

Simulace evakuačního plánu v interaktivním virtuálním prostředí

Bc. Ondřej Lah

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav elektroniky a měření

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Ondřej Lah
Osobní číslo:	A23364
Studijní program:	N1032A020003 Bezpečnostní technologie, systémy a management
Specializace:	Bezpečnostní management
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Simulace evakuačního plánu v interaktivním virtuálním prostředí
Téma práce anglicky:	Simulation of an Evacuation Plan in an Interactive Virtual Environment

Zásady pro vypracování

- Popis terminologie z oblasti evakuace osob a technologie virtuální reality.
- Analýza možností aplikace virtuální reality při řešení krizových situací, resp. v problematice evakuace osob.
- Charakteristika prostoru a definice klíčových prvků pro tvorbu simulačního virtuálního prostředí pro evakuaci osob.
- Tvorba simulačního interaktivního virtuálního prostředí pro edukaci uživatelů v rámci problematiky evakuace osob.
- Test funkčnosti simulačního virtuálního prostředí a jeho edukační potenciál pro zvýšení povědomí v oblasti evakuace osob.

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

1. KAMENÍK, Jiří a BRABEC, František. Komerční bezpečnost. 2. vydání. Praha: Wolters Kluwer, 2019. ISBN 978-80-7598-303-9.
2. LUKÁŠ, Luděk. Bezpečnostní technologie, systémy a management. 1. vydání. Zlín: Radim Bačuvčík-VerBuM, 2013. ISBN 978-80-87500-35-4.
3. ČSN EN 50131: Poplachové systémy-Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy. Praha: Český normalizační institut, 2015.
4. GONZALEZ R., WOODS R. Digital Image Processing 4th Edition, Pearson, 2018, ISBN 9780133356724.
5. ŽÁRA J., BENEŠ B., SOCHOR J., FELKEL P. Moderní počítačová grafika. 2. vyd., Computer Press, 2010, ISBN 80-251-0454-0.

Vedoucí diplomové práce: prof. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
Ústav bezpečnostního inženýrství

Konzultant diplomové práce: Ing. Irena Drofová
Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: 29. listopadu 2024

Termín odevzdání diplomové práce: 30. května 2025

doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.
děkan



Ing. Milan Navrátil, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 29. listopadu 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem evakuačního plánu ve virtuálním prostředí. Cílem je vytvořit interaktivní aplikaci, která uživatelům umožní prožít simulované krizové situace v prostředí školní třídy a osvojit si správné evakuační postupy. Teoretická část se věnuje problematice bezpečnosti, evakuačního plánování, krizového řízení a ochrany měkkých cílů, přičemž důraz je kladen na využití virtuální reality v oblasti vzdělávání a tréninku krizové připravenosti. Praktická část se zaměřuje na návrh, technické zpracování a simulaci v prostředí Unity, která obsahuje interaktivní prvky, rozhodovací momenty a uživatelské rozhraní s volbou různých scénářů. Výsledná aplikace byla otestována na vybrané skupině osob za účelem ověření její funkčnosti, reálnosti a edukativního přínosu v oblasti bezpečnostního školení.

Klíčová slova: evakuace osob, krizové řízení, virtuální realita, simulace, bezpečnost, školní třída, Unity, edukace

ABSTRACT

This diploma thesis deals with designing and implementing a simulation of an evacuation plan in a virtual environment using virtual reality technology. The primary objective is to develop an interactive application that enables users to experience simulated crisis scenarios in a classroom setting and to learn appropriate evacuation procedures. The theoretical part explores key topics such as safety, evacuation planning, crisis management, and the protection of soft targets, with a particular emphasis on the application of virtual reality in education and crisis preparedness training. The practical part is dedicated to the design, technical implementation, and simulation development in the Unity environment. It includes interactive elements, decision-making points, and a user interface allowing the selection of different scenarios. The final application was tested on a selected group of individuals to evaluate its functionality, realism, and educational value in the context of safety training.

Keywords: evacuation, crisis management, virtual reality, simulation, safety, school building, Unity, education

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu prof. Mgr. Milanu Adámkovi, Ph.D., a také paní Ing. Ireně Drofové za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování diplomové práce. Dále bych poděkoval svojí rodině a přátelům za podporu při studium.

OBSAH

ÚVOD.....	13
I TEORETICKÁ ČÁST	15
1 BEZPEČNOST A EVAKUAČNÍ PLÁNOVÁNÍ	16
1.1.1 Bezpečnostní prostředí	16
1.1.2 Bezpečnostní aktéři	17
1.1.3 Bezpečnostní hrozby	17
1.1.4 Bezpečnostní riziko	18
1.2 BEZPEČNOSTNÍ PLÁNOVÁNÍ.....	19
1.3 EVOLUCE BEZPEČNOSTI.....	19
1.4 EVAKUAČNÍ PLÁNOVÁNÍ	20
1.5 KRIZOVÉ ŘÍZENÍ	21
2 EVAKUAČNÍ PLÁN A FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ EVAKUACI.....	23
2.1.1 Oblast požární ochrany	23
2.1.2 Oblast ochrany obyvatelstva	24
2.2 OBJEKTOVÁ EVAKUACE – OPUŠTĚNÍ OBJEKTU	25
2.2.1 Doba evakuace osob.....	25
2.2.2 Únikové cesty	26
2.2.3 Evakuační postupy	28
2.3 OBJEKTOVÁ EVAKUACE – SETRVÁNÍ OSOB V OBJEKTU	29
2.3.1 Charakterizace úniku nebezpečných látek	29
2.3.2 Ochranná funkce budov	30
2.3.3 Stanovení kritérií evakuace osob	31
2.4 EVAKUAČNÍ PRVKY	32
2.4.1 Požární bezpečnost staveb.....	33
2.4.2 Technické normy na zpracování evakuačního plánu	33
2.5 TAKTICKÉ POSTUPY.....	34
2.6 OCHRANA MĚKKÝCH CÍLŮ.....	34
2.6.1 Prevence útoku ve školách	35
3 VIRTUÁLNÍ REALITA.....	37
3.1 HISTORIE A VÝVOJ VIRTUÁLNÍ REALITY (VR)	37
3.2 TECHNOLOGIE POUŽITÉ PRO SIMULACI	38
3.3 OCULUS A DALŠÍ VR ZAŘÍZENÍ PRO SIMULACI.....	39
3.3.1 Meta Quest 2	39
3.3.2 Meta Quest 3	40
4 EDUKAČNÍ POTENCIÁL VIRTUÁLNÍ REALITY	42
4.1 VÝHODY A EFEKTIVITA VR V BEZPEČNOSTNÍM ŠKOLENÍ	42
4.1.1 Snížení nákladů a dostupnost školení	43

4.1.2	Realističnost a prostředí	43
4.1.3	Opakovatelnost a interaktivita.....	43
4.1.4	Okamžitá zpětná vazba a hodnocení výkonu	43
4.1.5	Bezpečnost a eliminace rizik	43
4.2	VÝZVY A OMEZENÍ	44
II	PRAKTICKÁ ČÁST	45
5	CHARAKTERISTIKA SIMULOVANÉHO PROSTŘEDÍ A KLÍČOVÉ PRVKY PRO TVORBU VR SIMULACE	46
5.1	DEFINICE KRIZOVÝCH SCÉNÁŘŮ	47
5.1.1	Scénář 1: Vypuknutí požáru ve třídě	47
5.1.2	Scénář 2: Útok neznámé osoby na chodbě	48
5.2	POPIS VIRTUÁLNÍ PROSTŘEDÍ A JEHO JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ	49
5.2.1	Třída	50
5.2.2	Nábytek	54
5.2.3	Hasicí přístroje	57
5.2.4	Notebook	58
5.2.5	Bezpečnostní prvky	59
5.2.6	Dveřní bariéra, zástrčky a úložná krabice	62
6	TVORBA VR PROSTŘEDÍ	66
6.1	POUŽITÉ TECHNOLOGIE	66
6.2	INTERAKTIVNÍ PRVKY V PROSTŘEDÍ	67
6.2.1	Uživatel a jeho role v prostředí	68
6.2.2	Přenášení objektů	69
6.2.3	Hasicí přístroj	70
6.2.4	Otevírání dveří a krabice	71
6.2.5	Dveřní bariéra.....	71
6.3	UŽIVATELSKÉ ROZHRAŇÍ (UI) A SYSTÉM OBRAZOVEK	72
6.3.1	Základní herní menu.....	73
6.3.2	Tutoriál	74
6.3.3	Prvky uživatelského rozhraní	75
6.4	CENTRÁLNÍ SKRIPTY.....	76
6.4.1	Řízení simulace požáru	76
6.4.2	Řízení simulace útočníka.....	78
6.5	HLAVNÍ MENU	79
6.6	IMPLEMENTACE ROZHODOVACÍCH MOMENTŮ A EDUKAČNÍCH PRVKŮ	80
6.6.1	Edukace ve scénáři požáru	80
6.6.2	Edukace ve scénáři útoku	81
7	DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ	82
7.1	STRUKTURA A OBSAH DOTAZNÍKU.....	82
7.2	VÝSLEDKY DOTAZNÍKU	83
	ZÁVĚR.....	87

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	89
SEZNAM OBRÁZKŮ	95
SEZNAM TABULEK.....	96
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	97
SEZNAM PŘÍLOH.....	98

ÚVOD

V posledních letech se stále více ukazuje, že schopnost efektivně reagovat na mimořádné události je klíčová nejen pro krizové složky, ale také pro běžné občany. Otázka bezpečnosti, a zejména připravenosti na různé krizové situace, nabývá na významu v kontextu narůstající četnosti mimořádných událostí, ať už jde o přírodní katastrofy, požáry, nebo útoky vedené proti tzv. měkkým cílům. Včasná a organizovaná evakuace osob je v těchto situacích často rozhodujícím faktorem pro minimalizaci ztrát na životech a zdraví.

Tradiční formy výuky a školení v oblasti evakuačních postupů bývají mnohdy nedostatečně efektivní, a to především kvůli omezené možnosti simulace reálného stresu, prostoru nebo variability scénářů. V tomto směru nabízí moderní technologie, především virtuální realita, nové možnosti, jak zprostředkovat uživatelům realistický zážitek bez nutnosti fyzické přítomnosti v ohroženém prostředí. Virtuální simulace evakuačních scénářů nejen zvyšují motivaci účastníků, ale zároveň umožňují bezpečně testovat chování jednotlivců v krizových situacích.

Tato diplomová práce se proto zaměřuje na vytvoření a otestování simulačního prostředí, které napodobuje reálné evakuační situace s využitím technologie virtuální reality. Hlavním cílem práce je navrhnout a realizovat VR simulaci, která umožní uživatelům interaktivně procházet různými krizovými scénáři a aktivně si osvojit správné postupy během evakuace. Zvoleným prostředím je školní třída, což reflektuje aktuální společenskou potřebu zvyšovat úroveň bezpečnostního povědomí i u zranitelných skupin, jako jsou žáci a studenti.

V rámci práce bude nejprve představena teoretická část, která vytváří odborný základ pro pochopení problematiky evakuace v krizových situacích. Úvodní kapitoly se věnují pojmu bezpečnosti a jejímu vývoji, definují klíčové termíny jako hrozba, riziko a bezpečnostní aktéři, a zasazují je do kontextu současného bezpečnostního prostředí. Dále se práce zaměřuje na oblast bezpečnostního plánování a krizového řízení, přičemž je podrobně rozebrán samotné evakuační plánování, od právních rámců, přes taktické přístupy až po technické normy. Pozornost je věnována také specifikům evakuace v objektových podmínkách a faktorům, které jí ovlivňují. Součástí teoretického rámce je rovněž kapitola věnována ochraně měkkých cílů, která reflektuje aktuální bezpečnostní výzvy zejména ve školním prostředí. Poslední část teoretické části se zaměřuje na možnosti využití virtuální reality, a to představuje její vývoj, technologická řešení, konkrétní zařízení a analyzuje její

edukační potenciál při školení krizových situací. Cílem této části je vytvořit teoretické východisko pro praktické využití VR simulace v oblasti bezpečnostního vzdělávání.

Praktická část se zaměřuje na návrh a realizaci VR simulace evakuace ve školním prostředí. Popisuje tvorbu interaktivního prostředí, definici krizových scénářů a skriptování jednotlivých funkcionalit ve vývojovém prostředí Unity. Při generování a úpravě kódu autor využíval jako podporu nástroj ChatGPT-4o. Veškerý kód byl však následně samostatně kontrolován, testován a upravován, přičemž autor přebírá plnou odpovědnost za jeho správnost a funkčnost v rámci celé aplikace. Závěrem je provedeno dotazníkové šetření, jehož cílem bylo ověřit funkčnost simulace a zhodnotit její edukační přínos. Výsledky poskytly zpětnou vazbu k technickému i obsahovému zpracování a potvrdily potenciál této formy výuky v oblasti krizové připravenosti.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 BEZPEČNOST A EVAKUAČNÍ PLÁNOVÁNÍ

Bezpečnost představuje ochranu různých systémů před možnými hrozbami a riziky. Těmito systémy mohou být například společenské struktury, technologické celky nebo přírodní ekosystémy, které mohou čelit různým nebezpečím ohrožující jejich stabilitu a fungování.

„Bezpečnost je stav, kdy jsou na efektivní míru omezeny hrozby pro objekt a jeho zájmy a tento objekt je k omezení stávajících i potenciálních hrozeb efektivně vybaven a ochoten při něm spolupracovat.“ [1]

„Obecně se pod pojmem bezpečnost může rozumět společností stanovená (garantovaná) schopnost zamezení toho, aby konkrétní riziko překročilo únosnou mez.“ [1]

V oblasti bezpečnosti je důležité rozlišovat mezi dvěma základními pojmy: bezpečnost a bezpečí. Zatímco bezpečí se vztahuje primárně k jednotlivci a vyjadřuje jeho subjektivní pocit ochrany před hrozbami, bezpečnost má širší, skupinový charakter. Zaměřuje se na ochranu většího celku, například, organizace nebo celé společnosti, a zahrnuje opatření směřující k prevenci a eliminaci možných rizik. [2]

V souvislosti s bezpečností je nezbytné vymezit pojmy jako jsou hrozba a riziko a zároveň vzájemnou provázanost.

Hrozbou se rozumí reálná skutečnost, která může představovat negativní dopad na chráněný zájem v určitém prostředí. Může se jednat o konkrétní území, časové období či jiný definovaný rámec, ve kterém dané ohrožení existuje. Pro minimalizaci dopadů se zadávají různá protiopatření, avšak ta jsou často finančně náročná a zpravidla nezaručují stoprocentní účinnost. Intenzita těchto opatření se odvíjí od významu chráněného objektu či zájmu, jeho polohy a další specifických faktorů. [1]

Riziko pak představuje určitou míru nejistoty, kterou je nutné akceptovat při snaze o eliminaci hrozeb, aby přijatá opatření nepřekročila únosné hranice. Pro jeho stanovení je klíčové provést analýzu hrozeb s důrazem na pravděpodobnost jejich výskytu a rozsah možných dopadů. Tyto dopady mohou ohrozit nejen jednotlivce a majetek, ale i životní prostředí, společenské vztahy či suverenitu státu. [1]

1.1.1 Bezpečnostní prostředí

Při analýze bezpečnosti z pohledu systémového přístupu je nutné zohlednit, že každý referenční objekt se neustále vyvíjí a mění. Tyto změny mohou probíhat v rámci samotného objektu, v jeho okolních podmínkách, nebo v jeho vztazích s okolním prostředím, které se

rovněž dynamicky proměňuje. Právě proměnlivé podmínky v bezpečnostním prostředí je klíčová pro zajištění ochrany. Význam této analýzy spočívá především v identifikaci bezpečnostních hrozeb, jejich příčin a podstaty. Zkoumání bezpečnostního prostředí je dnes předmětem systémového zájmu v různých oblastech, jako jsou vojenská, politická, společenská, environmentální, energetická či informační bezpečnost. Zároveň se uplatňuje v různých typech bezpečnosti, například v oblasti národní, mezinárodní, kybernetické, potravinové nebo požární ochrany. Důležité je sledovat vývoj bezpečnostního prostředí nejen v krátkodobém horizontu (hodiny, dny, týdny, měsíce), ale i z dlouhodobého hlediska (roky, desetiletí, staletí). Výsledky těchto analýz umožňují nejen vyhodnotit dosavadní stav a jeho vývoj, ale také předpovídat budoucí trendy a potenciální rizika. [3]

Prostředí lze chápat jako souhrn podmínek, v nichž něco existuje nebo probíhá určité dění. Může být vnímáno z geografického hlediska jako okolní oblast obklopující objekt nebo ze sociálního pohledu jako soubor okolností, v nichž jednotlivci a skupiny žijí a pracují. Zahrnuje časový i prostorový aspekt a tvoří souhrn jevů a procesů ovlivňujících člověka po celý život. Ve vztahu k člověku představuje souhrn faktorů, které utvářejí jeho chování a charakter. Na základě lidského působení lze prostředí rozdělit na přírodní a umělé. [3]

1.1.2 Bezpečnostní aktéři

Z jazykového hlediska lze pojem aktér definovat jako aktivního účastníka určitého děje, procesu či události nebo jako činitele, který ovlivňuje situaci. Bezpečnostní aktér představuje subjekt, jenž disponuje schopností měnit bezpečnostní prostředí a ovlivňovat jeho vývoj ve svůj prospěch s cílem prosazovat vlastní zájmy. [3]

Z pohledu státu jde o aktéry, kteří mají nejen prostředky, ale i vůli uplatňovat svůj vliv, včetně použití síly mimo vlastní území, aby dosáhli změn odpovídajících jejich politickým, ekonomickým, energetickým či bezpečnostním zájmům. Rozhodující roli v tomto procesu hraje síla státu, a proto se mezi bezpečnostní aktéry v tomto kontextu řadí pouze významné politické, ekonomické a vojenské mocnosti. [3]

1.1.3 Bezpečnostní hrozby

Hrozbu lze obecně definovat jako blížící se nebezpečí či riziko, kterému je vystaven člověk nebo prostředí, v němž žije. Může se jednat o varování, výstrahu nebo úmyslný akt směřující k zastrasování. V mezinárodních vztazích se tento pojem vztahuje na subjekt, jev či událost, které mohou svou činností poškodit nebo zcela zničit chráněné hodnoty s pojmem ohrožení,

který je odvozen ze stejného základu a bývá považován za synonymum. Hrozbu lze blíže charakterizovat jako soubor projevů, činů či opatření, jež mají potenciál způsobit škodu. Vyznačuje se schopností vyvolat obavy a může vést k menším, větším, či dokonce nenapravitelným škodám. Důležité je, že hrozba existuje objektivně a její dopad závisí na opatřeních a chování ohrožené strany – ta ji může zmírnit, eliminovat, ale i nevědomky zesílit. [3]

Hrozby lze rozdělit podle původu na neintencionální a intencionální. První typ zahrnuje přírodní jevy, jejichž výskyt je nahodilý a nepodléhá lidskému úmyslu. Druhý typ představují hrozby záměrně vytvářené jednotlivci nebo organizacemi s cílem poškodit určité hodnoty. Bezpečnostní hrozby se mohou týkat jednotlivců, skupin, států i mezinárodních uskupení. Na vnější úrovni představují ohrožení svrchovanosti, nezávislosti či územní celistvosti státu nebo aliance. Na vnitrostátní úrovni zahrnují rizika spojená s ohrožením životů, zdraví, majetku, životního prostředí, demokratického systému, politické stability či lidských práv. Bezpečnostní hrozby lze dále klasifikovat podle různých hledisek, například časového, geopolitického, původu nebo míry dopadu. [3]

1.1.4 Bezpečnostní riziko

Bezpečnostní riziko je nedílnou součástí našeho života a ovlivňuje různá prostředí, včetně politického, ekonomického a sociálního. Riziko je definováno jako potenciální nebezpečí či možnost škody. Úroveň rizika je dána kombinací pravděpodobnosti jeho výskytu a následků, které může způsobit.

Existují tři hlavní kategorie rizik:

- Nepřijatelná rizika – vyžaduje okamžité opatření k jejich snížení.
- Přijatelná rizika – jsou tolerována s využitím opatření ke zmírnění.
- Hraniční rizika – vyžadují posouzení nákladů a přínosů a opatření.

Další specifické úrovně zahrnují minimální riziko (nutné monitorovat), zbytkové riziko (zůstává po zavedení opatření) a nulové riziko (teoretické situace eliminace rizika).

Bezpečnostní riziko se týká ochrany osob, majetků, států i celého lidstva a může se transformovat v bezpečnostní hrozbu. Jeho vnímání je subjektivní, avšak jeho důsledky mohou mít objektivní dopad na bezpečnostní situaci. [3]

1.2 Bezpečnostní plánování

Bezpečnostní plánování je klíčovým procesem, který se zaměřuje na ochranu majetku a osob. Zahrnuje identifikaci a hodnocení rizik, implementaci kontrolních opatření a neustálé monitorování efektivity těchto opatření. Cílem je minimalizovat hrozby, jako jsou požáry, krádeže nebo kybernetické útoky, a zajistit bezpečnostní postupy, které pomohou ochránit organizaci a její zaměstnance. Kromě toho se plánování zaměřuje na dodržování právních a regulačních požadavků, čímž organizace předejde možným právním postihům a poškození své pověsti. Důležitost bezpečnostního plánování spočívá také v jeho schopnosti poskytnout klid nejen majitelům a zaměstnancům, ale i zákazníkům. Efektivní bezpečnostní plán zajišťuje bezpečnější pracovní prostředí a zvyšuje důvěru v organizaci. Tento kontinuální proces vyžaduje pravidelnou revizi a přizpůsobování novým hrozbám a změnám, čímž zabezpečuje dlouhodobou ochranu a stabilitu.

Bezpečnostní plánování také zahrnuje zavedení specifických kontrolních opatření, která mohou být fyzická, jako například instalace kamerových systémů nebo alarmů, nebo procedurální, zahrnující školení zaměstnanců a tvorbu bezpečnostních směrnic. Tato opatření slouží k prevenci vzniku hrozeb nebo minimalizaci jejich dopadů. Je důležité, aby plánování bylo flexibilně vyhodnocováno, protože nové hrozby se mohou objevit a okolnosti se mohou změnit. Důsledné sledování účinnosti bezpečnostních opatření je nezbytné k udržení ochrany na vysoké úrovni a k adekvátnímu reagování na potenciální rizika. [4]

1.3 Evoluce bezpečnosti

Vývoj bezpečnosti je fascinující cestou, která ukazuje, jak se tento koncept vyvinul od pradávných dob až po současnost. Bezpečnostní potřeba se zřejmě zformovala již v období, kdy lidé začali vytvářet první cennosti, což vedlo k vytvoření ochrany pro tyto objekty. První známky organizované bezpečnosti se objevily ve starověkém Egyptě, kdy faraoni najímali soukromé strážce pro sebe i členy vyšší společnosti. Tato praxe ukázala, že ochrana majetku a osob byla již tehdy nezbytná, což se neměnilo ani ve starověkém Řecku, kde byla vyvinuta organizovaná bezpečnostní síla na ochranu vládních činitelů a veřejných cest. [5]

V průběhu staletí, zejména ve starověkém Říme, se bezpečnostní praktiky začaly více formalizovat. Římané nejen najímali profesionální strážce, ale také vytvořili první známou knihu zákonů, která obsahovala předpisy pro bezpečnostní složky. Tento přístup se následně rozšířil do následujících období, kde bohatí jednotlivci ve středověku stále více hledali soukromé ochrany před násilím a vojenskými hrozbami. V Japonsku a Číně,

například během bojů Mongolů, byla soukromá bezpečnostní síla zajišťována vysoce vycvičenými válečníky, zatímco v Evropě teprve začaly vnikat organizace zaměřené na ochranu měst a jejich obyvatel. [5]

V novověku se začala rozvíjet městská bezpečnost, především v Londýně v 18. století, kdy rostoucí kriminalita ve městech vedla k financování nočních hlídek a zavedení bezpečnostních sil. V Americe se na konci 19. století začaly objevovat soukromé bezpečnostní agentury, jako byla Pinkerton, která se proslavila ochranou podniků a vyšetřováním zločinů. Tato agentura hrála klíčovou roli ve vyhledávání zločinců, ale i v potlačování odborových stávek.

V průběhu 20. a 21. století se bezpečnostní oblast stala vysoce sofistikovaným oborem, výrazně podpořeným rozvojem technologií. Pokroky v oblasti sledovacích systémů, tělesných kamer a komunikačních nástrojů zásadně změnily způsoby jejího řízení. Dnes je bezpečnost v mnoha oblastech řízena za pomoci pokročilých technologií a odborné přípravy, která zahrnuje krizové situace, řešení konfliktů a kybernetickou ochranu. Moderní bezpečnostní opatření jsou implementována v širokém spektru prostředí, od veřejných prostor až po soukromé objekty, přičemž jejich primárním cílem je zajištění bezpečnosti lidí, ochrana majetku a prevence kriminality. [6]

Pohledem do budoucnosti se očekává, že bezpečnostní systémy se budou nadále vyvíjet s příchodem nových technologií, jako jsou umělá inteligence, drony, virtuální realita a robotika. Tato technologická revoluce umožní kombinaci lidských dovedností a inovativních nástrojů pro efektivní ochranu. I když se formy zajištění bezpečnosti mohou proměnit, základní principy prevence a ochrany budou i nadále klíčové pro ochranu společnosti před hrozbami. [6]

1.4 Evakuační plánování

Evakuační plánování je proces vypracování a implementace opatření zaměřených na bezpečný a efektivní přesun osob z ohrožených oblastí do bezpečnostních zón během krizových situací. Je klíčovou součástí krizového řízení, které zahrnuje souhrn řídicích činností zaměřených na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik, plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s přípravou na krizové situace. [7]

Evakuační plánování je nedílnou součástí krizového řízení, které zahrnuje analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik, plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s přípravou na krizové situace a jejich řešením. [7]

Klíčové fáze evakuačního plánování

1. Příprava: Identifikace rizik, analýza hrozeb a zranitelnosti, vypracování evakuačního plánu a školení personálu.
2. Implementace: Realizace evakuace v případě krizové situace, koordinace s integrovaným záchranným systémem a komunikace s veřejností.
3. Vyhodnocení: Analýza provedené evakuace, identifikace silných a slabých stránek, aktualizace plánů a školení na základě získaných zkušeností.

Výzvy a problémy při evakuačním plánování zahrnují několik klíčových aspektů, které je nutné zohlednit pro zajištění efektivního průběhu evakuace. Jedním z hlavních problémů je koordinace mezi různými subjekty, kdy je nezbytné zajistit efektivní spolupráci mezi státními orgány, místními samosprávami a veřejností, která musí být rychlá a jasná, aby obyvatelé byli včas informováni o evakuačních opatřeních a dokázali adekvátně reagovat. Neméně důležitá je i logistika, tedy u zajištění dopravy, ubytování a základních potřeb pro evakuované osoby, což vyžaduje detailní plánování a dostatečné kapacity. [7], [8]

Důležitým aspektem evakuačního plánování je také pravidelné školení a tréninky, které pomáhají ověřit funkčnost evakuačního plánů a umožňují testování jejich efektivity a identifikace potenciálních problémů. Příprava personálu je dalším klíčovým faktorem, jelikož je nutné, aby všichni zúčastnění byli obeznámeni s postupy a svou rolí během evakuace. Důležité je rovněž zvýšení povědomí veřejnosti, kdy je potřeba, aby obyvatelé znali evakuační postupy a věděli, jak se chovat v krizových situacích. Systematické vzdělávání a pravidelná cvičení tak přispívají k vyšší úrovni připravenosti a minimalizaci negativních dopadů krizových situací. [7], [8]

1.5 Krizové řízení

Krizové řízení označuje soubor metod, opatření a postupů zaměřených na prevenci a zvládání krizových situací, které ohrožují bezpečnost a stabilitu společnosti. Původně bylo spojováno především s vojenskými konflikty a v terminologii NATO označovalo řešení krizí mezi členy aliance a státy Varšavské smlouvy. Po skončení studené války se jeho

význam rozšířil na širokou škálu, včetně přírodních katastrof, průmyslových havárií, ekonomických krizí nebo narušení veřejného pořádku. [9]

V českém právním systému je krizové řízení definováno zákonem č. 240/2000 Sb jako soubor činností státních i místních orgánů zaměřených na analýzu a řešení bezpečnostních rizik, ochranu kritické infrastruktury a zajištění kontinuity veřejných služeb. Krizová situace může vzniknout v důsledku mimořádné události, narušení kritické infrastruktury nebo jiné ohrožení, přičemž v takových případech může být vyhlášen stav nebezpečí, nouzový stav nebo stav ohrožení státu. [9]

Pro efektivní řízení krizových situací umožňuje právní rámec České republiky vyhlášení krizových stavů, mezi které patří stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu a válečný stav. Tyto stavy vyhláší příslušné orgány podle charakteru a rozsahu hrozby – od hejtmanů krajů přes vládu až po Parlament České republiky. Právní úprava krizového řízení je rozptýlena mezi několik legislativních dokumentů, včetně Ústavy ČR, ústavního zákona o bezpečnosti České republiky a krizového zákona. [9]

Dílčí závěr

Kapitola se komplexně zabývala problematikou bezpečnosti, evakuačního plánování a krizového řízení. Byly definovány klíčové pojmy, jako je bezpečnost, riziko a hrozba, a zároveň byl zdůrazněn význam analýzy bezpečnostního prostředí a identifikace relevantních aktérů. Následně bylo pojednáno o bezpečnostním plánování a jeho historickém vývoji. Dále proběhlo popsání evakuačního plánování, jeho jednotlivých fází a výzev, které s tímto procesem souvisejí. V závěrečné části byla pozornost věnována krizovému řízení v kontextu českého právního rámce.

2 EVAKUAČNÍ PLÁN A FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ EVAKUACI

Evakuační plán je klíčovým dokumentem, který stanovuje pravidla pro evakuaci osob, zvířat a majetku z určitého prostoru v případě mimořádné situace, jako je požár, povodeň či jiná havárie. Tento plán je povinný podle § 102 zákona č. 262/2006 Sb. a vychází z analýzy a šíření rizik. Kromě základního evakuačního plánu existuje i požární evakuační plán, který je součástí požární ochrany a je zpracován podle § 33 vyhlášky č. 246/2001 Sb. Vedle vyznačení únikových cest musí evakuační plán specifikovat i úkoly a odpovědnosti osob, které mají za úkol evakuaci řídit a dohlížet na její průběh. [8]

2.1.1 Oblast požární ochrany

V oblasti požární ochrany není pojem „evakuace osob“ v právních předpisech přesně vymezen. Obecně se však rozumí jako dočasně opuštění prostoru, který je potenciálně ohrožen účinky požáru, například snížením hladiny kyslíku, přítomností zplodin hoření nebo vysokou teplotou. Tento proces probíhá bez nutnosti asistence záchranných složek a obvykle trvá v řádu desítek sekund až několika minut. Typickým příkladem je evakuace osob z budovy po vyhlášení požárního poplachu, která probíhá podle předem stanoveného plánu a vymezení únikových cest. Často dochází k záměně pojmů evakuace a záchrana osob, přestože se jedná o odlišné situace. [10], [11]

Záchrana osob nastává v případech, kdy není možné samostatně opustit ohrožený prostor a je nutný zásah zvenčí. Pokud například lidé potřebují být vyvedeni s pomocí dýchacích přístrojů nebo jiných prostředků, již se nejedná o evakuaci, ale o záchranu. [11]

Zákon o požární ochraně termín evakuace osob výslovně neuvádí, přesto se tento pojem objevuje v souvislosti s právními normami, zejména ve vyhlášce o požární prevenci. Ta s pojmem pracuje například kontextu podmínek pro hašení požárů a záchranné práce (§ 11), hodnocení požárního nebezpečí (§ 16), tvorby požárního evakuačního plánu (§ 33) či požárně bezpečnostního řešení (§ 41). [11]

Evakuace osob je zmíněna v zákoně o integrovaném záchranném systému, nařízení vlády č. 172/2001 Sb. a dalších právních předpisech souvisejících s požární ochranou, avšak bez přesného vymezení pojmu. Podobně je tento termín obsažen i v předpisech týkajících se stavebnictví, například v nařízení EU č. 305/2011, které ukládá povinnost zajistit bezpečné opuštění staveb. V českém právním rámci se tento požadavek odráží ve stavebním zákoně a

vyhláškách č. 268/2009 Sb. a č. 23/2008 Sb., aniž by však definovaly samostatný pojem evakuace. [11]

Evakuace se vyskytuje také v dalších právních a technických předpisech, jako je zákoník práce či normy požární bezpečnosti staveb, které upravují únikové cesty, konstrukční požadavky a časové limity evakuace. Přesto zde chybí jeho přesná definice. Obecně je možné pojem vymezit dle normy ČSN ISO 8421-6 jako kontrolované opouštění bezpečného prostoru směrem do bezpečné oblasti. [11]

Efektivní požární prevence je nedílnou součástí každého bezpečnostního systému. Její základ tvoří udržování volných únikových cest, kontrola elektrických zařízení, dodržování bezpečných vzdáleností mezi zdroji tepla a hořlavinami a důsledná likvidace nebezpečných látek. Součástí prevence je rovněž pravidelná kontrola požárních hlásičů a znalost evakuačních plánů ze strany všech osob nacházejících se v objektu. Důležitou roli sehrává také systém evidence a hlášení rizikových situací. [12]

V případě vzniku požáru je každý přítomný povinen jednat, prioritně zajistit bezpečnost osob, pokusit se o lokalizaci ohniska a neprodleně požár ohlásit dle platného postupu. Pokud je objekt vybaven ohlašovou požáru, hlášení musí obsahovat konkrétní informace o místě události, jejím charakteru a přístupových trasách. V objektech s vyšší mírou rizika je určena požární hlídka, jejíž člen musí projít odbornou přípravou a být připraven nejen na prevenci, ale i na zásah v případě požáru. [12]

2.1.2 Oblast ochrany obyvatelstva

Evakuace obyvatelstva byla historicky spojována především s přesunem civilního obyvatelstva z oblastí ohrožených ozbrojeným konfliktem do bezpečnějších lokalit, kde bylo zajištěno náhradní ubytování a stravování. Tento přístup zohledňuje i současná legislativa, která ji vnímá jako součást ochrany obyvatelstva podle zákona o integrovaném záchranném systému. Protokol I Ženevských úmluv z roku 1949 ji definuje jako humanitární opatření k ochraně civilistů před nepřátelskými akcemi či katastrofami a k zajištění podmínek pro jejich přežití. Podrobnější pravidla stanoví prováděcí vyhláška k zákonu o IZS, která upravuje plánování evakuace pro mimořádné události nevojenského charakteru, včetně vymezení prioritních skupin obyvatel a stanovení lhůt pro opuštění ohrožených oblastí – standardně do 48 hodin, případě rozsáhlých sídelních či průmyslových aglomerací až do 72 hodin. [11]

Další požadavky na evakuaci zahrnují zajištění dopravní, zdravotnické a zásobovací podpory, koordinaci krizovým štábem a fungování evakuačních příjímacích středisek. Vyhláška o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany se evakuací zabývá v rámci úkolů velitele zásahu a zásad činnosti jednotek civilní ochrany. V praxi se plánování evakuace soustředí zejména na hrozby spojené s povodněmi, přičemž je řešeno v rámci havarijních plánů krajů podle zákona o IZS. [11]

2.2 Objektová evakuace – Opuštění objektu

Objektová evakuace představuje rychlé a krátkodobé opuštění budovy ohrožené požárem, havárií, únikem nebezpečných látek či jinými riziky, jež mohou ohrozit zdraví a životy osob. Evakuace probíhá po únikových cestách jednotlivě nebo ve skupinách a směřuje osoby na volné prostranství či do chráněného prostoru mimo dosah nebezpečných účinků. Tento proces je klíčovým prvkem preventivní ochrany před vzniklými hrozbami.

Pokud evakuaci neinicuje sám provozovatel objektu, bývá nařízená velitelem zásahu. Ve specifických případech může k opuštění objektu dojít i spontánně ještě před příjezdem záchranných jednotek. Pravidla pro organizaci evakuace se složitými podmínkami zásahu, provozy s vysokým požárním nebezpečím či jiné objekty, kde jej vyžaduje dokumentace požární ochrany. Pro vybrané podnikové areály bývají navíc zpracovány vnitřní havarijní plány obsahující specifická pravidla evakuace. Povinnost účasti na evakuaci se vztahuje na všechny přítomné osoby s výjimkou těch, které se podílejí na záchranných pracích, řízení evakuace nebo vykonávají nezbytné činnosti související s řešením mimořádné události. [13]

2.2.1 Doba evakuace osob

Předpověď pohybu jednotlivců během evakuace představuje klíčový prvek pro hodnocení jejich bezpečnosti. Je nezbytné jednoznačně odlišit čas, který osoby stráví pohybem uvnitř objektu, od celkové doby nutné k jejich úplnému opuštění budovy, označovaného jako RSET (požadovaný čas bezpečného úniku).

Evakuaci lze považovat tehdy, pokud nutná k jejímu dokončení (RSET) nepřekročí nebo se rovná době, která je k dispozici pro bezpečný odchod (ASET, dostupný čas bezpečného úniku). Platí tedy vztah:

$$RSET \leq ASET$$

Doba potřebná pro evakuaci osob RSET sestává z jednotlivých časových intervalů:

$$RSET = t_d + t_v + t_r + t_z + t_m$$

- t_d – doba vzniku do detekce požáru
- t_v – doba od detekce požáru do vyhlášení evakuace
- t_r – doba od vyhlášení evakuace do rozhodování osob k jejímu zahájení
- t_z – doba od rozhodnutí k zahájení evakuace do vlastního zahájení evakuace
- t_u – předpokládaná doba evakuace

Dostupná doba pro evakuaci (ASET) je časový rámec, během něhož mohou osoby bezpečně opustit objekt. Čas od vzniku požáru po jeho odhalení závisí na přítomnosti požárních zabezpečovacích systémů (například elektrické požární signalizace), konstrukci budovy, počtu osob v objektu a další faktorech. Tento interval se může pohybovat od několika desítek sekund až po hodiny.

Doba od odhalení požáru do vyhlášení evakuace je ovlivněna technickým vybavením a reakcí osob. Výrazné zpoždění může nastat v období od vyhlášení evakuace do jejího zahájení. Tento časový úsek zahrnuje proces rozhodování, který se dělí na vnímání varovného signálu a jeho vyhodnocení.

- Vnímání představuje čas, během něhož osoby zaznamenají varování.
- Vyhodnocení je období, kdy osoby posuzují závažnost situace a činí rozhodnutí; během něj mohou shromažďovat dodatečné informace pro svůj úsudek.
- Následuje čas přípravy na evakuaci, kdy osoby provádějí kroky považované za nezbytné před odchodem, například shromáždění dětí, oblékání nebo sběr cenných předmětů a dokumentů.

Předpokládaná doba pohybu osob objektem na bezpečné místo odpovídá standardům požární bezpečnosti staveb a často vychází z tzv. hydraulického modelu. Tento časový odhad je založen na normách a bezpečnostních opatřeních objektu. [11]

2.2.2 Únikové cesty

Únikové cesty jsou navrženy s cílem zajistit bezpečný a včasný odchod osob z budovy ohrožené požárem a umožnit přístup jednotkám požární ochrany do zasažených prostor. Při jejich návrhu je nutné zajistit, aby osoby nebyly vystaveny nebezpečným podmínkám, jako jsou vysoké koncentrace kouře či sálavé teplo. [14]

Typy únikových cest

Úniková cesta je komunikace v rámci objektu umožňující bezpečný pohyb osob na volné prostranství nebo do jiných bezpečných prostor. Z hlediska stupně se rozlišují:

- Nechráněné únikové cesty (NÚC) – volné komunikační prostory vedoucí k východu, které nemusí být stavebně odděleny.
- Chráněné únikové cesty (CHÚC) – požárně oddělené úseky, které poskytují ochranu před účinky požáru a nesmí obsahovat hořlavé materiály ani technologické rozvody nesplňující předepsané podmínky.
- Částečně chráněné únikové cesty – specifický typ používaný například u stavebních úprav nebo výrobních objektů, u nichž jsou některé požární požadavky mírnější

Za únikovou cestu mohou být považovány i rampy, eskalátory či evakuační výtahy, pokud splňují požadované podmínky. Naopak náhradní možnosti úniku, jako jsou okna, skluzné tyče nebo lávky, se standardně nepovažují za plnohodnotné únikové cesty.

Návrh druhu a počtu únikových cest

Při návrhu únikových cest je klíčové stanovit jejich správný typ a dostatečný počet. Nechráněné únikové cesty lze použít pouze pro spojení:

- Prostor uvnitř požárního úseku s volným prostranstvím nebo s CHÚC.
- Nadzemních podlaží mezi sebou nebo s venkovním prostorem, pokud jejich výškový rozdíl nepřesahuje 9 m.
- Dvou podzemních podlaží navzájem.
- Prvního podzemního podlaží s volným prostranstvím.
- Prvního podzemního podlaží s nadzemním podlažím, pokud je možné zajistit jeho oddělení v případě požáru.

V ostatních případech je nutné použít chráněné únikové cesty. Při stanovení jejich počtu platí zásada, že z každého místa požárního úseku musí být dostupné alespoň dvě únikové cesty vedoucí různými směry. Výjimku tvoří situace, kdy normy požárního bezpečnosti umožňují jediný směr úniku, například v bytech nebo v prostorech s omezeným počtem osob. Prostory s více než 12 trvale přítomnými osobami se sníženou schopností pohybu musí mít vždy nejméně dvě únikové cesty. [14]

Nechráněné únikové cesty

Nechráněné únikové cesty nejsou stavebně oddělené a mohou být součástí běžných provozních prostor, jako jsou kanceláře, garáže či restaurace. Při jejich využití je nutné dodržet maximální přístupnou délku a šířku, přičemž platí výšková a kapacitní omezení definována v předchozích kapitolách. [14]

2.2.3 Evakuační postupy

Současná evakuace představuje jednodušší způsob odchodu osob z objektu. Na technické vybavení, jako jsou evakuační systémy, klade nízké nároky – postačí základní sdělení vyzývající k opuštění budovy. Stejně tak není zapotřebí rozsáhlého školení zaměstnanců ani osob přítomných v prostoru. Při tomto postupu však často dochází k hromadění lidí na únikových trasách, což vede k vytváření zácp. Komunikační otvory směřující do schodišť zůstávají otevřené, což způsobuje rychlejší pronikání kouře a zhoršení podmínek na těchto cestách. [15]

Naopak postupná evakuace je složitější a vyžaduje vyšší úroveň technického zajištění i důkladnější přípravu personálu. Díky tomuto způsobu se snižuje riziko vzniku zácp, neboť nedochází k nadměrnému shromažďování osob na jednom místě. Současně se omezuje pronikání kouře do únikových tras, protože není třeba otevírat velké množství komunikačních otvorů. Tento postup však může být časově náročnější než současná evakuace. [15]

Při evakuaci vícepodlažní budovy osoby z prvního nadzemního podlaží zpravidla ihned opouštějí objekt. Jako první dosáhnou východu lidé z druhého podlaží, k nimž se postupně přidávají evakuovaní z vyšších pater, čímž vzniká souvislý proud procházející východem. Doba současné evakuace lze stanovit rovnicí:

$$t_s = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i * s_i)}{K_{u,v} * u_v} + \frac{l_{p2}}{v}$$

- t_s – doba současné evakuace
- E_i – počet evakuovaných osob v i-tém požárním úseku
- s_i – součinitel podmínek evakuace v i-tém požárním úseku
- $K_{u,v}$ – jednotková kapacita únikového pruhu z východu z objektu
- u_v – počet únikových pruhů u východu z objektu

- l_{p2} – délka únikové cesty z druhého podlaží
- v – rychlost pochybu osob

Postupná evakuace probíhá tak, že nejprve opouští budovu osoby z podlaží zasaženého požárem, poté z vyšších pater, následně z nižších podlaží, a nakonec ze zbytku objektu. Každá další skupina je evakuována těsně před dokončením evakuace předchozího podlaží. Celkovou dobu této evakuace lze určit pomocí rovnice, která zohledňuje dobu průchodu osob do schodiště, délku únikové cesty a rychlost pohybu evakuovaných.

$$t_p = \sum_{i=1}^r t_{ni} + \frac{l_{px}}{v}$$

- t_p – doba postupné evakuace
- t_{ni} – doba průchodu osob z i-tého požárního úseku do schodiště
- l_{px} – délka únikové cesty z požárního úseku, který se začne nejprve evakuovat
- v – rychlost pohybu osob

2.3 Objektová evakuace – Setrvání osob v objektu

Kapitola se zaměřuje na objektovou evakuaci formou setrvání osob v budově, která je využitelná při požárech i úniku nebezpečných látek. Tradiční evakuace předpokládá přesun osob mimo zasaženou oblast, avšak efektivní ochranou může i přesun do stavebně vhodných částí objektu, které poskytují dostatečnou úroveň bezpečnosti. Kapitola se rovněž zabývá šířením nebezpečných látek v ovzduší, modelováním úniku a ochranu funkcí budov. [15]

2.3.1 Charakterizace úniku nebezpečných látek

Únik nebezpečných látek závisí na jejich fyzikální-chemických vlastnostech, množství, rychlosti uvolňování a atmosférických podmínkách. Teplota varu ovlivňuje rychlost odpařování – látky s nižším bodem varu, než okolní teplota se uvolňují rychleji. Měrné teplo a měrné výparné teplo určují množství energie potřebné ke zvýšení teploty nebo odpaření látky, což ovlivňuje rychlost úniku. Hustota plynů a par určuje jejich chování v atmosféře – těžší plyny ($h > 1$), jako chlór, se drží při zemi a akumulují v prohlubních, plyny s hustotou blízkou vzduchu ($h = 1$) se volně mísí s atmosférou, zatímco lehčí plyny ($h < 1$), například zemní plyn, stoupají vzhůru a rychle se rozptylují. Kritická teplota pak představuje nejvyšší

teplotu, při níž může látka existovat v kapalném stavu, přičemž její překročení vede k trvalému přechodu do plynné fáze bez ohledu na tlak. [15], [16], [17]

2.3.2 Ochranná funkce budov

Ochranná funkce budov závisí na výměně vzduchu mezi budovami a okolním prostředím, zejména při výskytu nebezpečných plynů v dané oblasti. U standardních staveb je tato výměna ovlivněna především infiltrací vzduchu skrze netěsnosti, zejména okenními spárami, což významně ovlivňuje koncentraci škodlivých plynů uvnitř budovy. Pro výpočet této koncentrace se používá následující rovnice:

$$C_i = C_o * (1 - \exp\{-n * \Delta t\})$$

Kde C_i je koncentrace nebezpečného plynu uvnitř budovy, C_o je koncentrace venkovního vzduchu, n představuje intenzitu výměny vzduchu a Δt je časový interval. [18]

Faktor Výměny vzduchu, označovaný také jako ACH-hodnota, představuje poměr infiltrace na konkrétním místě k objemu daného prostoru a vypočítá se následovně:

$$n = \frac{\text{Hodnota infiltrace } [m^3 h^{-1}]}{\text{aktivní prostor } [m^3]}$$

Tento faktor závisí na několika proměnných:

- Rychlosti a směru větru.
- Proudění větru s ohledem na okolní stavby a topografii.
- Tlakovém rozdílu vzduchu.
- Teplotnímu rozdílu mezi interiérem a exteriérem.
- Propustnosti okenních spár.
- Objemu prostoru. [15]

Klíčovým faktorem pro přirozenou výměnu vzduchu mezi budovou a okolním prostředím je rozložení tlaku vzduchu na povrchu stavby. Při proudění větru vzniká na návětrné straně pozitivní tlakové pole, zatímco na závětrné straně se vytváří podtlak. To způsobuje, že na návětrné straně dochází k intenzivnější výměně vzduchu vlivem tlaku, zatímco v místnostech na závětrné straně je průnik kontaminovaného vzduchu zvenčí méně pravděpodobný. [19]

Měření rozložení tlaku na budovách je náročné kvůli neustále měnícím parametrům ovlivňujícím pohyb vzduchu. Nicméně simulace mohou poskytnout přibližné hodnoty tlaků na různých stranách budovy. Například studie HUSSAINA a LEE ukazuje, že na návětrné straně tlak větru roste s výškou budovy, zatímco na závětrné straně lze očekávat podtlak kolem 2 Pa. Z toho vyplývá, že na návětrné straně dochází k vyšší výměně vzduchu způsobené tlakem, zatímco v místnostech na závětrné straně je průnik kontaminovaného vzduchu méně pravděpodobný. [19]

Možnost zvýšení ochranné funkce budov

Pro zvýšení ochranné funkce budov je klíčové zvolit vhodnou místnost a provést specifická opatření. Ideální je umístit místnost v co nejvyšším nadzemním podlaží, nikoli však v podkroví, čímž se sníží koncentrace škodlivých látek z vnějšího prostředí. Místnost by měla být na straně budovy odvrácené od zdroje nebezpečných látek, což umožňuje využít efektu kaskády. Velký aktivní prostor místnosti napomáhá snížení faktoru výměny vzduchu. Důležité je, aby místnost neměla otevřený kouřovod ani ventilační mřížky, měla malý počet malých oken s kvalitně těsnícími spárami, což snižuje infiltraci a faktor výměny vzduchu. Přítomnost textilních obkladů může navíc umožnit chemickou sorpci. [15]

Základním ochranným opatřením je uzavření všech oken a dveří. Dále se doporučuje vypnout nucené systémy větrání, jako jsou klimatizace a ventilace, nebo je přepnout na recirkulaci. Je vhodné uzavřít přirozené systémy větrání jejich zalepením, uhasit otevřený oheň a zamezit tahu v komíně. Snížení teploty v místnosti, utěsnění okenních a dveřních štěrbin, průchodek zdí a případných porušení zdí jsou rovněž účinná opatření. [15]

V zahraničí se pro ochranu při chemickém nebezpečí předem vybírají vhodné bezpečnostní místnosti, označované jako Temporary Safe Haven (TSH), v případě v Izraeli jako Security Room. Tyto místnosti nejsou totožné s úkryty ve smyslu civilní ochrany. [15]

2.3.3 Stanovení kritérií evakuace osob

Stanovení kritérií pro evakuaci osob při úniku nebezpečných látek zahrnuje identifikaci místností s parametry zajišťujícími adekvátní ochranu před negativními účinky těchto látek. Tato kritéria jsou stanovena s ohledem na množství uniklé nebezpečné látky. Klíčovým faktorem pro posouzení, zda konkrétní místnost splňuje požadavky na ochranu funkci, je skutečnost, zda v ní koncentrace nebezpečné látky nepřekročí hodnotu ERPG-3. ERPG-3 neboli Emergency Response Planning Guideline 3, představuje maximální koncentraci látky

ve vzduchu pří, níž může být většina jedinců vystavena po dobu až jedné hodiny, aniž by došlo k životu ohrožujícím zdravotním účinkům. [15]

Při úniku nebezpečných látek je pro ochranu obyvatel zásadní rychlé a správné varování, v které v České republice zajišťuje Hasičský záchranný sbor pod Ministerstvem vnitra prostřednictvím jednotného systému. Rychlost varování ovlivňuje doba detekce a ohlášení úniku. Dále je důležitá reakce občanů, která závisí na jejich informovanosti získané ve školách, od zaměstnavatelů, na obecních školeních nebo z příruček. Po snížení koncentrace látky pod bezpečnou hranici je nutné opatření okamžité odvolat, protože uvnitř budov může být koncentrace vyšší, což by bylo rizikové. Monitorování koncentrací je technicky složité a zaslouží si větší pozornost. [15]

2.4 Evakuační prvky

Požadavky na evakuační prvky v budovách jsou stanoveny zákonem č. 246/2001 Sb., který upravuje jejich typy, rozsah a způsob instalace. Zajištění těchto prvků vychází z požární bezpečnostního řešení stavby nebo jiné dokumentace schválené stavebním úřadem. Mezi prostředky určené pro záchranu a evakuaci osob patří například seskokové matrace, záchranné plachty, žebříky, hydraulická vyprošťovací zařízení a pneumatické vaky. Důležitou součástí evakuačního opatření jsou také zařízení pro požární signalizaci a potlačení požáru, mezi která řadí elektrická požární signalizace, zařízení pro detekci hořlavých plynů a par, automatické hasicí systémy či systémy odvádění kouře a tepla. [20]

Pro bezpečnost osob či evakuaci jsou klíčové také požárně bezpečnostní zařízení, jako jsou evakuační výtahy, nouzové osvětlení, nouzová sdělovací zařízení a funkční vybavení dveří. Dále jsou důležité systémy pro přívod požární vody, vnější i vnitřní požární hydranty a zařízení pro omezení šíření požáru, mezi něž patří požární dveře, požární uzávěry, vodní clony nebo požární přepážky. V případech, kdy nejsou požadavky na požárně bezpečnostní zařízení přesně stanoveny, je nutné zajistit minimálně odpovídající množství hasících přístrojů na každých 200 m² podlažní plochy objektu. Pokud by jejich rozmístění neumožňovalo dostatečnou dostupnost, je nutné zajistit jejich odpovídající rozmístění podle dispozičního řešení prostoru. [20]

Doplňující bezpečnostní systémy, jako jsou elektronické zabezpečovací a tísňové systémy (EZS), hrají v rámci ochrany objektu důležitou roli při detekci narušení, požárních událostí či neoprávněného vstupu. Pro návrh a hodnocení těchto systémů je závazná norma ČSN EN 50131, která stanovuje požadavky na technické provedení, třídy rizika (Třída 1-4)

a způsobilost jednotlivých komponent (detektory, ústředny, signalizační zařízení apod.) Její implementace zajišťuje jednotné požadavky na úroveň ochrany v souladu s evropskými standardy a může být využita i při simulaci událostí, jako je neoprávněný vstup do budovy nebo aktivace poplachu v důsledku krizové situace. [21]

2.4.1 Požární bezpečnost staveb

Vyhláška č.23/2008 Sb. stanovuje požadavky na požární bezpečnost staveb, zejména na jejich návrh a umístění. Stavby musí splňovat technické podmínky požární ochrany, včetně odstupových vzdáleností, přístupu požární techniky, požárních úseků a evakuační opatření. Při projektování je nutné zohlednit požární riziko, požární odolnost stavebních konstrukcí a požární uzávěry. Konstrukce staveb musí vykazovat odpovídající požární odolnost dle typu stavby a výšky podlaží. Střešní pláště a konstrukce komínu musí splňovat specifické požadavky na reakci na oheň. Technická zařízení, včetně elektrických rozvodů, ochrany proti blesku a plynových zařízení, musí být navržena tak, aby zajistila bezpečnost osob i majetku při požáru. Vzduchotechnické systémy a postupy požárně dělicích konstrukcí musí být řádně utěsněny a označeny dle požadavků normy. [21]

2.4.2 Technické normy na zpracování evakuačního plánu

Problematika evakuace je upravena českou technickou normou ČSN ISO 23601:2001 (01 8017) s názvem Bezpečnostní identifikace – Únikové a evakuační plány. Tato norma vymezuje pojem „únikový plán“ jako ekvivalent „grafické přílohy požárního evakuačního plánu“, který je definován ve vyhlášce č. 246/2001 Sb. Její ustavení potvrzují již stanovené požadavky na zpracování evakuační dokumentace, včetně jednoznačného značení únikových tras z konkrétního místa, správného umístění plánu v objektu a označení polohy uživatele. Zároveň však přináší i další specifické požadavky, které ve zmíněné vyhlášce obsaženy nejsou. [20], [23]

Technická norma detailně specifikuje podmínky návrhu únikového plánu, přičemž vyžaduje splnění několika zásadních parametrů. Mezi ně patří například přesné určení polohy uživatele, barevné provedení, zachování předepsaného měřítko a minimální velikost plánu (formát A3, přičemž plány umístěné v jednotlivých místnostech mohou být ve formátu A4). Dále stanovuje požadavek na barvu pozadí (bílou nebo fosforeskující bílou), orientaci plánu, uvedení legendy a vyznačení shromažďovacích míst. Součástí specifikací jsou i minimální rozměry písma (2 mm), výška záhlaví (nejméně 7 % nejmenšího rozměru plánu) a minimální velikost bezpečnostních značek (7 mm). Konstrukční prvky objektu, jako jsou

nosné stěny, příčky, okna či schodiště, musejí být vyznačeny černou barvou s předepsanou tloušťkou čar. [23]

Kromě uvedených požadavků norma upravuje také zpracování přehledového plánu, který slouží k orientaci v celkové dispozici objektu. Definuje směrové šipky, obsah legendy, barevné značení (například směrové šipky musí být v bezpečnostní zelené a únikové cesty zvýrazněny světle zelenou pro zajištění kontrastu), požadavky na instalaci a umístění plánu, jeho kontrolu a revize. [23]

2.5 Taktické postupy

Při evakuaci osob z objektu je kladen důraz na koordinaci činností mezi zásahovými jednotkami a odpovědnými osobami pořizovatele objektu. Po příjezdu je nutné zjistit rozsah evakuace, stav únikových cest a ověřit funkčnost požárně bezpečnostních zařízení. Důležitým úkolem je také řízení evakuace pomocí vnitřního rozhlasu či megafonů a podávání informací evakuovaným osobám. Osoby by měly být směrovány do bezpečných prostor mimo oblasti, kde se nachází záchranné techniky. Průběh evakuace se kontroluje, včetně ověření počtu evakuovaných, a provádí se průzkum objektu na vyhledání osob. Pro evakuované osoby je rovněž organizovaná nezbytná péče, včetně zdravotních prostor. V případě nouzového přežití je odpovědnost za organizaci této pomoci na obci a dalších složkách, přičemž se vede evidence evakuovaných osob. Evakuace je přizpůsobená situaci a měly by být prováděna postupně nebo souběžně pro všechny osoby, přičemž se zohledňuje různé potřeby, například u osob s omezenou pohyblivostí nebo dětí. [19]

Při evakuaci může dojít k řadě komplikací, jako je neochota některých osob evakuaci opustit, ztížená kontrola počtu evakuovaných, neprůchodné únikové cesty, blokace východů nebo jejich souběžné použití pro zásahy. Dalšími problémy mohou být časová tíseň, nedostatek prostředků, vznik paniky, výpadek elektrického proudu, potřeba péče o osoby se zdravotními problémy a děti, nebo krádeže evakuovaných předmětů. Velký počet osob a anonymita evakuovaných mohou také značně zkomplikovat průběh evakuace. [24]

2.6 Ochrana měkkých cílů

Pojem „měkký cíl“ nemá jednotnou a oficiální definici, nicméně v praxi se běžně používá pro označení míst, kde se běžně nachází větší počet osob a zároveň zde chybí odpovídající úroveň bezpečnostních opatření proti násilným činům. Právě kvůli této kombinaci vysoké koncentrace lidí a nízké míry zabezpečení se tato místa stávají častým terčem násilných

incidentů, zejména pak teroristických útoků. V kontrastu s tím stojí tzv. tvrdé cíle, což jsou objekty, které jsou z hlediska ochrany výrazně lépe zabezpečené. Typicky jde například o státní instituce, vojenské areály nebo budovy bezpečnostních složek, ale mohou sem spadat i některé dobře chráněné soukromé nebo komerční objekty. [25]

Rozlišení na měkké a tvrdé cíle hraje důležitou roli při navrhování bezpečnostních strategií. Tento přístup totiž zohledňuje úhel pohledu potenciálního útočníka, tedy míru pravděpodobnosti, že si daný objekt vybere jako cíl a neomezuje se pouze na hodnocení následků útoku nebo jeho dopadu na společnost. Díky tomu se do úvah o bezpečnosti dostávají i subjekty, které by v rámci tradičního bezpečnostního plánování často zůstaly opomenuty. Patří sem například soukromé osoby, místní komunity, ale také některé komerční prostory a kulturní či společenská zařízení. [25]

2.6.1 Prevence útoku ve školách

V oblasti ochrany měkkých cílů došlo v České republice k několika zásadním krokům, které reagují na aktuální bezpečnostní výzvy. V roce 2016 byla vydána norma ČSN 73 4400, která se zaměřuje na prevenci kriminality a řízení bezpečnosti při plánování, výstavbě a provozu škol a školských zařízení. Současně vznikla také Asociace bezpečná škola z.s., která sdružuje odborníky působící v oblasti bezpečnosti vzdělávacích institucí. [26]

Od roku 2011 se Policie ČR, zejména pražské krajské ředitelství, systematicky věnovala vzdělávání pedagogů v oblasti mimořádných událostí ve školách. Semináře se zaměřovaly na rozpoznání hrozeb, typologii útočníku a doporučené postupy v krizových situacích. Tragické útoky ve Žďáru nad Sázavou (2014) a v Uherském Brodě (2015) vedly k rozšíření těchto programů o aktuální poznatky a důraz na praktický nácvik reakcí na útok aktivního střelce. Do preventivních opatření byl začleněn i osvědčený model při chování při útoku „Utíkej – Schovej se – Bojuj“, který přináší jasný a srozumitelný návod, jak se v takové situaci zachovat. [26]

- Utíkej, pokud je to možné a bezpečné. Opusť místo ohrožení bez zbytečného zdržování.
- Schovej se, pokud únik není možný. Vyhledej úkryt, ztichni, zajisti dveře a vyčkej na pomoc.
- Bojuj, pokud dojde k přímé konfrontaci a není jiné východisko. Využij vše, co máš k dispozici a jednej rozhodně.

Tento model byl začleněn do preventivních a vzdělávacích aktivit realizovaných nejen ve školách, ale také v nemocnicích a dalších institucích, kde se pohybují větší skupiny osob. Jde o přístup, který pomáhá zvýšit šanci na přežití v případě útoku aktivního střelce a zároveň podporuje systémová a technická opatření ke zlepšení celkové bezpečnosti v případě i měkkých cílů. [27]

Dílčí závěr

Kapitola se zaměřila na evakuační plánování s důrazem na požární bezpečnost a ochranu obyvatelstva. Byla popsána objektová evakuace, faktory ovlivňující její průběh a specifika při úniku nebezpečných látek. Zdůrazněna byla role únikových cest, technických norem a koordinace mezi složkami IZS.

Součástí textu byly i možné komplikace během evakuace, jako je panika či zablokované únikové cesty. Závěrem byla zahrnuta ochrana měkkých cílů, včetně rozdílů mezi měkkými a tvrdými objekty a přijatá preventivní opatření ve školách, zejména model „Utíkej – Schovej se – Bojuj“.

3 VIRTUÁLNÍ REALITA

Virtuální realita je často vnímána jako prostředí vytvořené počítačem, avšak její význam je komplexnější. Pojem „virtuální“ lze chápat jako něco, co sice působí reálně, avšak ve skutečnosti neexistuje, zatímco „realita“ označuje stav či kvalitu skutečné existence. Z tohoto pohledu se jedná o spojení protikladných významů. [28]

Modernější přístup k definici virtuální reality ji popisuje jako umělé vytvořené prostředí, které uživatel vnímá prostřednictvím smyslových podnětů, zejména vizuálních a zvukových efektů generovaných počítačem. Současně má uživatel možnost interakce, přičemž jeho jednání ovlivňuje průběh dění v tomto prostředí.[28]

Virtuální realita (VR) představuje technologii, která pomocí počítačového modelování a simulace umožňuje uživatelům vstoupit do uměle vytvořeného trojrozměrného prostředí a interagovat s ním. Tento systém využívá zařízení, jako jsou speciální brýle, náhlavní soupravy, rukavice nebo obleky, která přijímají a odesílají informace. Uživatelé tak mohou prožívat realistické vizuální a smyslové zážitky. Při běžném použití VR nosí jedinec helmici se stereoskopickou obrazovkou, na níž sleduje animované obrazy simulovaného světa. Pocit přítomnosti v tomto prostředí je posílen pohybovými senzory, které reagují na pohyby uživatele a v reálném čase upravují zobrazení na základě jeho otočení hlavy či kroků. Díky tomu může například procházet virtuálními místnostmi a vnímat změny pohledu odpovídající jeho vlastním pohybům. Pokud má navíc nasazeny rukavice s technologiemi zpětné vazby, je schopen dotýkat se předmětů a manipulovat s nimi přímo ve virtuálním prostředí. [29]

Pojem „virtuální realita“ zavedl v roce 1987 Jaron Lanier, jehož výzkum a technické inovace přispěly k rozvoji počátečního průmyslu VR. Významný podíl na vývoji této technologie měly aktivity financované americkou vládou, zejména prostřednictvím Ministerstva obrany, Národní vědecké nadace a NASA. Tyto instituce podporovaly projekty na univerzitních výzkumných pracovištích, což vedlo k vytvoření široké základny odborníků v oblastech počítačové grafiky, simulací a síťových prostředí. Současně se tím propojila akademická sféra s vojenskými a komerčními subjekty. [29]

3.1 Historie a vývoj virtuální reality (VR)

Počátky virtuální reality (VR) sahají do roku 1838, kdy Sir Charles Wheatstone popsal stereopsis a vytvořil stereoskop, základ pro 3D vnímání. V roce 1935 Stanley Weinbaum ve

své povídce Pygmalionovy brýle představil fikční zařízení pro virtuální svět se smyslovými vjemy. Praktický rozvoj začal v roce 1956, kdy Morton Helig sestavil Sensoramu, zařízení s 3D obrazem, zvukem a vibracemi. V roce 1960 patentoval Telesférickou masku, první náhlavní displej, a v roce 1961 inženýři Cosmeau a Bryan vyvinuly Headsight s pohybovým sledováním pro armádu. V roce 1965 Ivan Sutherland navrhl „Ultimátní displej“, realistický virtuální svět, a v roce 1968 s Bobem Sproullem vytvořil Meč Damoklův, První VR headset. [30]

V 70. letech Thomas Furness přispěl leteckým simulátorem a Myron Krueger uvedl VIDEOPLACE, interaktivní prostředí bez brýlí. V roce 1985 Jaron Lanier založil VPL Research a zpopularizoval termín VR. V 90. letech Virtuality Group přinesla VR arkádové automaty, ale komerční úspěch přišel až v roce 2010 s Oculus Rift od Plamera Luckeyho, jeho firmu v roce 2014 koupil Facebook. V roce 2016 HTC Vive přidalo prostorový pohyb a v roce 2019 Oculus Quest samostatné VR. V roce 2023 Apple oznámilo Vision Pro a Meta Quest 3, oba kombinují VR a AR. V roce 2024 trh rozšířily Quest 3S a Pico 4 Ultra, čímž VR našla uplatnění ve hrách, vzdělání i terapii. [30]

3.2 Technologie použité pro simulaci

Technologii pro simulaci můžeme nazývat VR headset. Je to přístroj nasazený na hlavu, jenž nabízí uživatelům možnost prožít virtuální realitu. Tento typ zařízení, známý rovněž jako displej nošený na hlavě, disponuje čočkami pro pozorování, vnitřní obrazovku a systémem pro upevnění na hlavu.

Headset určený pro virtuální realitu se skládá z těchto součástí:

1. Displej: Obsahuje jednu nebo dvě obrazovky, jež zobrazují stereoskopické výjevy. Každé oko vidí mírně odlišnou verzi téhož obrazu, což navozuje dojem trojrozměrnosti a pocit hloubky v prostor.
2. Čočky: Tyto optické prvky zaostřují zobrazení pro jednotlivá oka, čímž vytvářejí věrohodné 3D virtuální prostředí. Navíc rozšiřují obraz, aby pokryl zorné pole uživatele a umocnil tak intenzitu zážitku.
3. Senzory pro sledování: Headsety jsou vybaveny technologiemi, jako jsou gyroskopy (zachycující směr), akcelerometry (registrující pohyb) a kamery (snímající pohyb rukou a okolní prostor). Tyto součásti sledují polohu hlavy a zajišťují, že se virtuální prostředí přizpůsobuje fyzickým pohybům uživatele.

4. Vstupní zařízení: Mnoho headsetů spolupracuje s ovladači v ruce nebo rukavicemi, které monitorují pohyby prstů a dlaní. Některé podporují i hlasové povely, sledování očí nebo pohybů celého těla, což zvyšuje možnosti interakce
5. Prostorový zvuk: Headsety často zahrnují sluchátka nebo reproduktory, které vytvářejí zvuk připomínající reálné prostředí. Tento efekt umocňuje zážitek, jelikož uživatel slyší zvuky, jako by přicházely z různých směrů a vzdáleností ve virtuálním světě.
6. Prvky pro pohodlí: Vysoce kvalitní headsety kladou důraz na komfort při dlouhodobém používání. Popruhy s možností nastavení, polštářky a vyvážená váha snižuje nepříjemné pocity.
7. Připojení: Headsety lze propojit s počítačem či herní konzolí, nebo mohou fungovat samostatně. Připojené verze potřebují kabelové spojení (třeba HDMI či USB) k externímu zařízení, zatímco nezávislé modely mají vlastní procesorovou jednotku.

[31]

Headset pro virtuální realitu ovlivňuje uživatelskou zkušenost svou kvalitou. Dobře navržené zařízení nabízí pohodlí a ponoření, zatímco nekvalitní může způsobit nepohodlí nebo frustraci. Rozlišení zajišťuje ostrost obrazu, pohodlné nošení vyžaduje přizpůsobivé prvky, široké zorné pole umocňuje realističnost a přesné sledování pohybů (včetně všech šesti směrů a os) propojuje fyzické akce s virtuálním světem. [31]

3.3 Oculus a další VR zařízení pro simulaci

Autor diplomové práce se v praktické části zaměřuje na práci s headsetem Meta Quest 2, který využívá jako klíčový nástroj pro svůj výzkum ve virtuální realitě. Zároveň si však klade za cíl představit i nejnovější technologický pokrok v této oblasti, konkrétně zařízení Meta Quest 3, jež reflektuje současný vývoj produktů společnosti Meta. Proto tato podkapitola nabízí detailní popis obou zařízení – Meta Quest 2 i Meta Quest 3 – včetně jejich technických parametrů, změn v designu a softwarových funkcí, aby poskytla ucelený pohled na evoluci těchto technologií.

3.3.1 Meta Quest 2

Meta Quest 2 je samostatný headset pro virtuální realitu, který vytvořila divize Reality Labs pod společností Meta Platforms. Poprvé byl odhalen 16. září 2020 a na trh uveden 13. října

2020 pod původním názvem Oculus Quest 2. V roce 2022 byl v souladu s přejmenováním mateřské společnosti z Facebook, Inc. na Meta přejmenován na Meta Quest 2. Jde o vylepšenou verzi původního modelu Oculus Quest, která přináší nižší hmotnost, modernizované technické vybavení, displej s vyšším rozlišením na oko a rychlejší obnovovací frekvenci a inovované ovladače Oculus Touch s delší výdrží baterií. Zařízení lze používat samostatně díky operačnímu systému založeném na Androidu nebo v kombinaci s VR softwarem kompatibilním s Oculus Rift na počítači. [32]

Hardware

Vzhled Meta Quest 2 vychází z první generace, ale místo černého textilního povrchu má bílé plastové tělo a černou obličejovou výplň. S hmotností 503 gramů je lehčí než přechozí model, který vážil 571 gramů. Původní elastický popruh nahradil látkový s nastavitelným zapínáním na suchý zip. Zařízení pohání čip Snapdragon XR2 od Qualcommu, určený pro virtuální a rozšířenou realitu, doplněný o 6 GB RAM, což je o 2 GB více než u prvního modelu. Místo dvou OLED displejů předchůdce využívá jeden rychlý LCD panel s rozlišením 1832x1920 na oko a obnovovací frekvencí až 120 Hz, což zvyšuje ostrost obrazu díky novému upořádání subpixelů. Možnosti nastavení IPD jsou omezeny na 58, 63 a 68 mm a provádějí se manuálním posunem čoček. [32]

Software

Headset běží na operačním systému odvozeném od zdrojového kódu Androidu, od dubna 2024 označovaném jako Horizont OS. Pro prvotní nastavení je potřeba chytrý telefon s aplikací Meta Quest. Aktualizace z února 2021 přidala možnost přihlásit až tři další účty s funkcí sdílení zakoupených aplikací. V dubnu 2021 byla experimentálně zavedena funkce „Air Link“ pro bezdrátové streamování her z počítače přes Wi-Fi. Systém původně vycházel z Androidu 10, ale od června 2023 musí nové aplikace podporovat API úroveň 32. [32]

Ovladače

Meta Quest 2 je vybaven ovladači Oculus Touch třetí generace, jejich design je inspirován ovladači pro Oculus Rift. Výdrž baterií byla oproti první generaci zvýšena čtyřnásobně. [32]

3.3.2 Meta Quest 3

Meta Quest je samostatný headset pro virtuální realitu, vyvinutý divizí Reality Labs společností Meta Platforms. Představen byl 1. června 2023 a uveden na trh 10. října 2023 jako nástupce Meta Quest 2 a třetí generace řady Quest. Funguje samostatně na systému

Meta Horizont OS (odvozeném z Androidu) a umožňuje spouštět VR hry a aplikace přímo na zařízení nebo je streamovat z počítače přes USB-C či Wi-Fi. Nabízí vylepšený hardware inspirovaný modelem Quest Pro, včetně tenčího těla, nových čoček, senzorů a kamer pro smíšenou realitu. [33]

Hardware

Design Quest kombinuje prvky Quest 2 a Quest Pro. Má dva LCD displeje s rozlišením 2064x2208 na oko (o 30 % více než 1832x1920 u Quest 2) a plně nastavitelnou mezioční vzdálenost (IPD), což zvyšuje efektivní rozlišení a nabízí širší zorné pole 110 stupně. Používá dvoudílné pancake čočky pro lepší ostrost a tenčí (o 40 %) tělo. Na přední straně jsou tři „pilulky“ se senzory: dvě obsahují kamery pro sledování polohy a MR, třetí má projektor pro měření hloubky. Headset pohání čip Snapdragon XR2 Gen 2 s dvojnásobným grafickým výkonem oproti Quest 2. Ovladače Touch Plus, podobné Touch Pro, využívají infračervené senzory a baterie AA. Quest 3 podporuje i Touch Pro ovladače. V prosinci 2023 přidala aktualizace API pro sledování těla a nohou a vylepšení MR renderingu. [33]

Software

Quest 3 je kompatibilní se softwarem Quest 2, přičemž některé aplikace mohou na Quest 3 využívat vyšší grafickou kvalitu. Meta plánovala uvést 41 nových her a aplikací, včetně titulů jako Assassin's Creed Nexus VR nebo Asgard's Wrath 2. V prosinci 2023 byl oznámen příchod Xbox Cloud Gaming. [33]

Dílčí závěr

Kapitola se věnovala problematice virtuální reality, její definici, vývoji a technologiím využívaným pro simulaci VR prostředí. Byl popsán historický vývoj od prvních stereoskopických zařízení až po moderní headsety Meta Quest 2 a 3. Pozornost byla věnována technickým komponentům, jako jsou displeje, čočky, senzory a prostorový zvuk, které ovlivňují kvalitu uživatelského zážitku. V závěru proběhlo srovnání zařízení Meta Quest 2 a Meta Quest 3, včetně jejich hardwarových a softwarových rozdílů, s důrazem na inovace, které novější model přináší.

4 EDUKAČNÍ POTENCIÁL VIRTUÁLNÍ REALITY

Moderní technologie, včetně virtuální reality, se stávají neodmyslitelnou součástí různých odvětví průmyslu. Rychlý rozvoj dostupnějších a univerzálnějších zařízení pro virtuální realitu přináší nové možnosti nejen ve stavebnictví či těžebním průmyslu, ale také v oblasti bezpečnosti jak práce, tak ochrany zdraví. BOZP je mezivědní disciplína zahrnující legislativní opatření, jejichž účelem je prevence ohrožení zdraví během pracovního procesu. Dodržování bezpečnostních předpisů je nezbytnou součástí každého zaměstnání, a proto zaměstnavatelé musejí zajistit odpovídající školení. Neznalost těchto předpisů je často příčinou úrazů a nehod na pracovišti, což podtrhuje důležitost efektivních vzdělávacích metod.

V tomto kontextu se jako inovativní a efektivní nástroj uplatňuje virtuální realita. Nabízí interaktivní a vizuálně poutavou formu školení, která umožňuje plné soustředění na danou problematiku a odstranění rušivých elementů. Ukazuje především při simulaci krizových situací, kde si účastníci mohou osvojit bezpečnostní postupy v kontrolovaném prostředí bez reálného rizika. Virtuální realita tak umožňuje nejen pasivní seznámení s pravidly, ale také jejich aktivní prožití a praktické osvojení.

Mezi klíčové výhody patří možnosti tréninku kritických situací, osvojení si pracovních postupů a použití nástrojů, nebo simulace požární ochrany a zvládnutí mimořádných událostí. Taková školení mohou nejen zvyšovat bezpečnost na pracovišti, ale také zlepšit angažovanost zaměstnanců, kteří školení často vnímají jako nudnou formalitu. Tento přístup představuje významnou změnu BOZP a PO, kdy tradiční teoretická školení mohou nahradit realistická, interaktivní a efektivnější forma vzdělávání. Virtuální realita tak otevírá cestu k modernizaci bezpečnostních příprav, které mohou být nejen užitečné, ale také atraktivní pro uživatele. [33], [34]

4.1 Výhody a efektivita VR v bezpečnostním školení

Virtuální realita se v oblasti školení stále častěji uplatňuje díky své schopnosti simulovat realistické pracovní prostředí, což představuje umožnění efektivnějšího osvojení bezpečnostních postupů. Mezi hlavní výhody patří zejména snížení nákladů, eliminace reálných rizik a okamžitá zpětná vazba. [35]

4.1.1 Snížení nákladů a dostupnost školení

Tradiční školení v oblasti bezpečnosti práce obvykle vyžaduje přítomnost instruktora, speciálně vybavené tréninkové prostory a může být časově i finančně náročné. VR školení sice zahrnuje počáteční investici do hardwaru a softwaru, avšak dlouhodobě přináší úspory, protože umožňuje školení přímo na pracovišti bez nutnosti cestování či přerušení pracovního procesu. [34], [35]

4.1.2 Realističnost a prostředí

Virtuální realita dokáže věrně reprodukovat pracovní prostředí a simulovat reálné scénáře, což vede k lepšímu zapamatování a pochopení bezpečnostních postupů. V případě požárních evakuací například umožňuje účastníkům nácvik v různých podmínkách a zlepšuje jejich schopnost rychlého a adekvátního rozhodování v krizových situacích. [35]

4.1.3 Opakovatelnost a interaktivita

Jednou z klíčových vlastností VR školení je možnost neomezeného opakování jednotlivých scénářů, dokud účastníci nedosáhnou požadované úrovně dovedností. To je zvláště přínosné při nácviku evakuačních plánů, kde lze postupně odstraňovat chyby a upevňovat správné reakce na nebezpečné situace. [35]

4.1.4 Okamžitá zpětná vazba a hodnocení výkonu

VR technologie umožňuje analyzovat chování účastníků a poskytovat okamžitou zpětnou vazbu, čímž podporuje efektivní učení a rozvoj kritického myšlení. Trenéři tak mohou sledovat výkonnost jednotlivců, identifikovat oblasti ke zlepšení a přizpůsobit obsah školení konkrétním potřebám. [35]

4.1.5 Bezpečnost a eliminace rizik

Významným přínosem VR školení je možnost provádět trénink bez reálného ohrožení zdraví účastníků. Například při výcviku v oblasti požární ochrany si zaměstnanci či studenti si osvojit správné postupy bez vystavení skutečnému nebezpečí požáru. To umožňuje bezpečné procvičení krizových situací, aniž by docházelo k ohrožení majetku či lidských životů. [35]

Celkově lze konstatovat, že virtuální realita představuje moderní a efektivní nástroj pro školení bezpečnosti práce. Díky realističnosti, možnosti opakovaného procvičování, okamžité zpětné vazbě a eliminaci rizik poskytuje účastníkům nejen lepší pochopení

bezpečnostních postupů, ale zároveň i vyšší úroveň připravenosti na reálné krizové situace. [35]

4.2 Výzvy a omezení

Virtuální realita přináší do vzdělávacího procesu řadu výhod, avšak její implementace je spojena s několika výzvami a omezeními. Jedním z hlavních problémů jsou vysoké náklady na pořízení VR zařízení a odpovídající softwarové aplikace. Přestože se ceny náhlavních souprav postupně snižují, pro mnoho vzdělávacích institucí zůstávají finanční náklady značnou překážkou. Existují sice cenově dostupnější alternativy, jako například Google Cardboard, který umožňuje využití VR ve spojení se smartphony, nicméně tyto možnosti nenabízejí plnohodnotný zážitek. Dalším faktorem je potřeba adekvátního technologického zázemí a odpovídajícího školení pedagogů. Pro efektivní začlenění VR do výuky je nutné zajistit dostatečnou podporu učitelům, aby mohli tuto technologii vhodně integrovat do vzdělávacího procesu. Nedostatečné školení může vést k neefektivnímu využívání VR a snížení jejího potenciálního přínosu. Kromě finančních a technických aspektů je důležité zohlednit také možné dopady na zdraví uživatelů. Dlouhodobé používání VR může u některých osob vyvolat nepříjemné fyzické reakce, jako jsou závratě, nevolnost nebo únava očí. Tento fenomén, známý jako „kybernetická nemoc“, představuje riziko zejména v prostředí vzdělávacích institucí, kde mohou studenti s VR technologií pracovat delší dobu. Výrobci se snaží tato negativa minimalizovat prostřednictvím vylepšení ergonomie zařízení a kvality obrazu. Doporučuje se rovněž pravidelné přerušování VR aktivit, podobně jako u běžného používání digitálních obrazovek. [37], [38]

Aby byla virtuální realita efektivně využívána ve vzdělávání, je nezbytné najít rovnováhu mezi jejími přínosy a možnými riziky. Klíčovou roli v tomto procesu hrají nejen technologické inovace, ale také odpovídající metodická příprava pedagogů a zajištění bezpečných podmínek pro studenty. [37], [38]

Dílčí závěr

Kapitola se zabývala edukačním využitím virtuální reality v oblasti bezpečnostního školení, zejména v kontextu BOZP a požární ochrany. Byly popsány hlavní přínosy VR, jako je interaktivita, snížení nákladů, realistické simulace a eliminace rizik. Zároveň byly zmíněny výzvy spojené s implementací této technologie, včetně finanční náročnosti, technických požadavků a možných zdravotních omezení. Zdůrazněna byla potřeba odborné přípravy pedagogů a vyváženého přístupu mezi přínosy a riziky.

II PRAKTICKÁ ČÁST

5 CHARAKTERISTIKA SIMULOVANÉHO PROSTŘEDÍ A KLÍČOVÉ PRVKY PRO TVORBU VR SIMULACE

Praktická část se zaměřuje na popis a charakteristiku virtuálního prostředí, které bylo vytvořeno jako základ pro VR aplikaci určenou především k simulaci evakuace osob. Hlavním cílem této aplikace je prostřednictvím interaktivního zážitku edukovat uživatele v oblasti správného chování při mimořádných událostech, zejména v prostředí školy. Aplikace má pomoci zvýšit povědomí o základních evakuačních postupech a také rozvíjet schopnost rozhodování v krizových situacích.

Virtuální prostředí bylo navrženo jako modelová školní třída s navazující chodbou. Je důležité zdůraznit, že se nejedná o digitální kopii reálného prostoru, nýbrž o fiktivní, zcela vytvořený 3D model. Tento model vznikl s cílem co nejvíce připomínat běžnou školní učebnu, jakou si většina uživatelů dokáže snadno představit. Díky tomu je prostředí pro uživatele přirozené, snadno pochopitelné a umožňuje plné soustředění na samotný trénink krizového chování.

Prostředí se skládá ze dvou základních částí. První je samotná třída, ve které uživatel začíná. Nachází se zde klasické prvky jako lavice, židle, tabule, okna či dveře vedoucí na chodbu. Některé objekty ve třídě jsou interaktivní a mají konkrétní funkci v rámci krizových scénářů – například hasicí přístroj, se kterým lze uhasit vzniklý požár, nebo dveřní bariéra, stoly a židle, které lze použít k zabarikádování dveří. Druhou částí prostředí je chodba, která hraje klíčovou roli ve druhém scénáři aplikace, a to při simulaci útoku neznámé osoby. Tato část prostředí je oproti třídě prostorově jednodušší, nicméně z hlediska atmosféry a psychologického působení velmi důležitá.

Při návrhu prostředí bylo nutné definovat několik klíčových prvků, které mají zásadní význam pro funkčnost i edukační přínos aplikace. Těmito prvky jsou především:

- Interaktivní objekty, které uživatelé umožňují reagovat na danou situaci. Patří sem zejména hasicí přístroj, dveřní bariéra, lavice a židle, ale i dveře, které mohou sloužit jako prostředky evakuace nebo naopak ochrany.
- Zvukové a vizuální efekty, které doplňují celkovou atmosféru a přispívají k autentičnosti simulace. Simulovaný zvuk ohně, křik či sirény mají za úkol zvýšit vtažení do děje a částečně navodit stresové podmínky, ve kterých se uživatel rozhoduje.

- Scénáře řízení a logika aplikace, která je zajištěna pomocí scriptů. Uživatel je po spuštění zaveden do prostředí hlavní nabídky, kde si následně vybírá jeden ze dvou dostupných scénářů. Dle jeho volby se odvíjí další děj, přičemž v každém případě je kladen důraz na praktické provedení určité akce – buď evakuace z ohrožené ohněm učebny, nebo obranná reakce na nečekaný útok.

K návrhu a tvorbě prostředí byl použit SW Unity ve verzi 2021.3 spolu se zařízením pro virtuální realitu Oculus Quest 2. Díky tomu bylo možné vytvořit interaktivní, samostatně běžící prostředí, které nevyžaduje složité ovládání a je dostupné pro široké spektrum uživatelů včetně těch bez předchozích zkušeností s VR technologiemi. [39]

5.1 Definice krizových scénářů

Virtuální prostředí vytvořené pro simulační účely zahrnuje dva základní scénáře, které uživatel umožňují prakticky si vyzkoušet reakci na různorodé typy krizových situací. Každý scénář je navržen tak, aby reflektoval jiný typ ohrožení – v jednom případě jde o evakuaci v důsledku požáru, v druhém o útok neznámé osoby a nutnost okamžitého zajištění prostoru.

Scénáře jsou řízeny pomocí časových nebo událostních spouštěčů a jejich průběh je doprovázen vizuálními i zvukovými efekty. V obou případech je uživatel postupně veden sérií rozhodovacích kroků, které mají za cíl prověřit jeho reakční schopnosti, porozumění situaci a správné využití dostupných prostředků. Každý scénář je navržen s důrazem na edukativní přínos a aktivní zapojení uživatele do řešení simulované mimořádné události.

5.1.1 Scénář 1: Vypuknutí požáru ve třídě

Prvním simulovaným scénářem je vznik požáru v učebně. Cílem tohoto scénáře je umožnit uživateli zažít situaci vzniku a šíření požáru, naučit se správnému zacházení s hasicími přístroji a rozhodnout se mezi evakuací a likvidací požáru.

Po spuštění simulace se nejprve zobrazí výukový tutoriál, ve kterém se uživatel seznámí se základním ovládáním pohybu a funkcí hasícího přístroje. Následně, po uplynutí přibližně 30 sekund, dojde k aktivaci požáru – ve třídě se objeví tři ohniska požáru a jedno místo s elektrickým jiskřením. Současně se pustí odpovídající zvuková kulisa (zvuk hoření) a zobrazí se varovné uživatelské rozhraní (UI) s pokynem uhasit oheň u dveří.

Prvním úkolem uživatele je uhasit oheň blokující únikový východ. K dispozici má dva typy hasících přístrojů – práškový pro běžné hoření a CO₂ hasící přístroj pro jiskření. Správná volba přístroje je klíčová pro efektivní zvládnutí situace. Po uhašení ohně u dveří

se zobrazí nové UI s možností otevřít dveře a evakuovat se, čímž dojde k ukončení scénáře, nebo možností pokračovat a uhasit i zbylá ohniska požáru.

Pokud si uživatel zvolí druhou možnost, musí správně využít oba typy hasící přístrojů a všechny ohně zlikvidovat. Po jejich úspěšném uhašení se zobrazí poslední výzva k evakuaci. Tato fáze má za cíl ověřit schopnost uživatele vyhodnotit situaci a přizpůsobit své jednání aktuálním podmínkám.

Scénář je navržen tak, aby nejen trénoval technické dovednosti (např. volbu a použití hasícího přístroje), ale zároveň rozvíjel schopnost rozhodování pod časovým tlakem a ve stresové situaci. Celý průběh je podpořen dynamickými zvuky, hořícími efekty a postupně se měnícím stavem prostředí, což zvyšuje míru vtažení do simulace.

5.1.2 Scénář 2: Útok neznámé osoby na chodbě

Druhý scénář je zaměřen na situaci napadení neznámou osobou v prostoru školy, konkrétně na chodbě před učebnou. Tento typ krizové události reflektuje hrozbu tzv. měkkých cílů, kde osoby nejsou primárně připraveny čelit násilí, a je zde potřeba rychlého a rozhodného jednání. Cílem scénáře je vést uživatele k obrannému chování a správnému fyzickému zajištění prostoru, včetně využití dostupného vybavení ke zvýšení bezpečnosti.

Po vstupu do prostředí se stejně jako v předchozím scénáři nejprve zobrazí výukový tutoriál, který uživatele seznámí s pohybem v prostoru a ovládáním interakce s objekty. Po uplynutí přibližně 45 sekund se automaticky spustí krizová situace. Zobrazí se nové uživatelské rozhraní (UI) s informací, že se na chodbě nachází útočník, a že je nutné se neprodleně zabezpečit uvnitř třídy. Zároveň se aktivují zvukové efekty, které imitují napjatou situaci za dveřmi – hlasy lidí, stresové zvuky a hučení neznámé osoby.

Prvním úkolem uživatele je zajistit vstupní dveře pomocí dveřní bariéry, kterou je nutné vyjmout z nástěnné krabičky, přenést ke dveřím a zasunout do připravených zástrček. Tento úkon simuluje reálné použití mechanické zábrany, které se využívá například i na Fakultě aplikované informatiky ve Zlíně.

Po správném umístění bariéry se zobrazí nové uživatelské rozhraní s instrukcemi, že je třeba prostor dále zabezpečit pomocí nábytku. V této fázi má uživatel možnost manipulovat se stoly a židlemi a pomocí nich fyzicky zatarasit dveře. Interaktivní objekty umožňují realistické nasimulování obranné pozice, která může útočnickovi ztížit vstup do místnosti.

Uživatel je tak veden k aktivnímu zapojení do procesu sebeobranu i zajištění ostatních osob v prostoru.

Po přibližně 30 sekundách, během nichž je očekáván pokus o „útok“ z chodby, se zobrazí závěrečné UI s informací, že na místo dorazila policie. Doprovodný zvuk sirén podporuje dojem přítomnosti zásahu bezpečnostních složek. Po odkliknutí poslední obrazovky je simulace ukončena.

Scénář je postaven na principu uteč-schvej-bojuj, přičemž zde je kladen důraz na fázi „schvej se“ – tedy na zajištění prostoru a minimalizaci rizika kontaktu s útočníkem. Uživatel si prostřednictvím simulace osvojuje nejen konkrétní kroky vedoucí k zabezpečení místa, ale i způsob myšlení a postupy, které odpovídají reálnému bezpečnostnímu protokolu. V kombinaci se silnou zvukovou a vizuální atmosférou vytváří scénář podmínky, které napomáhají lepšímu zapamatování krizového postupu a mohou přispět ke zvýšení připravenosti uživatele v praxi.

5.2 Popis virtuálního prostředí a jeho jednotlivých prvků

Virtuální prostředí bylo navrženo jako učebna typická pro školní zařízení, a to jak po stránce uspořádání nábytku, tak i po stránce výskytu důležitých bezpečnostních prvků. Celý prostor slouží jako kulisa pro dva připravené scénáře krizových situací a jeho konstrukce byla přizpůsobena požadavkům na přehlednost, funkčnost a zároveň dostatečnou vizuální věrohodnost.

Třída je vybavena standartním školním nábytkem – lavicemi a židlemi pro studenty, katedrou s notebookem pro vyučujícího a několika dalšími doplňky. Kromě těchto běžných předmětů jsou v prostředí přítomny i bezpečnostní a interaktivní prvky jako je hasičský přístroj, evakuační značka, dveřní bariéra a další objekty důležité pro doplnění scénářů.

Při tvorbě virtuální třídy bylo využito kombinace již existujících 3D modelů, které byly volně dostupné ke stažení na online platformách (např. Sketchfab, TurboSquid), a vlastních 3D modelů. Objekty jako stoly, židle, notebook nebo hasičské přístroje byly převzaty z dostupných knihoven a následně upraveny pro potřeby aplikace. Naopak prvky jako evakuační značka, dveřní bariéra, krabice od bariéry či zástrčky na dveře byly vytvořeny autorsky, včetně jejich modelování, texturování a exportu do Unity prostředí. [40], [41]

Pro tvorbu vlastních objektů byl použit modelovací SW Blender verze 2.93, ve kterém byly vytvořeny potřebné komponenty od základní geometrie, přes úpravu povrchových

textur až po export do formátu kompatibilního se SW Unity verze 2021.3. Modely byly následně umístěny do scény a jejich interaktivita byla nastavena pomocí scriptů v jazyce C#. [39], [42]

5.2.1 Třída

Virtuální prostředí bylo vytvořeno jako základní scéna pro simulaci krizových situací a jeho konstrukce vychází z typického uspořádání školní učebny. Samostatný prvek třídy byl stažen z internetových zdrojů, konkrétně z platformy Free3D. Tento model byl pak následně importován do prostředí Blender, kde tento model byl upraven, podle důležitosti krizových situací. Nejprve si popíšeme vzhled třídy před úpravou objektu a následně po úpravě, aby bylo patrné, jaké změny byly provedeny pro dosažení finální formy. [43], [44]

Před úpravou objektu



Obrázek 1. Třída před úpravou [vlastní]

Na Obr. 1 je zachycena třída z pohledu u vstupních dveří. Stěny jsou šedohnědé s béžovou spodní částí, strop obsahuje ventilační otvory a trubky. Na pravé straně se nachází tabule s papíry, na zemi jsou nepravidelně rozmístěné plochy představující lavice. Dveře vlevo jsou jednoduchý otevřený rám bez detailů.



Obrázek 2. Třída před úpravou [vlastní]

Jak je patrné na Obr. 2, pohled z prostoru u okenní stěny odhaluje širší část třídy. Okna jsou vybaveny žaluziemi, které jsou ztvárněny pomocí základní textury. Stěna s okny je osazena několika předměty, jako je bílá tabule uprostřed a menší police nebo se stojanem a s kabátem na levé straně. Lavice na podlaze jsou jen hrubými otisknutými plochami.

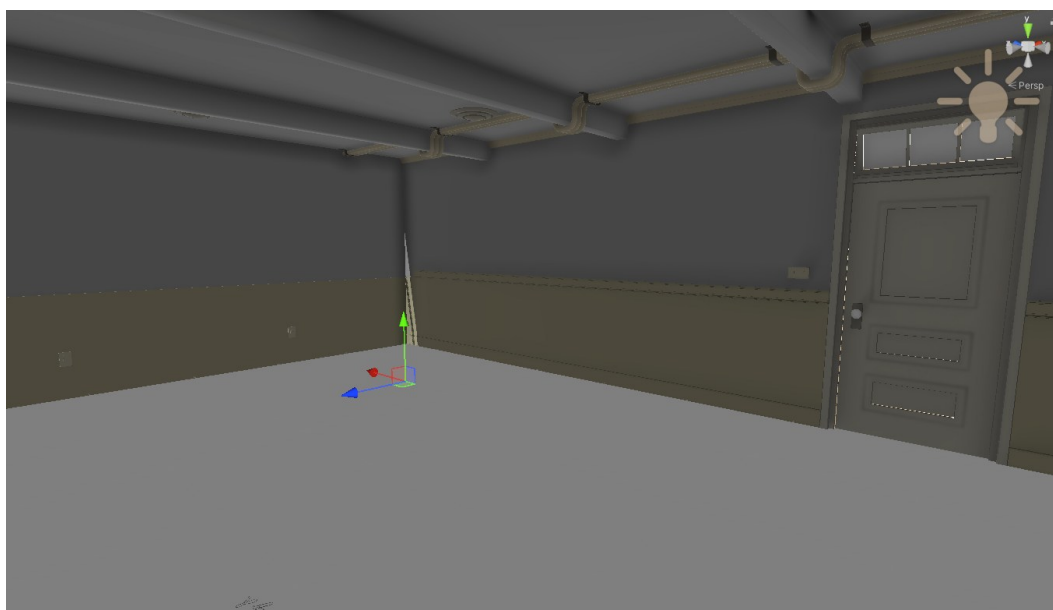


Obrázek 3. Třída před úpravou. [vlastní]

Jak je vidět na Obr. 3, třída je zachycena z opačného konce s důrazem na tabuli a druhé dveře. Tabule je doplněna papíry s nápisy, které přidávají dojem využívaného prostoru. Dveře jsou zde vidět z boku, s jednoduchým rámem a bez detailu kliky nebo okénka. Lavice na podlaze jsou rozloženy v nepravidelném vzoru, což odpovídá počátečnímu stadiu práce s modelem. Stropy a strop zůstávají v minimalistickém stylu.

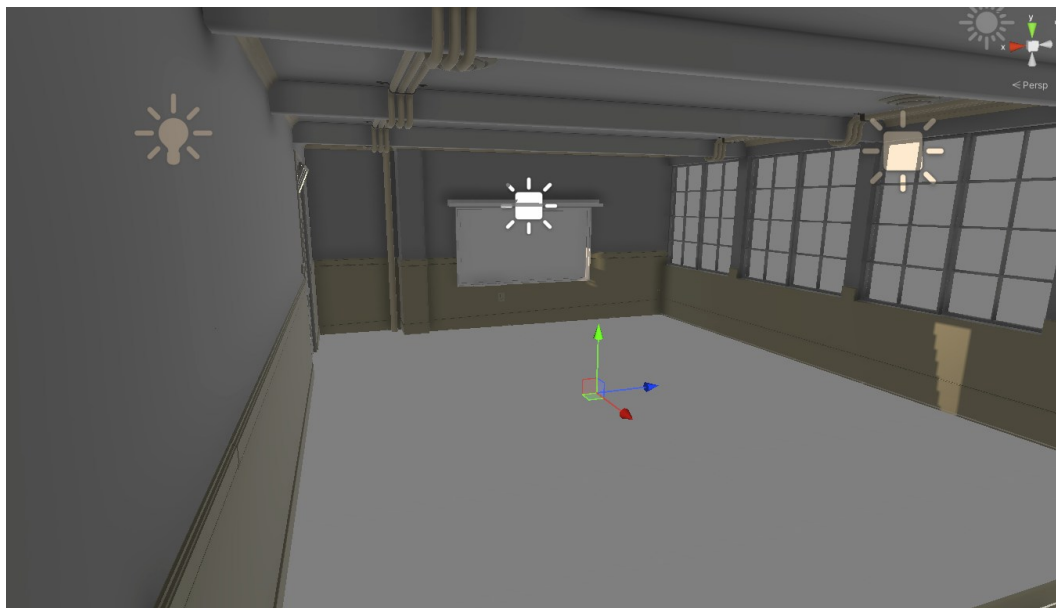
Po úpravě objektu

Po počátečním návrhu třídy byly provedeny úpravy, aby prostředí lépe vyhovovalo potřebám simulace.



Obrázek 4. Třída po úpravě [vlastní]

Na Obr. 4 je zachycena upravená verze učebny při pohledu od vchodu, kde došlo ke zjednodušení prostoru odstraněním druhých dveří na protější stěně a dalších rušivých prvků. Barevné provedení stěn a stropů zůstalo stejné, tedy šedohnědý odstín s béžovým pruhem ve spodní části a přítomností ventilačních trubek. Nově bylo přidáno základní osvětlení, které zajišťuje lepší přehlednost celé místnosti.



Obrázek 5. Třída po úpravě [vlastní]

Jak ukazuje Obr. 5, tabule zůstala součástí učebny, avšak došlo k odstranění přebytečných dekorací a papírů. Okna s žaluziemi zůstala, avšak bez další předmětů na stěně, což prostor zjednodušilo. Stopy lavic byli odstraněny, poté budou přidány podle jednoduchého rozložení 3x3.



Obrázek 6. Chodba [vlastní]

Chodba za vstupními dveřmi, která slouží jako dějiště druhého scénáře s útočníkem. Chodba je úzká, jednoduchými stěnami a minimem detailů. Osvětlení v chodbě je stejně jako v třídě upraveno pro lepší viditelnost, jak je znázorněno na Obr. 6.

Tyto úpravy zajistili, že prostředí je funkčnější, přehlednější a lépe odpovídá požadavkům simulace, evakuace a krizového rozhodování.

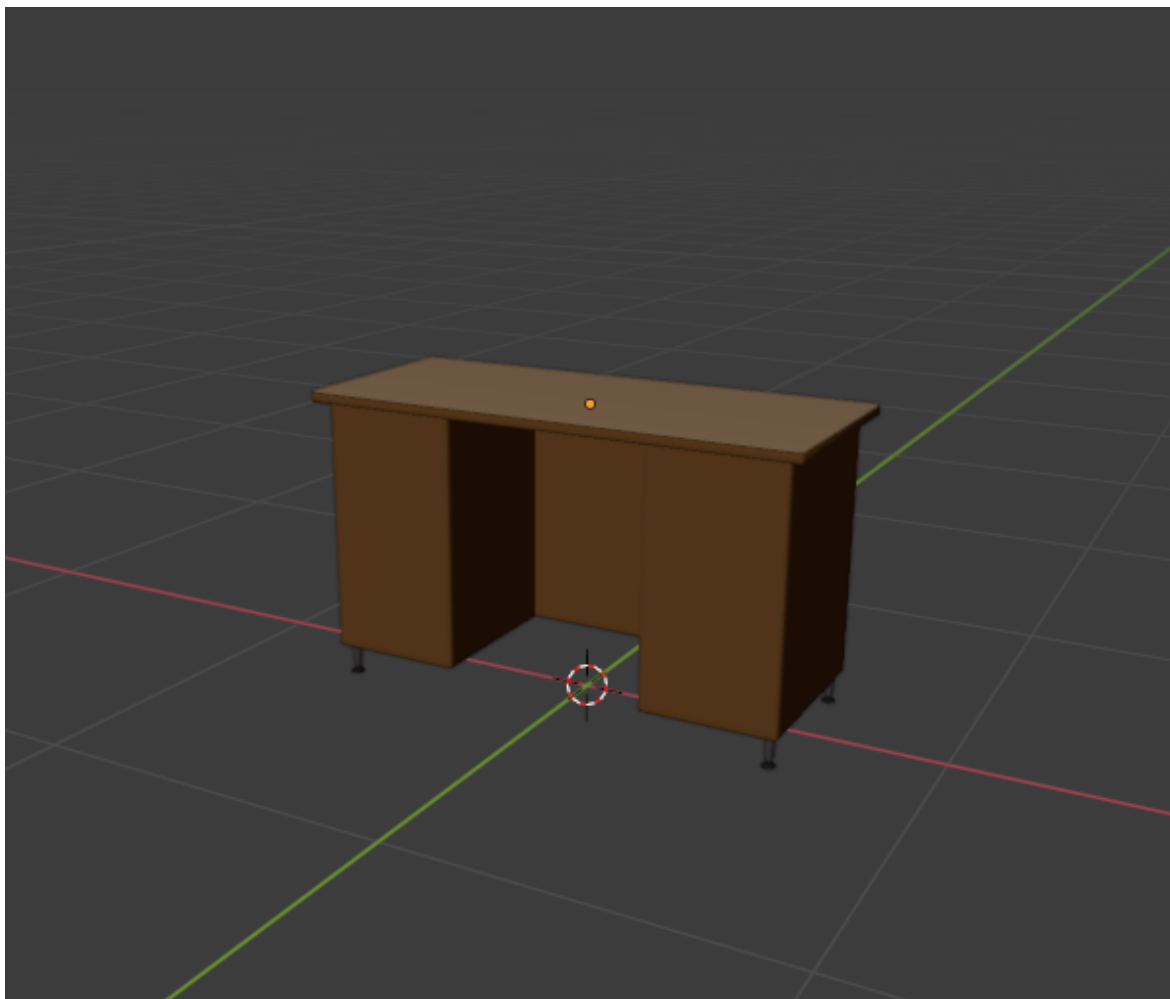
5.2.2 Nábytek

Pro vytvoření nábytku ve virtuální třídě byly využity 3D modely stažené z internetu. Konkrétně lavice byla získána z platformy TurboSquid, zatímco židle a katedra byly integrovány jako součást původních objektů třídy, které byly dále upravovány v Unity. Lavice a židle byly navrženy tak, aby je bylo možné použít ve druhém scénáři – uživatelé je mohli chytit a přemísťovat, což umožnilo například vytvoření barikády při simulaci útoku. Níže je popsán vzhled těchto prvků a způsob jejich rozložení v prostoru. [41], [44], [45]



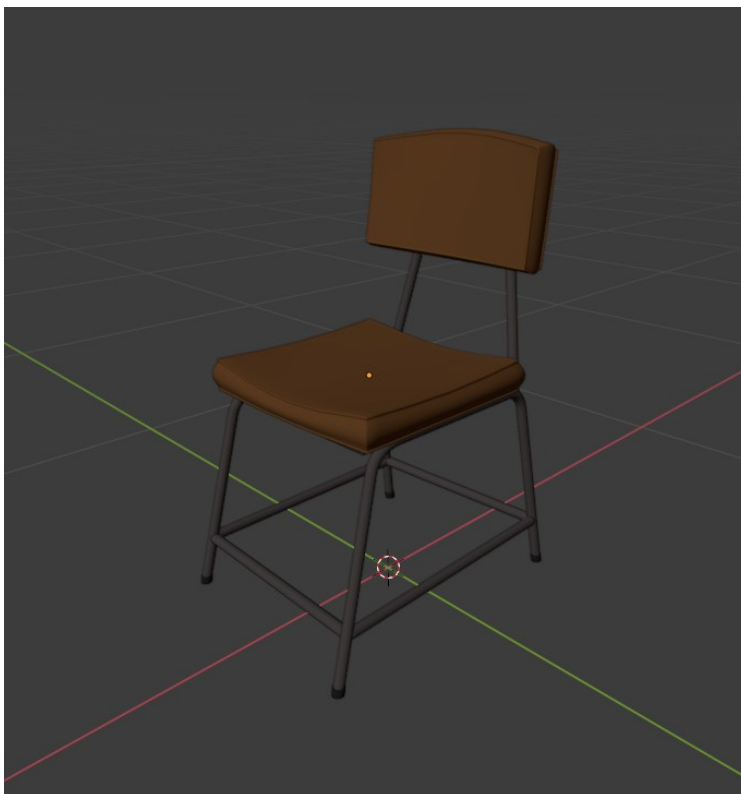
Obrázek 7. Lavice [vlastní]

Lavice, má jednoduchý a funkční design typický pro školní prostředí. Jak je patrné ze snímku, skládá se z obdélníkové desky v hnědém odstínu, která slouží jako pracovní plocha. Deska je podepřena kovovou konstrukcí s křížovým vzorem, která zajišťuje stabilitu. Konstrukce je černá, což kontrastuje s hnědou deskou a dodává lavici moderní vzhled. Tento model byl vybrán pro svou jednoduchost a realistické proporce, které odpovídají běžné školní lavici. Lavice je navíc interaktivní – ve druhém scénáři ji uživatel může uchopit a přemístit, například k vytvoření barikády u dveří. [45]



Obrázek 8. Katedra [vlastní]

Katedra, která byla součástí původních objektů třídy, má robustní design odpovídající běžnému vybavení učebny. Jak ukazuje snímek, jedná se o dřevěný stůl v hnědém odstínu s obdélníkovou deskou a dvěma bočními panely, které tvoří pevnou konstrukci. Mezi panely je otevřen prostor pro nohy, což odpovídá praktickému využití pedagogů. Povrch katedry je jednoduchý, bez dalších detailů, aby odpovídal minimalistickému stylu třídy. Katedra není interaktivní, slouží pouze jako statický prvek prostředí. [44]



Obrázek 9. Židle [vlastní]

Židle, původně součást objektů třídy, je navržena v jednoduchém školním stylu. Snímek ukazuje hnědé čalounění sedáku i opěradla, které jsou připevněny na pevný kovový rám v černé barvě. Čtvercový tvar podstavce zajišťuje stabilitu. Tato židle je interaktivní – během druhého scénáře ji lze uchopit a přesouvat, což umožňuje například blokování dveří při simulaci útoku. [44]



Obrázek 10. Rozložení nábytku [vlastní]

Katedra je umístěna v levém předním rohu u stěny s okny, což odpovídá běžné pozici učitelského stolu. Lavice s židlemi jsou uspořádány do tří řad po čtyřech, směřujících ke katedře. Tento symetrický layout zajišťuje přehlednost a dostatek prostoru pro pohyb během simulace, přičemž napodobuje typickou školní učebnu pro snadnou orientaci uživatele.

5.2.3 Hasicí přístroje

Hasicí přístroje byly staženy z internetu a zahrnují dva typy: práškový hasicí přístroj třídy A a CO₂ hasicí přístroj třídy C.



Obrázek 11. Práškový hasicí přístroj [vlastní]

Snímek zachycuje práškový hasicí přístroj třídy A. Jedná se o červený válcový přístroj s černou tryskou a hadicí. Na těle přístroje jsou viditelné nálepky s instrukcemi a označením „IN CASE OF FIRE“, což zvyšuje jeho autenticitu, jak je patrné na Obr. 11. [46]



Obrázek 12. CO₂ Hasící přístroj [vlastní]

Tento snímek ukazuje CO₂ přístroj třídy C. Tento přístroj je také červený, ale má výraznější černou trysku s rukojetí a bezpečnostním kolíkem. Na povrchu jsou opět nálepky s pokyny a symboly, které označují jeho použití při hašení požáru třídy C. [47]

Oba přístroje jsou navrženy jako interaktivní prvky, které uživatel může použít během prvního scénáře při simulaci požáru.

5.2.4 Notebook

Na katedře je umístěn notebook, jak je znázorněno na Obr. 13, přičemž jeho 3D model byl získán z internetu. Tento předmět má specifickou roli v prvním scénáři, kde z něj vychází jiskry a uživatel ho musí uhasit, aby zabránil šíření požáru. Obrázek zachycuje notebook v otevřeném stavu s jednoduchým designem – tělo má béžovou barvu, klávesnice je šedá a displej zůstává prázdný. Jeho umístění na katedře je logické, protože odpovídá běžnému vybavení učitele, a zároveň umožňuje snadný přístup během simulace. [49]



Obrázek 13. Notebook [vlastní]

5.2.5 Bezpečnostní prvky

Součástí virtuální učebny jsou také vybrané bezpečnostní prvky, které slouží nejen k navození realistické atmosféry, ale především k praktickému procvičení konkrétních postupů během simulovaných krizových scénářů. Tyto prvky hrají zásadní roli zejména v druhé fázi simulace, kdy uživatel reaguje na vzniklou mimořádnou událost a hledá bezpečný způsob úniku nebo se snaží prostor zabezpečit.

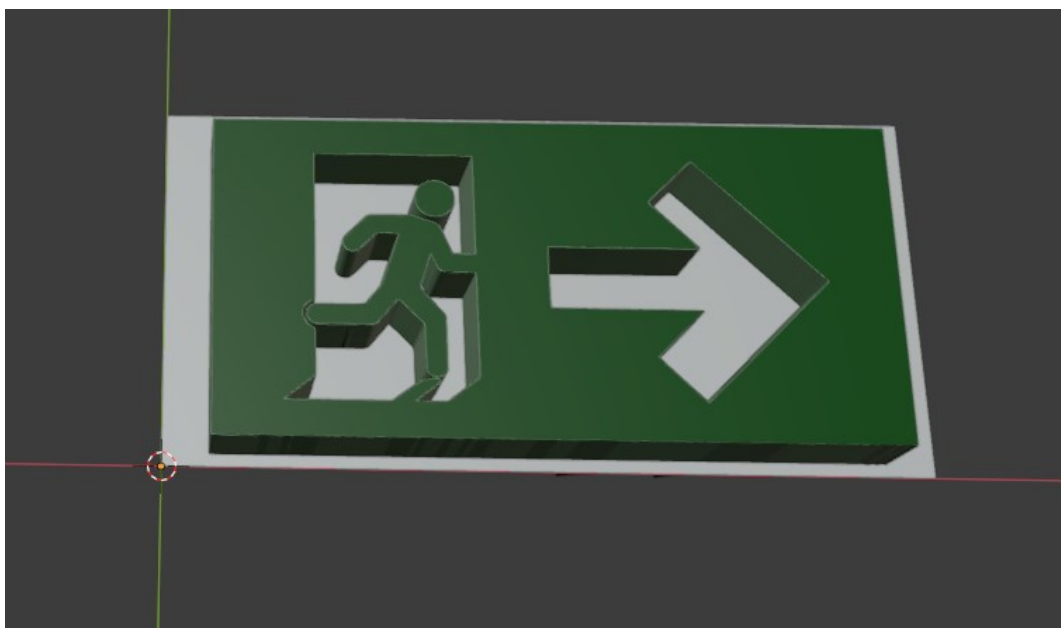
Veškeré bezpečnostní prvky byly autorsky zpracovány v SW programu Blender verzi 2.93, a to od počátečního návrhu až po finální modelaci, texturování a export. Důvodem pro tvorbu vlastních modelů bylo především to, že dostupné knihovny buď neobsahovaly žádné vhodné objekty daného typu, nebo nevyhovovaly vizuálně ani funkčně pro potřeby interaktivní simulace. [42]

Mezi klíčové bezpečnostní prvky patří především označení únikové cesty, mechanická dveřní bariéra, krabice na dveřní bariéru a dveřní zástrčky, které slouží jako její součást. Každý z těchto prvků plní specifickou funkci a v rámci simulace a současně je jejich vzhled i chování ve virtuálním prostředí navrženo tak, aby odpovídalo reálným prostředkům, s nimiž by uživatel mohl setkat i v praxi. Jejich použití ve scénáři zároveň zvyšuje edukační hodnotu aplikace, jehož uživatel není pouze pasivním pozorovatelem, ale přímo manipuluje s prostředky, které by v reálné situaci mohly rozhodovat o bezpečí osob v prostoru.

Při návrhu a vizuálním ztvárnění vybraných objektů ve VR simulaci bylo klíčové zajistit jejich dobrou viditelnost a odlišitelnost v prostoru. K tomu byly aplikovány principy barevného zpracování obrazu, především převody mezi barevnými prostory a úpravy kontrastu. Tyto techniky umožnily zvýraznit důležité prvky, jako jsou výstražné značky nebo směrovky k únikovým východům, a tím podpořit orientaci uživatele v simulovaném prostředí. [48]

Označení únikové cesty

Jedním z klíčových prvků použitých pro zajištění bezpečnosti ve vytvořeném simulačním vizuálním prostředí je označení únikové cesty. Tento prvek je standardně využíván v objektech, kde je třeba zajistit efektivní a rychlou evakuaci osob. Jeho hlavní funkcí je poskytnout jasnou a jednoznačnou informaci o směru, kterým se mají osoby v případě ohrožení vydat k nejbližšímu bezpečnému východu. V rámci simulace se jedná o zeleno bílý piktogram zobrazující postavu běžící směrem k pravé straně je uvedeno na Obr. 14. Tento symbol je typický známý z reálného prostředí dle normy ČSN ISO 7010.



Obrázek 14. Piktogram únikové cesty [vlastní]

Model je vymodelován třírozměrně, to umožňuje zlepšení viditelnosti značky v rámci VR prostředí, což přispívá k vyšší srozumitelnosti pro uživatele.

Značení je ve scéně umístěno vedle dveří vedoucí z místnosti, jak je znázorněno na Obr. 15. Tímto je dodrženo obvyklé umístění tohoto typu bezpečnostního prvku v souladu s požadavky na evakuační trasy. Takové umístění přirozeně navádí uživatele k východu a

podporuje správnou orientaci v simulaci. Zároveň slouží jako edukační prvek, který napomáhá osvojení si pravidel bezpečného chování v krizových situacích i mimo simulační prostředí.



Obrázek 15. Umístění piktogramu [vlastní]

Označení hasicích přístrojů

Na piktogramu je znázorněn hasicí přístroj, který je umístěn vlevo a stylizované plameny vpravo. Celý symbol je vyveden v červeném poli, jak znázorňuje Obr. 16, což je běžné u značení požární ochrany. Piktogramem je označeno místo, kde se hasicí přístroj nachází, aby mohl být v případě požáru rychle nalezen a použit.



Obrázek 16. Piktogram hasícího přístroje [vlastní]

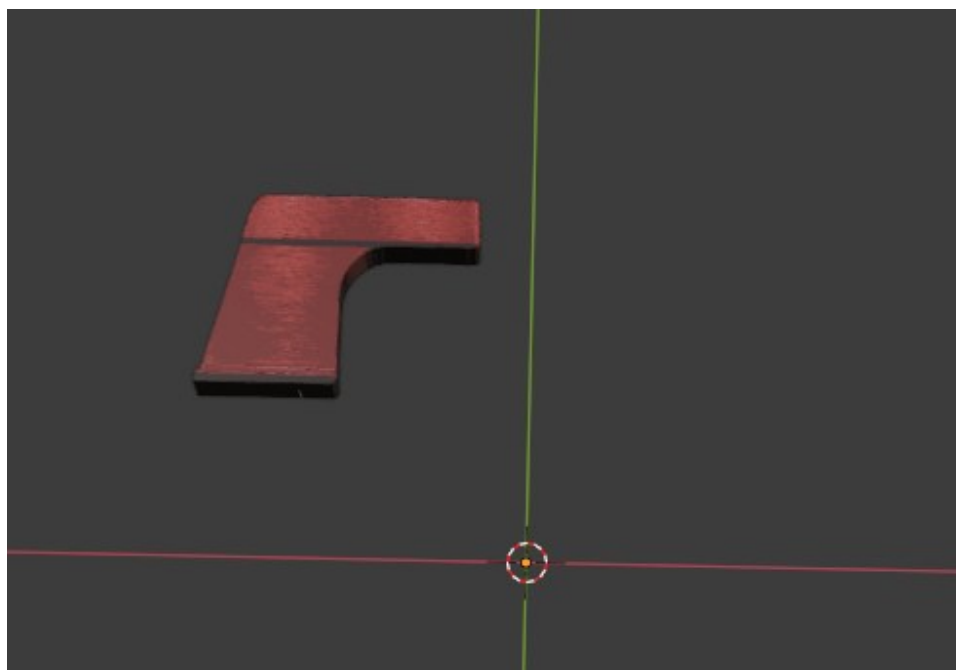
5.2.6 Dveřní bariéra, zástrčky a úložná krabička

Dalším důležitým bezpečnostním prvkem, který byl do simulačního prostředí implementován, je mechanická dveřní bariéra včetně souvisejících komponent, jako jsou zástrčky a úložná krabička. Tento prvek je přímo navázán na scénář útoku neznámé osoby v chodbě a představuje praktické řešení pro zajištění dveří proti násilnému vniknutí. Uživatel je veden k tomu, aby dveře třídy aktivně zabezpečil, a to právě pomocí této bariéry.

Veškeré části tohoto systému byly vytvořeny autorsky v programu Blender, a to s důrazem na jejich realistické provedení, přiměřenou velikost i správnou funkční návaznost v rámci prostředí Unity. Modelace zahrnovala jak samostatnou bariéru, tak kovové zástrčky umístěné ve spodní části dveří a podlahy, a také nástěnnou krabičku sloužící k uchovávání a zpřístupnění bariéry.

Dveřní bariéra

Model dveřní bariéry byl zpracován jako jednoduchý, avšak robustní prvek ve tvaru obráceného „L“ jak je vidět na Obr. 17, který zapadá do připravených zástrček na dveřích a podlaze. Použitím typicky červené textury bylo dosaženo dobré vizuální odlišitelnosti od ostatních objektů. Bariéra je v aplikaci interaktivní – uživatel jí může vzít z krabičky a následně ji umístit mezi dveřní a podlahovou část zástrčky, čímž mechanicky znemožní otevření dveří.



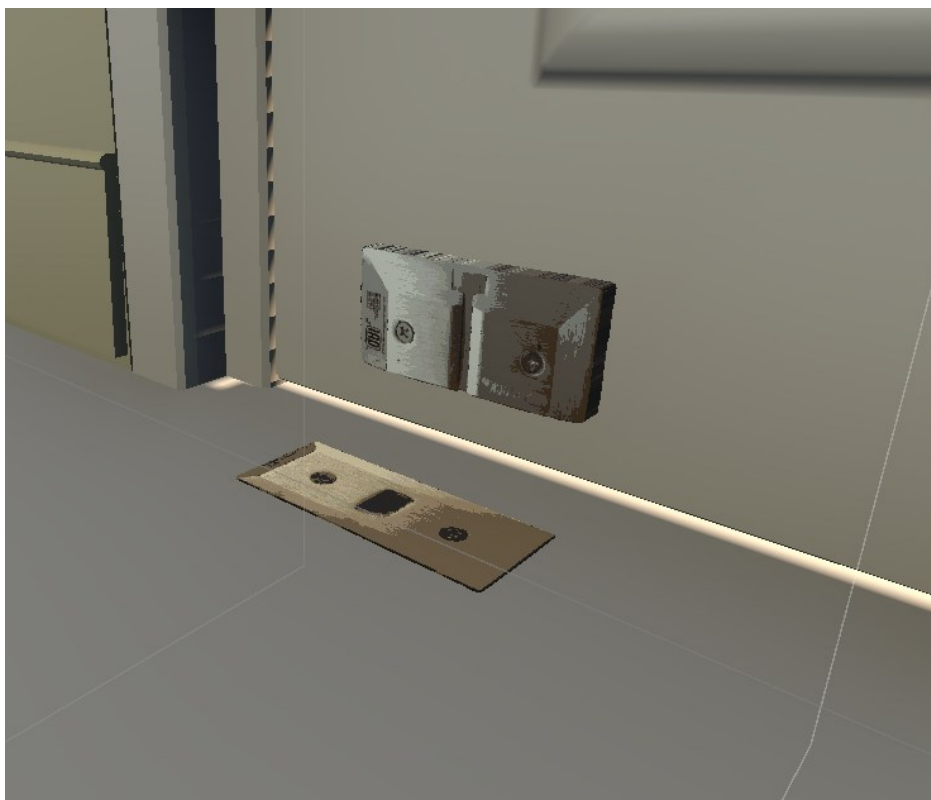
Obrázek 17. Dveřní bariéra [vlastní]



Obrázek 18. Dveřní bariéra ve dveřích [vlastní]

Zástrčky

Součástí uzamykacího systému jsou dvě kovové zástrčky – jedna upevněná v dolní části dveří a druhá zapuštěná do podlahy v bezprostřední blízkosti, jak je patrné na Obrázku 18. Tyto prvky byly rovněž vytvořeny v SW Blenderu verzi 2.93, jako pevné modely s realistickým povrchem a základním kovovým materiálem. Jejich rozměrové přizpůsobení umožňuje přesné zasazení dvevní bariéry, čímž je dosaženo vizuální i funkční věrohodnosti v rámci simulace. [42]



Obrázek 19. Zástrčky [vlastní]

Úložná krabička

Krabička na dvevní bariéru je umístěna na stěně poblíž dveří. Slouží jako úschovný a výchozí bod pro uživatele, který zde může dvevní bariéru vyzvednout. Krabička má průhledný plastový kryt a uvnitř se nachází bariéra spolu s ilustračním návodem, jak uvádí Obr. 20. V rámci aplikace je tento prvkem také interaktivní – víko lze otevřít a následně lze objekt (bariéru) uchopit. Uživatel tak má možnost prakticky simulovat celý proces zabezpečení dveří, což přispívá k realističnosti celého scénáře a zároveň zvyšuje edukativní hodnotu simulace.



Obrázek 20. Krabička dveřní bariéry [vlastní]

Při návrhu tohoto systému byla inspirací skutečná mechanická dveřní zábrana s názvem *Nightlock Lockdown 1*, která slouží ke stejnému účelu – rychlému fyzickému zajištění dveří proti vniknutí během mimořádných událostí. Tento konkrétní typ bariéry je používán v mnoha školách Spojených států amerických a jeho funkční princip vychází z jednoduchého, ale účinného mechanického spojení mezi dveřmi a podlahou. Stejný produkt je rovněž instalován a využíván v budově Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, což výrazně ovlivnilo rozhodnutí o jeho zahrnutí do virtuální simulace. Převod této funkce do VR prostředí umožnil věrně napodobit konkrétní bezpečnostní opatření z praxe a zároveň vytvořit realistický model, se kterým se mohou uživatelé seznámit i v reálném světě. [50], [51]

Dílčí závěr

Kapitola se zabývala charakteristikou vytvořeného virtuálního prostředí určeného k simulaci evakuace a krizových situací ve školním prostředí. Bylo popsáno navržené VR prostředí, složené z modelové učebny a chodby, které slouží jako základ pro dva scénáře: vypuknutí požáru a útok neznáme osoby. Uvedené prostředí bylo sestaveno z kombinace stažených a vlastnoručně vytvořených 3D modelů a jeho funkcionalita byla zajištěna prostřednictvím interaktivních objektů a skriptů.

6 TVORBA VR PROSTŘEDÍ

Pro účely této diplomové práce bylo rozhodnuto využít technologii virtuální reality jako hlavní platformu pro tvorbu simulačního prostředí. Volba VR nebyla náhodná, navazovala na předchozí zkušenost autora, který se touto technologií zabýval již ve své bakalářské práci. V tehdejšímu projektu šlo o vývoj jednodušší VR aplikace s primárně marketingovým zaměřením. Získané dovednosti v oblasti práce s 3D objekty, tvorby základních interakcí a implementace prostředí do engine Unity tak vytvořily přirozený základ pro rozsáhlejší a komplexnější řešení v rámci diplomové práce, tentokrát se zaměřením na oblast bezpečnosti.

Virtuální realita nabízí možnost bezpečného a věrohodného testování krizových situací bez jakéhokoliv reálného rizika. Uživatel se ocitá ve zcela pohlcujícím prostředí, které podporuje vtažení do děje a umožňuje praktické procvičení rozhodovacích procesů a krizových reakcí. Simulace tak slouží nejen jako nástroj pro osvojení si správného chování, ale i jako prostředek pro následné vyhodnocení reakčních vzorců a orientace v neobvyklých podmínkách. [52]

Hlavním cílem návrhu VR prostředí bylo vytvořit uživatelsky přívětivou a srozumitelnou aplikaci, která bude přístupná i pro laika bez předchozích zkušeností s VR. Důraz byl kladen především na jednoduché a intuitivní ovládání, přehledné prostředí a přirozenou interakci s jednotlivými objekty ve hře. Vývoj samostatného prostředí probíhal postupně, přičemž bylo nezbytné nejprve pochopit základy práce v SW Unity a osvojit si logiku tvorby.

6.1 Použité technologie

Při vývoji VR simulace byly využity tři základní nástroje: vývojový SW Unity ve verzi 2021.3, 3D modelovací SW Blender ve verzi 2.93 a zařízení pro virtuální realitu Oculus Quest 2. Kombinace těchto technologií umožnila vytvořit plně funkční interaktivní simulaci s možností řízeného pohybu, manipulace s objekty a vizuálně věrohodného prostředí. [39], [42]

Jako hlavní vývojové prostředí byl zvolen program Unity ve verzi 2021.3. Tato konkrétní verze byla použita především z důvodu kontinuity s předchozím projektem, který byl realizován v rámci bakalářské práce. Autor tak již disponoval základními zkušenostmi s tímto nástrojem a mohl plynule navázat na dříve osvojené dovednosti.

Unity je moderní a flexibilní engine, který podporuje vývoj 2D i 3D aplikací včetně pokročilé správy scén, fyzikálních interakcí, ovládání animací i integrace scriptů v jazyce C#. [53]

Pro tvorbu vlastních 3D objektů nebo export produktů byl využit open-source software Blender, který umožňuje modelování, texturování, UV mapování i export objektů do formátů kompatibilních s Unity. [54]

Tento nástroj byl zvolen z důvodů své dostupnosti, a především uživatelské přívětivosti. Autor měl s aplikací předchozí zkušenosti a považuje ji za nejefektivnější řešení pro samostatnou tvorbu modelů s potřebnou mírou detailu. Veškeré klíčové bezpečnostní prvky, které byly ve VR prostředí použity (např. dveřní bariéra, únikové značení, zástrčky), byly vytvořeny právě pomocí Blenderu.

Simulace byla navržena pro použití s VR headsetem Oculus Quest 2, který umožňuje bezdrátový provoz, volný pohyb uživatele v prostoru a využití ovladačů pro přímou interakci s objekty. Tento headset byl zvolen z praktických důvodů, neboť jej měl autor po dobu vývoje zapůjčen. Díky dostupnosti tohoto zařízení bylo možné aplikaci testovat průběžně během vývoje a ověřovat funkčnost jednotlivých scén i interakcí v reálném VR prostředí.

Veškerá logika jednotlivých scén, interakčních prvků a herních událostí byla implementována pomocí skriptů v jazyce C#. Při jejich vytváření byl v roli asistenta využit nástroj umělé inteligence ChatGPT-4o, který sloužil jako podpora při návrhu, ladění a optimalizaci kódu. Umělá inteligence byla využita výhradně jako podpůrný nástroj při vývoji, výsledné skripty byly následně upravovány, testovány a přizpůsobovány konkrétním potřebám daného projektu [55]

6.2 Interaktivní prvky v prostředí

Jedním ze stěžejních prvků celé simulační aplikace je možnost aktivní interakce uživatele s objekty v prostředí. Interaktivita zajišťuje nejen vyšší míru zapojení a pozornosti, ale především umožňuje reálné procvičení dovedností spojených s rozhodováním, manipulací s bezpečnostním vybavením a reakcí na měnící se situaci. Uživatel se tak stává přímým účastníkem simulovaného děje a není pouhým pasivním pozorovatelem.

Interakce byly navrženy tak, aby co nejvěrněji odpovídaly situacím, které mohou nastat v reálném světě. Mezi základní akce zejména patří uchopování a přenášení předmětů, otevírání dveří, používání hasičských přístrojů, aktivace UI prvků, otevírání krabíčky

s dveřní bariérou nebo ovládání základního herního menu. Jednotlivé interakce jsou řízeny skripty v jazyce C# a jejich funkčnost je provázána s herní logikou a stavem prostředí.

V následujících podkapitolách budou postupně popsány všechny hlavní interaktivní mechanismy, které byly do simulace implementovány. Popis bude doplněn o praktické poznatky z vývoje a vazby na konkrétní skripty, které jejich chování řídí.

6.2.1 Uživatel a jeho role v prostředí

Základní nastavení uživatele v této diplomové práci navazuje na řešení použité v předchozím projektu, který byl realizován v rámci bakalářské práce autora. Již tehdy bylo definováno, že pohyb uživatele v prostoru bude řízen na základě sledování pohybu hlavy, přičemž kamera v prostředí Unity bude v reálném čase reagovat na změny směru pohledu. Tímto způsobem vzniká přirozený pocit přítomnosti ve virtuálním prostoru a možnost plně vnímat dění kolem sebe. Uživatel se tak stává centrálním bodem simulace. [56]

Dále byly zachovány a rozvinuty principy interakce pomocí VR ovladačů, které reprezentují uživatelské ruce, jak je vidět na Obr. 21. Tyto ovladače umožňují uchopování objektů, jejich přemísťování a aktivaci specifických funkcí ve scéně. Uživatel má například možnost otevřít dveře, zvednout hasicí přístroj, vyjmout dveřní bariéru z krabičky nebo přesunout lavice při simulaci útoku. Ovladače byly nastaveny tak, aby co nejvěrněji napodobovaly pohyby rukou, a jednotlivé interakce byly vytvořeny s důrazem na intuitivní ovládání.



Obrázek 21. Uživateli ruce [vlastní]

6.2.2 Přenášení objektů

Možnost uchopit a přenášet objekty je jedním z klíčových interaktivních prvků celé aplikace. Uživatel je tak schopen přímo manipulovat s předměty jako jsou hasicí přístroje, lavice, dveřní bariéra nebo jiné interaktivní součásti prostředí, což přispívá k vyšší míře realismu a aktivního zapojení do simulace. Pro implementaci této funkce byly využity předdefinované komponenty, které nabízí samotné prostředí Unity v rámci podpory pro XR zařízení.

Na každém předmětu, který měl být v prostředí uchopitelný, bylo nutné aktivovat komponentu XR Grab Interactable, která umožňuje uživateli objekt uchopit, zvednout, přesunout a následně upustit. Tato komponenta je součástí systému XR Interaction Toolkit a zajišťuje kompletní správu interakce mezi rukou (ovladačem) a předmětem. Pro správné fungování bylo dále nutné, aby měl daný objekt aktivní komponenty Rigidbody (pro fyzikální chování) a Box Collider, který vymezuje prostor, ve kterém může interakce probíhat.

Na straně rukou byly využity komponenty XR Controller (Action-based) a XR Direct Interactor, které zajišťují přímou interakci mezi uživatelskou rukou (ovladačem) a objektem ve scéně. XR Direct Interactor umožňuje tzv. „přímé uchopení“, tedy nikoliv přes paprsek, ale přímo dotykem. Při nastavování bylo také důležité definovat Attach Transform, tedy bod, ke kterému se objekt při uchopení přichytí. Ten byl volen tak, aby odpovídal přirozené poloze předmětu v ruce (např. madlo u hasicího přístroje).

Celý systém je postaven tak, aby uchopení a manipulace s objektem probíhala co nejpřirozeněji. Uživatel jednoduše přiblíží ruku k předmětu a pomocí tlačítka na ovladači (obvykle stisku ukazováčku) dojde k uchopení. Předmět je možné držet, přesouvat, otáčet a ve vhodný okamžik opět pustit. Tato funkce je klíčová napříč oběma simulovanými scénáři – ať už jde o použití hasicího přístroje, nebo přesunutí lavice k zajištění dveří při útoku útočníka.

6.2.3 Hasící přístroj

Ve scénáři simulace požáru tvoří hasící přístroje klíčový interaktivní prvek, který je přímo navázán na úkoly uživatele. V prostředí se nachází dva typy přístrojů – práškový a CO₂, přičemž oba fungují na identickém principu a jsou řízeny stejným skriptem. Liší se však ve vizuálním provedení a cílovém použití: zatímco práškový přístroj slouží k hašení běžných požárů (pevné látky, kapaliny, elektrické zařízení), CO₂ přístroj je primárně určen k uhašení elektrického jiskření.

Uživatel nejprve uchopí hasící přístroj pomocí VR ovladače a následně ho aktivuje tlačítkem, jedná se o tlačítko na levém ovladači a přesně řečeno Y, které spustí hašení. V případě správného použití v blízkosti aktivního ohně dojde k jeho uhašení a na jeho místě se krátce objeví efekt kouře. Hašení probíhá vždy po jednom ohnisku – uživatel tak musí přístroj fyzicky přiblížit ke každému místu požáru a aktivně zasáhnout.

Technická implementace – skript FireExtinguisher.cs

Funkce hasicího přístroje je řízena vlastním skriptem FireExtinguisher.cs, který zajišťuje detekci aktivního vstupu, vizuální efekt hašení a deaktivaci jednotlivých ohnisek požáru. Skript obsahuje několik důležitých částí:

- Interakce s uživatelem je řešena přes komponenty XRGrabInteractable a vstupní akci (InputActionReference), která umožňuje přístroj uchopit a aktivovat
- Efekt pěny (foamFX) se spustí ve chvíli, kdy uživatel drží tlačítko aktivace. Jakmile tlačítko pustí, efekt se deaktivuje.
- Logika hašení je postavena na vyhodnocení vzdálenosti mezi přístrojem a jednotlivými objekty ohně. Pokud se uživatel přiblíží dostatečně k některému z ohňů v seznamu fireObjects, daný objekt se deaktivuje a na jeho místě se vytvoří efekt kouře

- Pro zabránění „hromadnému uhašení“ všech ohňů najednou je skript nastaven tak, že v každém okamžiku může být uhašeno pouze jedno ohnisko – a to to, které nejbližší aktuální pozici přístroje.

Kromě tohoto skript obsahuje správu vstupů (selectEntered, selectExited), která určuje, zda uživatel přístroj drží, a deaktivuje hašení v momentě jeho puštění. Po ukončení simulace nebo při zničení objektu se vstupní akce správně odpojí, čímž se předejde chybám v běhu aplikace.

6.2.4 Otevírání dveří a krabíčky

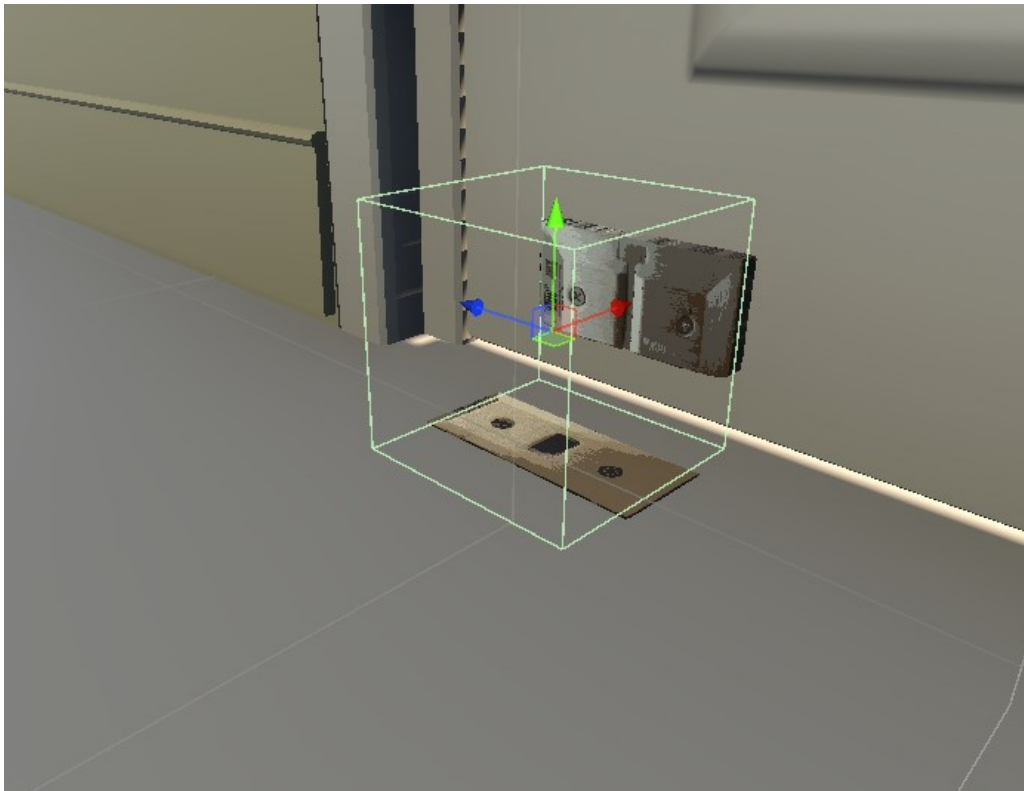
Otevírání dveří a víka nástěnné krabíčky bylo řečeno pomocí komponent Hinge Joint a XR Grab Interactable, které umožňují realistický fyzikální pohyb objektu na základě vstupu od uživatele. V případě dveří byl attach point (připojovací bod) nastaven přímo na kliku, čímž se simulovalo přirozené uchopení a následné otevření. U krabíčky byl attach point umístěn na vrchní část víka, které lze otevřít směrem nahoru. Pro správnou funkčnost bylo nutné přesně nastavit osu rotace, limity otevření a další parametry hinge jointu. Kombinace těchto komponent umožnila, aby objekty reagovaly na fyzický pohyb ruky uživatele a vytvářely tak věrohodný interaktivní zážitek bez potřeby stisknutí tlačítek.

6.2.5 Dveřní bariéra

Dveřní bariéra představuje klíčový bezpečnostní prvek, který slouží k fyzickému zajištění vstupních dveří v rámci scénáře útoku. Je navržena jako interaktivní objekt, který uživatel nejprve uchopí z nástěnné krabíčky pomocí ovladače. Bariéra je osazena komponentou XRGrabInteractable, což umožňuje její přenášení a přesné umístění. Jakmile se přiblíží k předem určeným zástrčkám ve dveřích a podlaze, jak je patrné na Obr. 22, vstoupí do trigger zóny (spouštěcí zóny), která aktivuje skript doorLock.cs.

Tento skript zabezpečí správné usazení bariéry tím, že automaticky přepíše její pozici a rotaci dle objektu slot, čímž zaručí její přesné a pevné zasazení. Zároveň deaktivuje možnost další manipulace s bariérou – komponenty XRGrabInteractable, Rigidbody a Collider jsou přednastaveny tak, aby bariéra zůstala statická a nelze ji uchopit zpět. Důležitým krokem je rovněž přepnutí samotných dveří do režimu kinematiky, což znamená, že přestanou reagovat na jakékoliv fyzikální síly a nelze je otevřít běžným způsobem. Uživatel tak získává dojem, že prostor je mechanicky zabezpečen. Pokud je bariéra později odstraněna, skript zajistí obnovení fyzikálních vlastností dveří i bariéry a vrací je do

původního interaktivního stavu. Tento systém věrně napodobuje funkci reálné dveřní zábrany a umožňuje uživateli osvojit si správný postup zabezpečení místnosti ve stresové situaci. [55]



Obrázek 22. Trigger dveřní bariéry [vlastní]

6.3 Uživatelské rozhraní (UI) a systém obrazovek

Součástí funkčního VR prostředí je také propracované uživatelské rozhraní (UI), které zajišťuje předávání informací uživateli, umožňuje mu provádět rozhodnutí a slouží jako prostředek pro navigaci v rámci simulace. UI prvky byly implementovány ve formě plochých canvasů (2D plátno) přímo ve 3D prostorů, které se zobrazují před hráčem v klíčových momentech simulace. Veškeré rozhraní bylo navrženo tak, aby bylo čitelné srozumitelné a přirozeně zapadlo do struktury hry.

Uživatelské rozhraní bylo rozděleno podle jednotlivých scén a funkčních bloků. V rámci této kapitoly budou popsány tři základní části systému UI:

- Základní herní menu, které je dostupné kdykoliv během simulace a slouží k přerušení nebo návratu do výběru scén.
- Obrazovka tutoriálu, které se zobrazí na začátku každého scénáře a slouží jako úvodní instruktáž.

- UI prvky, které se objevují během jednotlivých krizových scénářů (např. výzvy k akci, rozhodoví rozhraní, závěrečné obrazovky) jsou nedílnou součástí herní logiky.

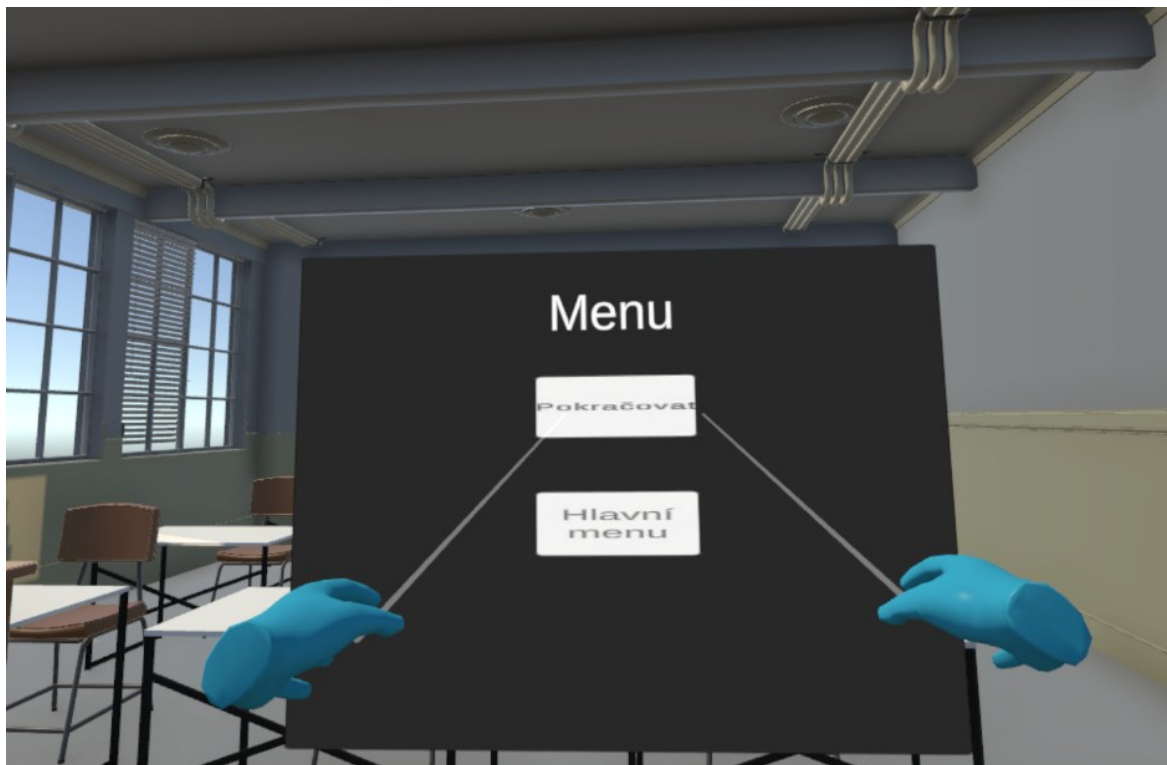
Každá část je řízena vlastním skriptem nebo sadou skriptů, které určují, kdy se má UI zobrazit, co má obsahovat, a jak má reagovat na vstupy uživatele. V následujících podkapitolách bude popsáno technické i funkční provedení těchto prvků.

6.3.1 Základní herní menu

Jedním z důležitých prvků, který je dostupná napříč celou simulací, je základní herní menu. Toto menu slouží především k přerušení aktuální simulace a volbě mezi jejích pokračováním, nebo návratem do hlavního rozcestníku, ve kterém si uživatel může vybrat jiný scénář. Menu bylo navrženo s důrazem na jednoduchost, funkčnost a dostupnost v jakémkoli okamžiku během simulace.

Menu je aktivováno pomocí vstupu na levém ovladači – konkrétně stisknutím tlačítka označovaného jako „menu button“. Po jeho stisknutí se uživateli před očima zobrazí panel s dvěma základními možnostmi „Pokračovat“ a „Hlavní Menu“. Vzhledem, že se aplikace odehrává ve VR prostředí, je menu vždy automaticky zarovnáno tak, aby se zobrazovalo před hráčem, a to ve vzdálenosti přibližně dvou metrů. Zároveň se jeho orientace přizpůsobí směru, kterým je hráč otočen, aby byla zajištěna maximální čitelnost a pohodlí při jeho ovládání.

Z technického hlediska je menu implementováno pomocí uživatelského rozhraní (UI) systémem Unity a je řízeno vlastním skriptem s názvem PauseMenuVR.cs. Tento skript sleduje vstupní akci pro otevření menu (`InputActionProperty`) a následně přepíná viditelnost canvasu s prvky UI. Součástí skriptu je i logika pro umístění menu do prostoru a jeho natočení tak, aby směřovalo k hráči. V případě, že je menu aktivováno, dojde k výpočtu pozice ve směru pohledu hráče. V případě, že je menu aktivováno, dojde k výpočtu pozice ve směru pohledu hráče (s pevně nastavenou výškou) a následnému umístění canvasu. Uživatel pak může pomocí VR ovladače kliknout na jednu ze dvou nabízených možností.



Obrázek 23. Menu [vlastní]

6.3.2 Tutoriál

Po spuštění každého scénáře se jako první zobrazí tutoriálová obrazovka, která má za úkol seznámit uživatele se základním ovládáním, principem interakce a cílem konkrétní simulace. Tento úvodní prvek byl do aplikace implementován záměrně, aby bylo prostředí přístupné i pro uživatele bez předchozích zkušeností s VR technologií. Tutoriál se zobrazuje automaticky a je umístěn přímo před hráče ve fixní vzdálenosti i výšce, aby byla zajištěna dobrá čitelnost.

Texty v tutoriálu se liší podle zvolené scény. V případě simulace požáru je kladen důraz na použití hasícího přístroje a bezpečný únik, zatímco při scénáři útoku útočníka je cílem naučit se skrýt a barikádovat prostor. Obě verze však obsahují přehled základního ovládání (pohyb pomocí joysticků, interakce pomocí tlačítek) a stručný návod, co má uživatel očekávat a jak má reagovat.

Příklad tutoriálového textu – scéna s požárem:

- „Tlačítko Y: Spustí hasičský přístroj, který je klíčový k uhašení požáru.“

Příklad tutoriálového textu – scéna s útokem:

- „Vaším úkolem je bezpečně se schovat a přežít útok.“

Součástí tutoriálu je také tlačítko pro jeho zavření, které uživatel aktivuje prostřednictvím ovladače. Po jeho stisknutí se rozhraní skryje a hra plynule pokračuje podle přednastaveného scénáře. Technické řešení zajišťuje skript SimpleMenuVR.cs, který zobrazí canvas před hráčem, automaticky jej zarovná podle směru pohledu a umožňuje jeho zavření. Skript rovněž obsahuje událost OnMenuClosed, která umožňuje navázání dalších funkcí (např. spuštění simulace). Tutoriál tak plní roli úvodního rozhraní, jež kombinuje instruktáž a přechod do aktivní části simulace.

6.3.3 Prvky uživatelského rozhraní

Každá ze dvou připravených scénářů je doprovázen třemi specifickými obrazovkami (tzv. prvky uživatelského rozhraní), které se zobrazují v přesně definovaných fázích simulace. Tyto obrazovky slouží k tomu, aby uživatele informovaly o aktuální situaci, poskytly mu základní pokyny a umožnily rozhodování o dalším postupu. Vizuálně i technicky jsou založeny na stejném principu jako tutoriál – zobrazují se pomocí canvasu přímo před hráčem a jsou řízeny skriptem SimpleMenuVR.cs.

Scénové rozhraní se skládá vždy ze tří po sobě jdoucích obrazovek:

- První obrazovka je aktivována automaticky po spuštění simulace (s časovým zpožděním) a slouží jako úvod do konkrétní krizové situace.
- Druhá obrazovka se zobrazuje na základě určité akce uživatele (např. uhašení ohně u dveří, umístění dveřní bariéry).
- Třetí obrazovka pak signalizuje závěr situace a vyzývá uživatele k dokončení simulace (např. útěk, čekání na policii).

Scénář požáru

V případě simulace požáru ve třídě jsou uživateli postupně zobrazeny tyto výzvy:

- Menu 1 – Výzva k prvnímu zásahu: Informuje uživatele o vypuknutí požáru a o nutnosti uhasit oheň u dveří. Součástí je také edukativní tabulka správného použití hasicích přístrojů podle typu požáru.
- Menu 2 – Rozhodovací obrazovka: Po uhašení ohně u dveří si uživatel může vybrat mezi okamžitým útěkem nebo pokračováním v hašení zbylých ohnisek.
- Menu 3 – Závěrečné zhodnocení: Po kompletním uhašení všech ohňů je uživatel vyzván k úniku z prostoru

Texty jsou laděny informativně, ale zároveň motivují k hlubšímu zapojení.

Scénář útoku

U scénáře útoku neznáme osoby na chodbě jsou obrazovky tematicky zaměřeny na obranu, úkryt a zajištění prostoru:

- Menu 1 – Úvodní instrukce: Uživatel je seznámen s hrozbou podobě útočníka a je mu vysvětlen princip dveřní bariéry. Důraz je kladen na rychlou a efektivní reakci.
- Menu 2 – pokyn k barikádování: Po správném použití bariéry následuje výzva k dalšímu zajištění prostoru pomocí nábytku. Uživatel je zároveň instruován, aby zůstal v klidu a sledoval situaci.
- Menu 3 – Ukončení scénáře: Poslední obrazovka oznamuje příjezd policie a potvrzuje úspěšné zvládnutí celé situace.

Texty jsou záměrně napsány s důrazem na rozhodnost, klid a sebeovládání, což odpovídá doporučeným postupům v reálných scénářích útoku na měkký cíl.

6.4 Centrální skripty

V rámci každého simulovaného scénáře byl použit centrální řídicí skript, jehož úkolem bylo koordinovat průběh hry, aktivovat jednotlivé prvky prostředí, sledovat rozhodnutí uživatele a řídit logiku přechodu mezi fázemi simulace. Tyto skripty představují základní stavební kámen herní logiky a umožňují, aby se prostředí chovalo dynamicky a reagovalo na konkrétní akce hráče. Každý scénář (požár a útok) má vlastní skript, přizpůsobený specifikům dané situaci, přičemž oba využívají podobnou strukturu řízení zaleženou na stavech a spouštěcích podmínkách. V této části jsou popsány jejich funkce, sktruktura a způsob interakce s ostatními prvky aplikace.

6.4.1 Řízení simulace požáru

Řízení celé simulace ve scéně s požárem zajišťuje centrální skript s názvem SceneCotroller.cs, jehož hlavním úkolem je koordinovat postupné fáze krizového scénáře, řídit zobrazení jednotlivých UI obrazovek, aktivovat objekty ohně a detekovat splnění podmínek pro ukončení hry. Tento skript tak tvoří logiky rámec celé simulace a propojuje jednotlivé komponenty a akce uživatele do uceleného průběhu.

Po spuštění scény je nejprve zobrazen tutoriál, zatímco všechny objekty ohně zůstávají neaktivní. Pomocí korutiny StartFiresAfterDelay() dojde po uplynutí 30 sekund k aktivaci

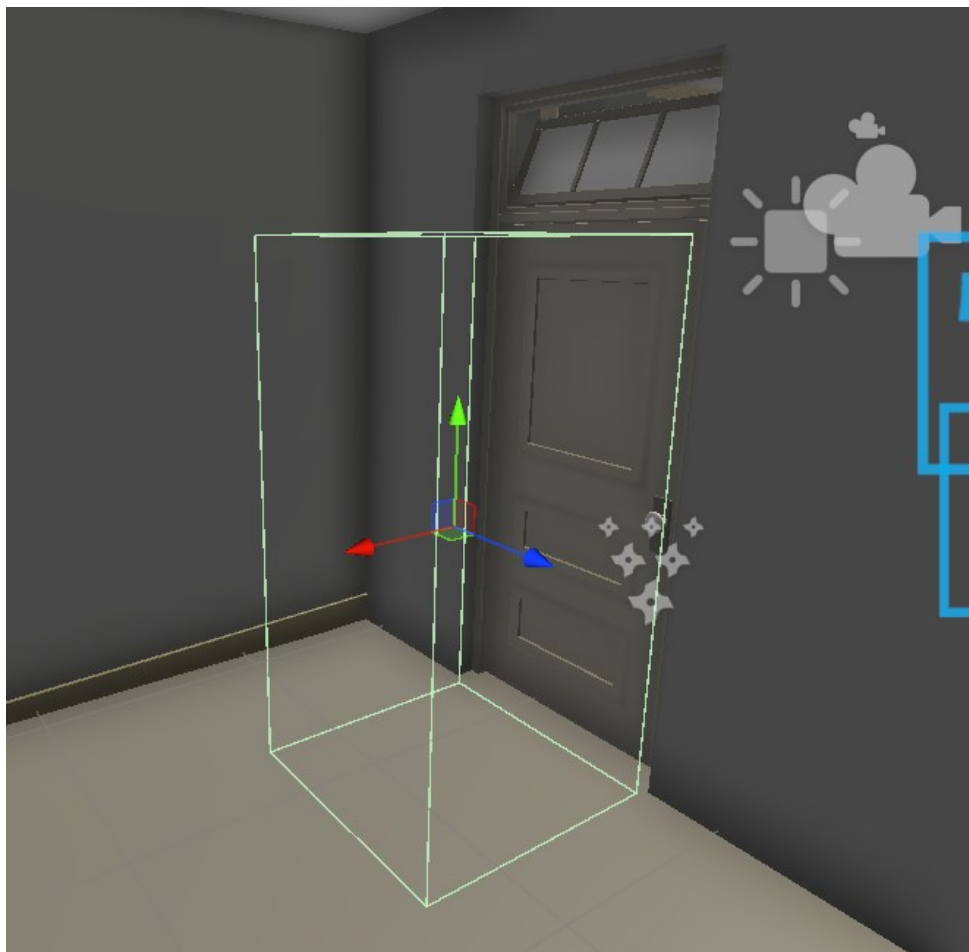
požárních objektů – tří ohnisek v místnosti a jednoho ohniště u dveří. Zároveň se zobrazí první scénové uživatelské rozhraní s instrukcemi k postupu.



Obrázek 24. Uhašení zbylých ohnisek [vlastní]

V průběhu hry skript sleduje, zda byl oheň u dveří uhašen. Jakmile se tak stane, skript skryje první rozhraní a zobrazí druhé rozhodovací menu, které umožňuje uživateli zvolit mezi útekem nebo pokračováním v hašení. Tato část je řízena pomocí události `OnMenuClosed`, která informuje skript o tom, že uživatel dokončil interakci s daným UI prvkem. V případě, že se uživatel rozhodne pro uhašení a uhasí všechna zbývající ohniska, zobrazí se závěrečné rozhraní, které vyzývá k evakuaci.

Ukončení simulace je řízeno pomocí `doorObject`, je možno vidět na Obr 25, objekt se aktivuje a spustí se příkaz `EndGame()`, která po krátké prodlevě restartuje scénu nebo vrátí hráče do hlavního menu. Skript také zajišťuje, že simulace nemůže být ukončena dříve, než jsou splnění potřebné podmínky – například že oheň u dveří skutečně uhašen.



Obrázek 25. Konec scény [vlastní]

6.4.2 Řízení simulace útočníka

Scénář je řízen skriptem `SceneController_Attacker.cs`, jehož úkolem je postupně řídit průběh simulace na základě časových událostí a akcí uživatele. Po spuštění scény se zobrazí tutoriál a spustí se odpočet, po jehož uplynutí dojde k přehrání zvukového efektu (např. hluku na chodbě) a zobrazí první rozhraní s pokyny k použití dveřní bariéry. Jakmile uživatel správně vloží zarážku do dveřních zástrček, aktivuje se trigger, který uzavře první menu a zobrazí druhé – s výzvou k zabarikádování dveří pomocí nábytku.



Obrázek 26. Dveřní bariéra [vlastní]

Po uzavření druhého rozhraní skript spustí další odpočet, po jehož dokončení se přehraje závěrečný zvuk (např. příjezd policie) a zobrazí se poslední menu. Jakmile ho uživatel potvrdí, je spuštěn příkaz, který po krátké prodlevě ukončí scénu a přesměruje hráče zpět do hlavního menu. Tento skript propojuje zvuk, obraz a uživatelské vstupy do jednoho plynulého celku a vytváří věrohodnou simulaci reakci na útok v uzavřeném prostoru.

6.5 Hlavní menu

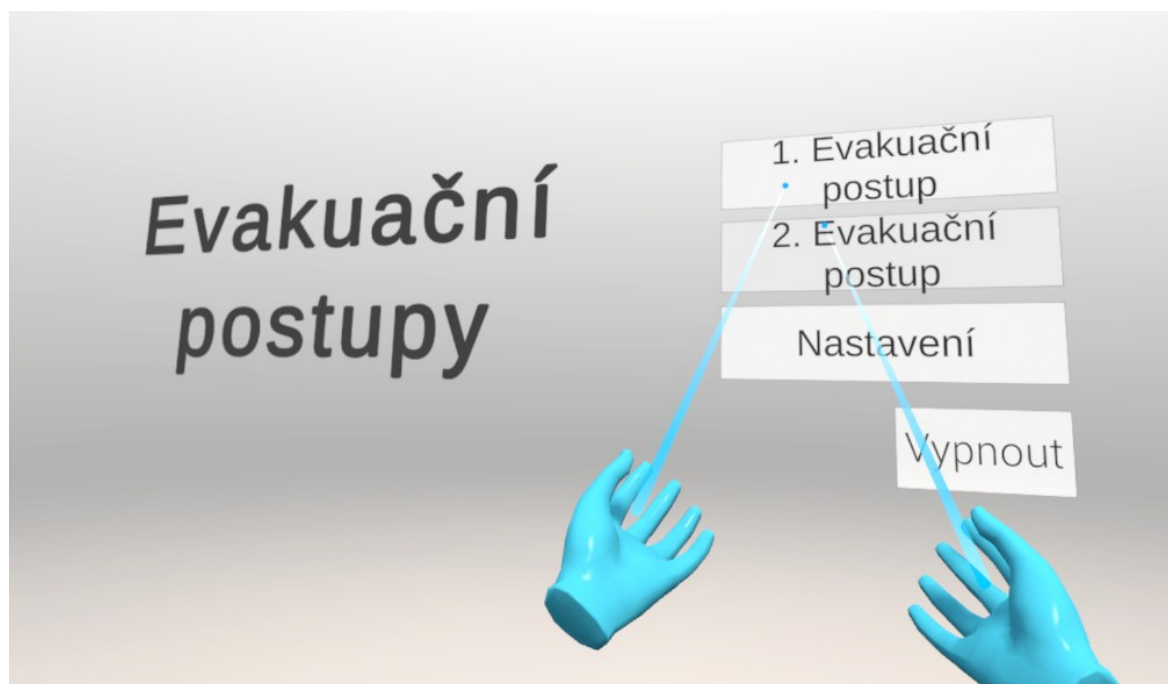
Po spuštění aplikace se uživateli zobrazí jednoduché a přehledné hlavní menu, které slouží jako výchozí rozcestník pro výběr konkrétního evakuačního scénáře, jak je zobrazeno na Obr. 25. Vizuálním prvkem je velký nadpis „Evakuační postupy“, který jednoznačně určuje účel celé aplikace a uvádí uživatele do jejího tématu. Pod tímto nadpisem se nachází čtyři interaktivní tlačítka, na která může uživatel ukázat svým VR ukazatelem a potvrdit výběr.

Pomocí těchto tlačítek lze:

- Spustit první evakuační scénář (simulace požáru ve třídě).
- Spustit druhý scénář (simulace útoku a zabarikádování místnosti).
- Otevřít nastavení.
- Aplikaci vypnout.

Výběr probíhá zcela intuitivně pomocí paprsku z VR ovladače, který je na obrázku zřetelně viditelný jako modrá linie směřující k jednotlivým možnostem. Rozhraní bylo navrženo

s ohledem na jednoduchost a přehlednost, aby se v něm snadno zorientoval i uživatel bez předchozích zkušeností s virtuální realitou.



Obrázek 27. Hlavní menu [vlastní]

6.6 Implementace rozhodovacích momentů a edukačních prvků

Jedním z hlavních cílů simulační VR aplikace bylo nejen vytvořit realistické prostředí, ale především zapojit uživatele do aktivního rozhodování a poskytnout mu základní edukaci v oblasti krizového chování. V rámci obou scénářů – požáru a útoku – byly záměrně vytvořeny situace, ve kterých uživatel musí reagovat na měnící se podmínky, vyhodnocovat rizika a volit mezi různými postupy. Každá fáze hry tak plní nejen herní, ale také výukovou funkci, a je navržena tak, aby vedla uživatele k přemýšlení nad vlastními činy a důsledky.

6.6.1 Edukace ve scénáři požáru

Ve scénáři s požárem jsou edukační prvky zakomponovány již od začátku – první rozhraní obsahuje stručný přehled typů hasicích přístrojů a jejich použití dle druhu požáru (pevné látky, kapaliny, elektroinstalace). Uživatel si tak musí zapamatovat a aplikovat tyto zásady při následném hašení. Simulace zároveň obsahuje rozhodovací moment, kdy si uživatel po uhašení ohně u dveří může rozhodnout, zda okamžitě opustí místnost, nebo se pokusí uhasit všechny ohně – přičemž každý z nich vyžaduje jiný typ hasícího přístroje. Tento výběr není pouze herní, ale testuje pozornost a pochopení předchozích instrukcí.

6.6.2 Edukace ve scénáři útoku

Scénář útoku pracuje s jiným typem edukace – zaměřuje se na reakci na hrozbu v podobě útočníka a posiluje zásady ochrany měkkých cílů. Uživatel se učí, že je nutné rychle zareagovat, ukryt se a zabarikádovat dveře, přičemž dveřní bariéra simuluje reálné zabezpečovací prostředky. Druhá fáze hry pak rozšiřuje tento princip o aktivní zajištění prostoru pomocí nábytku, čímž je simulováno chování během lockdownu. Celý scénář je zakončen uklidňující zprávou o příjezdu policie, která má kromě herní funkce také psychologický efekt – odlehčení a uzavření krizové situace.

Dílčí závěr

Kapitola se zaměřila na tvorbu VR prostředí pro simulaci evakuace a krizových situací ve školním prostředí. Byly popsány použité technologie, zejména vývojové prostředí Unity, modelovací nástroj Blender a headset Oculus Quest 2. Dále byly podrobně charakterizovány hlavní interaktivní prvky aplikace, jako je manipulace s objekty, použití hasících přístrojů, dveřní bariéry a jejich technická implementace pomocí XR nástrojů a skriptů v jazyce C#.

Součástí textu bylo i propracované uživatelské rozhraní, včetně základního menu, tutoriálových obrazovek a scénové UI, které vedly uživatele simulací. Popsány byly rovněž řídicí skripty zajišťující logiku simulace, průběh scénářů a přechody mezi jednotlivými fázemi hry. Skripty byly částečně generovány a upravovány s využitím nástroje ChatGPT-4o, přičemž autor následně provedl jejich odbornou revizi a nese plnou odpovědnost za jejich obsah a správné fungování v rámci aplikace.

Závěrem byl zdůrazněn edukační přínos aplikace, který spočíval ve schopnosti uživatele aktivně reagovat na krizové situace, správně se rozhodovat a osvojit si klíčové bezpečnostní postupy.

7 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ

Dotazník byl vytvořen jako nástroj k ověření funkčnosti simulačního virtuálního prostředí a zároveň k zhodnocení jeho edukačního potenciálu, což odpovídá poslednímu bodu praktické části diplomové práce. Hlavním cílem bylo zjistit, zda uživatelé při interakci s aplikací pochopili její záměr, ovládání a herní logiku, a především zda si z absolvování simulace odnesli nové poznatky či užitečné dovednosti týkající se správného chování v krizových situacích.

Pomocí kombinace uzavřených a otevřených otázek bylo možné zachytit nejen kvantitativní hodnocení prvků aplikace (ovladatelnost, srozumitelnost, vizuální stránka), ale i kvalitativní zpětnou vazbu, tedy jak konkrétně aplikace pomohla uživatelům pochopit zásady evakuace nebo reakce na útok. Dotazník byl navržen tak, aby byl přehledný a snadno srozumitelný i pro respondenty bez hlubšího technického zázemí.[57]

Získaná data z dotazníku budou následně analyzována a slouží jako praktické ověření přínosu celé aplikace v oblasti bezpečnostního vzdělávání. Výsledky šetření budou sloužit nejen k reflexi kvality současného řešení, ale i jako podklad pro další rozvoj a případné rozšíření systému.

7.1 Struktura a obsah dotazníku

Dotazník, který byl připraven pro účely ověření funkčnosti a edukačního přínosu aplikace, je rozdělen do tří tematických částí a obsahuje celkem 11 otázek. Tyto otázky byly navrženy tak, aby poskytly komplexní zpětnou vazbu jednotlivým aspektům simulace a zároveň umožnily hodnotit přínos aplikace pro samotného uživatele. [57]

Část A – Obecné hodnocení

Tato sekce se zaměřuje na uživatelský komfort a technickou srozumitelnost. Otázky se týkají např. celkového dojmu z aplikace, intuitivnosti ovládání, vizuální stránky prostředí nebo toho, zda uživatel pochopil cíl simulace.

Část B – Edukativní přínos

Ve druhé části dotazníku je kladen důraz na vzdělávací efekt VR simulace. Uživatelé hodnotí, zda jim aplikace přinesla nové poznatky, zda vědí, jak by se v reálné krizové situaci zachovali, a jak silně na ně aplikace působila z hlediska realismu.

Část C – Otevřené otázky

Závěrečná část dává prostor pro vlastní komentáře a doporučení respondentů. Uživatelé zde mohou uvést, co jim aplikace přinesla, které části by případně zlepšili, a připojit jakékoliv další poznatky. Tyto odpovědi slouží jako cenný zdroj pro kvalitativní analýzu.

Díky této struktuře bylo možné získat jak měřitelná data, tak i subjektivní postřehy, které pomáhají hodnotit nejen technickou úroveň aplikace, ale také její potenciál ve vzdělávacím a bezpečnostním kontextu.

7.2 Výsledky dotazníku

Pro účely ověření funkčnosti simulační VR aplikace a jejího edukačního potenciálu byl realizován dotazníkový průzkum, jehož se zúčastnilo celkem 10 respondentů. Cílovou skupinou tvořilo především muži a ženy ve věkovém rozmezí 20 až 25 let, doplněná o konzultantku diplomové práce. Všichni respondenti aplikace prakticky vyzkoušeli ve VR prostředí a následně vyplnili elektronický formulář.

Z výsledků vyplývá, že aplikace byla většinou hodnocena velmi pozitivně. Průměrné hodnocení uživatelského zážitku dosáhlo hodnoty 4,2 z 5, přičemž všichni respondenti uvedli, že ovládání bylo srozumitelné nebo spíše srozumitelné. Naprostá většina respondentů také pochopila cíl simulace a shodla se na tom, že aplikace přinesla nové informace nebo upevnila znalosti v oblasti krizového chování. Většina účastníků rovněž uvedla, že by po absolvování simulace věděla, jak se zachovat při požáru nebo útoku, a edukační přínos hodnotili v průměru 4,3 z 5.

Tabulka 1. Jak hodnotíte vizuální zpracování prostředí a objektů? [vlastní]

Jak hodnotíte vizuální zpracování prostředí a objektů? (1 = velmi špatné, 5 = výborné)	Počet
1	0
2	0
3	2
4	6
5	2

Tabulka zachycuje hodnocení uživatelům v oblasti vizuálního zpracování prostředí a objektů v rámci VR aplikace. Respondenti měli možnost udělit známku na škále od 1 (velmi špatně) do 5 (výborné). Výsledky ukazují, že většina odpovědí se pohybovala v horní části

hodnoticí stupnice, nejčastější hodnocení byla známka 4 (celkem 6 respondentů) a známka 5 (2 respondenti). Dva uživatelé zvolili průměrnou hodnotu 3, žádný z respondentů nehodnotil grafické zpracování jako podprůměrné (1 nebo 2).

Z toho lze vyvodit, že vizuální stránka prostředí byla účastníky vnímána převážně pozitivně. Přestože někteří z nich v otevřených komentářích doporučili zlepšit grafiku nebo plynulost pohybu, celkové hodnocení ukazuje, že grafické zpracování aplikace nebránilo edukativnímu efektu a bylo dostatečně kvalitní pro účely krizové simulace.

Tabulka 2. Víte po absolvování simulace, jak se zachovat při požáru nebo útoku? [vlastní]

Víte po absolvování simulace, jak se zachovat při požáru nebo útoku?	Počet
Ano, v obou případech	6
Spíše ano	4
Spíše ne	0
Ne	0



Obrázek 28. Víte po absolvování simulace, jak se zachovat při požáru nebo útoku?

[vlastní]

Z tabulky č.2 a přiloženého koláčového grafu je patrné, že většina respondentů po absolvování simulace věděla, jak se zachovat v krizové situaci. Konkrétně 60 % účastníků uvedlo, že by dokázali poradit v obou případech jak při požáru i útoku, zatímco zbývajících

40 % respondentů odpovědělo „spíše ano“, což naznačuje částečnou jistotu a pochopení základních principů. Ani jeden z účastníků nezvolil variantu „spíše ne“ nebo „ne“, což lze považovat za významný indikátor efektivity aplikace v oblasti edukace a nácviku krizových scénářů

Tabulka 3. Jak hodnotíte edukativní potenciál aplikace? [vlastní]

Jak hodnotíte edukativní potenciál aplikace? (1 = žádný přínos, 5 = velmi přínosná)	Počet
1	0
2	0
3	1
4	4
5	6

Tabulka 3. shrnuje hodnocení edukativního potenciálu VR aplikace, tedy míru, s jakou byla simulace vnímána jako přínosná z hlediska vzdělávání a osvojení krizových postupů. Respondenti měli možnost udělit známku od 1 (žádný přínos) do 5 (velmi přínosná).

Výsledky ukazují jednoznačně pozitivní přijetí, celkem 6 respondentů udělilo nejvyšší možnou známku 5, čtyři respondenti zvolili hodnocení 4 a pouze jeden uvedl hodnotu 3. Hodnoty 1 a 2 nebyly uděleny vůbec, což potvrzuje, že aplikace byla účastníky vnímána jako efektivní nástroj pro výuku základních principů krizového chování. Tato zpětná vazba, potvrzuje, že VR simulace splnila svůj klíčový cíl v oblasti edukace.

Z otevřených odpovědí vyplynulo, jak můžete vidět na Obr. 29, že aplikace pomohla uživatelům pochopit základní krizové scénáře, zejména co se týče použití hasicích přístrojů, logiky evakuace a významu mechanického zajištění místnosti. Mezi nejčastější návrhy na zlepšení patřila vyšší plynulost pohybu, doplnění zvukových efektů, intuitivnější ovládání nebo rozšíření o další scénáře. Uživatelé ocenili, že si mohli na vlastní kůži „nanečisto“ vyzkoušet krizové situace a procvičit si rozhodování pod tlakem.

ID	Co Vám aplikace nejvíce přinesla nebo Vás naučila?	Které části byste doporučil/a	Máte nějaké další komentáře nebo podněty?
1 -		-	-
2	jak se zachovat v krizové situaci	grafika, pohyblivost	-
3	jak se chovat při mimořádných	pohyblivost	-
4	Jasný přehled, co dělat při požáru	Delší scénáře	Bez připomínek
5	Vyzkoušení krizové situace „na vlastní kůži“	Více zvukových efektů	Velmi povedené, děkuji
6	Nácvik základních postupů při požáru	Možná intuitivnější ovládání	Napadlo mě více scénářů k doplnění
7	Pochopení postupu, ale něco nebylo jasné	Popisy úkolů v simulaci	Ne každý krok byl intuitivní – možná úvodní briefing
8	informace o evakuaci v případě mimořádné události z prostor FAI	Žádné	Nemám
9	Využití zábrany v případě útoku.	Ovladatelnost prvků.	Ne
10 -		-	-

Obrázek 29. Otevřené odpovědi dotazníku [vlastní]

Z dotazníku tedy vyplývá, že aplikace naplnila svůj edukační účel, byla dobře pochopena, technicky funkční a její přínos v oblasti zvyšování povědomí o správném chování při mimořádných událostech byl hodnocen jako vysoký.

Dílčí závěr

Kapitola se věnovala dotazníkovému šetření, jehož cílem bylo ověřit funkčnost vytvořeného VR prostředí a zhodnotit jeho edukační přínos. Dotazník byl rozdělen do tří částí a kombinoval kvantitativní i kvalitativní otázky, které umožnily komplexní zpětnou vazbu od uživatelů. Hodnocena byla srozumitelnost ovládání, technické zpracování i dopad aplikace na pochopení krizových postupů.

Výsledky šetření ukázaly, že aplikace byla většinou respondentů vnímána pozitivně, ocenili její realistické zpracování, intuitivní ovládání a schopnost přiblížit uživatelům zásady krizového chování. Průměrné hodnocení edukačního přínosu dosáhlo vysokých hodnot a otevřené odpovědi potvrdily, že simulace napomohla lépe porozumět situacím, jako je evakuace při požáru či obrana před útočníkem. Získané poznatky zároveň posloužily jako podklad pro budoucí vylepšení aplikace.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala využitím virtuální reality jako nástroje pro simulaci evakuačního postupu a řešení krizových situací ve školním prostředí. Práce byla rozdělena do dvou hlavních částí, teoretické a praktické, jejichž propojením vznikl ucelený návrh a realizace VR aplikace s edukačním zaměřením.

V teoretické části byl nejprve popsán koncept bezpečnosti, evakuačního plánování a krizového řízení, přičemž jedna kapitola byla věnována ochraně takzvaných měkkých cílů. Následně byla rozebrána samostatná problematika evakuace, od legislativních požadavků, přes technické normy až po taktické a organizační postupy při opuštění objektu či setrvání v něm. Součástí teoretického rámce bylo také shrnutí vývoje a technologií spojených s virtuální realitou, včetně přínosu i omezení této formy simulace v oblasti vzdělávání. Byly zdůrazněny výhody VR, jako je bezpečný prostor pro nácvik, realistické prostředí, opakovatelnost scénářů a možnost bezprostřední zpětné vazby.

Praktická část se zaměřila na návrh a vývoj funkční simulace ve virtuální realitě, která byla realizována v prostředí Unity za podpory nástrojů Blender a zařízení Oculus Quest 2. V rámci návrhu byly vytvořeny dva scénáře, evakuace při požáru a útok neznámé osoby, přičemž každý ze scénářů obsahuje interaktivní prvky, rozhodovací momenty a vzdělávací sdělení reagující na chování uživatele. Popsány byly rovněž technické aspekty tvorby, včetně implementace uživatelského rozhraní, systému obrazovek a centrálních řídicích skriptů. Při tvorbě programového kódu byl využit nástroj ChatGPT-4o, který sloužil jako podpora při generování a úpravě skriptů, autor nicméně veškerý kód kontroloval, testoval a přebírá plnou odpovědnost za jeho funkčnost a správnost. Funkčnost a edukativní přínos aplikace byly ověřeny prostřednictvím dotazníkového šetření na vzorku uživatelů, přičemž výsledky ukázaly pozitivní ohlas jak na technické zpracování, tak i na samostatný přínos pro porozumění krizovým situacím.

Závěrem lze konstatovat, že VR aplikace splnila svůj cíl jako podpůrný nástroj pro výuku a trénink v oblasti krizového chování. Výsledná simulace poskytuje uživatelsky přístupný, realistický a efektivní způsob, jak procvičit rozhodování a bezpečnostní reakce v modelových situacích, které mohou v reálném světě znamenat rozdíl mezi zvládnutím a nezvládnutím mimořádné události.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SOUČEK, Vladimír; STAŇOVÁ, Eva a LINHRART, Martin, 2005. Vnitřní bezpečnost a veřejný pořádek - Krizové řízení. Online. *Ministřevstvo vnitra - obor bezpečnostní politiky*. S. 123. Dostupné z: <https://mv.gov.cz/clanek/prirucky-a-metodicke-pomucky.aspx?q=Y2hudW09Ng%3D%3D>. [cit. 2025-02-16].
- [2] *Bezpečnost*, 2001-. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Bezpečnost#cite_note-0-5. [cit. 2025-02-16].
- [3] IVANČÍK, Radoslav, 2022. *Bezpečnost: teoreticko-metodologické východiska*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-873-0.
- [4] *The importance of security planning*. Online. Cursa. Dostupné z: <https://curso.app/en/page/the-importance-of-security-planning>. [cit. 2025-02-18].
- [5] *The Evolution Of Security*. Online. GoJoePatrol. Dostupné z: <https://www.gojoeatrol.com/blog/categories/security-news/the-evolution-of-security/>. [cit. 2025-02-18].
- [6] *Historical Evolution of the Security Guard Profession*. Online. XPressGuards. Dostupné z: <https://xpressguards.com/historical-evolution-of-the-security-guard-profession/>. [cit. 2025-02-21].
- [7] *Evakuace*, 2025. Online. HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR ČESKÉ REPUBLIKY. Dostupné z: <https://hzscr.gov.cz/clanek/rady-obyvatelstvu-ochrana-obyvatelstva-evakuace.aspx>. [cit. 2025-02-23].
- [8] *Evakuace a její plánování*, 2024. Online. RESCUEGROUP. Dostupné z: https://rescuegroup.cz/blog/evakuace-a-jeji-planovani?utm_source=chatgpt.com. [cit. 2025-02-23].
- [9] LUKÁŠ, Luděk, 2014. *Bezpečnostní technologie, systémy a management IV*. Zlín: VerBum. ISBN 9788087500576.
- [10] *Slovník pojmů z oblasti BOZP a PO*, <https://www.bozp.cz>. Online. BOZP.CZ bezpečnost práce. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/slovník-pojmu/evakuacni-plan/>. [cit. 2025-02-23].

- [11] FOLWARCZNY, Libor a POKORNÝ, Jiří, 2021. Evakuace osob. 2. rozšířené vydání. SPBI Spektrum. Červená řada. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. ISBN 978-80-7385-245-0.
- [12] KAMENÍK, Jiří a BRABEC, František. *Komerční bezpečnost*. 2. vydání. Praha: Wolters Kluwer, 2019. ISBN 978-80-7598-303-9.
- [13] Bojový řád 5/OB: Objektová evakuace, 2024. Online. Požáry.cz. 19.2.2024. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/56034-bojovy-rad-5-ob-objektova-evakuace/>. [cit. 2025-03-03].
- [14] Únikové cesty, 2016. Online. Tzbinfo. Dostupné z: <https://www.tzbinfo.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/13656-unikove-cesty>. [cit. 2025-03-06].
- [15] FOLWARCZNY, Libor a POKORNÝ, Jiří. Evakuace osob. SPBI Spektrum. Červená řada. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 8086634922.
- [16] *Hustota – plyny*, 2002. Online. Convert. Dostupné z: <https://converter.cz/tabulky/hustota-plynu.htm>. [cit. 2025-03-13].
- [17] *Elektronický meteorologický slovník*. Online. ČMeS. 2017. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/3905>. [cit. 2025-05-27].
- [18] *Určování nebezpečných prostorů pro elektrická zařízení*, 2024. Online. Elektroprumysl.cz. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/legislativa/urcovani-nebezpecnych-prostoru-pro-elektricka-zarizeni>. [cit. 2025-03-13].
- [19] MATHAUSEROVÁ, Zuzana, 2015. *Požadavky na jednotlivé faktory vnitřního prostředí budov a jejich zajištění*. Online. Tzbinfo. Dostupné z: <https://stavba.tzbinfo.cz/regenerace-domu/12280-pozadavky-na-jednotlive-faktory-vnitriho-prostredi-budov-a-jejich-zajisteni>. [cit. 2025-03-13].
- [20] ČESKO, 2001. *Vyhláška č. 246/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva vnitra o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru*. Online. Zákony pro lidi. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-246/zneni-20220101#f2211316>. [cit. 2025-04-03].
- [21] ČSN EN 50131: *Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy*. Praha: Český normalizační institut, 2015.

- [22] ČESKO, 2008. *Vyhláška č. 23/2008 Sb. Vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb*. Online. Zákony pro lidi. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-23>. [cit. 2025-04-03].
- [23] *Evakuace a požární evakuační plán*, 2023. Online. Tomáš Neugebauer. Dostupné z: https://bozppo-neu.cz/?page_id=789. [cit. 2025-04-03].
- [24] Objektová evakuace, 2017. Online. *Bojový řád jednotek požární ochrany - taktické postupy zásahu*. S. 3. [cit. 2025-03-20].
- [25] *Ochrana měkkých cílů*, 2025. Online. Ministerstvo vnitra České republiky. Dostupné z: <https://mv.gov.cz/clanek/ochrana-mekkych-cilu.aspx>. [cit. 2025-05-13].
- [26] *Ochrana měkkých cílů*, 2024. Online. Policie ČR. 6.2.2024. Dostupné z: <https://policie.gov.cz/clanek/ochrana-mekkych-cilu.aspx#:~:text=propoj%C3%AD%20s%20p%C5%99%C3%ADslu%C5%A1n%C3%BDm%20koordin%C3%A1torem%20pro,bezprost%C5%99edn%C3%ADm%20ohro%C5%BEen%C3%AD%2C%20volejte%20linku%20158..> [cit. 2025-05-13].
- [27] *Utíkej, schovej se, bojuj!*, 2017. Online. Policie ČR. 7.6. 2017. Dostupné z: https://policie.gov.cz/clanek/utikej-schovej-se-bojuj.aspx?_gl=1*kx48p6*_ga*MTUzMDc1NTc3MS4xNzQzNjgzNDI5*_ga_MGE9DCQJ5M*cZ3NDcxNTQ5NDUkbzIkZzEkdDE3NDcxNTUzNjQkajU4JGwwJGgw. [cit. 2025-05-13].
- [28] JERALD, Jason, [2016]. *The VR book: human-centered design for virtual reality*. ACM books. [Spojené státy americké]: Association for Computing Machinery. ISBN 978-1-97000-112-9. [cit. 2025-05-23].
- [29] *Virtual reality*, 2025. Online. Britannica. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/virtual-reality>. [cit. 2025-03-13].
- [30] BARDNARD, Dom, 2024. *History of VR – Timeline of Events and Tech Development*. Online. VirtualSpeech. Dostupné z: <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>. [cit. 2025-03-13].
- [31] *VR Headsets*, 2025. Online. INTERACTION DESIGN FOUNDATION. Dostupné z: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/vr->

- [headsets?srsId=AfmBOoqUADgY1JqQ1rR_JJntamgEKn9V-9Tw7h_MvbAWzK9jDXqtvb3K#what_are_vr_headsets?-0](#). [cit. 2025-03-27].
- [32] *Meta Quest 2. Online. Meta. 2025. Dostupné z: <https://www.meta.com/quest/products/quest-2/tech-specs/#tech-specs>*. [cit. 2025-05-23].
- [33] *Meta Quest 3. Online. Meta. 2025. Dostupné z: <https://www.meta.com/quest/quest-3/>*. [cit. 2025-05-23].
- [34] *Školení BOZP a PO ve virtuální realitě, 2025. Online. VR Education. Dostupné z: <https://vreducation.cz/skoleni-bozp-a-po-ve-virtualni-realite/>*. [cit. 2025-03-26].
- [35] VOLFOVÁ, Monika a EGEROVÁ, Dana. Využití virtuální reality ve vzdělávání pracovníků v oblasti bezpečnosti práce a ochrany zdraví: Přehled literatury. In: *Sborník příspěvků z konference Trendy v podnikání 2022*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2022, s. 12. ISBN 978-80-261-1129-0.
- [36] *The Revolution in Fire Evacuation Training: The Virtual Reality Experience, 2024. Online. IMMERSIVEFACTORY. Dostupné z: <https://immersivfactory.com/blog/274-The-Revolution-in-Fire-Evacuation-Training-The-Virtual-Reality-Experience>*. [cit. 2025-03-26].
- [37] *Virtuální realita ve vzdělávání, 2023. Online. Vzdělání pro život. Dostupné z: https://vzdelavaniprozivot.cz/virtualni-realita-ve-vzdelavani/?utm_source=chatgpt.com*. [cit. 2025-03-27].
- [38] *Zkoumání výhod virtuální reality ve vzdělávání a zábavě, 2024. Online. ITD. Dostupné z: <https://informatecdigital.com/cs/v%C3%BDhody-virtu%C3%A1ln%C3%AD-reality/>*. [cit. 2025-03-27].
- [39] *Unity 2021.3.6, 2022. Online. Unity. 8.7.2022. Dostupné z: <https://unity.com/releases/editor/whats-new/2021.3.6>*. [cit. 2025-05-20].
- [40] *Sketchfab, 2025. Online. Sketchfab. Dostupné z: <https://sketchfab.com/>*. [cit. 2025-05-20].
- [41] *TurboSquid, 2025. Online. TurboSquid. Dostupné z: <https://www.turbosquid.com/>*. [cit. 2025-05-20].

- [42] *Blender 2.93 LTS marks the end of a series 20+ years in the making, paving the way for the next generation open source 3D creation pipeline.*, 2021. Online. Blender. 2.6.2021. Dostupné z: <https://www.blender.org/download/releases/2-93/>. [cit. 2025-05-20].
- [43] *Free3D*, 2025. Online. Dostupné z: <https://free3d.com/>. [cit. 2025-05-20].
- [44] *Classroom 3D Model*, 2018. Online. Free3D. 3.7.2018. Dostupné z: <https://free3d.com/3d-model/lp-hc-132908.html>. [cit. 2025-05-05].
- [45] *Walnut Wood Table Low Poly*, 2022. Online. TurboSquid. 27.1.2022. Dostupné z: <https://www.turbosquid.com/3d-models/walnut-wood-table-low-poly-3d-model-1846283>. [cit. 2025-05-05].
- [46] *Fire extinguisher 3D Model*, 2016. Online. Free3D. Dostupné z: <https://free3d.com/3d-model/fire-extinguisher--58509.html>. [cit. 2025-05-07].
- [47] *Fire Extinguisher CO2*, 2017. Online. TurboSquid. Dostupné z: <https://www.turbosquid.com/3d-models/free-obj-mode-co2-extinguisher/1109715>. [cit. 2025-05-07].
- [48] GONZALEZ, Rafael a WOODS, Richard. *Digital Image Processing*. 4th edition. Pearson, 2018. ISBN 9780133356724.
- [49] *MacBook Air 13*, 2024. Online. TurboSquid. 7.2.2024. Dostupné z: <https://www.turbosquid.com/3d-models/macbook-air-13-3d-model-2186842>. [cit. 2025-05-20].
- [50] *Bezpečnostní prvky pro zatarasení dveří začala používat Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, jako první v republice*, 2024. Online. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta aplikované informatiky. 19.12.2024. Dostupné z: <https://fai.utb.cz/aktuality-akce/bezpecnostni-prvky-pro-zataraseni-dveri-zacala-pouzivat-univerzita-tomase-bati-ve-zline-jako-prvni-v-republice/>. [cit. 2025-05-07].
- [51] *Nightlock® Lockdown 1*, 2025. Online. NIGHTLOCK. Dostupné z: https://nightlock.com/product/nightlock-lockdown-1/?srsltid=AfmBOooqrPtCLYiEanlxPKt_nGrjR2ILkpB3X5ESO1uMBMUcrXDqs_fzy. [cit. 2025-05-07].
- [52] *Virtual reality - the future of training*, 2024. Online. European Cleaning Journal. 28.6.2024. Dostupné

- z: <https://www.europeancleaningjournal.com/magazine/articles/case-studies/virtual-reality-the-future-of-training>. [cit. 2025-05-08].
- [53] *Unity Engine*, 2025. Online. Unity. Dostupné z: <https://unity.com/products/unity-engine>. [cit. 2025-05-08].
- [54] *Free Software Never Looked This Awesome*, 2025. Online. Blender. Dostupné z: <https://www.blender.org/features/>. [cit. 2025-05-08].
- [55] OPENAI, 2025. *Generování a úprava skriptů*. Online. ChatGPT-4o. Dostupné z: <https://chatgpt.com/>. [cit. 2025-05-11].
- [56] LAH, Ondřej, 2023. *Implementace moderních marketingových nástrojů do propagační strategie FAI*. Bakalářská práce, vedoucí Drofová, Irena. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky, Ústav počítačových a komunikačních systémů. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/53650>.
- [57] *Edukační potenciál simulovaného prostředí*, 2025. Online. MICROSOFT. Forms. 13.5.2025. Dostupné z: https://forms.cloud.microsoft/Pages/ResponsePage.aspx?id=IdbjA470f0aKWmt0oj22x8_QkH9Ti1JAnPQEO6rkp89UN0pZNEIUR1U5MzREN1dLTUo2OFhNOVE4RC4u. [cit. 2025-05-14].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Třída před úpravou [vlastní].....	50
Obrázek 2. Třída před úpravou [vlastní].....	51
Obrázek 3. Třída před úpravou. [vlastní].....	51
Obrázek 4. Třída po úpravě [vlastní]	52
Obrázek 5. Třída po úpravě [vlastní]	53
Obrázek 6. Chodba [vlastní]	53
Obrázek 7. Lavice [vlastní].....	54
Obrázek 8. Katedra [vlastní]	55
Obrázek 9. Židle [vlastní]	56
Obrázek 10. Rozložení nábytku [vlastní]	56
Obrázek 11. Práškový hasicí přístroj [vlastní].....	57
Obrázek 12. CO ₂ Hasicí přístroj [vlastní]	58
Obrázek 13. Notebook [vlastní].....	59
Obrázek 14. Piktogram únikové cesty [vlastní].....	60
Obrázek 15. Umístění piktogramu [vlastní]	61
Obrázek 16. Piktogram hasicího přístroje [vlastní]	62
Obrázek 17. Dveřní bariéra [vlastní]	63
Obrázek 18. Dveřní bariéra ve dveřích [vlastní].....	63
Obrázek 19. Zástrčky [vlastní].....	64
Obrázek 20. Krabička dveřní bariéry [vlastní]	65
Obrázek 21. Uživatelovi ruce [vlastní]	69
Obrázek 22. Trigger dveřní bariéry [vlastní]	72
Obrázek 23. Menu [vlastní]	74
Obrázek 24. Uhašení zbylých ohnisek [vlastní]	77
Obrázek 25. Konec scény [vlastní]	78
Obrázek 26. Dveřní bariéra [vlastní]	79
Obrázek 27. Hlavní menu [vlastní].....	80
Obrázek 28. Víte po absolvování simulace, jak se zachovat při požáru nebo útoku? [vlastní]	84
Obrázek 29. Otevřené odpovědi dotazníku [vlastní]	85

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Jak hodnotíte vizuální zpracování prostředí a objektů? [vlastní].....	83
Tabulka 2. Víte po absolvování simulace, jak se zachovat při požáru nebo útoku? [vlastní]	84
Tabulka 3. Jak hodnotíte edukativní potenciál aplikace? [vlastní]	85

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

VR	Virtuální realita
AR	Rozšířená realita
UI	Uživatelské rozhraní
SW	Software
Obr	Obrázek
3D	Trojrozměrný
2D	Dvojměrný
CO ₂	Oxid uhličitý
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
PO	Požární ochrana
IZS	Integrovaný záchranný systém
NASA	Národní úřad pro letectví a vesmír
Např.	Například

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Obsah přiložených dat

Příloha P II: Dotazníkové šetření

PŘÍLOHA P I: OBSAH PŘÍLOŽENÝCH DAT

Příložená data obsahují následující soubory a adresáře

- Soubor fulltext.pdf obsahuje elektronickou verzi práce ve formátu PDF/A
- Adresář Aplikace_VR obsahuje aplikaci spustitelnou na headsetu Oculus Quest 2, včetně všech zdrojových souborů, které program pro jeho funkčnost vyžaduje
- Adresář ProjektovéSoubory.zip obsahuje projektové soubory programu Unity a Blender
- Soubor Vysledky_Dotaznikoveho_Setreni.xlsx obsahuje výsledky dotazníkového šetření

PŘÍLOHA P II: DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ

Dobrý den, děkuji Vám za vyzkoušení VR simulace krizové situace ve školním prostředí. Tento dotazník slouží k získání zpětné vazby, která pomůže vyhodnotit funkčnost, srozumitelnost a přínos aplikace. Vyplnění dotazníku zabere přibližně 5 minut. Vaše odpovědi jsou anonymní a budou použity výhradně pro účely diplomové práce. Děkuji za Vaši pomoc!

Část A – Obecné hodnocení

1. Jak byste celkově ohodnotil/a aplikaci po stránce uživatelského zážitku?

(1 = velmi špatná, 5 = výborná)

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

2. Bylo ovládání aplikace srozumitelné a intuitivní?

☐ Ano

☐ Spíše ano

☐ Spíše ne

☐ Ne

3. Pochopil/a jste, co je vaším cílem v simulaci?

☐ Ano, naprosto jasně

☐ Ano, částečně

☐ Ne zcela

☐ Vůbec ne

4. Jak hodnotíte vizuální zpracování prostředí a objektů?

(1 = velmi špatné, 5 = výborné)

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Část B – Edukativní přínos

5. Přinesla Vám aplikace nové informace v oblasti evakuace nebo krizových situací?

☐ Ano

☐ Částečně

☐ Nepřinesla

6. Víte po absolvování simulace, jak se zachovat při požáru nebo útoku?

☐ Ano, v obou případech

☐ Spíše ano

☐ Spíše ne

☐ Ne

7. Jak hodnotíte edukativní potenciál aplikace?

(1 = žádný přínos, 5 = velmi přínosná)

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

8. Měl/a jste během simulace pocit, že se nacházíte v reálné krizové situaci?

☐ Ano

☐ Spíše ano

☐ Spíše ne

☐ Ne

Část C – Otevřené otázky

Co Vám aplikace nejvíce přinesla nebo Vás naučila?

.....

Které části byste doporučil/a zlepšit?

.....

Máte nějaké další komentáře nebo podněty?

.....

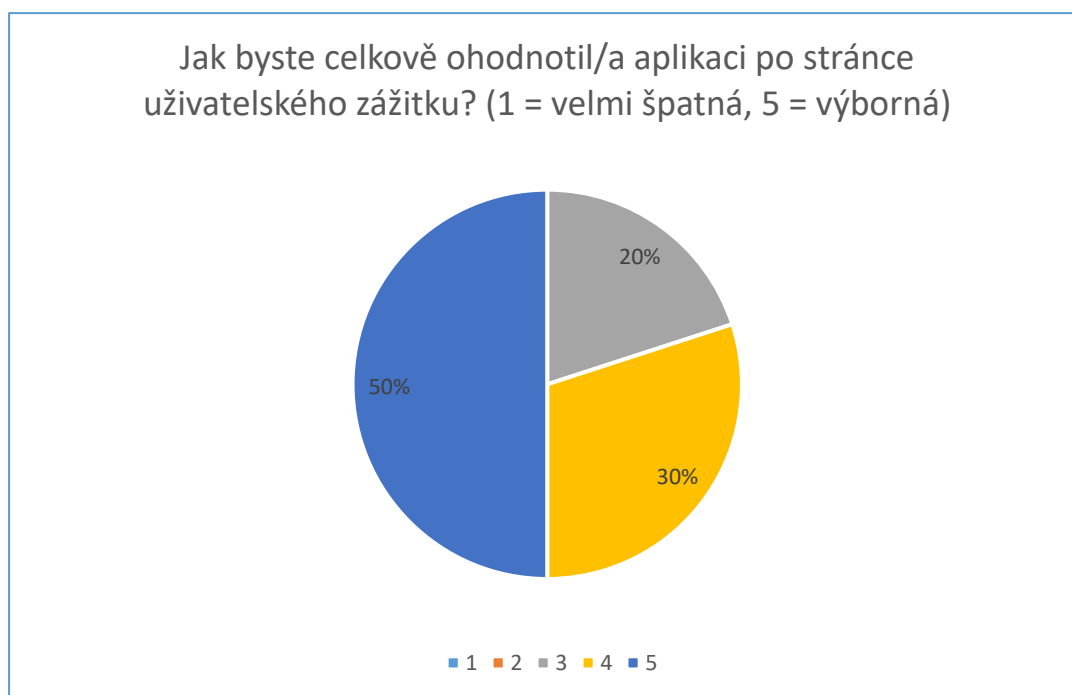
Výsledky:

Tabulka 3. Počet respondentů [vlastní]

Počet respondentů	10
-------------------	----

Tabulka 4. Jak byste celkově ohodnotil/a aplikaci po stránce uživatelského zážitku? (1 = velmi špatná, 5 = výborná) [vlastní]

Jak byste celkově ohodnotil/a aplikaci po stránce uživatelského zážitku? (1 = velmi špatná, 5 = výborná)	Počet
1	0
2	0
3	2
4	3
5	5

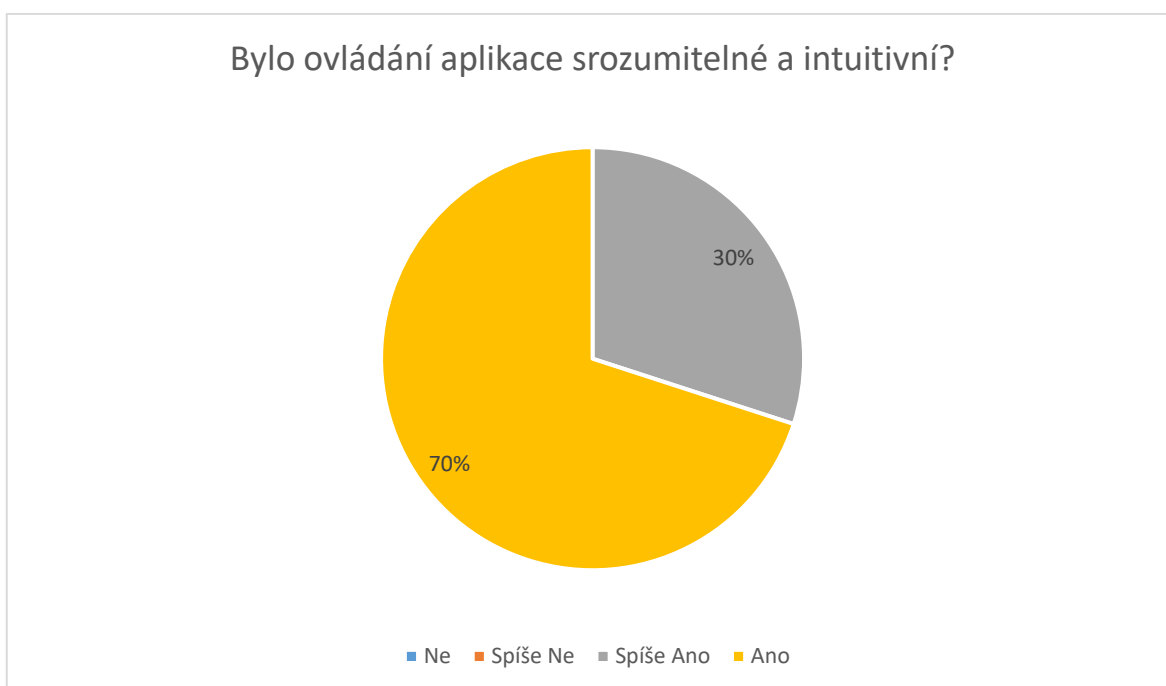


Obrázek 30. Jak byste celkově ohodnotil/a aplikaci po stránce uživatelského zážitku? (1 = velmi špatná, 5 = výborná)

[vlastní]

Tabulka 5. Bylo ovládání aplikace srozumitelné a intuitivní? [vlastní]

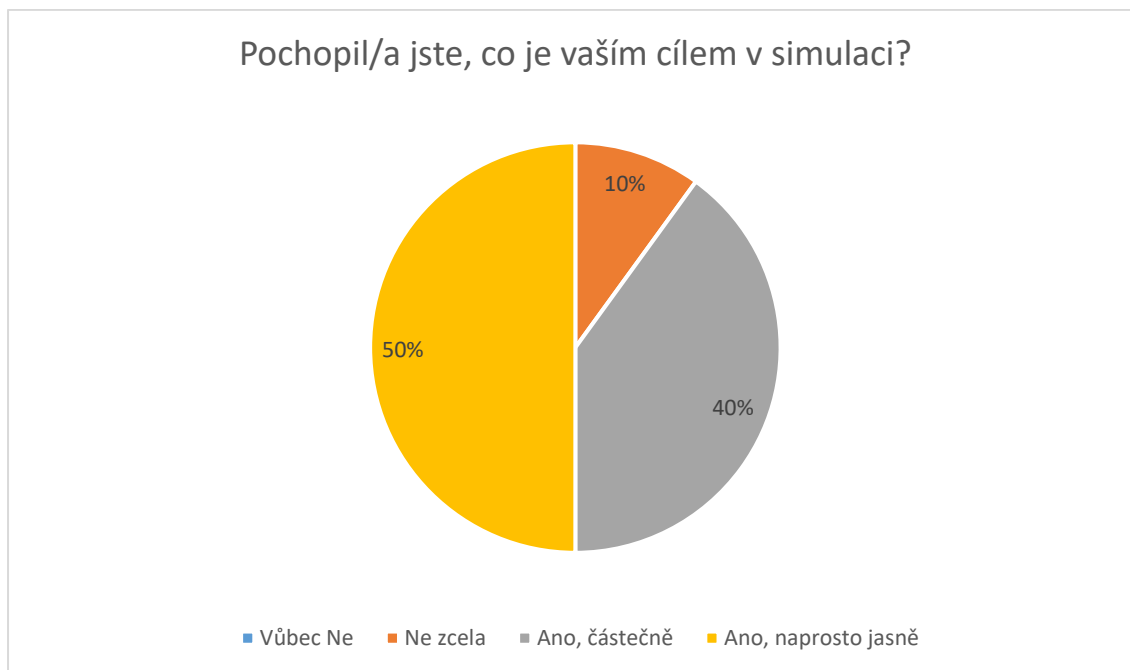
Bylo ovládání aplikace srozumitelné a intuitivní?	Počet
Ne	0
Spíše Ne	0
Spíše Ano	3
Ano	7



Obrázek 31. Bylo ovládání aplikace srozumitelné a intuitivní? [vlastní]

Tabulka 6. Pochopil/a jste, co je vaším cílem v simulaci? [vlastní]

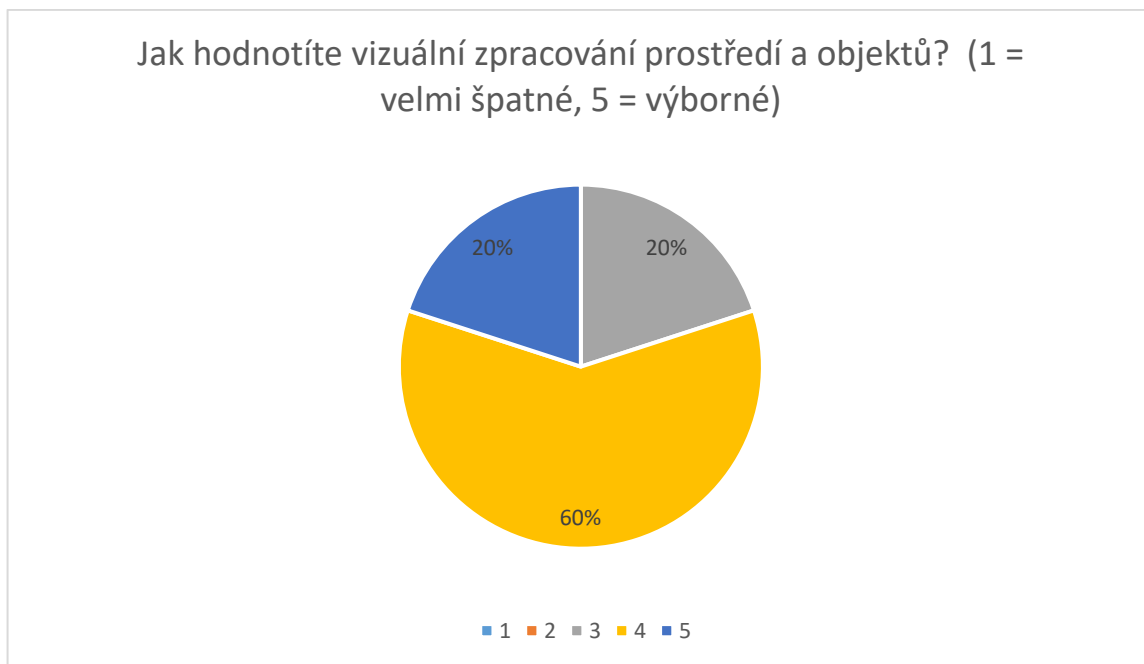
Pochopil/a jste, co je vaším cílem v simulaci?	Počet
Vůbec Ne	0
Ne zcela	1
Ano, částečně	4
Ano, naprosto jasně	5



Obrázek 32. Pochopil/a jste, co je vaším cílem v simulaci? [vlastní]

Tabulka 7. Jak hodnotíte vizuální zpracování prostředí a objektů? (1 = velmi špatné, 5 = výborné) [vlastní]

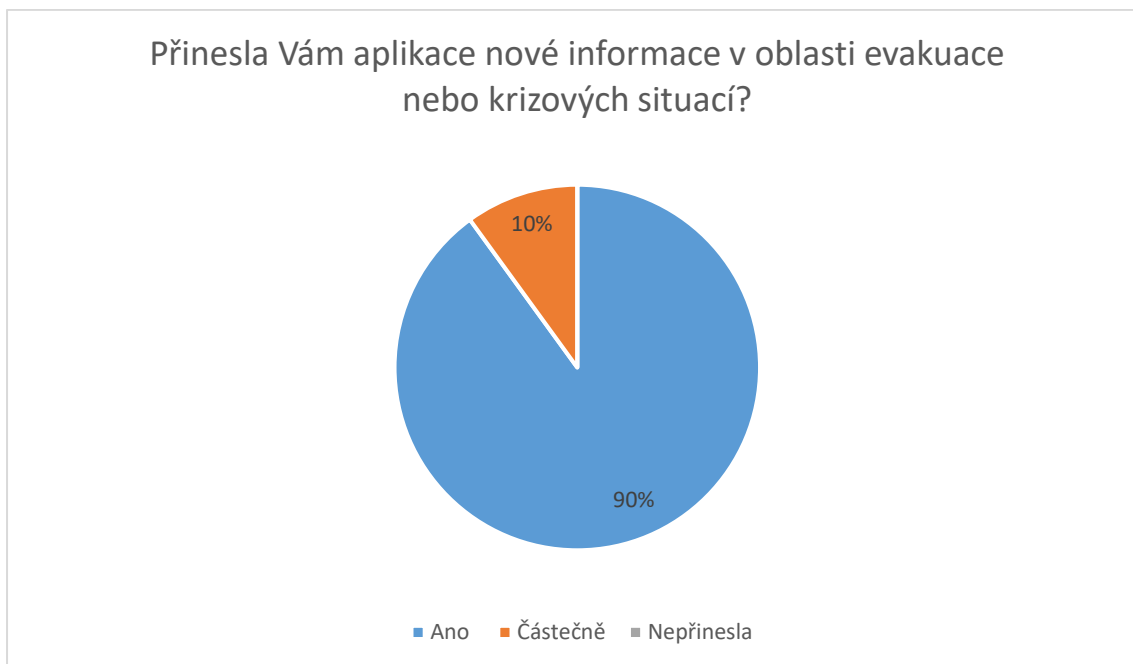
Jak hodnotíte vizuální zpracování prostředí a objektů? (1 = velmi špatné, 5 = výborné)	Počet
1	0
2	0
3	2
4	6
5	2



Obrázek 33. Jak hodnotíte vizuální zpracování prostředí a objektů? (1 = velmi špatné, 5 = výborné) [vlastní]

Tabulka 8. Přinesla Vám aplikace nové informace v oblasti evakuace nebo krizových situací? [vlastní]

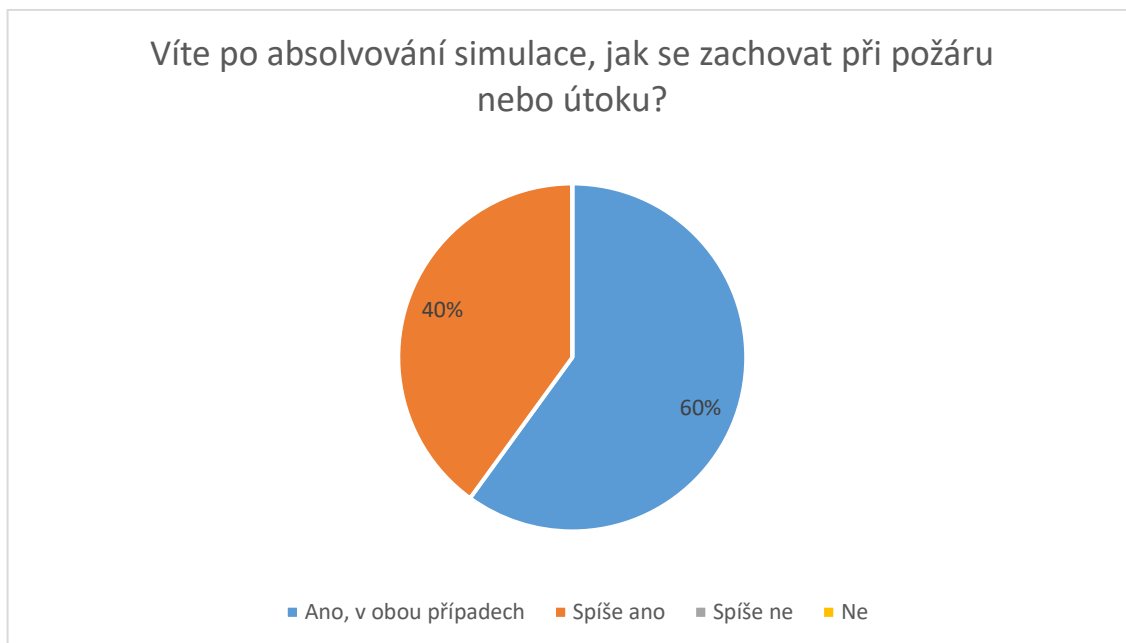
Přinesla Vám aplikace nové informace v oblasti evakuace nebo krizových situací?	Počet
Ano	9
Částečně	1
Nepřinesla	0



Obrázek 34. Přinesla Vám aplikace nové informace v oblasti evakuace nebo krizových situací? [vlastní]

Tabulka 9. Víte po absolvování simulace, jak se zachovat při požáru nebo útoku? [vlastní]

Víte po absolvování simulace, jak se zachovat při požáru nebo útoku?	Počet
Ano, v obou případech	6
Spíše ano	4
Spíše ne	0
Ne	0

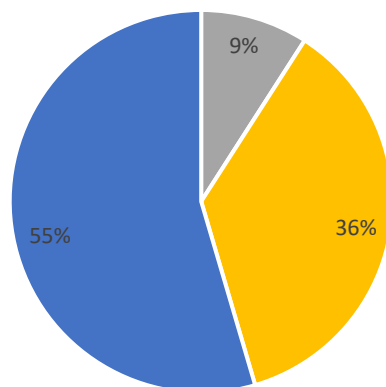


Obrázek 35. Víte po absolvování simulace, jak se zachovat při požáru nebo útoku?
[vlastní]

Tabulka 10. Jak hodnotíte edukativní potenciál aplikace? (1 = žádný přínos, 5 = velmi přínosná) [vlastní]

Jak hodnotíte edukativní potenciál aplikace? (1 = žádný přínos, 5 = velmi přínosná)	Počet
1	0
2	0
3	1
4	4
5	6

Jak hodnotíte edukativní potenciál aplikace? (1 = žádný přínos, 5 = velmi přínosná)



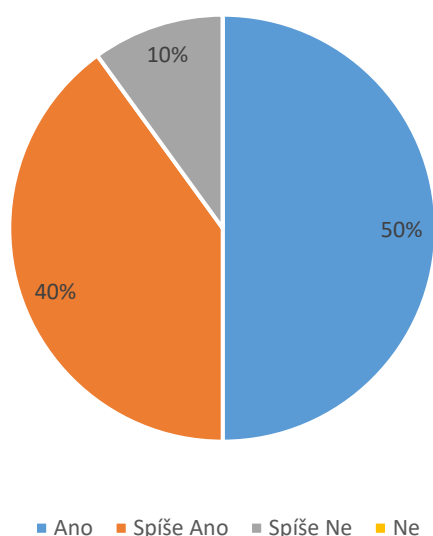
■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4 ■ 5

Obrázek 36. Jak hodnotíte edukativní potenciál aplikace? (1 = žádný přínos, 5 = velmi přínosná) [vlastní]

Tabulka 11. Měl/a jste během simulace pocit, že se nacházíte v reálné krizové situaci?
[vlastní]

Měl/a jste během simulace pocit, že se nacházíte v reálné krizové situaci?	Počet
Ano	5
Spíše Ano	4
Spíše Ne	1
Ne	0

Měl/a jste během simulace pocit, že se nacházíte v reálné krizové situaci?



Obrázek 37. Měl/a jste během simulace pocit, že se nacházíte v reálné krizové situaci?
[vlastní]

ID	Co Vám aplikace nejvíce přinesla nebo Vás naučila?	Které části byste doporučil/a	Máte nějaké další komentáře nebo podněty?
1 -		-	-
2	jak se zachovat v krizové situaci	grafika, pohyblivost	-
3	jak se chovat při mimořádných	pohyblivost	-
4	Jasný přehled, co dělat při požáru	Delší scénáře	Bez připomínek
5	Vyzkoušení krizové situace „na vlastní kůži“	Více zvukových efektů	Velmi povedené, děkuji
6	Nácvik základních postupů při požáru	Možná intuitivnější ovládání	Napadlo mě více scénářů k doplnění
7	Pochopení postupu, ale něco nebylo jasné	Popisy úkolů v simulaci	Ne každý krok byl intuitivní – možná úvodní briefing
8	informace o evakuaci v případě mimořádné události z prostor FAI	Žádné	Nemám
9	Využití zábrany v případě útoku.	Ovladatelnost prvků.	Ne
10 -		-	-

Obrázek 38. Výčet psaných odpovědí [vlastní]