

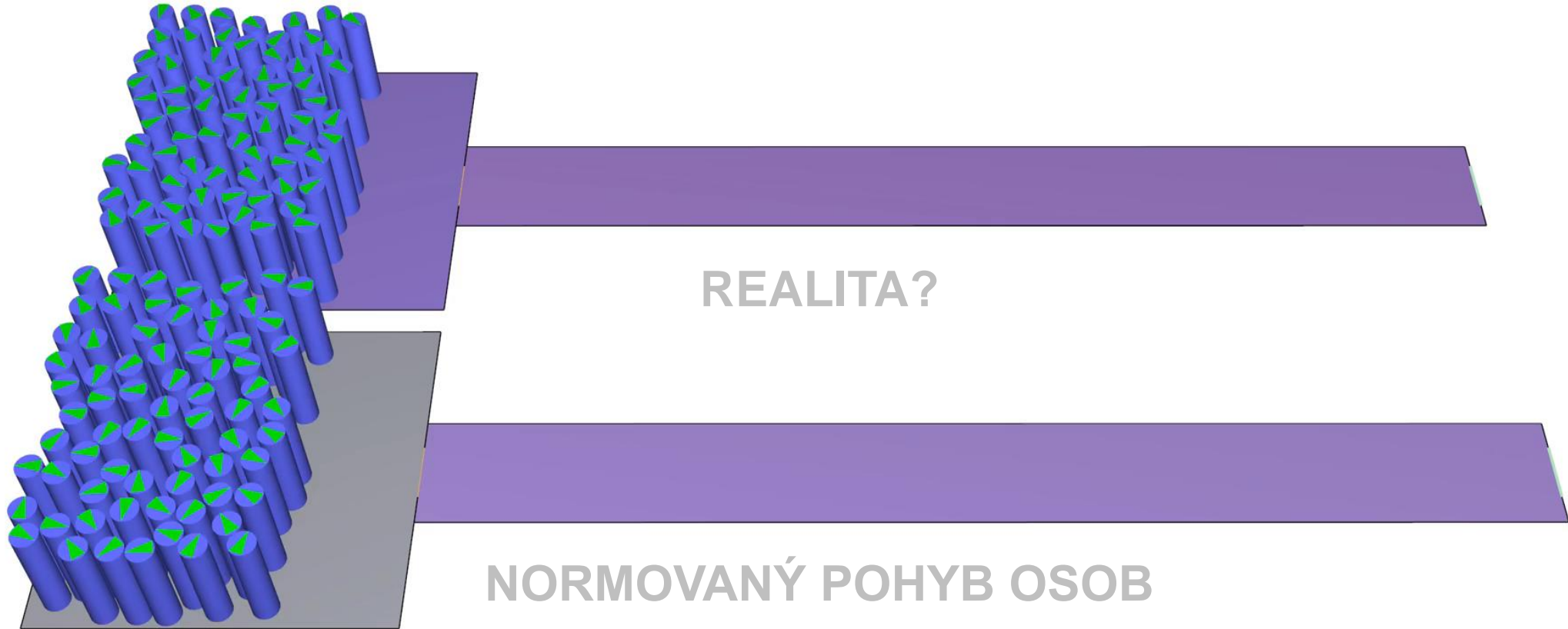
# AGENTNÍ MODELOVÁNÍ POHYBU OSOB VE STAVEBNICTVÍ A BEZPEČNOSTNÍCH APLIKACÍCH

---

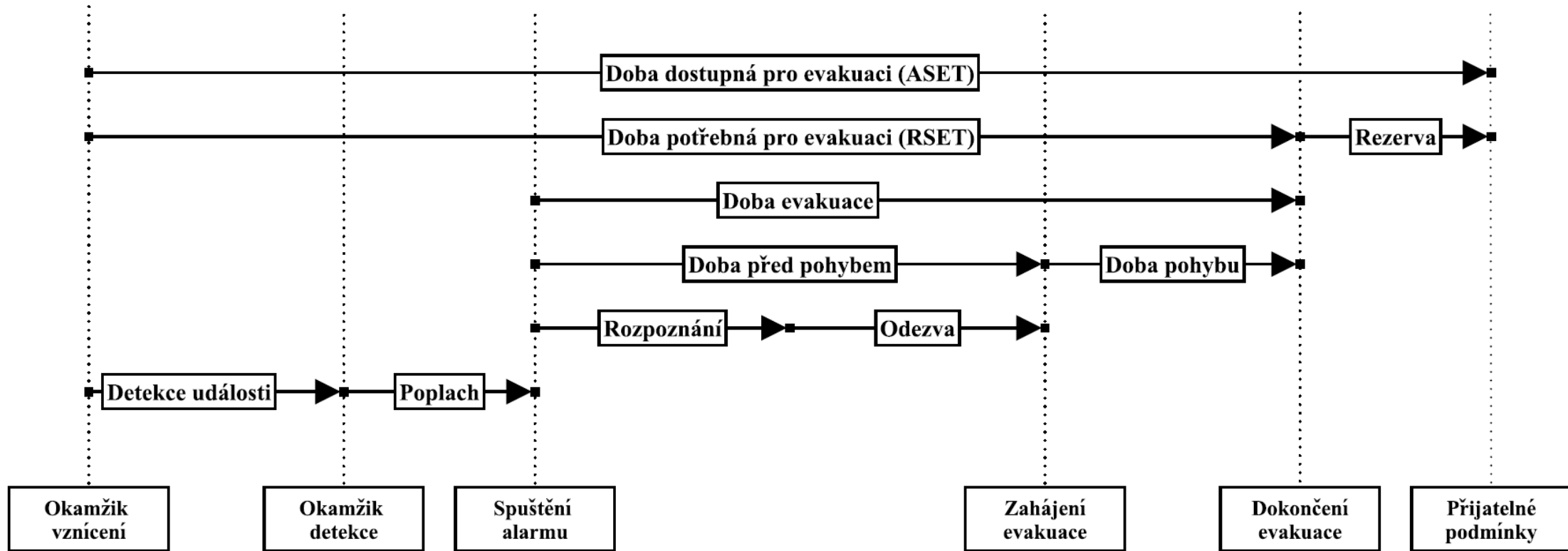
Tomáš Apeltauer a kol.

# MOTIVACE

---



# PROCES EVAKUACE: ASET/RSET KONCEPT



# ASET: AVAILABLE SAFE EGRESS TIME

---

Časový interval, po který panují v místě evakuace přijatelné podmínky pro evakuované osoby. Příklad stanovení takových podmínek může být následující:

- viditelnost přesahuje 10 metrů,
- koncentrace CO nepřesahuje 950 ppm,
- teplota vzduchu nepřesahuje 80 °C ve výšce 2 metry.

Přijatelné podmínky trvají až do okamžiku, kdy libovolná z vybraných hodnot poprvé překročí stanovený limit. Překročení limitu zjišťujeme například prostřednictvím **numerického modelu požáru**.

# RSET: REQUIRED SAFE EGRESS TIME

---

Komplexní veličina, která je složena z řady dalších dílčích intervalů. Nejistota jejich stanovení může znamenat snížení časové rezervy ASET-RSET, případně její úplné vyčerpání a ohrožení unikajících osob.

Základní dělení:

- doba detekce události (interval mezi vznícením požáru a jeho detekcí),
- doba spuštění poplachu (reakční doba požárního systému),
- doba evakuace (správné stanovení závisí na schopnosti reprodukovat lidské chování), využíváme obvykle **numerický model evakuace**.

# APLIKAČNÍ PŘÍKLAD: STATION NIGHTCLUB FIRE

---

Požár klubu The Station 20. února 2003, West Warwick, Rhode Island, USA během koncertu kapely.

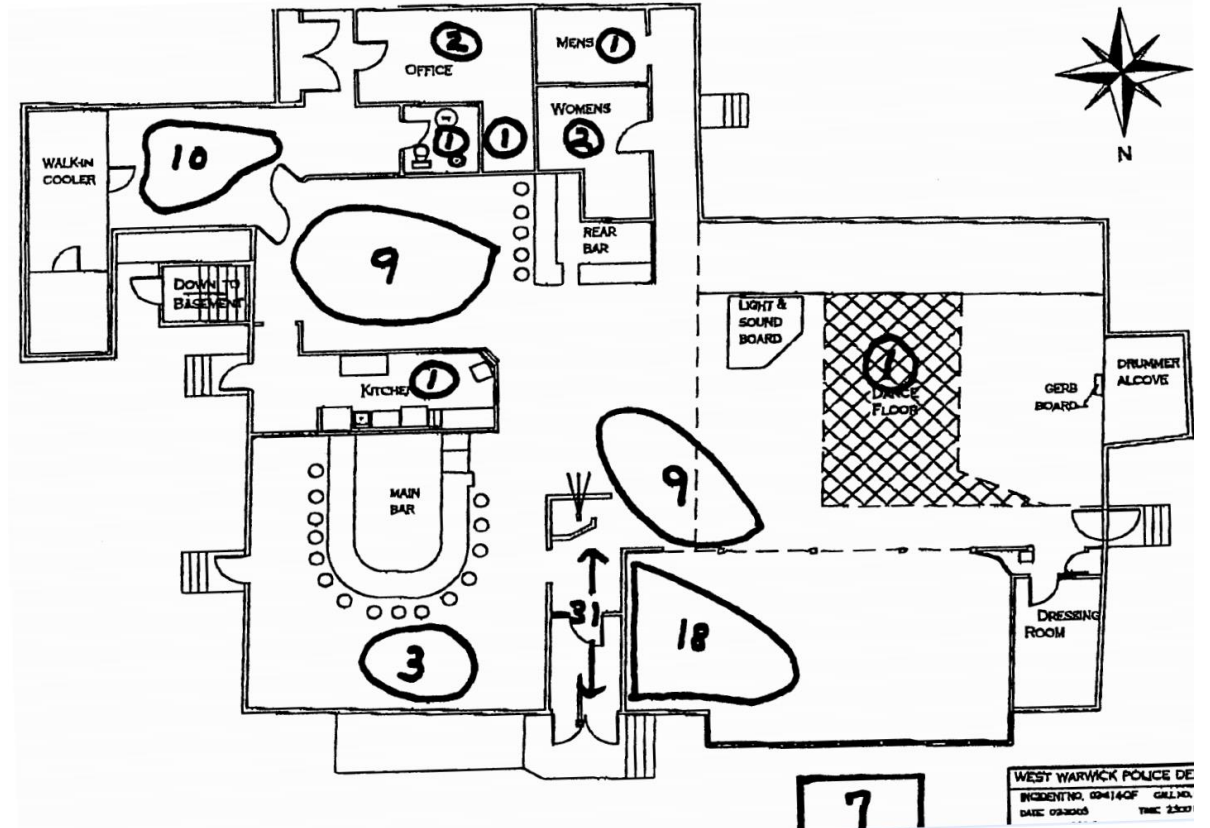
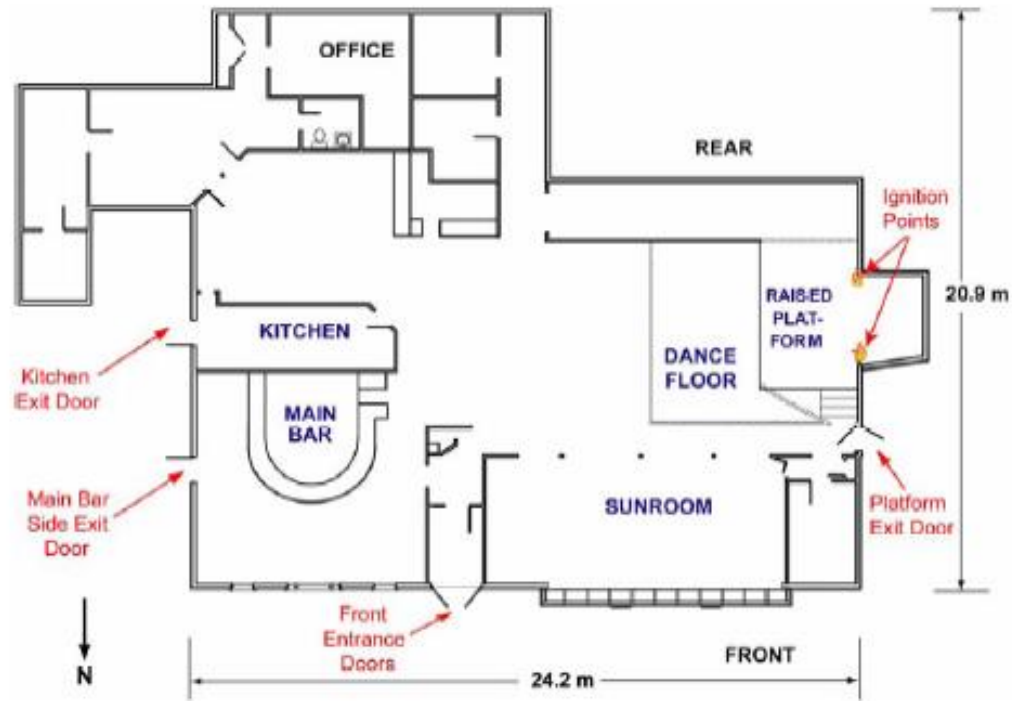
Počet osob: 462, maximální povolená kapacita 404.

Došlo ke vznícení pěnového zvukové izolace klubu od pyrotechniky. Uvolnění CO a HCN.

Následky: 100 mrtvých, 230 zraněných, pouze 132 nezraněno.

Další chyby: neznalost únikových východů, neproškolená ostraža.

# STATION NIGHTCLUB FIRE



# STATION NIGHTCLUB FIRE

---

Jeden z empirických testů během vyšetřování tragédie provedl National Institute of Standards and Technology (NIST).

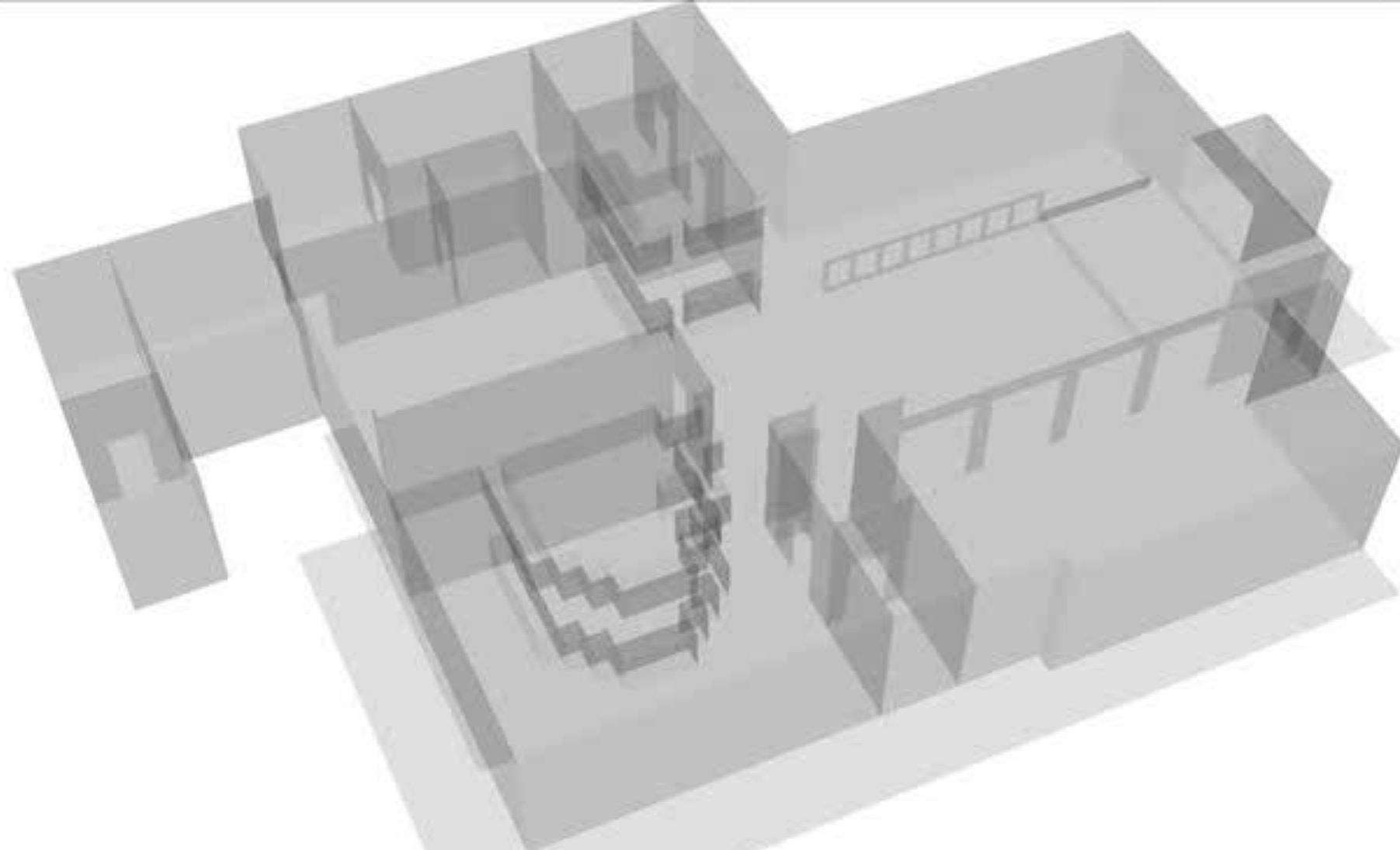
V místnosti se stejnými rozměry a vybavením provedl požární zkoušku. Výsledkem byl enormně rychlý rozvoj požáru s mohutným vývinem toxického kouře a vysoké teploty.





**Room  
Lower View  
Non-Sprinklered**

NIST



288.

361.

434.

508.

581.

654.

727.

800.

TEMPERATURE (K)

3 s

**SMARTFIRE**  
Data View

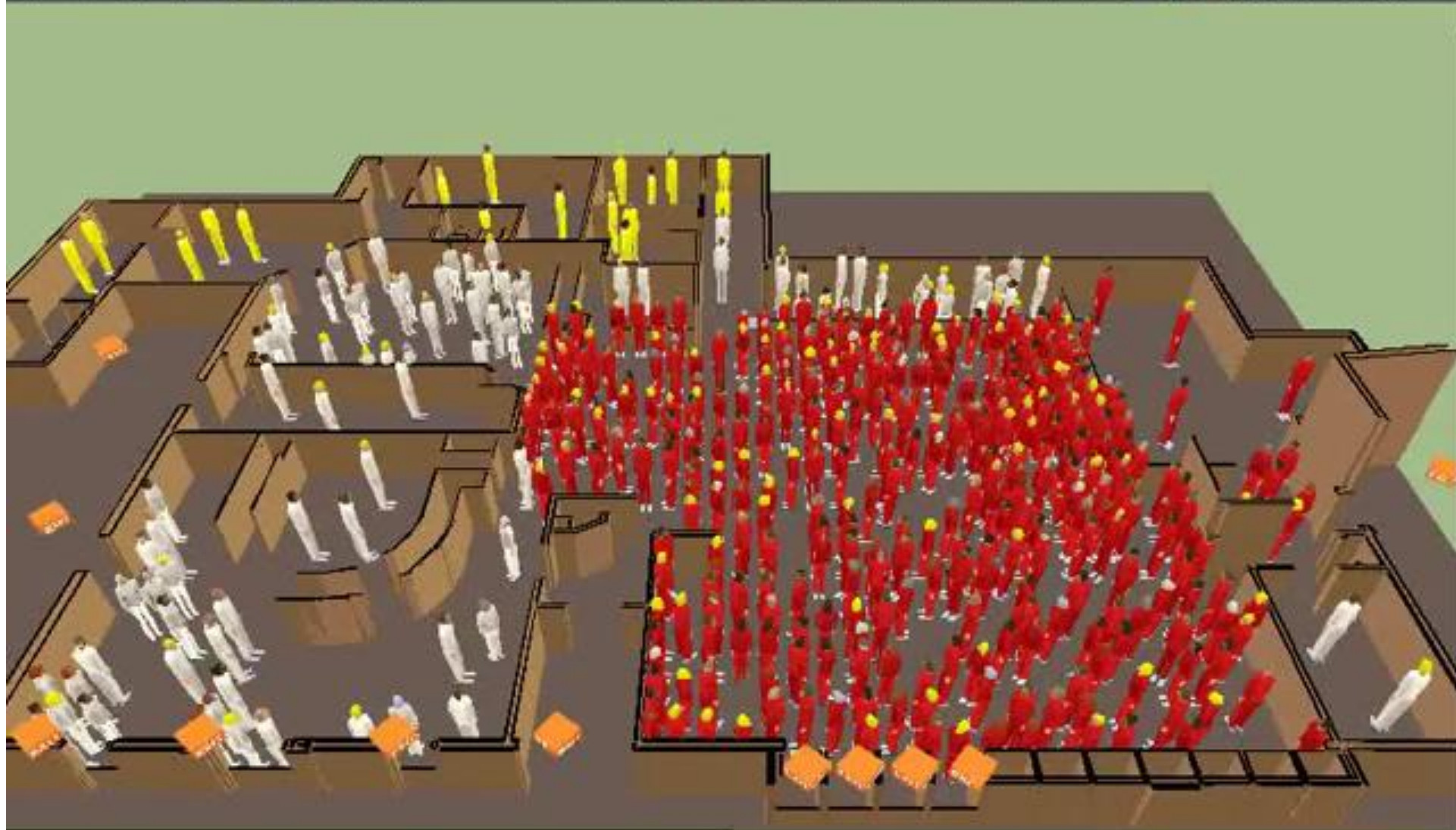
# STATION NIGHTCLUB FIRE

---

Zatímco požární zkouška představovala empirický test, evakuaci osob za identických podmínek empiricky provést samozřejmě nelze.

Ideálním nástrojem je numerický model evakuace osob. Během vyšetřování ho sestavil tým Fire Safety Engineering Group (FSEG) z University of Greenwich (UK).

Model byl zkombinován s numerickým modelem šíření požáru, během simulace modelu byly negativní dopady integrovány v čase pro jednotlivé osoby.

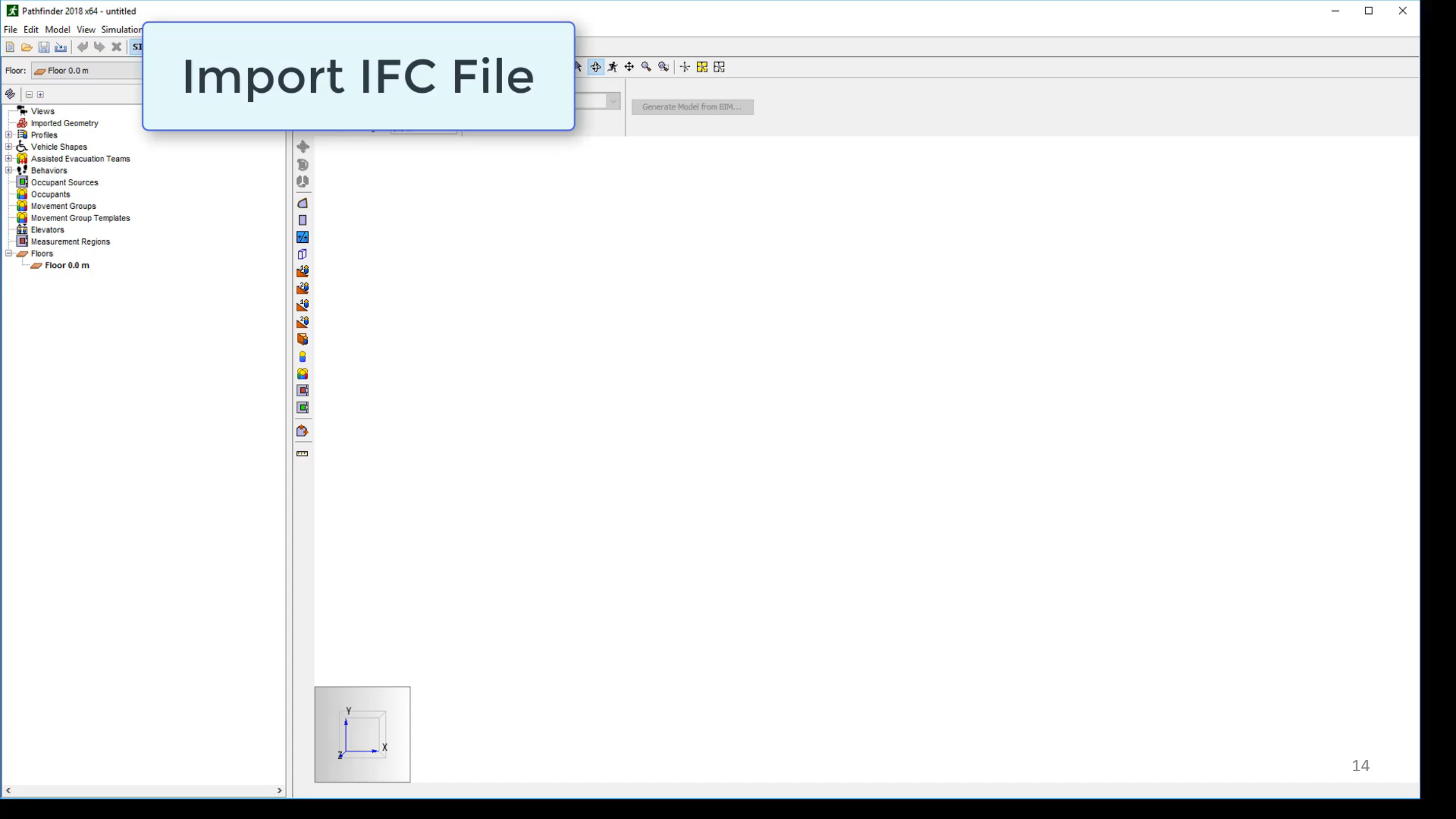


# VSTUPNÍ DATA

---

Rozdělujeme obecně na **geometrii** a **populaci** modelu, volitelnou komponentou je **riziko**, které působí na evakuované osoby.

- **Geometrie:** Popisuje prostorové uspořádání a geometrii budov či únikových a evakuačních cest, jejich omezení a případnou částečnou nedostupnost. Zdrojem dat je optimálně elektronický výkres (DWG/DXF apod.). V současné době se intenzivně prosazuje také **informační modelování staveb (BIM)**, moderní nástroje pro modelování evakuace osob proto podporují import **Industry Foundation Classes (IFC)**.



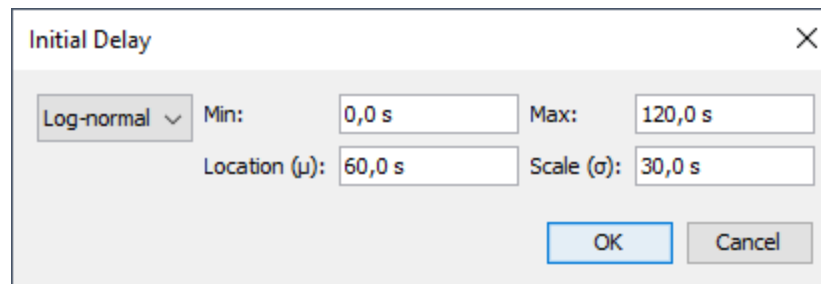
# Import IFC File

# VSTUPNÍ DATA

---

- **Populace:**

- Reakční doba: V pokročilých modelech evakuace bývá jako takto zjednodušeně označován interval mezi spuštěním signálu pro evakuaci a reakcí konkrétní modelované osoby na tento signál. Vstupem bývá obvykle experiment nebo zdroj z literatury.



Initial Delay

Log-normal ▾ Min: 0,0 s Max: 120,0 s

Location ( $\mu$ ): 60,0 s Scale ( $\sigma$ ): 30,0 s

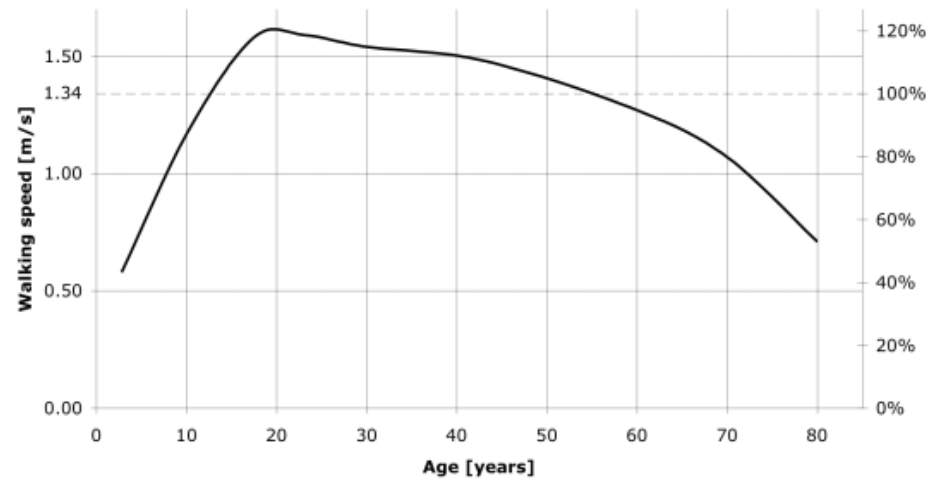
OK Cancel

# VSTUPNÍ DATA

---

- **Populace:**

- Rychlost pohybu: Využíváme obvykle normativní zdroje tuzemské (ČSN 7308x) nebo zahraniční (např. RIMEA a další).



Weidmann, U.: Transporttechnik der Fußgänger. Technická zpráva, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau, 1993.



# VSTUPNÍ DATA PRO POKROČILÉ MODELY EVAKUACE

---

- **Populace:**

- Rozměry: Jednotlivec je z hlediska minimálního prostoru, který zaujímá, a interakcí s okolními osobami, popisován tzv. osobní elipsou. Koncept byl poprvé uvedený do praxe Johnem J. Fruinem (Fruin, J. J.: Pedestrian Planning and Design. Elevator World, Inc., 1971).



# VSTUPNÍ DATA

---



Příprava na MS ve fotbale 1954

# VSTUPNÍ DATA

---

- **Riziko:**

- Produkty hoření (nejčastěji posuzované varianty v modelech):

- oxid uhelnatý,
- kyanovodník,
- oxid uhličitý.

HCN [ppm]	Dopady a doba expozice	
<80	1 hodina	Mírná hyperventilace
100	30 minut	Ztráta vědomí
200	2 minuty	Ztráta vědomí
300+	Sekundy	Smrt
1000	Okamžitě	Ztráta vědomí a smrt

Hurley, M. J. (editor): SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Springer, 2015.

# VSTUPNÍ DATA

---

- **Riziko:**
  - Vysoká teplota.

Teplota [°C]	Působení	Doma expozice	Dopady
60	Vedení (např. kov)	Sekundy	Popáleniny
100	Konvekce	30 minut	Přehřátí
120	Konvekce	5 minut	Popálení kůže a dýchacích cest
185	Konvekce	1 minuta	Popálení kůže a dýchacích cest
190	Radiace	Okamžitě	Bolest na kůži

Hurley, M. J. (editor): SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Springer, 2015.

# KONKRÉTNÍ REALIZOVANÉ APLIKACE

---

- Moravský zemský stadion v Brně (evakuace 30 tis. návštěvníků, Brněnské komunikace a.s., součást PBŘ, 2017).
- Metro linky D v Praze (evakuace cestujících z vybraných stanic, test požárního odvětrávání, Dopravní podnik hl. m. Prahy, součást PBŘ, 2017 - 2018).
- Železniční stanice Brno dolní nádraží (uspořádání prostoru před zahájením výluky hlavního nádraží, 2018).

# KONKRÉTNÍ REALIZOVANÉ APLIKACE

---

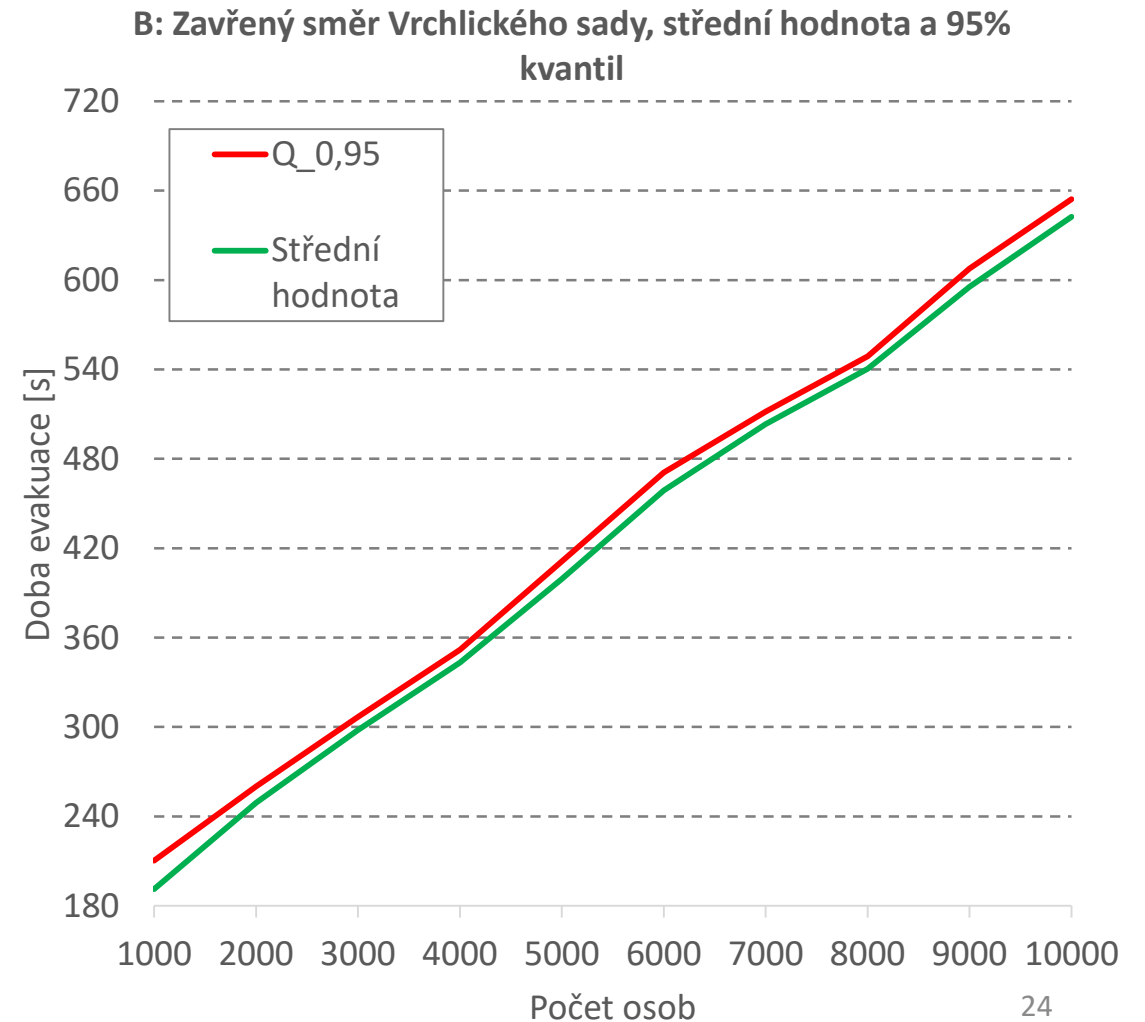
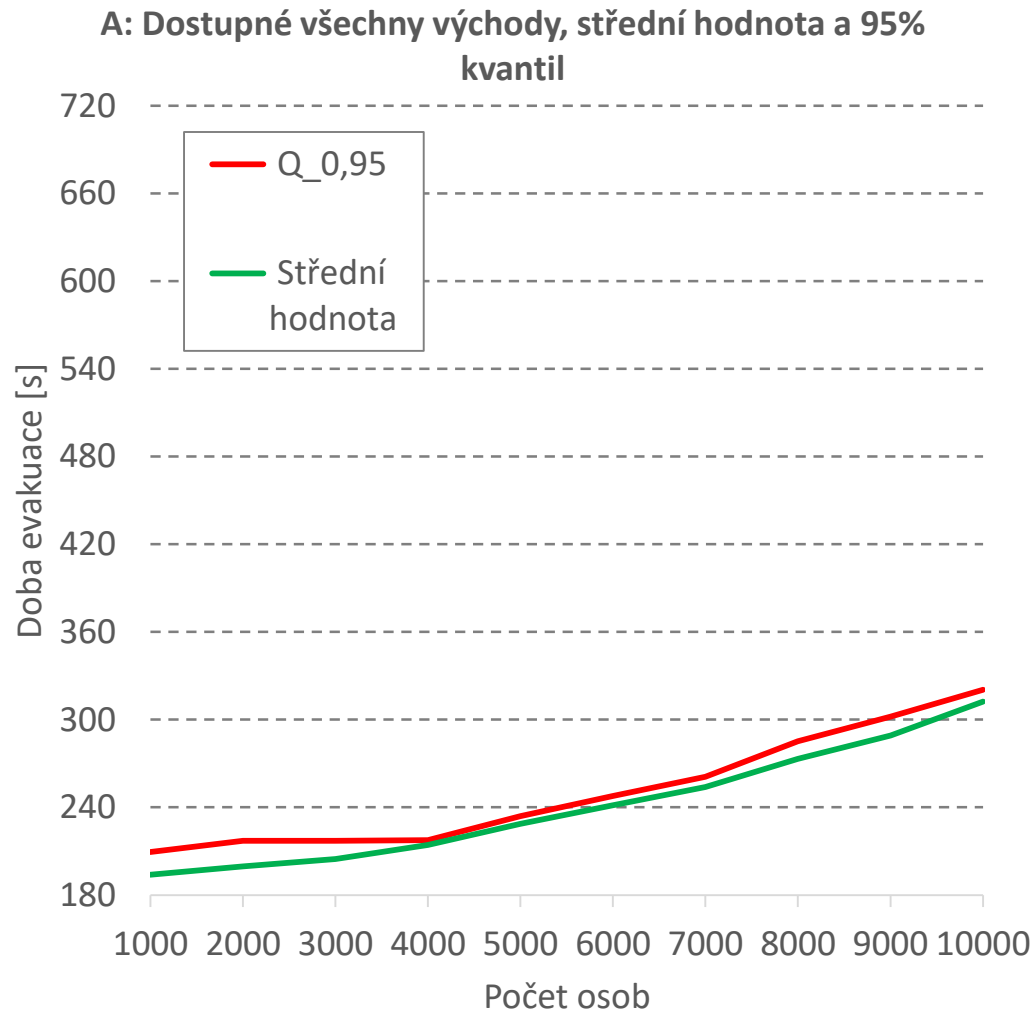
- Železniční stanice Praha hl. n. (evakuace 6 tis. Cestujících, SŽDC, součást koncepce ochrany měkkého cíle). V realizaci, představení na 15th UIC Global Security congress, Mezinárodní železniční unie, 21. 11. 2019, Praha.

# ŽELEZNIČNÍ STANICE PRAHA HL. N.

---

- **Scénář A:** Evakuace, všechny únikové východy dostupné (odpovídá požadavkům PBR).
- **Scénář B:** Evakuace, únikové východy ve směru Vrchlického sady nepřístupné, útok střelce nebo podezření na výbušné zařízení v uloženém zavazadle (analýza objektu jako měkkého cíle).
- Obsazenost nádraží je modelována v rozmezí 1 000 – 10 000 osob, přičemž běžná obsazenost při dopravní špičce je cca 6 000 osob.

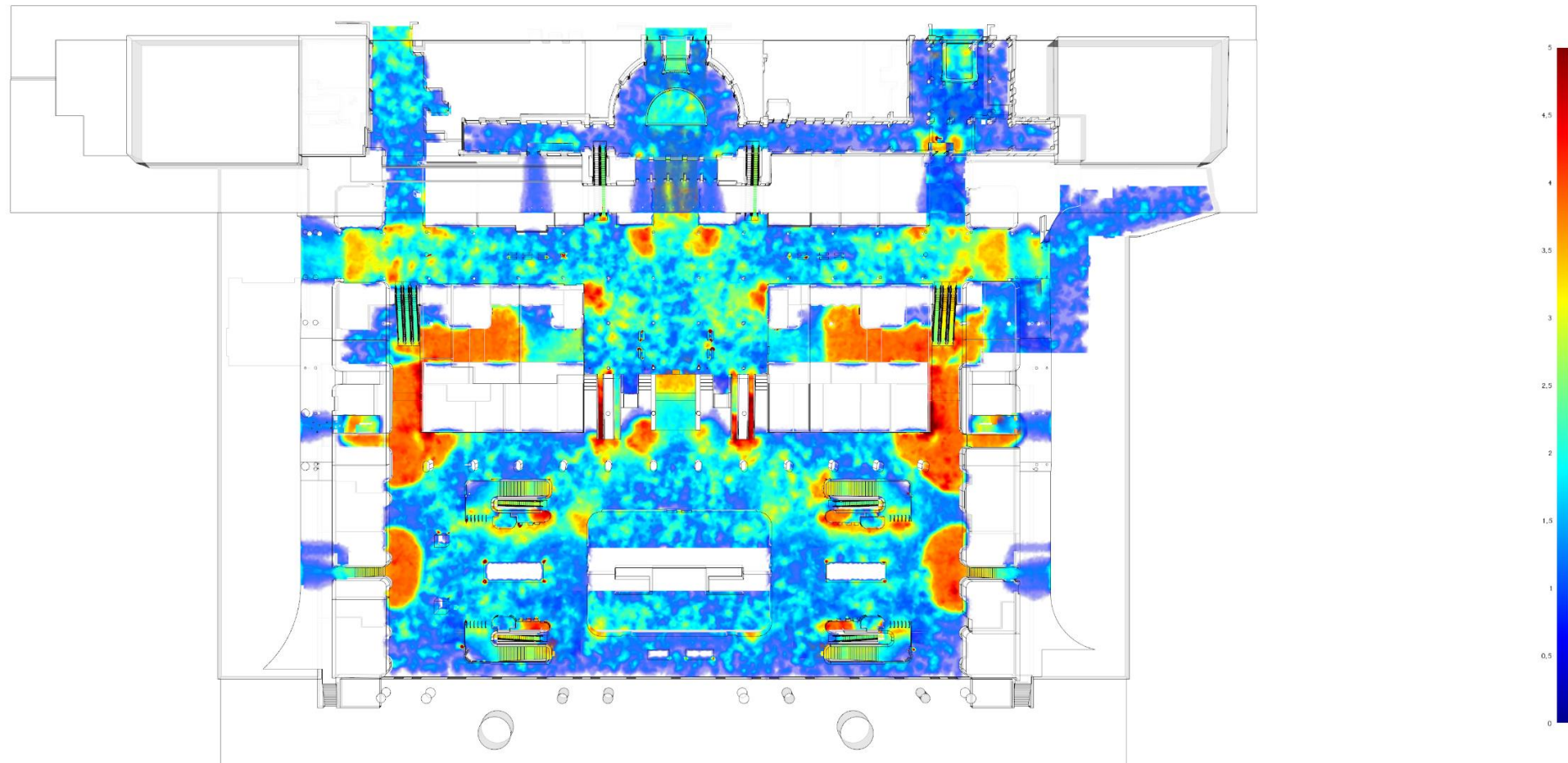
# ŽELEZNIČNÍ STANICE PRAHA HL. N.



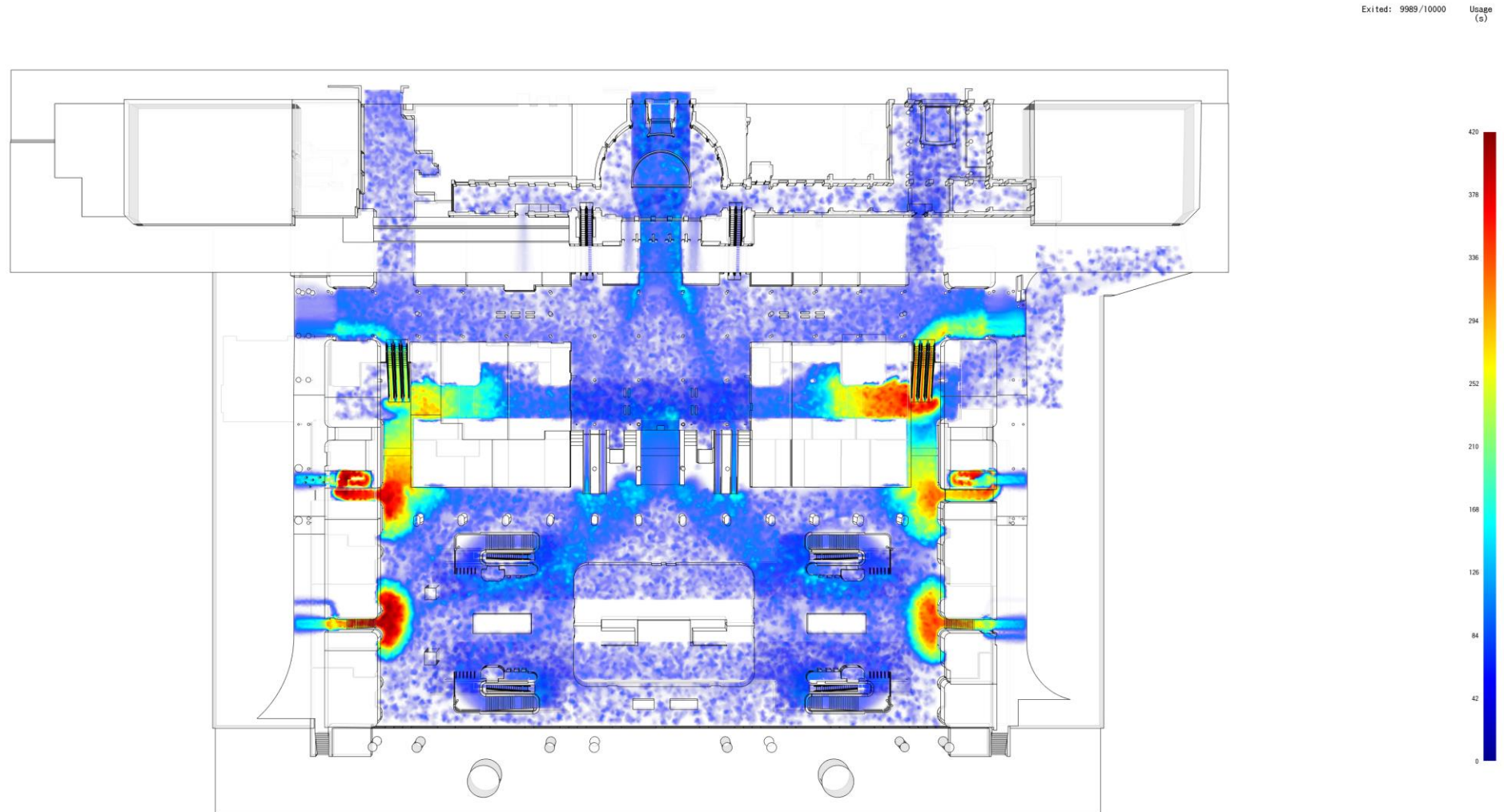


# SCÉNÁŘ B: 10 000 CESTUJÍCÍCH, MAX. HUSTOTA

Exited: 9989/10000 Density (occs/m<sup>2</sup>)



# SCÉNÁŘ B: 10 000 CESTUJÍCÍCH, AKUMUL. ZDRŽENÍ



# PRŮBĚH EVAKUACE: SCÉNÁŘ A, 6 000 CESTUJÍCÍCH



# VIRTUÁLNÍ REALITA

## NIST Virtual Public Safety Test Environment Challenge

Design a physical measurement environment that uses immersive virtual reality tools for testing new first responder technologies

[Read Overview...](#)

FOLLOW

**STAGE**  
Voting Open

**TOTAL PRIZE AMOUNT**  
\$50,000



### Virtual reality for first responders

#### Laurence Marzell presents an immersive virtual and mixed reality platform that trains personnel to respond to physical threats and cyberattacks on critical infrastructure and crowded places.

**I**n July 2018, 2018, the world's largest virtual and mixed reality training platform was showcased at the Society of American Engineers' (SAE) 2018 Virtual Reality Summit in Las Vegas, NV. The event was the first time a virtual and mixed reality training platform was showcased at a major industry conference. The platform, developed by Laurence Marzell and his team at AUGOMED, is designed to train first responders in a safe, immersive virtual environment. The platform features a variety of training scenarios, including physical threats and cyberattacks on critical infrastructure and crowded places. The platform is designed to be used by a wide range of users, from individual first responders to entire departments. The platform is currently in development and is expected to be released in 2019.

Agencies such as the FBI and the US Coast Guard are using virtual reality to train their personnel in a safe, immersive virtual environment. The platform is designed to be used by a wide range of users, from individual first responders to entire departments. The platform is currently in development and is expected to be released in 2019.

The platform is designed to be used by a wide range of users, from individual first responders to entire departments. The platform is currently in development and is expected to be released in 2019.

The platform is designed to be used by a wide range of users, from individual first responders to entire departments. The platform is currently in development and is expected to be released in 2019.

The platform is designed to be used by a wide range of users, from individual first responders to entire departments. The platform is currently in development and is expected to be released in 2019.

virtual reality

In March, the world's largest virtual and mixed reality training platform was showcased at the Society of American Engineers' (SAE) 2018 Virtual Reality Summit in Las Vegas, NV. The event was the first time a virtual and mixed reality training platform was showcased at a major industry conference. The platform, developed by Laurence Marzell and his team at AUGOMED, is designed to train first responders in a safe, immersive virtual environment. The platform features a variety of training scenarios, including physical threats and cyberattacks on critical infrastructure and crowded places. The platform is designed to be used by a wide range of users, from individual first responders to entire departments. The platform is currently in development and is expected to be released in 2019.

The platform is designed to be used by a wide range of users, from individual first responders to entire departments. The platform is currently in development and is expected to be released in 2019.

The platform is designed to be used by a wide range of users, from individual first responders to entire departments. The platform is currently in development and is expected to be released in 2019.

The platform is designed to be used by a wide range of users, from individual first responders to entire departments. The platform is currently in development and is expected to be released in 2019.

**DĚKUJI ZA POZORNOST**

---

[tomas.apeltauer@vut.cz](mailto:tomas.apeltauer@vut.cz)