

TECHNICKÁ POMOC

(posouzení požární odolnosti stávající opony)

Akce: Rekonstrukce a modernizace Domu kultury Poklad

Objednatel: KANIA a.s.
Špálova 80/9
702 00 Ostrava - Přívoz

Počet stran textu: 1 +15
Počet příloh s výpočty: 0
Videoklip: 1

Vypracoval: František PELC (tel. 59 692 5212)
email: pelcfrantisek@iol.cz

Datum: 31. října a 1. Listopadu 2012
Číslo: 2012/10/10m

Předmětem Technické pomoci je posoudit odolnost proti ohni u stávající požární opony, instalované v divadelním sálu Domu kultury Poklad v Ostravě – Porubě; případně navrhnout její úpravy tak, aby vyhovovala současnému klasifikačnímu požadavku **EW 15 DP1**, podle pravidel článku D.1.3 a) ČSN 73 0831:2011.

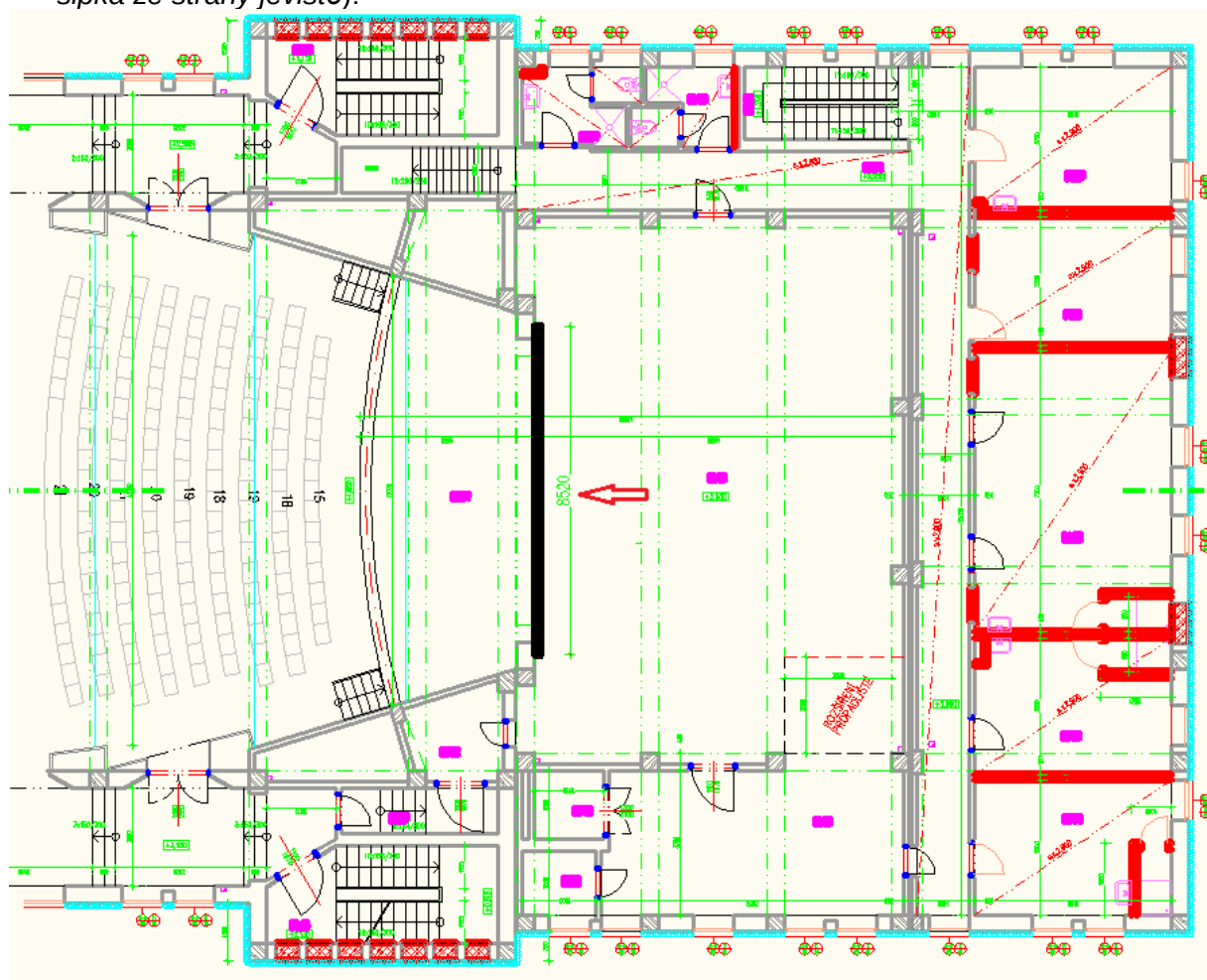
POZNÁMKA Při tomto ověření se využívá simulačního modelu FDS, ve vztahu ke skutečným rozměrům posuzované konstrukce i vůči prostorovým podmínkám stavebního objektu.

A. Podklady pro vypracování:

1. Závazná objednávka č.: O/065/2012/KaS ze dne 24. října 2012.
2. Fyzická prohlídka stávající požární opony v DK Poklad dne 19. října 2012
3. Půdorys a řez s dispozicí divadelního sálu (*poskytl objednatel dne 22. října 2012*).
4. Simulační model průběhu požáru - software NIST/FDS5 (*Fire Dynamics Simulator, aktuální verze 5.5.3 z října 2010*), <http://fire.nist.gov/fds/>.

B. Počáteční parametry:

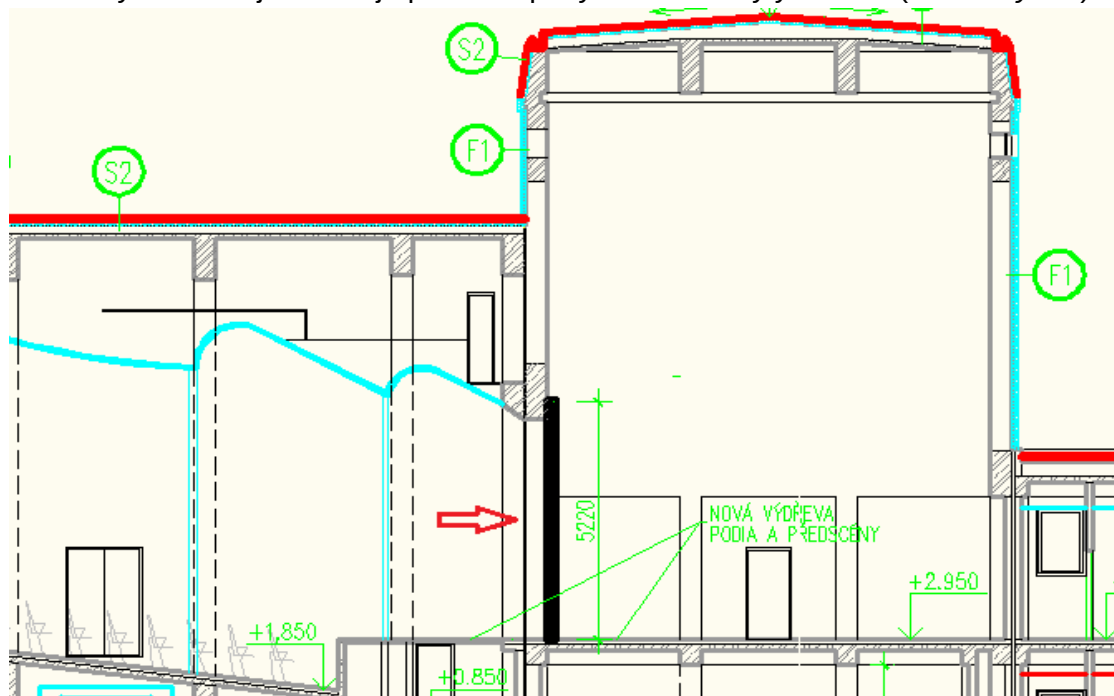
1. Půdorysná dispozice divadelního sálu DK Poklad je zřejmá z následujícího obrázku zobrazení. Stávající požární opona je zvýrazněna černou barvou (blíže viz identifikační šipka ze strany jeviště):



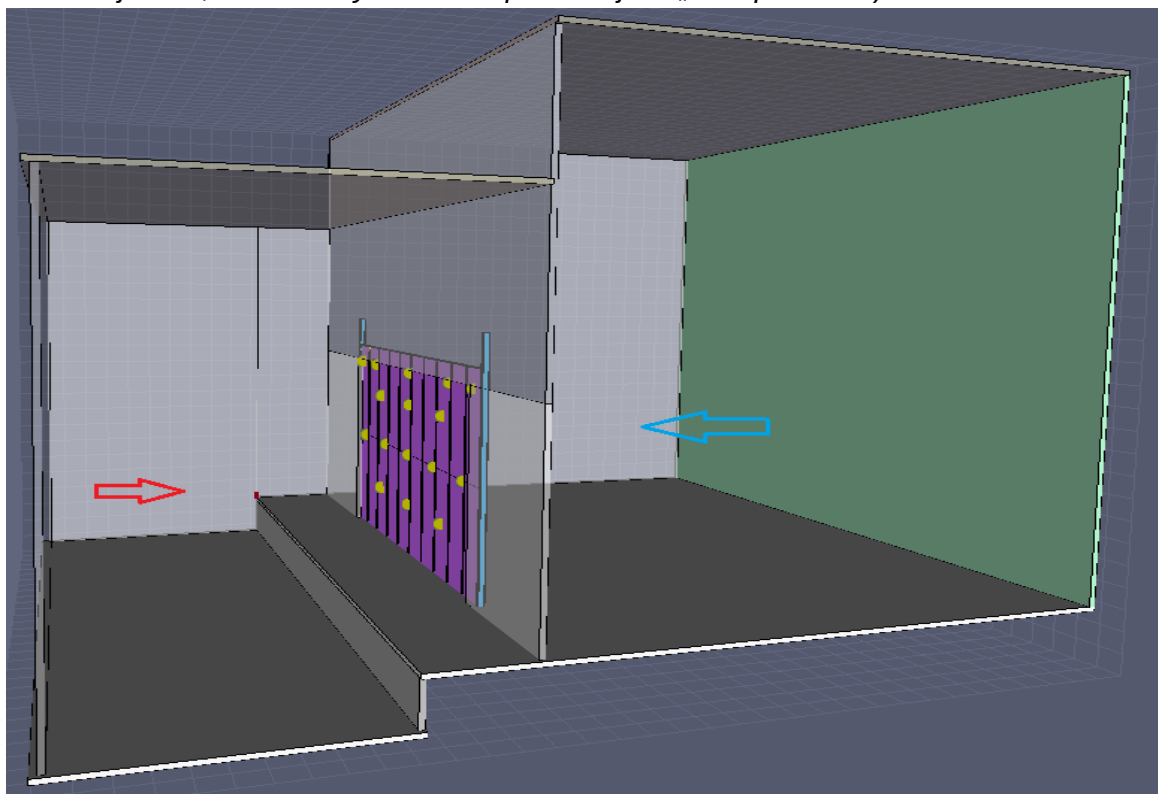
2. Požární opona, skladebných rozměrů 8520 x 5220 mm (šířka x výška) je vyrobena výhradně z nehořlavých materiálů. Ze strany jeviště její tuhost zajišťuje svařený stabilizační rošt z tyčových, ocelových profilů tvaru C nebo I (*po obvodu a dále v osovém dělicím kříži opony*); dílčí rastr tvoří profily tvaru T v počtu 8 x svisle a 4 x vodorovně. Na tento rošt jsou ze strany hlediště upevněny sendvičové desky v sestavě: ocel plech tl. 1 mm, dále tuhá izolační deska tl. 6 mm (*pro potřeby simulačního modelu FDS, byla*

s ohledem na dobu pořízení, zvolena materiálově odpovídající deska dodávaná pod ozn. Ezalit) a vrchní ocelový plech tl. 1 mm. Při spouštění shora dolů je požární opona vedena ve dvou bočních profilech taru I, ukotvených do zdiva ze strany jeviště. V nadpraží je i při uzavření opony volná mezera mezi zdi a oponou o šířce cca 65 mm. Vlastní spuštění elektropohonu opony je manuální (tlačítkem pomocí obsluhy) a trvá cca 22 sekund.

3. Ze strany hlediště jsou okraje požární opony částečně kryty zdivem (viz svislý řez):



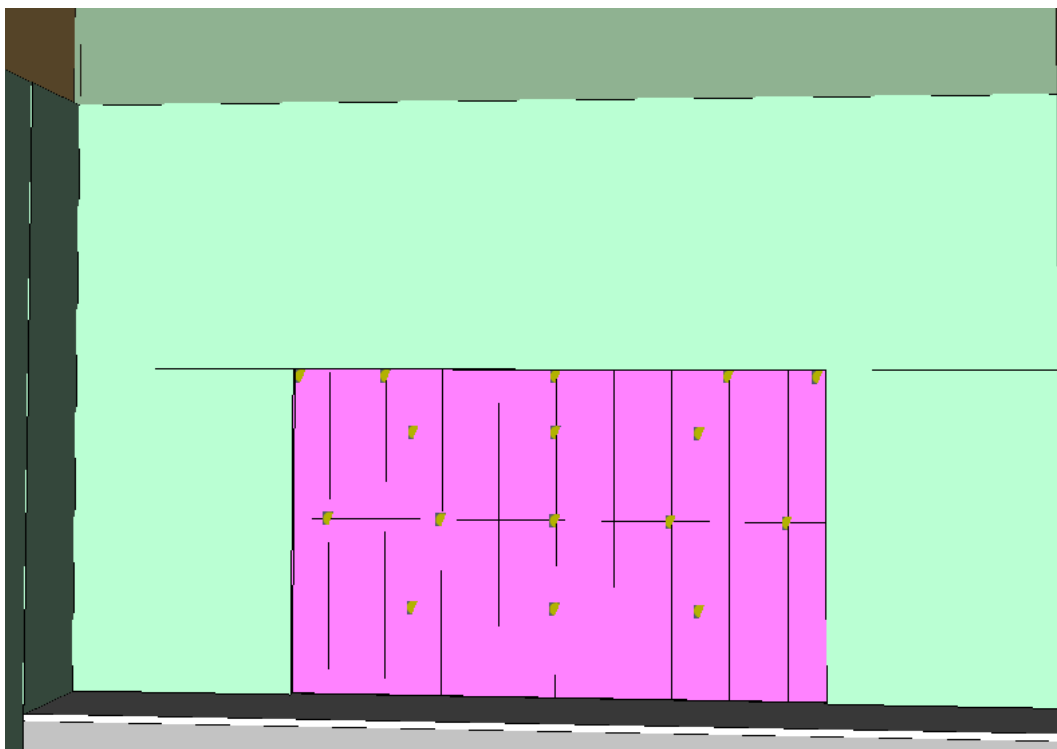
4. Grafický 3D model rozměrově zachovává prostorové parametry jeviště a odpovídající část hlediště (v bočním pohledu na model je červená šipka na straně hlediště a modrá na straně jeviště; boční stěny ve směru pohledu jsou „transparentní“):



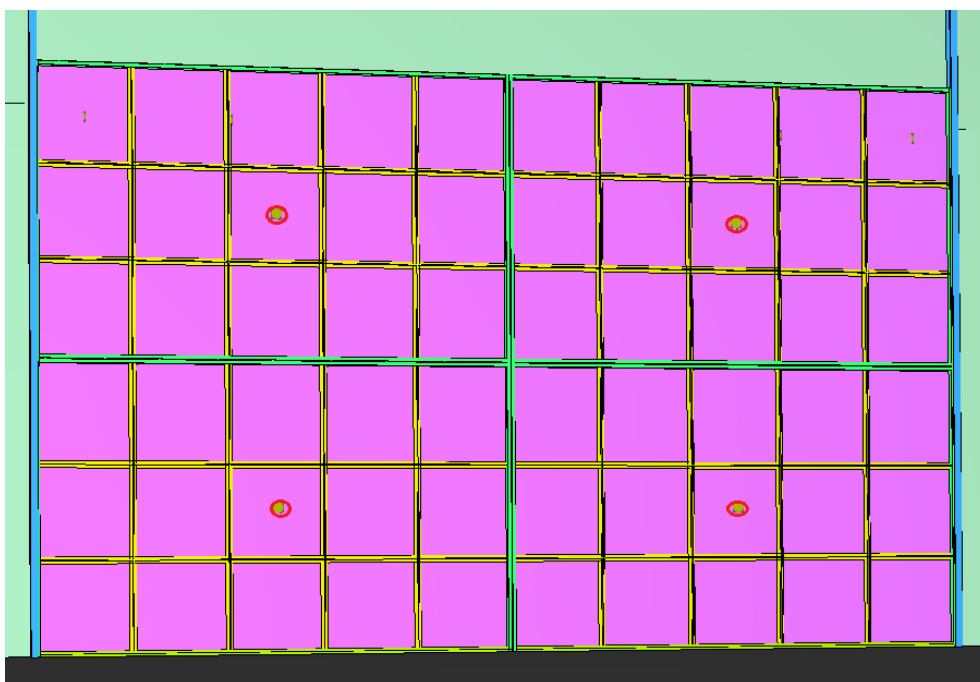
5. Tepelné namáhání požární opony bylo v simulačním modelu FDS provedeno podle normové křivky, s průběžným nárůstem teplot v čase 0 až 15 minut - od 20 do 738,6°C.
6. Limitní radiace (15 kW/m^2) je v modelu měřena ze strany hlediště, pomocí dvou radiometrů instalovaných v ČSN požadované vzdálenosti – 1 a 3 m od povrchu opony.

C. Zpracování a vyhodnocení simulačního modelu:

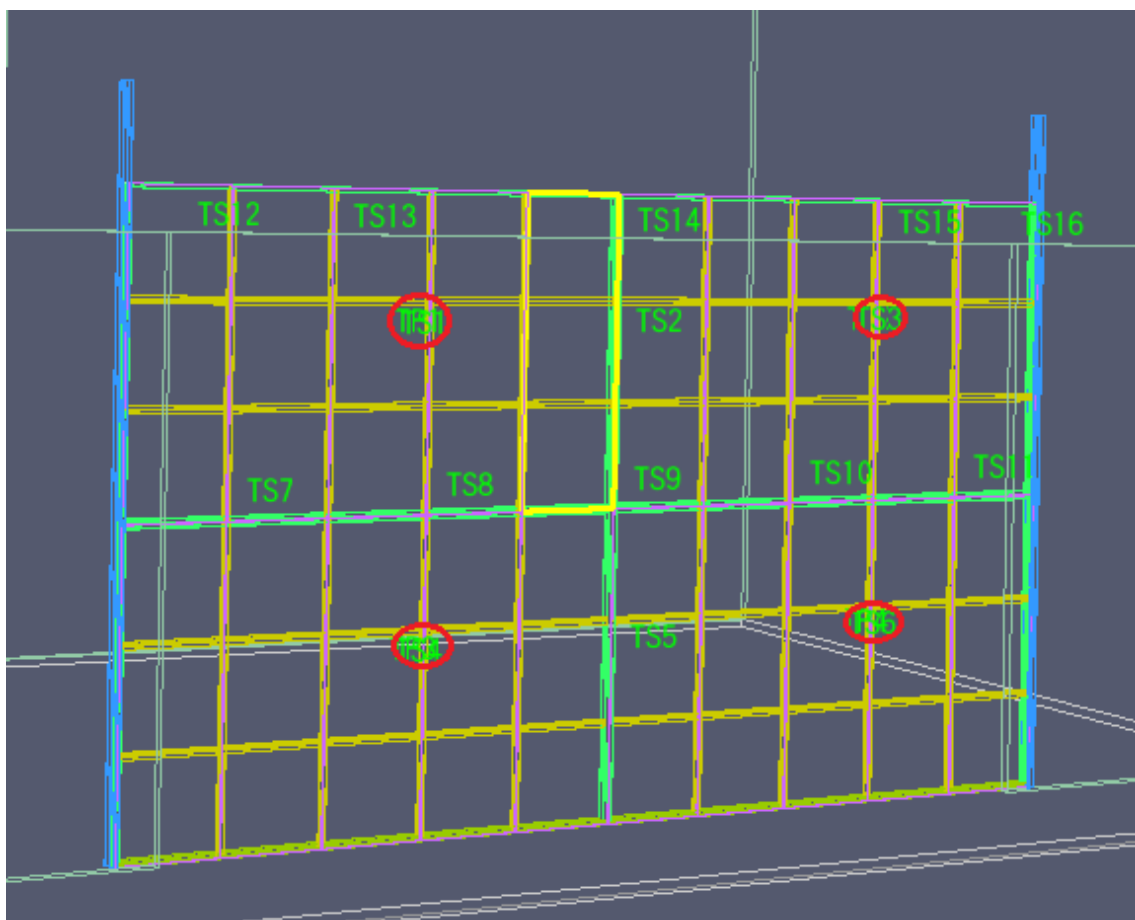
Požární opona byla v 3D modelu vytvořena s věrnou konstrukční shodou. Ze strany hlediště má hladký povrch a je rozdělená na 20 dílčích polí, s mezerami podloženými T profily (na následujícím pohledovém výřezu žluté body představují povrchové měřicí termočlánky):



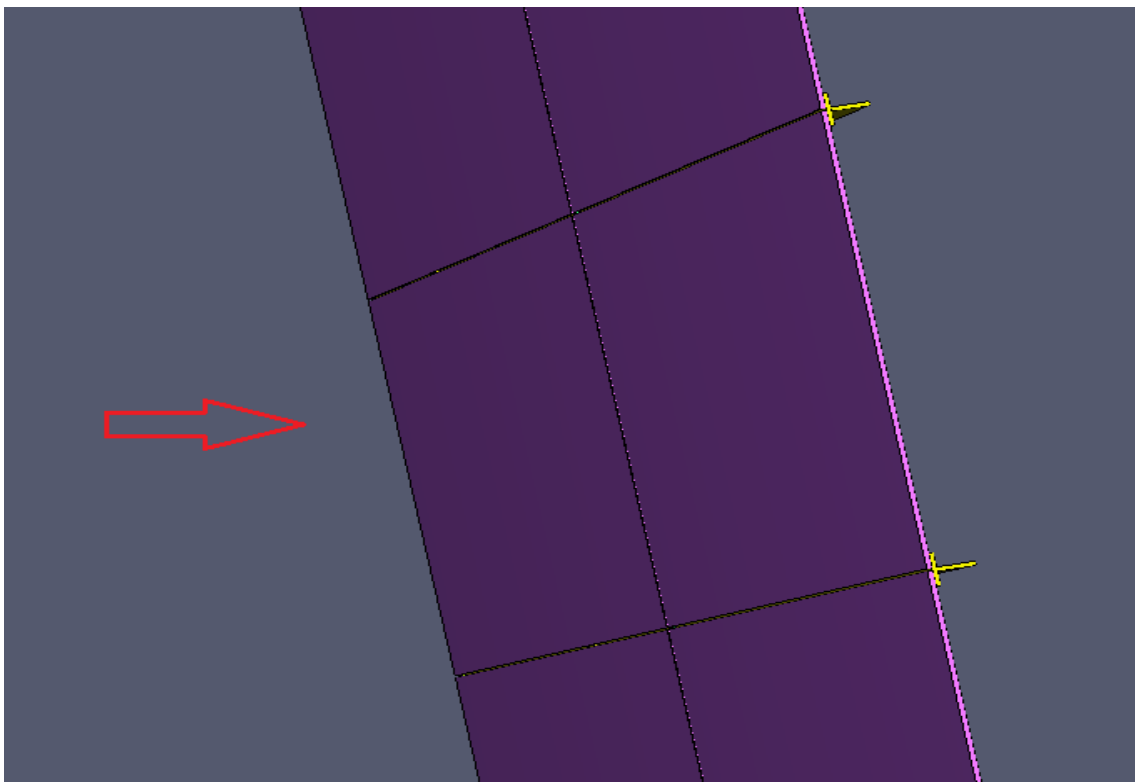
Ze strany jeviště je vidět profilovaný nosný ocelový rastr opony (červeně zvýrazněné body jsou měřicí termočlánky- ve vzdálenosti 100 mm před povrchem stažené požární opony):



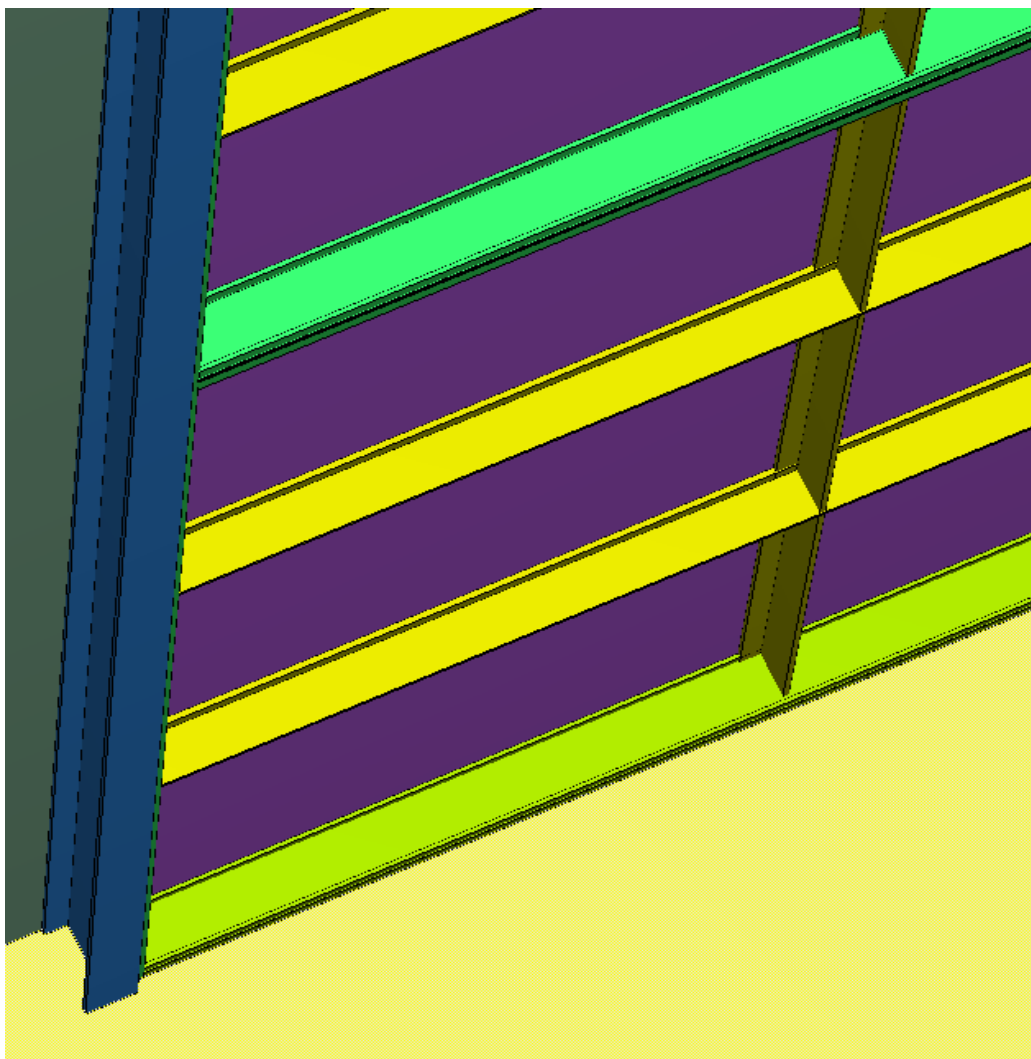
Dispozice rozmístění všech měřicích termočlánků je zřejmý z následujícího pohledu na „drátěný“ model požární opony (*neprůhledné konstrukční části jsou „transparentní“*):



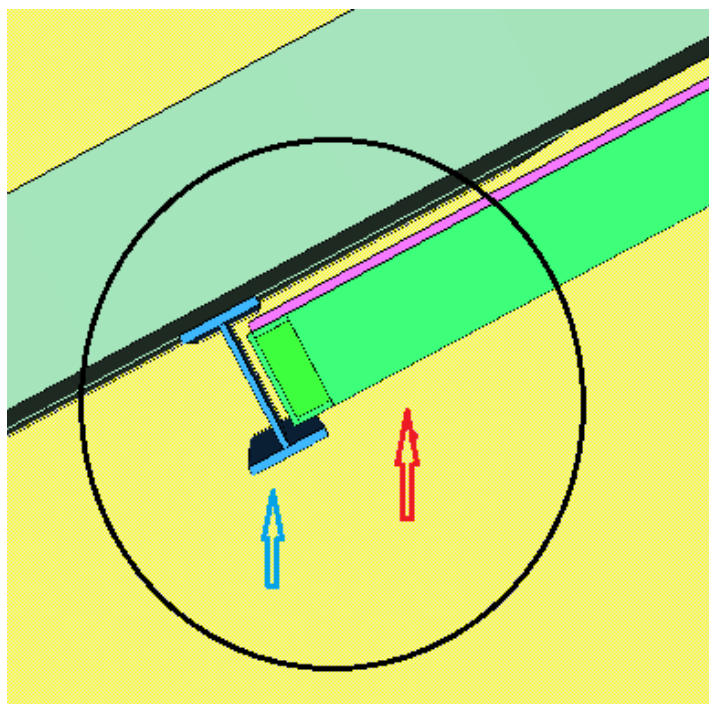
Následuje pohled na detail řezu požární opony v 3D modelu (*šipka je ze strany hledišť*):



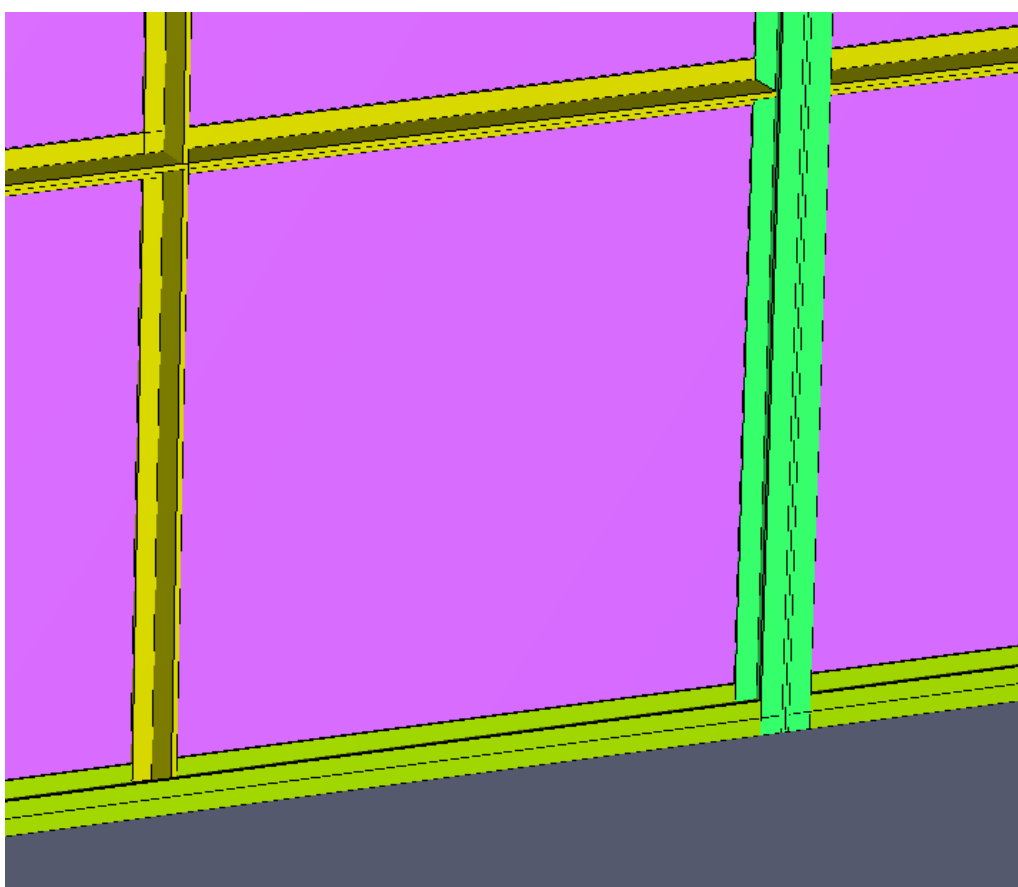
Pohled na dílčí detail řezu požární oponou u 3D modelu ze strany jeviště (boční část):



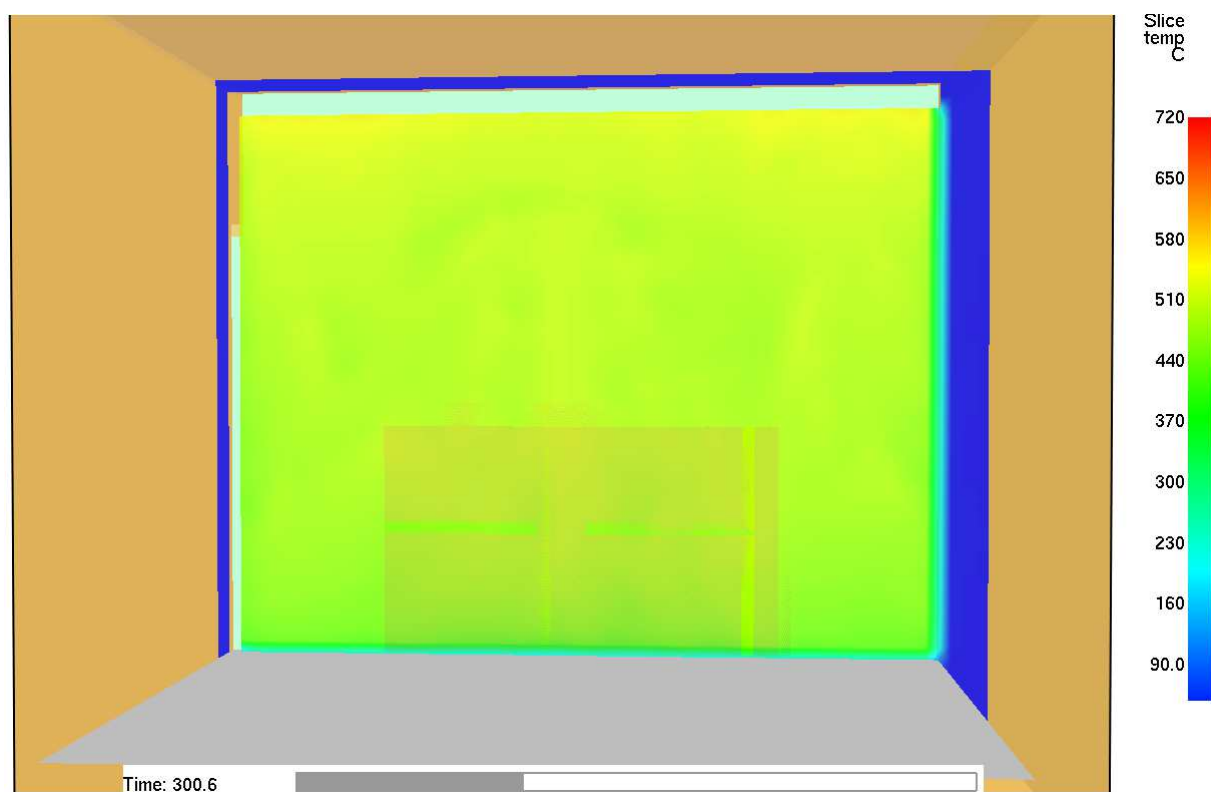
Detail návrhu 3D modelu požární opony v místě postranní vodící lišty:.



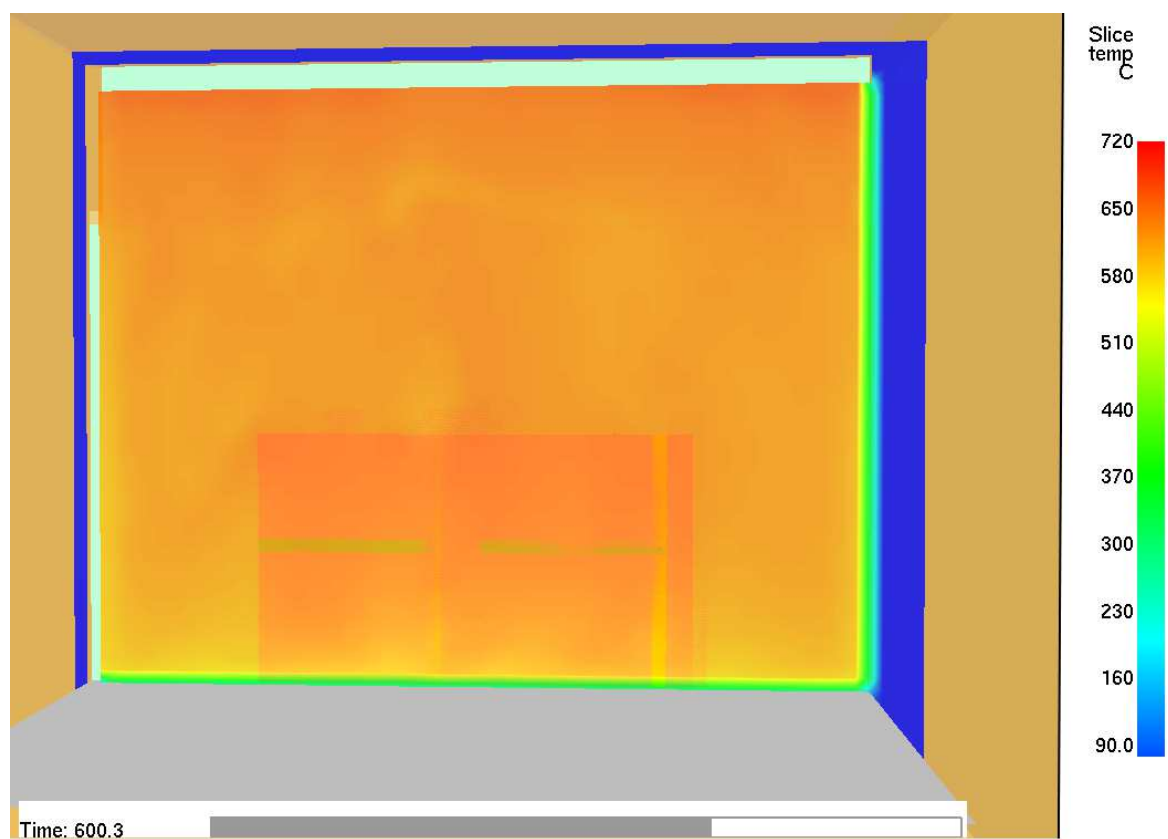
Pohledový detail na provedení středu požární opony ze strany jeviště (u podlahy):



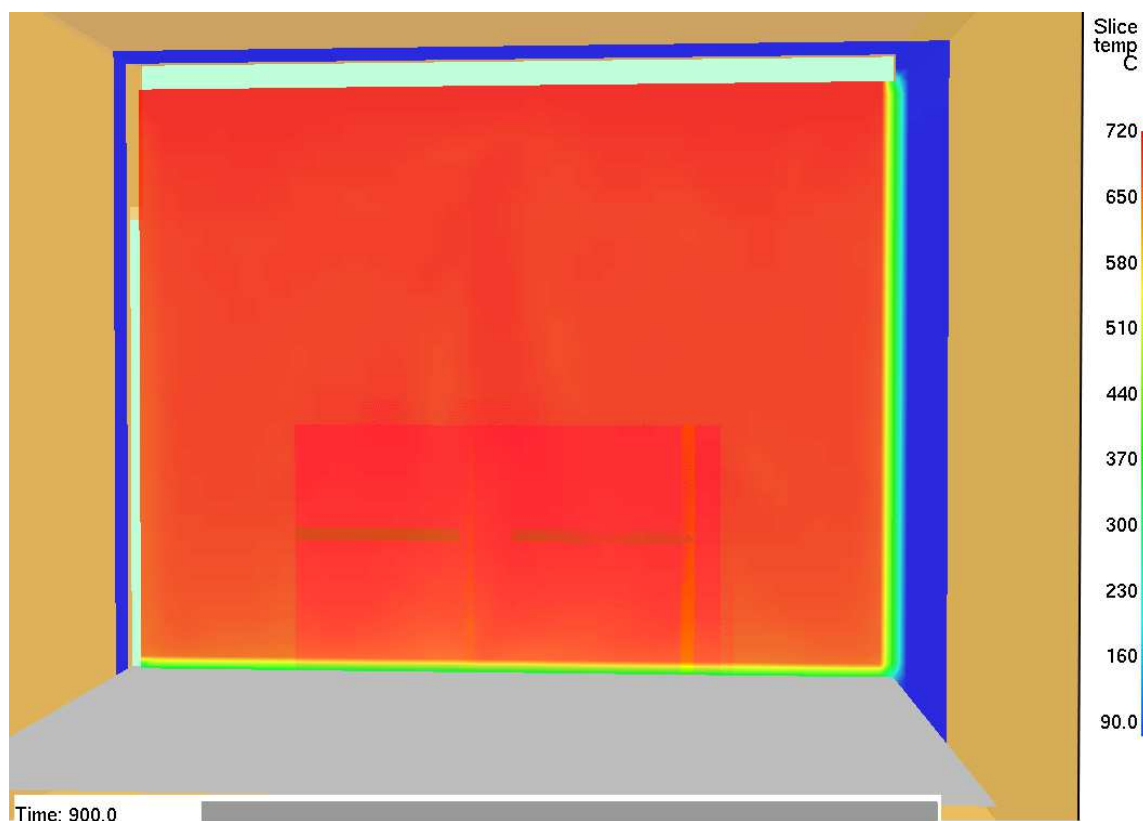
Dále následují tři výseky z grafické sekvence zobrazující ohřívání vnitřního prostoru jeviště – nejprve vidíme rovinu teplotního řezu v čase **5 minut** simulovaného normového požáru:



Pohled na celkové rozložení teplot před ohřívanou stranou požární opony v čase **10 minut**:

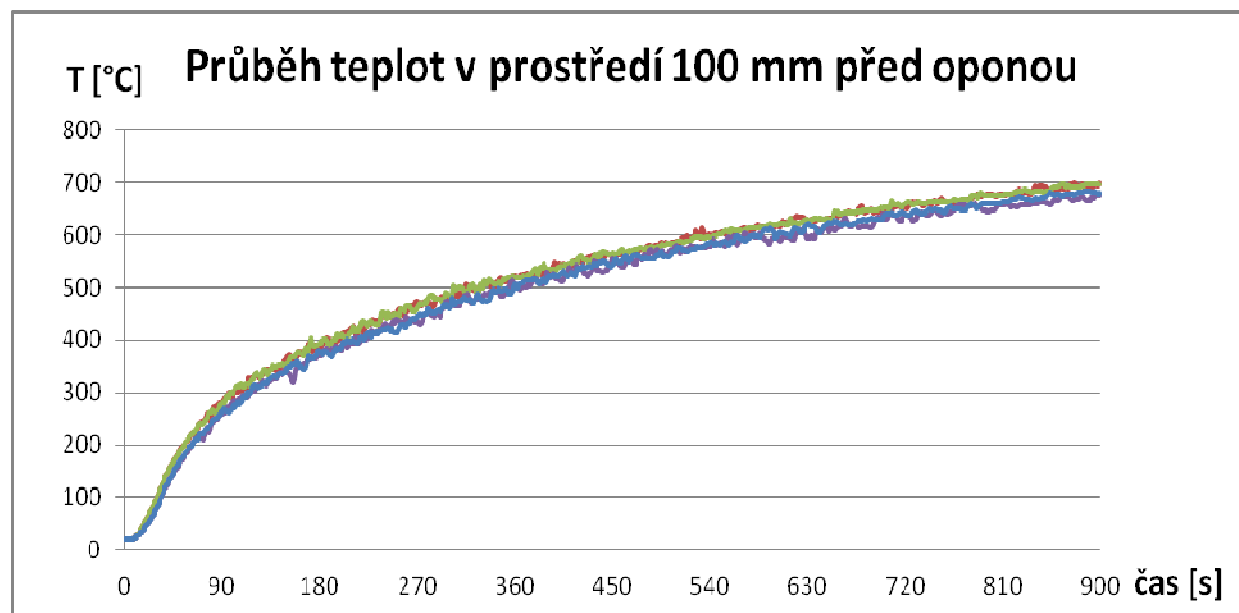


Pohled na celkové rozložení teplot před ohřívanou stranou požární opony v čase **15 minut**:



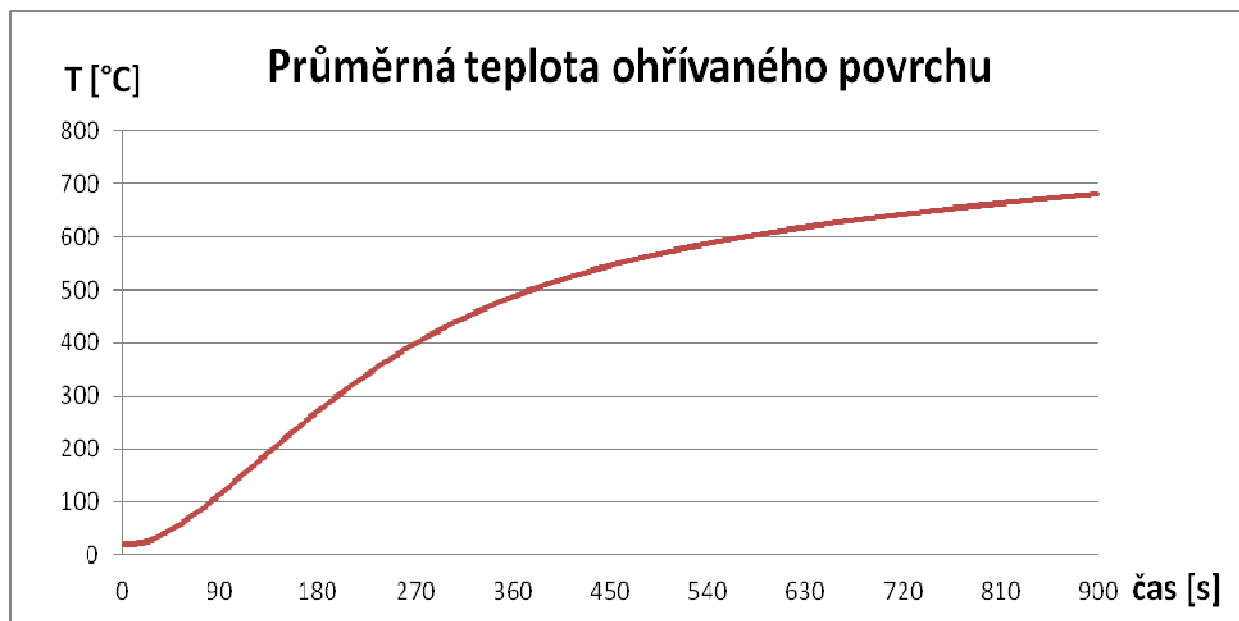
Poznámka: Při výpočtu modelu FDS byl aplikován postup na straně bezpečnosti, kdy prostup tepla je směřován výhradně vůči požární oponě (ostatní stěny jeviště, podlaha i strop byly vůči teplu „inertní“).

Na následujícím grafu je zachycen záznam z průběhu měření teplot při simulaci FDS u čtřít prostorových termočlánků, instalovaných ze strany jeviště, a to 100 mm od povrchu ztužujícího rastru požární opony:



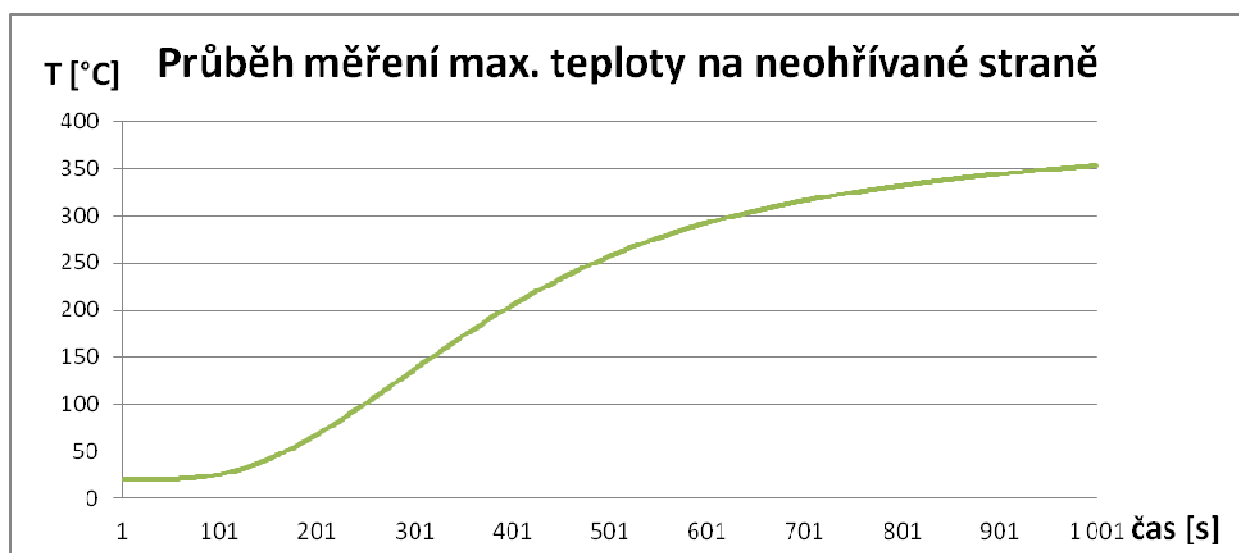
Poznámka: Z průběhu grafu je zřejmé, jak teplota bezprostředně před požární oponou, kopíruje průběh normové teplotní křivky vnitřního požáru. Současně lze sledovat, jak zvolený konzervativní postup (tj. veškeré teplo je směřováno na prostup požární oponou) způsobí téměř rovnoměrné prohřátí prostoru jeviště, kdy spodní i horní termočlánky vykazují rozdíl teplot jenom v desítkách $^{\circ}\text{C}$ (v reálné skutečnosti spodní termočlánky mívají rozdíly kolem 100°C).

Průměrnou teplotu přímo na povrchu ohřívaných desek požární opony (ze strany jeviště) zobrazuje následující graf (maximální zjištěná hodnota dosáhla **706°C**):

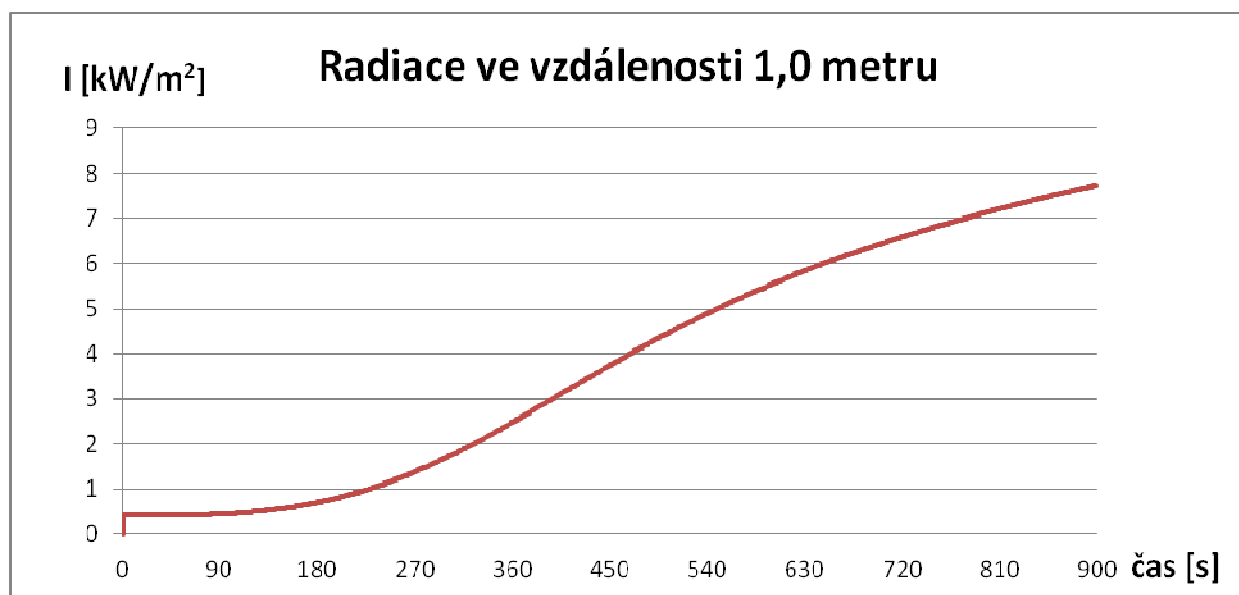


Poznámka: Z průběhu grafu je zřejmé, že teplota ohřívaného povrchu požární opony se téměř blíží teplotě normového požáru (tj. v 15 minutě max. $T_S = 706^\circ\text{C}$ vůči $T_N = 738^\circ\text{C}$) požáru. Je to dáno dalším konzervativním předpokladem, kdy v simulačním modelu byla zvolena emisivita normového požáru maximální možnou hodnotou 1,0 (v praxi to bývá menší parametr, cca 0,8).

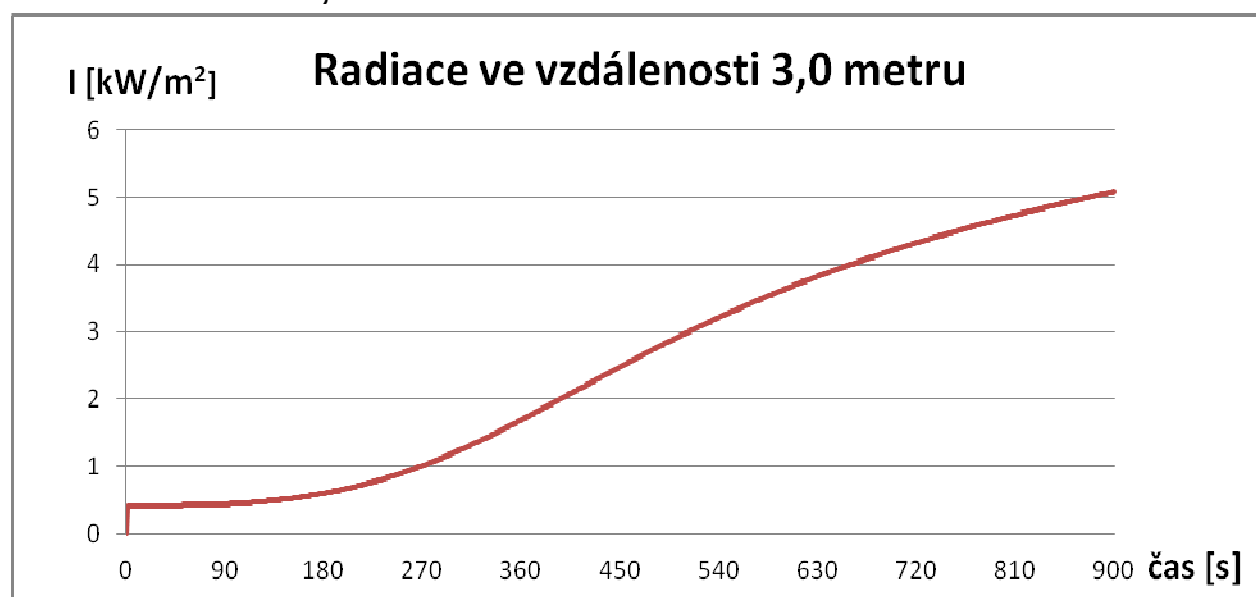
Následuje graf, který znázorňuje průběh měření na povrchu neohřívané strany požární opony (tj. ze strany hlediště), a to v místě které vykazovalo při simulaci FDS maximální teplotou. Teploty naměřené při simulaci na této straně povrchu dále generují radiační tepelný tok; tím jsou rozhodující pro výsledky měření hodnoty radiace před požární oponou (maximální zjištěná povrchová teplota dosáhla **353°C**):



Při presentaci výsledků měření radiace je nejprve uveden graf s průběhem sdílení tepelného radiačního toku ve standardní vzdálenosti podle článku 8.1 ČSN EN 1363-2, a to **1,0 m** od povrchu požárního uzávěru, s radiometrem situovaným proti středu neohřívané strany požární opony – nejvyšší naměřená hodnota radiace v 15 minutě simulace činí **7,73 kW/m²** (přípustná hodnota podle této zkušební ČSN EN je 15,0 kW/m²):

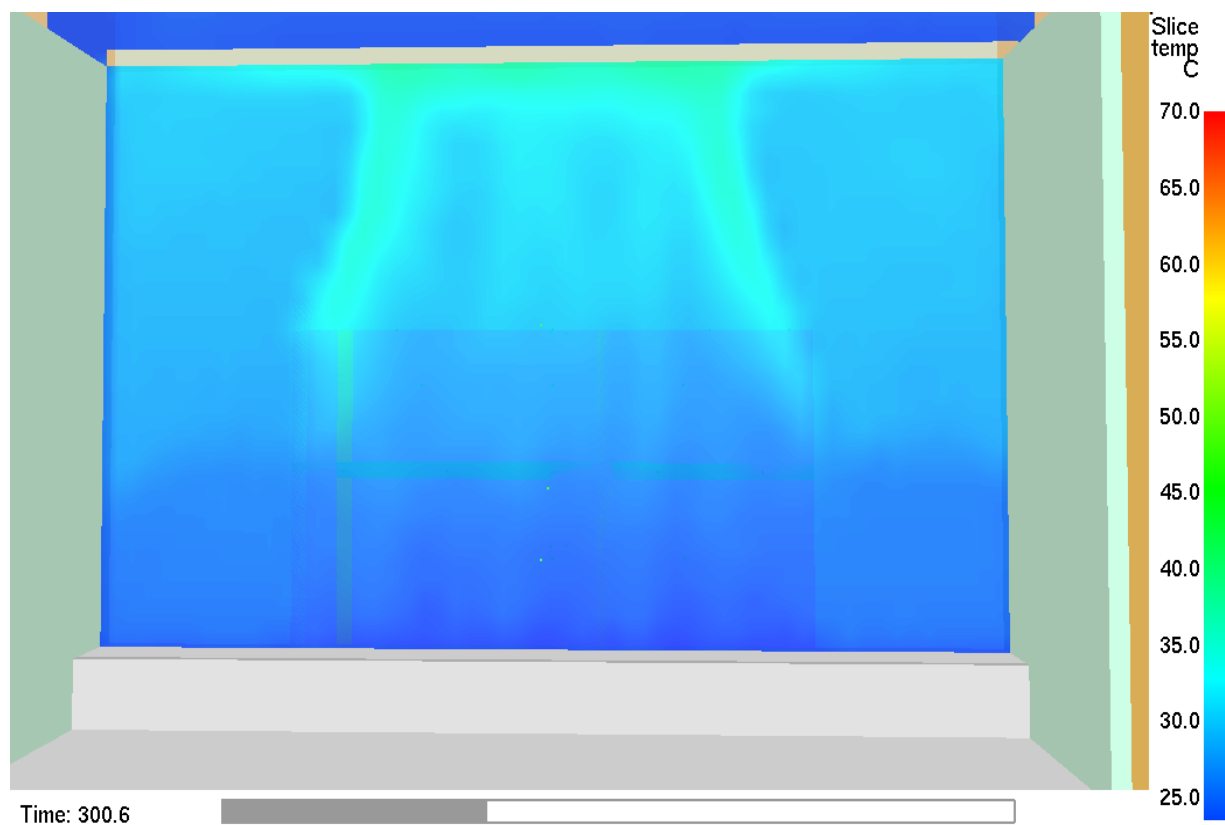


Následuje graf s průběhem měření tepelného radiačního toku ve vzdálenosti **3,0 m** podle přílohy D, článku D.1.3 a) ČSN 73 0831:2011, a to ve vzdálenosti **3,0 m** od povrchu, s radiometrem situovaným ve středu neohřívané strany požární opony, ale ve výšce 1,5 m nad podlahou (tj. úroveň možného výskytu osob) – nejvyšší naměřená hodnota radiace v 15 minutě simulace činila **5,08 kW/m²** :

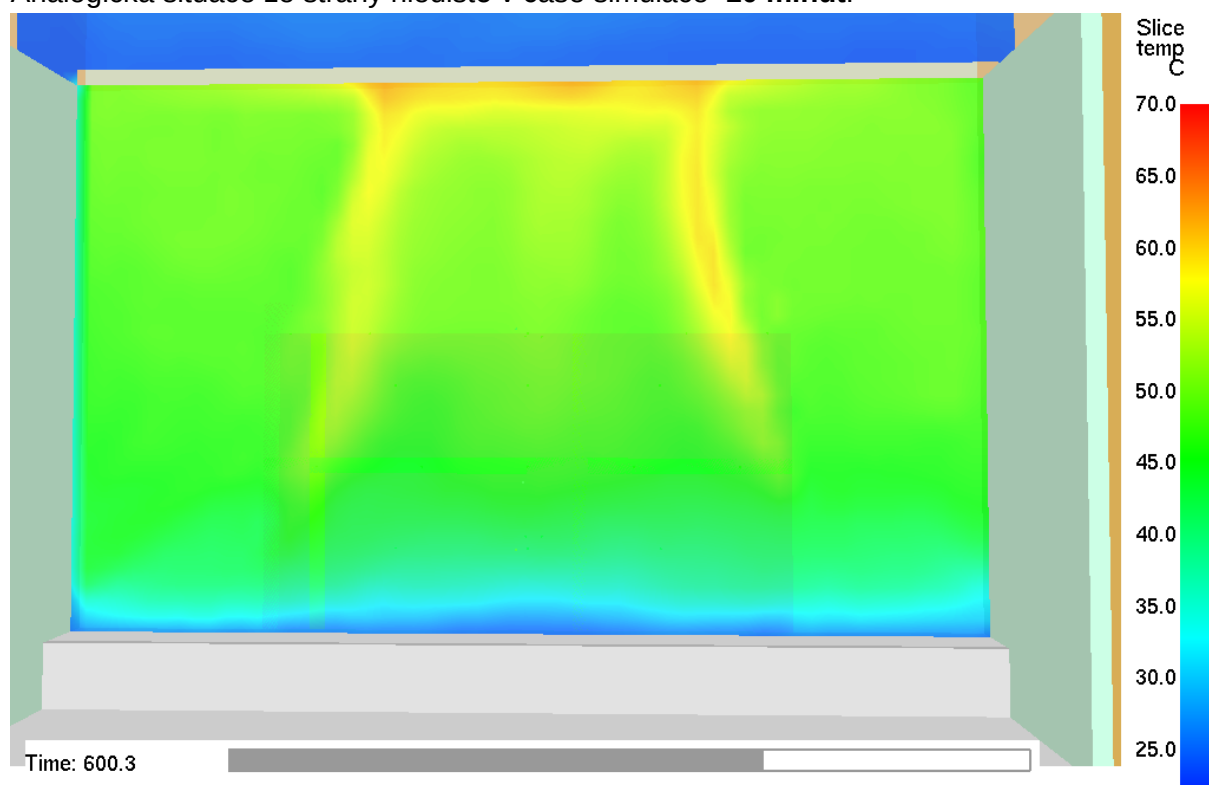


Poznámka: Z průběhu obou předchozích grafů vyplývá že hodnota radiace před požární oponou nepřekračuje normové limitní hodnoty (tj. $7,73$ i $5,08 < 15,0$ kW/m²).

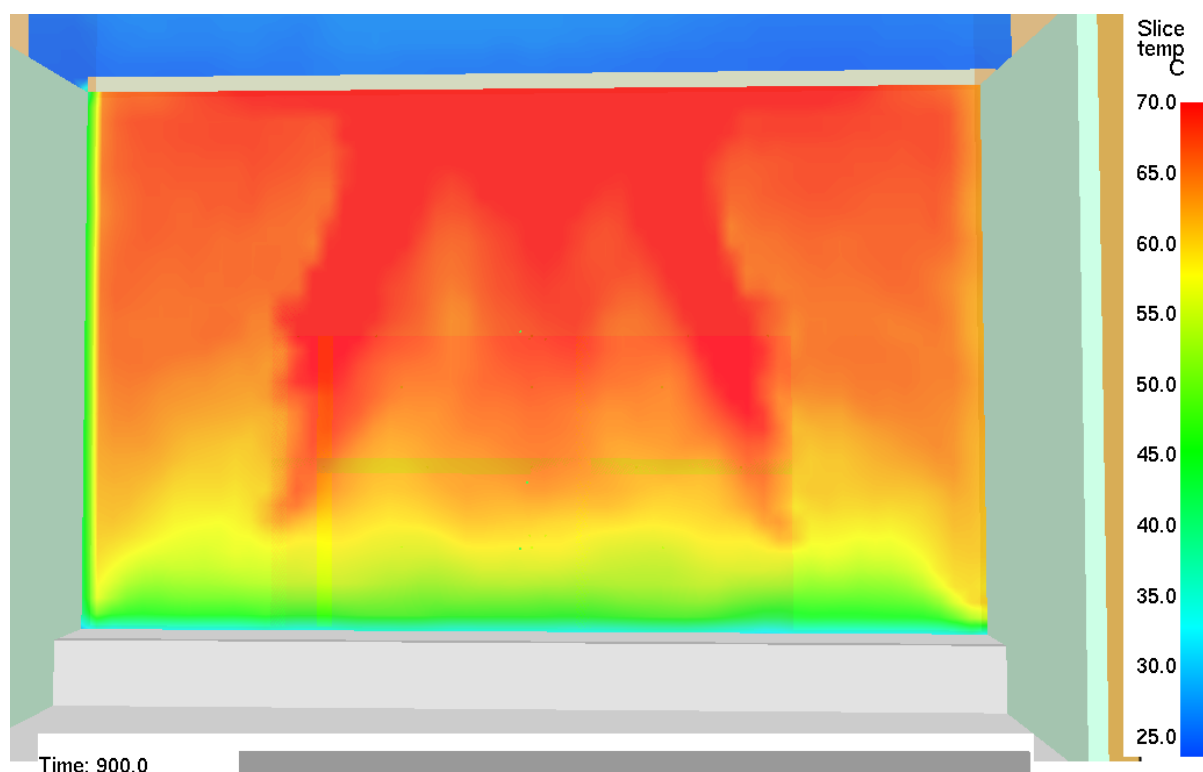
Dále následují tři výseky z grafické sekvence zobrazující ohřívání vnitřního prostředí za požární oponou (tj. ze strany hlediště). Sledovací rovina je situována 0,5 m od povrchu – stav v čase **5 minut** simulovaného normového požáru již signalizuje začínající ohřev okolního vzduchu vlivem tepla, které prostupuje volnými spárami v místě obou postranních vodících profilů požární opony a rovněž spárou mezi požární oponou a nadražím jevištního otvoru:



Analogická situace ze strany hlediště v čase simulace **10 minut:**



Analogická situace ze strany hlediště v čase simulace **15 minut:**



Poznámka: Průběh ohřívání okolního prostředí, bezprostředně za požární oponou, ze strany hlediště v čase 0 až 15 minut, simulovaného normového teplotního namáhání, je zachycen také na video ukázce (viz příložený soubor DKpoklad_tepl.avi).

Při případné ověření byl proveden také kontrolní výpočet radiace, a to na základě teploty povrchu, naměřené při simulaci na neohřívané straně požární opony (podle pravidel fyzikálního Stefan-Boltzmannova zákona). Následující zobrazení ukazuje výřez obrazovky monitoru, kde lze sledovat zadání hodnot i výsledky pro teplotu 353°C a vzdálenost výpočtové roviny 3,0 m. Kontrolní výpočet $I = 4,77 \text{ kW/m}^2$ ukazuje, že měření v simulačním modelu pravděpodobně lépe vystihuje konkrétní okrajové podmínky i časovou dynamiku sdílení tepla (výpočtová hodnota řádově odpovídá, ale je o něco nižší, než při simulaci naměřená hodnota radiometrem $I = 5,08 \text{ kW/m}^2$):

Odstupová vzdálenost

Výpočet odstupové vzdálenosti pro různé dispozice

Výpočet podle:

- ☐ Podle normové křivky T_n
- ☐ Křivka vnějšího požáru
- ☐ Křivka pomalého hoření
- ☐ Uhlíkové křivky
- ☒ Podle zadané teploty
- ☐ Podle hustoty tepelného toku

Celková emisivita: [bez rozměru]

Procento sálání: [%] interval <0; 100>

Podle zadané teploty: [°C] interval <20; 1500>

Geometrický rozměr:

šířka: [mm] výška: [mm]

Úhel odklonu: [°] interval <0; 360>

Specifické podmínky:

Kritická hustota tepelného toku: [kW/m²] interval <2;18,5>

Výpočet radiace v konkrétní vzdálenosti: [m] interval <0;99>

Dispozice sálavé a příjmové plochy:

Předpokládaná teplota požáru: [°C]

Hustota tepelného toku (povrch/okraj): / [kW/m²]

Polohový faktor: [bez rozměru]

Maximální odstupová vzdálenost: [m]

Požadovaná odstupová vzdálenost (odklon 0 [°]): [m]

Maximální odstup do strany: [m]

Odstup do strany (odklon 0 [°]): [m]

Hustota tepelného toku ve vzdálenosti: [m]: [kW/m²]

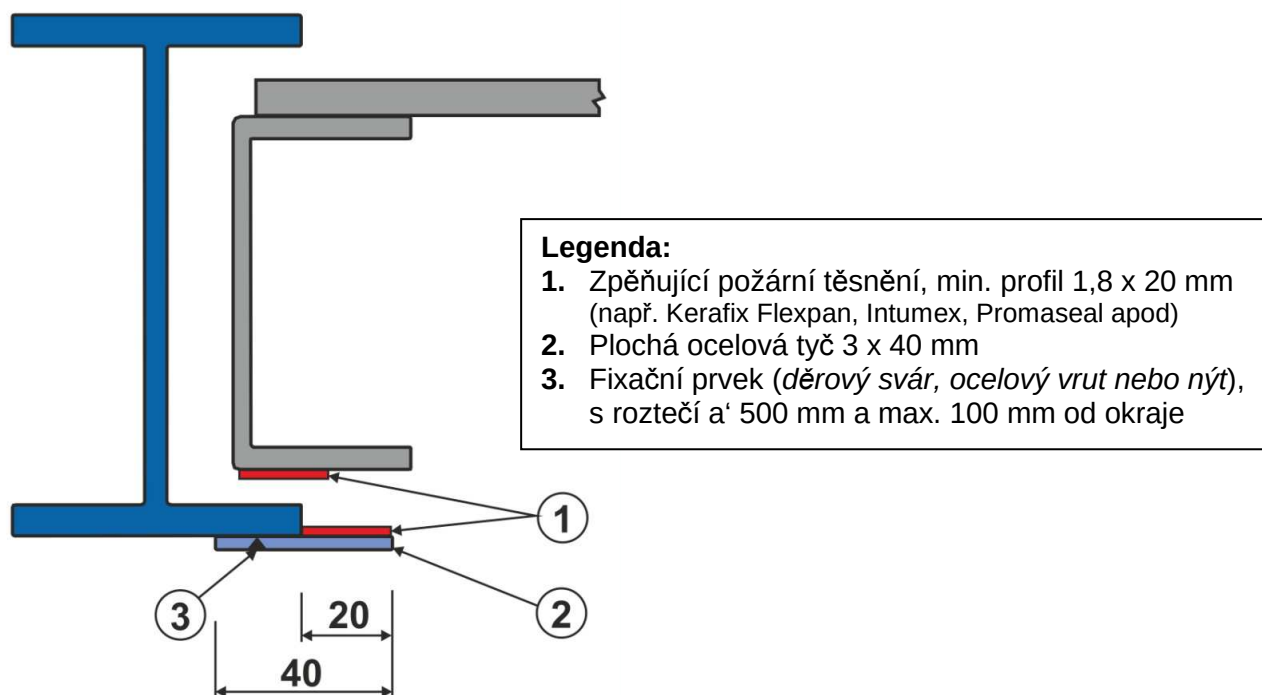
Systém Výpočet Editace Náповěda

D. Návrhy na úpravy požární opony:

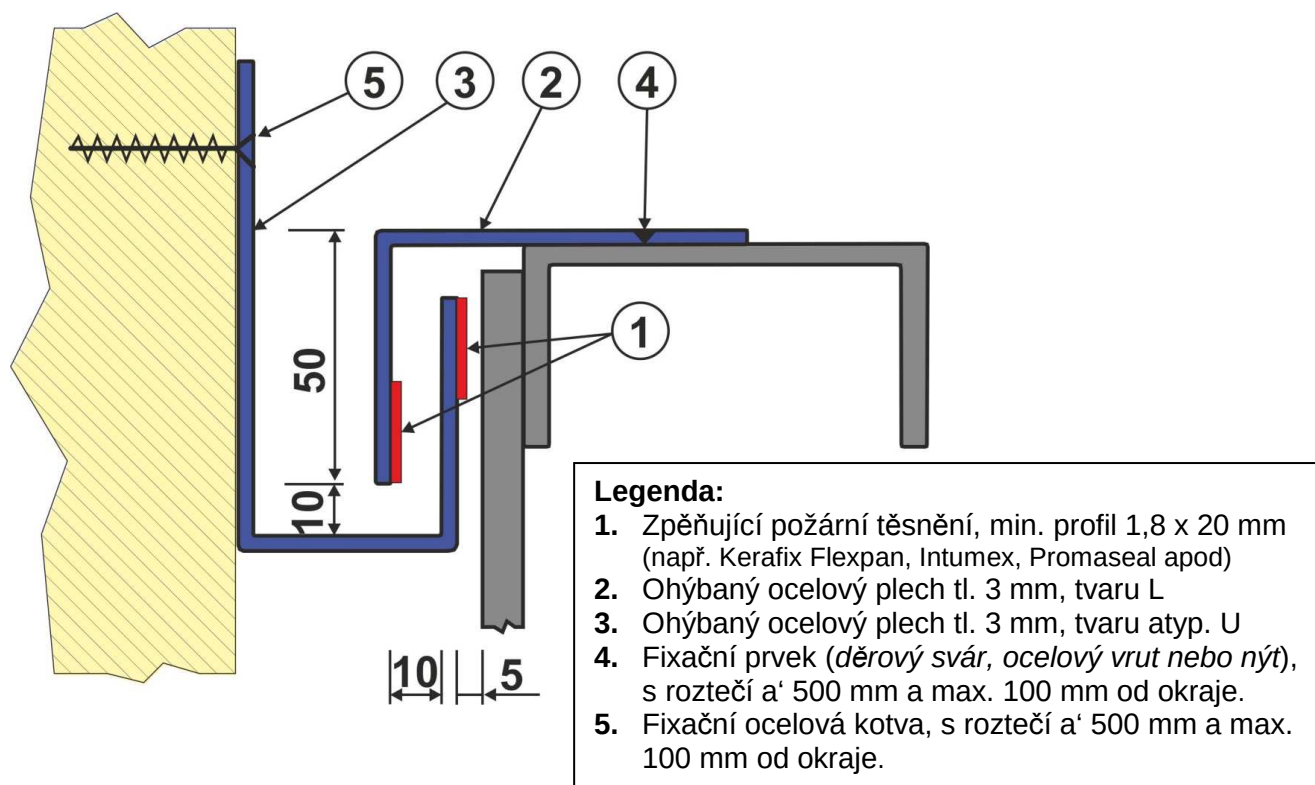
Vedle splnění radiačního kritéria **W**, které bylo simulačním modelem prokázáno, musí požární opona vykazovat, současně požadované kritérium **celistvosti E** - pro požární uzávěry otvorů se v přetlakové zóně (tj. v úrovni cca od 0,5 metru nad podlahou a výše) připouští maximální rozměr volné, neuzavřené spáry šířky 6 mm a délky 150 mm. Protože stávající provedení to nezaručuje (viz ukázky z proudění tepla na neohřívanou stranu opony, zjištěné simulačním modelem), musí být stávající spáry kolem požární opony dodatečně upraveny.

Poznámka: Volné konstrukční spáry, které z povozních důvodů musí mít každý uzávěr otvoru, většího rozměru než 6/150 mm, se zpravidla „ošetřují“ aplikací zpěňujícího požárního těsnění, které při zahřátí na teplotu cca 100 – 200°C zvýší několikanásobně svoji výchozí tloušťku a původní spáru celistvě uzavře.

Pro boční vodící lišty je návrh úprav uveden na Obrázku 1:



Obrázek 1 Dodatečné úpravy bočního vedení



Obrázek 2 Dodatečné úpravy nadpraží

E. Závěr:

Na základě vyhodnocení poznatků a dat získaných při výpočtu simulačního modelu FDS, je možné konstatovat:

1. Stávající požární opona v KD Poklad Ostrava – Poruba je svým konstrukčním provedením **vyhovující** současným požadavkům na **radiační kritérium W** (vyhovuje limitu 15 kW/m^2 jak ve vzdálenosti 1m od povrchu opony, tak i ve vzdálenosti 3 m od povrchu).
2. Pro zajištění současných pravidel **kritéria celistvosti E** musí být stávající požární opona **dodatečně upravena**, a to alespoň podle zásad uvedených v předchozí části D.
3. Požární opona neobsahuje žádné hořlavé komponenty ve své skladbě. Proto pod ní může být ponechána stávající dřevěná podlaha jeviště, anebo ji lze v rámci rekonstrukce vyměnit za novou.
4. Pro zajištění jistého uzavření (bez vlivu obsluhy) v případě požáru, doporučuji požární oponu spouštět rovněž samočinně, a to na základě impulsu od zařízení elektrické požární signalizace (EPS).
5. Pro spolehlivé spuštění požární opony až na podlahu jeviště, musí být v provozních pravidlech divadelního sálu zakotveno ustanovení, že kulisy nebo zařizovací předměty, nesmí být při probíhajících představeních instalovány v dráze uzavírání požární opony.

V Ostravě dne 1. listopadu 2012



František Pelc