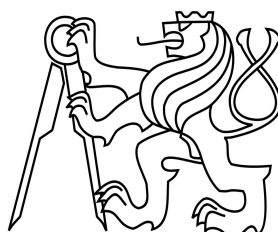


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov



Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Integrovaná bezpečnost staveb

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

# **NASÁVACÍ HLÁSIČ KOUŘE A JEHO POUŽITÍ**

ASPIRATING SMOKE DETECTOR AND ITS USAGE

**Vypracoval:** Bc. Tomáš Kaločai

**Vedoucí práce:** Ing. Pavla Pechová, Ph.D.

2021

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kaločai Jméno: Tomáš Osobní číslo: 423089

Zadávatel katedra: Katedra technických zařízení budov

Studijní program: Stavební inženýrství - N3607

Studijní obor: Integrovaná bezpečnost staveb (3607T047)

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Nasávací hlásič kouře a jeho použití

Název diplomové práce anglicky: Aspiration Smoke Detector and its usage

Pokyny pro vypracování:

V teoretické části zpracujte rešerši zaměřenou na nasávací hlásiče kouře. Rozeberte jejich druhy, konstrukce a schopnost detekce požáru v uzavřeném prostoru. Dále se zaměřte na legislativní požadavky související s těmito hlásiči z pohledu českých norem (ČSN) a norem National Fire Protection Association (NFPA).

V praktické části vytvořte počítačový model požáru a jeho detekce. Proveďte porovnání dvou různých variant nasávacích hlásičů kouře. Pro tvorbu počítačového modelu použijte program Fire Dynamics Simulator (FDS).

Seznam doporučené literatury:

Kučera, P. a Z. Pezdová. Základy matematického modelování požáru. 1 vydání, 2010. / Wald, F. a kolektiv. Modelování dynamiky požáru v budovách, 2017. / Drysdale, D. An Introduction to Fire Dynamics, 3rd Edition, 2011. / SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 5th Edition, 2015. / McGrattan, K.B. a G.P. Forney. Fire Dynamics Simulator - User's guide, NIST, 2018. / ČSN EN 54-20 Nasávací hlásiče / ČSN 34 2710 - Elektrická požární signalizace - projektování, montáž, užívání, provoz, kontrola, servis a údržba / NFPA 72 National Fire Alarm and Signaling Code® / NFPA 75 Standard for the Fire Protection of Information Technology Equipment / NFPA 76 Standard for the Fire Protection of Telecommunications Facilities

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Pavla Pechová, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 25.9.2020

Termín odevzdání diplomové práce: 3.1.2021

*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

25.09.2020

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

---

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Tomáš Kaločai

Název diplomové práce: Nasávací hlásič kouře a jeho použití

Základní část: Nasávací hlásič kouře a jeho použití podíl: 100 %

Formulace úkolů:

V rešerši se zaměřte na způsob detekce a funkci nasávacího hlásiče kouře. Z hlediska normativních požadavků pracujte s převzatou normou ČSN EN 54-20, a s americkými předpisy NFPA 72, NFPA 75, NFPA 76, a především s americkou zkušební normou UL 268, v platných zněních.

V praktické části zpracujte model požáru a detekce v prostoru vícepodlažního otevřeného atria hotelu. Porovnejte dvě varianty uspořádání nasávacího hlásiče kouře. K vypracování použijte Fire Dynamics Simulator (FDS) a další vhodný software pro určení doby dopravy vzduchu od vzorkovacího bodu k vyhodnocovací jednotce.

Podpis vedoucího DP: Datum: 29.10.2020

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

3. Část podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

---

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdávat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru).

---

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením Ing. Pavly Pechové, Ph.D. a všechny informace jsem čerpal z uvedené literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 3. ledna 2021

Bc. Tomáš Kaločai

---

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat především vedoucí mé diplomové práce Ing. Pavle Pechové, Ph.D. za odborné vedení, věcné připomínky a cenné rady, které mi dopomohly k dokončení této diplomové práce.

Rád bych poděkoval své rodině, která mě při studiu vždy podporovala a studium mi umožnila. Můj vděk také patří mým přátelům, které jsem během svých studijních let získal a byli mi vždy velkou oporou. Vždy jsem od nich obdržel potřebné povzbuzení.

---

# Obsah

<b>Abstrakt</b>	IX
<b>Abstract</b>	IX
<b>Seznam použitých symbolů a zkratk</b>	X
<b>1 Úvod</b>	<b>- 11 -</b>
1.1 Motivace	- 11 -
1.2 Stanovení výzkumné otázky	- 11 -
1.3 Cíle práce	- 11 -
<b>2 Současný stav poznání</b>	<b>- 12 -</b>
2.1 Historie	- 12 -
2.2 Skladba hlásiče	- 12 -
2.2.1 Soustava vzorkovacího potrubí	- 13 -
2.2.2 Detekční komora	- 14 -
2.2.3 Odvodní potrubí	- 15 -
2.3 Princip technologie	- 16 -
2.3.1 Aerosolové částice	- 16 -
2.3.2 Technologie optické duální vlnové délky	- 18 -
2.3.3 ASD firmy SIEMENS	- 20 -
2.4 Použití ASD	- 22 -
2.4.1 Monitorované prostory	- 23 -
2.4.2 Způsob monitorování	- 23 -
<b>3 ČSN EN, NFPA a UL</b>	<b>- 28 -</b>
3.1 ČSN EN 54-20	- 28 -
3.2 NFPA	- 30 -
3.2.1 NFPA 72	- 31 -
3.2.2 NFPA 75 a NFPA 76	- 32 -
3.3 UL	- 33 -
3.3.1 UL 268	- 33 -
3.4 Testy ČSN EN 54-20 vs UL 268	- 38 -
3.5 Závěrečné srovnání	- 55 -
<b>4 Řešení modelového příkladu</b>	<b>- 57 -</b>
4.1 Použité programy	- 57 -
4.1.1 FDS	- 57 -
4.1.2 ASPIRE Pipe Network Design Software	- 58 -
4.1.3 NOTEPAD++	- 59 -
4.2 Zadání	- 59 -
4.3 Postup	- 60 -
4.3.1 Modelování prostoru	- 60 -
4.3.2 Vzorkovací potrubí	- 61 -
4.3.3 Detektor	- 65 -
4.4 Výstupy a citlivostní analýza	- 67 -
4.5 Vyhodnocení	- 69 -
<b>5 Závěr diplomové práce</b>	<b>- 71 -</b>

---

<b>PŘÍLOHA 1 – Zdrojový kód pro modelování prostoru pro program FDS .....</b>	<b>- 72 -</b>
<b>PŘÍLOHA 2 – Výstupní hodnoty z programu ASPIRE .....</b>	<b>- 79 -</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>- 81 -</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>- 83 -</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>- 83 -</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>- 84 -</b>



## Abstrakt

Diplomová práce se zaměřuje na nasávací hlásiče kouře. Rešerše se zabývá popsání způsobu detekce a funkce nasávacího hlásiče kouře. Dále je věnována pozornost nasávacímu hlásiči firmy SIEMENS, na kterém je vysvětlen princip detekce nasávacích hlásičů kouře technologií duální vlnové délky, která je nejvíce citlivá a spolehlivá, co se detekce týče. Následně jsou popsány prostory pro využití nasávacího hlásiče kouře. V diplomové práci jsou dále porovnány rozdíly mezi ČSN EN 54-20 a náležitými americkými předpisy NFPA 72, NFPA 75, NFPA 76 a zároveň také v práci dochází k porovnání rozdílů české (ČSN EN 54-20) a americké zkušební normy UL 268. V praktické části je provedena simulace požáru v programu FDS prostoru vícepodlažního otevřeného atria hotelu. Pro modelování soustavy nasávacího hlásiče byl využit program ASPIRE Pipe Design Network Software od společnosti XTRALIS. Citlivostní analýza je součástí této práce. Závěrem jsou porovnány a vyhodnoceny dvě různé varianty uspořádání soustavy nasávacího hlásiče kouře.

### Klíčová slova

Nasávací hlásič kouře; ASD; požár; FDS; ČSN; NFPA; UL

## Abstract

The thesis focuses on the aspirating smoke detector (ASD). Research contains information about detection method and function of ASD. Furthermore, the ASD produced by the SIEMENS company is highlighted as it works with dual-optical wavelength technology providing the most sensitive and reliable detection. The paper also depicts premises and buildings, where is ASD fit to use. The thesis compares differences in approach between standard ČSN EN 54-20 and American Standards NFPA 72, NFPA 75, NFPA 76 and compares differences in testing of ASD devices between ČSN EN 54-20 and American Standards for testing UL 268. FDS software is used to create fire simulation in multi-storey hotel atrium. ASPIRE Pipe Design Network Software is used for ASD system design. Sensitivity analysis is also included in the thesis. The concluding part of the thesis compares and evaluates differences of two ASD systems in the hotel atrium based on their time of fire detection and placement.

### Keywords

Aspirating smoke detector; ASD; fire; FDS; ČSN; NFPA; UL;

---

## Seznam použitých symbolů a zkratk

### Zkratky

EPS	Elektrická požární signalizace
ASD	Aspirating Smoke Detector (nasávací hlásič kouře)
VESDA	Very Early Smoke Detection Apparatus
CFD	Computational Fluid Dynamics
FDS	Fire Dynamics Simulator (software)
LED	Light-Emitting diode
PM	Particular Matter
HRR	Heat Release Rate
FAAST	Fire Alarm Aspiration Sensing Technology
NFPA	National Fire Protection Association
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
UL	Underwriters Laboratories
LLC	Limited Liability Company
ÚNMZ	Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
ČAS	Česká agentura pro standardizaci
CEN	Comité Européen de Normalisation
ANSI	American National Standards Institution

# 1 Úvod

## 1.1 Motivace

Včasná detekce vznikajícího požáru je velmi zásadní u jakéhokoliv objektu, ať se jedná o historickou budovu s významnými uměleckými malbami a freskami či o novostavbu telekomunikačního centra, skladu nebo hotelu. Represe požáru v jeho počínající fázi vysoce ovlivní následné až destruktivní škody.

Tato diplomová práce přibližuje funkci a způsob využití nasávacího hlásiče kouře (Aspirating smoke Detector – ASD). Nasávací hlásiče jsou nejrychlejší a nejefektivnější detektory kouře, které mohou velmi ovlivnit průběh vznikajícího požáru. Dále jsou v diplomové práci porovnány rozdíly přístupu k navrhování detekce mezi ČSN EN 54-20 a americkými standardy NFPA 72, NFPA 75, NFPA 76 a zároveň jsou popsány rozdílné přístupy ke zkoušení nasávacích detektorů mezi ČSN 54-20 a UL 268.

## 1.2 Stanovení výzkumné otázky

Práce se zaměřuje na rozbor součástí nasávacího hlásiče kouře, popsání jeho jednotlivých funkcí, módů, detekčních schopností a jejich způsob uplatnění v jednotlivých prostorech. V praktické části byla v diplomové práci vytvořena simulace vznikajícího požáru ve vícepodlažním atriu hotelu. Na simulaci je znázorněno, že rozmístění prvků detekce v prostoru hraje zásadní roli při detekci a může ovlivnit návrh jak z ekonomického hlediska, tak i z hlediska bezpečnostního.

## 1.3 Cíle práce

Hlavními cíli práce jsou:

- 1) Popsání základních komponentů ASD.
- 2) Popsání principu funkce ASD a využití pro jednotlivé prostory.
- 3) Porovnání ČSN EN 54-20 a amerického standardu NFPA 72, NFPA 75, NFPA76.
- 4) Porovnání ČSN EN 54-20 a amerického zkušební standardu UL 268.
- 5) Provedení simulace v prostoru atria hotelu a porovnání dvou variant uspořádání nasávacího hlásiče kouře v daném prostoru.

## 2 Současný stav poznání

Požár, nebezpečí každé budovy, místnosti i předmětu. Ať je technologie sebevíce pokročilá, nelze nikdy stoprocentně zabránit jeho vzniku. Nejdůležitějším prvkem při vzniku požáru je jeho včasná detekce a velmi rychlé zahájení jeho represe. Čas hraje důležitou roli, jelikož to může ovlivnit výši poškození majetku, velikost plochy zasaženou požárem i případné ohrožení na zdraví osob či zvířat. Tato diplomová práce je zaměřená na prvek elektrické požární signalizace (EPS) a to nasávací hlásič kouře (ASD – aspirating smoke detector). Rozboru kompletního systému EPS a jeho dalších prvků se tato práce nevěnuje.

### 2.1 Historie

Nephelometer byl poprvé použit v roce 1967. Zařízení bylo používáno k měření kvality ovzduší a míře jeho znečištění. Princip funkce byl založený na xenonovém světle, které sloužilo k odhalení velmi malých prachových částic obsažených v prostředí. [1]

První prototyp ASD, který byl roku 1983 představen veřejnosti panem Dr. M. Cole, byl využíván v Austrálii pro detekci lesních požárů. Tento prototyp byl sestavený na základě zmíněného nephelometru. Prototyp byl připevněný na lehký letoun, který létal oblastí v období velkých požárů a sbíral data, která byla po každém letu sledována a vyhodnocována. Veřejnosti tento prvek byl představen pod názvem „Very Early Smoke Detection Apparatus“ (zkratka VESDA) neboli v hrubém překladu „zařízení pro velmi brzkou/rychlou detekci kouře“.[1]

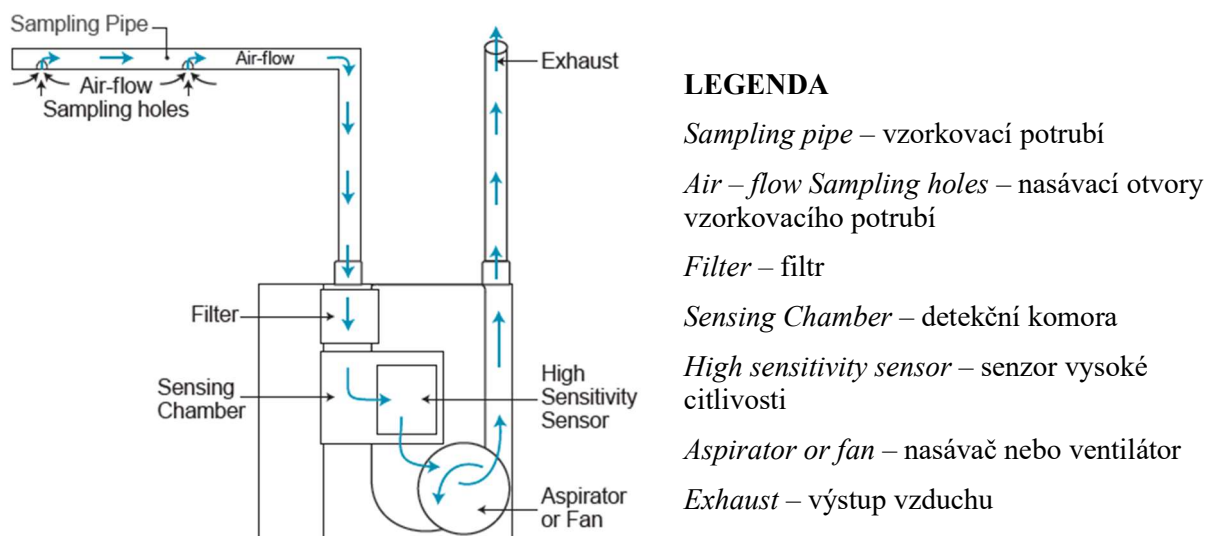
Postupem času docházelo k inovaci. Prvky byly výrazně menší, levnější a citlivost na částice kouře obsažené ve zkoumaném vzduchu razantně vyšší. Roku 1996 byl představen ASD, který pro detekci částic využíval infračervené laserové světlo. Toto světlo je tak citlivé, že dokáže detekovat i prvek o velikost 1  $\mu\text{m}$ . Později však došlo k poznání, že jeho citlivost pro aerosolové částice obsažené v kouři se citlivost pod velikost 1  $\mu\text{m}$  razantně snižuje. Z poznatků o xenonovém světle se začalo využívat ASD o kratší vlnové délce, které využívalo modré LED světlo, citlivější na menší částice než světlo infračervené. [1]

Získané poznatky z předchozích výzkumů nakonec vedly k tomu, že došlo k vytvoření ASD technologie takové, které využívá kombinaci modrého a červeného LED světla. Tímto je zaručeno, že modré světlo slouží k detekci těch nejdrobnějších částic obsažených ve zkoumaném vzorku vzduchu a světlo infračervené k rozpoznání těch větších.[1]

### 2.2 Skladba hlásiče

Systém ASD se skládá ze tří základních prvků:

- vzorkovací potrubí
- detekční komora
- odvodní potrubí



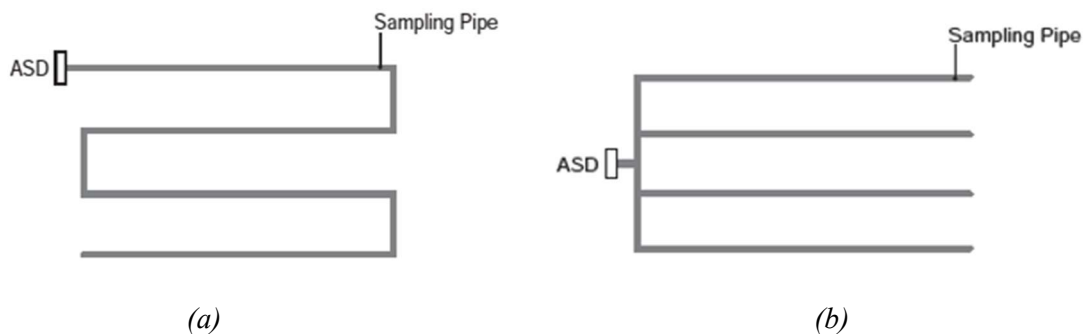
Obr. 1 Základní ASD soustava [2]

### 2.2.1 Soustava vzorkovacího potrubí

Soustava vzorkovacího potrubí je první část nasávacího hlásiče kouře. Jedná se o systém trubek rozmístěných po monitorovaném prostoru. Do trubek jsou, v požadované míře rozestupu, vytvořené díry pro nasávání zkoumaného vzduchu tzv. vzorkovací body. Vzduch je dopravován pomocí podtlaku vytvořeného ventilátorem do detekční komory, kde dochází k jeho úpravě, analýze a vyhodnocení.[2]

#### Vzorkovací potrubí lze rozdělit:

- Jedno potrubní soustava
  - V rozlehlějších prostorech může docházet k vedení příliš dlouhého potrubí, a tudíž vznikne prodleva při detekci kouřových částic
- Více potrubní soustava
  - Více potrubní systém připojený na jeden ASD



Obr. 2 Vzorkovací potrubí: (a) Jedno potrubní soustava, (b) Více potrubní soustava [2]

System umístění potrubí je v závislosti na tom, jaké prostředí monitoruje. Může být umístěn horizontálně pod stropem, mezi policemi regálu anebo vertikálně pro sklady a atria. V krytých prostorech, jako je například podhled, je využito kapilárních trubic, které přivedou vzduch z monitorovaného prostředí do vzorkovacího potrubí, které pak pokračuje do detektoru. Více v kapitole 2.4.2.

Níže jsou popsány metody, jakým lze potrubí rozmístit a získávat tím vzorky vzduchu určené pro detekci a kontrolu:

*Primary Sampling* – Tato metoda je chybě označena v překladu jako „*primární vzorkování*“, jelikož bývá používána pouze jako doplňková detekce, a nikoliv ta hlavní. Princip spočívá v tom, že potrubí je umístěno tam, kde se předpokládá, kudy bude proudit vzduch. V místnostech s vysokým prouděním vzduchu, jako jsou například datová centra nebo čisté místnosti se vzorkovací systém umístí k mřížím, kudy je vzduch z místnosti odváděn či k vzduchotechnické jednotce.

*Secondary Sampling* – „*Druhotné vzorkování*“ slouží jako doplněk k primární detekci a je taktéž použito vzorkovacího potrubí v úrovni stropu, kde jsou nasávací otvory potrubí umístěné na stejném místě, jako jsou klasické bodové detektory kouře, které kontrolují určitý prostor. Otvory jsou rozmístěny tak, aby dokázaly kopírovat pokrytí prostoru, jako bodové detektory.

*Localized Sampling* – „*lokalizované vzorkování*“ funguje na základě toho, že monitoruje určité vybavení či oblasti ve velké ploše. Potrubí je umístěno jen nad dané zařízení, které je potřebné ke sledování, jako jsou například regálové prvky ve velké skladové hale.

*In-Cabinet Sampling* – tento způsob by se dal hrubě přeložit jako „*vzorkování uvnitř skříně*“. V podstatě funguje na monitorování určitého zařízení ve velkém prostoru či skladu. Nejvíce je užíváno pro monitorování skříní v datových centrech či počítačové racky (regály). V podstatě ASD kontroluje vzduch, který proudí skříní, sloužící jako ochlazení. Nejčastější užití je v prostorech, kde minimální požár dokáže mít kritické následky na zařízení (například datová centra).

*In-Duct Sampling* – „*potrubní vzorkování*“ slouží k detekci uvnitř potrubí, které slouží na teplovzdušné vytápění, ventilaci či klimatizaci. Jakmile dojde k detekci kouřových částic proudících v potrubí, dojde k jejímu uzavření, aby nedošlo k šíření kouře skrze potrubí. Může být použito na vstupu či výstupu potrubí, aby nedocházelo k nasávání kouře či k jeho výfuku.

## 2.2.2 Detekční komora

Zařízení, na které je napojená soustava vzorkovacího potrubí a zároveň i potrubí vývodné. V prostoru detekční komory dochází k filtraci přiváděného vzduchu, detekci prachových či kouřových částic, vyhodnocení na základě zjištěných dat a případně následná reakce, jako spouštění poplachu, či pokračování v konstantním monitoringu dané oblasti. Technologie, které

jsou zakomponovány v hlásiči, bývají u všech zařízení v podstatně stejné, rozdíl bývá v tom, na jakém principu hlásič funguje. Níže jsou zmíněné typy hlásičů a jejich základní princip funkce[2]:

*Laser – Based Systems (Filtered)* – Vzduch dopravený vzorkovacím potrubím je prvotně převeden skrze filtr, kde dochází k oddělení velkých prachových částic, které by mohli ovlivnit výsledek měření, a docházelo by k vyhlášení falešného poplachu. Přefiltrovaný vzduch je poté přiveden do detekční komory, kde dochází k ozáření vzorku světlem. V přiváděném, přefiltrovaném vzduchu dochází k rozptylu světla, které vzniká díky částicím v něm obsaženým. Míru rozptylu zachytí foto kolektor, který následně vyhodnotí, jak velké je zastoupení kouřových částic (vzniklé v počáteční fázi hoření či při požáru) v daném vzorku.[2]

*Laser – Based Systems (Non-Filtered)* – Systém je nazývaný jako „počítání částic“. V podstatě princip je takový, že přiváděný vzduch nejde přes filtr, aby došlo k redukci větších prachových částic, ale je rovnou přiveden do detekční komory. Vzorek je opět ozářen, jako v předchozím případě, ovšem zde foto kolektor vyhodnocuje míru zastoupení částic o určité předem definované velikosti a díky laserové technologii dokáže tímto rozlišit, zda jsou v přiváděném vzduchu obsažené kouřové částice, či se jedná pouze o prach. [2]

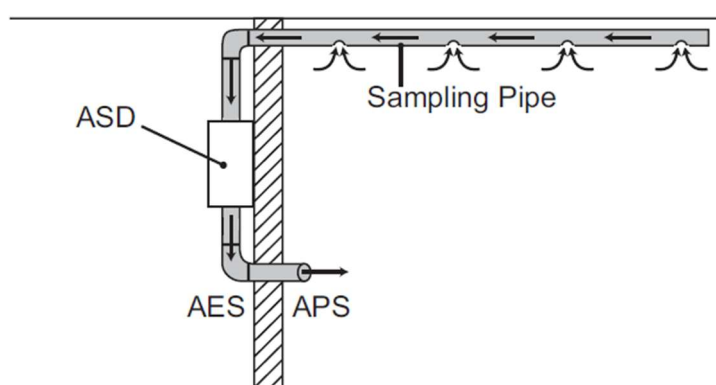
*Cloud Chamber* – V překladu takzvaná mlžná komora je jedna z nejstarších metod rozpoznání zplodin hoření v přiváděném vzduchu. Hlavní rozpoznávací prvek je dokonale uzavřená komora naplněná vodní párou o extrémní hustotě. Jakmile přijde nabytá částice zplodin hoření do kontaktu s vodní párou, dojde k její ionizaci. Výsledkem tohoto procesu je to, že ionty se chovají jako kondenzovaná jádra, okolo kterých se vytvoří mlha. Tento proces z částice, která je pod vlnovou délkou světla, tudíž není viditelná, udělá částici, která je nad touto vlnovou délkou, a tudíž je viditelná. Následně se v komoře pomocí foto buňky provede porovnání velikosti částic a vyhodnocení, jestli se jedná o mlhovou částici nebo zplodinu hoření. [2]

*Dual Source Sensor* – Tento typ hlásiče funguje na základně duálních zdrojů senzoru. Modré LED světlo je využito k rozpoznání extrémně malých částí, díky jeho vysoké citlivosti a v kombinaci s infračerveným světlem, které naopak slouží k rozpoznání velkých částic. Pokročilý algoritmus vyhodnotí signály přijaté na základně obou světel a vyhodnotí, zda se jedná o zplodiny hoření či pouze jen o prachové částice, které by mohly vyvolat jen falešný poplach. Zachycené částice mohou být rozpoznány až po hranici zhoršení viditelnosti 0.0015% na metr.[2]

### 2.2.3 Odvodní potrubí

V celém systému přívodního vzorkovacího potrubí, detekční komory, ventilátoru a odvodního potrubí musí být kompletní rovnováha, co se tlaku a rychlosti pohybu vzduchu týče. Detekční komora je navržena tak, aby dokázala snímat částice za jeho pohybu v závislosti na rychlosti ventilátoru, který řídí pohyb v celém systému. Pokud je rychlost odváděného vzduchu vyšší než rychlost v chráněném prostoru (chráněném prostoru ve smyslu, že je zde instalována detekce požáru), může rapidně dojít ke snížení citlivosti na rozpoznání částic v detekční komoře vlivem

příliš rychlého proudění kouřových částic detektorem. Příliš vysokou rychlostí také dochází ke vzniku nežádoucího tlaku v soustavě. Naopak pokud je rychlost odvodního vzduchu rychlejší než rychlost vzduchu ústící do chráněného prostoru, tak může dojít k odporu a tahu, který začne působit na ventilátor. Vlivem těchto záporných faktorů dojde k jeho zpomalení, sníží se rychlost dopravy zkoumaného vzduchu do detekční komory. Vývodem vzduchu do stejného prostoru (Obr. 3), odkud je nasáván se eliminuje tlakový rozdíl a tím pádem se předejde druhému problému s rozdílem rychlostí vývodu vzduchu.[2]



#### LEGENDA

- Sampling Pipe* – vzorkovací potrubí
- ASD* – nasávací hlásič kouře (detekční komora)
- AES* – tlak vzduchu vývodného potrubí
- APS* – tlak vzduchu chráněného prostoru

Obr. 3 Vývodné potrubí [2]

## 2.3 Princip technologie

Základní principy fungování ASD hlásiče byly okrajově rozepsány v kapitole 2.2.2. Každý výrobce si může sám zvolit, kterou z technologií uzná za vhodnou a bude využívat při výrobě svých detektorů. V této kapitole budou okrajově popsány prachové částice, jako prvek, který je detekován během požáru a podrobněji rozepsané principy detekce na základě duální technologie vlnových délek firmy SIEMENS.

### 2.3.1 Aerosolové částice

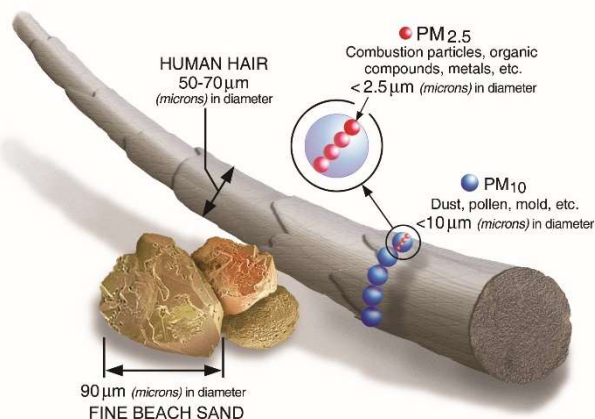
Jedná se o heterogenní směs malých pevných částic (dým) nebo kapalných částic (mlha), které jsou obsažené v plynu. Velikost aerosolových částic se určuje na rozmezí 10 nm do velikosti 10  $\mu\text{m}$ . Největší obsazení těchto částic je v atmosféře, kde dochází k jejich shlukování a snížení tak viditelnosti. Sopečná činnost je jedním z velkých zdrojů aerosolových částic v atmosféře, lesní požáry či v extrému jaderná válka. Velké množství v atmosféře může vést až k negativním vlivům jako je ochlazení či oteplení planety. [4]

Aerosolové částice nejsou lidským okem viditelné. Jejich viditelnost je jen v případě, že dojde k shluku těchto částic ve viditelný oblak páry či kouře. Člověk dokáže rozlišit pouhým okem, zda se jedná o prach, mlhu, oblaka či například lak na vlasy jen na základě toho, když ví,



jaký je zdroj tohoto mračna. Technologie detekce kouře funguje na principu rozřazování těchto částic do určitých skupin na základě velikosti jejich částic[1].

Níže je vložen obrázek (Obr. 4) pouze pro přiblížení částic o různé velikosti jako například lidský vlas či částice vzniklé jako produkt spalování.



#### LEGENDA

50 – 70  $\mu\text{m}$  - *Human hair* – lidský vlas

90  $\mu\text{m}$  *Fine Beach Sand* – jemný plážový písek

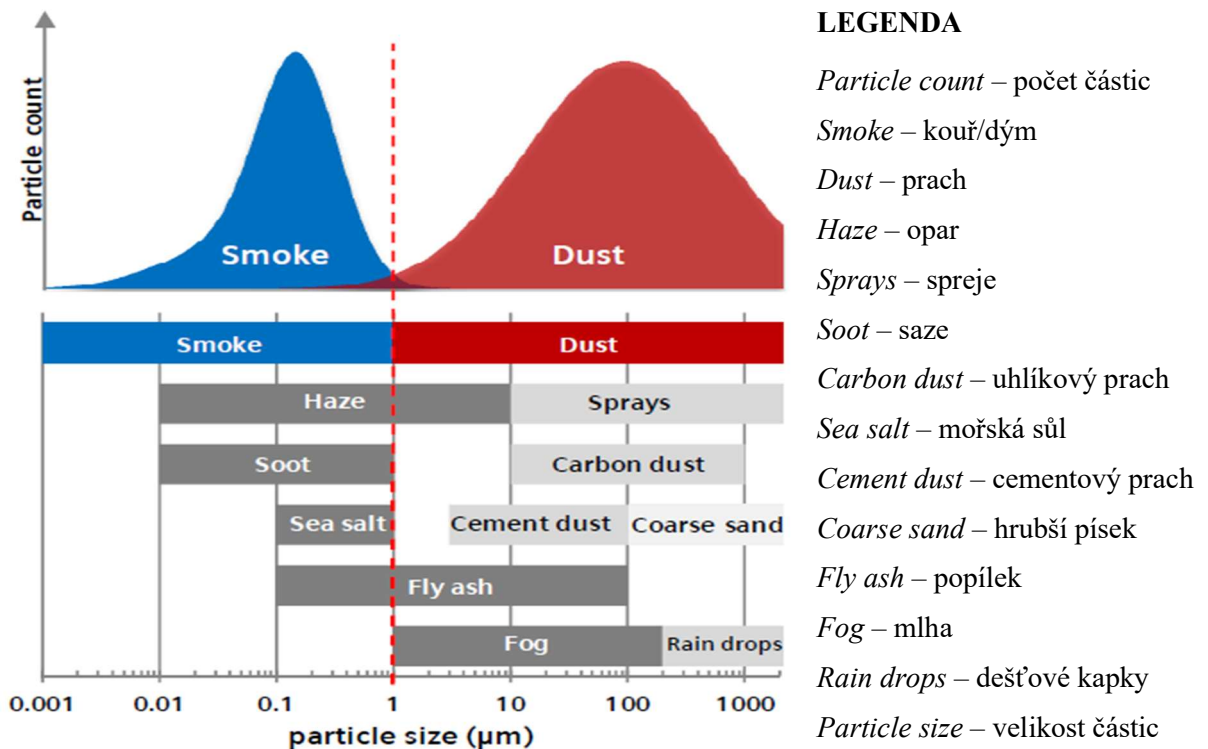
*PM(particular matter)* – částice

*PM10* < 10  $\mu\text{m}$  – prach, pyl, plíseň

*PM2,5* < 2,5  $\mu\text{m}$  – částice vzniklé spalováním, organické sloučeniny, kovy

Obr. 4 Příklad velikosti částic [5]

Na Obr. 5 je znázorněna velikost kouřových a prachových částic, které se rozeznávají ve vzorku vzduchu, který je přiváděn do detekční komory a dochází k následnému počítání částic na základě jejich velikosti. Dle grafu jsou částice rozdělené na dvě části s velikostí pod 1  $\mu\text{m}$  (saze, mořská sůl) a částice nad 1  $\mu\text{m}$  (spreje, uhlíkový prach, mlha, kapky deště). Některé částice, jako například opar nebo popílek nejde přímo specifikovat do jedné z těchto dvou kategorií, jelikož mají rozsah velikosti částic nad i pod hranici 1  $\mu\text{m}$ .



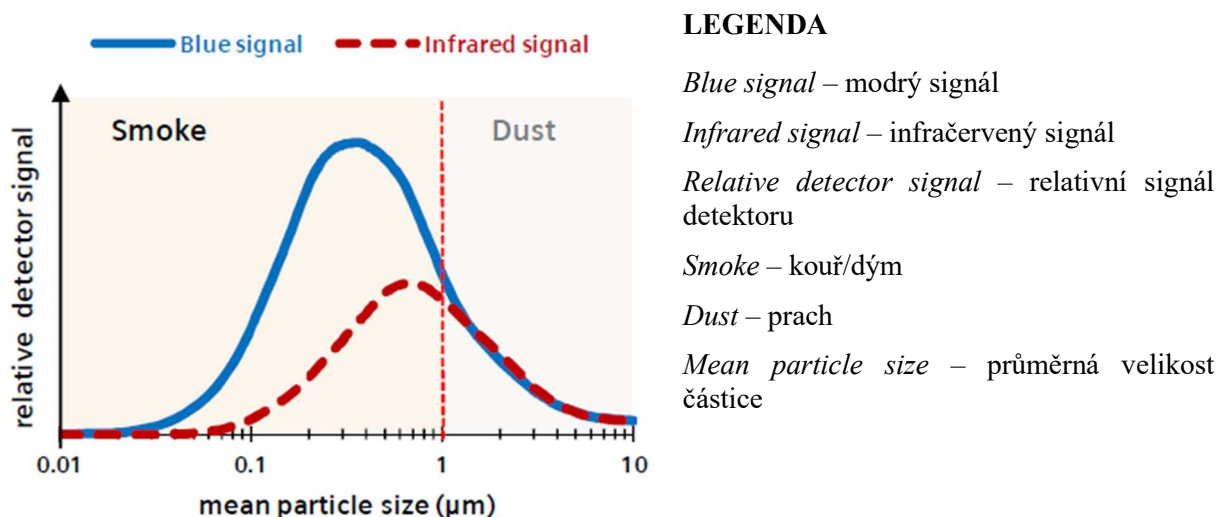
Obr. 5 Kouřové a prachové částice [1]

### 2.3.2 Technologie optické duální vlnové délky

Tato technologie je založena na využití modrého a infračerveného světla pro detekci částic obsažených ve vzorkovacím vzduchu, kde modré světlo slouží k rozpoznání malých a infračervené k detekci částic větších, které by mohly vést k tomu, že v chráněném prostoru došlo k zahoření[1].

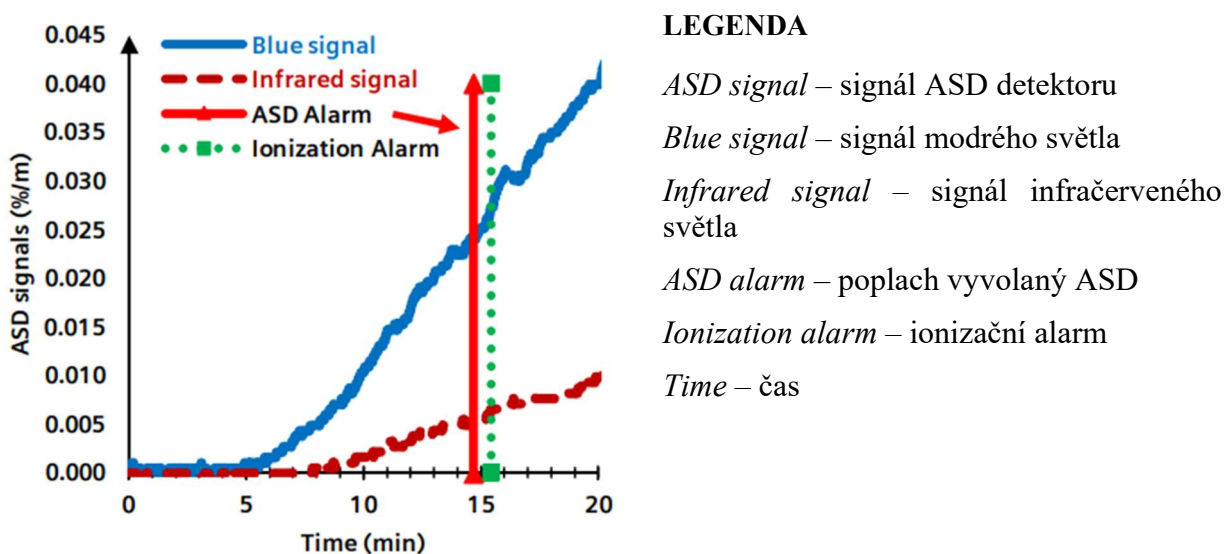
Modré světlo je mnohem účinnější u částic velmi malých, jako jsou například plyny. V těchto případech je i 16-krát silnější než infračervené světlo. Jak bylo znázorněno na Obr. 5, tak se rozsah velikostí částic vznikajících při spalování pohybuje od 0.001 µm až po 1 µm. V těchto případech je modré odražené světlo přibližně 5-krát silnější než světlo infračervené[1].

Na Obr. 6 je znázorněná účinnost modrého a infračerveného světla v rozmezí 0.01 µm až po 10 µm. Na obrázku je viditelné, že ke srovnání účinnosti infračerveného a modrého světla dochází přibližně mezi 1 – 2 µm. Později v této oblasti se začínají nacházet prachové částice (a dochází k nárůstu účinnosti infračerveného světla), které jsou nežádoucí během detekce požáru, jelikož při špatné detekci by mohlo zbytečně dojít k planému poplachu případně spouštění prvků, které by sloužily k represí požáru, i když by žádný požár nebyl a to by mohlo vyvolat velmi vysoké a zbytečné škody na majetku[1].



Obr. 6 Účinnost modrého a infračerveného světla [1]

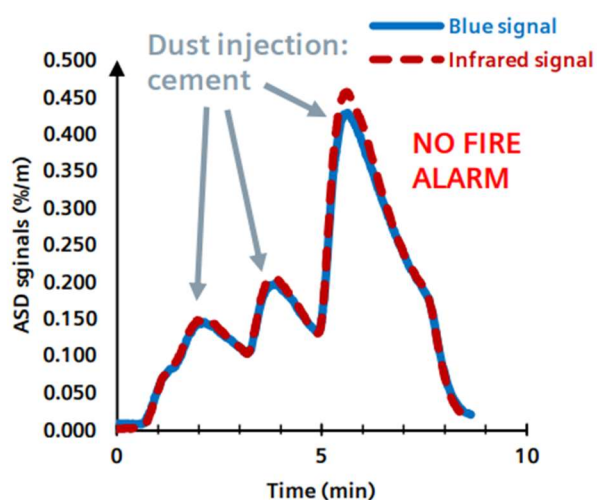
Pro znázornění velmi vysoké citlivosti modrého a červeného světla byla použita heptanová nádrž o rozměrech 10x10x10x cm a objemu 250 ml. K nádrži byl umístěn ventilátor, aby se docílilo velkého rozptýlení kouře a ke vzorkovacímu potrubí se dostalo s co nejnižší hustotou. Pro zkoušku byla zvolena místnost o objemu 240 m<sup>3</sup>. Kouř byl rozptýlen do takové míry, že klasický optický detektor či lidské oko by ho nezpозorovalo. Na Obr. 7 je vidět, že modré LED světlo má přibližně 5-krát vyšší účinnost, než světlo infračervené. Alarm je aktivovaný téměř ve stejný čas, jako ionizační kouřový detektor i s předpokládanou prodlevou 80 vteřin pro transport vzduchu skrze 60 metrů dlouhé vzorkovací potrubí se 16 otvory pro nasávání. Citlivost detektoru byla nastavena na normální, tudíž kdyby byl nastavený na ultra sensitivní, mohlo by dojít ještě k rychlejší aktivaci a vyvolání alarmu. Tento pokus sloužil zároveň jako důkaz toho, že díky používání rozptýlení modrého led světla dojde k velmi brzkému detekování vznikajícího požáru, a tudíž k včasné aktivaci represivních prvků. [1]



Obr. 7 Pokus heptanové nádrže [1]

### 2.3.3 ASD firmy SIEMENS

Kombinací modrého a červeného (infračerveného) světla dochází k zásadní redukci falešných poplachů. Na Obr. 8 je znázorněn pokus, kde byl využit ASD detektor od firmy SIEMENS se vzorkovacím potrubím délky 20 metrů a 5 otvory pro nasávání. V pokusu byl třikrát vpuštěn cementový prach do systému na konci tohoto vzorkovacího potrubí. Během pokusu nedošlo k vyvolání alarmu i přes to, že hustota prachu dosáhla vyšších hodnot, než v příkladu výše (Obr. 7). Stejný průběh křivek je způsoben tím, že rozsah detekce modrého LED světla je razantně vyšší. Infračervené světlo slouží jako detektor pro prachové částice. Na obrázku je tedy znázorněný stejný průběh křivek a díky tomu nedošlo k vyhlášení falešného poplachu. Modré LED světlo správně zaznamenalo všechny částice, ale díky infračervenému se určilo, že se jedná o prach, nikoliv o zplodiny hoření.



#### LEGENDA

*ASD signals* – signály ASD

*Dust injection: cement* – vpuštění cementové prachu

*Blue signal* – signál modrého světla

*Infrared signal* – signál infračerveného světla

*No fire alarm* – žádný požární poplach

*Time* – čas

Obr. 8 Testování SIEMENS ASD prvku [1]

*ASD firmy SIEMENS (například model ASD FDA241) má tři základní operační módy:*

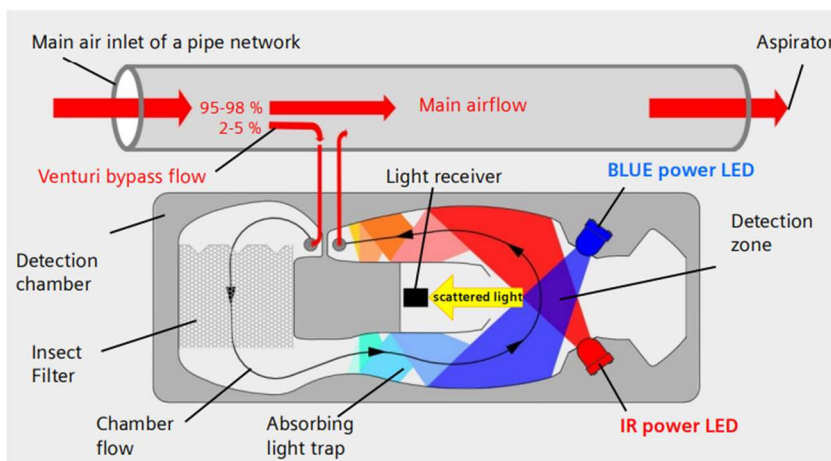
- Robust
- Automatic discrimination
- Ultra sense

Po zvolení modelu lze citlivost detektoru doladit na základně přednastavených vlastností. Tím, že se určí mód, tak vlastně dochází k určení velikosti kouřových částic, které budou detekovány pro případ požáru, a naopak i k definici velikosti prachových částic, které budou taktéž detekovány, ale nebude prováděna žádná akce, jinak by mohlo docházet k vyvolání falešného alarmu. Čím je v hlásiči nastavena vyšší citlivost na částice o velmi malé velikosti, tím je rychlost detekce a signalizace požáru rychlejší, jelikož zde nemusí detektor dlouho rozhodovat, zda je to

částice prachu či kouře. Toto je velmi praktické u detekce při lesním požáru či požáru paliva, jelikož při spalování vznikají velmi malé částice kouře. [1]

**Robust** mód se nejvíce používá v prostředí, kde dochází ke vzniku velkého množství prachových částic, jako jsou například průmyslové areály, recyklační továrny, pily. **Automatic discrimination** přeloženo jako automatická diskriminace se používá pro standardní uplatnění, jako jsou například velké veřejné budovy, muzea a sklady. **Ultra sense** neboli ultra sensitivní(citlivý) mód má největší uplatnění v prostorech, kde je detekce kouřových částic a vyhlášení poplachu velmi nutné v začínající fázi, aby došlo k co nejrychlejší represí, jelikož i malý požár může kompletně poničit celé vybavení a zároveň se zde nepředpokládá, že by zde docházelo k vysokému vzniku prachu a šíření větších prachových částic. Tyto místnosti jsou například čisté místnosti či serverovny.[1]

Na níže uvedeném obrázku (Obr. 9) je znázorněno schéma ASD detektoru firmy SIEMENS. Převážná většina vzorkovacího vzduchu koluje systémem potrubí a přibližně 2–5 % vzduchu je vtaženo do obtoku, na který je napojena detekční komora. Nejdříve přivedený vzduch projede filtrem na hmyz či jakékoliv větší částice, které již nespádají ani do prachových částic. Následně putuje vzduch do detekční zóny, kde je ozáren modrým a infračerveným LED světlem během svého proudění a odražené světlo prochází štěrbinou do přijímače světla, který nadále na základně odraženého světla vyhodnocuje, zda se jedná o prachové či kouřové částice. Vzduch, bez zastavení, pokračuje zpět do hlavního toku a později dochází k jeho výfuku do prostoru.[1]



#### LEGENDA

*Main air inlet of pipe network* – hlavní přívod vzduchu vzorkovacího potrubí  
*Main airflow* – hlavní proud vzduchu

*Aspirator* – aspirátor

*Venturing bypass flow* – obtok vzorkovacího vzduchu

*Detection chamber* – detekční komora

*Insect filter* – filtr proti hmyzu,

*Chamber flow* – směr toku komorou

Obr. 9 Schéma ASD prvku firmy SIEMENS [1]

*Absorbing light trap* – absorpční světelná past, *IR power LED* – infračervené LED světlo, *Detection zone* – detekční zóna, *Scattered light* – rozptýlené světlo, *Light receiver* – přijímač světla, *BLUE power LED* – modré LED světlo.

ASD firmy SIEMENS zobrazený na obrázku výše (Obr. 9) využívá pouze 2–5 % proudícího vzduchu skrze vzorkovací potrubí. Využívá tím tak vzniku Venturiho efektu[1]. Venturiho efekt funguje na principu proudění tekutiny/plynu (zde se jedná o vzduch). Funguje na principu, že tlak, který je v proudící tekutině, je nepřímo úměrný rychlosti proudění tekutiny. Rychlost tekutiny proudící přes menší prostory či zúžení je tedy rychlejší, kvůli vyššímu tlaku v místě zúžení.[5] Vzduch tedy v ASD detektoru nemusí být přidavně poháněn ventilátorem uvnitř detektoru, ale je poháněn tlakem, který vzniká prouděním vzduchu a dochází tak k jeho kompletní výměně při průchodu detektoru ve velmi krátké časové periodě.[1]

Vzorkovací potrubí vzduchu pro ASD může být až 60 metrů dlouhé s velkými tlakovými rozdíly po cestě jeho vedení. Rychlost proudění je navržena tak, aby za co nejnižší spotřeby energie byla zaručena nejvyšší efektivita. Proudění vzduchu je možné od 15 až po 60 litrů za minutu v závislosti na nastavení potrubí. Spotřeba energie na proudění je přitom pouhých 3,5 Wattů. Proudění vzduchu je monitorováno senzorem proudícího vzduchu zároveň se senzorem teploty, který se nachází v prostoru detektoru. S vyšší teplotou vzduchu dochází ke zpomalení proudění v potrubí, jelikož má vzduch nižší hustotu. Senzor teploty kontroluje teplotu prouděného vzduchu a na základě teploty následně dokáže rychlost proudění zvýšit, či zrychlit. Standardní rychlost proudění vzduchu je při teplotě  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  až po  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  na základě patentovaného algoritmu porovnávání teplot.[6] Na tomto principu je nastavený prvek, který kontroluje proudění vzduchu v detektoru a dojde-li k nějaké blokaci či přerušení proudění, vyhlásí patřičný alarm, aby mohlo dojít k jeho překontrolování či odstranění problému.[1]

## 2.4 Použití ASD

Využití ASD má velké uplatnění. Lze aplikovat do malých, čistých prostor, ale zároveň i do prostoru velkého rozsahu, open space či prostorů s velmi vysokou prašností a vzniku nečistot. ASD se ve značném počtu používá v prostorech, kde je brzká detekce a následná represe klíčovým prvkem k tomu, aby se předešlo k velkým škodám. Na Obr. 10 je znázorněn časový průběh požáru v závislosti na čase a hustotě kouře. Z obrázku je viditelné, že ASD detektor dokáže rozeznat zplodiny hoření a začít provádět akci mnohem dříve než klasické detektory či sprinklerové hlavice, které reagují na zvýšenou teplotu.[7]

**LEGENDA***Time* – čas*Smoke density* – hustota kouře*Incipient stage* – počáteční fáze*Visible smoke* – viditelný kouř*Flaming fire* – plamenný požár*Intense heat* – intenzivní žár*Alert* – upozornění*Action* – akce

Obr. 10 Průběh požáru a reakce detektorů [7]

*Fire 1*- požár 1, *Fire 2* – požár 2 (prvky požární represe)**2.4.1 Monitorované prostory**

Prostory, ve kterých jsou ASD využívány a nejvíce praktické co se týče následných škod v případě vzniku požáru [7]:

- ubytování, nápravná zařízení, věznice, čisté místnosti
- studené uložení („mrazáky“), kulturní a historicky cenné památky
- datové a telekomunikační služby, nemocnice a pečovatelské domy
- přístavy, jaderné elektrárny, benzínové stanice
- přenosné rozváděče, generátory energie
- archivy, dopravní zařízení (metra, letiště), obchodní centra
- větrné elektrárny, sklady
- prašné prostředí (sklárny odpadu, zoo, výroby)

**2.4.2 Způsob monitorování**

Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, monitorovaných prostorů, kde se využívá systému ASD je velmi mnoho. Způsob sledování ovšem i záleží na tom, kde je vzorkovací potrubí. V této kapitole bude znázorněno pár příkladů, jak nejlépe umístit vzorkovací potrubí, aby docházelo k nejefektivnějšímu uplatnění.

Rozvody vzorkovacího potrubí nemusí vést pouze horizontálně či vertikálně, ale potrubí se může umístit i kombinovaně, do různých úrovní, i stáhnout do skříně. Na příkladech níže jsou popsány a zobrazeny některé příklady užití.

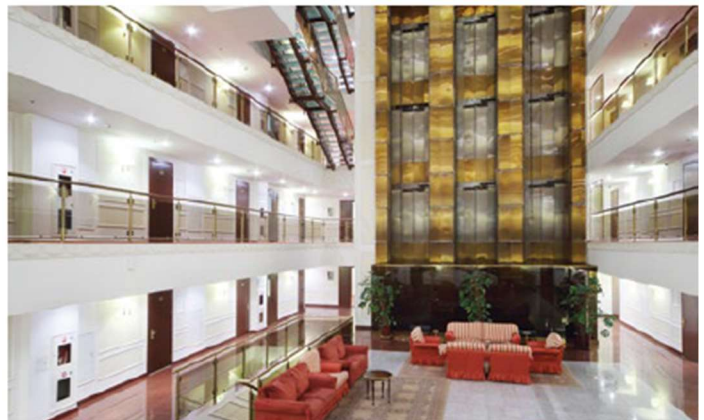
### Vysoké prostory

Do těchto prostorů lze zařadit atria hotelů, sklady a distribuční centra, obchodní centra a například i kostely či katedrály. V tomto prostředí je nejvíce nepříznivý prvek teplota. Kouř, díky své vyšší teplotě než okolí, stoupá vzhůru, což je velmi příznivý efekt pro nasávací hlásiče kouře, které jsou umístěné ve stropní úrovni. Problém se ale objeví ve stropní úrovni. Spousty těchto prostorů se navrhuje tak, aby bylo osvětleno co nejvíce přirozeným světlem, a to znamená, že střešní prvky bývají prosklené. Vlivem slunečního záření se sklo a stropní úroveň velmi vysoce zahřejí a kouř během svého stoupaní, jelikož se vzdaluje od zdroje, postupně ztrácí svoji teplotu, jelikož se mísí s okolním vzduchem. Ve vysokém prostoru se tak může stát (například atria hotelů mohou mít třeba i 30 metrů), že vzduch stropní úrovně bude mít vyšší teplotu než kouř, který k němu stoupá, a nedojde tak k nasátí tohoto vzduchu, a tím k aktivaci signalizace požáru nasávacími hlásiči kouře.[2]

Spojené s případem zmíněné výše může být i problém, že dojde k zahoření prvku s nízkou energií pro rozvoj kouře. Pokud má požár nízkou energii, teplota kouře není natolik vysoká, aby dokázala překonat výškový rozdíl místnosti a případně i teplotní rozdíl v horní vrstvě, která je vyhřívána sluncem. Zmiňované problémy jsou znázorněné na Obr. 13 a Obr. 14.[2]

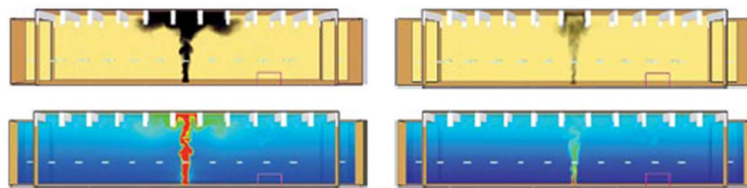


Obr. 11 Historická knihovna [2]

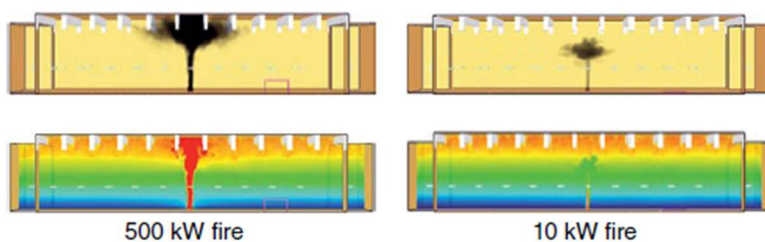


Obr. 12 Atrium hotelu [2]



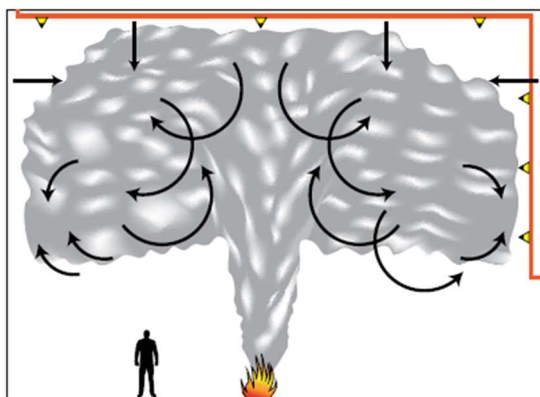


Obr. 13 Rozvoj při konstantní teplotě okolí 26 °C v 90. vteřině [2]

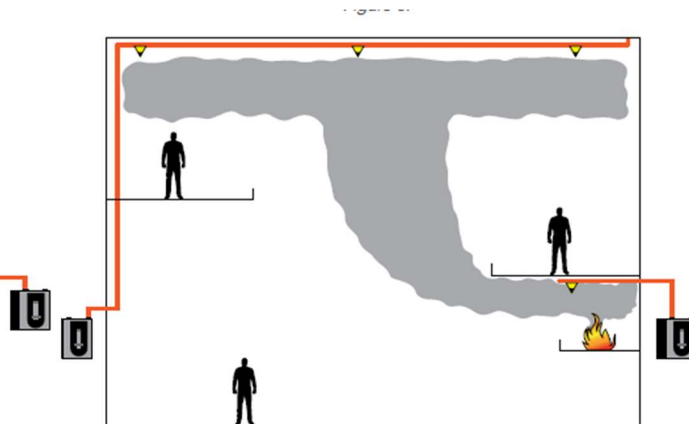


Obr. 14 Rozvoj kouře při teplotě stropu 42 °C v 90. vteřině [2]

Na výše uvedených obrázcích (Obr. 13 a Obr. 14) můžete vidět, jak teplota u stropu a zároveň požár s nízkou energií může ovlivnit stoupání kouře. Toto může velmi ovlivnit detekci, která zareaguje později, než by bylo v klasickém případě normálního požáru a mohlo by to ovlivnit vysoké škody. V tomto případě se využívá kombinování umístění vzorkovacího potrubí viz. Obr. 15 a Obr. 16.

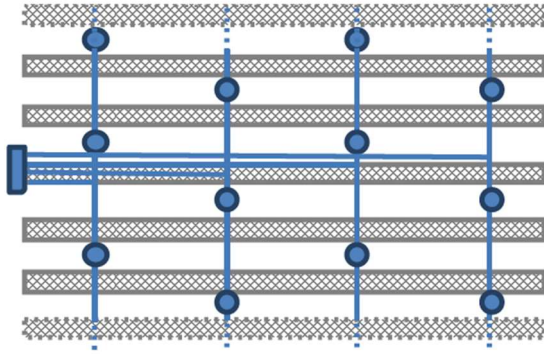


Obr. 15 Kumulace kouře [2]

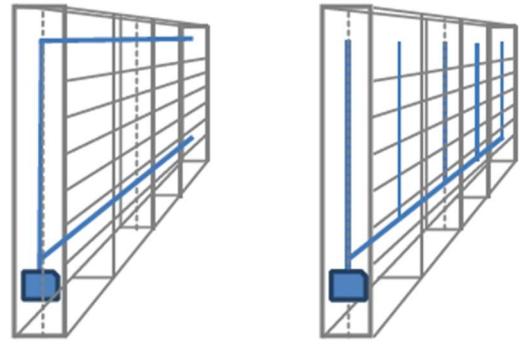


Obr. 16 Detekce na více úrovních [2]

Na Obr. 15 (vlevo) je viditelná kumulace vzduchu v horní vrstvě vlivem proudění vzduchu díky vzduchotechnické jednotce, a proto je umístění vzorkovacího potrubí jak v horizontální, tak vertikální rovině. Na Obr. 16 je znázorněna další z možností detekcí na více úrovních v převýšení i několika desítkách metrů. Takových variant umístění je spousta, tyto dva obrázky jsou znázorněny pro představu. [2]



Obr. 17 Umístění v regálu skladů [2]



Obr. 18 (a) Horizontální a (b) vertikální umístění potrubí [2]

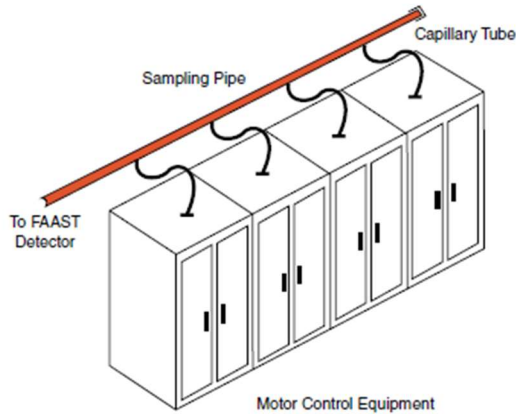
Na Obr. 17a Obr. 18 je viditelné uplatnění nasávacího hlásiče kouře pro regálové skladování. Vzorkovací potrubí může být klasicky umístěno na stropě ve skladu, což může v případě vysoké výšky skladování dělat komplikace a být tedy nevhodné. Na Obr. 19 je viditelné i možné snížení vzorkovacího potrubí ze stropní úrovně pro monitorování regálového systému.



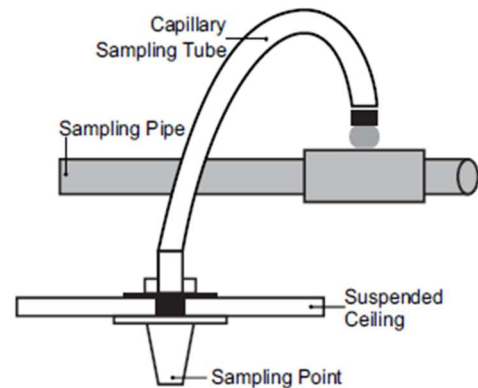
Obr. 19 Sestup vzorkovacího potrubí ze stropní úrovně [2]

### Datová centra

Datová centra, serverovny či jiná počítačová zařízení často využívají kapilární trubice, které slouží k dopravě vzduchu z monitorovaného prostoru do vzorkovacího potrubí, které poté pokračuje do detekční komory na analýzu. Kapilární trubice lze využít i například do otvorů v podhledech, kde se nechá pouze malý prostor pro nasávací otvor vzorkovacího potrubí a poté v podhledu je vzduch pomocí kapiláry dopraven do systému potrubí.



Obr. 20 Kapilární trubice ve skříní [2]



Obr. 21 Kapilární trubice v podhledu [2]

## LEGENDA

### Obr. 20 + Obr. 21

*Sampling pipe* – vzorkovací potrubí, *To FAAST detector* – směr k detektoru, *Capillary Tube* – kapilární trubice, *Motor Control Equipment* – zařízení ovládané motorem, *Suspended ceiling* – zavěšený podhled, *Sampling pointing* – nasávací otvor

## Historické budovy a muzea

V mnoha historických prostorech se mohou vyskytovat malby či umělecká díla. Prostředí těchto prostorů musí být velmi hlídáno, je zde omezený i pohyb vzduchu, vlhkost, prašnost a obecně jsou zde kladeny vysoké nároky na prostředí. Pro případ požáru se dá uplatnit umístění vzorkovacího bodu co nejbližší k chráněnému prvku jako například na Obr. 22 pomocí kapilární trubice.



## LEGENDA

*Void space* – prázdňá mezera

*Sampling pipes* – vzorkovací potrubí

*Sampling point in the base of the chandelier* – vzorkovací bod v základu lustru

*Capillary Sampling tube attached to the chandelier chain* – kapilární trubice upevněná k řetězu lustru

Obr. 22 Vzorkovací potrubí u lustru [2]

## 3 ČSN EN, NFPA a UL

Obecně ČSN definuje chráněné označení českých technických norem. Tvorbu a vydávání ČSN zajišťuje úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), který vznikl roku 1993 a jeho předchůdcem byl český normalizační institut, který byl k 31. prosinci 2008 zrušen a nahrazen zmiňovaným ÚNMZ. Veškeré činnosti, které souvisejí s tvorbou, vydáváním a distribucí technických norem přešly od 1.1.2018 na Českou agenturu pro standardizaci (ČAS). Úřad spolupracuje s Evropským výborem pro normalizaci (ECS – European Committee for Standardization, označován dle francouzského názvu CEN – Comité Européen de Normalisation), který byl založen již roku 1961 a od té doby spolupracuje na vývoji evropských norem (EN), za účelem sjednocení jednotného trhu pro zboží služby pro zabudování místa Evropy v globální ekonomice. CEN spolupracuje s celkem 34 evropskými zeměmi zároveň, například i s partnerskými normalizačními organizacemi například z Austrálie, Egyptu, Ruska či Moldávie. [8]

### 3.1 ČSN EN 54-20

Tato norma byla převzata z evropské normy EN 54-20:2006. Část 20 této normy se zabývá čistě pouze nasávacím hlásičem kouře. Tato norma určuje specifické požadavky, metody zkušební a kritéria, podle kterých musí být nasávací hlásiče provedeny. Nasávací hlásiče, které jsou vyvinuty na ochranu prostředí před specifickými riziky se speciálními charakteristikami, než je požár prostoru například skladu, hotelu či jiného prostoru zmíněného výše, nejsou do této normy zahrnuty. Některé hlásiče dokonce obsahují radioaktivní materiály, kde každá země má určenou míru ochrany před zářením, a tudíž taktéž nejsou v této normě zahrnuty.

Aby hlásič mohl být vyhlášen, jako normu splňující, musí splnit řadu požadavků v této normě zmíněných buď vizuální kontrolou, či technickým hodnocením. Hlásič musí být zkoušen dle kapitoly 6, kde jsou vyjmenovány podmínky zkoušek a jejich provedení a musí těmto požadavkům vyhovět.

Níže jsou popsány požadavky, které musí nasávací hlásič splnit, aby mohl být označen, jako hlásič, který splňuje požadavky normy [9]:

- Hlásič musí být opatřen optickým červeným indikátorem funkčním až do vynulování poplachu.
- Pomocná zařízení nesmí při poruše (rozpojení či zkratu) ovlivnit funkci hlásiče.
- Nelze samovolně měnit výrobní nastavení hlásiče bez použití speciálního kódu, či nástroje. Pokud je hlásič nastaven tak, že nesplňuje podmínky této normy, musí to být jasně uvedeno v dokumentaci.
- Vlivem opatření kvůli „kompenzaci driftu“ se musí zajistit to, aby nedošlo ke snížení citlivosti hlásiče z důvodu pomalu šířících se požárů.

- Vzorovací potrubí musí splňovat mechanickou pevnost. Odolnost proti stlačení (třída 1–125 N), odolnost proti úderu (třída 1–0.5 kg pád z výšky 100 mm) a teplotní rozsah (třída 31 – rozsah -15 °C až + 60 °C), tudíž potrubí musí splňovat podmínky nejméně ve třídě 1131 (viz vysvětleny třídy výše). Potrubí nesplňující tyto požadavky musí mít doložené vlastnosti potvrzeny dle mechanických zkoušek.
- Průtok vzduchu musí být monitorován na výchylky mimo provozní limity. Je nutné monitorovat netěsnosti, pokles v objemovém průtoku o 20 % či více anebo například, pokud došlo k 50 % nebo vyšší ztrátě vzorkovacích míst.
- Hlásiče řízené softwarem musí mít doloženy všechny důležité dokumentace výrobcem ohledně funkce programu, jeho správy a obecně celkové funkce.

Kapitola 6 v ČSN EN 54-20 je celá věnovaná zkoušce. Je v ní definováno vše podstatné k tomu, aby se zkouška mohla uskutečnit (od klimatických podmínek, přes montáž až po různé provozní zkoušky). Více viz kapitola 3.4.

Kapitola 7 udává způsob klasifikace a označení hlásiče. Zařazení hlásiče do třídy definuje, na jakou citlivost je hlásič určen, pro jaké prostory může být využit a jakým zkušebním požárům musí vyhovět. Řadí se do těchto tří tříd [9]:

*Třída A – Nasávací hlásič s velmi vysokou citlivostí*

- Hlásič použit pro velmi včasnou detekci – velmi zředěný kouř vstupující do klimatizačních prostorů či pro extrémně zředěný kouř vznikající například v čisté místnosti.
- Musí vyhovět zkušebním požárům TF2A – redukované doutnající dřevo, TF3A – redukovaná doutnající bavlna, TF4 – hoření plastů a TF5A – redukované hoření kapalin.

*Třída B – Nasávací hlásič se zvýšenou citlivostí*

- Časná detekce – požáry v blízkosti velmi hodnotných či kritických objektů jako jsou skříně počítačů nebo elektronická zařízení.
- Musí vyhovět TF2B – redukované doutnající dřevo, TF3B – redukovaná doutnající bavlna, TF4 – hoření plastů a TF5B – redukované hoření kapalin.

*Třída C – Nasávací hlásič s normální citlivostí*

- Standardní detekce – Jedná se o klasické místnosti či prostory, kde pro detekci by mohla být taktéž využita detekce bodového či lineárního hlásiče kouře.
- Musí vyhovět TF2 – doutnající dřevo, TF3 – doutnající bavlna, TF4 – hoření plastů, TF5 – hoření kapalin

POZNÁMKA: Rozdíl mezi TF2A a TF2B, TF3A a TF3B, TF5A a TF5B závisí pouze na limitu, kdy dojde ke konci zkoušky. Zkouška s označením B má vyšší limitní hodnoty pro její ukončení, ovšem není pravidlo, že vždy skončí později, jak zkouška s označením A.

Každý hlásič musí splňovat podmínky označení. Značení musí obsahovat [9]:

- Označení normy (tedy ČSN EN 54-20) a třídu, kterým či které vyhovuje.
- Označením nebo ochrannou známkou výrobce (pro rozpoznání zásahu neautorizovanou osobou).
- Identifikace výrobku.
- Značení svorek.
- Označení či kód, podle kterého dokáže výrobce zařadit, datum či místo výroby a software, který hlásič používá.
- Označení musí být viditelné a lehce přístupné.

## 3.2 NFPA

The National Fire Protection Association (NFPA) nese označení globální nezisková organizace, která je financována z vlastních zdrojů. Organizace byla založena roku 1896 za účelem vyloučení smrtelných nehod, zranění, škodě na majetku a ekonomické ztrátě vlivem účinku požáru, poškození elektrickým proudem nebo jiným podobným událostem. Sídlo asociace je v Quincy, Massachusetts ve Spojených státech amerických. NFPA má přibližně 50.000 členů a 9.000 dobrovolníků, kteří spolupracují spolu skrze 250 technických výborů. Užití těchto norem a jejich platnost je celosvětová, není ovšem podmínkou, aby dané země dle nich projektovaly a mohou se tedy držet norem vlastních.

Dalo by se říct, že NFPA jsou v podstatě doporučení založená na dlouholetých zkušenostech, zkoumání a výzkumu všeho druhu. Nejsou to normově stanovené podmínky, jako určují například naše normativní normy řady ČSN. U NFPA se jedná pouze o doporučení a vždy je nutno tyto návrhy ověřit v zemi, kde se podle NFPA navrhuje, zda to neporušuje normy dané země.

V současné době NFPA obsahuje přibližně 300 různých vydaných zásad a standardů, které jsou navrženy pro budovy, výrobní procesy a instalační postupy, k minimalizaci rizika a poškození vlivem požáru po celém světě. Všechny zásady a standardy jsou zdarma k dispozici pro všechny k nahlédnutí a online listování pouze za jediné podmínky, a to registrování. Pokud by měl někdo zájem o jejich offline listování, vyhledávání v dokumentu či případný tisk, musel by si za určitý poplatek daný dokumenty koupit.

Organizace za účelem vyloučení ztráty života, zranění, škodě na majetku a ekonomické ztrátě, vyvinula jednoduché edukační programy a pomůcky pro všechny věkové kategorie, aby se předešlo podobným událostem. Jedná se například:[10]

- „Fire Prevention Week“ – Neboli „týden požární prevence“, která se koná každoročně a zaměřuje se na specifická požárně bezpečnostní témata.
- „Learn Not to Burn“ – „Nauč se, jak se nespálit“ odkazuje na reálné případy zranění a smrti mezi dětmi vlivem popálenin či požáru.

- „Remembering When“ – „Pamatovat si kdy“ přibližuje a poukazuje na události, kdy došlo k poranění nebo úmrtí osob staršího věku.
- „Sparky the Fire Dog“ – „Sparky, požárnický pes“ je oficiální maskot NFPA organizace, který pomáhá během edukace dětí ohledně závažných a nebezpečných situací spojených s ohněm či požárem. Maskot bývá přítomný i během přednášek určených k tomuto účelu. Organizace má taktéž vyvinuté hry, videa, aplikace na chytrá zařízení, ve kterých maskot poukazuje, jak se v určitých případech zachovat, a na co si dávat pozor.

NFPA nabízí i výuku, online kurzy, praktické kurzy v praxi nebo i konference k získání osvědčení či certifikaci znalostní v určitém oboru, které mohou být požadovány. Toto lze docílit předplacením členství v NFPA organizaci. Cena členství se pohybuje v roční sumě od 175 amerických dolarů (přibližně 3.700 Kč) až po 1.575 amerických dolarů (přibližně 33.500 Kč). Každé úroveň členství má své určité výhody. Členství pro studenta vysoké školy činí pouhých 25 amerických dolarů (přibližně 550 Kč) ročně, nemá ovšem taková oprávnění, jako ostatní členové. Členství obnáší například soukromé konzultace s NFPA specialistou, vstup do diskusního fóra pouze pro členy, právo volit, online výuku, přístup do NFPA magazínu plného aktuálních témat a novinek a další jiné bonusy. [10]

### 3.2.1 NFPA 72

National Fire Alarm and Signaling Code („národní požární poplachový a signalizační předpis“) nese označení NFPA 72, který poskytuje nejnovější bezpečnostní opatření na detekci požáru, signalizaci a nouzovou komunikaci.

Ve své podstatě se přímo nasávacími hlásiči kouře zabývá tento standard pouze na necelou jednu stránku. Rozmístění popisuje tak, že pokud chybí specifický design vzorkovacího potrubí a vzorkovacích bodů, tak se to navrhne podle podmínek pokrytí prostoru klasickými detektory kouře.

Zde je pouze výtažek z toho, co standard definuje pro nasávací hlásič kouře:[11]

- Musí obsahovat detektor proudění vzduchu ve vzorkovacím potrubí.
- Maximální hodnota transportu vzduchu ze vzorkovacího bodu k detektoru je 120 vteřin.
- Vzorkovací potrubí by mělo být navrženo a podloženo na základě počítačového modelu dynamiky proudění tekutin, aby byl zaručen požadovaný výkon.
- Vzorkovací potrubí musí být viditelně označeno „SMOKE DETECTOR SAMPLING TUBE – DO NOT DISTURB“ neboli v překladu „VZORKOVACÍ POTRUBÍ DETEKTORU KOUŘE – NENÍČIT“ v místech:
  - o v jakémkoliv změně směru nebo rozvětvení potrubí

- na každé straně stěny, pokud potrubí prochází skrze stěnu, podlahu, strop či jinou bariéru
- na vzdálenosti, která zaručí viditelnost podél potrubí v prostoru, nikoliv vzdálenost větší než 6,1 metru
- Pokud dojde k natření vzorkovacího potrubí, musí se dodržovat požadavky, které má určený výrobce nasávacího hlásiče kouře.
- Materiály, rozměry a instalace potrubí se musí dodržovat na základně podmínek stanovené výrobcem i z důvodu toho, aby se určil vhodný materiál pro dané prostředí, kde bude detekce instalována.
- Pokud jsou použity kapilární trubice pro nasávání vzorkovacího vzduchu (například v datových centrech), musí jejich velikost a připevnění odpovídat instrukcím od výrobce.
- Všechny prvky vzorkovacího potrubí musí být instalovány tak, aby byly vzduchotěsné a permanentně připevněny bez možností pohybu
- Vzorkovací vzduch musí být vyveden do prostoru, kde je nižší či stejný tlak. Tlakový rozdíl vzorkovacího vzduchu a detektoru nesmí být vyšší než hodnota, kterou určuje manuál výrobce.
- Kotvení vzorkovacího potrubí musí být v souladu s manuálem výrobce nasávacího hlásiče kouře.

Standard NFPA 72 zabývající se nasávacími hlásiči kouře je ve své podstatě kompletně zmíněný v odstavci výše. Standard se obecně zabývá všemi hlásiči požáru (detekce kouře, plamene, teploty atd.). [11]

### 3.2.2 NFPA 75 a NFPA 76

Standardy NFPA 75 „Standard for the Fire Protection of Information Technology Equipment“ v překladu „Standard pro požární ochranu zařízení informačních technologií“ [12] a NFPA 76 „Standard for the Fire Protection of Telecommunications Facilities“ v překladu „Standard pro požární ochranu telekomunikačních zařízení“ [13] se zmiňují o zařízeních pro detekci kouře, avšak z převážně většiny se odkazují na to, že zařízení pro detekci kouře musí být navrženo v souladu s NFPA 72, takže podmínky návrhu jsou v podstatě stejné. NFPA 75 a NFPA 76 upravují oproti NFPA 72 pouze pár parametrů (například umístění detektorů v daném prostoru či dobu transportu vzorkovacího vzduchu k detektoru) jinak zde není o nasávacím hlásiči tolika zmínky.



### 3.3 UL

UL LLC neboli „Underwriters Laboratories“ (LLC – „Limited Liability Company“ udává typ společnosti, v Česku by se to dalo srovnat ke společnostím s ručením omezením) je globální certifikační organizace, která byla založena roku 1894 za účelem certifikace bezpečnostních produktů a služeb. UL je jedna z mála laboratoří, které mají povolení provádět bezpečnostní testování na základě U.S. federální agentury OSHA (Occupational Safety and Health Administration) neboli „Správy bezpečnosti a ochrany zdraví při práci“. OSHA provádí schvalování a evidenci testovacích laboratoří s označením „Nationally Recognized Testing Laboratories“ v překladu „Celostátně uznávané testovací laboratoře“, které jsou tímto nezbytně kvalifikované k tomu, aby mohly sloužit jako bezpečnostně testovací prostředí třetích stran pro certifikaci produktů spadající pod OSHA. Testování a certifikace probíhá na základě testovacích standardů vyvinutých ve Spojených státech amerických organizacemi zabývajících se normalizací. [14]

UL úzce spolupracuje s Underwriters Laboratories of Canada, kdy vlastně většina standardů vychází z výsledků výzkumů těchto laboratoří. Standardy musí před jejich vydáním projít schválením přes ANSI (American National Standards Institution). ANSI je Americká standardizační organizace, která vytváří průmyslové standardy ve Spojených státech amerických. [15]

Tyto zkušební standardy jsou opět k dispozici zdarma stejně tak, jako NFPA. Podmínka je zde stejná, uživatel se musí registrovat. Po registraci je komukoliv umožněn zdarma online náhled do standardů. Offline verzi si musí uživatel jednotlivé standardy pořídit za určitý poplatek.

#### 3.3.1 UL 268

UL 268 – Standard for Smoke Detectors for Fire Alarm Signaling Systems. Tento standard se zabývá detektory kouře, které dále komunikují s EPS (angl. FAS). Jedná se o 7. edici tohoto standardu, která nabyla platnost 11. ledna 2016. Tento standard dále určuje požadavky na detektory kouře a jejich kryty proti poškození, které musí být zahrnuty v prostorech k tomu určených v souladu s jednotlivými normami. Pro Spojené státy americké musí být tento standard v souladu s požadavky NFPA 72.

Způsob rozložení obsahu standardu by se dalo přirovnat k normám řady ČSN. Níže budou popsány jednotlivé části kapitol a jejich podkapitoly. Ke každému prvku bude shrnuto, či podrobněji rozepsáno, čím se tato podkapitola zabývá. Délka rozboru se bude vždy odvíjet dle jejího rozsahu v samotném standardu.

Mezi prvotními stránkami tohoto dokumentu jsou přímo a přehledně uvedeny kapitoly, kde jsou provedeny změny vzhledem k předchozí edici. Následují legislativní a právní informace upřesňující platnost a závaznost tohoto dokumentu spolu s upozorněním na nelegálním šíření

tohoto dokumentu. Dokument taktéž upozorňuje na to, že organizace nenesou zodpovědnost za jakékoliv způsobené škody při dodržování postupu návrhu dle standardu.[15]

### **Introduction (úvod)[15]**

V úvodní kapitole standard určuje, za jakých podmínek lze podle dokumentu postupovat. Například pro Spojené státy americké je zde uvedena podmínka, že standard lze používat pouze za předpokladu, že budou také dodrženy pravidla dle NFPA 72. Jelikož se na tvorbě těchto standardů podílí i Kanada, je zde taktéž uvedeno, že platnost je pouze za podmínky, že budou dodrženy podmínky dle „Standard for the Installation of Fire Alarm System, CAN/ULC-S524“, „National Building Code of Canada“ a jako třetí „National Fire Code of Canada“.

V kapitole jsou definovány typy detektorů kouře, pro které tento standard nabývá platnost pro Spojené státy americké a Kanadu. Zároveň hned standard udává, pro které detektory není platný a přímo odkazuje na dokument, který je určený pro daný detektor kouře. [15]

V úvodu jsou zmíněny základní požadavky, jako například, že hlásič musí být spolehlivý a funkční po celou dobu navrhované životnosti a že komponenty spojené s produktem musí taktéž odpovídat standardu. Pro sjednocení jednotek je určen metrický systém jako hlavní. Dále je zde uveden Glosář, ve kterém jsou vypsány použité technické fráze, kterých význam by nemusel být jednoznačný, a tudíž je jejich význam podrobněji vysvětlen. Pro detektory je zde zmíněna predikce spolehlivosti detektoru, která udává maximální poměr možnosti selhání detektoru (např. 4.0 ku milionu hodinám provozu detektoru (lehece přes 114 let)). Jsou zde stanoveny základní podmínky pro detektory, které mají možnost automatického přizpůsobení na úroveň citlivosti nebo nastavitelnost umlčení zabudovaného alarmu. [15]

### **Construction (skladba)[15]**

Jak je již z názvu kapitoly zřejmé, tato kapitola se zabývá skladbou detektoru. Má dvě hlavní podkapitoly – montáž a komponenty.

#### *Montáž*

Hlavním prvkem, který se řeší v této kapitole, je montáž jednotlivých komponentů a jejich manipulace. V podkapitole jsou zmíněny prvky jako vzdálené ovládání, prvek pro indikaci rozsahu citlivosti kouřového detektoru (slouží k testu správné detekce zaručené výrobcem), upozornění na manipulaci s radioaktivním materiálem, který detektory obsahují a taktéž i ochrana proti vniknutí hmyzu. Dále je v podkapitole řešena schopnost kompatibility zapojení detektoru na obvod a zároveň jeho údržba v budoucnu, kdy je kladen důraz na bezpečnost při manipulaci a ochraně, aby nedošlo k dotyku se živými částmi.

Důraz klade standard i na způsob krytí detektorů, ať se jedná o kovové, plechové, nekovové či i dokonce jen skleněné panely, vždy se musí dbát i důraz na to, že by zde mohla vzniknout koroze.

### *Komponenty*

Hlavním tématem této podkapitoly jsou komponenty. Podkapitola upozorňuje na způsob jejich upevnění (nesmí mít vůli k pohybu) a také například na neizolované živé části, které musí být dříve ukotveny, aby zde nedošlo k riziku při jejich volném pohybu. Dále je zmíněno ohledně krytí prvků, které ovládají detektor, jako je například krytí proti prachu, kryty, které mají určitou mechanickou odolnost, aby dokázalo odolat i otřesům. Prvek detektoru jdoucí skrze zdi, stropy či jakékoliv konstrukce by měl být opatřený „pouzdem“ či opláštěním, které mají určitou mechanickou odolnost a jsou zde i určité podmínky na určité materiály, které nesmí být použity za teploty vyšší než 90 °C (fiber – vláknitý materiál).

Standard určuje podmínky na elektricky izolující materiál (vhodnost a podmínky využití určitých materiálů, tloušťka a způsob aplikace) a taktéž klade podmínky na „lampholder“ neboli „objímku“ světelného zdroje – způsob instalace, připojení, barevné rozlišení více světelných signalizací. LED lampy a LED diody musí být verifikovány výrobcem a musí být při dokončení produktu podrobeny testům za určitých stresových podmínek (vystavení nad i pod limitní funkční teplotě po určitý interval), kdy musí být zaručena jejich bezproblémová funkce.

Za účelem správné funkce motoru udává dokument podmínku nutnosti ochrany proti přehřívání za normálních i abnormálních operačních podmínek. Na podrobný návod ochrany odkazuje na vlastní standard s číslem UL 2111 „Standard for Overheating Protection For Motors“ (v překladu „Standard pro ochranu motorů proti přehřívání“).

Poslední prvky podkapitoly s názvem „Komponenty“ se zabývají podmínkami pro elektronické komponenty – plošné spoje, spínače, rezistory aj. Pokud kouřové detektory mají hlavní zdroj energie baterie, musí splňovat určité podmínky – snadná výměna, zaručená ochrana proti kontaktu s neživými částmi, správné označení pro jednoduchou výměnu aj. Vzdálenosti mezi neizolovanými živými částmi a neživými kovovými částmi či neizolovanými živými částmi opačné polarity musí být zaručena dle podmínek, uvedených ve standardu. Platnost těchto podmínek je definována pouze pro Spojené státy americké, nikoliv pro Kanadu.

### **Performance (výkon)[15]**

Kapitola „Performance“ se zabývá výkonem jednotlivých detektorů. Ve své podstatě se tato kapitola celá zabývá testováním, kterému musí být detektor podroben. Níže budou jen popsány kapitoly, které se v rámci testování vzorků nejvíce opakují a jednotlivé zkoušky (níže v porovnání v kapitole 3.4) na ně nejčastěji odkazují. Celkem se jedná přibližně o 45 různých podkapitol popisujících jednotlivé testy pro standardní hlásiče kouře, nikoliv čistě pro nasávací hlásiče kouře.

Podkapitola s číslem 31.1.8 standardu UL 268 označuje nasávací hlásič kouře jako detektor se speciálním režimem aplikace („Special Application Mode“) a udává podmínku, že pro nasávací hlásiče kouře musí výrobce hlásiče dodat prostředky k výpočtu citlivosti vzorkovacího bodu, jako jsou například programy pro modelování vzorkovacího potrubí nebo tabulku, kde jsou potřebné hodnoty zaznamenány. Dále určuje, že detektor musí splňovat všechny aplikovatelné podmínky určené pro kouřové hlásiče určené v tomto standardu.

28. *General (obecné)* – udává obecně podmínky, které musí být splněny pro testování – ovládací prvky k detektorům musí taktéž splňovat určité testy (jednotlivá čísla kapitol testů, které musí splňovat jsou vyznačeny ve standardu). Nejzásadnějším bodem této kapitoly je výpis potřebných materiálů a informací, které musí být doloženy k provedení testu:

- Minimálně 28 sestavených detektorů, 12 přednastavených na nominální maximum citlivosti kouřového detektoru (nejvíce možná citlivost) a 16 nastavených na nominální minimum očekávané citlivosti detektoru (nejméně možná citlivost). Celkem 4 detektory s nastavením na maximální citlivost (z celkového počtu 12) a 4 detektory, které jsou nastaveny na minimální citlivost (z celkového počtu 16) se musí zkalibrovat tak, aby citlivost jednotlivých jednotek se nelišila o více jak 25 % od ostatních detektorů a tím by se určila minimální a maximální citlivost kouřového detektoru, která bude zahrnuta do nastavení. Zároveň musí být dodán jeden nesestavený detektor.
- Tři řídicí jednotky či tři zdroje energie, nebo obojí, bude-li detektor zapojen pouze se specifickou jednotkou či zdrojem energie.
- Monitorovací zařízení, které slouží ke sledování citlivosti jednotlivých senzorů v detektoru.
- Schéma zapojení a instrukce vydané výrobcem.
- Pro Spojené státy americké je zde podmínka kopie technického „bulletinu“ (Bulletin – návod od výrobce na umístění detektoru, údržba, opravy, testy na základě prostředí, kde je detektor umístěný).

Součástí dokumentů musí být taktéž data ohledně spolehlivosti komponentů v detektoru jako například kondenzátory, rezistory, polovodičová zařízení apod. Informace zahrnují vliv selhání komponentů na detektor, popis provozu obvodu při klasickém režimu, alarmu a v případě chyby detektoru. Musí zde být taktéž zahrnuto obecně do jaké míry výrobce ručí za kvalitu svého výrobku – nadcházející revize, zaručení kvality během provozu či testování.

Ochranné prvky, které slouží k ochraně detektoru před mechanickým poškozením musí taktéž, jako ovládací prvky zmíněné výše, splňovat určité testy zmíněné ve standardu.

Pokud není určeno jinak, musí být tyto podmínky okolí udržovány během celého chodu testování – okolní teplota  $23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$  (neurčí-li výrobce jinak), relativní vlhkost  $50\% \pm 20\%$ , koncentrace kyslíku  $20,9\%, \pm 1\%$  atmosférický tlak  $101\text{ kPa} \pm 4\text{ kPa}$  a dodávka elektrického napětí na  $100\%$ .

31. *Sensitivity test (test citlivosti)* – během testování citlivosti se testuje detektor na doutnající kouř a na nahromadění aerosolových částic. Jako zdroj kouře se využívají tři základní prvky – bavlněný knot svíčky, generátor aerosolu a „punk sticks“ (doutnající tyče na bázi dřeva). V případě, že detektor vyžaduje aplikaci citlivosti vyšší, než je uvedeno ve standardu, musí být hodnoty, software či způsob jejich výpočtu doložen výrobcem hlásiče.

Minimálně 12 detektorů, které byly pod zdrojem energie minimálně 16 hodin dle předchozích testů anebo po dobu určenou výrobcem mohou být využity pro tento test. Vzorkovací bod je umístěn v nejbližší a nejvzdálenější horizontální pozici ke zdroji kouře. Pohyb vzduchu v testovacím prostoru by měl být v rozmezí 0,16 – 0,01 m/s.

Bavlněný knot svíčky musí mít minimální průměr 3,2 mm a délku minimálně 127 mm a upevněn jedním koncem tenkého drátu, kterým je poté upevněn jako zdroj kouře. Před tím, než je knot použit, musí být minimálně 72 hodin v prostředí s 45 °C a o 10 % menší relativní vlhkostí. Poté musí před použitím být umístěn v exsikátoru v pokojové teplotě. Poté je knot zapálen a plamen je ponechán přibližně po dobu 1 sekundy a následně je plamen uhašen. Knot se nechá po dobu 30 sekund doutnat a až poté je následně vložen do komory, kde probíhá testování detektoru.

Výsledná hodnota pro citlivost je vzata z průměru hodnot získaných z tohoto měření. Po každém testu musí být vzduch v prostoru, kde se provádí test, kompletně vypouštěn a ponechán v klidu po dobu minimálně 30 sekund, aby došlo k uklidnění proudění vzduchu v komoře. Průměrná hodnota naměřená během testování musí být v maximální odchylce 25 % od citlivosti určené výrobcem či tabulkou.

41. *Fire test (požární zkoušky)* – udává podmínky spojené s využitím materiálu na požární zkoušky – papír a materiály na bázi dřeva musí být před testem umístěny v místnosti s vnitřní teplotou 23 °C a relativní vlhkostí vzduchu 50 % po dobu minimálně 48 hodin předem. Pro spojené státy udává kapitola podmínku, že musí být splněny 3 testy, které jsou podrobněji popsány v kapitole I tohoto standardu – test hořící polyuretanové pěny, test doutnající polyuretanové pěny a test zplodin hoření při vaření.

41.2. *Paper fire (požár papíru)* – kapitola udává podmínky a hodnoty prvků použitých pro test:

- Zápalné prvky – roztrhaný novinový papír, který byl v prostoru s 50 % relativní vlhkostí a teplotou 23 °C po dobu 48 hodin před testem. Papír musí mít rozměry – šířka 6–10 mm, délka 25,4 – 102 mm a celková hmotnost 42,6 g.
- Nádoba – nádoba musí být tvořena kovovým materiálem spojeným bez vzduchových mezer. Dno i vršek nádoby jsou otevřené. Nádoba má rozměry – tloušťka kovu 0,4 mm průměr 101 mm a výška 300 mm.
- Zápalný prvek – prvek je umístěn ze spodu nádoby a musí zajistit jiskření po dobu minimálně 5 sekund, aby došlo ke vzplanutí.

- Kouřový profil – Test by měl být ukončen po 4 minutách od zapálení. Reakční doba detektoru nesmí být delší než 4 minuty.

41.3 *Wood fire (požár dřeva)* – pouze pro Spojené státy americké použité prvky by měly být následující:

- Zápalné prvky – dřevěná hranice tvořena pecí sušenými hranoly z jedle. Každý hranol má rozměry 19,1 mm v průřezu a délku hranolu 152 mm. Celkem se jedná o hranici s 6 hranoly, v každé úrovni se třemi řadami. Hranoly jsou k sobě připevněny hřebíky. Celkový rozměr hranice činní 152x152x64 mm. Hranice by měla být podepřena kruhovou podporou o průměru 127 mm umístěnou 0,9 metrů nad podlahou.
- Zdroj požáru – hranice by měla být zapálena prvkem o objemu 4 mililitry 95 % ethanolu, kde 5 % prvku tvoří methanol. Alkohol je umístěn v kovové nádobě o průměru 38 mm a hluboké 25,4 mm. Vlivem zapálení alkoholu dojde k přenosu požáru na dřevěnou hranici. Alkohol by neměl být do nádoby umístěn dříve, než 30 sekund před zahájením testu.
- Kouřový profil – tvorba kouře vzniká mezi 80–120 sekundami pod stropní rovinou a mezi 60–120 sekundami u detektorů umístěných na bočních stěnách. Vznik plamenů by měl být mezi 150–190 sekundami. Test by měl být ukončen po 4 minutách od zapálení. Reakční doba detektorů by neměla přesáhnout 4 minuty.

### 3.4 Testy ČSN EN 54-20 vs UL 268

Množství testovacích elementů požadovaných na nasávací hlásič ve standardu UL 268 je mnohonásobně vyšší, než u ČSN EN 54-20. V této kapitole bude jako základní prvek brána česká technická norma, ke které bude ekvivalentně přiřazen test, který je požadován ve Spojených státech amerických a budou porovnány jejich vlastnosti či odlišnosti.

ČSN EN 54-20 je technický dokument, zabývající se čistě jen nasávacím hlásičem kouře, a tudíž je v ní snadnější orientace a přehlednost oproti UL 268, který popisuje obecně zkoušky pro detektory kouře a tím pádem je i hůře přehledný z důvodu jeho obsáhlosti a obecnému popisu jednotlivých testů.

ČSN udává požadavek na celkem 8 testovacích vzorků, které by měli odpovídat produktu, který bude použitý pro monitorování. Vzorky jsou označeny čísly 1-8 tak, jak se které vzorky musí podrobit jednotlivým testům. Ne všechny vzorky jsou podrobeny všem testům. Celkem standard udává 14 testů, které se musí provést.

UL 268 definuje testy obecně pro detektory kouře a nespécifikuje jejich přesné uplatnění na nasávací hlásiče kouře a tím to může velmi komplikovat orientaci ve standardu. Místy hodnoty citlivosti či různých vlastností jsou udávány pro klasické (např. bodové detektor) a pro nasávací hlásiče, z důvodu jejich odlišných požadavků nejsou zde zmíněny a je to pouze doplněno

o podmínku, že požadované vlastnosti, který musí nasávací hlásič zkouškou prokázat musí být doloženy výrobcem s pokladem jejich výpočtu, programu, který pro to byl použit či tabulkovými hodnotami. Definici testů pro nasávací hlásiče kouře komentuje tak, že se na ně uplatňují všechny testy, které jsou použitelné na standardní bodový detektor kouře, jelikož jsou zde i testy pro multi-senzorové detektory, video detektory a jiné. Standard popisuje testy v kapitolách 29–74 (45 testů) s tím, že některé testy nejsou uplatitelné na bodové hlásiče (nasávací hlásiče kouře). Pro testy požaduje celkový počet 32 vzorků plus jeden nesestavený vzorek.

Níže v tabulce (Tabulka 1) jsou přiřazeny jednotlivé testy z ČSN EN 54-20 k odpovídající kapitole popsané v UL 268 pro snazší orientaci.

Tabulka 1: Zkoušky ČSN EN 54-20 a UL 268 [9, 15]

ZKOUŠKA	ČLÁNEK	
	ČSN EN 54-20	UL 268
Opakovatelnost	6.2 (1)*	58
Reprodukovatelnost	6.3 (1-8)*	31
Kolísání napájecích parametrů	6.4 (1)*	46
Suché teplo (provozní zkouška)	6.5 (1)*	51
Chlad (provozní zkouška)	6.6 (1)*	51
Vlhké teplo, konstantní (provozní zkouška)	6.7 (1)*	52
Vlhké teplo, konstantní (zkouška odolnosti)	6.8 (2)*	-
Koroze oxidem siřičitým (SO <sub>2</sub> )	6.9 (3)*	53
Ráz (provozní zkouška)	6.10 (4)*	-
Úder (provozní zkouška)	6.11 (4)*	50
Vibrace sinusové (provozní zkouška)	6.12 (5)*	48
Vibrace sinusové (zkouška odolnosti)	6.13 (5)*	-
Elektromagnetická kompatibilita, zkouška odolnosti	6.14 (6-7)*	55
Požární citlivost	6.15 (8)*	41
* Čísla v závorkách udávají identifikační číslo detektoru, který je pro test použit		

Okrajové podmínky zkoušek, není-li danou zkouškou definováno jinak:

Tabulka 2: Okrajové podmínky standardů [9, 15]

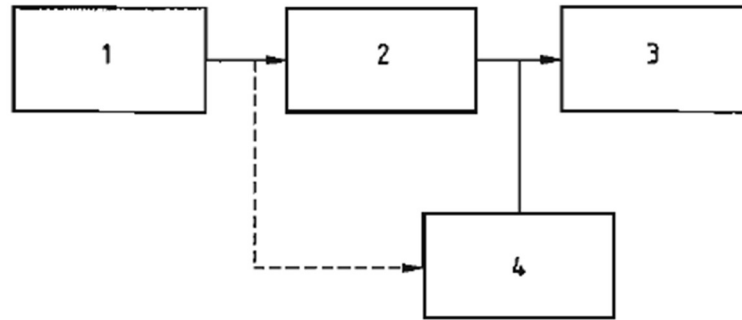
OKRAJOVÉ PODMÍNKY	ČSN EN 54-20	UL 268
Teplota prostředí	15 ~ 35 °C	23 ± 3 °C(*)
Relativní vlhkost	25 ~ 75 %	50 ± 20 %
Koncentrace kyslíku	-	20,9 ± 1 %
Tlak	86 ~ 106 kPa	101 ± 4 kPa
Napájecí napětí	Nedefinováno	100 %
*Nebo vyšší, pokud je to určeno výrobcem		

## PŘED ZAHÁJENÍM ZKOUŠEK:

### ČSN EN 54-20:

- Pracovní podmínky – vhodné napájecí a monitorovací zařízení, detektor nastaven na nejvyšší citlivost. Pokud zkouška neurčí jinak, je nastavení dle určení výrobce.
- Montáž – detektor upevněn dle určení výrobce, v případě více možností, je použita nejméně příznivá metoda pro každou zkoušku.
- Tolerance – pokud není určeno jednotlivou zkouškou míra tolerance, je poté tolerována odchylka ± 5 %.
- Měření hodnoty prahu reakce – před zahájením zkoušek je detektor připojen k aparatuře určené pro měření hodnoty prahu reakce (Obr. 23) (kdy kontrolovatelným vpouštěním aerosolu do vzorkovaného vzduchu se zjišťuje hodnota koncentrace, která vyvolá požární poplach v detektoru. Následně je na tuto hodnotu citlivosti detektor nastaven na zkoušky.
- Zkouška monitorovacího zařízení proudění vzduchu – průtok vzduchu, který je mimo limitní hodnoty provozu musí vyvolat poruchový signál (vliv netěsností, překážky). V detektorech, kde není udržován stálý objemový průtok, musí dojít k ověření citlivosti detektoru na snížení a zvýšení, aby případně nedocházelo k vyvolání poruchového signálu, kdyby hodnota byla stále v tolerovatelném rozmezí.





Obr. 23 Funkční blokové schéma pro měření hodnoty prahu reakce[8]

## LEGENDA

1 – generátor aerosolu, 2 – etapa ředění, 3 – zkoušený hlásič, 4 – měření aerosolu

**UL 268:** okrajové standardní podmínky pro prostředí testovaného detektoru jsou zmíněny výše (Tabulka 2). Oproti ČSN EN 54-20 si standard v jednotlivých kapitolách, kde jsou popsány jednotlivé testy určuje, kolik detektorů, v jakém nastavení a v jakých pracovních podmínkách bude tomuto testu detektor vystaven. Pokud tomu není určeno jinak, je zkouška prováděna dle zmíněných hodnot okolního prostředí. Oproti ČSN, kde je těch testů na 8 vzorků detektoru celkem 14, UL má ve svém standardu popsáno dohromady celkem 45 avšak s tím rozdílem, že ne všechny testy jsou aplikovatelné na nasávací hlásiče kouře, jelikož tento standard je obecně vypracován na detektory kouře bez rozdílu funkce detekce, takže se pro testování jednotlivých detektorů musí hodnotit vhodnost testu na daný detektor.

## POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH ZKOUŠEK:

### 6.2 Opakovatelnost – 58 Overload tests (testy přetížení)

Zkouška má za účel, že citlivost hlásiče po poplachových stavech zůstává neměnná.

**ČSN EN 54-20:** Pro účely zkoušky se provede šest testů hodnoty prahu reakce postupem zmíněným výše. Maximální a minimální hodnota prahu reakce, která vyvolá poplach se dá do poměru maximální ku minimální a jejich poměr nesmí být vyšší, než hodnota 1,6.

**UL 268:** UL zkušební standardy nemají této zkoušce úměrný test, ale velmi se tomu blíží test přetížení. Detektorem je vyvoláno celkem 50 cyklů poplachového signálu v maximálním intervalu 6 cyklů za minutu. Detektor po vystavení těmito 50 cyklům poplachového signálu musí nadále zachovat bezproblémovou funkci a detekci.

### 6.3 Reprodukovatelnost – 31 Sensitivity test (testy citlivosti)

**ČSN EN 54-20:** Tato zkouška v podstatě porovná všechny vzorky hlásičů (vzorek 1-8), které jsou použity pro účely těchto testů, že jejich citlivost není mezi sebou příliš rozdílná. Vzorky se testují v okrajových podmínkách zmíněných v Tabulka 2. Vzorkům je změřena funkce průtoku vzduchu pospaném výše a taktéž každému vzorku je změřena hodnota prahu reakce postupem výše zmíněným. Proveďte se výpočet střední hodnoty z těchto naměřených hodnot. Ze všech osmi naměřených hodnot se vybere maximální a minimální hodnota a provede se poměr maximální ku střední hodnotě prahu reakce, kdy hodnota nesmí být vyšší než 1,33 a zároveň střední hodnota ku minimální hodnotě prahu reakce nesmí být vyšší než 1,5.

**UL 268:** Zkoušce reprodukovatelnosti se velmi přibližuje test citlivosti zmíněný v kapitole 3.3.1 Sensitivity test 31. 12 detektorů je podrobena zkoušce detekce kdy finální hodnoty jsou poté vyhodnoceny na základě výstupů ze všech detektorů, kdy se určuje jejich výsledné hodnoty prahu reakce.

### 6.4 Kolísání napájecích parametrů – 46 Overvoltage and Undervoltage tests (test přepětí a nízkého napětí)

Zkouška má za účel prověřit, že citlivost hlásiče není příliš závislá na určitých hodnotách, které během provozu mohou kolísat (např. napětí).

**ČSN EN 54-20:** Detektor je v klasických podmínkách zmíněných výše v Tabulka 2 vystaven měření hodnoty prahu reakce a průtoku vzduchu dle výše zmíněného. Tyto hodnoty jsou následně monitorovány při jmenovitých a mezních stavech napájení (detektoru je přiváděno jmenovité, maximální a minimální napájecí napětí). Hodnoty naměřeny při tomto kolísání napájecích parametrů jsou zaznamenány, následně je maximální a minimální hodnota prahu reakce dána do poměru maximální ku minimální a výsledný poměr hodnoty prahu reakce nesmí být vyšší než 1,6.

**UL 268:** Zkouška spočívá v tom, že 3 detektory jsou vystaveny přepětí, kdy je detektoru dopravováno 110 % klasického napětí. Detektory jsou těmto podmínkám vystaveny za klidového stavu (není vyvoláván poplach vlivem aerosolu či jakýkoliv jiný poruchový signál) po dobu 16 hodin, kdy po dokončení vystavení daným podmínkám jsou detektory odzkoušeny na základní funkčnost a zároveň je proveden test citlivosti na kouřové částice.

V tomto testu má zároveň UL 268 ještě test, kdy detektor je vystaven nižšímu napětí, než by mělo standardně v provozu být. Detektoru je dopravováno pouze 85 % klasického napětí, což je minimální hodnota, při které by detektor měl být funkční bez jakékoliv chybové hlášky či vady detekce. Celkem 3 detektory jsou vystaveny v základu 85 % klasického napětí, kdy každou minutu

je přívod napětí detektoru redukován o 5 voltů až k nule. Vlivem tohoto pomalého snižování napětí by nemělo dojít k tomu, že by detektor vyvolal poplachovou hlášku způsobující alarm.

#### *6.5 Suché teplo – 51 Variable Ambient Temperature tests (test proměnné teploty okolí)*

Účel zkoušky je ověření správné funkce hlásiče při zvýšených okolních teplotách, které mohou krátkodobě nastat v provozním prostředí.

**ČSN EN 54-20:** Zkušební postup a zkušební zařízení se musí provádět dle ČSN EN 60068-2-2 (Zkouška vlivů prostředí – Část 2-2: Zkoušky – Zkouška B: Suché teplo). Po splnění výše uvedených počátečních podmínek je detektor umístěn do prostředí s teplotou okolí  $+55 \pm 2$  °C a je zde vzorek udržován po dobu 16 hodin. Během přechodu prostředí na požadovanou teplotu a zároveň během jejího samotného testu je detektor monitorován, kdyby došlo k poplachovému nebo poruchovému signálu. V poslední hodině testu je v detektoru provedena kontrola funkce monitorovacího zařízení, který kontroluje průtok vzduchu a zároveň je zjištěna hodnota prahu reakce pomocí vpouštění aerosolu do vzorkovacího vzduchu. Teplota vpouštěného aerosolu musí být před jeho zavedením stejná, jako je zkušební teplota. Detektor nesmí při přechodu nebo v průběhu testování vyslat žádné poplachové nebo poruchové signály s výjimkou v poslední hodině expozice, jelikož zde se provádí kontrola funkce monitorovacího zařízení průtoku vzduchu a v tomto případě musí detektor vyslat správné poruchové signály. Během zkoušky se provedou tři měření, aby se určily dané hodnoty prahu reakce detektoru a udělá se poměr mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou, kdy  $N_{\max} : N_{\min}$  nesmí být větší než 1,6.

**UL 268:** Pro detektor určen pro funkci v teplotách 0–38 °C je test prováděn za teploty prostředí 49 °C. V případě, že by byl požadavek na detektor fungující v teplotách vyšších než 38 °C, je požadována relativní vlhkost vzduchu 30–50 % a teplota prostředí pro test dopočtena pomocí vztahu uvedeného v standardu  $[T = (T_{HI} - 38^{\circ}\text{C}) + 49^{\circ}\text{C}]$ , kde  $T_{HI}$  reprezentuje vyšší navrhovanou teplotu. Pro test jsou použity dva detektory, jeden na minimální a druhý na maximální nastavení citlivosti. Doba vystavení detektoru je minimálně 3 hodiny. Měření citlivost detektoru na kouř se provádí před vystavením a zároveň během vystavení teplotě prostředí. Test musí odpovídat kapitole 31 (Sensitivity test – test citlivosti viz 3.3.1) a limitní hodnota musí odpovídat toleranci doložené výrobcem (standard určuje pouze míru tolerance pro kouřový detektor a to 3,3 %/m obskuracy (zatmění)). Prvky musí prokazovat standardní chování v daném prostředí.

#### *6.6 Chlad – 51 Variable Ambient Temperature tests (test proměnné teploty okolí)*

Ověření provozuschopnosti detektoru při nízké teplotě okolí, která může v provozním prostředí nastat.

**ČSN EN 54-20:** Zkušební zařízení a postup musí odpovídat ČSN EN 60068-2-1 ed. 2: Zkoušení vlivů prostředí – Část 2-1: Zkouška A: Chlad. V podstatě tento test má stejné podmínky a stejný postup, jako výše zmíněný postup u Suchého tepla. Jediný rozdíl v této zkoušce je, že teplota prostředí je nastavena na  $-10\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$  a vystavení také po dobu 16 hodin. V případě, že detektor není určen pro pracovní podmínky nižší, než  $0\text{ °C}$  tak je test prováděn v teplotě okolí  $+5 \pm 3\text{ °C}$ . Pokud teplota prostředí u takového detektoru klesne pod hodnotu  $0\text{ °C}$ , tak musí být vyslána výstraha o poruše (Test se provede snížením teploty na  $-5\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ ). Detektor, který není určený do prostředí s teplotou nižší jak  $0\text{ °C}$  musí mít v dokumentaci od výrobce takovou podmínku jasně definovanou. Z provedených měření se vybere minimální a maximální hodnota prahu reakce a taktéž, jak výše zmíněno se určí poměr maxima ku minimu a tento poměr nesmí být větší než 1,6.

**UL 268:** V tomto případě má test stejné podmínky, jako u Suchého tepla s rozdílem teploty prostředí pro testy. 2 detektory nastavené na minimum a maximum citlivosti detekce. Teplota pro test je nastavena na  $0\text{ °C}$  a vzorek je vystavován po dobu 3 hodin. Testy citlivosti jsou prováděny před a během vystavení teplotě. V případě, že detektor je určen pro funkci v teplotách nižších, než  $0\text{ °C}$ , je teplota požadovaná pro funkci detektoru zadavatelem použita pro účel testu s relativní vlhkostí vzduchu 30–50 %. Detektory používané pro test musí taktéž splňovat podmínky citlivosti dle kapitoly 31 (Sensitivity test – test citlivosti viz 3.3.1).

#### *6.7 Vlhké teplo, konstantní (provozní zkouška) – 52 Humidity test (zkouška vlhkosti)*

Zkouška má za úkol prověřit správnou funkci detektoru během expozice vysoké relativní vlhkosti (bez kondenzace), která se může krátkodobě vyskytnout v prostředí, ve kterém detektor pracuje.

**ČSN EN 54-20:** Zkouška a zkušební zařízení musí odpovídat s ČSN EN 60068-2-78 ed. 2: Zkoušení vlivů prostředí – Část 2-78: Zkoušky Cab: Vlhké teplo konstantní. Před zahájením testování se detektor standardně musí podrobit měření hodnoty prahu reakce výše zmíněné. Detektor musí být upevněn dle pokynů od výrobce v nejméně příznivé variantě a být konstantně připojen k napájecímu a monitorovacímu zařízení. Testovací prostředí pro test je  $40 \pm 2\text{ °C}$ , relativní vlhkost  $93 \pm 3\%$  (vlhkost 93 % odpovídá vnější relativní vlhkosti vzduchu v prosinci, 92 % pak pro leden a listopad, duben–srpen je nejnižší relativní vlhkost přibližně 75-77 % [16]) a doba vystavení detektoru jsou 4 dny. Během přechodu prostředí na stanovenou teplotu a po danou dobu expozice je detektor sledován pro detekci poplachu či poruchového signálu. Poslední hodinu vystavení probíhá povinná kontrola funkce zařízení, které monitoruje průtok vzduchu a zároveň musí být změřena hodnota prahu reakce. Při kontrole prahu reakce zařízení je vpouštěn do detektoru zkušební aerosol o stanovené teplotě. Během přechodu na požadovanou teplotu prostředí v průběhu testu nesmí být zaznamenán poruchový či poplachový signál. Správný poruchový signál může být vyslán pouze v tom případě, kdy dochází k měření prahu reakce. Z naměřených hodnot

se vybere hodnota maximální a minimální, provede se jejich poměr, který nesmí být vyšší, než 1,6.

**UL 268:** Dva detektory, jeden na minimální hodnoty kouřové citlivosti, druhý na maximální by měli prokázat jejich požadovaný výkon při vystavení nepříznivému prostředí po dobu minimálně 168 hodin (7 dní). V testovacím prostředí je předpokládána relativní vlhkost  $93 \pm 2 \%$  s teplotou okolí  $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Během testování v daném prostředí by neměl vzniknout žádný falešný poplach. Citlivost detektoru by měla být změřena a odpovídat před i během testování dle kapitoly 31 (Sensitivity test – test citlivosti viz 3.3.1). Hodnoty citlivosti během vystavení danému prostředí by neměly být odlišné dle stanovených podmínek (výrobce či měření).

#### *6.8 Vlhké teplo, konstantní (zkouška odolnosti) – UL 268 neobsahuje*

Princip tohoto testu je stejný, jako je uvedený ve zkoušce s označením 6.7.

**ČSN EN 54-20:** Zkouška a zkušební zařízení musí odpovídat s ČSN EN 60068-2-78 ed. 2: Zkoušení vlivů prostředí – Část 2–78: Zkoušky Cab: Vlhké teplo konstantní. Detektor je nastavený stejně, jako v testu předchozím (6.7.). Jediný rozdíl zde je takový, že detektor je vystavený nepříznivým podmínkám vysoké vlhkosti po dobu 21 dní (předchozí pouze 4 dny).

**UL 268:** Tato zkouška se u detektorů neprovádí.

#### *6.9. Koroze oxidem siřičitým (SO<sub>2</sub>) (zkouška odolnosti) – 53 Corrosion test (test koroze)*

Zkouška odolnosti hlásiče proti působením korozivním účinkům oxidu siřičitého v nepříznivém prostředí znečištěné atmosféry.

**ČSN EN 54-20:** Zkušební zařízení a postup musí odpovídat dle ČSN EN 60068-2-4: Zkoušky vlivů prostředí – Část 2-42: Zkoušky – Zkouška Kc: Zkouška oxidem siřičitým pro kontakty a spoje. Před zahájením expozice detektoru nepříznivému prostředí musí být provedeno měření hodnoty prahu reakce. Vzorek musí být upevněn dle stanovení výrobce či v nejvíce nepříznivé pozici a nesmí být během testu napájen. Detektor musí mít připojeny nepocínované měděné vodiče na vhodné svorky tak, aby bylo umožněno závěrečné testování bez toho, aby bylo nutné vzorek po vystavení danému prostředí k něčemu připojovat. Vzorek je vložen do prostředí, kde jsou dané podmínky teploty  $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , relativní vlhkost  $93 \pm 3 \%$  (bez kondenzace), koncentrace oxidu siřičitého  $25 \pm 5 \text{ ppm}$  a doba vystavení danému prostředí je 21 dní. Po uplynutí doby expozice je vzorek okamžitě vysoušen po dobu 16 hodin při teplotě  $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  a relativní vlhkosti nižší než 50 %. Následně je vzorek uložen za standardních laboratorních podmínek po dobu minimálně 1 hodiny a až po tomto celém procesu se provádí kontrola funkce zařízení sloužícího pro průtok vzduchu a taktéž je změřena hodnota prahu reakce detektoru. Při kontrole monitorovacího zařízení

detektor může vyslat pouze takové signály, které jsou vyvolané vlivem měření. Poměr hodnot naměřených prahů reakce se opět určí maximální a minimální hodnotou. Jejich poměr nesmí být větší, než 1,6 (nejspíše se jedná o hodnoty před a po vystavení detektoru, norma zde nespécifikuje jiné doby, kdy by se prováděl test prahu reakce detektoru).

**UL 268:** Dva detektory, jeden nastavený na maximální hodnotu citlivosti a druhý nastavený na minimální hodnotu citlivosti musí být před vystavením nepříznivému prostředí otestovány dle kapitoly 31 (Sensitivity test – test citlivosti viz 3.3.1). Detektory jsou umístěny do testovací komory dle základních podmínek – teplota  $23 \pm 2$  °C, relativní vlhkost vzduchu 20–50 %. Po umístění vzorku do komory je následně relativní vlhkost vzduchu zvýšena na  $93 \pm 2$  %. Zkouška má poté následně dvě varianty testů:

- Dva detektory jsou vystavené sirovodíku v zavřené skleněné komoře po dobu 10 dní. Koncentrace sirovodíku ve vzduchu nasyceným vodní párou v pokojové teplotě by měla odpovídat hodnotě  $1.000 \pm 50$  ppm (parts per million).
- Dva detektory, jeden nastavený na maximum a druhý na minimum citlivosti detekce jsou vystaveny vlhkému oxidu siřičitému ve směsi s oxidem uhličitým po dobu 10 dní. Koncentrace oxidu uhličitého spolu se vzduchem nasyceným vodní párou v pokojové teplotě je  $10.000 \pm 500$  ppm, koncentrace oxidu siřičitého je  $5.000 \pm 250$  ppm.

Následně po uplynutí testovací doby jsou detektory vysušené v peci s cirkulujícím vzduchem o teplotě 40 °C po dobu 24 hodin. Po vysušení jsou detektory změřeny a hodnota citlivosti detektoru by se neměla lišit od hodnot, které jsou určeny dle kapitoly 31 (Sensitivity test – test citlivosti viz 3.3.1)

#### 6.10 Ráz (provozní zkouška) – UL 268 neobsahuje (otřesový test/test otřesu)

Zkouška prověřuje mechanickou odolnost hlásiče proti mechanickému působení (nárazy). Tyto jevy se nestávají často v provozním prostředí, ale nastat mohou. Hlásič musí odolat nárazu či jimi způsobenými vibracemi bez toho, aby vyvolal planý poplach nebo chybovou hlášku, odpadly součástky, a také prokázat následnou bezproblémovou funkci.

**ČSN EN 54-20:** Zkouška a zkušební zařízení musí odpovídat s ČSN EN 60068-2-27 ed. 2: Zkoušení vlivů prostředí – Část 2–27: Zkoušky: Zkouška Ea a návod: Rázy. Před měřením musí být hlásiči změřena hodnota prahu reakce. Vzorek musí být nainstalován na pevné podložce a připojen k napájecímu a monitorovacímu zařízení. Podmínky okolního prostředí jsou standardní zmíněné v tabulce na začátku kapitoly. Expozice se týká vzorků, které mají váhu  $\leq 4,75$  kg. Vzorky s vyšší hmotností se nezkoušejí (důvod není ve standardu uveden). Pro zkoušku je použit pulsusový rázový puls. Doba pulsu je 6 ms, maximální zrychlení  $10 \cdot (100 - 20M)m \cdot s^{-2}$  (kde M je hmotnost vzorku v kg), počet směrů 6 a počet pulsů v každém směru 3 (celkový počet pulsů tedy 18). Detektor je během testu monitorován, zda nevyvolává poplachové či poruchové signály.

Po rázové zkoušce proběhne kontrola funkce monitorovacího zařízení průtoku vzduchu a hodnota prahu reakce. Detektor může vyvolat vhodný poruchový signál pouze při měření průtoku vzduchu. Maximální a minimální hodnota prahu reakce se opět dají do poměru a poměr maximální ku minimální nesmí překročit hodnotu 1,6.

**UL 268:** Tento test se ve standardu neobjevuje. Za zmínku by ovšem mohl být test, který ověřuje taktéž mechanickou odolnost detektoru, ale při jeho zacházení. Například pokud detektor obsahuje oddělitelný či uzavíratelný kryt, který se upevňuje „cvaknutím“, tak se provede test 50 cyklů tohoto otevření a následného zavření, oddělení či odmontování. Jakmile se dokončí tento cyklus, provede se následně Jarring test (test úderem) viz níže.

#### *6.11 Úder (provozní zkouška) – 50 Jarring test (otřesový test/test otřesu)*

Zkouška ověřuje mechanickou odolnost hlásiče proti úderům na jeho povrch. Tyto údery mohou nastat v provozním prostředí s větší pravděpodobností než výše zmíněný ráz.

**ČSN EN 54-20:** Zkouška a zkušební zařízení musí odpovídat s ČSN EN 60068-2-75 ed. 2: Zkoušení vlivů prostředí – Část 2-75: Zkoušky: Zkouška Eh: Zkoušky kladivem (paličkou, pružinovým přístrojem a svislým kladivem). Detektoru je změřena hodnota prahu reakce před zahájením úderu. Detektor se nachází ve standardních podmínkách zmíněných na začátku. Vzorek je upevněn na pevnou podložku, připojen k monitorovacímu a napájecímu zařízení. Údery se provádí na povrchy vzorku, které jsou přístupné, a na které by pravděpodobně mohl být v provozu jakýkoliv úder proveden, a tím by poškodil funkci detektoru. Provádí se celkem vždy 3 údery na jedno místo povrchu detektoru se silou úderu  $0,5 \pm 0,04$  J. Během zkoušení musí být zajištěno, že výsledek jedné série tří úderů neovlivní výsledky další série. Vznikne-li nějaká nejistota a je nějaký defekt, musí se údery opakovat do stejného místa na vzorku novém. Během expozice je detektor kontrolován na poplachové či poruchové signály. Po expozici je detektoru změřena hodnota prahu reakce a zároveň změřen průtok vzduchu. Detektor smí vyvolat patřičný poruchový signál jen v případě měření průtoku vzduchu. Hodnota prahu reakce se opět udělá poměr maximální ku minimální a hodnota nesmí být větší, než 1,6.

**UL 268:** Zkouška se liší od té, která je definována v ČSN EN 54-20. Standard definuje, že kryty detektoru, které slouží jako fyzická ochrana, by měly odpovídat testům číslo 29, 31, 34, 37, 41, 42 a 70. Jarring test (číslo 50) se více přibližuje zkoušce úderem či rázem, oproti ostatním číslům, zde zmíněným. Detektor musí vydržet otřesu či vibracím, jakkoliv způsobeným (například nárazem) a nesmí dojít k jeho problémové funkci či chybovým hláškám. Z detektoru by se tímto neměly uvolnit žádné součástky. Uvolnění či dislokace součástí je povolena pouze za toho předpokladu, že to nijak neovlivní funkci detektoru, a že nebudou odhaleny prvky, které jsou pod vysokým napětím.

Detektor s komponenty je připevněn do středu překližky o rozměrech 1800 x 1200 mm a tloušťce 19 mm v takové pozici, jaké je jejich předpokládané využití. Dále je z druhé strany, do centra této překližky, velmi pevně připevněn ocelový plech o rozměrech 100 x 100 mm ± 10 % o tloušťce 3,2 mm ± 10 %. Na kovový střed této překližky je proveden úder o síle 4,08 J vyvolaný kovovou koulí o průměru 50 mm a váze 540 g. Náraz může být proveden dvěma způsoby:

- Zhoupnutím pomocí kyvadlového oblouku z výšky 775 mm, aby se vyvolala síla 4,08 J.
- Puštěním z výšky 775 mm na střed překližkové desky, aby se vyvolala stejná síla 4,08 J.

Následně po vykonání těchto nárazových testů je provedeno měření citlivosti detektoru, která se nesmí lišit od hodnot stanovených výrobcem pro nasávací hlásiče kouře.

#### 6.12 Vibrace sinusové (provozní zkouška) – 48 Vibration test (vibrační test)

Zkouška má za úkol otestovat odolnost detektoru proti poničení jednotlivých komponentů či detektoru samotného za vlivu vibrací, které jsou předpokládány v provozním prostředí. Detektor i po vystavení vibracím by měl zachovat svoji bezproblémovou funkčnost

**ČSN EN 54-20:** Zkouška a zkušební zařízení musí odpovídat s ČSN EN 60068-2-6 ed.2: Zkouška vlivů prostředí – Část 2-6: Zkoušky – Zkouška Fc: Vibrace (sinusové). Před vystavení detektoru se změří hodnota prahu reakce. Vzorek se nachází ve standardním prostředí a je nainstalován na pevnou podložku, připojen k monitorovacímu a napájecímu zařízení. Vibrace jsou na vzorek postupně aplikovány na každou ze tří vzájemně kolmých os. Vzorek je instalován tak, že jedna ze tří os je kolmá na normální montážní plochu detektoru. Expozice vzorku probíhá ve frekvenčním rozsahu 10 ~ 150 Hz, amplituda zrychlení  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , 3 osy, rychlost rozmítání je 1 oktáva za minutu a počet rozmítaných cyklů je celkem 1 na každou osu. Zkouška 6.12 (provozní) a 6.13 (odolnosti) kdy vzorek je v jedné ose podroben zkoušce provozní a hned poté zkoušce odolnosti. Pokud se provádí tato možnost, provádí se pouze jen počáteční a závěrečné měření vzorku. Během expedice se detektor měří na poplachové či poruchové signály. Po vystavení vibracím se měří detektoru průtok vzduchu a hodnota prahu reakce. Detektor může během měření průtoku vzduchu vyvolat pouze vhodné poruchové signály. Hodnoty prahu reakce se porovnají v poměru maximální ku minimální a jejich poměr nesmí být vyšší, než 1,6.

**UL 268:** Zkouška probíhá se dvěma detektory nastavenými na maximální a minimální hodnotu citlivosti detekce kouře. Detektory jsou v pozici, v jaké budou umístěny v provozním prostředí, připevněny k dřevěné desce, která je přišroubovaná k vibračnímu přístroji s amplitudou 0,25 mm. Frekvence vibrací je v rozmezí 10 ~ 35 Hz s přírůstkem 5 Hz, dokud se nedosáhne rezonanční frekvence. Jakmile je dosažena rezonanční frekvence, je této hodnotě vzorek vystavován po dobu 15 minut. Pokud v daném rozmezí se nedosáhne rezonanční frekvence, je vzorek udržován při vibrační frekvenci 35 Hz po dobu 4 hodin. Po vystavení vzorku vibracím musí detektor splnit test



dle kapitoly 31 (Sensitivity test – test citlivosti viz 3.3.1) a odchylky se nesmí lišit od hodnot stanovených výrobcem.

#### *6.13 Vibrace sinusové (zkouška odolnosti) – UL 268 neobsahuje*

**ČSN EN 54-20:** Zkouška probíhá stejně, jako zkouška s číslem 6.12 jen s tím rozdílem, že amplituda zrychlení je zvýšena na  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  na všechny 3 osy a počet rozmítaných cyklů je 20 na každou osu, nikoliv jeden. Kontrola funkcí detektoru a výsledná hodnota prahu reakce se měří stejně, jak zmíněno v předchozím testu.

**UL 268** tento test neobsahuje

#### *6.14 Elektromagnetická kompatibilita (EMC), Zkoušky odolnosti – 55 Transient tests (testy přechodů)*

**ČSN EN 54-20:** Detektor musí odolat následujícím zkouškám dle ČSN EN 50130-4 ed. 2: Poplachové systémy – část 4: Elektromagnetická kompatibilita – Norma skupiny výrobků: Požadavky na odolnost komponentů požárních systémů, poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů a systémů CCTV, kontroly vstupu a přivolání pomoci. Zkoušky jsou následující:

- kolísání síťového napájecího napětí (pouze v případě, že hlásič obsahuje síťový zdroj), poklesy síťového napájecího napětí a krátkodobé přerušení (pokud hlásič obsahuje síťový zdroj), elektrostatický výboj, vysokofrekvenční elektromagnetické pole, rušení indukované vysokofrekvenčními poli, rychlé přechodové děje, rázový impuls.

Pro všechny výše zmíněné zkoušky platí stejná pravidla jako pro ostatní týkající se výsledků a měření. Hodnoty prahu reakce a průtoku vzduchu jsou změřeny vždy před vystavením dané zkoušky a následně změřeny po dokončení dané zkoušky. Adekvátní poruchový signál je přijatelný pouze jen při měření průtoku vzduchu. Poměr hodnot prahu reakce maximální ku minimální nesmí být větší než 1,6.

**UL 268:** Standard má tyto zkoušky, na rozdíl od ČSN EN rozepsané v podkapitolách. Dva detektory, maximální a minimální citlivost na kouř. Detektory musí fungovat standardně tak, jak je určeno, nesmí vyvolat alarm ani chybovou hlášku během testování. Kouřová citlivost detektoru se měří provedením následujících testů zmíněných v této kapitole.

- Internally induced transients (interně vyvolané přechodné jevy) – detektoru je prováděno 500 cyklů odpojování od zdroje napájení po dobu 1 sekundy s opakovatelností menší, než 6 cyklů za minutu. Po vykonání testu je detektoru změřena

hodnota citlivosti dle kapitoly 31 (Sensitivity test – test citlivosti viz 3.3.1). Hodnoty se nesmí lišit od hodnot stanovených výrobcem.

- Extraneous transients (externí přechodné jevy) – pro ověření detektoru, že nevyvolá planý poplach či jeho funkce není ovlivněna, když je vyvolán jakýkoliv kolísavý jev vlivem externího přechodového jevu různých zařízení. Dva detektory jsou připojeny ke jmenovitému napětí, frekvenci a jsou vystaveny přechodovým jevům vyvolanými pomocí externě připojených zařízení. Zařízení jsou připojena přibližně 300 mm od detektoru nebo jsou připojeny přímo pomocí připojovacích drátů. Externě připojená zařízení jsou například zařízení pro přenos hlasové zprávy (přijímač a vysílač), elektrická vrtačka, pájecí pistole či Jákobův žebřík mezi dvěma 381 mm dlouhými měděnými vodiči napojenými na zdroj o určité hodnotě.
- Supply line (ring wave surge voltage) transients – v překladu se jedná o „přechodové jevy napájecího vedení“, kdy v podstatě detektor musí odolat těmto přechodovým stavům, které jsou indukovány na obvodovém vodiči, který spojuje zdroj napájení a detektor samotný. Dva detektory jsou vystaveny 500 oscilačním přechodovým jevům s maximální opakovatelností 3 pulzy za minutu. Celkem 250 pulzů jsou aplikovány tak, aby polarita přechodových jevů byla kladná vzhledem k uzemnění a zbývajících 250 pulzů jsou aplikovány jako záporná vzhledem k uzemnění. Po provedení testu je detektor vystaven testu citlivosti dle kapitoly 31 (Sensitivity test – test citlivosti viz 3.3.1) a hodnoty se nesmí odchylovat od hodnot určených výrobcem nasávacího hlásiče.
- Supply line (extra-low-voltage circuit) transients – Zkouška přechodových jevů na extra nízkonapěťovém obvodu. Detektory jsou vystaveny celkem 60-ti přechodovým napěťovým pulzům. Rozpětí napětí se uvažuje mezi 100 ~ 2400 voltů při zátěži 200 ohmů. Po vystavení detektoru musí funkce detektoru odpovídat standardnímu testu provozu a testu citlivosti dle kapitoly 31 (Sensitivity test – test citlivosti viz 3.3.1).

#### 6.15 Požární citlivosti – 41 Fire tests (požární testy)

Tato zkouška má za účel prokázat u hlásičů, že dokážou zachytit různé zplodiny hoření z různých zdrojů s adekvátní citlivostí pro všeobecné použití do budov.

**ČSN EN 54-20:** Testu je vystaven poslední detektor (vzorek s číslem 8). Detektor je ve zkušební rohové místnosti umístěn tak, aby byl ve své nejméně příznivé pozici, co se ředění vzduchu s kouřem a přenosové doby týče na základě pokynů od výrobce zároveň s uspořádáním vzorkovacích bodů a pokrytí prostoru místnosti. Vzorkovací body jsou taktéž umístěny v závislosti na určeném prostoru a představují nejméně příznivý případ, co se výkonosti systému ve zkouškách týče, který může způsobit i místa s nejdelší možnou dobou přenosu nebo místa s nejnižší efektivní výkoností. Zbývajících vzorkovacích bodů musí být umístěny mimo zkušební požární místnost a musí v průběhu zkoušek nasávat pouze čistý vzduch. Detektor je umístěn v místnosti, která má délku 9~11 m, šířku 6~8 m, výšku 3,8~4,2 m a v prostoru musí být měřicí ionizační komora a měřič

optického útlumu. Testované detektory jsou vystaveny požárům dle účelu a konfigurace prostoru, kde budou využity (Tabulka 3)

Tabulka 3: Požadované testy pro vícetřídní hlásiče [8]

Třída hlásiče	Kombinace konfigurací	Musí se použít konfigurace	Musí se použít zkušební požáry (viz přílohy B až H)
Pouze A	Konfig A	Konfig A	TF2A, TF3A, TF4, TF5A
Pouze B	Konfig B	Konfig B	TF2B, TF3B, TF4, TF5B
Pouze C	Konfig C	Konfig C	TF2, TF3, TF4, TF5
B a C	Konfig B = Konfig C	Konfig B/C	TF2B, TF3B, TF4, TF5B
B a C	Konfig B ≠ Konfig C	Konfig B	TF2B, TF3B, TF5B
		Konfig C	TF2, TF3, TF4, TF5
A, B a C	Konfig A = Konfig B = Konfig C	Konfig A/B/C	TF2A, TF3A, TF4, TF5A
A, B a C	Konfig A = Konfig B ≠ Konfig C	Konfig A/B	TF2A, TF3A, TF4, TF5A
		Konfig C	TF2, TF3, TF4, TF5
A, B a C	Konfig A ≠ Konfig B = Konfig C	Konfig A	TF2A, TF3A, TF5A
		Konfig B/C	TF2B, TF3B, TF4, TF5B
A, B a C	Konfig A ≠ Konfig B ≠ Konfig C	Konfig A	TF2A, TF3A, TF5A
		Konfig B	TF2B, TF3B, TF5B
		Konfig C	TF2, TF3, TF4, TF5

**POZNÁMKA**  
 „Konfig A“ znamená nejméně příznivý případ konfigurace pro zkoušení třídy A;  
 „Konfig B“ znamená nejméně příznivý případ konfigurace pro zkoušení třídy B;  
 „Konfig C“ znamená nejméně příznivý případ konfigurace pro zkoušení třídy C;  
 „=“ znamená, že konfigurace jsou stejné (např. Konfig A = Konfig B znamená, že pro zkoušení třídy A je použita stejná konfigurace jako pro zkoušení třídy B);  
 „≠“ znamená, že konfigurace jsou rozdílné (např. Konfig B ≠ Konfig C znamená, že pro zkoušení třídy B je použita jiná konfigurace než pro zkoušení třídy C).

Tabulka 3 udává, jaké požární zkoušky musí být provedeny pro daný nasávací hlásič použitý v různém prostoru a danou konfigurací (Konfig A, Konfig B, Konfig C). Tabulka 4 je obecná tabulka, která udává označení nasávacího hlásiče dle prostoru, kde je využíván zároveň s požadavky na funkční zkoušky požáru.

Zkušební požár se uzná za platný v té době, je-li průběh požáru takový, že průběh  $m$  (hodnota optického útlumu) v závislosti na čase a  $m$  v závislosti na  $y$  (nemusí být specifikováno), byly ve

Tabulka 4: Klasifikační tabulka nasávacích hlásičů kouře [8]

Třída	Označení	Příklad aplikace(i)	Požadavek
A	Nasávací hlásič s velmi vysokou citivostí	Velmi časná detekce: detekce velmi zředěného kouře, například kouře vstupujícího do klimatizačních kanálů, pro detekci extrémně zředěných koncentrací kouře, které mohou vycházet ze zařízení v kontrolovaných prostorách okolního prostředí, jako je čistá místnost.	Musí vyhovět zkušebním požárům TF2A, TF3A, TF4 a TF5A
B	Nasávací hlásič se zvýšenou citivostí	Časná detekce: například detekce speciálního požáru uvnitř nebo v blízkosti zvláště hodnotných, napadnutelných nebo kritických objektů, jako jsou skříně počítačů nebo elektronických zařízení.	Musí vyhovět zkušebním požárům TF2B, TF3B, TF4 a TF5B
C	Nasávací hlásič s normální citivostí	Standardní detekce: obecná detekce požárů v normálních místnostech nebo prostorách, poskytující například alespoň rovnocennou úroveň detekce jako systém bodového nebo lineárního typu hlásiče kouře.	Musí vyhovět zkušebním požárům TF2, TF3, TF4 a TF5

stanovených limitech po dobu, než detektor vyše poplachový signál anebo je dosaženo konce zkoušky. Rozhodující je případ, který nastane dříve.

Tabulka 5: Přehled hodnot optického útlumu ( $m$ ) na konci zkoušky pro zkušební požáry (jednotky  $\text{dB m}^{-1}$ ) [8]

	Třída A	Třída B	Třída C
TF2	0,05	0,15	2
TF3	0,05	0,15	2
TF4	nepoužívat	nepoužívat	1,27 < konec zkoušky < 1,73 (skutečně, $y = 6$ )
TF5	0,1	0,3	0,92 < konec zkoušky < 1,24 (skutečně, $y = 6$ )

Zkušební místnost musí být dostatečně vyvětrána čerstvým vzduchem tak, aby bylo dosaženo těchto okrajových podmínek před zahájením zkoušky:

- Po vyvětrání místnosti musí být místnost uzavřena, aby došlo k ustálení vzduchu v místnosti.
- Teplota vzduchu musí být v rozmezí (20 ~ 28 °C).
- Pohyb vzduchu je zanedbatelný nebo stabilní, pokud je v provozu recirkulační ventilátor.
- Koncentrace kouře (ionizace):  $y \leq 0,05$ .
- Koncentrace kouře (optická):  $m \leq 0,02 \text{ dB m}^{-1}$

Během požární zkoušky jsou hodnoty změny teplot a koncentrace kouře (ionizace i optické) zaznamenávány do tabulky průběžně nebo minimálně jednou za sekundu. V případě, že nasávací hlásič kouře vyše poplachový signál, musí být zaznamenána hodnota koncentrace kouře (ionizace i optická) v ten daný moment. Nasávací hlásič musí při zkušebním požáru vyslat poplachový signál do doby, která je stanovená po danou zkoušku. Korekční doba pro nasávací hlásič kouře je při zkušebním požáru v místnosti až maximálně 60 sekund, což reprezentuje dobu přenosu vzorkovacího vzduchu skrze vzorkovací potrubí do detektoru.

#### Stručný popis jednotlivých zkoušek:

- *Doutnající dřevo (pyrolýza) (TF2)* – 10 bukových dřevěk (vlhkost přibližně 5 %), každé dřívko má rozměry 75x25x20 mm, je položeno na žhavící plotýnku stranou o rozměru 20 mm s průměrem 220 mm a rýhovaným povrchem s osmi soustřednými drážkami. Každá drážka je 2 mm hluboká a 5 mm široká. Příkon plotýnky cca 2kW. Plotýnka je

zahřívána tak, že dosáhne teploty 600 °C přibližně za 11 minut. Limitní hodnota konce zkoušky 2 dB m<sup>-1</sup>.

- *Redukované doutnající dřevo (pyrolýza) (TF2A a TF2B)* – Tři či více bukových dřívků (vlhkost přibližně 5 %). Dřívka i plotýnka mají stejné rozměry jako u zkoušky TF2. Cílové teploty 500 °C (rozdíl o 100 °C méně než TF2) je dosaženo taktéž za 11 minut. Limitní hodnota dosažení konce zkoušky je pro třídu A 0,05 dB m<sup>-1</sup> a třídu B 0,15 dB m<sup>-1</sup>.
- *Doutnající bavlna (TF3)* – Na zkoušku je spleteno dohromady přibližně 90 bavlněných knotů o délce 80 cm a každý o hmotnosti přibližně 3 g. Knoty nesmí být nijak chráněné a v případě nutnosti jsou vyprané a usušené. Knoty jsou uchyceny ke kroužku o průměru 10 cm a jsou zavěšeny 1 m nad nehořlavou deskou. Knoty jsou postupně zapalovány ve spodní části a po jejich vzplanutí okamžitě uhašeny. Zkouška je zahájena, jakmile žhnou všechny knoty. Limitní hodnota konce zkoušky jsou 2 dB m<sup>-1</sup>.
- *Redukovaná doutnající bavlna (TF3A a TF3B)* – Oproti předchozí zkoušce TF3 je na zkoušku použito pouze 30 až 40 spletených bavlněných knotů o délce 80 cm a hmotnosti 3 g. Knoty jsou upevněny 1 m nad nehořlavou deskou a zbývající prostor kroužku je vyplněn natvarovaným plechem z nehořlavého materiálu, aby se vytvořil kulatý tvar „komínu“. Knoty jsou následně ze spodní části zapalovány a po vzplanutí hned uhašeny, aby pouze žhnuly a byl vyvíjen kouř. Limitní hodnoty pro konec jsou pro třídu A 0,05 dB m<sup>-1</sup> a třídu B 0,15 dB m<sup>-1</sup>.
- *Hoření plastů (polyuretan) (TF4)* – Měkká polyuretanová pěna s hustotou 20 kg m<sup>-3</sup> bez příměsí pro zpomalování hoření. Tři desky o rozměrech 50x50x2 cm jsou použity jako zdroj kouře. Desky jsou na sebe položeny na podklad z hliníkové fólie s ohnutými kraji nahoru tvořící miskou a desky jsou zapáleny přes roh dolní desky. Konec zkoušky je při dosažení koncentrace kouře (ionizace)  $y=6$  či při vyhlášení poplachu detektorem.
- *Hoření kapalin (n-heptan) (TF5)* – 650 g směsi n-heptanu (čistota  $\geq 99$  %) s přibližně 3 % objemu toluenu (čistota  $\geq 99$  %) je zapáleno ve čtvercové ocelové nádobě o rozměrech 33x33x5 cm. Konec zkoušky je v případě, kdy je dosaženo koncentrace kouře (ionizace)  $y=6$  nebo když je vzorkem vyhlášen poplachový signál.
- *Redukované hoření kapalin (n-heptan) (TF5A a TF5B)*
  - o *TF5A* – 200 ml n-heptanu (čistota  $\sim 99$  %) v nádobě 100x100x100 mm, limitní hodnota pro konec zkoušky je 0,1 dB m<sup>-1</sup> či vyslání poplachového signálu detektorem.
  - o *TF5B* – 300 ml n-heptanu (čistota  $\sim 99$  %) v nádobě 175x175x100 mm, limitní hodnota pro konec zkoušky je 0,3 dB m<sup>-1</sup> či vyslání poplachového signálu detektorem.

**UL 268:** Zkušební standard se nezabývá rozdělování detektorů do tříd, jako provádí ČSN EN 54-20, ale definuje detektory v NFPA 72 dle (Tabulka 6)

Tabulka 6: NFPA požadavky na ASD [2]

NFPA (72 and 76) Requirements				
System	Alert Sensitivity (at each sampling hole) <sup>a</sup>	Alarm Sensitivity (at each sampling hole) <sup>a</sup>	Sampling Point Coverage Area	Transport Time
VEWFD	0.2% obs/ft..	1.0% obs/ft..	200 ft. <sup>2</sup> (18.6 m <sup>2</sup> )	<60 secs..
EWFD	N/A	1.5% obs/ft..	400 ft. <sup>2</sup> (37.2 m <sup>2</sup> )	< 90 secs..
SFD	N/A	No greater than spot smoke detector	900 ft. <sup>2</sup> (83.6 m <sup>2</sup> )	< 120 secs..

#### LEGENDA:

*NFPA (72 and 76) Requirements* – NFPA (72 a 76) požadavky, *System* – systém, *Alert Sensitivity (at each Sampling hole)* – citlivost výstražky (na každém vzorkovacím bodu) *Alarm sensitivity (at each sampling hole)* – citlivost alarmu (na každém vzorkovacím bodu), *Sampling Point Coverage Area* – plocha pokrytí vzorkovacího bodu, *Transport Time* – transportní doba (myšleno jako maximální přípustná), *VEWFD (Very Early Warning Fire Detection)* – velmi včasné varování před požárem, *EWFD (Early Warning Fire Detection)* – velmi včasná detekce a varování před požárem, *SFD (Standard Fire Detection)* – standardní detekce požáru, *N/A* – nedostupná/neaplikovatelná hodnota, *No greater than spot smoke detector* – hodnota není vyšší, než bodový detektor

#### NFPA rozděluje třídy detektorů dle výše uvedené tabulky:

- *VEWFD (Very Early Warning Fire Detection)* – Hrubě přeloženo jako velmi včasná detekce a varování před požárem. Standard udává podmínky pro ASD:
  - pokrytí plochy spot type detektorem (klasický kouřový detektor), v našem případě jedním vzorkovacím bodem 18,6 m<sup>2</sup>
  - citlivost každého vzorkovacího bodu 0,65 %/m pro Alert condition (výstražný stav)
  - citlivost každého vzorkovacího bodu 3,2 %/m pro Alarm condition (alarmující stav)
  - maximální transportní doba z nejbližšího vzorkovacího bodu je 60 sekund

*Poznámka:* rozdíl mezi Alert a Alarm condition je takový, že v případě Alert condition je rozsvícena dioda Alert, která upozorňuje ostrahu, že na detektoru byla naznamenána

hodnota kouře počínajícího požáru a musí dojít k upozornění příslušných jednotek a postupování dle poskytnutých informací. V případě Alarm condition dochází k vyvolání poplachového signálu značící začínající požár a zahájení evakuace.

- *EWFD (Early Warning Fire Detection)* – Včasná detekce a varování před požárem. Podmínky jsou následující:
  - o pokrytí plochy jedním vzorkovacím bodem je 37,2 m<sup>2</sup>
  - o citlivost každého vzorkovacího bodu pro výstražný stav není definován
  - o citlivost každého vzorkovacího bodu pro alarmující stav je 5,0 %/m
  - o maximální transportní doba z nejvzdálenějšího vzorkovacího bodu je 90 sekund
- *SFD (Standard Fire Detection)* – standardní detekce požáru má následující podmínky:
  - o pokrytí plochy jedním vzorkovacím bodem je 83,6 m<sup>2</sup>
  - o citlivost každého vzorkovacího bodu pro výstražný stav není definován
  - o citlivost každého vzorkovacího bodu pro alarmující stav není dán přesnou hodnotu, ale omezen tak, že hodnota detekce nesmí být horší, než spot type detektor
  - o maximální transportní doba z nejvzdálenějšího vzorkovacího bodu je 120 sekund.

V příloze I standardu UL 268 je podrobněji popsán test hoření a doutnání polyuretanové pěny, jako je v ČSN EN 54-20 ale navíc, oproti standardu ČSN i požadavek na zplodiny vznikající během vaření. Test se zaměřuje na zplodiny hoření vznikající při přípravě zamražené směsi pro přípravu hamburgerů. Až celkem 4 detektory kouře jsou použity pro tento test.

### 3.5 Závěrečné srovnání

Dle výše uvedeného srovnání by se dalo říct, že některé testy ČSN EN 54-20 a UL 268 jsou si velmi podobné až téměř identické ale najdou se i výjimky, kdy každá zkušební laboratoř (která předpis vydává) k nim přistupuje z jiného pohledu. Zásadní rozdíl zde může tvořit i to, že organizace UL se zabývá výzkumem o 67 let déle, než organizace CEN. Zajímavostí je, že organizace spolu přímo nespolupracují, což by mohlo i zásadně sjednotit celosvětově přístup k navrhování jednotlivých prvků.

U organizace UL zkušební standard UL 268, který se zabývá detektory kouře může mít mírně nepřehledný jeho rozsah, který činí 231 stran, avšak úvodní obsah je velmi přehledný. Kladný bonus je, že si standardy může prohlížet kdokoliv za jednoduché podmínky a to, že se registruje na webové stránky a lze si standard online prohlížet libovolně odkudkoliv, kde je přístup k internetu, avšak listování v online verzi jde přepínat pouze stránku po stránce, kde jediné usnadnění je obsah standardu na prvních stránkách. U návrhového standardu NFPA to funguje na stejném principu, tedy online registrace pro prohlížení zdarma a jako výpomoc pro listování je

možnost rozbalit tabulku obsahu a jednotlivě přeskokovat po kapitolách. Další lehce zmatečný prvek by se dalo považovat to, že u zkušebnímu standardu UL 268 nejsou přímo definované zkušební postupy, které jsou určeny pro nasávací hlásič kouře, ale je dokument obecně pojat tak, že testy jsou pro kouřové detektory a pro dané detektory se musí vybrat aplikovatelný test, který se dá na daný detektor použít. Celkem se ve standardu nachází přibližně 50 různých zkoušek a testů.

ČSN EN 54-20 má základní nevýhodu, že standard není zdarma přístupný pro všechny, jako standardy pro Spojené státy americké a lze ho získat pouze za zaplacení poplatku, či v případě této práce pomocí školou poskytované, zaplacené licence přes vzdálený přístup na počítači, kde jsou standardy k dispozici. Velkou výhodou tohoto standardu je to, že se zabývá pouze nasávacím hlásičem kouře, tudíž dodá komukoliv snadno informace, které potřebuje pro navrhování či pro provádění jednotlivých testů a zkoušek.

Zkoušky fungují téměř na stejném principu, i když se občas nějaká hodnota při zkoušení liší (ať se jedná o podmínky prostředí či doba zkoušení). Jako nejlepší východisko pro posouzení zkoušek či například převzetí nějaké zkoušky od organizace UL by bylo sestavení statistik pro nasávací hlásiče kouře získané z dat pro země, které jsou ve spolupráci s CEN. Díky těmto informacím by se dalo posoudit, jaký je důvod pro selhání funkce nasávacího hlásiče kouře při detekci požáru nebo jen chyby, které vznikají při standardním provozu. Na základě těchto informací by se mohly posoudit zkoušky, které jsou prováděny organizací CEN a UL a případně převzít postup či testovací postup upravit tak, aby zkoušky vedly ke zlepšení spolehlivosti nasávacích hlásičů kouře.



## 4 Řešení modelového příkladu

V rámci diplomové práce je řešený příklad zaměřen na porovnání dvou detektorů, které jsou v různém uspořádání v prostoru. U detektorů se srovnává a vyhodnocuje čas potřebný k detekci kouřových částic vznikajících v prostoru vlivem začínajícího požáru. Pro modelování byl zvolen program FDS (Fire Dynamics Simulator), který slouží k modelování a simulaci dynamiky požáru. FDS funguje jako procesor, který je součástí softwarového systému založeného na CFD (Computational Fluid Dynamics). CFD je software, který dokáže pracovat a simulovat proudění tekutin, předávání a prostupy tepla pomocí numerických přístupů. Pro zobrazení výsledků simulace je využíván Smokeview, kde lze zobrazit průběh rozvinutí kouře či jiných vlastností v čase. Hodnoty doby reakce a míry zakouření je zapisováno do Excelovské tabulky od Microsoft Office.[17] Pro nasávací hlásiče kouře se z důvodu psaní kódového souboru, podle kterého FDS pracuje, musel také využít program na modelování vzorkovacího potrubí, aby se transportní doba vzorkovacího vzduchu k detektoru zaznamenala do kódu. Program ASPIRE Pipe Network Design Software byl poskytnut zdarma ke studijním účelům firmou XTRALIS, která se podílí na výrobě a aplikaci nasávacích hlásičů kouře. Pro psaní zdrojového kódu, který program FDS využívá pro modelování, byl využit volně přístupný program Notepad++.

### 4.1 Použité programy

#### 4.1.1 FDS

Matematické modelování požáru sehrává v požárním inženýrství velkou roli. S pokračujícím vývojem výpočetní techniky vzniká čím dál více softwarových nástrojů, které pracují s programy implementující tzv. principy dynamického proudění tekutin (CFD – Computational Fluid Dynamics). V případě proudění tekutin se v případě požáru považuje proudící směs vzduchu, kouře a plynných zplodin hoření, které proudí díky vlivu tepelných účinků požáru.

Program FDS je důležitým zástupcem v rámci požárního modelování proudění tekutin v rámci CFD.

Fire dynamics simulator (FDS) je program, který byl prvně publikován v únoru roku 2000 za účelem modelování kouřových systémů a studie pro sprinklerové zařízení. Postupem doby se program vyvinul a je používán k modelování praktických problémů v požárním inženýrstvím a zároveň slouží jako nástroj pro pochopení základů požární dynamiky a spalování. Výhoda programu je jeho volně dostupná licence pro širokou veřejnost. Program byl vyvíjen přibližně 20 let, než byla vydána jeho první verze. V programu lze modelovat následující: [17]

- transport tepla a kouře prouděním a sáláním
- přestup tepla mezi vzduchem a pevnými povrchy

- transport tepla (jednorozměrný) vedením uvnitř pevných povrchů
- pyrolýza pevné či kapalné fáze a proces hoření plynných produktů
- šíření plamene a rozvoj požáru
- aktivace tepelných a kouřových detektorů
- sprinklerové skrápění a hašení vodou (vodní mlhou) apod.

FDS využívá program Smokeview, který slouží k vizuální prezentaci výpočtů a simulace (například šíření kouře v prostoru), které program provede.

CFD modely jsou postavené na algoritmech výpočtového proudění tekutin (Computational fluid Dynamics). Simulovaný prostor je rozdělen (pomocí příkazu MESH) do velkého počtu trojrozměrných kontrolních objemů (buněk) a tím tak tvoří prostorovou výpočetní síť. Během výpočtu jsou v každé buňce řešeny stavové rovnice a rovnice zachování energie (rovnice přenosu energie), hmoty a chemických látek a zároveň (rovnice kontinuity) i rovnice zachování hybnosti (Navier-Stokesovy rovnice). Samotná metodika CFD neřeší požární specifika. Tyto požární specifika jsou tzv. požární submodely. Požární submodely jsou následující:

- Spalování (submodel hoření) funguje na principu modelu směsných zlomků – program vyhodnocuje spalovací reakci na základě množství paliva, inertních plynů a zplodin hoření v každé buňce na základě poměrů (zlomků) zmíněných složek
- Sdílení tepla (submodel sdílení tepla) má tři základní mechanismy sdílení – vedení (kondukce), proudění (konvekce) a záření (radiace). Z hlediska výpočtu je sdílení tepla vlivem kondukce a konvekce jednoduché, jelikož jsou jednotlivé materiály definované svou specifickou hustotou, měrnou tepelnou kapacitou a vodivostí. Naopak radiace je u výpočetního i fyzikálního hlediska největší problém. Vlivem složitosti výpočtu a příliš mnoho vstupních parametrů a jevů, které mohou při radiaci nastat (těleso odrazí záření, pohltí anebo tělesem jen projde) není nutné provádět výpočet radiace v každém kroku výpočtu.

#### 4.1.2 ASPIRE Pipe Network Design Software

Software je vyvinutý společností XTRALIS, která se zabývá výrobou a následnou aplikací nasávacích hlásičů kouře. Software slouží pro modelování nasávacího systému pro budovu žádanou zadavatelem. Program slouží pro vyhodnocení vhodnosti daného návrhu případně jeho upravení tak, aby vyhovovalo podmínkám stanovenými standardy. Primárními výstupy z programu jsou transportní doba vzorkovacího vzduchu od vzorkovacího bodu do detekční komory, aby splňovaly limity dané standardy pro daný prostor a následně i například tlak v potrubí. Dle navrženého modelu je poté následně možná snadná instalace v budově dle návrhu. Program pro modelování systému potrubí je užíván celosvětově již přes 20 let a je neustále vyvíjen

a vylepšován. V programu lze i například zobrazit navržené potrubí ve 3D modelu pro představu. [18]

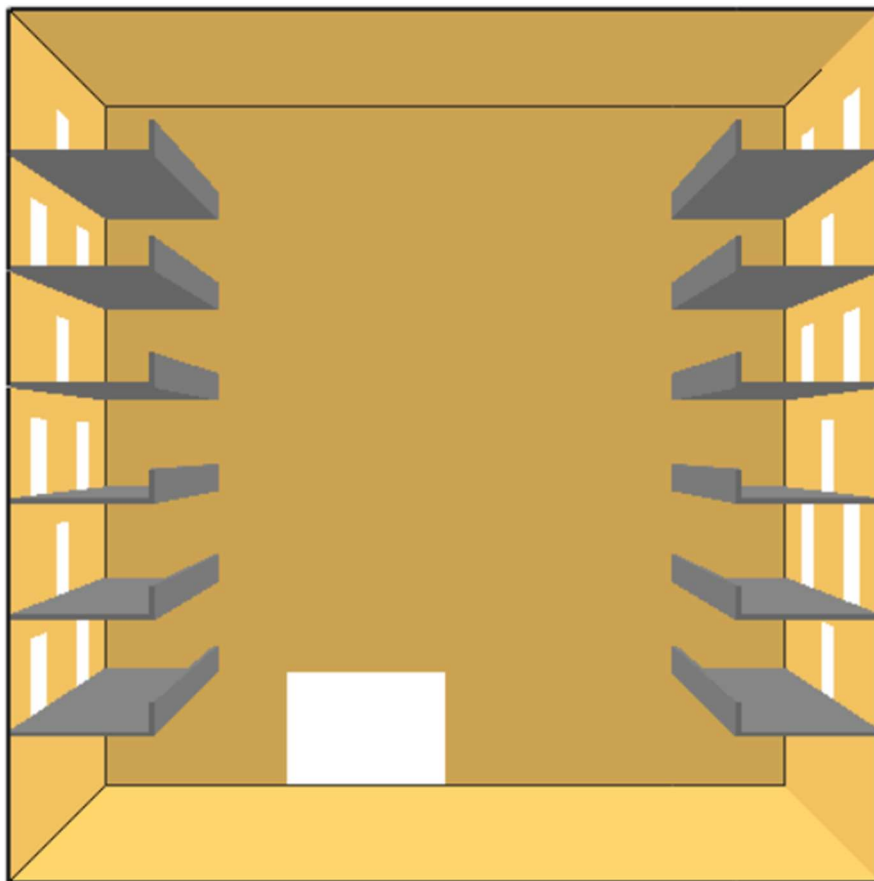
### 4.1.3 NOTEPAD++

Notepad++ je volně dostupný textový editor, který je primárně navržený pro Windows, ale lze ho využít i na ostatních operačních systémech. Program je často používán ke psaní zdrojových kódů pro programování. V diplomové práci je program využit pro psaní zdrojového kódu, podle kterého program FDS následně provádí simulaci a výpočet prostoru atria hotelu. První vydání se datuje k 25. listopadu 2003.[19]

## 4.2 Zadání

Účelem tohoto modelového příkladu je porovnání dvou nasávacích hlásičů kouře a jejich doby detekce hodnotou zakouření vlivem vznikajícího požáru. Součástí modelového příkladu je taktéž vytvoření citlivostní analýzy, která má za úkol prověřit, že namodelované hodnoty uvažované v této práci jsou věrohodné.

Pro modelový příklad jsou zvoleny dva stejné detektory, které slouží k detekci vysokých prostor. Oba detektory mají různé umístění v prostoru, co se detekční komory týče. Vzorkovací potrubí je namodelováno tak, že je rozdílné u obou variant. Pro simulaci prostoru byl zvolen vysoký prostor vícepodlažního otevřeného atria hotelu. Prostor hotelu činí 15x15x30 metrů a má celkem 7. NP. Z balkonů vedou dveře do jednotlivých chodeb, kde se nachází pokoje hostů hotelu. V prostoru atria hotelu se nachází balkony, které ústí do atria, umožňující hostům náhled do prostoru. Pod levými balkony se nachází recepce, pod pravými balkony se nachází prostor s pohovkami a stoly určenými pro relaxaci hostů či čekání na check-in/check-out. Prostor je vidět na obrázku (Obr. 24). V prostoru jsou modelovány pouze ohraničující konstrukce z důvodu zbytečného zatěžování procesoru a disku počítače v průběhu výpočtu a tím pádem i prodloužení doby výpočtu simulace.



Obr. 24 Modelovaný prostor atria zobrazen ve Smokeview

Pro účel této diplomové práce je navrženo potrubí pouze na pravé polovině uvažovaného prostoru, jelikož zde se uvažuje začínající požár. Kdyby se prováděl návrh celého prostoru atria, daly by se systémy nasávacího hlásiče navrhnout na stejném principu akorát by byl navíc navržen systém zrcadlově otočený tak, aby odpovídal polohám na levé straně atria. Nejvyšší potrubí je navrženo tak, že u stropní roviny nad otevřeným atriem zasahuje do jeho poloviny, kde by poté následovalo vzorkovací potrubí přicházející z druhé strany.

## 4.3 Postup

### 4.3.1 Modelování prostoru

Prvním krokem bylo napsání zdrojového kódu v programu Notepad++ tak, aby byl vytvořený modelovaný prostor, který je vidět na obrázku výše. Modelovaný prostor atria hotelu má rozměry 15x15x30 m a celkem tvoří 7. NP. V přízemí se nachází prostor recepce, která je situována pod balkony vlevo. Prostor atria je tvořen jako volný komunikační prostor bez nábytku či překážek. Pod pravými balkony je situován prostor, kde se nachází pohovky a stoly sloužící k odpočinku

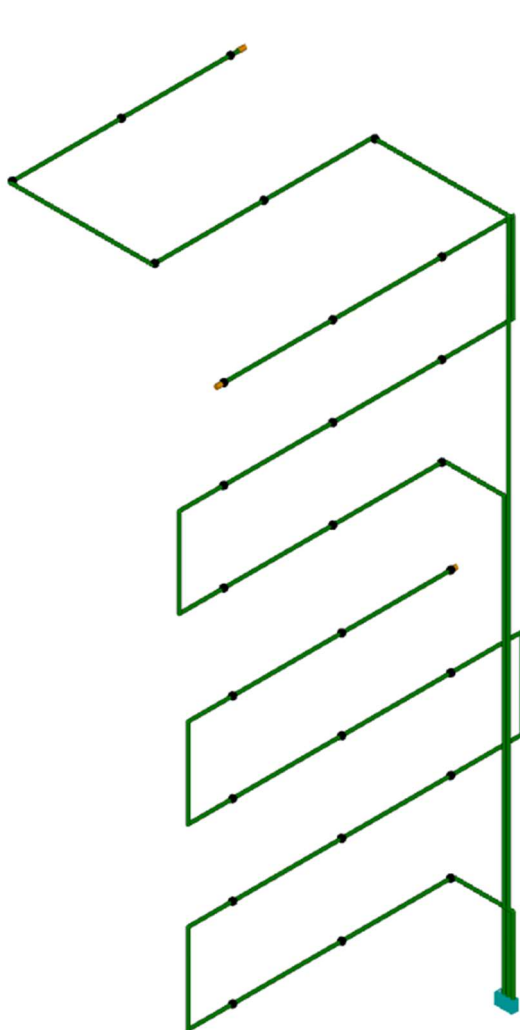
hostů či k případnému čekání v době check-in/check-out. Prostor recepcce a ostatní nábytek nebyly do modelu vloženy, jelikož tím dochází k dalšímu zbytečnému zatěžování procesoru počítače a tím pádem delší dobu trvání výpočtu simulace. Vchodové dveře v 1.NP byly vytvořeny jako otvor trvale otevřený, tudíž v případě proudění kouře může tímto otvorem proudit do vnějších prostorů a nebude se zde kumulovat. Balkony jsou vytvořeny jako standardní konstrukce, které tvoří překážku v případě šíření kouře prostorem. Jednotlivé dveře jsou nastavené jako trvale otevřené, které dále vedou do chodeb, kde jsou situovány jednotlivé pokoje hostů. Tento prostor již není součástí modelu.

Pro modelování požáru v prostoru byl uvažován scénář, kdy vznikem zkratu elektroinstalace u pohovky či vlivem zapadnutí nedopalku nepozornosti hosta dojde k pomalému zapálení této pohovky a následně vznikající kouř je zachycen pomocí nasávacích hlásičů kouře vlivem jeho stoupání v prostoru. Hodnoty pro křivku uvolňování tepla HRR byly převzaty z knihy Příručka Modelování dynamiky požáru v budovách[17],kde je zaznamenán pokus zapálení pohovky a vytvořena následná křivka uvolňování tepla v čase, podle které následně program FDS simuluje vznik kouře v prostoru.

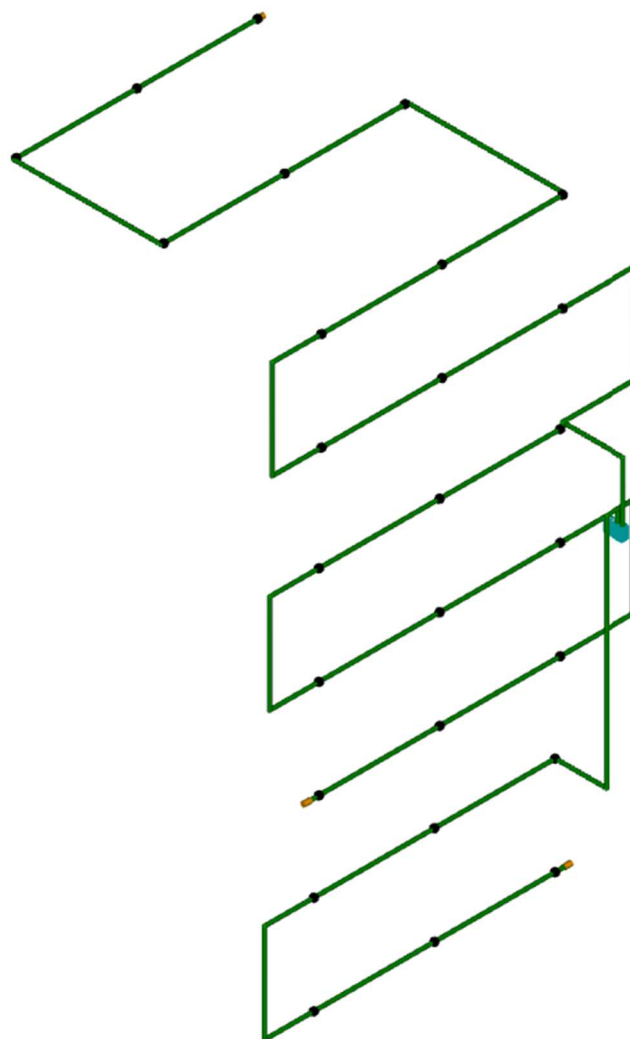
Celý uvažovaný prostor (15x15x30 m) je prvotně rozdělen příkazem MESH, kterým je prostor rozdělen na výpočetní síť o „menších krychlích“ o rozměru jedné buňky 100x100x100 mm, mezi kterými fungují zákony pohybu tekutin v prostoru.

### 4.3.2 Vzorkovací potrubí

Dalším krokem bylo v programu ASPIRE Pipe Network Design Software [18] vytvoření tras vzorkovacího potrubí, které slouží k dopravování nasávaného vzduchu do prostoru detektoru. Pomocí programu je vytvořena trasa potrubí a je vypočítaný čas od jednotlivých vzorkovacích bodů, který reprezentuje dobu dopravení vzorkovacího vzduchu od jednotlivých míst do prostoru detektoru. Tento čas je použit do zdrojového kódu pro FDS jako „delay“ (prodleva) v detekci, jelikož jinak FDS s nasávacími hlásiči pracovat nedokáže. Jakmile vzorkovací bod poprvé zaznamená jakýkoliv kouř, spustí se odpočet prodlevy pro daný bod a když tento čas proběhne, tak detektor začíná měřit hodnotu obskuracy v jednotkách %/m neboli míru zakouření (zatemnění) daného prostoru. Obrázky (Obr. 25, Obr. 26) níže představují trasy vzorkovacích potrubí vytvořených pomocí programu ASPIRE.



Obr. 25 Vzorkovací potrubí varianta 1



Obr. 26 Vzorkovací potrubí varianta 2

Pro modelování byl v obou případech využit detektor VESDA-E VES, který je vyroben za účelem monitorování datových center, skladů, věznic, letišť, čistých místností a velkých atrií. Detektor má možnost zavedení až celkem čtyř vzorkovacích potrubí, kdy dokáže provádět vyhodnocení vzorkovaného vzduchu zvlášť a tím pádem i rozdělit detekovaný prostor na zóny a směřovat obsluhu tam, kde je vyvolán poplach. Detektor musí mít zavedeny minimálně dvě vzorkovací potrubí, kdy maximální délka každého potrubí je 100 m. Při zavedení tří potrubí je délka každého potrubí zkrácena na 80 metrů a při použití čtyř potrubí je délka zkrácena na 70 metrů z důvodu toho, že čím více je potrubí, tím musí detektor a náležité komponenty mít vyšší výkon, který zaručí dostatečnou rychlost proudění vzduchu a tlak v potrubí, aby splnily kritériální podmínky pro limitní hodnoty proudění vzduchu (např EWFD maximálně 90 sekund). Níže jsou popsány varianty tak, jak byly modelované v programu ASPIRE:

- **Varianta 1:** Detekční komora je umístěna v 1. NP. Vzorkovací potrubí je navrženo jako standardní jednoduché potrubí. První vzorkovací potrubí vede podél zdi na spodní

stranu konstrukce balkonu v 1. NP, kde jsou umístěny tři vzorkovací body v souladu s rozmístěním po prostoru, aby pokryly požadovanou plochu. Následně vzorkovací potrubí vede ke stěně, kde vystoupá o 4 metry výše, aby bylo opět na spodní straně balkonu a pokrylo tím další podlaží. Toto potrubí takto pokrývá až do 4. NP, kde je ukončeno z důvodu limitní délky. Následuje druhé vzorkovací potrubí, které okamžitě stoupá do 5. NP, kde pokrývá daný prostor a pokračuje do 6 a 7. NP a z důvodu délky je zde ukončeno. Poslední vzorkovací potrubí této varianty vede přímo do 7. NP, kde poté podél stropu postupuje do prostoru mimo balkony, aby pokrylo volný prostor atria hotelu. Nejdelší transportní doba vzorkovacího vzduchu je 53 sekund od nejvzdálenějšího vzorkovacího bodu umístěného nad volným prostorem atria (na Obr. 25 se jedná o nejvýše umístěný bod). Celková délka potrubí je 205,3 m.

- **Varianta 2:** Detekční komora je umístěna ve 4. NP odkud je veden rozvod potrubí. První potrubí je navrženo jako jednoduché rozvětvení, tudíž potrubí v detektoru „zabírá“ pouze jeden otvor na vstupu do detektoru (místo dvou), ale poté je rozvětveno do dvou větví. První větev vede po stropní rovině a první vzorkovací body jsou umístěny v 6. NP, které poté pokračují do 7. NP, následně do prostoru mimo balkony a pokrývají tak otevřené atrium. Druhá větev tohoto potrubí má první vzorkovací body umístěny v 5. NP a dále pokračuje směrem dolů až do 3. NP. Délka tohoto rozvětveného potrubí je omezena oproti standardnímu jednoduchému potrubí. Standardní potrubí může mít celkovou délku až 100 m ale rozvětvená má maximální délku 140 metrů což odpovídá 70 metrů na jednu větev. Do druhého vstupu detektoru je umístěno standardní potrubí, které vede přímo do 2. NP, kde jsou umístěny první vzorkovací body tohoto potrubí a následně je ukončeno v 1. NP po pokrytí daného podlaží. Maximální transportní doba této varianty je 84 sekund, kdy je to doba od nejvzdálenějšího vzorkovacího bodu této soustavy potrubí (na Obr. 26 se jedná o nejvýše umístěný bod). Celková délka potrubí je 162,9 m.

Obecně orientace v programu ASPIRE je pro nového uživatele lehce zmatečná a je v něm trochu složitější orientace, ale po chvíli se v programu dá snadno zorientovat a navrhování daného vzorkovacího potrubí je již snazší. Pro účel modelování atria hotelu byla zvolena EWFD detekce, tudíž limitní hodnota pro transportní dobu 90 sekund byla splněna. Program při výpočtu v případě překročení limitních hodnot nabízí vlastnost „Auto balance“, která dokáže upravit velikosti vzorkovacích bodů či proudění ve vzorkovacím potrubí tak, aby došlo k vyhovění požadovaných hodnot a bylo to dosažitelné, co se v případě technologie detektoru týče (aby to nebylo nesmyslně uživatelem předimenzované na nesplnitelné požadavky na detektor).

Nejdůležitější výstup z tohoto programu je již zmiňovaná hodnota doby transportu z jednotlivých vzorkovacích bodů, která je použita ve zdrojovém kódu jako prodleva pro každý vymodelovaný vzorkovací bod v FDS. Níže uvedené obrázky reprezentují výstup z programu ASPIRE. V programu lze hodnoty jednotlivých potrubí rozkliknout a zjistit jednotlivé hodnoty času transportu vzduchu skrze potrubí z jednotlivých vzorkovacích bodů.

Properties	Calculations	Summary	Sampling Points		
	[New Pipe]	[New Pipe (1)]	[New Pipe (2)]	Exhaust	[The Detector]
Pipe Length	71.9	63.2	70.2	0.0	205.3
First Position	6.2 m	36.4 m	22.2 m		6.2 m
Number of Sam...	13	7	10		30
Hole Spacing	4.9 ~ 10.4 m	4.9 ~ 6.6 m	4.9 ~ 10.4 m		4.9 ~ 10.4 m
Pipe Internal Dia...	21.0 mm	21.0 mm	21.0 mm	21.0	21.0 mm
Capillary Internal ...					
End Vent Diamet...	3.0 mm	2.5 mm	3.0 mm		2.5 ~ 3.0 mm
Ambient Pressure	0	0	0		
Maximum Trans...	53 sec	47 sec	52 sec		53 sec
Sector Pressure	322	333	329	0	
Total Flow	55.3	32.1	43.2	130.6	130.6

Obr. 27 Výstupní hodnoty ASPIRE varianta 1

Properties	Calculations	Summary	Sampling Points		
	[New Pipe]	[New Pipe (1)]	Exhaust	[The Detector]	
Pipe Length	122.6	40.3	0.0	162.9	
First Position	5.1 m	12.7 m		5.1 m	
Number of Sam...	21	6		27	
Hole Spacing	4.9 ~ 10.0 m	4.9 ~ 8.0 m		4.9 ~ 10.0 m	
Pipe Internal Dia...	21.0 mm	21.0 mm	21.0	21.0 mm	
Capillary Internal ...					
End Vent Diamet...					
Ambient Pressure	0	0			
Maximum Trans...	84 sec	54 sec		84 sec	
Sector Pressure	477	504	0		
Total Flow	75.0	25.9	100.9	100.9	

Obr. 28 Výstupní hodnoty ASPIRE varianta 2

## LEGENDA

### Obr. 27 a Obr. 28

*Pipe Length* – délka potrubí, *First Position* – první umístění, *Number of Sampling Holes* – počet vzorkovacích bodů, *Hole Spacing* – vzdálenost bodů, *Pipe Internal Diameter* – vnitřní průměr potrubí, *Capillary Internal Diameter* – průměr kapilárního potrubí, *End Vent Diameter* – průměr koncového potrubí, *Ambient Pressure* – tlak prostředí, *Maximum Transport Time* – maximální transportní doba, *Sector Pressure* – tlak sektoru, *Total Flow* – celkové proudění

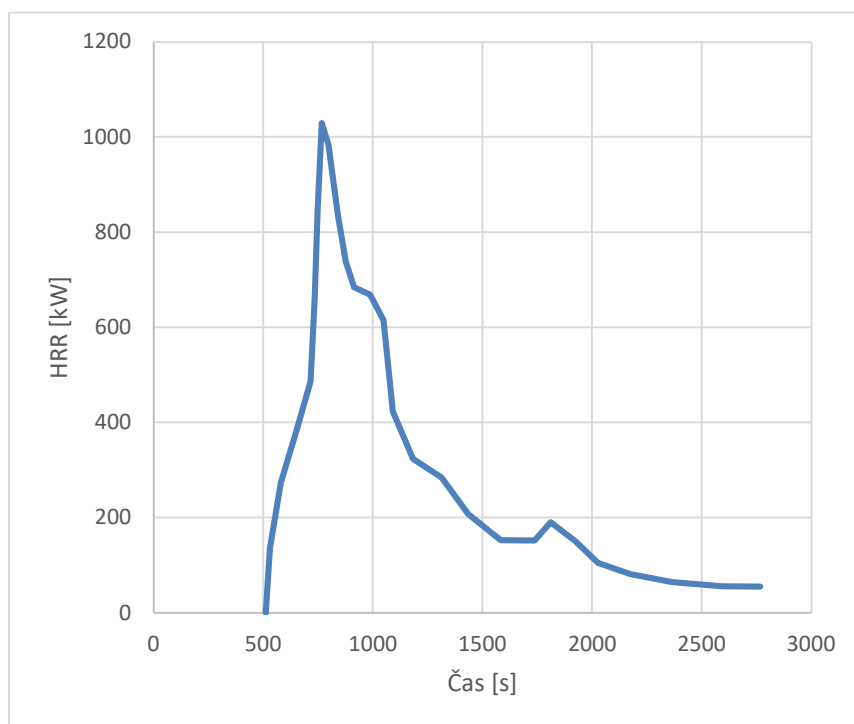
V příloze č. 2 na konci této práce se nachází výstup z programu ASPIRE Pipe Network Design Software pro obě varianty soustavy nasávacího hlásiče kouře. Z přílohy jsou čitelné



hodnoty pro jednotlivé vzorkovací body, které jsou následně využity pro zapracování do zdrojového kódu pro výpočet v programu FDS. Ve výstupu v programu jsou pro každý vzorkovací bod viditelné hodnoty tlaku, transportní doby (prodléva delay), průměr otvoru vzorkovacího bodu, průtok v daném úseku potrubí [l/min] a také procentuální průtok skrze vzorkovací bod.

### 4.3.3 Detektor

Zdroj požáru a vznikajícího kouře byl umístěn poblíž stěny na pravé straně v 1. NP (Obr. 30). Jako zdroj požáru je zde uvažovaná pohovka s dubovým rámem, kde sedačky a opěráky jsou tvořeny z polyuretanové pěny s bavlněným potahem. Maximální hodnota křivky HRR (křivka hodnoty uvolňování tepla) je 1029 kW a této hodnoty je dosaženo přibližně po 256 sekundách od počátku vznícení (viz Graf 1). HRR bylo převzato z experimentální zkoušky, která zároveň slouží taktéž jako příloha (spolu s dalšími spousty experimentálními zkouškami) k publikaci Modelování dynamiky požáru v budovách vyvinuté ke studijním účelům na Fakultě stavební ČVUT v Praze[17]. Hodnoty vložené do programu FDS byly určeny tak, že hodnota času v 511.4. sekundě v níže uvedené tabulce (Tabulka 7) byla zvolena jako počátek, tudíž čas 0 sekund, jelikož to je počátek uvolňování tepla a taktéž počátek vzniku kouřových částic. Celková doba, kdy v experimentu docházelo k uvolňování tepla je 2 255 sekund (téměř 38 minut). Do modelu byly vloženy pouze první čtyři kroky hodnot HRR a času, které odpovídají době 142,9 sekund, kdy uvolněné teplo dosahuje pouze 38 % své maximální hodnoty ( $(387/1029) * 100 = 38 \%$ ). Detektory zaznamenaly vznik kouřových částic přibližně v 10. sekundě a v té době se spustil odpočet časového zpoždění (simulování transportní doby vzorkovacím potrubím) a poté došlo k vyhlášení poplachu soustavou. Z těchto důvodů nebylo nutné do zdrojového kódu uvádět další časové kroky či celkový průběh požáru v čase.

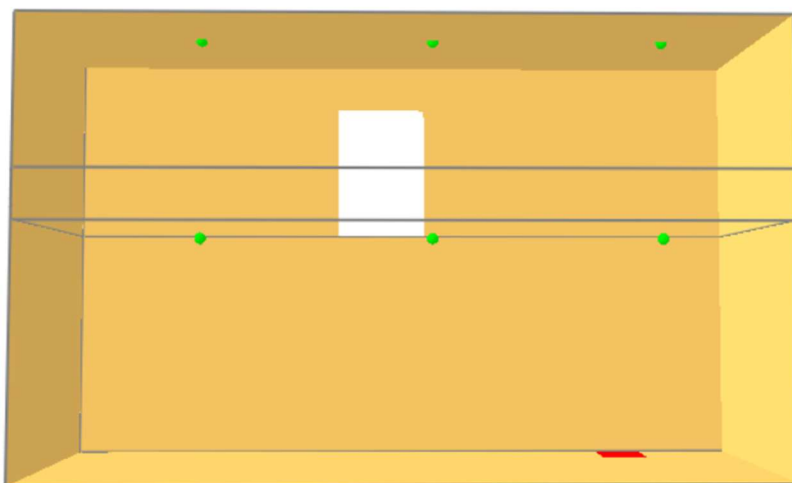


Graf 1: Křivka uvolňování tepla experimentu [16]

Tabulka 7: Tabulka hodnot v čase [16]

ČAS [s]	HRR [kW]
511.4	0.0
530.2	135.1
580.0	272.6
654.3	387.0
716.2	486.2
735.2	662.1
748.2	845.7
767.3	1029.3
797.9	983.2
840.6	837.6
877.2	737.9
914.0	684.1
987.8	668.4
1049.3	614.6
1091.8	423.0
1183.8	323.0
1313.1	284.1
1436.0	207.0
1583.7	152.6
1737.7	151.9
1811.7	189.7
1922.5	150.9
2027.0	104.5
2174.8	80.7
2365.7	64.5
2593.6	55.6
2766.1	54.8

Program FDS nedokáže pracovat s nasávacími hlásiči tak, že by se do prostoru vymodelovalo vzorkovací potrubí s jednotlivými vzorkovacími body, a to by provádělo detekci standardním způsobem, jako provádí ve skutečnosti – vzorkovacími body je nasávaný vzduch dopraven do detektoru, kde je prováděna jeho detekce. V rámci FDS se musel využít výše zmíněný program pro modelování ASPIRE, ze kterého byly vyčteny hodnoty prodlevy (doba dopravení vzduchu ze vzorkovacího bodu do detektoru). V modelu jsou umístěny vzorkovací body tak, že pokrývají požadovanou plochu na každém podlaží (přibližně 37,2 m<sup>2</sup>). Tomuto rozmístění odpovídají 3 vzorkovací body na každé podlaží. Každý vzorkovací bod má ve zdrojovém kódu určenou vlastní hodnotu prodlevy jako specifickou dobu transportu vzduchu. Vzorkovací body jsou modelovány na přesně určenou souřadnici, která náleží ke spodní rovině balkonové konstrukce umístěné tak, aby pokrývala požadovanou plochu prostoru, který monitoruje. Vzorkovací bod je modelován pomocí příkazu DEV (device-zařízení), kdy vzorkovací bod sleduje hustotu proudění kouřových částic v prostoru [kg/m<sup>3</sup>]. Jakmile zaznamená detektor ve své buňce výpočetní síti výskyt kouřových částic, spustí se odpočet času zpoždění (delay) a po uplynutí této doby začíná fungovat zařízení detekce v nasávacím hlásiči kouře, který začne měřit míru obskuracy (zatmění) v jednotkách %/m, na základně které poté jednotka ve skutečném provozu hlásí poplach.



Obr. 29 Znáznorněné umístění vzorkovacích bodů

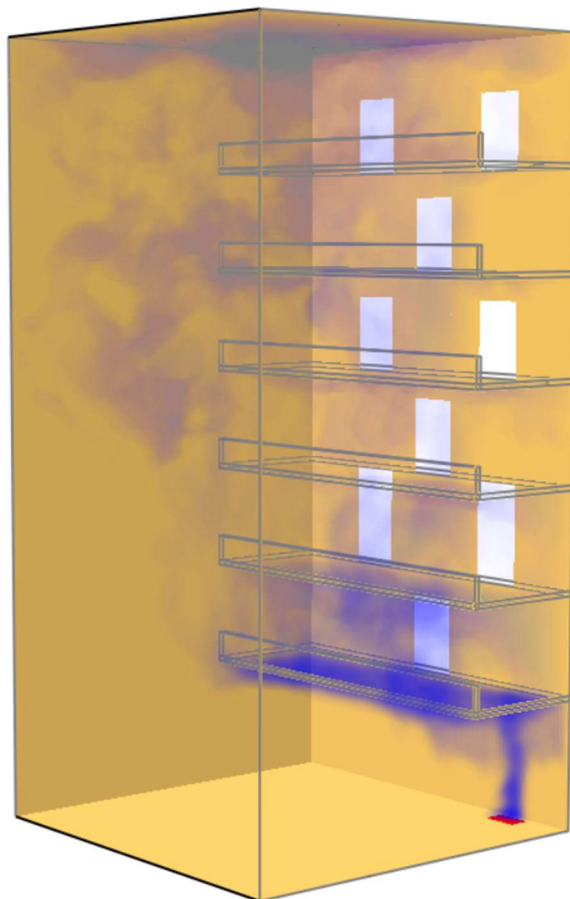
Na obrázku výše je vidět rozmístění vzorkovacích bodů v prostoru. Konstrukce balkonu a ohraničujících stěn je v programu nastavena tak, aby se zobrazovala pouze jako obrys konstrukce pro snazší orientaci v prostoru. Vzorkovací body stejně pokračují i v ostatních podlažích.

#### 4.4 Výstupy a citlivostní analýza

Prvotní myšlenka simulace byla taková, že se prostor atria s recepcí, balkony a odpočinkovou zónou pro hosty o rozměrech 15x15x30 metrů rozdělí na výpočetní oblast. Po prvotním spuštění simulace se program ani po 12 hodinách nedostal z fáze kontroly správnosti napsaného zdrojového kódu do fáze, kdy by začal provádět výpočet pro jednotlivé časové kroky. Takto by simulace jednoho příkladu mohla zabrat i několik dní. Toto je ovšem velice ovlivněno zařízením, na kterém je program spuštěn. Pro účely této DP práce byl využit notebook značky Acer s 8 GB RAM pamětí, procesorem Intel Core i5 – 2,3 GHz.



Obr. 30 Simulace v 47. sekundě



Obr. 31 Simulace ve 75. sekundě

Za účelem dopracování se k požadovanému výsledku byl prostor upraven tak, že byla uvažována pouze jeho polovina, kdy výška prostoru byla zachována, aby se mohl sledovat způsob, jakým se kouř šíří prostorem. V místě, kde byl prostor zmenšen nebyla vytvořena stěna, ale v modelu to bylo vytvořeno jako trvale otevřený otvor, aby nedocházelo k hromadění kouře, který by ve skutečném atriu mohl dále proudit i do zbývajících prostorů. Výše na (Obr. 30, Obr. 31) je vidět způsob šíření kouře v prostoru ve 47. sekundě a 75. sekundě. Simulace nebyla nikdy uvažována déle (než 75 sekund), jelikož hodnoty pro aktivaci detektorů byly dosaženy vždy dříve, a proto tomu taky doba simulace byla uzpůsobena tak, aby výpočet probíhal rychleji. Kouř byl nastaven na modrou barvu z důvodu lepší viditelnosti.

V níže uvedené tabulce (Tabulka 8) jsou vypsány vstupní a výstupní parametry, které byly uvažovány pro modelování v FDS. První sloupec znázorňuje, jak byl prostor upravován na různé velikosti, aby se docílilo rychlejšího výpočtu. Druhý sloupec udává, jak byl prostor rozdělen pro danou výpočetní síť. Rozměry jedné „krychličky“ výpočetní sítě se pohybovaly od velikosti 200x200x200 mm až po drobnější výpočetní síť o velikosti buňky 50x50x50 mm. Třetí sloupec udává celkový počet buněk výpočetní sítě v daném prostoru. Čtvrtý sloupec udává čas, který byl

potřeba k tomu, aby program provedl výpočet na dané vstupní hodnoty. Čtvrtý a pátý sloupec udává hodnoty doby reakce nasávacího hlásiče kouře s již zavedenou dobou prodlevy díky implementaci ve zdrojovém kódu pro FDS. Sloupec ASD 1 definuje variantu 1 soustavy nasávacího hlásiče kouře a ASD 2 definuje variantu 2 soustavy nasávacího hlásiče kouře.

Tabulka 8: Výsledky doby simulací a detekce z FDS a citlivostní analýza

ROZMĚR PROSTORU [m]	MESH IJK (X,Y,Z)	POČET BUNĚK	VÝPOČET [min]	ASD 1 [s]	ASD 2 [s]
10x15x13	100,150,130	1.950.000	630	18,4	36,4
10x15x13	50x75x65	243.750	85	18,4	36,4
10x15x30	50x75x150	562.500	70	18,45	36,45
15x15x30	75x75x150	843.750	180	18,52	36,52
5x15x9	100x300x180	5.400.000	930	18,45	36,45
5x15x9	10x10x10	1.000	0,033	20,5	38,5
5x15x9	5x15x9	675	0,083	19,5	37,5
Poznámky: ASD 1 představuje Variantu 1 rozmístění sestavy nasávacího hlásiče kouře. ASD 2 představuje Variantu 2 rozmístění sestavy nasávacího hlásiče kouře. <b>Červeně</b> jsou vyznačeny hodnoty, které se již liší od modelu s rozsáhlejší výpočetní sítí.					

Citlivostní analýza se v rámci FDS provádí z toho důvodu, aby se ověřilo, že výsledné hodnoty, které jsou poskytnuty pomocí výpočtu programem jsou věrohodné. Tyto hodnoty velmi záleží na výpočetní síti daného prostoru (příkaz MESH). Pokud by prostor byl rozdělen na příliš velké buňky, tak dochází k tomu, jakmile by do té buňky z jakéhokoliv rohu vlivem proudění se dostal kouř, okamžitě by to spustilo hlásič, i kdyby ta buňka měla rozměry 1x1x1 metru a detekující zařízení by bylo na druhé straně této buňky. Z tohoto důvodu se provádí citlivostní analýza, kdy se prostor rozkládá na různé velikosti výpočetní sítě a následně se provádí porovnání výsledků tak, aby bylo opravdu ověřeno, že se výsledky již nijak neliší. Nejmenší prostor ke konci modelování byl zvolen z toho důvodu, aby se tam mohl provést mesh na co nejmenší možné částice tak, aby se ověřilo, že hodnota doby reakce hlásiče se neliší od výpočetní sítě hrubší Výpočet tohoto prostoru, kde je výpočetní síť definována jako „krychličky“ o velikosti 50x50x50 mm trval 930 minut neboli 15,5 hodin.

## 4.5 Vyhodnocení

Vlivem vytváření drobnější výpočetní sítě docházelo k zpřesňování výsledku doby reakce hlásiče na vznikající požár, ale také docházelo k prodlužování výpočetní doby z důvodu vyšší zátěže na zařízení. Ačkoliv se rozdíl reakcí nemusí zdát až příliš velký oproti výpočetní síti, která nebyla tolika rozdělena, je tam viditelná odchylka od doby reakce hlásiče. Mohlo by se stát, že by se

prováděl výzkum čehokoliv jiného, kde by proudění kouře nebylo takto jednoznačné či by požár vznikal v otevřeném prostoru a proudění kouře by mohlo být razantně ovlivněno, tudíž by vlivem špatného rozdělení výpočetní sítě mohlo dojít k tomu, že by detektor v simulaci zareagoval příliš brzy. Rozdílná doba reakce by poté neodpovídala tomu, jak by to ve skutečném provozu odpovídalo, a tím pádem by pak došlo ke špatnému návrhu a ohrožení na zdraví osob, zvířat či ekonomické škodě. Proto je citlivostní analýza téměř podmínkou u všech simulací, které se provádí, aby se mohlo ověřit, že zvolené rozdělení výpočetní sítě je opravdu věrohodné a výsledky se co nejvíce přibližují samy sobě a také skutečnosti.

V rámci porovnávání nasávacího hlásiče varianty 1 a 2 by se dalo říct, že je zde prakticky zásadní pouze model, který je vytvořen v programu ASPIRE. Umístění vzorkovacích bodů je naprosto stejné, jelikož pokrytí prostoru podléhá stejné podmínce. Jediný zásadní rozdíl je zde v tom, jakým způsobem je navrženo vzorkovací potrubí a kudy je vedeno. Při navrhování systému nasávacího hlásiče je nejzásadnější, jaký se bude uvažovat provoz prostoru a jaké jeho využití investor uvažuje. Například kdyby balkony byly určeny jako prostor bez požárního zatížení, není zde požadováno navrhování detekce v každém podlaží, jako je provedeno v modelovém příkladu, ale mohly by zde být umístěny detektory s většími rozestupy (nikoliv v každém podlaží) pro horizontální detekci stoupání kouře směrem vzhůru z prostoru atria. Uzpůsobení prostoru může být velice zásadní pro návrh.

## 5 Závěr diplomové práce

V diplomové práci byly popsány jednotlivé komponenty nasávacího hlásiče kouře a jejich princip fungování. Dále byla vysvětlena technologie detekce na principu duální vlnové délky na nasávacím hlásiči firmy SIEMENS. V práci byly dále popsány prostory, kde je vhodné použití detektoru a způsoby jeho umístění.

V diplomové práci byly porovnány normativní požadavky z převzaté ČSN EN 54-20 pro nasávací hlásiče kouře s americkými předpisy NFPA 72, NFPA 75, NFPA 76, které slouží pro projektování požární detekce. Dále práce porovnává normativní požadavky ze zmíněné převzaté normy ČSN EN 54-20 a porovnává ji s americkou zkušební normou UL 268, kde jsou jednotlivé testy těchto standardů rozepsány pro porovnání jejich přístupu ke zkouškám.

Na základě porovnání projektových a zkušebních norem by se dalo více pracovat ve smyslu převzetí znalostí z amerických norem, které mají zkoušek pro detektory razantně více a tím pádem například zavést další nutné zkoušky pro detektory a tím eliminovat či snížit možné příčiny poruch detektorů na základě statistik poruchovosti.

V praktické části byl vytvořen model pomocí programu FDS vícepodlažního otevřeného atria hotelu. Simulace měla za úkol porovnat reakční doby dvou soustav nasávacího hlásiče kouře s ohledem na různé uspořádání vzorkovacího potrubí. Součástí simulace byla taktéž vypracována citlivostní analýza, která má za úkol ověřit věrohodnost výsledků simulace s ohledem na velikost výpočetní sítě. Modelem bylo zjištěno, že rozložení vzorkovacího potrubí hraje v daném prostoru roli z hlediska navrhování. Systém vzorkovacího potrubí musí být vhodně navržen tak, aby nedocházelo zbytečně k velké prodlevě vlivem dlouhého transportního času skrze vzorkovací potrubí. Včasnou detekcí se může razantně snížit rozšíření požáru prostorem a tím i škoda na majetku, zdraví lidí či zvířat.

## **PŘÍLOHA 1 – Zdrojový kód pro modelování prostoru pro program FDS – varianta ASD 1**

&HEAD CHID='DP', TITLE='Atrium Hotelu/'

&TIME T\_END=20.0 /

\*\*\* VÝPOČETNÍ PROSTOR \*\*\*

&ZONE XYZ= 30.1,15.1, 30.1/ Definice prostoru s více meshi

&MESH ID='ATRIUM', IJK=100,300,180, XB=25.0, 30.0, 0.0, 15.0, 0.0, 9.0/

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=25.0, 25.0, 0.0, 15.0, 0.0, 9.0 /

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=25.0, 30.0, 0.0, 15.0, 9.0, 9.0 /

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=8.0, 15.0, 15.0, 15.0, 0.0, 5.0 / 1.NP Dveře

\*\*\* MATERIÁLY\*\*\*

&MATL ID='ZB', SPECIFIC\_HEAT=1.02, CONDUCTIVITY=1.580, DENSITY=2400.0/

\*\*\* OHRANIČUJÍCÍ STĚNY \*\*\*

&OBST SURF\_ID='KCE', XB=0.0, 30.0, 15.0, 15.0, 0.0, 30.0 / STĚNA

&OBST SURF\_ID='KCE', XB=0.0, 0.0, 15.0, 15.0, 0.0, 30.0 / STĚNA

&OBST SURF\_ID='KCE', XB=0.0, 30.0, 0.0, 0.0, 0.0, 30.0 / STĚNA

&OBST SURF\_ID='KCE', XB=30.0, 30.0, 0.0, 15.0, 0.0, 30.0 / STĚNA

\*\*\*POVRCHY\*\*\*



&SURF ID='KCE' COLOR='GRAY', MATL\_ID ='ZB', THICKNESS=0.2/ strop a zábradlí balkonu

&SURF ID='BARVA' COLOR='BLACK' /

\*\*\* LEVÉ BALKONY \*\*\*

&OBST XB=0.0, 5.0, 0.0, 15.0, 5.0, 5.2 SURF\_ID='KCE'/ 1.NP podlaha

&OBST XB=4.8, 5.0, 0.0, 15.0, 5.0, 6.2 SURF\_ID='KCE'/ 1.NP zábradlí

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=0.0, 0.0, 3.0, 5.0, 5.0, 8.0 / 1.NP Dveře

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=0.0, 0.0, 10.0, 12.0, 5.0, 8.0 / 1.NP Dveře

&OBST XB=0.0, 5.0, 0.0, 15.0, 9.0, 9.2 SURF\_ID='KCE'/ 2.NP podlaha

&OBST XB=4.8, 5.0, 0.0, 15.0, 9.0, 10.2 SURF\_ID='KCE'/ 2.NP zábradlí

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=0.0, 0.0, 6.5, 8.5, 9.0, 12.0 / 2.NP Dveře

&OBST XB=0.0, 5.0, 0.0, 15.0, 13.0, 13.2, SURF\_ID='KCE' / 3.NP podlaha

&OBST XB=4.8, 5.0, 0.0, 15.0, 13.0, 14.2, SURF\_ID='KCE' / 3.NP zábradlí

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=0.0, 0.0, 3.0, 5.0, 13.0, 16.0 / 3.NP Dveře

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=0.0, 0.0, 10.0, 12.0, 13.0, 16.0 / 3.NP Dveře

&OBST XB=0.0, 5.0, 0.0, 15.0, 17.0, 17.2, SURF\_ID='KCE' / 4.NP podlaha

&OBST XB=4.8, 5.0, 0.0, 15.0, 17.0, 18.2, SURF\_ID='KCE' / 4.NP zábradlí

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=0.0, 0.0, 6.5, 8.5, 17.0, 20.0 / 4.NP Dveře

&OBST XB=0.0, 5.0, 0.0, 15.0, 21.0, 21.2, SURF\_ID='KCE' / 5.NP podlaha

&OBST XB=4.8, 5.0, 0.0, 15.0, 21.0, 22.2, SURF\_ID='KCE' / 5.NP zábradlí

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=0.0, 0.0, 3.0, 5.0, 21.0, 24.0 / 5.NP Dveře

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=0.0, 0.0, 10.0, 12.0, 21.0, 24.0 / 5.NP Dveře

&OBST XB=0.0, 5.0, 0.0, 15.0, 25.0, 25.2, SURF\_ID='KCE' / 6.NP podlaha

&OBST XB=4.8, 5.0, 0.0, 15.0, 25.0, 26.2, SURF\_ID='KCE' / 6.NP zábradlí

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=0.0, 0.0, 6.5, 8.5, 25.0, 28.0 / 6.NP Dveře

\*\*\* PRAVÉ BALKONY \*\*\*

&OBST XB=25.0, 30.0, 0.0, 15.0, 5.0, 5.2, SURF\_ID='KCE' / 1.NP podlaha

&OBST XB=25.0, 25.2, 0.0, 15.0, 5.0, 6.2, SURF\_ID='KCE' / 1.NP zábradlí

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=30.0, 30.0, 6.5, 8.5, 5.0, 8.0 / 1.NP Dveře

&OBST XB=25.0, 30.0, 0.0, 15.0, 9.0, 9.2, SURF\_ID='KCE' / 2.NP podlaha

&OBST XB=25.0, 25.2, 0.0, 15.0, 9.0, 10.2, SURF\_ID='KCE' / 2.NP zábradlí

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=30.0, 30.0, 3.0, 5.0, 9.0, 13.0 / 2.NP Dveře

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=30.0, 30.0, 10.0, 12.0, 9.0, 13.0 / 2.NP Dveře

&OBST XB=25.0, 30.0, 0.0, 15.0, 13.0, 13.2, SURF\_ID='KCE' / 3.NP podlaha

&OBST XB=25.0, 25.2, 0.0, 15.0, 13.0, 14.2, SURF\_ID='KCE' / 3.NP zábradlí

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=30.0, 30.0, 6.5, 8.5, 13.0, 16.0 / 3.NP Dveře

&OBST XB=25.0, 30.0, 0.0, 15.0, 17.0, 17.2, SURF\_ID='KCE' / 4.NP podlaha

&OBST XB=25.0, 25.2, 0.0, 15.0, 17.0, 18.2, SURF\_ID='KCE' / 4.NP zábradlí

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=30.0, 30.0, 3.0, 5.0, 17.0, 20.0 / 4.NP Dveře

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=30.0, 30.0, 10.0, 12.0, 17.0, 20.0 / 4.NP Dveře

&OBST XB=25.0, 30.0, 0.0, 15.0, 21.0, 21.2, SURF\_ID='KCE' / 5.NP podlaha

&OBST XB=25.0, 25.2, 0.0, 15.0, 21.0, 22.2, SURF\_ID='KCE' / 5.NP zábradlí

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=30.0, 30.0, 6.5, 8.5, 21.0, 24.0 / 5.NP Dveře

&OBST XB=25.0, 30.0, 0.0, 15.0, 25.0, 25.2, SURF\_ID='KCE' / 6.NP podlaha

&OBST XB=25.0, 25.2, 0.0, 15.0, 25.0, 26.2, SURF\_ID='KCE' / 6.NP zábradlí

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=30.0, 30.0, 3.0, 5.0, 25.0, 28.0 / 6.NP Dveře

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=30.0, 30.0, 10.0, 12.0, 25.0, 28.0 / 6.NP Dveře

\*\*\* ASD DETEKCE \*\*\*

\*\*\* VĚTEV 1 \*\*\*

&DEVC XYZ=27.3, 11.8, 4.8, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='1S1',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=5.1, DELAY=6 SETPOINT=0.02/

&DEVC XYZ=27.3, 6.9, 4.8, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='1S2',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.8, DELAY=8 SETPOINT=0.02/

&DEVC XYZ=27.3, 2.0, 4.8, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='1S3',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.5, DELAY=10 SETPOINT=0.02 /

&DEVC XYZ=27.3, 2.0, 9.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='1S4',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.1, DELAY=14 /

&DEVC XYZ=27.3, 6.9, 9.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='1S5',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=3.9, DELAY=17 /

&DEVC XYZ=27.3, 11.8, 9.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='1S6',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=3.7, DELAY=19 /

&DEVC XYZ=27.3, 11.8, 13.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='1S7',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.1, DELAY=24 /

&DEVC XYZ=27.3, 6.9, 13.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='1S8',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=3.9, DELAY=27 /

&DEVC XYZ=27.3, 2.0, 13.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='1S9',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=3.8, DELAY=30 /

&DEVC XYZ=27.3, 2.0, 17.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='1S10',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.6, DELAY=37 /

&DEVC XYZ=27.3, 6.9, 17.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='1S11',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.4, DELAY=43 /

&DEVC XYZ=27.3, 11.8, 17.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='1S12',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.4, DELAY=51 /

\*\*\* VĚTEV 2 \*\*\*

&DEVC XYZ=27.3, 11.8, 21.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S1',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.6, DELAY=14 /

&DEVC XYZ=27.3, 6.9, 21.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S2',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.4, DELAY=16 /

&DEVC XYZ=27.3, 2.0, 21.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S3',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.2, DELAY=19 /

&DEVC XYZ=27.3, 2.0, 25.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S4',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=3.9, DELAY=23 /

&DEVC XYZ=27.3, 6.9, 25.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S5',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=3.8, DELAY=25 /

&DEVC XYZ=27.3, 11.8, 25.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S1',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.6, DELAY=29 /

&DEVC XYZ=27.3, 11.8, 30.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S1',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.4, DELAY=37 /

&DEVC XYZ=27.3, 6.9, 30.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S5',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.3, DELAY=43 /

&DEVC XYZ=27.3, 2.0, 25.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S4',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.2, DELAY=50 /

\*\*\* VĚTEV 3 \*\*\*

&DEVC XYZ=20.85, 11.8, 30.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S1',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.8, DELAY=20 /

&DEVC XYZ=20.85, 6.9, 30.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S1',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.7, DELAY=23 /

&DEVC XYZ=20.85, 2.8, 30.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S1',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.6, DELAY=26 /

&DEVC XYZ=14.15, 2.8, 30.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S1',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.5, DELAY=32 /

&DEVC XYZ=14.15, 6.9, 30.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S1',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.4, DELAY=37 /

&DEVC XYZ=14.15, 2.0, 30.0, QUANTITY='DENSITY', SPEC\_ID='SOOT', ID='2S1',  
DEVC\_ID='ASD',

FLOWRATE=4.4, DELAY=45 /

&DEVC XYZ=20.0, 0.00, 0.0, QUANTITY='ASPIRATION', ID='ASD', SETPOINT=0.005,  
BYPASS\_FLOWRATE=0.4 /

\*\*\* TEST \*\*\*

&REAC FUEL = 'PROPANE',

SOOT\_YIELD=0.025 /

&SURF ID='Pohovka',

    COLOR='RED',

    HRRPUA=1029,

    RAMP\_Q='ramp 1'/

&VENT SURF\_ID='Pohovka', XB=29.04,29.88,2.0,3.32,0.0,0.0,

&RAMP ID = 'ramp 1', T = 0.0, F = 0.0 /

&RAMP ID = 'ramp 1', T = 18.76, F = 0.14 /

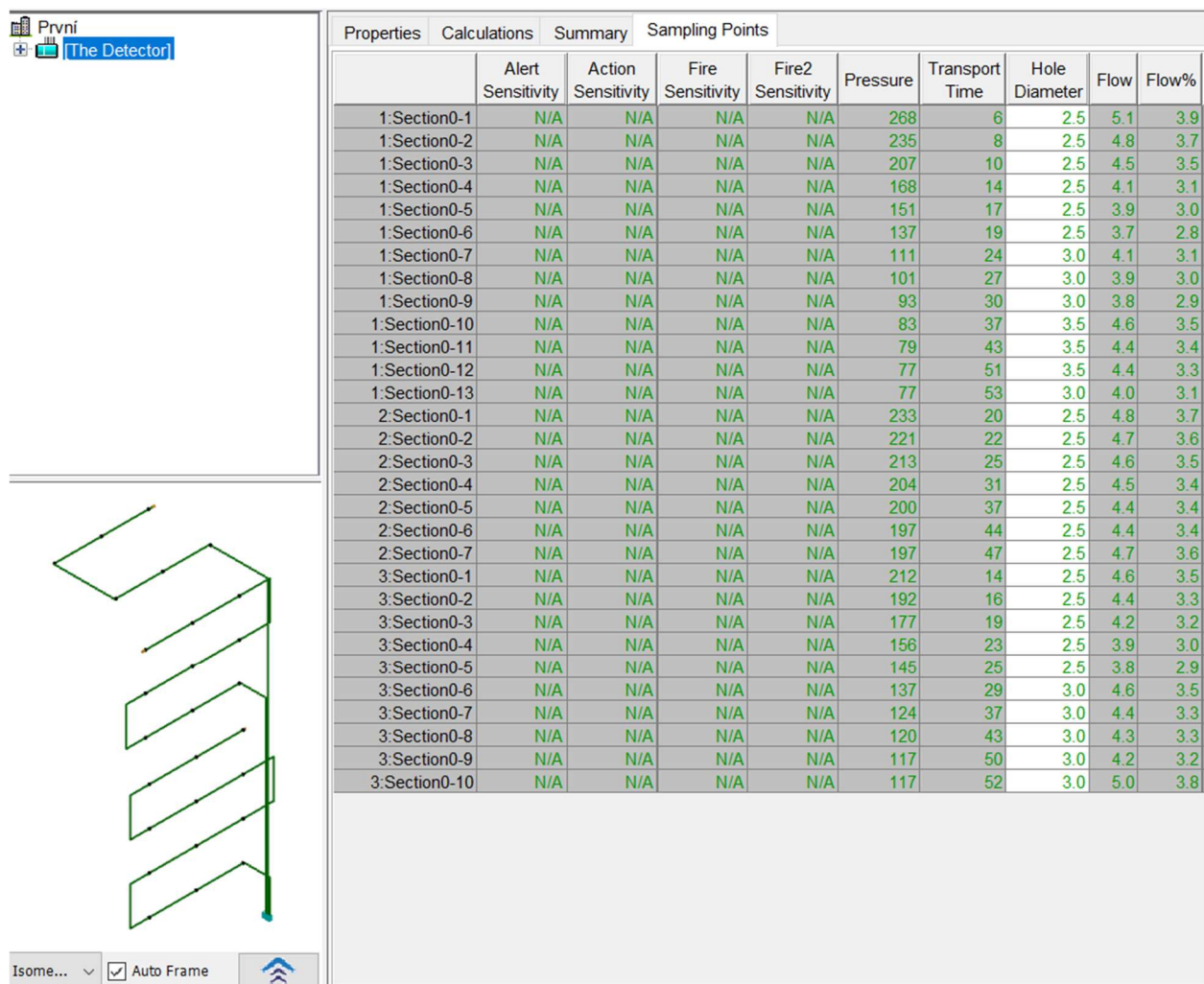
&RAMP ID = 'ramp 1', T = 68.6, F = 0.27/

&RAMP ID = 'ramp 1', T = 142.9, F = 0.38 /

/

&TAIL/

# PŘÍLOHA 2 – Výstupní hodnoty z programu ASPIRE



The screenshot displays the ASPIRE software interface. On the left, there is a schematic diagram of a fire detection system layout with green lines and arrows indicating the path of the detector. The main window shows a table with the following columns: Alert Sensitivity, Action Sensitivity, Fire Sensitivity, Fire2 Sensitivity, Pressure, Transport Time, Hole Diameter, Flow, and Flow%. The table lists 30 sections, grouped into three categories (1, 2, and 3). The values for Alert, Action, and Fire Sensitivity are all 'N/A'. The Pressure, Transport Time, Hole Diameter, Flow, and Flow% values vary across sections.

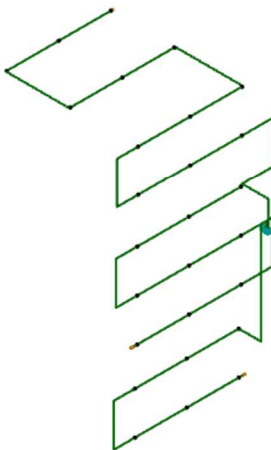
	Alert Sensitivity	Action Sensitivity	Fire Sensitivity	Fire2 Sensitivity	Pressure	Transport Time	Hole Diameter	Flow	Flow%
1:Section0-1	N/A	N/A	N/A	N/A	268	6	2.5	5.1	3.9
1:Section0-2	N/A	N/A	N/A	N/A	235	8	2.5	4.8	3.7
1:Section0-3	N/A	N/A	N/A	N/A	207	10	2.5	4.5	3.5
1:Section0-4	N/A	N/A	N/A	N/A	168	14	2.5	4.1	3.1
1:Section0-5	N/A	N/A	N/A	N/A	151	17	2.5	3.9	3.0
1:Section0-6	N/A	N/A	N/A	N/A	137	19	2.5	3.7	2.8
1:Section0-7	N/A	N/A	N/A	N/A	111	24	3.0	4.1	3.1
1:Section0-8	N/A	N/A	N/A	N/A	101	27	3.0	3.9	3.0
1:Section0-9	N/A	N/A	N/A	N/A	93	30	3.0	3.8	2.9
1:Section0-10	N/A	N/A	N/A	N/A	83	37	3.5	4.6	3.5
1:Section0-11	N/A	N/A	N/A	N/A	79	43	3.5	4.4	3.4
1:Section0-12	N/A	N/A	N/A	N/A	77	51	3.5	4.4	3.3
1:Section0-13	N/A	N/A	N/A	N/A	77	53	3.0	4.0	3.1
2:Section0-1	N/A	N/A	N/A	N/A	233	20	2.5	4.8	3.7
2:Section0-2	N/A	N/A	N/A	N/A	221	22	2.5	4.7	3.6
2:Section0-3	N/A	N/A	N/A	N/A	213	25	2.5	4.6	3.5
2:Section0-4	N/A	N/A	N/A	N/A	204	31	2.5	4.5	3.4
2:Section0-5	N/A	N/A	N/A	N/A	200	37	2.5	4.4	3.4
2:Section0-6	N/A	N/A	N/A	N/A	197	44	2.5	4.4	3.4
2:Section0-7	N/A	N/A	N/A	N/A	197	47	2.5	4.7	3.6
3:Section0-1	N/A	N/A	N/A	N/A	212	14	2.5	4.6	3.5
3:Section0-2	N/A	N/A	N/A	N/A	192	16	2.5	4.4	3.3
3:Section0-3	N/A	N/A	N/A	N/A	177	19	2.5	4.2	3.2
3:Section0-4	N/A	N/A	N/A	N/A	156	23	2.5	3.9	3.0
3:Section0-5	N/A	N/A	N/A	N/A	145	25	2.5	3.8	2.9
3:Section0-6	N/A	N/A	N/A	N/A	137	29	3.0	4.6	3.5
3:Section0-7	N/A	N/A	N/A	N/A	124	37	3.0	4.4	3.3
3:Section0-8	N/A	N/A	N/A	N/A	120	43	3.0	4.3	3.3
3:Section0-9	N/A	N/A	N/A	N/A	117	50	3.0	4.2	3.2
3:Section0-10	N/A	N/A	N/A	N/A	117	52	3.0	5.0	3.8

Obr. 32 Výstupní hodnoty z programu ASPIRE varianta 1

## LEGENDA

*Pressure* - tlak, *Transport Time* – doba transportu (hodnota delay pro FDS), *Hole Diameter*- průměr vzorkovacího bodu [mm], *Flow* – průtok [l/min], *Flow %* - procentuální průtok daným vzorkovacím bodem.

Druhé - rozvětvené  
The Detector



Isome...  Auto Frame

	Alert Sensitivity	Action Sensitivity	Fire Sensitivity	Fire2 Sensitivity	Pressure	Transport Time	Hole Diameter	Flow	Flow%
1:Section1-1	N/A	N/A	N/A	N/A	350	10	2.0	3.8	3.7
1:Section1-2	N/A	N/A	N/A	N/A	332	12	2.0	3.7	3.6
1:Section1-3	N/A	N/A	N/A	N/A	318	15	2.0	3.6	3.6
1:Section1-4	N/A	N/A	N/A	N/A	297	19	2.0	3.5	3.4
1:Section1-5	N/A	N/A	N/A	N/A	287	22	2.0	3.4	3.4
1:Section1-6	N/A	N/A	N/A	N/A	278	25	2.0	3.4	3.3
1:Section1-7	N/A	N/A	N/A	N/A	269	30	2.0	3.3	3.3
1:Section1-8	N/A	N/A	N/A	N/A	264	34	2.0	3.3	3.2
1:Section1-9	N/A	N/A	N/A	N/A	260	40	2.0	3.2	3.2
1:Section1-10	N/A	N/A	N/A	N/A	256	51	2.0	3.2	3.2
1:Section1-11	N/A	N/A	N/A	N/A	254	62	2.0	3.2	3.2
1:Section1-12	N/A	N/A	N/A	N/A	253	84	2.0	3.2	3.2
1:Section2-1	N/A	N/A	N/A	N/A	398	5	2.0	4.0	4.0
1:Section2-2	N/A	N/A	N/A	N/A	385	8	2.0	3.9	3.9
1:Section2-3	N/A	N/A	N/A	N/A	375	10	2.0	3.9	3.9
1:Section2-4	N/A	N/A	N/A	N/A	361	16	2.0	3.8	3.8
1:Section2-5	N/A	N/A	N/A	N/A	354	20	2.0	3.8	3.8
1:Section2-6	N/A	N/A	N/A	N/A	350	24	2.0	3.8	3.7
1:Section2-7	N/A	N/A	N/A	N/A	343	38	2.0	3.7	3.7
1:Section2-8	N/A	N/A	N/A	N/A	340	48	2.0	3.7	3.7
1:Section2-9	N/A	N/A	N/A	N/A	339	67	2.0	3.7	3.7
2:Section0-1	N/A	N/A	N/A	N/A	477	11	2.0	4.4	4.3
2:Section0-2	N/A	N/A	N/A	N/A	469	15	2.0	4.4	4.3
2:Section0-3	N/A	N/A	N/A	N/A	463	19	2.0	4.3	4.3
2:Section0-4	N/A	N/A	N/A	N/A	456	28	2.0	4.3	4.3
2:Section0-5	N/A	N/A	N/A	N/A	454	37	2.0	4.3	4.2
2:Section0-6	N/A	N/A	N/A	N/A	452	54	2.0	4.3	4.2

Obr. 33 Výstupní hodnoty z programu ASPIRE varianta 2

**LEGENDA**

*Pressure* - tlak, *Transport Time* – doba transportu (hodnota delay pro FDS), *Hole Diameter*- průměr vzorkovacího bodu [mm], *Flow* – průtok [l/min], *Flow %* - procentuální průtok daným vzorkovacím bodem.



## Seznam obrázků

Obr. 1 Základní ASD soustava [2].....	- 13 -
Obr. 2 Vzorkovací potrubí: (a) Jedno potrubní soustava, (b) Více potrubní soustava [2]...	- 13 -
Obr. 3 Vývodné potrubí [2].....	- 16 -
Obr. 4 Příklad velikosti částic [5] .....	- 17 -
Obr. 5 Kouřové a prachové částice [1].....	- 18 -
Obr. 6 Účinnost modrého a infračerveného světla [1] .....	- 19 -
Obr. 7 Pokus heptanové nádrže [1].....	- 19 -
Obr. 8 Testování SIEMENS ASD prvku [1].....	- 20 -
Obr. 9 Schéma ASD prvku firmy SIEMENS [1].....	- 21 -
Obr. 10 Průběh požáru a reakce detektorů [7] .....	- 23 -
Obr. 11 Historická knihovna [2] .....	- 24 -
Obr. 12 Atrium hotelu [2] .....	- 24 -
Obr. 13 Rozvoj při konstantní teplotě okolí 26 °C v 90. vteřině [2].....	- 25 -
Obr. 14 Rozvoj kouře při teplotě stropu 42 °C v 90. vteřině [2] .....	- 25 -
Obr. 15 Kumulace kouře [2] .....	- 25 -
Obr. 16 Detekce na více úrovních [2] .....	- 25 -
Obr. 17 Umístění v regálu skladů [2].....	- 26 -
Obr. 18 (a) Horizontální a (b) vertikální umístění potrubí [2].....	- 26 -
Obr. 19 Sestup vzorkovacího potrubí ze stropní úrovně [2] .....	- 26 -
Obr. 20 Kapilární trubice ve skříni [2].....	- 27 -
Obr. 21 Kapilární trubice v podhledu [2].....	- 27 -
Obr. 22 Vzorkovací potrubí u lustru [2].....	- 27 -
Obr. 23 Funkční blokové schéma pro měření hodnoty prahu reakce[8].....	- 41 -
Obr. 24 Modelovaný prostor atria zobrazen ve Smokeview .....	- 60 -
Obr. 25 Vzorkovací potrubí varianta 1 .....	- 62 -
Obr. 26 Vzorkovací potrubí varianta 2 .....	- 62 -
Obr. 27 Výstupní hodnoty ASPIRE varianta 1 .....	- 64 -
Obr. 28 Výstupní hodnoty ASPIRE varianta 2 .....	- 64 -
Obr. 29 Znázorněné umístění vzorkovacích bodů .....	- 67 -
Obr. 30 Simulace v 47. sekundě .....	- 68 -
Obr. 31 Simulace ve 75. sekundě.....	- 68 -

Obr. 32 Výstupní hodnoty z programu ASPIRE varianta 1 .....	- 79 -
Obr. 33 Výstupní hodnoty z programu ASPIRE varianta 2.....	- 80 -

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Zkoušky ČSN EN 54-20 a UL 268 [9, 15] .....	- 39 -
Tabulka 2: Okrajové podmínky standardů [9, 15] .....	- 40 -
Tabulka 3: Požadované testy pro vícetřídní hlásiče [8] .....	- 51 -
Tabulka 4: Klasifikační tabulka nasávacích hlásičů kouře [8].....	- 51 -
Tabulka 5: Přehled hodnot optického útlumu (m) na konci zkoušky pro zkušební požáry (jednotky dB m <sup>-1</sup> ) [8] .....	- 52 -
Tabulka 6: NFPA požadavky na ASD [2].....	- 54 -
Tabulka 7: Tabulka hodnot v čase [16].....	- 66 -
Tabulka 8: Výsledky doby simulací a detekce z FDS a citlivostní analýza .....	- 69 -

## Seznam tabulek

Graf 1: Křivka uvolňování tepla experimentu [16].....	- 66 -
---	--------

---

## Literatura

- [1] GUTMACHER, Daniel. *SIEMENS AG, Aspirating Smoke Detection White Paper, 09.06.2015* Dostupné z <https://new.siemens.com/>.
- [2] Honeywell Inc., *Aspirating Smoke Detection Applications Guide, 2015*. [online]. [vid. 2020-04-06]. Dostupné z: [https://www.notifierfiresystems.co.uk/docs/notifierfiresystems/en/ug/AspiratingSmokeDetectors\\_AppGuide\\_ASAG44201\\_Honeywell.pdf](https://www.notifierfiresystems.co.uk/docs/notifierfiresystems/en/ug/AspiratingSmokeDetectors_AppGuide_ASAG44201_Honeywell.pdf)
- [3] US EPA, OAR. EPA - United States Environmental Protection Agency, Particulate Matter (PM) Basics. In: EPA. Datum neznáme,. *US EPA* [online]. 19. duben 2016 [vid. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
- [4] SIGURDSSON, Haraldur, ed. *Encyclopedia of volcanoes*. San Diego: Academic Press, 2000. ISBN 978-0-12-643140-7.
- [5] SIMSCALE BLOG. *What Is the Venturi Effect? Explanation with CFD. SimScale* [online]. 23. duben 2018 [vid. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://www.simscale.com/blog/2018/04/what-is-venturi-effect/>
- [6] COLE, Martin Terence, Martin FISCHER a Markus LOEPFE. *Detection of blockages and interruptions in an aspirating smoke detector (ASD)* [online]. EP2407946A1. 18. leden 2012. [vid. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/EP2407946A1/en>
- [7] XTRALIS. *VESDA Aspirating Smoke Detection. Xtralis* [online]. [vid. 2020-02-23]. Dostupné z: [https://xtralis.com/product\\_subcategory/2/VESDA Aspirating Smoke Detection](https://xtralis.com/product_subcategory/2/VESDA%20Aspirating%20Smoke%20Detection)
- [8] *Who we are* [online]. [vid. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://www.cen.eu/about/Pages/default.aspx>
- [8] *ČSN EN 54-20. Elektrická požární signalizace - Část 20: Nasávací hlásiče, O1 (2009). 2007.* vyd. Praha: ČSN.
- [10] *NFPA* [online]. [vid. 2020-12-04]. Dostupné z: <https://www.nfpa.org/>
- [11] *NFPA 72®: National Fire Alarm and Signaling Code®* [online]. [vid. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=72>
- [12] *NFPA 75: Standard for the Fire Protection of Information Technology Equipment* [online]. [vid. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=75>
- [13] *NFPA 76: Standard for the Fire Protection of Telecommunications Facilities* [online]. [vid. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=76>

- 
- [14] *UL Standards | Purchase UL Standards Online | UL Standards Sales | Comm 2000* [online]. [vid. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://standardscatalog.ul.com/Default.aspx>
- [15] *UL Standard | UL 268* [online]. [vid. 2020-12-07]. Dostupné z: [https://standardscatalog.ul.com/ProductDetail.aspx?productId=UL268\\_7\\_S\\_20160111&ShowFreeviewModal=1&ShowFreeviewModal=1](https://standardscatalog.ul.com/ProductDetail.aspx?productId=UL268_7_S_20160111&ShowFreeviewModal=1&ShowFreeviewModal=1)
- [16] *Vlhkost vzduchu* [online]. [vid. 2020-12-20]. Dostupné z: <http://artemis.osu.cz/Gemet/meteo2/vlhkost.htm>
- [17] WALD, František, Marek POKORNÝ, Kamila HOROVÁ, Petr HEJTMÁNEK, Hana NAJMANOVÁ, Martin BENÝŠEK, Marta KUREJKOVÁ, Ivo SCHWARZ, ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE a STAVEBNÍ FAKULTA. *Modelování dynamiky požáru v budovách*. 2017. ISBN 978-80-01-05633-2.
- [18] XTRALIS. ASPIRE Pipe Network Design Software. *Xtralis* [online]. [vid. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://xtralis.com/product/7/vesda-aspire-pipe-network-design-software>
- [19] *Notepad++* [online]. [vid. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://notepad-plus-plus.org/>