

POŽIARE FASÁD VÝŠKOVÝCH BUDOV

FIRES FACADE OF THE SKYSCRAPER

Anton OSVALD¹, Jaroslav FLACHBART²

ABSTRACT:

Skyscraper fire can spread horizontally or vertically. The development speed in the vertical direction is mostly influenced by the design of the circumferential shell and the structural elements of the fire safety. The design of the building facade is the result of the multidisciplinary activity of the architect, the manufacturer of building structures and experts in the field of fire safety. The real fire of a skyscraper demonstrates whether or not the individual safety requirements have been underestimated, resulting in either a single-floor fire limitation or an uncontrolled expansion with a large number of casualties.

KEYWORDS: fire facade, fire protection, fire security, fire spreading, spandrel walls

ÚVOD

Požiar, podľa zákona [1] je každé nežiaduce horenie, pri ktorom vznikajú škody na majetku, životnom prostredí alebo ktorého následkom je usmrtená alebo zranená fyzická osoba alebo uhynuté zviera; požiar je tiež nežiaduce horenie, pri ktorom sú ohrozené životy alebo zdravie fyzických osôb, zvieratá, majetok alebo životné prostredie.

Horenie je jav, ktorý nie je možné s požiarom stotožniť. Ak hovoríme o horení a ohni všeobecne, vyjadrujeme tým určitý cielený a želateľný proces s určitým využitím. Horí v želanom čase a priestore a horia materiály k tomu určené – palivo. Získaná energia sa využije. Požiar reprezentuje neželané horenie, v neželanom priestore a čase. Palivom sa stávajú všetky materiály zasiahnuté požiarom [2].

Drevo, plasty, ako aj iné moderné syntetické horľavé materiály, ktoré sú dnes v značnej miere uplatňované v rámci konštrukčných materiálov budov môžu byť príčinou vzniku a rozvoja požiaru. Z dlhodobého a cieleného medzinárodného výskumu vyplynulo, že okrem dusivých a toxických parametrov bude obsah nespálených rozkladných produktov v dyme mať omnoho väčší vplyv na priebeh požiaru

ako sa donedávna predpokladalo [3, 4, 5, 21]. Tieto nespálené, energeticky vysoko výdatné plyny sa zhromažďujú hlavne v stropných oblastiach požiarom zasiahnutých priestorov. Postupne sa ohrievajú, až dosiahnu teplotu vzplanutia. Keď sa v praxi dosiahne táto teplota, výsledkom môže byť veľmi rýchle zapálenie týchto plynov a vytváranie tzv. „vín“ plameňov, ktoré vyžarujú teplo sálaním smerom nadol na zariadenie miestnosti, čo vedie, okrem iného, k rýchlemu rozšíreniu požiaru [6, 22, 23].

1. ŠÍRENIE POŽIARU PO FASÁDACH

Podľa stavebných a bezpečnostných expertov, rýchle rozšírenie požiaru vo výškovej stavbe spôsobuje opláštenie budov, ktoré je v mnohých prípadoch vyrobené z vysoko horľavých materiálov [7]. Požiare na obr. 1. až na obr. 3 sú zo série podobných udalostí, ktoré sa v poslednom čase odohrali vo výškových budovách.

Jeden z najrozsiahlejších požiarov zachvátil na Nový rok luxusný hotel The Adress Downtown v blízkosti najvyššieho mrakodrapu sveta - Burdž Chalífa v Dubaji [8]. Pri tomto požiari bolo zranených 16 ľudí, väčšina z nich ľahko. Pritom opláštenie budov bolo z nehorľavých

¹ Anton Osvald, prof. Ing. CSc., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline, Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, tel.: +421 41 513 67 67, e-mail: anton.osvald@fbi.uniza.sk.

² Jaroslav Flachbart, Ing. PhD., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline, Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, tel.: +421 41 513 67 57, e-mail: jaroslav.flachbart@fbi.uniza.sk.

materiálov a budova bola vybavená kvalitnými technológiami protipožiarnej ochrany. Podobný požiar zachvátil výškovú budovu Busan City of Korea, (pozri obr. 2) [9].

Tragické následky mal požiar výškovej budovy Grenfell Tower v Londýne vo štvrti Kensington, kde pri požiaru zahynulo 80 ľudí. Požiar vznikol

14. júna 2017. Plamene zničili 127 bytov. Požiar sa šíril po horľavej fasáde a mal veľmi rýchly priebeh. Ako aj z obr. 3 vidieť [10], požiar sa šíril po fasáde (obr. 3a), postupne vnikal do vnútorných priestorov (obr. 3b), ktoré vyhoreli, pohľad na poškodenú fasádu budovy po jej uhasení je na obr. 3c.



Obrázok 1 Požiare výškových budov v Dubaji, Spojené arabské emiráty [8].



Obrázok 2 Požiar výškovej budovy Busan City of Korea [9].



Obrázok 3 **Priebeh požiaru výškovej budovy v Londýne** [10].

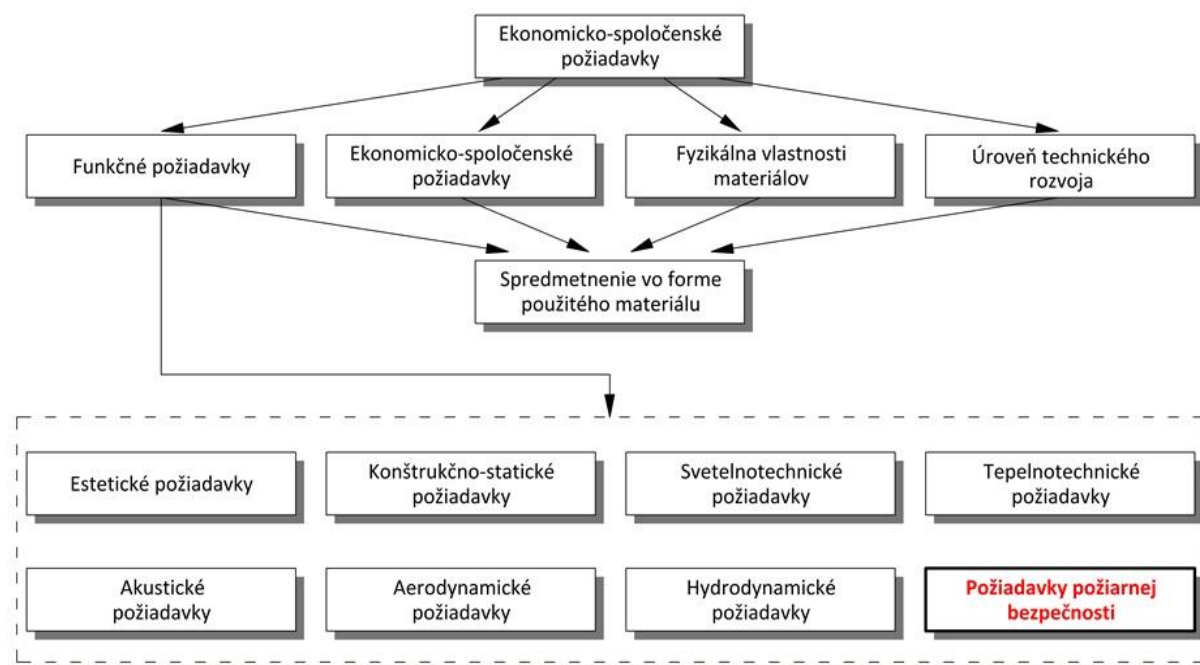
Aplikácia horľavých materiálov na oplášťovanie budov je v poslednom čase preferovaná dizajnérmi a architektami [11]. Ich návrhy a riešenia si vyžadujú ďalšie opatrenia na zabránenie vzniku požiaru. Cieľom týchto opatrení je zabrániť nekontrolovateľnému šíreniu požiaru po povrchu alebo v dutinách fasády.

Tieto opatrenia môžeme rozdeliť na opatrenia z oblasti [12, 13]:

- materiálového riešenia;

- konštrukčného riešenia;
- certifikácie;
- právneho riešenia v oblasti ochrany pred požiarom.

Návrh obvodového plášťa je multidisciplinárnym procesom (obr. 4). Cieľom tejto multidisciplinarity je zabezpečiť optimalizáciu technického a technologického riešenia pre dosiahnutie optimálneho návrhu obvodového plášťa [14].



Obrázok 4 **Faktory podieľajúce sa na vzniku obvodového plášťa** [15].

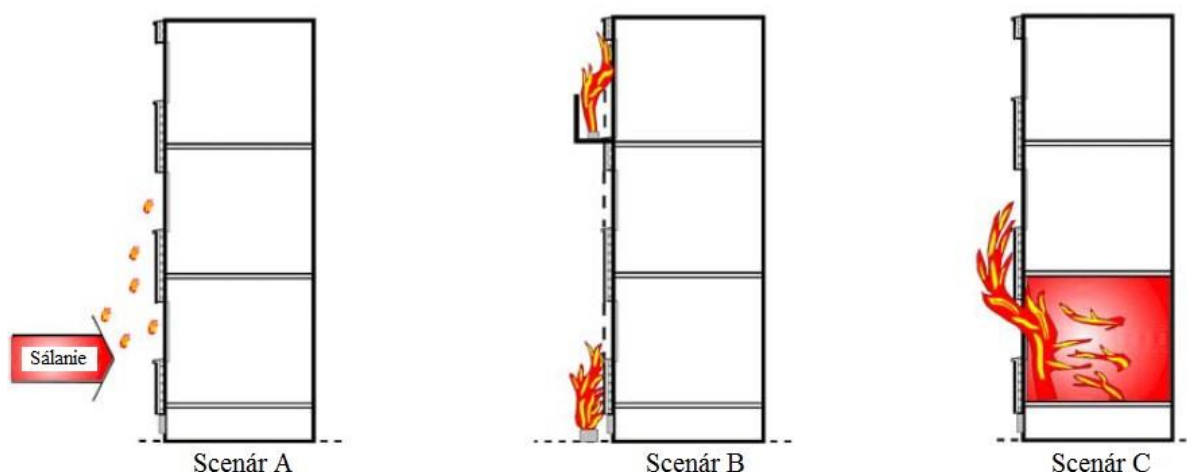
Vo všeobecnosti sa vychádza z požiarneho scenára možného zapálenia a následného požiaru fasád, ktoré sú znázornené na obr. 5 [11].

Scenár A: Požiar sa šíri zo susedných budov (alebo charakteristiky zdrojov požiaru definované v predpisoch) na budovu. Pre väčšinu aplikáciu je analýza rizika vzniku požiaru obmedzená na hodnotenie rizika vznietenia, keď je fasáda vystavená sálavému teplu. Ak sú budovy blízko pri sebe, analýza môže byť rozšírená, na kontakt s plameňom a sleduje sa aj vzplanutie materiálov. V rámci tohto scenára sa uvažuje aj so šírením požiaru z horiacej budovy na susedné budovy. Pre horľavé fasády je potrebné zvážiť príspevok tepla z horiacej fasády, ak dôjde k jej zapáleniu, ako aj sálavé teplo z otvorov

a plameňov, ktoré prechádza od otvorov na fasáde susednej budovy. V rámci právnych predpisov ochrany pred požiarom sa pri tomto scenári uvažuje aj s odstupovými vzdialenosťami.

Scenár B: Požiar sa šíri z vonkajšieho zdroja požiaru, ktorý susedí s fasádou a je iný ako susedná budova, napr. požiar vozidla, požiar v odpadkovom koši, a pod. Rovnako týmto zdrojom môže byť zdroj požiaru na balkónovom priestore (pozri hornú časť obr. 5 scenár B).

Scenár C: Vertikálne šírenie požiaru medzi otvormi z plne rozvinutého požiaru v rámci budovy. Najmenej jeden otvor na fasáde.



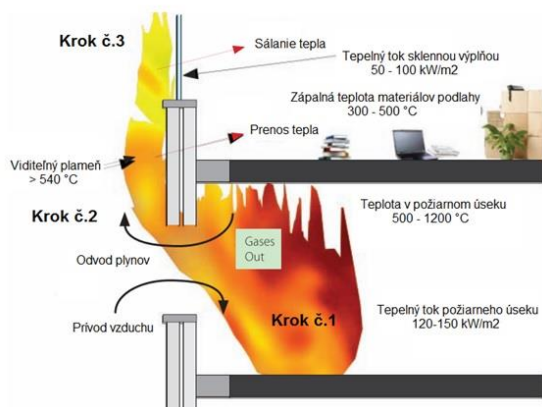
Obrázok 5 Požiarne scenáre pre požiare fasád [11].

Niekoľko veľkorozmerových testov ukázalo, že scenár C, požiar v miestnosti má najhorší vplyv na fasády (tento prípad bol aj zdrojom veľkého požiaru v Londýne 14. 6. 2017). Detailnejšie rozpracovanie scenára C spracoval podľa viacerých autorov Leško [14] vo svojej kandidátskej práci.

V rámci prvého kroku (pozri obr. 6) plamene a horúce plyny zasahujú vnútorné povrchy priestoru, ktoré sú vystavené účinkom požiaru. V prvotných štádiách rozvoja požiaru sa horenie vyskytuje výlučne vo vnútornom priestore požiarneho úseku. Požiar, je riadený vetraním (prebytok paliva, nedostatok kyslíka). V závislosti na veľkosti požiarneho úseku a úrovni požiarneho zaťaženia plamene vystupujú v dôsledku expanzie tlaku a

turbulentného prúdenia plameňov na vonkajší povrch obvodového plášťa. V tejto fáze je už požiar riadený povrchom paliva (prebytok kyslíka) a narastá riziko jeho rozvoja do vyšších podlaží (krok 2 obr. 6) [16, 23].

Ak v tomto prípade obvodový plášť obsahuje horľavé komponenty, môže ich prítomnosť v konštrukcii spôsobiť prídavnú tepelnú zložku, ktorá okrem rýchlejšieho rozvoja požiaru, vplýva aj na zníženie výslednej hodnoty požiarnej odolnosti. V poslednom kroku sa plamene vystupujúce z požiarne otvorených plôch prostredníctvom sálavej zložky prenosu tepla snažia o zapálenie horľavých prvkov na ďalšom podlaží, so snahou zabezpečiť tak kontinuálne šírenie požiaru medzi podlažiami (krok 3 obr. 6).



Obrázok 6 Fázy rozvoja požiaru iniciovaného vo vnútornom priestore na obvodový plášť [14]

2. MATERIÁLOVÉ RIEŠENIE FASÁD PRE POTREBY PROTIPOŽIARNEJ OCHRANY

Základnou požiadavkou je certifikácia prvkov, stanovenie ich reakcie na oheň a zaradenie do príslušnej triedy reakcie na oheň.

Aplikácia horľavého materiálu na fasádu znamená, že požiar sa šíri rýchlejšie vo

zvislom, ale aj (síce pomalšie) vo vodorovnom smere. Toto konštatovanie je veľmi všeobecné. Ako bolo výskumom a praktickými experimentami overené dôležité je, ako bude horľavý materiál aplikovaný. V akej forme, s akou hustotou, s akým opracovaním, povrchovou úpravou a ďalšími detailmi, ktoré môžu ovplyvniť samotné zapálenie a šírenie požiaru po fasáde a vlastné horenia fasády a prenos požiaru do priestorov v budove. Popri materiálovom riešení (výber materiálu podľa jeho reakcie na oheň a povrchová úprava) je dôležité aj konštrukčné riešenie fasády.

Voľba rôznych druhov materiálov, ako aj ich konštrukčné usporiadanie a vyhotovenie výrazným spôsobom ovplyvňuje rýchlosť šírenia sa požiaru po povrchu fasády a prienik požiaru do interiéru budovy. Pre porovnanie sme zvolili požiare horľavých fasád dvoch budov v Dubaji a v Londýne.

Porovnanie je vykonané na základe literárneho prameňa [17]. Aj keď rozmerové parametre (riadky 1-3 z tabuľky 1) hovoria v neprospech budovy v Dubaji, zrejme materiálové riešenie (aplikovaný horľavý fasádny materiál bez súčasnej certifikácie), konštrukčné riešenie, ako aj nefungujúci alarm, sú príčinou takého veľkého počtu obetí v budove v Londýne.

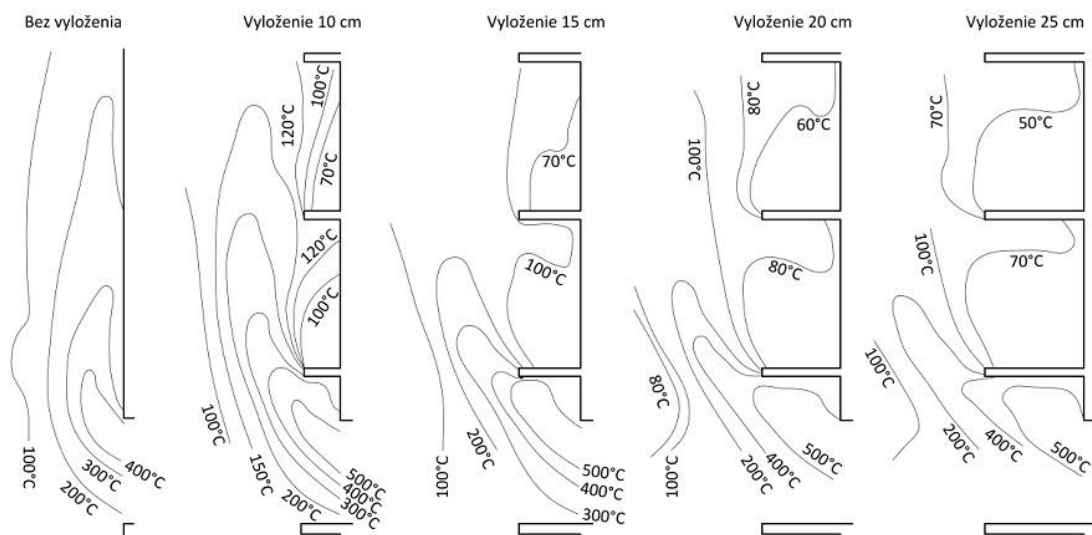
Tabuľka 1 Porovnanie požiarov výškových budov v Dubaji a Londýne [17].

Kritérium	The Torch Dubaj	Grenfell Tower Londýn
Výška [m]	336,8	67,3
Počet poschodí	79	24
Počet bytov	676	127
Začiatok prevádzky	2011	1974
Počet mŕtvych	0	80
Počet zranených	0	70
Požiarne alarm	fungoval	nefungoval
Požiar pod kontrolou	2 hod	24 hod

3. KONŠTRUKČNÉ RIEŠENIE FASÁD PRE POTREBY PROTIPOŽIARNEJ OCHRANY

V tejto kapitole sa venujeme detailom a konštrukčným riešeniam, ktoré ovplyvňujú zapálenie a šírenie požiaru po fasáde. Tam, kde je nevyhnutné zvýšenie protipožiarnej ochrany, musia sa aplikovať hrubšie prvky len pre potreby protipožiarnej ochrany. Zo statického, konštrukčného či estetického hľadiska by bolo možné aplikovať napr. tenšie prvky, alebo inak riešené, ako z protipožiarneho hľadiska. Konštrukčné riešenie fasády

zohráva dôležitú úlohu pri vzniku a rozvoji požiaru. Jedným z konštrukčných prvkov je vyloženie konštrukcie, prvok, ktorý má zabrániť rýchlemu šíreniu požiaru vo vertikálnom smere. Ako z obr. 7 vyplýva, čím je vyloženie vystupujúcej konštrukcie vyššie, priamo úmerne klesá aj možnosť rozvoja požiaru do vyšších podlaží. Týmto problémom sa zaoberá práca [18], v ktorej sa zaoberal optimálnou dĺžkou vyloženia vystupujúcej konštrukcie pričom sa jednalo o experiment na zmenšenom modeli v mierke 1:7. Izotermické pole tohto experimentu zobrazuje obr. 7.



Obrázok 7 Izotermické pole pri dĺžkovej variácii vystupujúcich konštrukcií v zmenšenej mierke v pomere 1:7 [18].

Z dosiahnutých výsledkov [14] uvádza nasledovné závery:

- teplota požiarom zasiahnutého priestoru je pri aplikácii vystupujúcich konštrukcií vyššia, ako v prípade bez vystupujúcich konštrukcií,
- teplota pozdĺž spodnej vrstvy vystupujúcej konštrukcie klesá s narastajúcim vyložením,
- veľkosť plameňov v horizontálnom smere nie je závislá na hĺbke vystupujúcej konštrukcie,
- výška plameňov klesá pri vyložení viac ako 100 mm (pri skutočnej mierke viac ako 700 mm).

V podstate závisí správanie sa fasád pri požiari od:

- typu a architektonických prvkov fasády (fasáda so zapusteným zasklením, perforovaná fasáda, uhlová fasáda);
- typu a usporiadania obloženia;
- podkladu, vrátane zadného vetracieho otvoru.

Výsledky meraní austrálskych výskumníkov sú zobrazené v tabuľke 2 [19]. Z tabuľky je jasne vidieť, akú úlohu zohráva vzdialenosť nad otvorom, v ktorom vznikol požiar.

Tabuľka 2 Hodnoty tepelného toku a teplôt pri modelovom požiari fasád [19]

Poloha	Doba skúšky [min]	Režim horenia	Teplota [°C]	Tepelný tok 1,5 m nad otvorom [kW/m ²]	Tepelný tok 3,0 m nad otvorom [kW/m ²]	Teplota 1,5 m nad otvorom [°C]	Teplota 3,0 m nad otvorom [°C]
Vertikálne	2	nárast (kontrola paliva)	50	2	1	46	39
Horizontálne			67	1	1	53	24
Vertikálne	20	prísne kontrolované prúdenie	813	104	43	1 000	741
Horizontálne			831	67	15	639	461
Vertikálne	28	kontrolované prúdenie	1 018	65	29	777	433
Horizontálne			1 029	41	11	467	386
Vertikálne	35	stochiometria (približne)	1 090	30	18	636	417
Horizontálne			1 088	13	5	312	313
Vertikálne	40	dohorívanie (kontrola paliva)	785	20	12	467	303
Horizontálne			763	17	5	420	262

Kombináciou konštrukčného riešenia a vhodným výberom materiálov je možné dosiahnuť spomalenie, resp. zastavenie požiaru na povrchu fasády. Je to možné vidieť

na obr. 8, ktorý zobrazuje fasádu budovy, na ktorej bol inštalovaný špeciálny protipožiarne systém (Spandrel walls – parapetná stena), ktorý zabránil šíreniu požiaru po fasáde.



Obrázok 8 Požiar hotela v Honk Kongu – použitý systém s prvkami „Spandrel walls“ [14]

4. PREDPISY TÝKAJÚCE SA POUŽITIA HORĽAVÝCH FASÁD

Komplexnosť protipožiarnych opatrení tvoria aj právne predpisy, popri materiálových, konštrukčných, certifikačných a iných predpisoch. Právne predpisy presne obmedzujú podmienky použitia fasád z horľavých materiálov.

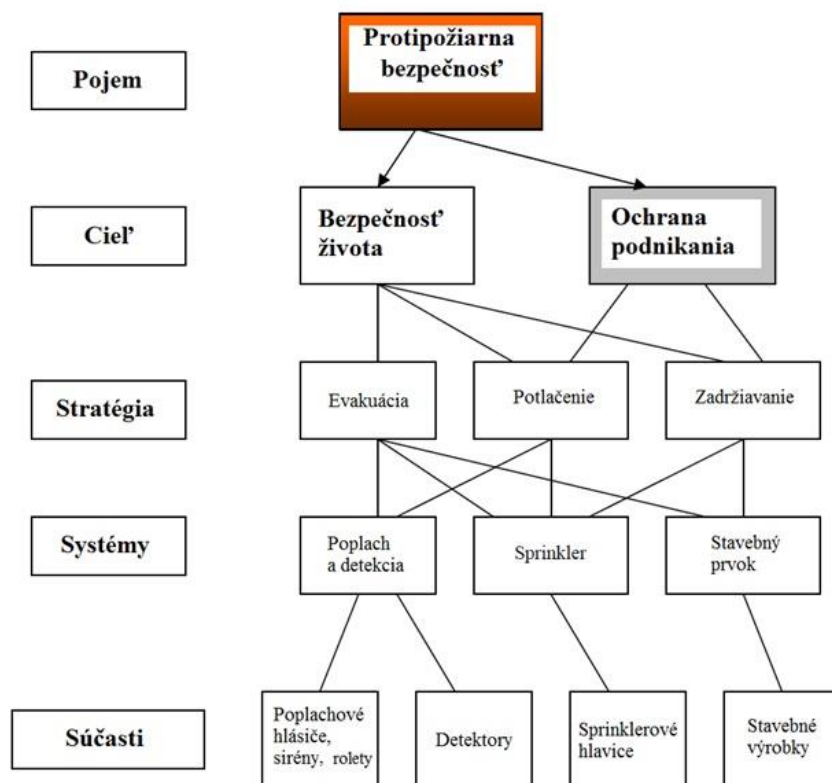
Do podmienok je zakomponovaná výška budovy, jej účel, obsadenie budovy osobami,

odstupové vzdialenosti a iné podmienky, ktoré vyplývajú z podmienok riešenia protipožiarnej bezpečnosti danej budovy. V tabuľke 3 sú vybrané právne predpisy pre niektoré európske krajiny [20].

Technológie protipožiarnej ochrany aplikované v budove samozrejme upravujú limitné podmienky, ktoré sú uvedené v spomínaných právnych predpisoch. Schéma požiarnej bezpečnosti je znázornená na obr. 9 [20].

Tabuľka 3 Právne predpisy v európskych krajinách [20]

Krajina	Požiarne scenár	Testovacia metóda	Hodnoty expozície	Meranie	Fasádny test potrebný pre drevené fasády
Rakúsko	plameň von z okna	ÖNORM B 3800-5	40 kW/m ² 20 min	poškodenie, teplota	4-5 podlaží ÖNORM B 3806
Francúzsko	plameň von z okna	Aréte 10/09/1970	15-75 kW/m ² 15-20 min	šírenie plameňa, poškodenie, teplota	Závisí od typu budovy
Nemecko	plameň von z okna	DIN 4120-20	20-65 kW/m ² 20 min	plamene, sálenie, poškodenie, teplota	≥ 4 podlažia
Švédsko	plameň von z okna	SP Fire 105	15-75 kW/m ² 15-20 min	poškodenie, tepelný tok, teplota	> 2 podlažia
Švajčiarsko	plameň von z okna	Large scale test	600-800 kW 15-20 min	poškodenie, teplota	4-8 podlaží
Veľká Británia	plameň von z okna	BS 8414	15-75 kW/m ² 15-20 min	poškodenie, tepelný tok, teplota	> 2 podlažia



Obrázok 9 Schéma požiarnej bezpečnosti podľa ÖSTMAN [20].

ZÁVER

Médiá často prinášajú informácie o ničivých požiaroch. Jedná sa hlavne o výškové budovy, ktoré sú rizikové s pohľadu šírenia požiaru, ako aj náročnosťou na jeho lokalizáciu a likvidáciu. Dodržaním právnych predpisov, použitím certifikovaných materiálov v

špeciálnej kvalite pre fasády, aplikáciou náročných konštrukčných riešení je možné katastrofálnym požiarom zabrániť. Nie je možné zabrániť jeho vzniku, ale šíreniu po fasáde a preniknutí do vnútorných priestorov v budove. Tým je umožnená evakuácia, uľahčí sa likvidácia a zabráni sa enormným hmotným škodám.

LITERATÚRA

- [1] Zákon č. 314/2001 Z. z. O ochrane pred požiarimi. (čiastka:132, str. 3418 – 3438).
- [2] OSVALD, A.: *Požiarotechnické vlastnosti dreva a materiálov na báze dreva*. Vedecké štúdie 8/97/A, Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 1997, 52 s., ISBN 80-228-0656-0.
- [3] NETOPÍLOVÁ M., KAČÍKOVÁ D., OSVALD A., 2010, *Reakce stavebních výrobku na oheň*. Ostrava, Edice SPBI Spektrum, ISBN 978-80-7385-093-7.
- [4] MASARIK I., 2003: *Plasty a jejich požární nebezpečnosti*, EDICE SPBI SPEKTURM , ISBN 80-86634-16-7. [8] PROLABSYS. 2011. *Vlastnosti polyethylenu* [on-line] 2011. [cit.: 2016-3-20], Dostupné na : http://www.prolabsys.cz/shop/files/PE_VLASTNOSTI.pdf
- [5] DVOŘÁK, O., PEKAR, V. S.: *Nebezpečie toxicity sploďín horenia polymérnych materiálov*, Požární ochrana 2001, Sborník přednášek, VŠB – Technická univerzita Ostrava 2001.
- [6] BALOG, K., KVARČÁK, M.: *Dynamika požáru*, Ostrava: SPBI, 1999, ISBN 80-86111-4 X.
- [7] LEŠKO, R., LOPUŠNIAK, M.: *Regulative and Standard Requirements on Facades in Slovakia and Their Mutual Comparison with Selected European Countries*. In: Proceedings of 2nd International Seminar for Fire Safety of Facades, Lund: EDP Sciences, 2013. s. 1 – 8. ISBN: 978-1-5108-2406-5.
- [8] (<http://hnonline.sk/svet/875848-na-umelom-poloostrove-v-dubaji-zachvatil-velky-poziar-obyt-ny-komplex>) (1.6.2017).
- [9] KIM, Y.S.: *Wooshin Golden suites in Busan*. Forum on Fire Safety of Asia [online]. Available from: <http://gcoe.tus-fire.com/eng/ffsa/?p=1761>.
- [10] <http://www.topky.sk/cl/11/1638179/Prekvapive-odhalenie-v-pripade-londynskeho-pekla--Toto-je-dovod-poziaru--ktory-zabil-79-ludi> (12.7 2017).

- [11] KOTTHOFF, I.: *Brandschutz im Holzbau*, 9. DGfH-Brandschutztagung, Würzburg Okt. 2001, [online 15.4.2017] (<http://www.lignum.ch>).
- [12] LOKAJ, A., ET AL.: *Dřevostavby a dřevěné konstrukce*. Brno: Akademické nakladatelství, 2010. ISBN 978-80-7204-732-1.
- [13] OSVALD, A.: *Wood Fire Protection*. In: Fire protection, safety and security 2017, International scientific conference, Conference Proceedings, Zvolen: Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene, 2017, s. 193 – 200, ISBN 978-80-228-2957-1.
- [14] LEŠKO, R.: *Analýza požiarnej bezpečnosti obvodových stien*. Košice : Technická univerzita Košice. 2017, 126s., (kandidátska dizertačná práca – nepublikované).
- [15] PUŠKÁR, A., ET. AL.: *Obvodové plášte budov – fasády*. Bratislava: Jaga group, 2002, 338 s., ISBN: 80-88905-72-9.
- [16] KAIHUA L., ET AL.: *Merging behaviour of facade flames ejected from two windows of an under-ventilated compartment fire*. In: Proceedings of the Combustion Institute. Roč. 35, 2015, č. 3. s. 2615 – 2622, ISSN: 1540-7489.
- [17] ŘÍHA, J.: *Hořely dva mrakodrapy, ale každý jinak. V čem se peklo v Londýně liší od Dubaje*. (dostupné na: <https://www.seznam.cz/zpravy/clanek/po-londyne-shorel-i-vezak-v-dubaji-tento-krat-bez-obeti-na-zivotech-cim-jsou-pozary-rozdilne-35300>) (7. 8. 2017).
- [18] SUZUKI, T., ET. AL.: *An Experimental study of ejected Flames of High rise buildings – effects of depth of balcony on ejected flame*. In: Proceedings of AOFST Symposiums. 2016. s. 363 – 373, ISBN 978-981-10-0376-9.
- [19] LIGNUM: *Lignum Dokumentácia Brandschutz: 7.1 Außenwände, Konstruktion und Bekleidung* (<http://www.lignum.ch>).
- [20] ÖSTMAN, B. L.: *Fire safety in timber buildings*. First draft comments 2009.
- [21] VELKOVÁ, V., OSVALD, A., LALÍK, V., ZACHAR, M.: *Bezpečnosť využívania stavebných izolačných materiálov. (The safety of building insulation materials)*, Krízový manažment. Roč. 10, 3/2011 Žilina : Žilinská univerzita, 2011, s. 33 – 40. ISSN 1336-0019
- [22] GAŠPERCOVÁ, S., MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ, L.: *Influence of surface treatment of wood to the flame length and weight loss under load single-flame source*. In: Structural and mechanical engineering for security and prevention. - [S.l.]: Trans Tech Publications, 2017. - ISBN 978-3-0357-1236-0. - S. 353-359.
- [23] GAŠPERCOVÁ, S., MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ, L., KADLICOVÁ, P.: *Additional thermal insulation materials and their reaction on fire*. In: Fire protection, safety and security 2017: International scientific conference : May 3rd-5th, 2017, Zvolen, Slovak Republic : Conference proceedings. - Zvolen: Technical University, 2017. - ISBN 978-80-228-2957-1. - CD-ROM, s. 51-56.