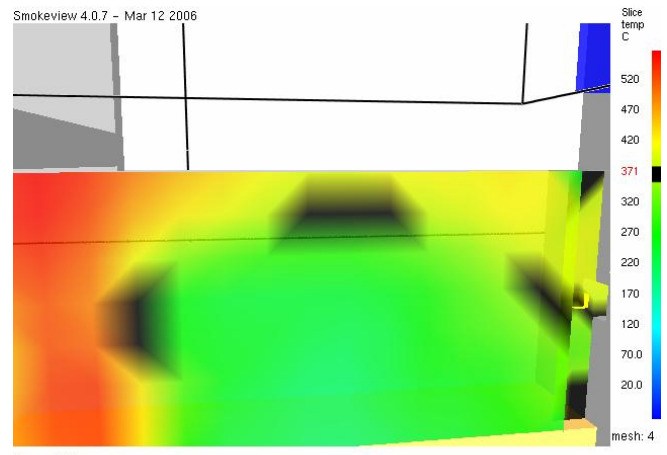
Frame: 212
Time: 424.0

8. ábra A 424s-ban a tűz tovább terjedése

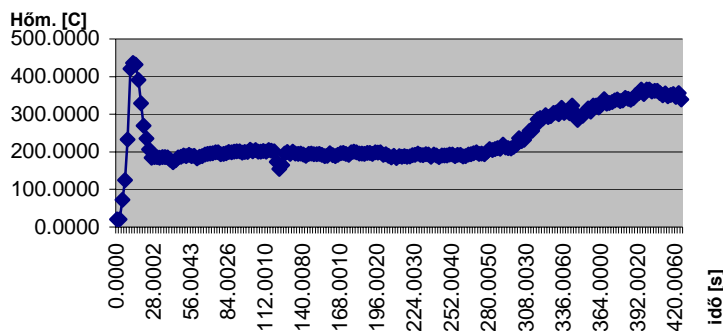
A tűz a gyújtóforrás hatására a 6s-ban először a függönyre terjed [5.ábra], A függöny alacsony gyulladáspontja nagy felületi lángterjedése és 1mm-es vastagsága következtében a 12s-ra már teljes terjedelmében lángba borul [6.ábra]. A kezdeti hirtelen hőfelszabadulás olyan kis ideig tart, hogy nem képes kellő képen felmelegíteni a környezetét, ezért a tűz ekkor még nem terjed szét. Az ablaküveg 117s-ban való törése után csak a 310s-ban következik be a felső konyhaszekrény meggyulladás [7.ábra]. A 424s-ra a tűz tovább terjed az alsó konyhaszekrény vízszintes felületén [8.ábra]. A tűz nem terjed gyorsan, és tovább lassul mivel szép lassan az oxigén jelentős részét elemésztí.



9. ábra Az ábrán a konyhában lévő szellőző nyíláson kiáramló gáz hőmérséklete látható. A 12s-ban 420 Celsius fok.



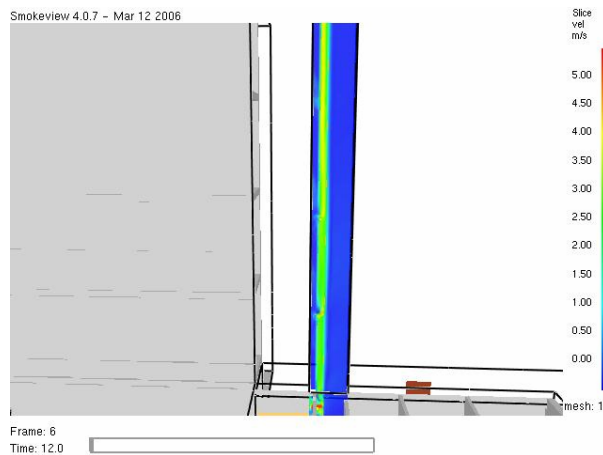
10. ábra A kiáramló gáz hőmérséklet a 424s-ban 371 Celsius fok.



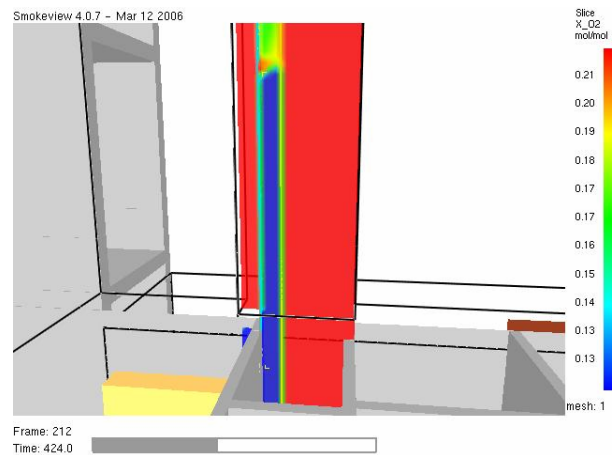
11. ábra A szellőzőbe beáramló gázhőmérséklet az idő függvényében

A szellőzőbe beáramló magas hőmérsékletű levegő az, amely veszélyeket hordozhat magában. Ezen épületeknek a szellőző csövei nincsenek tűzszakaszolva, ha tetszik azt is mondhatjuk az összes konyha egy légtérben van. A tűz meggyulladás után a 12s-ban már 2.5 m/s sebességű az áramlás a szellőzőcsőben [12. ábra]. A szellőző csőbe belépő gáz hőmérséklete a 12s-ban 420 Celsius fok, majd hirtelen csökken, de a 424s-ra ismét 371 Celsius fokra emelkedik [9.,10.,11.ábrák]. A szellőző csövek egy idősek az épületekkel és nem tisztítják őket, így a belső felületükön vastag lerakódások lehetnek. A szennyeződések általában, zsíros anyagúak. Az állati zsírok zárt térben 180-280 fok közötti hőmérséklet tartományban érik el az alsó éghetőségi határértéküket [8]. A szellőzőbe a konyha légtéréből áramlik a levegő. A tűz hatására a konyhában kialakult oxigénben szegény közeg nem segíti elő az égést. 14 %-os oxigén koncentráció alatt az égés normál körülmények között nem zajlik le[9]. A 424s-ra a szellőző csatorna oxigén koncentrációs metszet ábrája szerint a csőben a következő szint szellőzőnyílásáig az oxigén mennyisége nem elegendő az égéshez [13. ábra]. Az esetünkben a szellőző cső alja zárt, ha nyitott lenne valószínűleg nem lenne ennyire oxigén szegény a keverék, de az égéstermék akkor is nagyon lecsökkentené az oxigén arányát. A forró levegő eljut a felette lévő szintre, és a huzat hatására beáramló oxigénnel keveredve, már képes lesz az oldalfalon lévő anyagok meggyújtására [14. ábra]. Az 500s-ban megjelennek az első lángok a szellőzőcsőben, és megkezdődik a tűz terjedése [15. ábra]. A konyhai szellőzőnyílás felett lévő oxigén szegény közegben nem alakulhat ki intenzív égés. A nagyobb hőfejlődés az első emeleti szellőzőnyílás fölötti már oxigénben dúsabb szakaszon

alakul ki, jól megfigyelhető a szellőző tűzeznél gyakran bekövetkező szintugrás. A 620s-ban már a szellőző cső teljes terjedelmében ég, illetve a lángok elérik a tető magasságát [16 ábra]. A lángok élettartama nagyon rövid, hiszen az oxigén egyébként is szűkösen áll rendelkezésre, azonban röviddel a lobbanás után a huzat hatására ismét oxigén áramlik a csőbe. A lángok hőmérséklete 1000-1500 Celsius fok általános anyagok esetében. Egy pillanatig tartó lángnyelv nem képes meggyújtani az anyagokat, de az újra és újra felcsapó lángok előbb-utóbb fel melegítik a szennyeződést és gyulladást eredményeznek.



12. ábra Az ábrán a szellőzőcsőben létrejött áramlási sebesség látható a 12s-ban



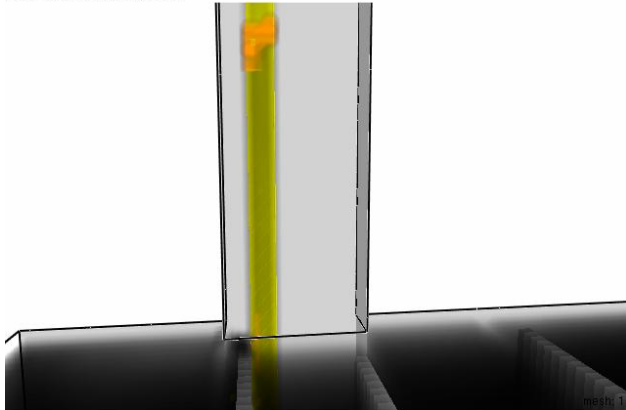
13. ábra A szellőzőcsőben kialakult oxigén koncentráció a 424s-ban.



14. ábra Egy szellőző cső belseje.

A kép a Betontechnik Eger Kft-től származik.

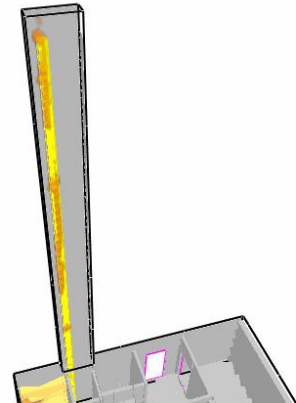
Smokeview 4.0.7 - Mar 12 2006



Frame: 50
Time: 500.0

15. ábra Az 500s-ban megjelennek a lángok az első emeleti szellőző nyílásnál és a konyha szellőzőjénél.

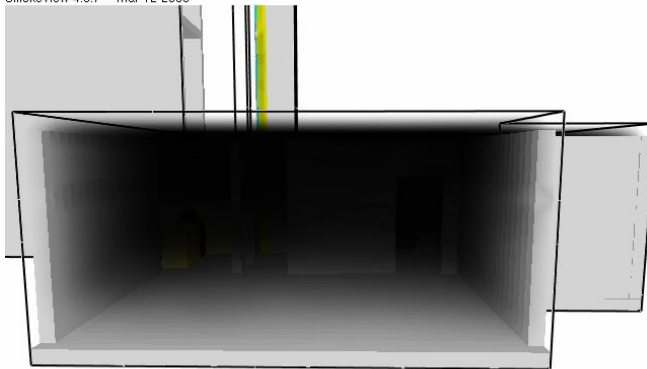
Smokeview 4.0.7 - Mar 12 2006



Frame: 62
Time: 620.0

16. ábra A 620s-ban már a szellőző cső teljes magasságában láthatóak a lángok.

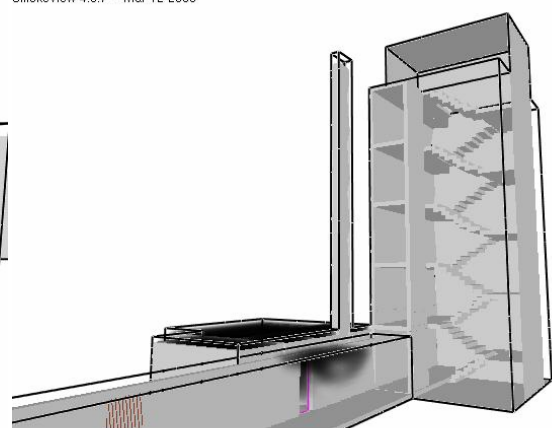
Smokeview 4.0.7 - Mar 12 2006



Frame: 130
Time: 260.0

17. ábra A nagyszobában kialakuló füstűrűség a 260s-ban

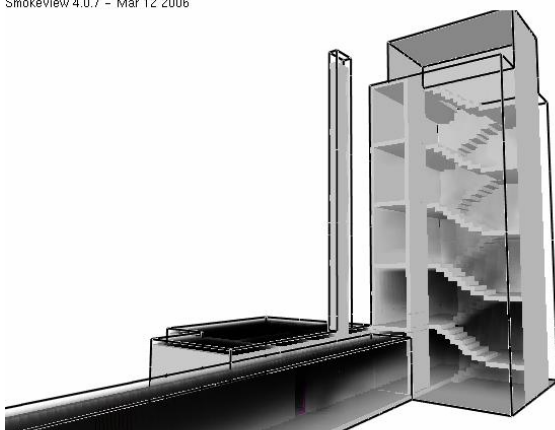
Smokeview 4.0.7 - Mar 12 2006



Frame: 153
Time: 306.0

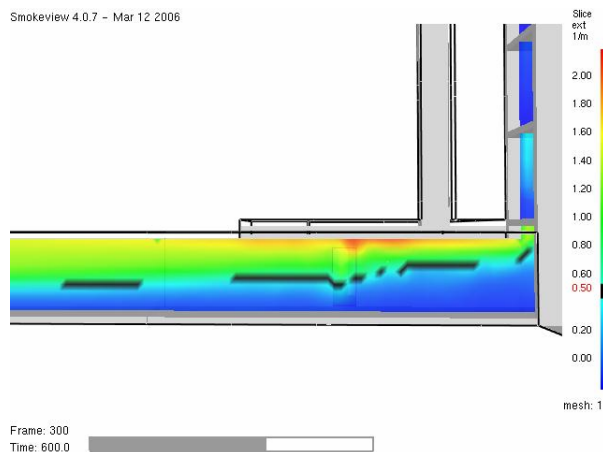
18. ábra A 300s-ban kinyíló ajtón a folyosóra kiáramló füst a 306s-ban

Smokeview 4.0.7 - Mar 12 2006

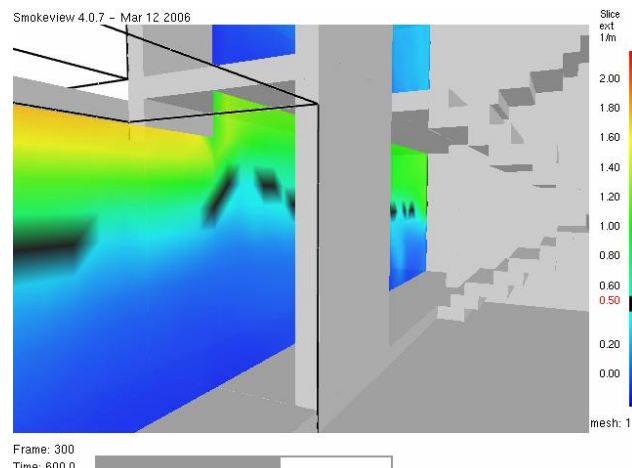


Frame: 300
Time: 600.0

19. ábra A folyosót és lépcsőházat beborító füst a 600s-ban



20. ábra A 600s-ban a folyosón az extinkciós koefficiens értéke.



21. ábra A 600s-ban a lépcsőházban a folyosó szintjén az extinkciós koefficiens értéke.

A füst terjedése

A tűznél talán csak az emberek veszélytelen kimenekítése fontosabb. A megnövekedett füst sűrűség hatására az emberek tájékozódó, látó képessége és haladási sebessége rohamosan csökken. A füstök között is különbségek vannak. Vannak rendkívül sűrű fekete, de nem irritáló füstök, mint a szénhidrogéneké, és van olyan mint a fa anyagok fehér de nagyon erősen irritáló füstje [10]. A füst sűrűsége mellett tehát figyelemmel kell lenni a füst összetételére is. A füst extinkciós koefficiense a füst fény elnyelési jellemzője (1/m). A különböző kutatásokban általában a szabványos kiürítési jelekre vetített láthatósági tényezőt [méterben] és a haladási sebességet [m/s] elemzik. Az irritáló füstben a haladási sebesség értéke 0.2 1/m extinkciós koefficiens esetén 1 m/s feletti érték, viszont 0.5 1/m esetén már lecsökken 0.2 m/s-ra. A nem irritáló füstben 0.2 1/m esetén szintén 1m/s felett van a haladási sebesség, de itt 1 1/m értéknél a sebesség 0.5 m/s-ra csökken [10]. A füst nem csak a láthatóságot befolyásolhatja, hanem az ember pszichés állapotára is hatással van. A 0.5 1/m füst sűrűség esetén a kutatások alanyai félelem érzetről számoltak be, valamint a koncentráció és feladatmegoldó képesség elvesztéséről [10]. Tehát, ha csak füst van a menekülési útvonalakon, és az emberek ismerik az épületet (lakóháznál ez feltételezhető) figyelembe vehetjük a fenti haladási sebességeket, de ha olyan tárgyak vannak az útvonalon, amelyek normál körülmények között nincsenek ott (tömlők, a tűzoltói munka kellékei, esetleg a tűz vagy a bontás során megváltozó terep) akkor a menekülőknél döntéseket kell hozni és feladatokat kell megoldani. A feladatmegoldó képesség teljes elvesztése esetén azonban a haladási sebesség nullára csökkenhet.

A modellben a lakás ajtaját a 300s-ban nyitják ki, így eddig az időpontig csak a lakásban volt füst, és a szellőzőcsatornában. A 260s-ra a lakást a füst már a padló szintjéig beborítja [17. ábra], elképzelhető, hogy ekkor már az ott lakóknak is nagy feladat lenne kijutni a saját lakásukból. A 300s-ban kinyíló ajtón keresztül megkezdődik a füst kiáramlása a folyosóra [18. ábra]. A folyosót és a lépcsőház egy részét a 600s-ra füst borítja [19. ábra]. A 600s-ban a folyosón és a lépcsőházban a tárgyi szinten a füst extinkciós koefficiense 1.5 m magasságban 0.5 1/m [20.; 21. ábrák]. A 0.5 1/m érték mellett a fentieket figyelembe véve a folyosóról, illetve a felsőbb szintekről menekülők haladási sebessége 0.2 m/s és ha valami egyszerű problémával találják magukat szembe nem biztos, hogy meg tudnak birkózni a feladattal.

Összefoglalva

A lakó épületekben a leggyakoribb tűz keletkezési ok a tűzhelyen felejtett edényben lévő olaj, illetve más élelmiszer. Ebben a modellben a tűzhely és a szellőző egymástól távol helyezkedik el, és a szellőzőnyílás vasbeton falban van. Számos olyan elrendezésű lakás van, ahol a tűzhely közvetlen a szellőző alatt, mellett van, és éghető anyagú a szerelvény akna fala. Az esetünkben a tűz a nulla időpillanattól tekintve az 500s-ban bejut a szellőző aknába, és a 620s-ra már a szellőzőcső teljes magasságában ég a lerakódás. Ha a szellőző cső tisztított állapotban van, a tűz kezdeti szakaszában még kedvező hatásai is vannak. A hőnek és a füstnek jelentős részét elszállítja a tüztérből, a magas hőmérsékletű gázok pedig a fém anyagú csőbe kerülve rohamosan hűlni kezdenek. A közel 400 Celsius fokos beáramló gázok az első emeleti szellőzőnél már csak 200 Celsius fokosak a 2. emeletnél pedig 66 Celsius fokosak [22.ábra]. A szellőzőket tehát célszerű tiszta állapotban tartani. Ezek a szellőzők több épületben is alumíniumból készülnek az alumínium olvadási pontja pedig függően az ötvözet összetételétől 600-800 Celsius fok körül van. Amikor a szellőző cső elveszíti a statikai tartó képességeit a tűz lehetőséget kap a környezetre való áttérjedésre. Az akna éghető anyagú határoló falai illetve az aknában vezetett más éghető anyagok ilyenkor könnyen meggyulladhatnak, és a tűz könnyű szerrel terjedhet az akna belsejéből a lakásokba. A szellőző nyílások hőhatására záródó kialakítása segíthet megakadályozni, hogy a tűz a szellőző csőbe jusson.



22. ábra A tiszta szellőző csőben kialakult hőmérséklet a 424s-ban

A modellben a lakók a folyosón és a lépcsőházban már a 600s-ban (5 perc az ajtónyitástól) nem tudnak tájékozódni és a haladási sebességük is nagyon lecsökken. A modelltől eltérő lehet a valóság, ha a tűzoltók, vagy más személy kitöri a lépcsőházban, illetve a folyosó végén lévő ablakokat, hogy elősegítse a füst elvezetését, de ennek a valószínűsége az első 5 percben igen csekély. Eltérő lehet az eredmény, ha a folyosót a lépcsőháztól elválasztó ajtó zárt állapotban marad, de ekkor a folyosón növekszik meg a füst sűrűsége. Ebben a vizsgálatban nem a legtűzveszélyesebb kialakítású panelházat vizsgáltam, a szerelvény akna fala nem éghető anyagú, és a tűzhely sem a szellőző alatt van elhelyezve. Azt gondolom mégis, mindent összevetve érdekes eredmény, hogy a tűz 10 perc után már képes áttérjedni a fentebbi szinteken lévő lakásokra, vagy hogy az ajtó nyitásától számított 5 perc múlva a folyosón és a feltételezett körülmények esetén a lépcsőházban a menekülés bizonytalanná és veszélyessé válhat.

Tűlzás lenne azt állítani, hogy ezek az épületek veszélyesek, mindössze a 60-as 70-es évek technológiájával, szakértelmével készültek, és lassanként elhasználódtak. Az új biztonsági elemek beépítésének, a meglévők felújításának persze ára van, így elsősorban a tulajdonosoknak kellene ráébredniük hogy, a biztonság legalább olyan fontos mint a küllem, vagy a gazdaságosság.

Szilágyi Csaba tűzvédelmi mérnök
Hivatásos Tűzoltó-paancsnokság, Szolnok

Irodalom jegyzék:

- [1]: Kevin McGrattan, Editor. Fire Dynamics Simulator (Version 4) Technical Reference Guide. Nist Technology Administration U.S. Department Of Commerce 2006.
- [2]: Kevin McGrattan, Glenn Forney Editor. Fire Dynamics Simulator (Version 4) User Guide. Nist Technology Administration U.S. Department Of Commerce 2006.
- [3]: Database4.data file of NIST Fire Dynamics Simulator. U.S. Department Of Commerce 2006.
- [4]: *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, 3rd edition, 2002.
- [5]: Jukka Hietniemi, Simo Hostikka & Jukka Vaari. FDS Simulation of fire spread-comparison of model results with experimental data. VTT Building and Transport. 2004.
- [6]: Dr. Beda László. Tűzmodellezés, Tűzkockázat Elemzés. Szent István Egyetem Ybl Miklós Műszaki Főiskolai Kar. Budapest 1999.
- [7]: Dr. Beda László. Égés- És Oltás- Elmélet I.. Szent István Egyetem Ybl Miklós Műszaki Főiskolai Kar. Budapest 2001.
- [8] Raymond H. Rouse FEED FATS QUALITY AND HANDLING CHARACTERISTICS Multi-State Poultry Meeting May 20-22, 2003
- [9]: Craig Beyler. Flammability Limits of Premixed and Diffusion Flames. The SFPE Handbook Of Fire Protection Engineering, . National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, 3rd edition, 2002. 2-172 – 2-187
- [10]: Tadahisa Jin Visibility and Human Behavior in Fire Smoke The SFPE Handbook Of Fire Protection Engineering, . National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, 3rd edition, 2002. 2-42 – 2-53.
- [11]: A.A. Joshi and P.J. Pagni. Break1-Version 1.0. Department of Mechanical Engineering University of California at Berkeley, CA 94720