

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N0715A270012 - Průmyslové inženýrství
a management

Studijní specializace: Bez specializace

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Realizace simulátoru pro podporu
bezpečnosti práce ve virtuální realitě**

Autor: Bc. Vítek LEVÝ

Vedoucí práce: Doc. Ing. Petr HOŘEJŠÍ, Ph.D.

Akademický rok 2021/2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Vítek LEVÝ**
Osobní číslo: **S20N0028P**
Studijní program: **N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Realizace simulátoru pro podporu bezpečnosti práce ve virtuální realitě**
Zadávající katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

1. Úvod
2. BOZP, normy, požární ochrana
3. Analýza současného stavu
4. Výběr technologií pro vývoj a ovládání simulátoru
5. Scénář pro simulátor
6. Realizace výukové vrstvy a tréninkové vrstvy virtuální simulace
7. Závěr

Rozsah diplomové práce: **50 – 70 stran**
Rozsah grafických prací: **0**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. OKITA, A. *Learning C# Programming with Unity 3D*. Second edition, Boca Raton, FL. USA: Routledge, 2019. 690 p. ISBN-13: 978-1138336810.
2. SUNG, K., SMITH, G. *Basic Math for Game Development with Unity 3D: A Beginner's Guide to Mathematical Foundations*. Bothel, WA. USA: Apress, 2019. 424 p. ISBN 978-1484254424.
3. LINOWES, J. *Unity Virtual Reality Projects: Learn Virtual Reality by developing more than 10 engaging projects with Unity 2018*. 2nd Edition, Birmingham, UK: Packt Publishing, 2018. 492 p. ISBN 978-1788478809.
4. LaVALLE, S. M. *Virtual Reality*. Cambridge University Press, 2020. 390 p., dostupné zdarma online na <http://lavalle.pl/vr/>
5. *Oficiální Unity3D návody dostupné na <https://learn.unity.com/>*

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Petr Hořejší, Ph.D.**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant diplomové práce: **Ing. Jan Kubr**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Datum zadání diplomové práce: **20. září 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **27. května 2022**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval mému vedoucímu diplomové práce panu Doc. Ing. Petru Hořejšímu, Ph.D. za pomoc při výběru tématu, drahocenné rady a celkové vedení při tvorbě práce. Taktéž děkuji mému konzultantovi Ing. Janu Kubrovi za pravidelné konzultace a dobré rady při vytváření simulátoru.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Levý	Jméno Vítek		
STUDIJNÍ PROGRAM	N0715A270012 „Průmyslové inženýrství a management“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Hořejší, Ph.D.	Jméno Petr		
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KPV			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Realizace simulátoru pro podporu bezpečnosti práce ve virtuální realitě			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2022
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	81	TEXTOVÁ ČÁST	72	GRAFICKÁ ČÁST	9
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Diplomová práce se zabývá vytvořením simulátoru s využitím virtuální reality, který má za účel zautomatizovat rozhodování a urychlit jednotlivé činnosti při vzniklé nepředvídatelné krizové situaci. Simulátor je zaměřen na téma bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, přesněji na požární ochranu.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	virtuální realita, BOZP, požární ochrana, simulace, Unity

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bc. Levý	Name Vítek
STUDY PROGRAMME	N0715A270012 „Department of Industrial Engineering and Management“	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Hořejší, Ph.D.	Name Petr
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Development of a Virtual Reality Simulator for Work Safety Support	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and Management	SUBMITTED IN	2022
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	81	TEXT PART	72	GRAPHICAL PART	9
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The diploma thesis is focused on the development of a virtual reality simulator, which aims to automate decision-making and speed up the activities in an unpredictable crisis situation. The simulator is aimed at work safety and health, and specifically focuses on fire protection.
KEY WORDS	virtual reality, OSH, fire protection, simulation, Unity

Obsah

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	9
Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	11
Úvod.....	12
1 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci.....	13
1.1 BOZP v průmyslovém podniku	16
1.2 Požární ochrana	17
1.3 Školení BOZP a požární ochrany	26
2 Analýza současného stavu.....	28
2.1 Standardní metody	29
2.2 Řešení pomocí nových technologií (VR a AR).....	31
3 Realizace virtuální reality.....	35
3.1 Softwarové rozhraní	35
3.2 Hardwarové rozhraní	37
4 Projekt BOZP ve VR.....	39
5 Cíl projektu.....	42
6 Výběr technologií pro vývoj a ovládání simulátoru.....	43
6.1 Výběr softwaru	43
6.2 Výběr hardwaru	44
7 Scénář pro simulátor.....	46
8 Realizace projektu	47
8.1 Vytvoření celkového prostředí	47
8.2 Zvuk.....	49
8.3 Programování funkčnosti a optimalizace	50
9 Popis simulátoru.....	52
9.1 Menu simulátoru.....	53
9.2 Simulace požární krizové situace	55
10 Technický manuál	63
10.1 Nastavení VR	63
10.2 Modely	64
10.3 Programování.....	67
Závěr.....	74
Seznam použitých zdrojů	75
Seznam příloh.....	77

Přehled použitých zkratk a symbolů

AR	Rozšířená realita
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
ČSN	České technické normy
FST	Fakulta strojní
FPS	Frames per Seconds – Snímky za vteřinu
HW	Hardware
KPV	Katedra průmyslového inženýrství a managementu
PO	Požární ochrana
SW	Software
VR	Virtuální realita
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni

Seznam obrázků

Obrázek 1-1: Prvky systému řízení BOZP podle normy OHSAS 18001 [2].....	15
Obrázek 1-2: Křivka akceptovatelnosti rizika [1]	15
Obrázek 1-3: Fáze požáru v uzavřeném prostoru [9].....	20
Obrázek 1-4: Pásma požáru [6].....	22
Obrázek 1-5: Tabulka na hasicím přístroji [10]	24
Obrázek 1-6: Sprinklery s různou teplotní reakcí a velikostí pojistky [11]	25
Obrázek 2-1: Kužel učení (upraveno dle [14]).....	29
Obrázek 2-2: Ukázka e-learningu školení PO [15]	30
Obrázek 2-3: Ukázka online aplikace školení PO [16]	30
Obrázek 2-4: Školení ve VR s využitím makety hasicího přístroje [17]	32
Obrázek 2-5: Možnost učení se ve VR v rámci školení požární ochrany [17]	33
Obrázek 2-6: Využití AR s maketou hasicího přístroje ke školení PO [18]	34
Obrázek 3-1: Prostředí softwaru Unreal Engine [20].....	36
Obrázek 3-2: Prostředí softwaru Unity [21].....	36
Obrázek 3-3: Brýle Oculus Quest 2 [22].....	37
Obrázek 3-4: Brýle HTC Vive Focus 3 [23]	38
Obrázek 4-1: Počty zaměstnanců dle oblasti podnikání [24].....	40
Obrázek 4-2: Porovnání podnikatelských oblastí vybraných pro nasazení simulátoru [24]....	41
Obrázek 8-1: Prostředí simulátoru – sklad [autor]	47
Obrázek 8-2: Částicový systém oheň [autor]	49
Obrázek 8-3: Příklad vizuálního programování za využití doplňku Bolt [autor]	50
Obrázek 9-1: Ukázka snímání rukou [autor].....	53
Obrázek 9-2: Menu simulátoru [autor].....	53
Obrázek 9-3: Ukázka časomíry v menu po výběru tlačítka [autor]	54
Obrázek 9-4: Ukázka textu startu simulace v menu [autor].....	54
Obrázek 9-5: Ukázka prostředí simulátoru a vybízejícího textu [autor].....	55
Obrázek 9-6: Ukázka upozornění na rizikovou událost a napovídající šipka [autor]	55
Obrázek 9-7: Ukázka prostředí místa s barely před neočekávanou událostí [autor].....	56
Obrázek 9-8: Ukázka scénáře 2, neočekávaná událost zapříčiňující požár benzínu [autor]	56
Obrázek 9-9: Ukázka výběru telefonního čísla [autor]	59
Obrázek 9-10: Hasicí přístroje s nápovědou [autor]	59
Obrázek 9-11: Hasicí přístroje použité v simulátoru [autor].....	60
Obrázek 9-12: Návod k uhašení požáru [autor]	61
Obrázek 9-13: Ukázka úspěšného uhašení požáru [autor]	61

Obrázek 9-14: Ukázka neúspěšného uhašení požáru [autor]	62
Obrázek 9-15: Ukázka neúspěšného uhašení požáru 2 [autor]	62
Obrázek 10-1: Hierarchie objektů ve scéně Simulace [autor].....	64
Obrázek 10-2: Animace spadnutí barelu [autor]	66
Obrázek 10-3: Funkce Přepnutí_zkouška [autor].....	69
Obrázek 10-4: Flow graf Elektřina [autor].....	70
Obrázek 10-5: Sekvence Krabice z funkce Hoří [autor]	71
Obrázek 10-6: Sekvence Hašení požáru při využití vodního hasicího přístroje [autor]	73
Obrázek 10-7: Sekvence Úspěch a Neúspěch [autor]	73

Seznam tabulek

Tabulka 1-1: Vhodnost použití hasicích přístrojů vzhledem k třídě požáru	24
Tabulka 4-1: Rozřazení podnikatelských oblastí vzhledem k vývoji simulátoru BOZP dle analýzy CIE [24]	40
Tabulka 6-1: Porovnání softwarů určených k vytváření VR aplikací	43
Tabulka 6-2: Porovnání VR brýlí.....	44
Tabulka 8-1: Příklad prvků v simulátoru	48
Tabulka 9-1: Objekty požáru v simulaci [autor]	57
Tabulka 9-2: Interaktivní objekty v simulaci [autor]	58
Tabulka 9-3: Vhodnost typu hasicího přístroje na určitý požár	60
Tabulka 10-1: Objekty v simulaci a jejich vlastnosti	64

Úvod

Po celém světě nachází virtuální realita stále většího využití. V průmyslu najdeme její využití nejen v samotné výrobě, ale také například v logistice. Nemělo by se ale zapomínat na nevýrobní, neproduktivní části v průmyslovém podniku, kde by mohla virtuální realita také nalézt využití. Důvodem může být to, že i tyto činnosti lze optimalizovat, například snížit jejich dobu trvání či náklady. Konkrétně může jít o bezpečnost a ochranu zdraví při práci, která se v každém průmyslovém podniku musí řešit, ale jelikož se nejedná o činnosti zvyšující přidanou hodnotu, jsou převážně odsunuty na druhou kolej.

Diplomová práce se zabývá využitím virtuální reality v bezpečnosti a ochraně zdraví při práci. Cílem práce je vytvoření aplikace s využitím virtuální reality, která má za účel díky možnému neustálému opakování simulace zautomatizovat rozhodování a urychlit jednotlivé činnosti při vzniklé nepředvídatelné krizové situaci. Vytvořená aplikace by měla být pro podniky přínosem, a to jak vzhledem k nákladům a času, tak i při nenadálé situaci, kdy zaměstnanci budou přesně vědět, co mají dělat.

Obsahem teoretické části práce je rešerše na téma ochrany zdraví při práci, a to včetně legislativních předpisů, se zaměřením na požární ochranu, která je pro projekt diplomové práce zásadní. Mimo zaměření na požár samotný, včetně dynamiky a šíření požáru, je zde také popis jednotlivých prostředků určených k hašení.

Důraz je také kladen na analýzu současného stavu řešení požární ochrany v podnicích. Mimo standardní metody, jako je prezentace či e-learning, jsou uvedeny i metody nové, které využívají moderní technologie, jako například VR (virtuální realita) či AR (rozšířená realita).

Dále je provedena rešerše softwarového a hardwarového rozhraní, které se v současné době využívá jednak k vytvoření, ale také k zobrazení a ovládání aplikace. V této rešerši jsou porovnány softwary, ve kterých lze simulátor realizovat, a VR brýle, které slouží k zobrazení virtuální reality.

Jelikož je simulátor součástí většího projektu, je v práci popsán tento projekt, který se zaměřuje na BOZP (Bezpečnost a ochrana zdraví při práci) ve VR. Projekt má za účel zhotovit simulátory ve virtuální realitě, které by pomohly naučit zaměstnance požadované informace ohledně jednoho z témat BOZP.

Diplomová práce poté pokračuje samotným vytvořením simulátoru, tedy aplikace s využitím virtuální reality. Je popsán vývoj a vytvoření simulátoru, načež následuje jeho podrobný popis jak pro samotného uživatele, tak i pro vývojáře, který by chtěl simulátor dále rozvíjet a zlepšovat.

1 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Pokud by existovalo dokonalé pracoviště nebo dokonalá práce ve smyslu bezpečnosti, nemuselo by se tímto komplexem zákonů, norem a směrnic vůbec zabývat. V reálném prostředí se ale s nepříznivými událostmi lze často setkat. Proto tento komplex, který má zabraňovat a předcházet úrazům nebo nemocem způsobným prací, existuje. Tímto komplexem je myšleno BOZP neboli bezpečnost a ochrana zdraví při práci. [1]

Z právního hlediska je BOZP zabezpečováno mnoha předpisy, mezi které patří zákony, nařízení vlády a vyhlášky. Dále také vnitřními předpisy a směrnicemi nebo též technickými normami nebo i návody k použití. Mezi základní předpisy pro zabezpečení BOZP můžeme například řadit:

- zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce,
- zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky BOZP
- nařízení vlády č. 101/2005 Sb., o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí
- nařízení vlády č. 361/2005 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci [2]

V mezích BOZP se ale nachází značně více než jen bezpečnost práce a ochrana zdraví při práci. Podle [1] lze do BOZP řadit i oblast tzv. sociální ochrany. Ta je sice poměrně stručnější, ale nemělo by se na ní zapomínat. Do této problematiky spadá například estetická úprava pracovišť nebo vztahy na pracovištích.

Za samotné zajištění BOZP ve firmě odpovídá zaměstnavatel, který si sám musí vytvořit svůj vlastní systém řízení. I když se k této problematice, jak již bylo zmíněno, řadí velké množství zákonů a norem, není v nich přesně definováno, co a jak má zaměstnavatel nastavit. Je samozřejmostí, že se těmito předpisy musí řídit, ale je pouze na něm, aby vyhodnotil a stanovil přesné znění BOZP ve svém podniku. Podle toho se také budou muset zaměstnanci chovat a řídit se tím. [1]

Zajištění BOZP není tedy vůbec snadná záležitost. Podnětem pro správné zabezpečení BOZP může být tzv. šťastná třináctka BOZP a PO (požární ochrana), která je popsána v [3] a která je aplikovatelná na různě velké firmy s různou mírou nebezpečnosti provozu, avšak s jinou mírou rozsahu řešení.

1. Nastavení systému BOZP a PO – interní předpisy (směrnice)
2. Identifikace rizik
3. Zařazení prací do kategorií (kategorizace prací)
4. Vyhodnocení a přidělení osobních ochranných pracovních prostředků (OOPP)
5. Začlenění vykonávaných činností do kategorie dle požárního nebezpečí
6. Školení a odborná příprava
7. Revize a kontroly technických zařízení
8. Lékárnička první pomoci
9. Hasební technika (hasicí přístroje a další)
10. Bezpečnostní značení a signály
11. Umístění knihy úrazů, požární knihy a dalších
12. Zajištění smluvního poskytovatele pracovnělékařských služeb a provádění lékařských prohlídek
13. Proverky BOZP a preventivní požární prohlídky

V současné době je řešení BOZP spjato s riziky – jejich analýzou, vyhodnocením a popřípadě adekvátním řešením. Řešení může být například v podobě nové směrnice, která říká, jak tomuto riziku předcházet, popřípadě jak riziko nejvíce eliminovat, pokud již vzniklo. Vzhledem k tomu, že v současné době neustále vznikají nové technologie a s nimi nové pracovní postupy a techniky, musí se problematika rizik řešit téměř denně. Ať už je tedy zaměření firmy jakékoliv, BOZP by mělo být součástí jejího řízení. K tomu se váže tzv. systém managementu BOZP. [1]

Podle [2] je systémové řízení BOZP proaktivním přístupem, který má zajišťovat ochranu zdraví a života zaměstnanců před riziky na pracovišti. Je zřejmé, že podle velikosti organizace bude tento přístup nabývat podstatnějších rozměrů. To stejné platí i vzhledem k činnosti organizace. Čím jsou činnosti nebezpečnější, tím více by se systémové řízení BOZP mělo brát v potaz.

Systém řízení BOZP vymezuje [2] takto:

- dobrovolný systém řízení
- integruje bezpečnost a ochranu zdraví do podnikání
- naplňuje očekávání výkonnosti BOZP (nejlepší praktiky)
- aplikovatelný na každou organizaci, nezávisle na odvětví a velikosti

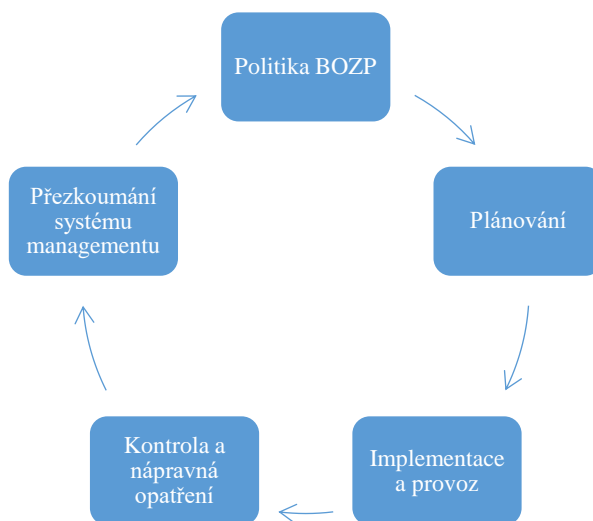
K zavedení systémového přístupu k řešení BOZP může organizace přistupovat mnohými způsoby. Mezi jednu z lepších eventualit se řadí využití normy OHSAS 18001, což potvrzuje i [4]:

- Zlepšovat oblast BOZP jen pomocí respektování požadavků právních předpisů nesměruje k trvalému zlepšování, protože právní předpisy nenabízí zaměstnavatelům žádný systémový nástroj, jak cíle dosáhnout.
- Právních předpisů a požadavků v nich obsažených je takové množství, že dosažení shody organizace s právními požadavky bez systémového přístupu je prakticky nemožné.
- Zatím nejlepším známým způsobem, jak trvale zlepšovat, udržovat a zvyšovat úroveň BOZP v organizaci, je implementace systému BOZP podle normy ČSN OHSAS 18001:2008.

Tato norma, která posuzuje bezpečnost a ochranu zdraví při práci, byla vypracována vzhledem k žádostem zákazníků, kteří se již ztráceli v nepřehledném množství zákonů a dalších právních předpisů. Zákazníci chtěli ucelený předpis, podle kterého by mohli hodnotit systém BOZP. Normu lze využít i k certifikačním účelům, k prokázání správného využívání systému managementu BOZP. Samozřejmostí je, že při vytváření systému vzhledem k této normě záleží na mnoha faktorech vztažených k organizaci, může se jednat například o velikost či náplň podnikání, ale i její kulturu. Důvodem, proč tato norma vyčnívá nad ostatní a proč je velmi využívána, je právě její systémový přístup, jímž přináší řád do spletité kombinace zákonů a vyhlášek o BOZP. Také se více zaměřuje na samotnou prevenci vzniku pracovních úrazů. [2]

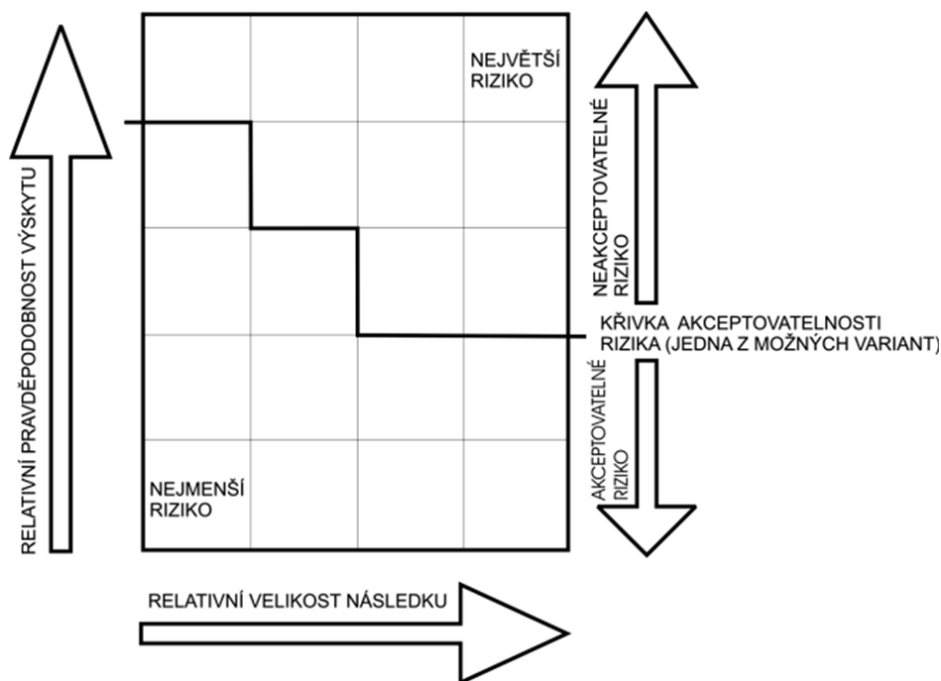
Norma OHSAS 18001 se zaměřuje na vymezení cílů a návrhů pro kontinuální redukci úrazů a nehod na pracovišti. Návrhy jsou po implementaci kontrolovány a sledovány vzhledem k jejich efektivitě, popřípadě dochází k úpravám. Po celkovém zhodnocení implementace a proběhlých procesů se může opět začít od začátku. Díky tomuto nepřetržitému cyklu opakovaných kroků dochází k udržování, a hlavně zlepšování systému managementu BOZP, a s tím spojené zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a snížený počet pracovních úrazů. [4]

Prvky systému řízení BOZP podle normy OHSAS se neustále opakují. Tento cyklus, a především jeho prvky jsou vyobrazeny na obrázku číslo 1-1.



Obrázek 1-1: Prvky systému řízení BOZP podle normy OHSAS 18001 [2]

Cílem BOZP by mělo být zabezpečení pracovního prostředí bez neakceptovatelných rizik. Důležité je položit si otázku, jak stanovit takováto neakceptovatelná rizika. Dle [1] jde o stanovení křivky akceptovatelnosti rizika (obrázek 1-2). Tato křivka zohledňuje zájmy jak zaměstnavatele, tak i zaměstnance a státu. Všechna rizika, která se nacházejí pod touto křivkou, jsou brána jako přijatelná (a to pro všechny výše zmíněné subjekty). BOZP se musí zabývat tím, co je nad touto křivkou. Tyto rizika jsou již identifikována a je nutné je systémovým přístupem co nejvíce eliminovat, popřípadě zmírnit jejich pravděpodobnost výskytu nebo rozsáhlost následku. Lze podotknout, že i pod touto křivkou se mohou vyskytnout velice nebezpečné pracovní činnosti, avšak v těchto případech se jednoduše jedná o nebezpečnou profesi, ke které tyto činnosti neodmyslitelně patří. A jak sám uvádí autor [1] - neexistuje bezpečná pracovní činnost, pouze více, či méně nebezpečná.



Obrázek 1-2: Křivka akceptovatelnosti rizika [1]

1.1 BOZP v průmyslovém podniku

Podobně jako celkové pojetí BOZP, ani pro část průmyslových podniků nejsou nijak přesně definované závazné postupy, ale každý podnik se musí sám přizpůsobit a vytvořit vlastní směrnice, a to vzhledem k jeho velikosti a činností. K tomu existují zákony a nařízení, které organizace musí dodržovat. Ty také udávají směr, kterým by se podniky měly řídit pro zabezpečení BOZP. Mezi tyto zákony či nařízení například patří:

- Zákon č. 309/2006 Sb., který v paragrafu 7 definuje, že pokud se na pracovištích zaměstnavatele vyskytují rizikové faktory, mezi které lze zařadit faktory fyzikální (hluk, vibrace), chemické (karcinogeny), prach, fyzickou zátěž, psychickou a zrakovou zátěž, je zaměstnavatel povinen pravidelně a pokud dojde ke změně podmínek práce, měření zjišťovat a kontrolovat jejich hodnoty a zabezpečit, aby byly vyloučeny nebo alespoň omezeny na nejmenší rozumně dosažitelnou míru.
- Nařízení vlády č. 375/2017 Sb., které stanovuje vzhled, umístění a provedení bezpečnostních značek a značení a zavedení signálů
- Vyhláška č. 180/2015 Sb., o zakázaných pracích a pracovištích, která specifikuje činnosti, které jsou zakázány těhotným či kojícím zaměstnankyním a činnosti, které jsou zakázány mladistvým zaměstnancům [5]

V dalších zákonech lze například ještě nalézt normy vztažené k ruční manipulaci s břemenem, skladování nebo práci ve výškách.

Pro organizace, ve kterých je pravděpodobnost či dopad rizika na vysoké úrovni, jsou vypisovány předpisy přímo vztažené k danému oboru. Jedná se například o:

- Nařízení vlády č. 406/2004 Sb., o bližších požadavcích na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v prostředí s nebezpečím výbuchu
- Vyhláška č. 71/2002 Sb., o zdolávání havárií v dolech a při těžbě ropy a zemního plynu, která stanovuje požadavky na havarijní prevenci a zdolávání nehod
- Vyhláška č. 239/1998 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při těžbě a úpravě ropy a zemního plynu a při vrtných a geofyzikálních pracích [5]

U některých činností je dokonce potřeba být i odborně způsobilý k jejich vykonávání. Zaměstnanci, vykonávající takovéto činnosti, si musí odbornou způsobilost zajistit zkouškou, kterou musí opakovat každých 5 let. Nejdříve musí projít školením, odborným kurzem či zácvikem, kdy poté následně konají zkoušku z odborné způsobilosti. Mezi tyto činnosti patří třeba svařování, obsluha manipulačního nebo zdvihacího vozíku či práce na elektrických zařízeních. [4]

Pro prevenci rizik je také důležitá kategorizace prací neboli rozdělení práce do čtyř kategorií, a to podle míry výskytu rizikových faktorů, které mohou ovlivnit zdraví zaměstnanců. Mezi tyto faktory patří například prach, fyzická zátěž, pracovní poloha nebo hluk. Je zřejmé, že zaměstnanci v průmyslových podnicích budou spadat do vyšších kategorií (kategorie 3-4), kategorií s vyšším rizikem. Účelem kategorizace je stanovit patřičná opatření na ochranu rizikovějších zaměstnanců, ať už v podobě poskytnutí ochranných prostředků či častější preventivní zdravotní péče. [4]

BOZP se ale někdy nemusí týkat přímo zaměstnanců. Pod jeho záštitou lze nalézt i povinnost zajištění údržby a revize strojních zařízení, dopravních prostředků nebo nástrojů, tak aby se zajistil jejich bezproblémový a bezpečný provoz. K této kontrole lze využít například formuláře, kde se zaznamenává kdo, co a jak často provádí. [4]

1.2 Požární ochrana

Obsahem BOZP je z velké části požární ochrana, do které se řadí například evakuace, bezpečný provoz technických zařízení či samotné školení o požární prevenci a ochraně. Jako požární ochranu můžeme rozumět použití technických a jiných různých prostředků k předcházení požáru. Tyto prostředky vycházejí z nároků předepsaných v zákonech, nařízeních či normách. Mimo typickou tematiku požární ochrany spojenou s požárem na pracovišti lze prvky požární ochrany nalézt například i v problematice řešení staveb, skladování materiálu či provozu komínů. [1]

Dle [6] lze požár definovat následovně: „Pro účely požární ochrany se za požár považuje každé nežádoucí hoření, při kterém došlo k usmrcení či zranění osob nebo zvířat, anebo ke škodám na materiálních hodnotách. Za požár se považuje i nežádoucí hoření, při kterém byly osoby, zvířata nebo materiální hodnoty nebo životní prostředí bezprostředně ohroženy.“

Zaměstnavatel je povinen zajistit požární ochranu, a to vzhledem k míře požárního rizika, které se vyskytuje na pracovištích dané organizace. Podle tohoto rizika lze rozdělit firmy do tří kategorií:

- Bez zvýšeného požárního nebezpečí
- Se zvýšením požárním nebezpečím
- S vysokým požárním nebezpečím

Pro každou z těchto kategorií jsou stanoveny zákonné povinnosti, které musí dodržovat. Vyhláška o požární prevenci (č. 246/2001 Sb.) stanovuje, že kategorizaci provádí pouze technik PO nebo odborně způsobilá osoba. [1]

Právní normy a zákony

Hlavním zákonem vztahujícím se k požární ochraně je zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně. V něm lze nalézt jak všeobecné, tak i jednotlivé povinnosti zaměstnavatele podle kategorií míry rizika. Za základní všeobecnou povinnost, která platí pro všechny, se považuje takové počinání člověka, které nezapříčiní vznik požáru, ohrožení života či zdraví osob, či zvířat nebo majetku. Pokud se již člověk nalézá v mimořádné situaci, jako je třeba požár nebo živelná pohroma, měl by poskytovat přiměřenou pomoc, a to vzhledem k bezpečnosti jeho a osob blízkých. [7]

Mezi povinnosti organizace či osob, které podnikajících v činnostech bez zvýšeného požárního nebezpečí, patří například:

- Zabezpečování požární techniky a jiných prostředků požární ochrany vzhledem k možnému nebezpečí na pracovišti. Je také potřeba tyto předměty zachovávat v provozuschopném stavu.
- Zajistit předpoklady k rychlému uhašení požáru či jiným záchranným pracím. Řadí se sem nejen podmínky přímo uvnitř pracoviště (přístupy k uzavěrům vody, plynu, rozvodně elektrické energie, únikové cesty a volný přístup k nouzovým východům) ale také vně budov (volné příjezdové cesty či vyhrazená plocha pro přistavenou požární techniku).
- Označování pracoviště zákazy a pokyny vzhledem k požární ochraně, jako je například označení cesty k únikovému východu, hasicího přístroje nebo tlačítka hlásiče požáru.
- Pravidelná kontrola dodržování předpisů požární ochrany, popřípadě okamžité řešení nalezených nedostatků. [7]

Pokud je firma zařazena o kategorii výš, do skupiny se zvýšeným požárním nebezpečím, platí pro ni všechny uvedené předešlé povinnosti a dále navíc tyto:

- Vymezit správu zabezpečení požární ochrany vzhledem k rizikům vyplívajících z provozované činnosti.
- Zajistit revizi a údržbu technických a technologických zařízení, a to vzhledem ke stanoveným podmínkám požární ochrany (podmínky vztažené k intervalům či metodě provedení).
- Zabezpečit, že kontrolu a opravy zařízení bude provádět odborně kvalifikovaná a prověřená osoba.
- Stanovit, že práci, při které je riziko vzniku požáru, bude provádět jen kvalifikovaná osoba.
- Udržovat a aktualizovat informace o skladovaném materiálu relevantních k požární ochraně a ochraně života a majetku. [7]

Poslední, a také nejzávažnější, je organizace zařazená do skupiny s vysokým požárním nebezpečím. Pro ni platí všechny předešlé povinnosti (jak pro bez zvýšeného požárního nebezpečí, tak i s). Dále se ale musí řídit ještě následujícím:

- Organizace musí pomocí odborně způsobilé osoby zajistit posouzení požárního nebezpečí, vzhledem k ohrožení osob a majetku. V tomto posouzení se vyskytuje například analýza vlivů z hlediska zrodu a působení požáru, zhodnocení nalezených rizik, posouzení možnosti evakuace.
- Vymezení systému řízení požární ochrany, který má za úkol snižovat pravděpodobnost, a tedy riziko vzniku a šíření požáru.
- Před provozem činnosti musí organizace získat schválený dokument o posouzení požárního nebezpečí (schvaluje orgán státního požárního dozoru), který sama vypracuje.
- Pokud se změní povaha či podmínky činnosti, je firma povinna přepracovat a předložit ke schválení dokument o posouzení požárního nebezpečí. [7]

Pokud tyto pokyny organizace nedodrží, může dostat od státního požárního dozoru vysokou peněžitou pokutu. Je nepochybné, že s čím vyšším nebezpečím v oblasti požární ochrany, tím se nároky na dodržování povinností a podmínek zvyšují. Zvyšují se ale také pokuty za jejich nedodržení. V případě firmy bez zvýšeného požárního nebezpečí až 250 000 Kč, se zvýšeném nebezpečím až 500 000 Kč a u organizace s vysokým nebezpečím může pokuta dosáhnout až jednoho milionu korun. Pokuty může společnost dostat za porušení povinnosti, například:

- neoznačení pracoviště příslušnými bezpečnostními značkami (zákazy, pokyny)
- neprovádění dohledu nad dodržováním předpisů
- nezajištění pracovníkům školení o požární ochraně
- nevypracování předepsané dokumentace
- nevytváření podmínek pro hašení požárů [7]

Mezi další důležité ustanovení, které se zabývají požární ochranou, můžeme zařadit vyhlášku č. 246/2001, Sb. o požární prevenci, ve které jsou definovány výchozí povinnosti k zabezpečení podmínek požární ochrany na pracovištích. Dále také vyhlášku č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, která například uvádí, které předměty by se neměly nacházet v blízkosti únikové cesty anebo také stanovuje nároky na bezpečnostní značení na pracovišti. Vyhláška č. 34/2016 Sb., o čištění, kontrole a revizi spalínové cesty zajišťuje, že organizace bude pravidelně kontrolovat a čistit komíny, kouřovody či jiné spotřebiče paliv. [1]

Druhy požárů

Požáry lze rozdělit podle různých kritérií. Může se jednat o samotné vlastnosti požáru, ale i třeba způsobu jeho hašení. Dle [6] lze požáry dělit následovně:

Rozdělení dle hořících látek

- Požáry pevných látek
- Požáry hořlavých kapalin
- Požáry plynů
- Požáry kombinované

K těmto jednotlivým kategoriím můžeme najít značení u hasicích přístrojů (A-D).

Podle možnosti šíření

- Rozšiřující se požáry
- Nerozšiřující se požáry

U nerozšiřujících se požárů je hořlavá látka omezena plochou, časem, množstvím nebo jinými podmínkami, které brání dalšímu ohni.

Podle rozsahu

- Malé požáry – v ohrožení jsou jednotlivé osoby, menší plochy v rádech m² či části budov
- Střední požáry – v ohrožení se nachází desítky osob, plochy jsou již stovky m² nebo je oheň rozšířena na celé domy
- Velké požáry – požár již ohrožuje stovky osob, hektary až desítky hektarů ploch nebo celé bloky domů
- Katastrofické požáry – v ohrožení se již nachází tisíce osob, plochy stovek hektarů nebo celé městské čtvrti

Podle doby trvání

- Krátkodobé – hodiny
- Střednědobé – desítky hodin
- Dlouhodobé – více jak čtyři dny

Dále lze požáry dělit ještě podle zjistitelnosti (otevřené, skryté), polohy (podzemní, přízemí, nadzemní) nebo také podle výměny plynů v místě hoření (otevřené, ohraničené). [6]

Požáry lze také dělit podle normy ČSN EN 2, která určuje třídy požárů podle druhu hořlavé látky.

- Třída požáru A – požáry pevných látek organického původu (hoření je doprovázeno žhnutím), lze sem zařadit například dřevo, papír, sláma, uhlí, guma, textil
- Třída požáru B – požáry kapalin nebo látek přecházejících do kapalného stavu, například benzín, olej, barvy, alkohol, dehet
- Třída požáru C – požáry plynů, například metan, propan, acetylén, vodík
- Třída požáru D – požáry lehkých a alkalických kovů, jako například hliník, hořčík, draslík, sodík
- Třída požáru F – požáry jedlých olejů a tuků (rostlinných nebo živočišných) ve fritézách a ostatních kuchyňských přístrojích a zařízeních [8]

V některých zdrojích lze ještě najít požár elektrických zařízení, který se v této kategorizaci ale nenachází.

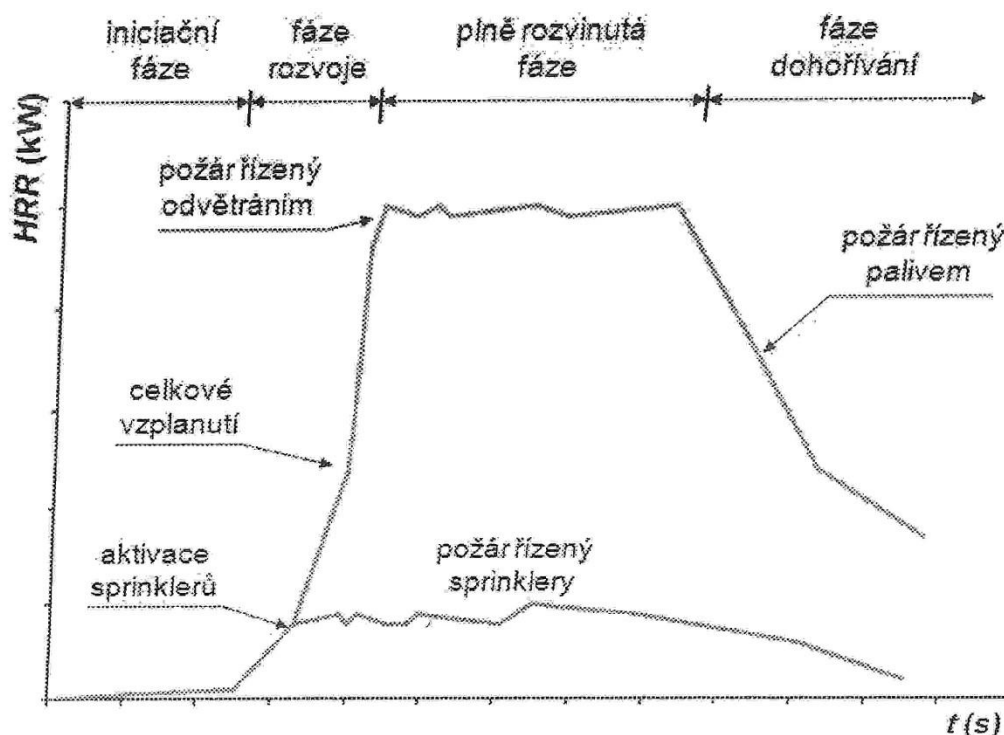
Dynamika požáru

Z hlediska požární ochrany je důležitá vědomost, jak by se požár choval a postupoval v případě, kdyby vypukl na stanoveném místě na pracovišti. Oblast, která se těmito simulacemi zabývá, je požární inženýrství. V tomto oboru jde převážně o posouzení nejvýznamnějších cílů požární bezpečnosti a měřítek přijatelnosti. Mezi jeho dílčí části lze zařadit například posouzení konstrukcí budov při požáru, plán požárně bezpečnostních zařízení, určení bezpečné evakuace osob nebo také podmínky pro úspěšný zásah požárních jednotek. [9]

Samotná simulace požáru a jeho dynamiky, vztažená k požárnímu inženýrství, slouží k získání kvantitativního vyjádření kritérií pro vytvoření návrhu požární bezpečnosti na pracovišti. Tato simulace se nazývá návrhový požár. Při této simulaci se sleduje mnoho měřítek, které jsou závislé na čase. Jedná se například o:

- rychlost uvolňování tepla (HRR – Heat release rate)
- intenzita tvorby kouře
- velikost požáru
- teplota plynů v prostoru
- doba do rozhodujících událostí (např. do celkového vzplanutí) [9]

Při vývoji požáru v uzavřeném prostoru se vychází z tzv. idealizovaného bodového zdroje hoření, ze kterého se následně požár rozvíjí. Tento zdroj hoření se nachází na podlaze v místnosti a je charakterizován rychlostí uvolňované energie (tepla) a vývinem produktů hoření (kouř, plyny). Průběh tohoto požáru v uzavřeném prostoru lze rozvrhnout do čtyř fází, které lze vidět na obrázku 1-3. Graf na obrázku znázorňuje závislost HRR – rychlosti uvolňování tepla (vertikální osa) na čase (horizontální osa). HRR je základní využívanou veličinou pro určování intenzity hoření. Je vyjadřována v řádech stovek kilowatt až několika megawatt. [9]



Obrázek 1-3: Fáze požáru v uzavřeném prostoru [9]

1. Počáteční fáze

Fáze inicializace požáru je časový úsek od jeho vzniku až k počátku intenzivního hoření. Dle statistiky trvá 3 až 10 minut. Intenzita požáru je zatím poměrně slabá a závisí především na hořlavých látkách (druh, množství) a celkových podmínkách (vzduch, oblast). Tato fáze je pro hašení nejvýhodnější, požár ještě není velký, a tak ho lze jednoduše zlikvidovat. Škody jím způsobené jsou minimální. [6]

2. Fáze rozvoje

V této fázi nabírá požár na síle, rozrůstá se a produkuje stále více tepla a kouře. Na konci této fáze jsou již ohněm pohlceny všechny hořlavé materiály v jeho blízkosti a rovněž i konstrukce objektu. Požár v této fázi je již poměrně těžké uhasit, žádá si to vysoké nároky na hasební práce a jejich organizaci. Škody již mohou výrazně stoupat, a to jak způsobené požárem, tak i hasebními pracemi. [6]

3. Plně rozvinutá fáze

Po úplném vzplanutí se požár dostává do plně rozvinuté fáze. Požár a jeho intenzita závisí na dostupném palivu či větrání. V prostoru se vyšplhala teplota na maximální a požár neustává, má stále stejnou intenzitu. Právě průběh této fáze je zásadní nasimulovat a řídit se podle jeho parametrů při posuzování požární odolnosti stavby. [9]

Kvůli maximální intenzitě požáru jsou narušeny už i nosné prvky konstrukce a může dojít k zřícení stropů. Samotný hasební zásah záchranných jednotek se již nemusí soustřeďovat plně na zasažený objekt, ale může se zaměřit na zabránění rozšíření ohně do okolí a jeho ochranu. Podle závažnosti se zasažený objekt může nechat i zcela vyhořet, pokud je to vhodnější vzhledem k celkové situaci a náročnosti zásahu. [6]

4. Fáze dohořívání

Intenzita hoření se již snižuje a končí s vyhořením posledních hořlavých látek na místě vzplanutí. Po celkovém vyhoření paliva může docházet k zřícení zdiva, schodišť a podobně. Hasební práce končí buď úplným dohašením ohniska požáru nebo, pokud se nechá objekt zcela vyhořet, kontrolní dohlídkou. [6]

Pásma požáru

Prostor, který je požárem ovlivněn, lze rozdělit na tři pásma. Pásma jsou závislá na rozvoji požáru a podle něho se také s časem proměňují či úplně mizí, prostorově se tyto pásma mohou také překrývat. [6] popisuje tyto pásma takto:

- Pásmo hoření

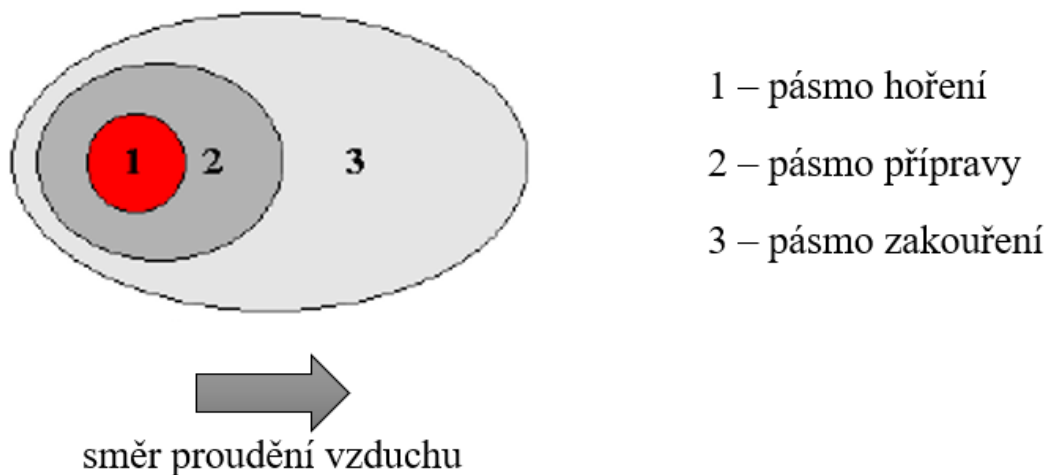
Zde probíhá vlastní hoření, které obsahuje páry a plyny vymezené plamenem. Toto pásmo může být ohraničeno například stavební konstrukcí či stěnami. Teplota v pásmu hoření dosahuje nejvyšších stupňů (například u dřeva 1000 °C, u hořlavých kapalin v rozmezí 1200-1500 °C).

- Pásmo přípravy

Pásmo přípravy obklopuje pásmo hoření. Pokud není zabráněno požáru v pásmu hoření, postupuje požár do pásma přípravy. Dochází tedy k šíření požáru. Vnější hranice pásma přípravy je určena vyzařujícím teplem. Hasiči by se měli v tomto pásmu zaměřit na ochlazování látek či jejich úplném odstranění (odnesení tlakových lahví mimo oblast).

- Pásmo zakouření

V tomto pásmu se nacházejí kouřové plyny, a to v koncentraci, která je život či zdraví ohrožující. Je zde snižena viditelnost a teplota nad 60 °C. Pásmo může být jak malé, tak i velmi velké, což závisí na mnoha faktorech (např. podmínky výměny plynů v místě požáru).



Obrázek 1-4: Pásmo požáru [6]

Šíření požáru

Požár průběhem času postupuje dále a jeho plocha se zvětšuje. To se nazývá šíření požáru. Na rychlost a směr šíření působí celá řada faktorů, které ho ovlivňují, ať již pozitivně nebo negativně. Mezi nejzávažnější činitele lze podle [6] označit:

- Charakteristika hořlavých látek – Množství a chemické či fyzikální vlastnosti látek jsou velkým faktorem v případě šíření požáru. Mohou ovlivňovat jak intenzitu požáru, tak i jeho rozměry či směr.
- Podmínky výměny plynů na místě požáru – Příliv vzduchu do pásma hoření či odvod zplodin jsou při požáru nevyhnutelné. Při požárech ve venkovních prostorech může dojít i k přenosu hořících částic a rozšíření požáru na velkou vzdálenost. Naopak v uzavřeném prostoru může kvůli nedostatku kyslíku dojít až k samouhašení požáru.
- Výbuchy a exploze – V místě požáru se mohou nacházet výbušné předměty, jako například lahve se stlačeným plynem či tlakové nádoby. Ty mohou způsobit explozi, která způsobí rozsáhlejší požár.
- Cesty šíření požáru – Pokud má požár cestu, po které se může šířit, nic mu nebrání postupovat. V průmyslových halách to například mohou být dopravníky či jiná propojení objektů. Je tedy dobré myslet na různá oddělení těchto konstrukcí pro omezení šíření.
- Meteorologická situace – Při požáru na otevřeném prostoru mohou hasebním pracím výrazně pomoci dešťové či sněhové srážky. Naopak sucho může práci hasičů výrazně zkomplikovat.

Způsoby hašení

Pokud vypukne požár na pracovišti, je nejrychlejším možným způsobem k jeho uhašení využití hasicího přístroje, který by se měl nacházet v nejbližším okolí. Je možné, že se na pracovišti nachází i protipožární sprinklerový systém, který by se měl automaticky postarat o zmírnění, popřípadě i uhašení požáru.

Hasicí přístroj obsahuje hasivo (voda, pěna, CO₂) a je určen k rychlému, a hlavně nenáročnému použití. Hasicí přístroje jsou určeny k hašení požáru v počátku. Hlavní nevýhodou je omezení v množství hasiva. Hasicí přístroje lze rozdělit podle druhu (přenosné, pojízdné, přívěsné), konstrukce (pod stálým tlakem, s tlakovou patronou), hasiva (práškové, vodní, pěnové a další) nebo výtlačného plynu (vzduch, argon, dusík, oxid uhličitý). [8]

Důležité je také správné umístění hasicího přístroje. Dle vyhlášky 246/2001 Sb., která stanovuje podmínky požární bezpečnosti, vyplývá množství, druh a způsob vybavení prostor z požárně bezpečnostního řešení stavby či obdobné dokumentace. Nemusí se jednat jen o hasicí přístroje, ale i například o prostředky pro záchranu a evakuaci osob (seskokové matrace, plachty), prostředky pro práci ve výškách, na nebo ve vodě. Tato vyhláška také dále stanovuje samotné umístění hasicích přístrojů, které má umožňovat rychlé a snadné použití, má být snadno viditelné a volně přístupné. Hasicí přístroje by se měli umisťovat tam, kde je nejvyšší pravděpodobnost vzniku požáru nebo v jejich dosahu, kdy volba a druh přístroje závisí na charakteru předpokládaného požáru. [5]

Podle hasiva, použitelnosti na různé požáry, se hasicí přístroje dělí dle [8] na:

- **Práškové**

Práškové hasicí přístroje pracují na fyzikálně-chemickém efektu. Vypuštěný prášek zpomaluje chemickou reakci hoření a také vytváří hořícímu materiálu tzv. povlak, který zamezuje přístupu kyslíku. Práškové hasicí přístroje se dělí ještě podle možné aplikovatelnosti, buď na požáry ABC anebo na požár třídy D. Obě tyto skupiny jdou ještě využít na hašení zařízení pod elektrickým napětím.

- **Vodní**

Pro případ požáru pevných látek organického původu (třída A) se nejlépe hodí vodní hasicí přístroj, který využívá ochlazujícího působení vody. Avšak na ostatní třídy požárů je nevyhovující. Spíše by způsobil ještě více škod. Pokud by se vodou hasily hořlavé kapaliny, může dojít k ještě většímu rozšíření požáru. Voda je také extrémně nevhodná při požáru zařízení pod elektrickým proudem.

- **Pěnové**

Podobně jako práškové hasicí přístroje, i pěna dokáže oddělit hořící materiál od přístupu ke kyslíku, navíc má ještě chladicí účinek. Pěnové hasicí přístroje se používají na požáry třídy ABC, nejvíce se hodí na třídu B – hořlavé kapaliny. Stejně jako vodní se ale nehodí na hašení zařízení pod napětím.

- **CO₂ (sněhové)**

Oxid uhličitý dokáže snížit obsah kyslíku v okolí požáru a tím ho uhasit. Výhoda tohoto přístroje je, že nijak nepoškozuje hašené předměty. Sněhový hasicí přístroj je dobrý na hašení požárů třídy BC, nejlepší výsledky dosahuje při hašení zařízení pod elektrickým napětím. Jelikož z hasicího přístroje vychází oxid uhličitý s teplotou -76 °C, hrozí při špatné manipulaci nebezpečí vzniku omrzlin.

- **Vodní nebo pěnové s aditivy pro hašení třídy požáru F**

Jak už název napovídá, tyto přístroje se využívají k hašení požárů třídy F, jsou ale také vhodné k hašení požárů třídy A. Aditivum, obsažené v hasicím přístroji, dokáže na hořícím oleji či tuku vytvořit vrstvu, která nepropustí kyslík. Díky tomu dojde k uhašení paliva.

Tabulka číslo 1-1 představuje sumarizovaný přehled vhodnosti použití hasicích přístrojů na různé třídy požárů.

Tabulka 1-1: Vhodnost použití hasicích přístrojů vzhledem k třídě požáru

Hasicí přístroj Třída požáru	Práškový	Vodní	Pěnový	CO2 (sněhový)	Vodní / pěnový s aditivy
A (pevné látky)	Vhodný	Vhodný	Vhodný	Vhodný	Vhodný
B (kapaliny)	Vhodný	Nevhodný	Vhodný	Vhodný	Vhodný
C (hořlavé plyny)	Vhodný	Nevhodný	Vhodný	Vhodný	Nevhodný
D (lehké kovy)	Nevhodný	Nevhodný	Nevhodný	Nevhodný	Nevhodný
F (jedlé oleje/ tuky)	Nevhodný	Nevhodný	Nevhodný	Nevhodný	Vhodný
Elektrická zařízení	Vhodný	Nevhodný	Nevhodný	Vhodný	Vhodný

Každý zaměstnanec by měl být seznámen s hasicími přístroji v jeho okolí a vědět, který hasicí přístroj se používá na kterou třídu požáru. Tato znalost je podstatná pro následné hašení vzniklého požáru, jelikož, jak lze vidět na obrázku 1-5, na samotném hasicím přístroji je zobrazena právě třída požáru. Mimo to si lze na informační tabulce přesíct ještě návod k použití, bezpečnostní pokyny a mnohé další.



Obrázek 1-5: Tabulka na hasicím přístroji [10]

Sprinklerový systém

Sprinklerová zařízení jsou aktivní prostředek požární ochrany, nejčastěji jsou zabudována na stropích v jednotlivých patrech budovy. Díky automatickosti, kdy se sprinklerové zařízení zapne samo při požáru, se jedná o prostředek s nejvyšším přínosem, co se týče ochrany proti požáru. K hašení dochází okamžitě, jakmile se požár vyskytne, a tudíž by se neměl nikterak dál rozšířit a měl by být uhašen hned v jeho počátku. Sprinklerové zařízení hasí buď pomocí vody nebo pěny nebo jejich kombinací. [11]

Sprinklery jsou čím dál častěji využívány, a to po celém světě. Podle [11] mezi některé důvody, proč vzrůstá jejich rozmach, patří:

- Počet usmrcených vztahený na 1000 obyvatel je u sprinklerovaných budov o 83 % nižší než u nespinklerovaných budov.
- Materiální škody jsou u sprinklerovaných budov s mokrou soustavou o 34 % až 77 % nižší než u nespinklerovaných budov.
- Jsou šetrná k vodním zdrojům, přispívají ke snížení CO₂ a vytváří podmínky pro bezpečné a účinné nasazení jednotek PO.

Sprinklerové zařízení pracuje na bázi tepelné pojistky, kdy po dosažení určité teploty (různé pojistky mají odezvu na různou teplotu) tato pojistka praskne a sprinkler se otevře, začne jím tudíž proudit voda či pěna. Převážně je na sprinklerový systém napojen ještě poplašný alarm. Většina pojistek puká při teplotě 68 °C (je vyjádřena červenou barvou v pojistce), ale vyrábí se i pro vyšší teploty. Podle rychlosti reakce na tepelnou odezvu požáru se odvíjí velikost skleněné baňky ve sprinkleru. Různé velikosti těchto baňek lze vidět na obrázku 1-6.



Obrázek 1-6: Sprinklery s různou teplotní reakcí a velikostí pojistky [11]

Správný postup v krizové situaci

Pokud i přes všechna možná opatření opravdu dojde ke vzniku požáru, měl by člověk zachovat chladnou hlavu, nepanikařit a postupovat podle toho, co se naučil při školení o požární ochraně. Dle [12] lze postup v případě vzniku požáru shrnout do sedmi pravidel.

1. Nepodléhejte panice

Jak již bylo řečeno, člověk by měl především zachovat klid a dále s rozvahou postupovat. Je patrné, že člověka zavalí vlna adrenalinu, díky které si bude myslet, že danou situaci zvládne s přehledem. I na toto by si měl jedinec dát pozor a nepřeceňovat své síly.

2. Vyhodnoťte rozsah požáru

Pokud je požár v samém počátku, lze pomocí hasicího přístroje zcela oheň uhasit. Důležité je ale vědět, který hasicí přístroj použít, jinak může dojít ještě k závažnější situaci. Lepší je se nepřeceňovat než se vyskytnout v nebezpečí. Jestli se na pracovišti vyskytuje požární alarm, je dobré ho spustit a zahájit tak evakuaci.

3. Zabraňte rozšíření požáru

Jestliže to situace dovolí, je dobré co nejvíce zabránit šíření požáru do okolí. Ať již za pomoci již zmíněného hasičího přístroje, tak i jednoduše odklizením hořlavých látek mimo dosah požáru. Je také optimální uzavřít přívody plynu a elektřiny v okolí. Opět by ale měl člověk myslet nejdříve na své zdraví a bezpečí a moc neriskovat.

4. Pokuste se zachránit ostatní

Když nebudete v bezprostředním ohrožení života a stav požáru to dovolí, tak za podmínky že neohrozíte sebe, je nezbytné pomoci zachránit ostatní osoby. Záleží ale především na situaci a je důležité se nepřeceňovat.

5. Volejte záchranné složky

V případě že už jste mimo ohrožení života vy i ostatní osoby v okolí požáru, neprodleně by se měly kontaktovat záchranné složky. Tento krok lze vzít v potaz i jako hned první, když již od začátku je možné vědět, že požár sami nezlikvidujete a hrozí velké nebezpečí. Důležité je vědět, na které číslo volat a říkat ty nejpodstatnější věci, aby při příjezdu již měli záchranáři aktuální informace o lokalitě a rozsahu požáru.

6. Opusťte místo požáru

Evakuovat se co nejrychleji, ale přesto pořádaně. Nikdo nechce, aby byl zbytečně vyvolán chaos a došlo ke zranění lidí ze zcela jiného důvodu než z právě vypuklého požáru. Opatrnost je na místě i co se týče kouřových zplodin, kdy stačí chvilkové nadýchaní se a člověk může ztratit vědomí.

7. Připravte místo hasičům

Dávat pozor je nutné i mimo místo požáru. Záchrané složky pospíchají, aby zachránily co nejvíce lidí a zabránily ještě větším škodám na majetku. Buďte obezřetní a uvolněte jim místo.

1.3 Školení BOZP a požární ochrany

Nejen na krizovou situaci ohledně požáru, ale i na ostatní věci spojené s bezpečností a ochrany zdraví při práci má zaměstnanec připravit pravidelné školení.

O školení BOZP pojednává zákon 262/2006 Sb. ze zákoníku práce. Zde se vyskytují podstatná pravidla, kterých by se měly zaměstnavatelé řídit. Podle § 103 tohoto zákona je zaměstnavatel povinen zajistit školení o právních a ostatních předpisech bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, a to vzhledem k vykonávané práci (rizika, povaha práce). Zaměstnavatel je povinen provést školení při nástupu zaměstnance a při změně jeho organizačního zařazení či náplně práce. Dále je nutnost provést školení zaměstnance v případě nové technologie, změny pracovních prostředků či změny postupů.

Podle jiného odstavce tohoto zákona si sám zaměstnavatel stanovuje obsah a počet školení, které musí zaměstnanci absolvovat. Výjimkou jsou specializovaná školení, která mají pevně stanovenou lhůtu, jedná se například o řidiče z povolání. Také volí způsob ověřování znalostí zaměstnanců o BOZP a požární ochrany. Samozřejmostí je i dokumentace, kdy každý zaměstnanec musí podepsat, že absolvoval dané školení. [5]

I přesto, že rozsah si také zaměstnavatel stanovuje sám, existuje podle právních předpisů stanovené minimum, které je nutné dodržet. Toto minimum shrnuje [3].

- Právní a ostatní předpisy, které se týkají ochrany života a zdraví (předpisy na ochranu života a zdraví, hygienické a protiepidemiologické, technické předpisy a normy, předpisy k požární ochraně)
- Vnitřní předpisy (směrnice)
- Seznámení s riziky, kategorizací prací a informování o závodním lékaři
- Pracovní postupy
- Doplnění o specifika konkrétní práce (např. práce ve výškách, stavební práce)
- Místní podmínky (únikové cesty, rozmístění hasební techniky nebo lékárniček)
- Základy požární ochrany
- Seznámení s návody sk zařízeními a s bezpečnostním listy k chemickým látkám

O tom, kdo a jak školení provede, je zodpovědný zaměstnavatel. Je běžné, že školení provádí odborně způsobilá osoba z řad zaměstnanců. Většinou se jedná o klasickou přednášku. [13]

Závazkem zaměstnavatele je zajistit školení požární ochrany vzhledem k míře požárního nebezpečí, které se na pracovišti vyskytuje. Pokud spadá společnost do kategorie s činnostmi bez zvýšeného požárního nebezpečí, nemusí se ještě řídit samotným zákonem o požární ochraně, ale přesto se musí řídit zákoníkem práce. Většinu parametrů školení si zaměstnavatel stanovuje sám (rozsah, četnost) a není výjimkou, že je toto školení obsažené v celkovém školení BOZP. [13]

Pokud je zaměstnavatel o kategorii výše, tedy v kategorii se zvýšeným požárním nebezpečím, musí se řídit zákonem o požární ochraně. Zaměstnanci musí absolvovat pravidelná školení o požární ochraně. Někteří ze zaměstnanců jsou i vybráni jako preventisté PO a musí se zúčastnit odborné přípravy, někteří jsou zařazeni a proškoleni jako preventivní požární hlídka. Pravidelnost školení řadových zaměstnanců je v této kategorii nastavena na nejméně jednou za dva roky a provádí ji vyškolený vedoucí zaměstnanec nebo preventista PO. Preventisté a zaměstnanci z preventivní požární hlídky mají školení minimálně jednou za rok. [13]

U firmy s vysokým požárním nebezpečím je pouze několik změn ohledně možných školitelů požární ochrany. Zároveň se musí minimálně jednou ročně kontrolovat a popřípadě aktualizovat dokumentace požární ochrany. [13]

Podle vyhlášky č. 246/2001 Sb., o požární prevenci by mělo školení o požární ochraně seznámit zaměstnance s následovným:

- s organizací a zajištěním požární ochrany a se základními povinnostmi vyplývajícími z předpisů o požární ochraně
- s požárním nebezpečím vznikajícím při činnostech provozovaných v místě práce
- s požárním řádem, s požárními poplachovými směrnici (popřípadě s požárním evakuačním plánem a další dokumentací obsahující stanovení podmínek požární bezpečnosti při činnostech vykonávaných na pracovišti)
- se zvláštními požadavky na provoz a obsluhu technických zařízení v případě požáru
- se zajištěním požární ochrany v době sníženého provozu a v mimopracovní době
- s rozmístěním a se způsobem použití prostředků požární ochrany na pracovišti
- s funkcí či způsobem obsluhy požárně bezpečnostních zařízení na pracovišti [5]

Ačkoliv je školení pro některé zaměstnance unavující, měli by se na něj plně soustředit, jelikož se na pracovišti opravdu mohou dostat do situace, kdy může jít o život jim nebo někomu z ostatních zaměstnanců. Jak může probíhat školení požární ochrany, popřípadě jak ho zaměstnancům co nejvíce zpříjemnit, aby si zapamatovali co nejvíce informací, jak se mají zachovat v krizové situaci, je řešeno v následujících kapitolách.

2 Analýza současného stavu

V současnosti je školení požární ochrany z pohledu zaměstnanců bráno spíše jako nutná povinnost, kterou si jednou za čas musí splnit. Může se jednat o dlouhé čtení dokumentace či třeba protáhlé prezentace, jimiž si musí zaměstnanec projít a následně se podepsat, že byl v dané problematice proškolen. Jenom minimum zaměstnanců si připouští, že by mohla v budoucnu přijít situace, kdyby právě nabyté vědomosti mohly využít.

Zaměstnavatel na to má ale zcela jiný pohled. Jednak se musí řídit zákony a předpisy, jinak by mohl platit pokuty, ale také chce mít bezpečné pracoviště a minimum úrazů. Přeci jen, při výskytu krizové situace by se tato událost měla vyřešit přesně podle toho, co se naučili zaměstnanci při školení požární ochrany. Zprvė nikdo nechce, aby došlo k nějakému zranění, natož úmrtí na pracovišti, zadruhé je na místě i ochrana majetku, a zabránění vyšším škodám a s nimi spojeným nákladům. A za třetí je možno myslet i na samotnou pověst firmy v očích širokého okolí, kdy nezládnutá krizová situace může vyústit ve vyšší nezaměstnanost nebo například k menším prodejům.

Neprovedením školení zaměstnanců se může zaměstnavatel vystavit pokutě. Ta, v případě nezabezpečení školení požární ochrany, může vyšplhat až na půl milionu korun (v závislosti na kategorii rizika).

Je zřejmé, že cílem zaměstnavatele by mělo být, aby všichni zaměstnanci prošli pravidelným školením a odnesli si z něho potřebné informace. Hlavní cíl je zřejmý, ale z pohledu zaměstnavatele jsou důležité i další parametry, které se ke školení můžou pojit. Může jít například o délku školení, které zabere určitý čas, který lze brát jako ztrátový, jelikož zaměstnanci nevykonávají činnost, která přidává hodnotu. Čím kratší školení bude, tím lépe. Další věcí může být velikost školící skupiny. Pokud to možnosti dovolují, mělo by se proškolit co nejvíce zaměstnanců v jednu chvíli. Tímto krokem lze ušetřit náklady, jestliže se například jedná o školení pomocí přednášky. Mezi parametry lze zařadit i zjednodušení opakovatelnosti, kdy, pokud již máme vytvořenou či natočenou prezentaci z minulého roku, jí lze (pokud se nic nezměnilo) opět využít. Většina těchto parametrů se tedy zaobírá náklady, kdy zaměstnavatel samozřejmě chce, aby školení bylo co nejlevnější.

Důležité je ale mít stále na mysli, že toto jsou jen parametry školení a přednější je vždy hlavní cíl školení, a to naučit zaměstnance informace vztahené k BOZP či požární ochraně tak, aby si je zapamatoval, řídil se jimi a v případě mimořádné situace si uměl dokázat poradit. Školení by tedy mělo být srozumitelné a hlavně efektivní.

Z toho vystupuje otázka, jaká je vlastně možnost udělat školení efektivním, aby zaměstnanci poslouchali a opravdu si zmíněné poznatky zapamatovali. K nalezení optimálního prostředku pro školení zaměstnanců lze využít tzv. Daleův kužel učení (v angličtině Cone of Learning), který lze vidět na obrázku 2-1. [14]

Kužel učení vyjadřuje, kolik si toho dokáže člověk zapamatovat po dvou týdnech od uplynutí děje. Z uvedené studie vyplývá, že nejméně si toho člověk zapamatuje, když se k příjmu informací využívá pouze psaný text, a to pouze deset procent. Sluch i zrak jsou na tom lépe, a pokud jsou využity dohromady (například sledování filmu), dokáže si člověk zapamatovat padesát procent z výkladu. Toto byly metody pasivní, kdy jedinec nic nevykonává. Pokud se podíváme na metody aktivní, je zde vidět značný nárůst procent u zapamatování. Jestliže o dané věci člověk konverzuje, dokáže si zapamatovat i sedmdesát procent. A když danou věc dělá (například simulace nebo zácvik nanečisto) je již hodnota zapamatovatelnosti na devadesáti procentech. V levé části obrázku lze vidět i zobrazení různých druhů školení, a to vzhledem k výšce kuželu, a tedy procentu zapamatovatelnosti. Nejhuře jsou na tom právě čtecí moduly, jako třeba e-learning. Uprostřed se nachází školení stylem sledování

instruktora, kdy člověk pouze školení sleduje. Na spodku kuželu, kde jsou procenta zapamatovatelnosti nejvyšší, se nachází gamifikace, cvičení v reálném prostředí nebo capstone kurzy. Z hlediska efektivnosti by se na tyto typy školení mělo nejvíce zaměřit. [14]



Obrázek 2-1: Kužel učení (upraveno dle [14])

Školení požární ochrany může nabývat mnoha forem. Z kužele učení lze vypozařovat, které typy školení jsou ty nejpřínosnější. Skutečnost, jaké metody školení se používají v současnosti v podnicích, je uvedena v následujících kapitolách, kde jsou představeny jak standardní, tak i nové metody školení požární ochrany.

2.1 Standardní metody

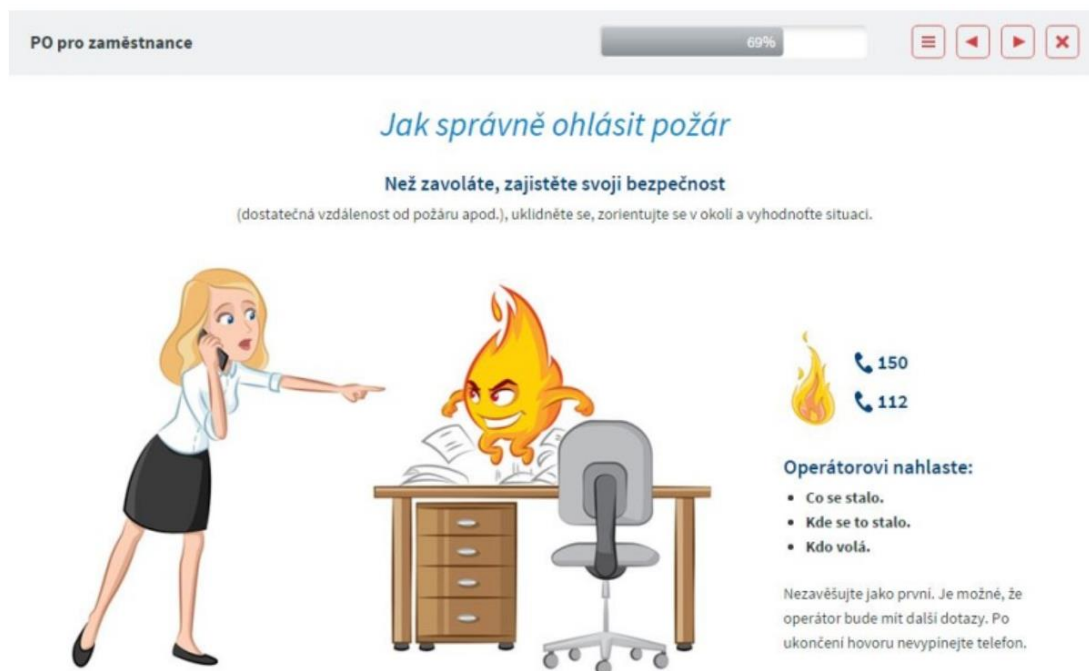
Standardní metody školení požární ochrany používá převážná většina zaměstnavatelů. Jsou totiž rychlé, snadné a popřípadě i levné. Je to ale na úkor efektivity. Zaměstnancům školení nezabere dlouhou dobu a získané informace mohou být minimální, a to z důvodu, že informací je příliš a jedinec si je nedokáže všechny zapamatovat. Chybí jim také motivace, jelikož si mohou například poslechnout přednášku nebo přečíst dokumentaci, ale nic je náležitě nenutí si poznatky pamatovat. Z pohledu zapamatovatelnosti lze opět odkázat na kužel učení (obrázek 2-1). Většina z těchto standardních metod se řadí do kategorie pasivního učení, kde je nízká schopnost jejich zapamatování.

Prezentace

Prezentace je jedna ze základních metod školení požární ochrany. Její výhoda je v pokrytí velkého množství zaměstnanců a také v opakovatelnosti. Zapamatovatelnost je velice nízká, tomu odpovídá i celkově slabá efektivnost školení.

E-learning

Tato metoda je převážně o samostudiu zaměstnance u počítače. Při e-learningu se každý zaměstnanec samostatně školí v dané problematice pomocí čtení předpřipraveného obsahu. Na závěr by se měl zaměstnanec vygenerovat test s otázkami. I zde je opět efektivnost fádni, jelikož necháváme všechnu odpovědnost na zaměstnanci a nemáme nad ním žádnou kontrolu, kromě finálních otázek, které bývají většinou velice jednoduché. Ukázku z e-learningu lze vidět na obrázku 2-2.



Obrázek 2-2: Ukázka e-learningu školení PO [15]

Online aplikace

Mimo e-learning lze na počítači využít ke školení i online aplikace. Ty se liší od e-learningu tím, že od uživatele (zaměstnance) vyžadují akci. Tím se zvyšuje možná zapamatovatelnost informací. Na obrázku číslo 2-3 lze vidět, že uživatel má právě za úkol najít závady, které se týkají prevence PO na pracovišti.



Obrázek 2-3: Ukázka online aplikace školení PO [16]

Praktické výcviky

Praktický výcvik je nasimulování krizové situace (např. požární poplach), aby byly prověřeny konkrétní činnosti a postupy zaměstnanců, rychlost a účinnost evakuace, viditelnost a umístění bezpečnostního značení, funkčnost požárně bezpečnostních zařízení (sirény, rozhlas) a mnohé další. Cvičné situace nejsou tak časté, a to z důvodu nutnosti organizace celé události. Vzhledem k naučení se postupu v krizové situaci se praktické výcviky řadí velmi vysoko z hlediska efektivity a zapamatovatelnosti.

2.2 Řešení pomocí nových technologií (VR a AR)

Nové technologie přináší do tématu školení zaměstnanců nový rozměr. Školení požární ochrany již nemusí být realizováno pomocí obtížně zapamatovatelné přednášky nebo četbou dokumentace. Může se pojet více hravě, a přitom si toho zaměstnanec zapamatuje mnohem více. Ve vazbě na výše uvedený kužel učení, kde právě reálný proces a činnosti, které si sami vyzkoušíme a děláme je, si zapamatujeme až z devadesáti procent. Jedná se tak o formu vzdělávání s maximální možnou mírou zapamatování.

Dalo by se říci, že školení požární ochrany takzvaně gamifikujeme, tedy že ho pojmem jako hru, kde se hráč nejdříve bude něco učit a posléze své nabitě znalosti uplatní. Hra samotná by měla zaujmout a zaměstnanec by se při ní neměl nudit. Nabyté znalosti pro něj budou vlastně jen bonus.

Tato gamifikace může probíhat buď formou virtuální reality nebo rozšířené reality. Lze namítnout, že tyto technologie (ve vztahu k této práci) nejsou vhodné pro školení z důvodu vysoké ceny a nutného zaučení zaměstnanců s technologií. Opak je ale pravdou. Technologie a zařízení používané na VR a AR jsou čím dál levnější, a tedy i dostupnější, převážně díky velké konkurenci výrobců, kteří dokážou nabídnout vysoce výkonnou technologii za čím dál menší cenu, aby získali větší podíl na trhu. A samotné zaučení zaměstnanců s technologií (brýlemi pro virtuální realitu) je poměrně rychlé. K některým brýlím již ani nejsou potřebné ovladače, hráč ovládá hru jen pomocí svých rukou. Samotná aplikace tomu ale samozřejmě musí být uzpůsobena.

Virtuální realita

Ač se zdá, že virtuální realita je poměrně nová technologie a nemá velké zázemí aplikací, již se po světě objevují první programy spojené se školením zaměstnanců. To je způsobeno právě větší dostupností technologie a větším zájmem zaměstnavatelů tuto technologii využívat nejen v procesu výroby, ale také v ostatních oblastech podniku. Samotné téma virtuální reality a její realizace bude probíráno v následující kapitole.

Pro školení požární ochrany může virtuální realita fungovat následovně: Je vytvořeno simulované prostředí, kde na zaměstnance čekají různá rizika, v našem případě se může jednat o požár. Hráč se nejdříve seznámí s okolím a jak by měl správně postupovat, a pak si také může vyzkoušet, co se může stát, když udělá chybu a vidět její důsledek. Lze také implementovat, že student bude přímo postaven před nebezpečnou situací a bude se moct učit pomocí metody pokus omyl.

Díky virtuální realitě lze tedy nasimulovat život ohrožující situaci, což by ve skutečnosti vůbec nebylo možné. A pokud ano, bylo by to velice nákladné. Navíc lze takovýchto situací nasimulovat nespočet, tudíž je možno připravit zaměstnance na velkou škálu rizikových situací, kdyby opravdu nastaly.

Podle [17] má využití virtuální reality pro školení požární ochrany hned několik výhod:

- **Bezpečná zkušenost s požárem**

Díky možnému nasimulování situace požáru a všeho s tím spojeného (kouř, voda) se může školený zaměstnanec seznámit, jak by takový požár doopravdy vypadal, aniž by jím byl sám ohrožen. Lze také měnit různé parametry požáru, a tak přiblížit simulaci do daného prostředí organizace o to více. Pokud vezmeme požár ve výrobně dveří, bude zde převážně hořet dřevo a tomu lze přizpůsobit i kouř či rychlost šíření požáru. Student si také může vyzkoušet, co by se stalo, kdyby udělal chybu, například hasil jiným typem hasicího přístroje, než je potřeba.

- **Školení zaměstnance s hasicím přístrojem**

Samotné zacházení s hasicím přístrojem není snadné. Žádné školení na manipulaci s ním není dle normy vyžadováno, a tak se většinou první setkání s hasicím přístrojem odehrává až při krizové situaci. Ve virtuální realitě lze tuto interakci nasimulovat, a to se vším všudy – vytáhnutí pojistky, namíření na oheň a stisknutí rukojeti. Některé společnosti již rovnou nabízejí školení ve VR, kde jeden z ovladačů je napevno umístěn na hasicím přístroji, jak je zobrazeno na spodním obrázku. Zaměstnanec si tedy vyzkouší i samotnou tíhu přístroje a jeho možnou funkčnost díky ovladači. To přibližuje školení zase o kousek reálnému prostředí.



Obrázek 2-4: Školení ve VR s využitím makety hasicího přístroje [17]

- **Snížení nákladů na školení**

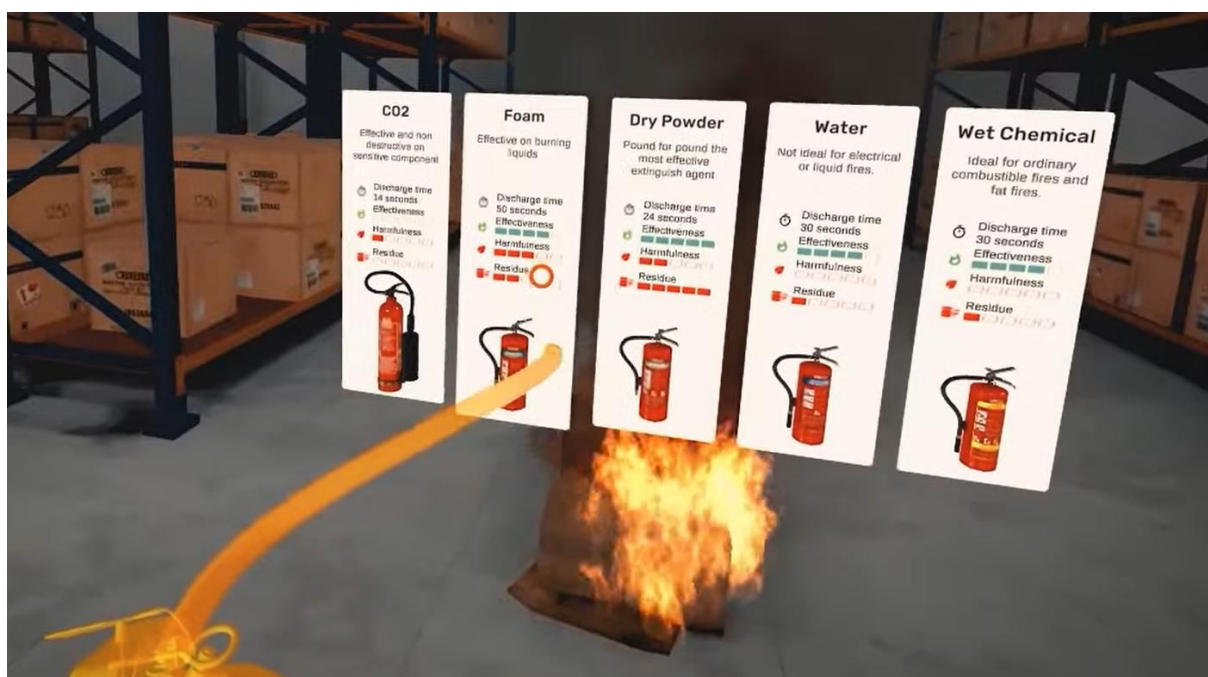
Školení může být nákladné. Pokud pozvete experta na požární ochranu, aby proškolil váš personál, musíte počítat s vysokými výdaji. Ty vás čekají i v případě různých cvičení, které se musejí organizovat a na které potřebujete různé pomůcky. Oproti tomu školení ve virtuální realitě může být levnější a s lepšími výsledky. Buď se jedná o jednorázovou investici do vybavení a programu, která se ale zaplatí jen první rok, další jen již technologii využíváte. Nebo se zaplatí služba firmy, která disponuje technologií i programem. Zde jsou náklady řádově nižší, ale musí se opakovat každým rokem.

- **Boj s požáry bez poškození životního prostředí a regulačních omezení**

Pokud již podnik vynaloží náklady na školení se skutečným požárem a skutečnými prostředky aktivní požární ochrany, budete se muset potýkat s následky požáru. Mezi ně spadá kouř, odpadní voda, únik pěny nebo i hořící materiál, který se může rozptýlovat do okolí. Ve virtuální realitě se s ničím takovým potýkat nemusíte, a tudíž nemusíte řešit možné dopady na okolí a životní prostředí. Zde by bylo možné i diskutovat nevýhodu VR, jelikož simulace neposkytne uživateli smyslové vjemy, na druhou stranu tyto vjemy nejsou esenciální a výhody VR jistě převažují.

- **Školení a trénink kolikrát jen bude potřeba**

Opakovaným školením a tréninkem lze přenést zažitě zkušenosti do paměti zaměstnance. Kupříkladu zapamatování si, který hasicí přístroj je na jaký požár vhodný, znázorněno na obrázku pod odstavcem. Díky VR nemusíte řešit větší množství papírování a organizace. Lze školit bez ohledu na čas a místo. A hlavně školení požární ochrany neomezeně opakovat.



Obrázek 2-5: Možnost učení se ve VR v rámci školení požární ochrany [17]

Závěrem, využití virtuální reality pro školení požární ochrany může být pro zaměstnavatele opravdu velice výhodné a určitě by se neměl bát tuto technologii vyzkoušet. Při simulaci je možno vše zaznamenávat a následně analyzovat. Výhodou taktéž je standardizované prostředí, tudíž lze jednotlivé expozice mezi sebou validně porovnávat. Je možné, že právě vědomosti nabitě z „hraní ve VR na hašení požáru“ mohou pomoci k záchraně majetku, nebo i lidského života. Navíc je vše zaznamenatelné a tudíž analyzovatelné

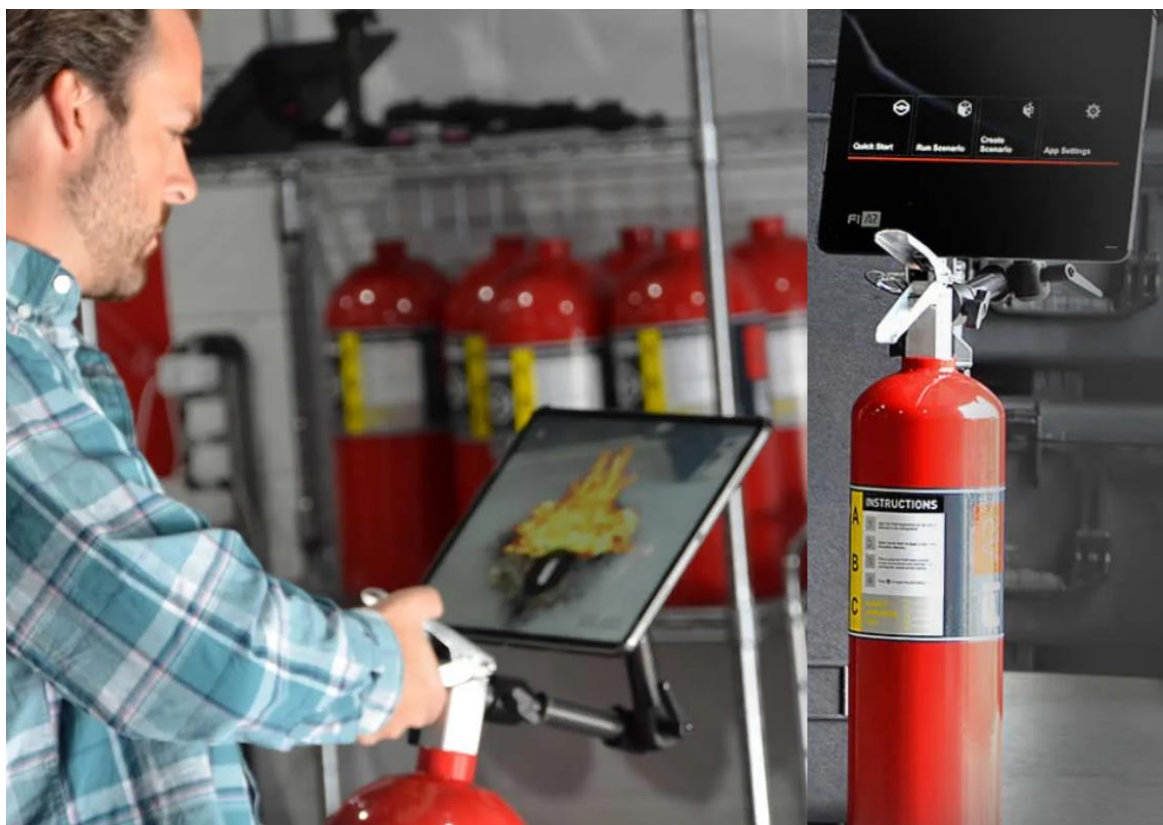
Rozšířená realita

Rozšířená realita funguje na podstatě toho, že obohacuje reálný svět o digitálně vytvořené prvky, výsledný vjem zprostředkují brýle. V podstatě lze říct, že přidává do reálného světa virtuální věci. S rozšířenou realitou se dá setkat poměrně často, ať již na telefonu, kdy si zákazník může prohlédnout virtuální nábytek v místnosti předtím, než se rozhodnete o jeho koupi, nebo třeba v televizi při sportovním utkání, kdy v levém horním rohu je pomocí AR zprostředkovaná časomíra.

Samotné využití rozšířené reality pro školení požární ochrany není až tak obvyklé. V porovnání s VR jsou tyto technologie méně dostupné a neposkytují takovou imerzi (ve vztahu k technologické úrovni současných zařízení). Mimo to lze ale najít jiná školení v AR, a to virtuální návody, které využívají podniky, aby co nejrychleji zaškolili nového zaměstnance. Zaměstnanec například přes tablet vidí, co má kde dělat a rychleji se zaučí.

V průmyslu již rozšířená realita nachází své využití, nicméně problém je ve stránce technologické, kdy AR technologie ještě není zcela efektivní vzhledem k poměru cena výkon. Lze dohledat, že její využití se více soustřeďuje například na vzdálenou podporu, kdy zaměstnanec u počítače pomáhá jinému zaměstnanci řešit problém a díky brýlím vidí a dokáže ukázat, na co by se měl pracovník soustředit, popřípadě co by měl opravit. Další využití lze vidět ve výrobních podnicích, a to buď přímo ve výrobě, kdy zaměstnanec může zkoušet alokovat virtuální stroje na různé pozice, dokud nenajde to správné rozložení.

Vraťme se ale k tématu školení požární ochrany za pomoci rozšířené reality. Z důvodu méně dostupné technologie či drahých zařízení se s tímto školením dá setkat jen opravdu málo. Ale i přesto některá existují. Příkladem může být společnost Norcat, která vyvinula a prodává školení zvané FiAR, které trénuje studenta na maketě hasicího přístroje, ke kterému je připojen tablet. Na tomto tabletu je nahraný program s různými scénáři požárů (různá prostředí, velikosti či typy požárů). Celý tento soubor školení, který zahrnuje maketu hasicího přístroje, tablet i program, je ale relativně drahý, v přepočtu 230 00 Kč. [18]



Obrázek 2-6: Využití AR s maketou hasicího přístroje ke školení PO [18] (Upraveno autorem)

Závěrem lze říci, že díky neustále větší dostupnosti těchto technologií je možno očekávat častější setkávání se s nimi. Ať již pojmem technologie chápeme programy určené pro VR, nebo i samotné hardwarové prvky, které se stále vyvíjí. Díky využití VR nebo AR nemusí být školení požární ochrany pro zaměstnance monotónní záležitostí, ale pomocí zábavnější formy, než je čtení dokumentace nebo přednášek, si z něho dokážou odnést spoustu důležitých vědomostí, které jim v krizových situacích mohou pomoci.

3 Realizace virtuální reality

V předchozí kapitole již byly uvedeny možnosti realizace VR v BOZP. Než se práce přesune k vývoji simulátoru, je vhodné ještě popsat blíže virtuální realitu.

Virtuální realita je počítačově generovaná simulace 3D prostředí promítaná v elektronickém zařízení nejčastěji ve VR brýlích. Toto prostředí se člověku jeví jako velmi reálné. Hlavním cílem této simulace je dosáhnout pocitu, že je v ní člověk skutečně přítomný. [19]

Jak již bylo poukázáno, VR se dá využít i mimo hraní her. Další možná využití dle [19] jsou:

- Turistika – Prozkoumání vzdálených míst bez opuštění domu. Po nasazení brýlí se dokážete přemístit takřka kamkoliv na světě.
- Strojírenství – Pomocí VR dokážou inženýři modelovat a vizualizovat produkt, který ještě není vyroben, a prohlédnout si ho zblízka, ze všech stran.
- Architektura – Vytvoření a prohlédnutí si domu a jeho interiéru jako byste v něm zrovna stáli. Realitní kanceláře to mohou využít jako možnost prohlídky objektu.
- Vzdělávání – Ať již v průmyslu formou návodek nebo ve škole formou názorných ukázek, učení pomocí VR má mnoho výhod a dělá vzdělávání zapamatovatelnějším.

Využití virtuální reality je opravdu mnoho a díky stále dostupnějším technologiím se virtuální realita dostává do stále více oblastí různých sektorů hospodářství.

Největším problémem VR je ale obtížná tvorba obsahu, který se vytváří na počítači v různých softwarových rozhraních a na různé hardwarové prostředky.

3.1 Softwarové rozhraní

Vytvořený simulátor není nakonec nic jiného než správně napsaný a seřazený kód. V dnešní době jsou již ale specializované softwary, které dokážou s vytvořením aplikace ve VR velice pomoci. Tyto softwary se liší například svojí náročností, funkcemi, ale i komunitou, která za nimi stojí. Jelikož čím více lidí software využívá, tím více se dá na internetu dohledat jednotlivých řešení k různým problémům ale třeba i již vytvořených modelů, které lze stáhnout a implementovat do svého programu.

Moderní VR simulátory vychází z principů, které jsou určeny primárně pro počítačové hry. Tyto mechanismy byly léty vyvíjeny a zdokonalovány, a to zejména díky vysokým investicím do herního průmyslu. Softwary pro vytváření her, ve kterých se VR aplikace tvoří, jsou poměrně intuitivní programy a vždy k nim existuje poměrně rozsáhlá dokumentace, ve které lze zjistit různé funkčnosti, popřípadě návody. Než se se samotným vytvářením vývojář začne, je důležité definovat, co za aplikaci bude vytvářet (2D/3D, pro VR/AR, na mobil/PC) a podle toho nastavit samotný program. Správná počáteční inicializace je velice důležitá a musí být nastavena správně, jinak se program poté nedokáže spustit na příslušném zařízení.

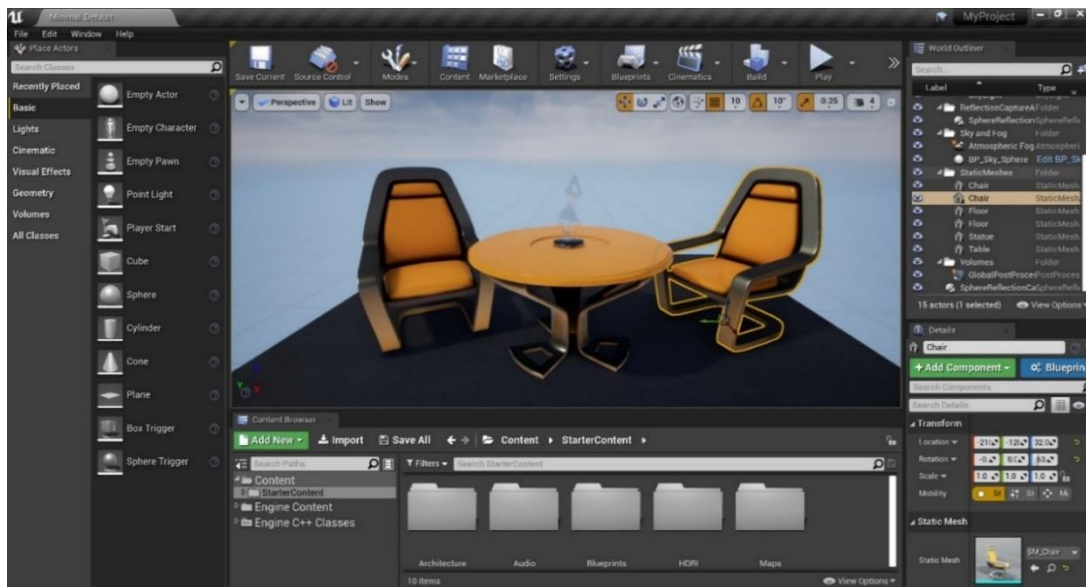
Nyní budou popsány dva nejvíce využívané softwary k vytváření VR aplikací.

Unreal Engine

Unreal Engine byl vyvinut společností Epic games. Jedná se o jeden z nejpokročilejších nástrojů pro tvorbu 3D prostředí. Tento software využívají spíše velká herní studia, a to pro jeho velmi dobrou fotorealistickou grafiku. Lze v něm vytvořit dokonalé osvětlení, textury, stíny a podobně. Na druhou stranu je poměrně těžké se v něm naučit, jelikož má nespočet pokročilých funkcí, ve kterých lze vytvářet takřka cokoli. [20]

Pro psaní kódu je v Unreal Engine využíván programovací jazyk C++, který je relativně náročný. Kvůli této obtížnosti má software dost méně početnou komunitu, a tak je hledání na

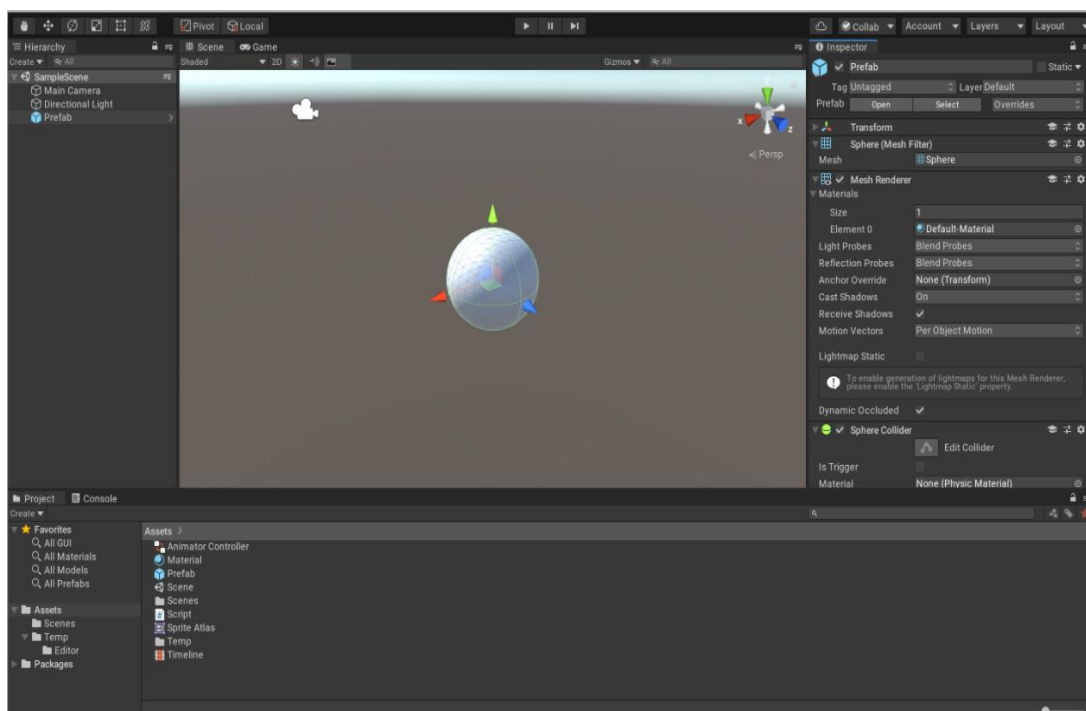
internetu vzhledem k řešení různých problémů či výběr z prodávaných modelů poněkud omezené. Důležité je také zmínit licenční podmínky. Na webu lze najít dvě licence, které by byly vhodné pro projekt, který je předmětem této DP (viz dále). U první licence je dáno odvádění 5 % hrubého příjmu z výtěžku programu (první milion dolarů je od tohoto poplatku osvobozen), u druhé je to 1 500 dolarů za vývojáře za rok. [20]



Obrázek 3-1: Prostředí softwaru Unreal Engine [20]

Unity

Unity je o poznání jednodušší software než Unreal Engine. K programování je používán jazyk C#, který má intuitivní rozhraní i architekturu. V Unity je i možnost tzv. vizuálního programování, kde se skládají jednotlivé prvky za sebou, až vytvoří jednu celistvou funkci. Díky tomu lze kódování omezit na minimum. Unity má již v základu zabudované některé funkce, které lze vyvolat kódem, a tak i samotné programování v C# není složité. [21]



Obrázek 3-2: Prostředí softwaru Unity [21]

Prostředí v Unity je velice intuitivní a lze přizpůsobit podle potřeby. Díky tomu, že je používání Unity jednodušší v porovnání s Unreal Enginem, využívá ho asi 48 % herních vývojářů (Unreal Engine 13 %). Tato početná komunita vývojářů sdílí na internetu své zkušenosti, a tak je poměrně jednoduché hledat řešení ohledně vyskytnutých problémů. Také výběr již vyrobených modelů je velký, díky tomu je možné se více zaměřit na vytváření programu, a ne na výrobu jednotlivých modelů. [21]

Licencí pro využití Unity v podnikání je několik. Vzhledem k projektu je odpovídající licence Unity Plus, která stojí 400 dolarů ročně za jednoho vývojáře. [21]

3.2 Hardwarové rozhraní

Hardwarové prostředky pro virtuální realitu se neustále vyvíjejí a každý rok se na trhu objeví několik novinek v této oblasti. Každý výrobce je něčím unikátní a snaží se zaujmout co nejvíce zákazníků. Na trhu je tedy velká řada prostředků, nejčastěji brýlí, pro virtuální realitu. Existují stacionární a mobilní VR prostředky. Práce se dále bude zabývat jen mobilními prostředky, jelikož je řešen pohyb uživatele v simulátoru, zatímco ve stacionárních prostředcích není umožněn pohyb žádný.

Nejvhodnější variantou pro projekt z hlediska hardwaru by byly jednoduše nasaditelné brýle s prostými ovladači, na kterých by nebylo mnoho tlačítek. Brýle by v nejlepším případě měly být na baterii, aby nemusely mít žádné napájecí kabely, a když už by je měly, tak co nejmenší a co nejmenší.

Následně jsou popsány jedny z nejvyužívanějších VR headsetů, hardwarových technologií k zobrazení a ovládání VR. Těmito headsety jsou Oculus Quest 2 a HTC Vive Focus 3.

Oculus Quest 2

Brýle od firmy Oculus jsou mobilní a pracují na operačním systému Android. K brýlím jsou k dispozici ovladače, ale narozdíl od ostatních VR brýlí je ne vždy potřebují k ovládání. Nová funkce, která byla implementována do brýlí teprve minulý rok, využívá kamery zabudované v brýlích, které snímají pohyb rukou a prstů. K ovládání simulátoru by tedy nebyly potřeba ovladače a nebylo by nutné ani zdlouhavé zaučování pracovníků vzhledem k ovládání aplikace. Navíc jsou tyto brýle napájené zabudovanou baterií, tudíž nepotřebují žádné napájecí kabely při používání. Baterie vydrží až dvě hodiny na jedno nabití, poté se musí připojit na nabíječku. Nabíjení do plné kapacity trvá dvě až dvě a půl hodiny. [22]

Na obrázku číslo 3-3 jsou zobrazeny brýle Oculus Quest 2. Je možno si povšimnout malých kamer, které jsou umístěny po obvodu přední strany těchto brýlí, které slouží ke snímání pohybu rukou.



Obrázek 3-3: Brýle Oculus Quest 2 [22]

Brýle fungují samostatně bez nutnosti připojení k počítači. Brýle Oculus Quest 2 jsou totiž samy o sobě mobilní počítač, jelikož se v nich ukrývá procesor, grafická karta, RAM paměti a úložiště. Díky tomu se přímo do brýlí dají nainstalovat aplikace, které jsou ihned k dispozici. Avšak je jasné, že tyto vlastnosti brýlí mají dopad na výkonnost. Hardware umístěn v brýlích není uzpůsoben vysoké náročnosti aplikací, tomu je nutné přizpůsobit právě aplikace (především po stránce grafické). Za možnost flexibility se ztrácí schopnost lepší grafické stránky aplikace. [22]

Mezi další přednosti těchto brýlí patří vestavěné reproduktory, které dokážou vytvořit prostorový zvuk a tím ještě více přiblížit simulaci okolního prostředí, anebo malá hmotnost headsetu. Cena brýlí Oculus Quest 2 se pohybuje okolo 10 490 Kč (květen 2022).

HTC Vive Focus 3

Brýle od společnosti HTC jsou taktéž samostatně fungující mobilní brýle, které jsou ale zaměřené opačným směrem než brýle Oculus Quest 2. Zaměřují se totiž na vysokou výkonnost a s tím spojenou vysokou kvalitu rozlišení. Ta u těchto brýlí činí 5K (v porovnání s Oculus Quest 2 je to asi 1,5 krát lepší rozlišení). Stejně jako první brýle, i tyto nepotřebují k používání žádné kabely, pracují na totožném principu. Výdrž baterie je také stejná, ale nabíjení je u těchto brýlí o chvíli delší, do plné kapacity trvá nabíjení asi tři hodiny. [23]

I u těchto brýlí je možno využít snímání rukou a prstů, takzvaný Handtracking. Není tedy nutné využití ovladačů. Brýle i s ovladači lze vidět na obrázku číslo 3-4.

Tyto brýle jsou velice ergonomické, jelikož jdou velice snadno nasadit a sundat, a to díky tlačítku Quick-Release. Také jsou perfektně vyvážené a nepřepadávají. Z hlediska hygieny lze také podotknout magneticky připevněné obličejové a týlní stélky, které se dají snadno vyměnit při změně uživatelů. [23]

Cena brýlí HTC Vive Focus 3 začíná na 29 792 Kč (květen 2022). Takto vysoká cena je ale opodstatněná, a to vysokým výpočetním výkonem a vysokým rozlišením.



Obrázek 3-4: Brýle HTC Vive Focus 3 [23]

4 Projekt BOZP ve VR

Projekt diplomové práce je jen částí většího projektu, kterým se zabývá společnost CIE development s.r.o. Firmu CIE development s.r.o. neboli Centre for Industrial Engineering tvoří čtyři odborné divize – Industry, Technology, Ergonomy, HR. CIE development s.r.o. se se zaměřuje na optimalizaci výrobcích procesů, ergonomii ale právě i na inovace skrz virtuální a rozšířenou realitu.

Tímto projektem je využití virtuální reality pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci. Zkráceně má projekt název BOZP ve VR. Projekt má za cíl vytvořit simulátory ve virtuální realitě, které by dokázaly zaškolit zaměstnance, naučit ho všechny požadované informace týkající se některého z témat BOZP, a především zautomatizovat jeho rozhodování při nenadále situaci. Projekt se zaměřuje na většinu oblastí BOZP, tudíž bude vytvořeno hned několik těchto simulátorů ve VR, a to kupříkladu na témata:

- Požární ochrana
- Školení první pomoci
- Ochrana životního prostředí
- Školení práce ve skladu
- Práce ve výškách
- Obsluha jeřábů a vazači
- Školení řidičů
- Rizika práce a pracovního prostředí

Je možné, že portfolio těchto témat se může rozšířit, a to vzhledem k možnému dodefinování tématu samotnými zákazníky. Zde je možno uvést například požadavek Fakultní nemocnice Plzeň, která žádá o téma Postup při poranění použitou jehlou.

Samotnému projektu předcházela důkladná analýza, ve které byly využity data z Českého statistického úřadu, Státního úřadu inspekce práce a Českého báňského úřadu. Seskupením několika oblastí podnikání dle CZ NACE bylo vytvořeno 5 kategorií pracovních činností. Tyto skupiny jsou:

- Výrobní a zpracovatelské firmy
- THP pracovníci
- Retail
- Zdravotnictví
- Stavebnictví

Takto stanovené kategorie pracovní činnosti pokrývají 83,9 % pracujících lidí v České republice, což bude vytvářet hlavní stream (datovou základnu) pro následné další zpracování. K tomuto streamu lze vztáhnout 92,43 % všech pracovních úrazů, počítáno od roku 2015 do prvního pololetí roku 2020. Dále lze ještě vztáhnout datovou základnu vůči zastoupení smrtelných úrazů, kde za roky 2015 až 2019 postihuje celkem 86,18 %. [24]

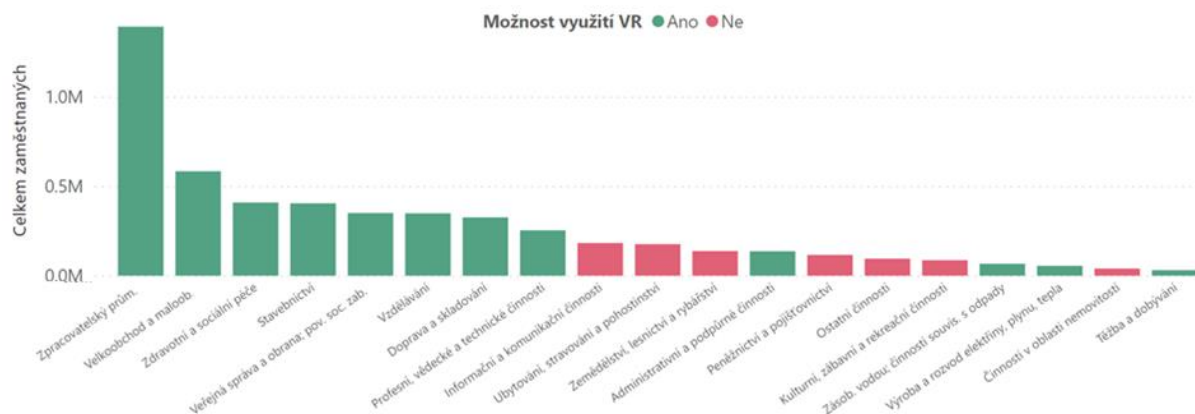
Z interní analýzy společnosti CIE development s.r.o. vyplynuly oblasti podnikání, kam se bude chtít vyvinutý trénink nasazovat, neboť tyto skupiny mají společné rysy (pro ostatní skupiny to má také smysl, ale bylo by nutné simulátor přizpůsobit). V tabulce číslo 4-1 lze vidět rozřazení těchto oblastí. Ve sloupci ANO jsou podnikatelské oblasti, pro které bylo stanoveno, že se pro ně bude vyvíjet tréninkový simulátor ve VR.

Tabulka 4-1: Rozřazení podnikatelských oblastí vzhledem k vývoji simulátoru BOZP dle analýzy CIE [24]

Oblasti podnikání, na které bude vyvinutý trénink zaměřen

ANO	NE
<ul style="list-style-type: none"> • Administrativní a podpůrné činnosti • Doprava a skladování • Profesní, vědecké a technické činnosti • Stavebnictví • Těžba a dobývání • Velkoobchod a maloobchod, • Veřejná správa a obrana • Výroba a rozvod elektřiny, plynu a tepla • Vzdělávání • Zásobování vodou, činnosti související s odpady • Zdravotní a sociální péče • Zpracovatelský průmysl 	<ul style="list-style-type: none"> • Činnost v oblasti nemovitostí • Informační a komunikační činnosti • Kulturní, zábavní a rekreační činnosti • Ostatní činnosti • Peněžnictví a pojišťovnictví • Ubytování, stravování a pohostinství • Zemědělství, lesnictví a rybářství

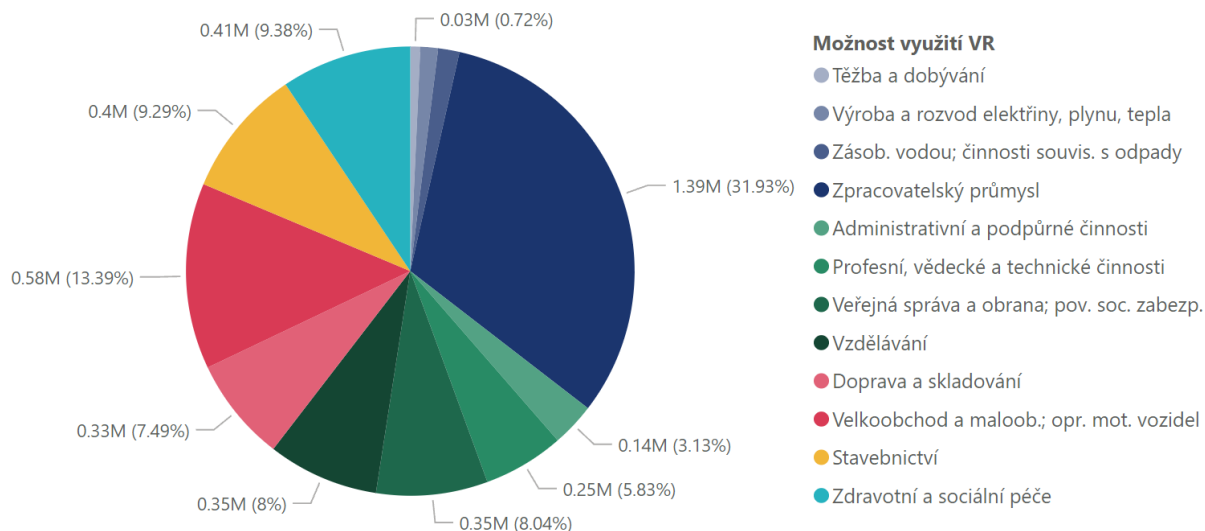
Díky datům ze statistického úřadu bylo možno pro tyto oblasti zařadit i odpovídající počty zaměstnanců, obrázek 4-1. Z grafu je možno vyčíst, že vybrané oblasti podnikání, pro které je v úmyslu nasazení tréninkového simulátoru, pokrývají poměrnou většinu z celku počtu všech zaměstnanců. Nejvíce zaměstnanců pracuje ve zpracovatelském průmyslu, kde je záměr simulátor nasadit. Už toto samotné odvětví zahrnuje velké procento společností a zaměstnanců.



Obrázek 4-1: Počty zaměstnanců dle oblasti podnikání (zeleně – oblasti pro nasazení simulátoru) [24]

Pokud se podíváme zpět na daných pět kategorií pracovních činností dle CZ NACE, lze tyto odvětví mezi ně zařadit a vytvořit tak datovou základnu s rozdělenými počty zaměstnanců pro dané skupiny. Nejvíce zaměstnanců, přes jeden a půl milionu obsahuje první skupina – Výrobní a zpracovatelské podniky, ve druhé skupině – THP – je přes jeden milion zaměstnanců. Ve skupině Retail je zahrnuto přes devět set tisíc zaměstnanců a ve zbylých dvou skupinách – Zdravotnictví a Stavebnictví – se v každé nachází kolem čtyři sta tisíc zaměstnanců. Tyto a další informace lze zjistit z obrázku číslo 4-2.

Obrázek 4-2 zobrazuje zaprvé barevné odlišení dle daných skupin (Výrobní a zpracovatelské podniky modrá, Retail červená, THP zelená, Zdravotnictví tyrkysová a Stavebnictví žlutá) a za druhé počet zaměstnanců v daném odvětví, plus také poměrově ke všem skupinám. [24]



Obrázek 4-2: Porovnání podnikatelských oblastí vybraných pro nasazení simulátoru [24]

Z této analýzy vyplývá, že vyvinutý simulátor BOZP, má rozsáhlé možnosti nasazení, co se odvětví a počtu zaměstnanců týče. V návaznosti na tuto analýzu byly ještě stanoveny možné scénáře, které by se mohly v daných podnikatelských oblastech využívat.

Projekt diplomové práce je zaměřen právě na jeden z těchto scénářů. Týká se výrobních a zpracovatelských firem a jedná se o scénář požární ochrany, který bude vytvořen ve VR.

5 Cíl projektu

Jak již bylo nastíněno, cílem projektu diplomové práce je realizace simulátoru pro podporu bezpečnosti práce ve virtuální realitě, přičemž se jedná o požární ochranu. Tento simulátor by měl korespondovat nejnovějším technologiím a měl by být konkurenceschopný. Školeného zaměstnance by měl simulátor nejdříve seznámit s požárním nebezpečím a naučit všechny požadované informace týkající se požární ochrany. To zahrnuje výuková vrstva. Po výuce čeká zaměstnanec tréninková vrstva, kde by měl využít své nabyté vědomosti a poradit si bez nápověd s krizovou situací.

Vzhledem ke zkušenostem z jiných obdobných projektů, byl po konzultacích stanoven následující harmonogram činností:

1. Výběr technologií pro vývoj a ovládání simulátoru

Technologie používané pro vývoj a následné zobrazování a ovládání virtuální reality se neustále zlepšují. Proto je potřebné před samotným vývojem provést rešerši jak softwarů, tedy programů, ve kterých lze vytvářet aplikace určené pro VR, tak i hardwarů, headsetů s ovladači využívaných k zobrazení a ovládání aplikací virtuální reality. Při samotném výběru je poté nutné dbát zvýšenou pozornost na kompatibilitu různých technologií.

2. Vytvoření scénáře pro simulátor včetně vývojového diagramu

Důležité při vývoji simulátoru je vědět, co kdy a kde bude daný uživatel muset nebo moct udělat. K tomuto účelu lze vytvořit scénář, podobně jako třeba pro film. Ve scénáři by měl být jasný popis postupu uživatele simulátorem, tedy provedení různých akcí, rozhodování, popřípadě i smyčky, kdyby uživatel udělal něco špatně, tak aby se mohl opravit. Tento scénář lze poté graficky znázornit i tzv. vývojovým diagramem, který následně může pomoci i při samotném vývoji aplikace, kdy se podle něj je možno orientovat, co se má dále udělat. V tomto vývojovém diagramu lze znázornit i vstupy a výstupy vzhledem k simulátoru, tedy různá přednastavení (např. prostředí simulace) nebo akce, které se stanou po nějakém rozhodnutí.

3. Vývoj a testování aplikace simulátoru

Po provedení rešerše technologií a vytvoření scénáře již nezbývá než vytvořit samotnou aplikaci simulátoru. Tato část projektu bude časově náročnější. Je totiž zapotřebí nejen vytvořit aplikaci, ale též je nutné vše otestovat. A nejedná se jen o testování daného scénáře, jak má uživatel postupovat, ale musí se vyzkoušet vše, co by mohlo uživatele napadnout a co by mohl v aplikaci udělat. Při testování vzniknou různé návrhy na úpravy či změny, které se do aplikace musí implementovat, než bude plně schopna provozu.

4. Demonstrace vytvořeného simulátoru

Na závěr je provedena demonstrace vytvořeného simulátoru, která může sloužit jako ukázka vytvořené aplikace ale také jako možný návod, jak by měl uživatel postupovat v simulátoru.

Tyto jednotlivé části projektu jsou následně podrobně rozparovány v diplomové práci.

Po uvedení simulátoru do ostrého provozu je možné získávat různá data, a podle toho ještě simulátor více přizpůsobovat a vylepšovat. Avšak tato diplomová práce již tuto část projektu, tedy analýza dat a optimalizace, neobsahuje. Je to z toho důvodu, že sběr dat by měl probíhat dlouhodobě, i přes rok, aby bylo dat dostatek a mohly se z nich udělat plnohodnotné závěry a poté možné návrhy na zlepšení.

6 Výběr technologií pro vývoj a ovládání simulátoru

Jak již název diplomové práce napovídá, simulátor je vytvářen pro prostředí virtuální reality. Před samotným vývojem je dobré si určit, jaké technologie budou využity k jeho výrobě a na jaké technologické nástroje bude simulátor nastaven. Samotná firma CIE development s.r.o. má již s vývojem podobných simulátorů zkušenosti a má již zavedené postupy a pořízené i vybrané technologie. Je ale nutné si říct, že HW a SW pro VR a AR se neustále rozšiřuje a vyvíjí, a tak je nutné počítat s tím, že některé tyto postupy či předvybrané technologie se mohou během let, či dokonce měsíců, měnit. Je tedy vhodné si před každým vývojem simulátoru udělat podrobnou rešerši vyhovujících technologií vzhledem k danému projektu. Diplomová práce vychází z analýzy (kapitola 3), která byla provedena v listopadu 2021.

Při vývoji programu u firmy, která již má poměrně velké portfolio návodek či simulátorů, je dobré zachovat jednotnost těchto aplikací. A to jak vzhledem k ovládání či prostředí, tak i menších věcí jako třeba podoba menu nebo textové prvky v aplikaci. Ale nemusí se samozřejmě jednat jen o frontend (prezentační vrstva), ale i samotný backend (programovací vrstva – „to, co uživatel nevidí“) by měl být jednotný, například proto, aby nově nastoupivší zaměstnanec, tak aby se dokázal v programu a datech rychle zorientovat.

Po přihlédnutí ke všem těmto okolnostem si lze definovat, podle kterých kritérií lze vybírat jak software pro samotný vývoj, tak i hardwarové prostředky, které budou uživateli virtuální realitu zprostředkovávat a on ji bude moct díky nim ovládat. Mezi tyto kritéria se řadí:

- **Jednoduchost** – Ovládání VR a orientace v ní by měly být jednoduché a intuitivní, nechceme totiž uživatele školit ohledně VR více než se bude cvičit na simulátoru.
- **Přípravenost** – Hardwarové prostředky by měly být rychle připraveny k provozu bez žádného zbytečného načítání a nastavování na každého jednotlivého pracovníka.
- **Přenos** – Hardware by měl být lehce skladovatelný a přenositelný.
- **Odolnost a hygiena** – Obzvláště důležité v dnešní době: hardware by měl být odolný proti pádům a také lehce dezinfikovatelný, jelikož se na něm budou pracovníci střídát.
- **Náročnost** – Pozor na výkonovou náročnost vytvořené aplikace: může se stát, že se na vybraném VR hardwaru bude „zasekávat“, a to znepríjemní celkový pocit ze simulace.

Vzhledem ke kritériím lze vybrat software a hardware, který bude záměru vyhovovat.

6.1 Výběr softwaru

Pro projekt realizace simulátoru se braly v potaz dva programy, a to Unity a Unreal Engine. V obou softwarech je možné vytvořit aplikaci pro virtuální realitu a implementovat ji do brýlí. V tabulce číslo 6-1 lze vidět finální porovnání zmíněných softwarů.

Tabulka 6-1: Porovnání softwarů určených k vytváření VR aplikací

	Významnost kritéria	Unreal Engine	Unity
Grafická úroveň	++	Vysoká	Střední
Zkušenosti se SW	+++	Ne	Ano
Programovací jazyk	+	C++	C#
Komunita	++	Střední	Velká
Licence	+++	1 500\$ za vývojáře za rok	400\$ za vývojáře za rok

Z těchto dvou softwarů byl pro projekt realizace simulátoru pro podporu bezpečnosti práce ve virtuální realitě zvolen software Unity.

Firma CIE development s.r.o. již tento program delší dobu využívá a vyvíjí v něm aplikace, má s ním zkušenosti. Tudíž vývojáři firmy jsou v tomto softwaru znalí, mají v něm již vytvořené některé modely a šablony k některým aplikacím, či předpřipravené kódy k některým funkcím. Na software Unity mají také zakoupenou potřebnou licenci. Ale to samozřejmě není jediný důvod této volby.

Jak již bylo zmíněno na začátku kapitoly, VR simulátor by neměl být náročný na výkonnost, tudíž není nutné, spíše je to k neprospěchu, vytvářet dokonalou fotorealistickou grafiku. Grafika má totiž poměrně zásadní vliv na výkonovou náročnost, a tak je nezbytné jí věnovat zvýšenou pozornost. U aplikace je nutné zachovat realistický vzhled při dostatečně slabé výkonové náročnosti na zvolený hardware, což se v softwaru Unity dá docílit.

Mezi další důvody této volby je možno například zařadit právě větší komunitu vývojářů, díky které lze na internetu najít a importovat do aplikace již vytvořené modely ať již budov, vozidel tak i menších věcí jako třeba počítače či telefonu.

I když je simulátor vytvářen v softwaru Unity, lze při projektu využít i jiné softwary, jelikož ty mohou být určeny na něco jiného a obsahovat více funkcí vzhledem k tomuto zaměření. Jedná se například o software Blender, který slouží k modelování a vykreslování grafiky a animací. Lze v něm vytvářet přesnější a detailnější modely předmětů do simulátoru. Samozřejmostí je i software Microsoft Visual Studio, který slouží jako vývojové prostředí a zapisuje se v něm kód v programovacím jazyce C#.

6.2 Výběr hardwaru

Pro projekt se rozhodovalo mezi brýlemi Oculus Quest 2 a HTC Vive Focus 3. Lze si připomenout, které vlastnosti hardwaru by byly pro projekt přínosné. Headset by měl být jednoduchý na ovládání, čím méně učení se samotným zařízením, tím lepší. Dále by měl být lehce přenosný a skladovatelný a neustále připravený k provozu. V tabulce číslo 6-2 je možno vidět porovnání uvedených VR brýlí.

Tabulka 6-2: Porovnání VR brýlí

	Významnost kritéria	Oculus Quest 2	HTC Vive Focus 3
Výpočetní výkon	++	Malý	Vysoký
Nutnost ovladačů	+++	Ne	Ne
Zkušenosti s HW	+++	Ano	Ne
Rozlišení	+	Střední	Vysoké
Ergonomie	++	Střední	Vysoká
Výdrž baterie	++	2 hodiny	2 hodiny
Cena	++	10 490 Kč	29 792 Kč

Pro projekt realizace simulátoru pro podporu bezpečnosti práce ve virtuální realitě bylo zvoleno využití VR brýlí Oculus Quest 2, a to kvůli ceně a zkušenostem, které s nimi firma CIE development s.r.o. má.

Brýle Oculus Quest 2 byly zvoleny i pro svoji jednoduchost, kdy nebudou potřebné k ovládání simulátoru žádné ovladače, a připravenost, kdy stačí do těchto brýlí nahrát aplikaci, nabít je a jsou připravené k provozu. V podstatě lze říct, že díky těmto brýlím je možno zaměstnancům poskytnout naprostou pohyblivost bez potřeby jakýchkoliv kabelů nebo propojení s počítačem. A přitom i sledovat pohyby těla a ovládat aplikaci bez nutnosti ovladačů či senzorů.

I když se při použití těchto brýlí vytrácí možnost vysokého rozlišení a bude nutná značná optimalizace prostředí na tyto brýle, je tento nedostatek nahrazen možností mobilnosti a jednoduchého ovládání. Ve výdrži baterie dosahovaly oboje brýle stejných hodnot, stejně tak není nutnost ani pro jedny brýle je mít zapojené v průběhu simulace do počítače. V ergonomii ale vedou brýle od HTC, a to pro možnost rychlého nasazení a sundání. I přes některé výhody HTC Vive Focus 3 jsou stále tyto brýle téměř třikrát dražší než Oculus Quest 2, což byl jeden z hlavních důvodů výběru právě VR brýlí od značky Oculus.

Shrnutí výběru

Před vývojem simulátoru bylo nutné provedení rešerše (kapitola 3) z důvodu neustálého vývoje softwarových a hardwarových rozhraní pro VR. V provedené rešerši byly přiblíženy dva vývojové softwary pro VR, a to Unity a Unreal Engine. Dále byly také popsány headsety Oculus Quest 2 a HTC Vive Focus 3.

V této kapitole došlo k porovnání těchto rozhraní a následnému výběru těch, se kterými se bude v projektu diplomové práce dále pracovat.

Jako softwarové rozhraní byl zvolen software **Unity**, a to kvůli tomu, že ho firma CIE development s.r.o. již delší dobu využívá. Dalším důvodem byla velká komunita uživatelů Unity, tudíž lze na internetu nalézt spoustu již vyrobených modelů či nalézt řešení problému při programování.

Následně byl vybrán i VR headset, pro který se bude simulátor vyvíjet. Tímto headsetem je **Oculus Quest 2**. Tyto brýle byly vybrány opět jednak z důvodu zkušeností firmy CIE development s.r.o., ale taktéž pro svoji výhodnou cenu. Headset Oculus Quest 2 je vhodný pro simulátor i z důvodu mobilnosti, kdy uživatel může ovládat simulátor pomocí svých rukou a prstů, což bylo od začátku zamýšleno. Nebude se tudíž muset učit s ovladači, ale ovládat prvky v simulátoru (alarm, hasicí přístroj) bude moct pomocí pohybu ruky.

Po výběru rozhraní bylo pokračováno vytvořením scénáře simulátoru.

7 Scénář pro simulátor

Před vývojem samotného simulátoru bylo vhodné vytvořit scénář děje simulace, který má obsahovat co má uživatel dělat, kdy to má dělat a popřípadě kde nebo s jakým prvkem. Avšak nelze se zaměřit jen na to, že uživatel bude dělat přesně to, co je od něj očekáváno. Bylo nutné tedy vytyčit i meze, co vše může v simulaci dělat a co ne.

Scénář simulátoru zaměřeného na požární ochranu vychází z tzv. best practice, tedy osvědčeného postupu, jak by se měl člověk zachovat při požáru. Simulátor provede uživatele událostí tak, jak by se měl v ideálním případě chovat a reagovat, když se setká s požárem. Scénář samotný ještě nemusel obsahovat podrobnější informace vzhledem k prostředí, ale týkal se čistě jen děje a s ním spojených prvků.

Pro simulátor týkající se diplomové práce bylo určeno vytvoření dvou vrstev simulace. Ve školící vrstvě budou uživateli k pomoci různé nápovědy ve formě textů či obrázků a bude mít více času na reakce. Tréninková (zkoušková) vrstva již tyto nápovědy obsahovat nebude a uživatel musí sám krizovou situaci vyřešit.

Vzhledem k odstavci *Správný postup v krizové situaci* (kapitola 1.2) a dalším zdrojům, byl po konzultacích stanoven následující scénář simulace včetně souvisejících prvků k řešení:

1. Start simulace a prostor na seznámení s okolím

- Prvky k řešení: Režim simulace (školení/zkouška), Prostředí

2. Vznik požáru, identifikace a vyhodnocení požáru uživatelem

- Prvky k řešení: Předměty požáru, Spuštění požáru, Velikost, šíření a animace požáru

3. Spuštění požárního poplachu (alarmu)

- Prvky k řešení: Požární alarm, Časová doba na spuštění alarmu

4. Telefonické nahlášení události

- Prvky k řešení: Telefon, Umístění telefonu, Výběr čísel

5. Nalezení a výběr hasicího přístroje

- Prvky k řešení: Hasicí přístroje, Informace o použitelnosti hasicích přístrojů

6. Přesun požáru a aktivování hasicího přístroje

- Prvky k řešení: Přesun, Kroková aktivace hasicího přístroje

7. Hašení požáru

- Prvky k řešení: Hašení správným/špatným has. přístrojem, Animace hašení, Uhašení

8. Vyhodnocení

- Prvky k řešení: Analýza času, Správnost postupu

Daný scénář byl poté graficky znázorněn ve formě vývojového diagramu, přičemž došlo k dopravení některých kroků. Taktéž byly do diagramu poznamenány vstupy a výstupy v určitých krocích simulace a specifikovány děje, které se uskuteční po určitém rozhodnutí uživatele. Tento diagram je umístěn v příloze 1.

Scénář a vývojový diagram dále sloužily jako podklad při realizaci projektu.

8 Realizace projektu

Po analýze všech potřebných informací ohledně požární ochrany a vybráním nejvhodnějšího softwarového i hardwarového rozhraní se projekt přesunul do fáze realizace, která bude vycházet z vytvořeného scénáře. Vývoj simulátoru začal vytvořením samotného projektu v softwaru Unity a nutným nastavením vzhledem k tomu, že se jedná o virtuální realitu. Na tomto místě musí být vývojář precizní co se týká správného nastavení projektu v samotném vývojovém prostředí, aby se například poté při nasazování simulátoru do brýlí neobjevily neočekávané problémy. Mezi tyto nutná nastavení projektu patří například nastavení grafiky, aby simulátor v brýlích fungoval plynule, či potřebné instalace třeba XR Plug-inu nebo komponenty k integraci Oculus brýlí. V projektu byla též nastavena Universal Render Pipeline, což je předchystaný vykreslovací kanál přímo od Unity, díky němuž lze vytvářet optimalizovanou grafiku na celou řadu platform, a právě i na využívaný systém Android.

8.1 Vytvoření celkového prostředí

Po úvodní inicializaci vývojového prostředí začalo vytváření celého modelového prostředí simulátoru a různých časových či objektových závislostí. Při realizaci bylo myšleno na téma celého projektu s přihlédnutím na vytvořený scénář (příloha 1), který nastiňuje, co vše se v simulátoru má dít. Ze všeho nejdříve bylo nutné vytvořit prostředí. Jako prostředí byl navržen sklad s různými prvky, přičemž tento sklad náleží k výrobní části podniku. Pro přenesení myšlenky navrženého skladu do projektu bylo nutné vytvořit či stáhnout z internetu modely, ať už celého skladu či jen parciální objekty, například palety, boxy, dveře či stůl. Na internetu se nachází nepřehledné množství webových stránek s možností stažení modelů, které jsou zadarmo a jejich licence je tzv. Royalty Free, což znamená, že je možné tyto modely využít i pro komerční účely bez nároku autora na zisk. Lze připomenout, že simulátor byl vytvářen pro mobilní platformu, a tak bylo nezbytné zohledňovat datovou náročnost modelů. Následně po importu všech potřebných modelů do projektu bylo vytvořeno prostředí skladu, které je možno vidět na obrázku 8-1. Je samozřejmé, že pokud se vyskytne potřeba nějaký model ještě přidat či odebrat, je to možné v jakékoliv části realizace projektu.



Obrázek 8-1: Prostor simulátoru – sklad [autor]

Po vytvoření prostředí bylo nutné do simulátoru ještě přidat:

- **Texty**

Různé nápisy, vyjíždějící texty nebo blikající upozornění sloužící pro lepší orientaci uživatele v prostředí. I při samotné simulaci požáru lze text využít k napovídání, co má uživatel v danou chvíli dělat. Texty jsou čitelné a ne příliš velké, aby nepřekážely v zorném poli uživatele. Různé texty se využívají v rozdílných situacích, a tak je u nich nutná animace například vyjíždění a zajíždění či prolnutí a zmizení. V projektu bylo nutné nejdříve vytvořit Canvas a v něm poté texty. Některé texty byly umístěny přímo do prostředí skladu, například jako nápověda u hasicích přístrojů, některé se ukazují uživateli před očima, například co má v dané chvíli dělat.

- **Světla**

Světlo hraje velmi důležitou roli pro uživatelský prožitek, a tak na něj byl brán velký zřetel. Ale bylo nutné si také na přemíru světla a stínu dát pozor z důvodu velkého využití výkonu zobrazovacího zařízení. V Unity existuje několik možností, jak efektivně využít světla při menším výkonovém zatížení VR brýlí. Může se jednat o tzv. „zapečení světla“ (baking), kdy světla poté nereagují na podněty z prostředí, a nevytváří stíny, anebo vypnutí světla, pokud jsou mimo zorné pole uživatele.

Nejdříve byla všechna světla nastavena v normálním režimu, a až podle datové náročnosti a možného zadržování simulátoru v brýlích, je možno je optimalizovat.

- **Animace**

Do modelovaného prostředí také přísluší různé pohyby objektů, ať již samovolné nebo způsobené uživatelem. Tyto pohyby byly vytvořeny pomocí animací. Animace se na nich spouští vzhledem k času nebo události. Jako animace je například spadnutí barelu, tedy změna úhlu a pozice objektu barel, která je vyvolána po nějakém čase po začátku spuštění simulátoru. Pomocí animací jsou rozpořehovány různé páčky, tudíž když se jich uživatel dotkne, tyto páčky se pohnou do stanoveného směru.

- **Částicové systémy**

Částicové systémy neboli Particles jsou další důležitou součástí prostředí. V případě tohoto projektu až úplně zásadní. Particles jsou totiž například oheň, jiskry nebo kouř, ale také proudící voda či prášek z hasicího přístroje. Díky možnosti zkopírování některých již předvyrobených particles z knihovny Unity, nebylo nutné je jednotlivě a zdlouhavě nastavovat a vytvářet jejich barvu. V prostředí bylo nutné částicové systémy umístit na své místo a zajistit, aby se spustily ve správný čas a pokrývaly určenou plochu. Důležité opět bylo přihlédnout na možné výkonové zatížení, jelikož jsou částicové systémy jedním z nejmíce zatěžujících prvků v projektu.

V tabulce 8-1 jsou uvedeny některé prvky, které jsou v simulátoru vytvořeny.

Tabulka 8-1: Příklad prvků v simulátoru

Texty	Světla	Animace	Částicové systémy
Text s pokyny, co má uživatel dělat	Stropní světla budovy	Prolnutí textu	Oheň, jiskry a kouř
Text upozorňující na blížící se událost	Světlo požárního alarmu	Páčka vypínače elektřiny	Rozlitý benzín
Návod, jak použít hasicí přístroj		Páčka hasicích přístrojů	Voda, prášek a pěna hasicích přístrojů
Informační tabule na zdích		Šipka upozorňující na událost	

Na obrázku 8-2 lze vidět částicový systém oheň v prostředí editoru simulátoru.



Obrázek 8-2: Částicový systém oheň [autor]

8.2 Zvuk

Podstatným prvkem, který dotváří virtuální realitu a je velice důležité se na něj zaměřit, je zvuk. Po vytvoření celkového prostředí bylo z diagramu a logiky simulátoru vytyčeno, co se má dít a s kterými objekty, proto se k nim začaly přidávat zvuky. Samotné zvuky neslouží jen pro orientaci uživatele, kde se zrovna co děje, ale utváří celkový pocit reálnosti. Zvuky byly získány opět na různých internetových stránkách, přičemž byly využity jen zvuky s volnou licencí. Pokud byl nějaký zvuk příliš dlouhý, nebo naopak příliš krátký, byl upraven v některém jiném programu (Audacity). Po importu do projektu se zvuk umístil na objekt a nastavily se jeho vlastnosti. V případě vytvářeného simulátoru bylo využito nastavení 3D zvuku, což je nejbližší reálnému světu. Na zvuku na objektu byla nastavena jeho intenzita, dosah a prostor, kde je slyšet. Pokud se od něj uživatel bude vzdalovat, uslyší ho čím dál méně až ho přestane slyšet úplně.

Níže jsou uvedeny některé zvuky v simulátoru:

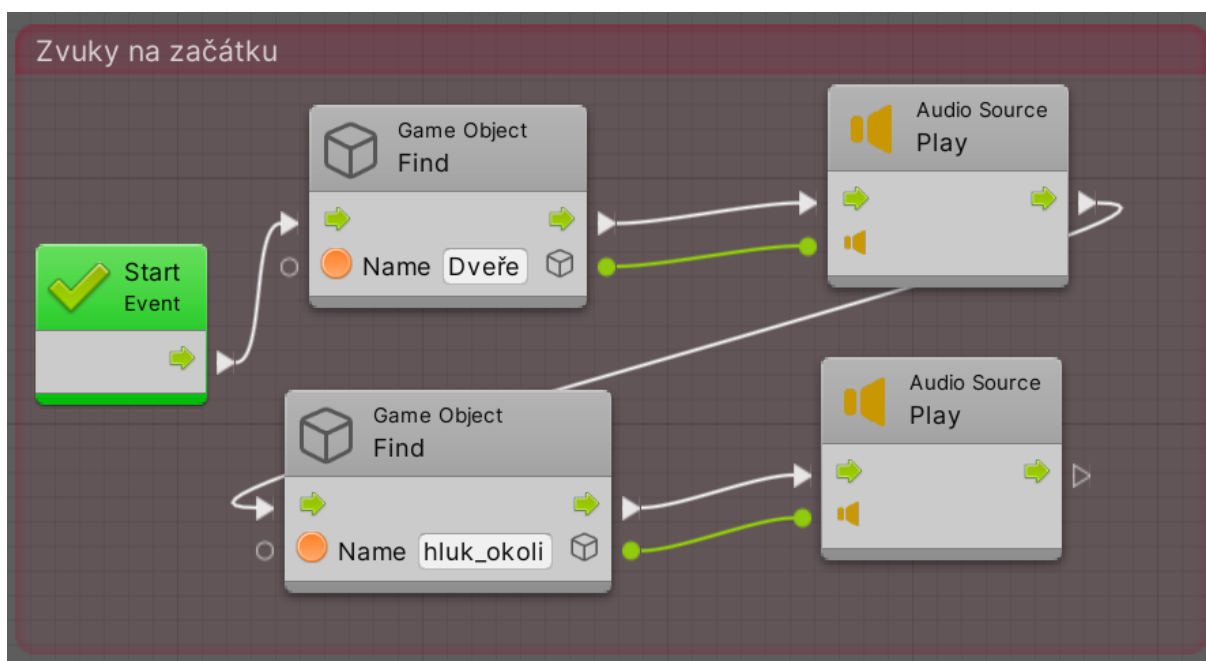
- Zvuk hoření a hasicích přístrojů – Tyto zvuky jsou v simulátoru požární ochrany samozřejmostí, každý typ hasicího přístroje a každý typ ohně má poměrně jiný charakter zvuku.
- Okolní hluk výroby – Pro větší autentičnost a vtažení uživatele do simulátoru vzbuzuje tento hluk pocit, že sklad není jen budova uprostřed ničeho.
- Zvuk požární sirény – Po spuštění alarmu musí jistě přijít požární siréna.

Důležité také bylo spuštění zvuků ve správnou chvíli, ale k tomu už je nutné naprogramovat funkce.

Po vytvoření celkového prostředí společně se zmíněnými prvky lze začít vše skládat dohromady, aby prvky do sebe zapadaly a společně fungovaly, aby vznikl simulátor. K tomu bylo potřeba vše naprogramovat. Naprogramované sekvence dodávají modelům funkčnost, některým mění velikost či je zcela vypínají a zapínají, někdy dodávají ve správný čas správné texty či animace.

8.3 Programování funkčnosti a optimalizace

V porovnání softwarového rozhraní bylo zmíněno, že v Unity je využíván programovací jazyk C#. Avšak v roce 2021 zahrnuje Unity do svého programu i možnost vizuálního programování, a to pomocí doplňku Bolt. Tento doplněk funguje na bázi vytváření tzv. Flow grafů, kdy se jednotlivé komponenty, složky kódu, spojují k sobě a vytvářejí tak logický tok. Na příkladu na obrázku 8-3 je vidět část z určitého Flow grafu, který má za funkčnost spuštění zvuků na začátku simulátoru. Zleva, složka Start definuje, že se sekvence spustí na samotném začátku simulace. Poté je přes komponentu Game Object Find nalezen objekt jménem *Dveře*. Poté další komponenta, Audio Source Play, nalezne zvuk, který je k objektu přiřazen, a přehraje ho. Tok pokračuje dále a situace se opakuje, nyní již ale pro objekt *hluk_okoli*, což může být pro uživatele neviditelný objekt, jehož účel je pouze obsahovat určitý zvuk. Tato sekvence má tedy za účel na počátku simulace spustit zvuk přiřazený na dveřích (zvuk zavření dveří) a zvuk hluku okolí (zvuk výroby umístěn za dveřmi).



Obrázek 8-3: Příklad vizuálního programování za využití doplňku Bolt [autor]

Podobným způsobem byly naprogramovány i všechny další funkčnosti, ať už se jedná o zapnutí hoření vybraného či náhodného objektu, objevení se předmětů či textů ve správný čas na správném místě nebo spuštění různých částicových systémů vzhledem k úspěšnému či neúspěšnému hašení požáru vybraným typem hasicího přístroje.

Po naprogramování provázanosti a funkčnosti objektů bylo nutno vše otestovat, prozatím na počítači. Při testování bylo sledováno bezproblémové fungování naprogramovaných sekvencí. Jestli je správná časová návaznost událostí a vybíhajících textů, jestli objekty mají svou funkčnost, zvuky se spouští ve správný čas a prostě zdali vše funguje, tak jak má. Testování je důležité, jelikož může poukázat na mnoho chyb. Při prvním testování byly objeveny například tyto chyby:

- Když uživatel vypne elektrinu hlavním vypínačem, lze rozsvítit přes vypínač světel.
- Některé zvuky nejsou slyšet, některé slyšet jsou ale ve špatný čas.
- Vylitý benzín levituje ve vzduchu.
- Oheň u krabic nejde uhasit vodním hasicím přístrojem.

Simulátor se dále optimalizoval, dokud nebyly všechny tyto chyby odstraněny.

Ještě bylo nutné vytvořit menu simulátoru. Jako každá hra či simulátor, musí mít i tento své menu, ve kterém si uživatel vybírá z možností, co si chce vyzkoušet. V menu tohoto simulátoru požární ochrany došlo k vytvoření několika tlačítek, a to na školení a zkoušku. Pokud si uživatel chce vyzkoušet simulátor nanečisto, v menu si může vybrat z nabídky školení, kde je jasně napsáno, jaký požár může v simulátoru očekávat. A naopak, je zde i tlačítko zkouška, které vyvolá režim zkouška, kde se náhodně generuje objekt požáru. Žádná další tlačítka nejsou potřeba, ale lze je samozřejmě v budoucnu přidat, pokud by se simulátor dále inovoval.

Simulátor byl řádně otestovaný na počítači, bylo vytvořené menu a bylo možné ho zkusit importovat do brýlí pro virtuální realitu. Ještě předtím se musely do projektu přidat objekty pro samotné ovládání pomocí hlavy a rukou, které se ale poměrně rychle nakonfigurovaly. Nic již nebránilo testování s VR brýlemi. Při prvním testování s VR brýlemi byly nalezeny tyto chyby:

- Zmizení několika objektů – Kvůli tomu, že jde o projekt pro operační systém Android, nejsou podporovány objekty typu *blend*, a proto tyto objekty zmizely (jednalo se například o všechny hasicí přístroje nebo telefon).
- Nefunkční kód – Na počítači vše funguje správně, ale v brýlích ne, simulátor se ani řádně nenastartuje, nic se neděje.
- V menu funguje jen tlačítko zkouška – Ani jedno z tlačítek tréninku nefungují.
- Dále například špatná velikost zobrazovaného textu či moc hlasité zvuky

Následovala tak delší nutná optimalizace simulátoru, kdy byly zmizelé objekty transformovány do přijatelného formátu, opět vloženy na své místo a začleněny do logického toku naprogramovaných sekvencí. Problém s nefunkčním kódem měl na svědomí doplněk Bolt, ve kterém bylo nutné před vygenerováním Android programu spustit funkci AOT Pre-build. Ostatní chyby byly taktéž eliminovány a bylo možné pokračovat v testování.

Poté již měla optimalizovaná testovací verze simulátoru očekávanou funkčnost, avšak jediným problémem byla občasná ztráta FPS, simulátor se tedy poněkud zasekával, což lze ale řešit například redukcí počtu částic v částicovém systému, takzvaným „zapečením světla“ nebo snížením kvality textur.

Simulátor lze dále optimalizovat a rozšiřovat vzhledem k požadavkům zákazníků či vneseným podnětům uživatelů, kteří si simulátor vyzkouší.

9 Popis simulátoru

Kapitola popis simulátoru má sloužit podobně jako uživatelská příručka. Má za úkol seznámit uživatele se simulátorem, objasnit jeho ovládání a upozornit na využitelné interaktivní prvky, které se v simulátoru nacházejí. V příručce je nejdříve vysvětlen záměr simulátoru a informativní sdělení, jak samotná simulace probíhá a s čím vším se v ní uživatel může setkat. Následně je vysvětleno ovládání simulátoru, jeho spuštění a menu, ve kterém si uživatel může vybrat, jakou simulaci zvolí.

Popis dále pokračuje jako návod k simulátoru. Je zde podrobně vysvětlen průběh celkové simulace a krok za krokem, jak by měl uživatel postupovat. V této části jsou ukázány i jednotlivé možnosti požárů, které se v simulátoru nacházejí, prvky, se kterými může uživatel interagovat, a celkově prostředí, ve kterém se simulace odehrává.

O simulátoru

V simulátoru se uživatel dostává do role skladníka, který za sebou právě zabouchl dveře do skladu poté co se vrátil z výrobní části budovy. Sklad je poměrně rozsáhlý a mimo regálů s paletami a boxy se zde nachází i barely s benzínem a také malá kancelář se servery. Poté, co si skladník prohlédne sklad, se stane nečekaná událost, která způsobí požár. Úkol uživatele jakožto skladníka je vypořádat se s tímto požárem podle stanovených kroků v co nejkratší době, tak aby se požár dále nerozšířil.

Jak již odstavec napovídá, objektem simulátoru je úspěšně zvládnout neočekávaný požár, a to za postupu, který je pro takovéto krizové situace stanoven. Pro zdařilý konec, a tedy úspěšně zvládnutou simulaci, pomáhají uživateli informativní či upozorňující texty, které ho celým simulátorem provází. V simulátoru se nachází mnoho interaktivních prvků, některé je možné využít hned od začátku, u některých je funkčnost zpřístupněna až po určeném čase či po splnění náležité akce. V některých případech je usuzováno, že interakce s prvkem v simulátoru může být složitá, a proto je v blízkosti umístěna nápověda, která uživateli dopomůže s orientací či vhodnou manipulací.

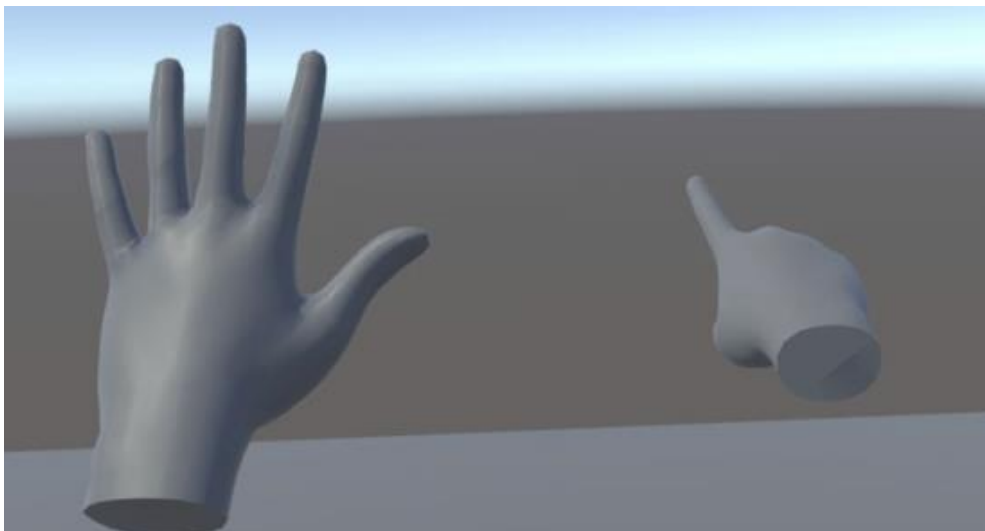
Simulátor se spouští přes menu aplikací v Oculus brýlích, v případech školení již bude spuštěn a uživatel se ocitne přímo v menu simulátoru.

Nastavení ovládání

Simulátor je formován na brýle pro virtuální realitu Oculus Quest 2, které jsou zobrazeny na obrázku 3-3. Simulátor není konfigurován na využití na jiných VR brýlích.

Brýle pro virtuální realitu se na hlavu nasazují dle přiloženého návodu. Brýle samy reagují na pohyby či rotaci hlavy a promítají je právě do virtuálního prostředí. V simulátoru je nastavena výška kamery (výška pozice očí) na 1,6 metru. Tato výška lze konfigurovat, ale pouze ve vývojářském prostředí, tudíž ne přímo v samotném simulátoru.

Simulátor se ovládá pomocí vlastních rukou, nejsou potřebné žádné ovladače. Ke sledování rukou jsou využívány kamery na headsetu, které zjišťují pozici a orientaci rukou a polohu prstů. Aby sledování dobře fungovalo, je potřeba dobře osvětlená místnost. Po zapnutí simulátoru se může stát, že chvíli trvá, než kamery zachytí ruce uživatele. Ukázka snímání rukou včetně polohy prstů v simulátoru je zobrazena na obrázku 9-1.

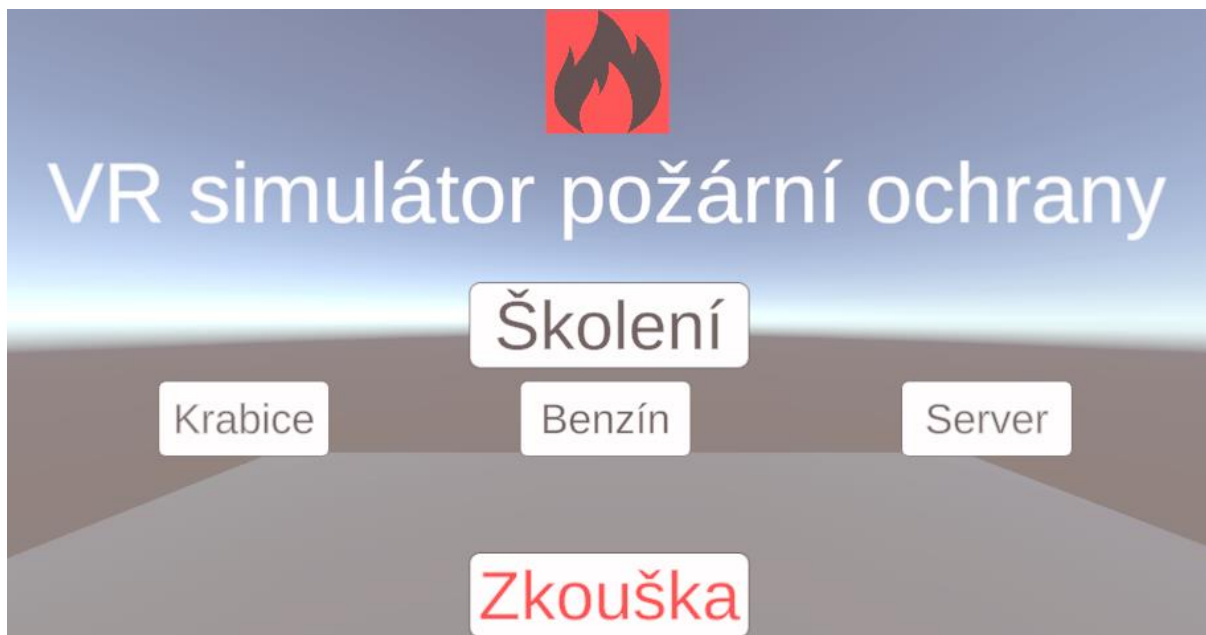


Obrázek 9-1: Ukázka snímání rukou [autor]

Vzhledem k nutnému pohybu v simulátoru je doporučeno mít při simulaci dostatek prostoru, nejlépe 3x3 metry.

9.1 Menu simulátoru

Po spuštění simulátoru se uživatel ocitá v menu, zobrazeno na obrázku 9-2.



Obrázek 9-2: Menu simulátoru [autor]

V menu se nachází celkem čtyři interaktivní tlačítka, z toho tři jsou zaměřena na mód školení a jedno na mód zkouška.

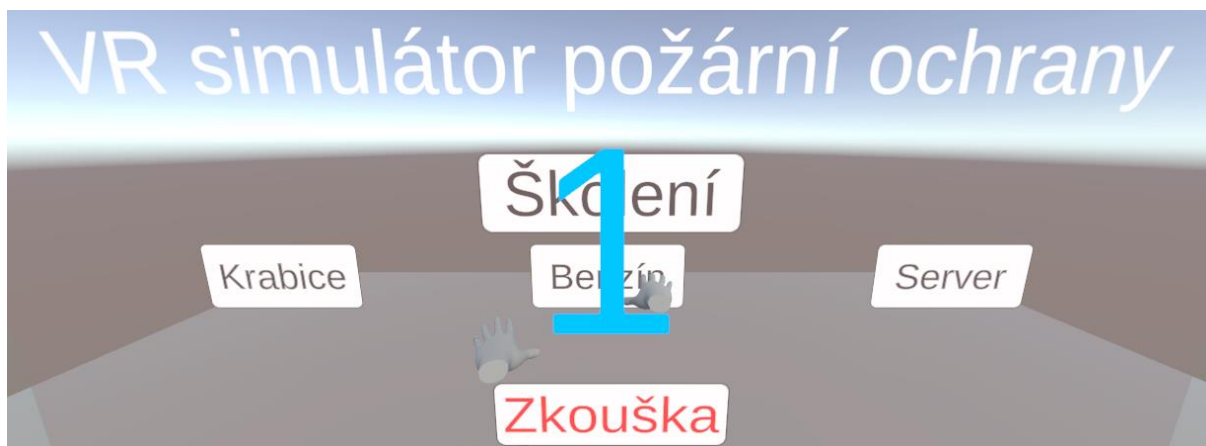
Školení

V menu se nachází nabídka školicích verzí simulátoru, kdy názvy tlačítek odpovídají objektu požáru v simulátoru. Tlačítka jsou označena jako **krabice**, **benzín**, **server**. Pokud si uživatel zvolí školicí verzi simulátoru, je mu v ní plně vysvětlen postup, jak se má zachovat v krizové situaci a může využívat nápověd k prvkům, které má využít, jako například text napovídající, jaký hasicí přístroj je vhodný k hašení určitých typů požárů.

Zkouška

Tlačítko zkouška se v menu nachází jen jednou. Po jeho zvolení se objekt požáru vybere náhodně. Uživatel již v tomto módu nedostává pomocné informace (chybí informační tabule, nevybíhají žádné texty). Uživatel již musí svépomocí krizovou situaci vyřešit.

Pokud je již uživatel rozmyšlen, které tlačítko si zvolí, musí na daném tlačítku podržet ruku. Při dotknutí se tlačítka se objeví časomíra, která odpočítává tři vteřiny. Odpočet je znázorněn velkými modrými číslicemi přímo uprostřed pohledu uživatele, ukázka na obrázku 9-3.



Obrázek 9-3: Ukázka časomíry v menu po výběru tlačítka [autor]

Pokud si uživatel výběr rozmyslí, může při odpočtu sundat ruku z tlačítka a časomíra se vypne. Po uplynutí časomíry se objeví zelený text „start simulace“, který znázorňuje, že simulace za chvíli započne.



Obrázek 9-4: Ukázka text startu simulace v menu [autor]

9.2 Simulace požární krizové situace

Po výběru v menu následuje samotná simulace. V následujících odstavcích bude popsána školící verze simulátoru, a to pro všechny objekty požáru.

1. Seznámení se s prostředím

Na samotném začátku simulace má uživatel čas pro prozkoumání a seznámení se s prostředím. Po objevení se v prostředí skladu je slyšet zvuk zabouchnutí dveří, které má uživatel za sebou. Zpoza dveří je slyšet zvuk výrobní haly.

Po pár vteřinách po objevení se v simulaci, se před uživatelem ukáže text, který mu napovídá, že v této chvíli je jeho úkolem prohlédnout si a seznámit se s prostředím skladu, lze vidět na obrázku 9-5. Tento krok trvá přibližně půl minuty.



Obrázek 9-5: Ukázka prostředí simulátoru a vybízejícího textu [autor]

2. Pozor, riziková událost

Po přibližně půl minutě seznamování s okolím začne uživatele upozorňovat blikáním výrazný, červený text o blížící se rizikové události. Ve stejné chvíli se nad místem, kde nastane riziková událost (požár), objeví velká, výrazná šipka, která napovídá, kam se má uživatel v dané chvíli dívat. Následně se na místě skutečně stane neočekávaná událost, která vede ke vzniku požáru. Celá událost i následný požár je podpořen vizuálními a zvukovými prvky.



Obrázek 9-6: Ukázka upozornění na rizikovou událost a napovídající šipka [autor]

Pro každý objekt požáru je nastavena jedna neočekávaná událost, která je tvořena animacemi a zvuky. Tyto události jsou následující:

- **Scénář 1** – Porucha na žárovce svítidla nad krabicemi, kdy je dojde ke zkratu a následnému pádu jisker přímo na krabice. Tyto jiskry následně způsobí požár krabic.
- **Scénář 2** – Nejdříve dochází k pádu barelu, kdy následně z barelu začne unikat benzín. Poté dojde ke zkratu žárovky na stropním svítidle a k pádu jisker, které rozlité benzín podpálí. Tato událost je zobrazena na obrázcích 9-7 a 9-8.
- **Scénář 3** – V samotném serveru dojde k poruše, která má za následek jiskření celého serveru a počítače. Po chvíli jiskření se začíná objevovat oheň a dochází k požáru.



Obrázek 9-7: Ukázka prostředí místa s barely před neočekávanou událostí [autor]






Obrázek 9-8: Ukázka scénáře 2, neočekávaná událost zapříčiňující požár benzínu [autor]

3. Požár

Jak již bylo řečeno, vznik požáru není samovolný, ale předchází mu určitá porucha některého ze zařízení ve skladu. V simulátoru se uživatel může setkat s požáry objektů uvedených v tabulce 9-1.

Tabulka 9-1: Objekty požáru v simulaci [autor]

<p>Krabice</p> <p>Třída požáru A – požáry pevných látek organického původu, lze sem zařadit například dřevo, papír, uhlí, guma, textil</p>	
<p>Benzín</p> <p>Třída požáru B – požáry kapalin nebo látek přecházejících do kapalného stavu, například benzín, olej, barvy, alkohol</p>	
<p>Server</p> <p>Třída E – elektrické zařízení pod proudem (označení se již nepoužívá)</p>	

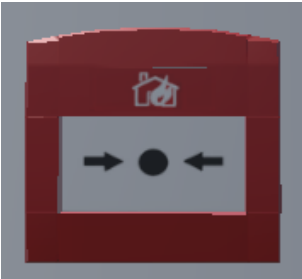


V této fázi by měl uživatel daný požár identifikovat a vyzorovat, co za objekt hoří. K tomu ho také vyzývá informativní text, který se objeví po vzniku požáru. Text a také zvuk požáru (ohněň, praskání) má uživatele upozornit na vzniklou rizikovou událost, kdyby si nevědomky nevyšiml upozornění či šipky z minulého kroku.

Text, který se uživateli objeví, ho dále informuje o další nutné akci, kterou musí udělat. Tou je zahájení požárního poplachu.

4. Zahájení požárního poplachu

V tomto kroku musí uživatel nalézt a spustit požární alarm, který zahájí požární poplach. Požární alarm je umístěn u dveří skladu a vedle něj se nachází různé interaktivní prvky, které uživatel může stisknout a které mají působit jako rozptýlení a ovlivnit uživatele. V tomto kroku může uživatel interagovat s prvky uvedenými v tabulce 9-2.

Tabulka 9-2: Interaktivní objekty v simulaci [autor]

<p>Požární alarm</p> <p>Požární alarm spustí požární poplach. Součástí požárního poplachu je zvuk sirény a také červené majáky, které jsou rozmístěny po skladě.</p>	
<p>Vypínač světel</p> <p>Vypínač na světla vypne či zapne všechny světla v celém skladu. Nefunguje, když je vypnutá elektřina.</p>	
<p>Hlavní vypínač elektřiny</p> <p>Vypínač elektřiny vypne či zapne všechna elektrická zařízení ve skladu (světla, počítač).</p>	

Pro splnění tohoto kroku musí uživatel stisknout požární alarm, který spustí sirény a červené majáky. Po zahájení požárního poplachu se před uživatelem objeví na několik vteřin text, aby pokračoval telefonickým nahlášením události, tedy nalezením telefonu.

5. Telefonické ohlášení události

Po zahájení požárního poplachu je uživatel vyzván, aby našel telefon. Telefon je umístěn nalevo od dveří, přesněji vedle hlavního vypínače elektřiny. Po dotknutí se telefonu se vedle na zdi objeví text a tři telefonní čísla integrovaných záchranných složek. Text uživatele vyzve, aby vybral a dotkl se správného telefonního čísla. Situace je vyobrazena na obrázku 9-9.

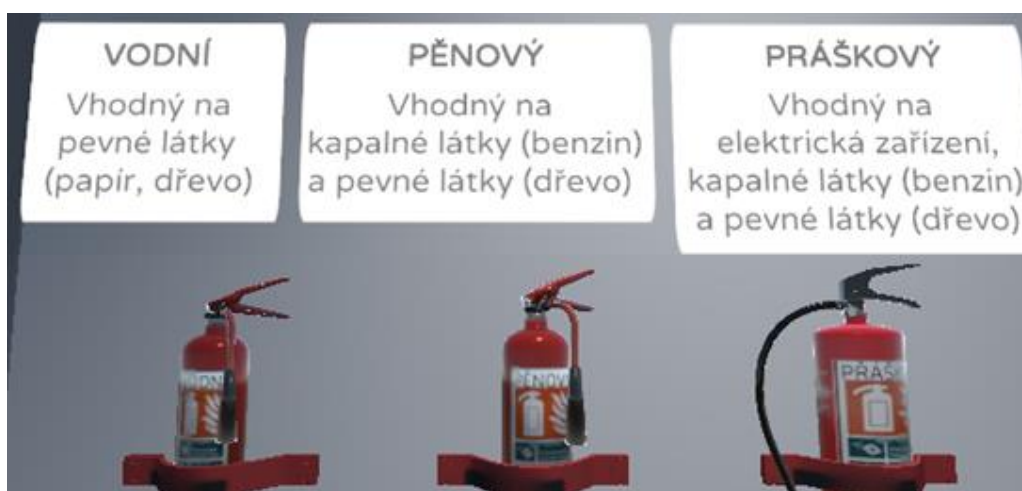


Obrázek 9-9: Ukázka výběru telefonního čísla [autor]

Čísla jsou generována v náhodném pořadí, a tak se nestane, že číslo 150, které je to správné, bude pokaždé na stejné pozici. Pokud uživatel vybere špatné číslo, ozve se specifický zvuk a číslo zčervená. Při výběru čísla správného se ozve jiný specifický zvuk a číslo zezelená. Poté, co uživatel vybere správné číslo, je po pár vteřinách přemístěn k hasicím přístrojům, kde pokračuje v dalším kroku. Při přemísťování je též spuštěna animace s názvem *Mrknutí*, kdy uživatel jakoby otevře oči, což má uživateli napovědět, že se objevil na jiném místě.

6. Výběr hasicího přístroje

Na začátku tohoto kroku se uživatel nachází před zdí, na které visí hasicí přístroje. Informační text mu napovídá, že nyní má vybrat hasicí přístroj vhodný k uhašení požáru. Na zdi, nad hasicími přístroji, se po chvílce objeví nápověda, která má uživateli dopomoci s rozhodnutím, který hasicí přístroj vybrat. Situace je vyobrazena na obrázku 9-10.



Obrázek 9-10: Hasicí přístroje s nápovědou [autor]

V simulátoru může uživatel vybrat jeden z hasicích přístrojů vyobrazených na obrázku 9-11.

Vodní hasicí přístroj

Pěnový hasicí přístroj

Práškový hasicí přístroj



Obrázek 9-11: Hasicí přístroje použité v simulátoru [autor]

Na každém z těchto hasicích přístrojů je výrazný text s typem hasicího přístroje. Úkolem uživatele je zamyslet se, co za objekt hoří a najít a vybrat k tomuto požáru odpovídající hasicí přístroj. Je už jen na uživateli, aby vybral ten správný.

Jak je zřejmé i z nápovědy na obrázku 9-10, každý hasicí přístroj má jiné využití. Vhodnost využití určitého typu hasicího přístroje v simulátor je vyobrazena v tabulce 9-3, která vychází z tabulky 1-1.

Tabulka 9-3: Vhodnost typu hasicího přístroje na určitý požár

Požár \ Hasicí přístroj	Vodní	Pěnový	Práškový
Krabice	Vhodný	Vhodný	Vhodný
Benzín	Nevhodný	Vhodný	Vhodný
Server (elektrická zařízení)	Nevhodný	Nevhodný	Vhodný

Krok výběru hasicího přístroje končí uživatelským kontaktem s jedním z hasicích přístrojů, kdy je poté přemístěn k oblasti požáru a před ním na zemi stojí právě vybraný typ hasicího přístroje.

7. Hašení požáru

Úkol tohoto kroku je uhasit požár. Na začátku kroku se uživatel nachází před samotným požárem a před ním stojí hasicí přístroj, který si zvolil. Pokud uživatel stojí jen na místě a neví co dál, je v blízkosti daného požáru vidět návod, jak by měl dále postupovat. Návod je vyobrazen na obrázku 9-12.



Obrázek 9-12: Návod k uhašení požáru [autor]

Uživatel nejdříve musí dojít k hasicímu přístroji, který není vzdálený více jak dva až tři kroky, a uchopit ho do levé ruky. Hasicí přístroj se přichytí na uživatelovu levou ruku. Dále lze postupovat podle návodu, kdy uživatel musí uchopit pravou rukou hadici hasicího přístroje a zmáčknout levou ruku, ve které se nachází páčka hasicího přístroje. Tímto postupem se hasicí přístroj spustí.

Pokud byl vybrán správný hasicí přístroj, oheň je uhašen a spustí se finální informativní text o úspěšném uhašení požáru. Situace je vyobrazena na obrázku 9-13.



Obrázek 9-13: Ukázka úspěšného uhašení požáru [autor]

Pokud ale uživatel vybral nesprávný hasicí přístroj, oheň se ještě více zvětší a rozšíří. Tato situace nastává, když uživatel zvolí pro požár benzínu vodní hasicí přístroj nebo pro požár serveru vodní nebo pěnový hasicí přístroj. Situace jsou zobrazené na obrázku 9-14.



Obrázek 9-14: Ukázka neúspěšného uhašení požáru [autor]

V případě nesprávně zvoleného hasicího přístroje se taktéž objeví finální informativní text, ale s tím, že byl vybrán špatný hasicí přístroj a je nutné simulaci zopakovat. Situace zobrazena na obrázku 9-15.



Obrázek 9-15: Ukázka neúspěšného uhašení požáru 2 [autor]

Několik vteřin po zobrazení informativního textu je uživatel vrácen zpátky do *Menu*, kde může znovu vybrat další simulaci.

Mód zkouška

Simulace za módu zkoušky probíhá velice podobně, ale je náročnější, jelikož zde nejsou uvedeny informativní texty ani návody a uživatel již musí všechno udělat sám. Objekt požáru je generován náhodně, takže uživatel do poslední chvíle neví, co začne hořet.

10 Technický manuál

Technický manuál má posloužit jako určitý návod pro změny v simulátoru. Je zde popsáno vývojové prostředí simulátoru, tedy veškeré objekty a provázanosti, které jsou potřeba pro správnou funkci simulace. Jedná se například o stavbu objektů, kódy či různá nastavení jak celkového programu, tak i jednotlivých modelů věcí či ostatních objektů v simulátoru.

Díky obsahu manuálu je možné porozumět fungování simulátoru a vědět, jak a co který objekt vykonává. Simulátor tak může optimalizovat a rozvíjet dále i vývojář, který se na vytváření programu nepodílel.

Samotný projekt je vytvořen jako Universal Render Pipeline. Toto nastavení zajišťuje, že kvalita grafiky bude vyhovovat výkonu daného zařízení, v tomto projektu brýlím Oculus Quest 2. Lze říci, že tento kanál zajišťuje maximální kvalitu grafiky za optimalizovaného výkonu, což je velice přínosné, protože pro uživatelův zážitek ze simulace musí simulátor fungovat plynule, bez zasekávání, a přitom mít odpovídající grafiku.

10.1 Nastavení VR

První zaměření se týká nastavení simulátoru, aby mohl fungovat ve virtuální realitě, speciálně v brýlích Oculus Quest 2. Proto, aby mohly být tyto brýle využívány, je nutné, aby simulátor obsahoval Oculus XR Plugin. Ten umožňuje samotné fungování programu právě na produktech Oculus. V návaznosti na modul Oculus XR Plugin je také nutné, aby simulátor obsahoval XR Plugin Management, což je modul, který poskytuje správu zásuvných modulů XR a pomáhá s načítáním, inicializací, nastavením a podporou těchto modulů. Moduly jsou zásadní a simulátor by se bez nich neobešel. Pokud by byla vyžadována změna na jiný typ brýlí pro virtuální realitu, bylo by nutné doinstalovat do simulátoru jiný, specifický plugin právě pro dané brýle.

Aby uživatel viděl simulátor v brýlích a mohl ho ovládat svými rukama, je v programu umístěn objekt OVRCameraRig, což je standardní objekt z modulu Oculus XR Plugin. Tento objekt obsahuje jak kameru, díky které uživatel může v simulátoru vidět, tak i obě ruce, díky kterým může uživatel simulátor ovládat. Objekt je nastaven zcela standardně, dle doporučení z pluginu.

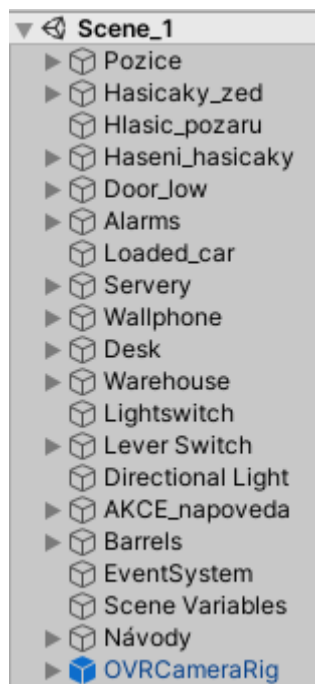
V simulátoru jsou na objekt OVRCameraRig přidány další objekty. Na kameře (v simulátoru objekt CenterEyeAnchor) je umístěn Canvas, který slouží pro umístění textů. Na tomto Canvasu jsou umístěny texty, které při simulaci vyběhají uživateli přímo před očima (např. texty *Důkladně si prohlédněte prostředí* nebo *Po identifikaci požáru je nutné zahájit požární poplach spuštěním alarmu*). Díky tomuto umístění, právě na kameru CenterEyeAnchor, se texty pohybují společně s hýbáním hlavy, tudíž, ať se již uživatel dívá kamkoliv, vždy má texty před očima a ve vzdálenosti, aby je mohl bezproblémově přečíst.

Na objektu OVRCameraRig se dále nachází pravá ruka (RightHandAnchor) a levá ruka (LeftHandAnchor). Na obou rukách jsou umístěny malé krychle, které mají vypnutý Mesh Renderer, tudíž nejsou v simulátoru vidět, a mají zapnutý Box Collider a RigidBody. Díky tomuto nastavení může uživatel interagovat s některými objekty v simulátoru pomocí dotyku. Například se může dotknout požárního alarmu a spustit ho.

Na levé ruce se dále nachází i hasicí přístroje, které jsou do provedení určité akce skryté. Když se u požáru uživatel dotkne připraveného hasicího přístroje, daný hasicí přístroj zmizí a odhalí se ten připevněný na levé ruce (na objektu LeftHandAnchor). Tím se zdánlivě na tuto ruku přilepí a uživatel s ním může jednoduše manipulovat.

10.2 Modely

V programu se nachází několik stovek objektů, některé jsou přímo viditelné věci, některé jsou částicové systémy a některé nejsou ani vidět, ale slouží kupříkladu pro přesouvání uživatele při simulaci. Základní hierarchii objektů lze vidět na obrázku 10-1.



Obrázek 10-1: Hierarchie objektů ve scéně Simulace [autor]

V následující tabulce je detailnější popis objektů z hierarchie. Jejich pojmenování vychází z názvu modelu či se jedná o tzv. Parent objekt, který obsahuje další objekty.

Tabulka 10-1: Objekty v simulaci a jejich vlastnosti

Objekt	Vlastnosti, informace
Pozice	Neviditelné objekty sloužící pro přesun uživatele na jiné místo během simulace. Přesun je realizován pomocí naprogramované funkce.
Hasicaky_zed	Hasicí přístroje s držáky pověšené na zdi. Uživatel s nimi interaguje při výběru hasicího přístroje k uhašení požáru.
Hlasic_pozaru	Požární hlásič, na kterém je collider pro možnost dotknutí se a spuštění akce. Objekt obsahuje i zvuk sirény.
Haseni_hasicaky	Hasicí přístroje, které se objeví u požáru. Obsahují collider, kdy se po jejich dotknutí uživateli objeví hasicí přístroj v levé ruce.
Door_low	Vstupní dveře, obsahují zvuk zabouchnutí.
Alarms	Po skladu jsou rozmístěny alarmany, červené majáčky, které se spustí po doteku požárního hlásiče. Po spuštění se začnou točit a s nimi i červené světlo, které je na nich umístěné.
Loaded_car	Vysokozdvihný vozík, který je zde umístěn jako volný objekt a nemá žádnou možnost interakce.

Servery	Servery jsou jedním z objektů požáru. Objekt server obsahuje tři zavřené skříně a dvě otevřené, které mají na sobě umístěn počítač.
Wallphone	Telefon, který je umístěn na zdi. Objekt obsahuje i text a čísla, ze kterých uživatel při simulaci vybírá. Čísel je zde devět, a to proto, aby se mohly náhodně generovat jejich pozice při simulaci. Čísla obsahují collider, aby se jich uživatel mohl dotknout.
Desk	Stůl, židle a počítač umístěné vedle serverů. Uživatel s nimi nemá žádnou možnost interakce.
Warehouse	Nejpočetnější objekt, který obsahuje budovu skladu. Pod tímto objektem se nachází <ul style="list-style-type: none">• Zdi, střecha a podlaha• Pilíře a ventilace• Lampy a světla• Regály, palety a krabice Světla u lamp lze vypínat či zapínat při uživatelské interakci s vypínačem, některá praskají pro vyvolání požáru. Krabice jsou jedním z objektů požáru. Ostatní objekty jen dotvářejí celkový prostor skladu.
Lightswitch	Vypínač světel, pokud se ho uživatel dotkne, vypnou se či zapnou všechna světla ve skladu. Tato funkce nefunguje při vypnutí elektřiny.
Lever Switch	Hlavní vypínač elektřiny, který vypne či zapne elektřinu ve skladu. Páka vypínače je animovaná, pokud se jí uživatel dotkne, páka se přesune do jiné pozice.
Directional Light	Standardní světlo, aby nebyl simulátor tmavý.
AKCE_napoveda	Na tomto objektu je umístěn hlavní kód, Flow graf simulátoru, který ovládá všechny akce na začátku a v průběhu simulace. Objekt také obsahuje všechny částicové systémy u požárů – jiskry, oheň, kouř.
Barrels	Barely ve skladu. Jeden z nich je při simulaci objektem požáru, nachází se na něm animace, při které mění pozici.
EventSystem	Objekt zodpovědný za řízení a zpracování událostí ve scéně.
Scene Variables	Objekt obsahující všechny proměnné využívané ve Flow grafech.
Návody	Obrázky s návodem jak uhasit požár umístěné v blízkosti uživatele. Viditelné jen ve školící verzi.
OVRCameraRig	Objekt byl vysvětlen v předchozí podkapitole. Slouží pro zobrazování a ovládání simulátor pomocí brýlí Oculus Quest 2.

Jak již bylo zmíněno, jelikož je program pro systém Android, jsou modely co nejméně datově náročné. Z toho důvodu jsou některé modely celistvé, nemají žádný hierarchický rozpad, jako je například vysokozdvizný vozík. Na jednu stranu je dobré, že je datově optimální pro simulátor, na druhou stranu s ním nelze manipulovat, například nelze rozpožehovat kola. U některých objektů jsou přidány různé komponenty jako například zmiňovaný collider nebo zvuk. Je nutné na tuto skutečnost dávat pozor, jelikož jakákoliv změna může mít dopad na některou z funkcí, a tudíž na celkové fungování simulátoru.

Částicové systémy

Oheň, jiskry, kouř, voda, prášek a mnohé další částicové systémy jsou obsaženy v simulátoru. Jelikož tyto objekty mají velikou datovou zátěž, musí se s nimi pracovat opatrně. Kvůli plynulosti simulátoru jsou částicové systémy nastaveny na nižší kvalitu, a i přesto se v některých situacích simulace lehce „zasekává“.

Všechny částicové systémy jsou vyvolávány naprogramovanými funkcemi, a to buď v určitý čas či po určité akci. Vzhledem k celkovému průběhu simulace jsou na částicových systémech nastaveny určitá zpoždění. Uživatel může zahájit akci, při které se spustí správná sekvence kódu, který zapne částicový systém, ale je zde ještě určitá prodleva, než se doopravdy spustí. Tudíž jakákoliv změna by měla projít testováním, jestli se nenarušil celkový průběh simulace.

Některé částicové systémy, zejména voda a prášek, mají zapnutý tzv. trigger nebo collision, a to z důvodu, aby se mohly dotknout jiné částice (například ohně) a spustit tak určitou akci. Pokud se tedy vodou hasí požár, dva částicové systémy se dostanou do kolize, a to spustí určitý kód, který zapříčiní zánik částicového systému oheň. Dojde k uhašení požáru. S tím souvisí i jediný skript v programovacím jazyce C#, který je umístěn na částicových systémech ohně. Skript zapřičinuje vypnutí smyčky na systému, kdy po čase dojde k jeho zničení.

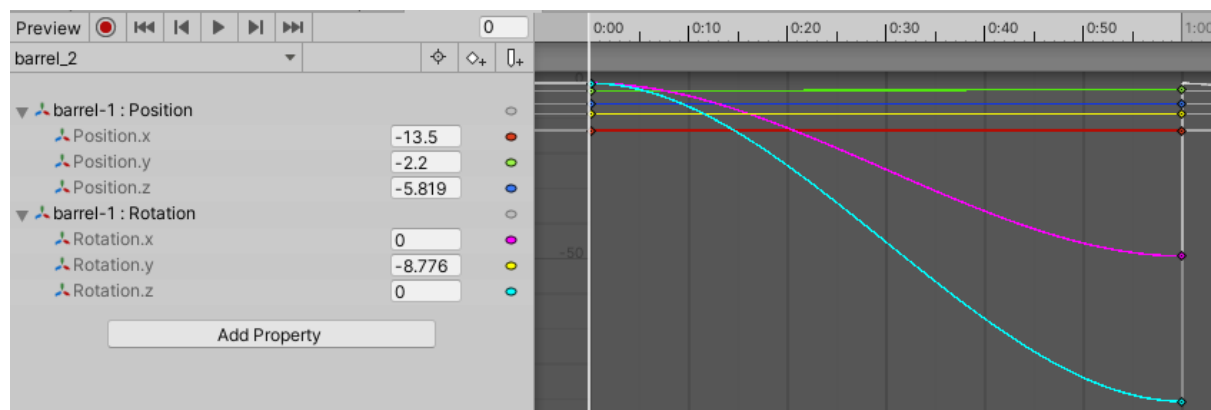
Animace

Animace jsou vytvořeny přímo v programu Unity a všechny jsou spouštěny pomocí naprogramovaných sekvencí.

Text – U většiny textů je animace vyjetí nahoru do zorného pole uživatele a poté zajetí dolů, což je dosaženo animováním panelu, na který je text připojen. Nejdříve se musí text zviditelnit, což je realizováno kódem, a poté se v čase mění jeho vertikální osa, tudíž při zvýšení hodnoty osy text přiletne nahoru, a po nějakém čase se opět hodnota sníží a text odlétne dolů. U některých textů je přidán i efekt blikání.

Šipky – Ve školící verzi ukazují uživateli, kde se objeví požár. Jelikož je každá šipka na jiném místě, má každá svoji animaci. Nejdříve se v animaci šipka zviditelní a poté se, podobně jako text, mění její vertikální pozice. Na konci animace se šipka opět zneviditelní.

Barel – U tohoto objektu je animace nejvíce složitá, jelikož barel ze své pozice musí spadnout a lehce se potočit, aby byl otvor barelu u země a mohl z něj vytékat benzín. Tato animace, jak je zobrazena v programu Unity, je znázorněna na obrázku 10-2.



Obrázek 10-2: Animace spadnutí barelu [autor]

Z obrázku lze vidět, že animace trvá přesně jednu vteřinu, při které se výrazně změní rotace (úhel) barelu, tedy že stojící barel se převrátí do horizontální polohy. Také dojde ke změně jeho pozice, je posunut dolů a dozadu, jelikož při samotné změně úhlu by barel visel ve vzduchu.

10.3 Programování

Kód je hlavní složka programu, bez něj by simulátor vůbec nefungoval a existovalo by jen prostředí bez žádného děje, žádné akce. Pomocí kódu se dávají věci do pohybu, objekty mají díky kódu určité funkce a uživatel s nimi může interagovat. Samotná logika celé simulace, od začátku do konce, je řízena různými sekvencemi kódu, které přesně v daný okamžik spustí požadovanou akci, a to podle nastavených proměnných.

Programování pro simulátor je zprostředkované díky doplňku Bolt, který lze do projektu v Unity stáhnout. Jedná se o vizuální programování, kdy se ve Flow grafech spojují různé komponenty a utváří se určitá sekvence. Tyto komponenty fungují jako balíček kódu, tudíž lze všechny tyto vizuální sekvence komponent přepsat do řádků v programovacím jazyce C# a funkčnost by měla být zachována.

Proměnné (Variables)

Nejdříve budou popsány proměnné, které se v programu nacházejí. Tyto proměnné mají za úkol uchovávat určitou hodnotu, se kterou se později pracuje. Proměnné mají určité typy, a to podle toho, jaká hodnota je v dané proměnné uložena. Typ Bool může nabývat pouze hodnoty true nebo false, typ integer obsahuje jen celá čísla, zatímco typ float může obsahovat jak čísla celá, tak i zlomky. Posledním typem je string, který obsahuje text. Proměnné jsou v projektu rozdělené podle toho, kde se využívají.

- **Graph variables** – proměnné jsou lokální, jen pro aktuální graf
 - **Světla** (Boolean) – Proměnná je použita pro zapnutí či vypnutí světel při dotyku na vypínač, podle toho také nabývá hodnoty true či false.
- **Object variables** - proměnné jsou sdíleny v rámci aktuálního herního objektu
 - **Hlásič požáru** (Boolean) – Proměnná je false, do té doby, než se uživatel dotkne požárního hlásiče. Poté nabývá hodnoty true, přičemž spustí sirénu a světla všech alarmů. Uživatel opakovaným dotykem na hlásič nemůže tuto hodnotu vrátit zpět na false.
 - **Telefon** (Boolean) – Hodnota proměnné je false, dokud uživatel nevybere správné číslo k zavolání. Po správném výběru se změní hodnota proměnné na true, což způsobí přemístění uživatele k hasicím přístrojům a objevení informativního textu.
 - **Elektřina** (Boolean) – Proměnná je na začátku simulace true. Pokud uživatel vypne elektřinu pomocí hlavního vypínače, proměnná se změní na false a způsobí vypnutí světel ve skladu a také počítače na stole. Po zapnutí elektřiny, opětovným dotknutím se vypínače, je proměnná opět true a světla se rozsvítí.
- **Scene variables** - proměnné jsou sdíleny napříč aktuální scénou.
 - **Odpočet** (Boolean) – Slouží k odpočtu čísel ve scéně *Menu*. Pokud se uživatel dotýká tlačítka, proměnná nabývá hodnoty true a odpočet funguje. Pokud se uživatel přestane dotýkat, proměnná je false a odpočet se zastaví.
 - **Přemístění k požáru** (String) – Proměnná slouží k uchování pozice, na kterou se uživatel přemístí po výběru hasicího přístroje. Proměnná je odvozena od objektu požáru a je v ní umístěna hodnota, která odpovídá názvu neviditelného objektu ve scéně, na který se uživatel v rámci simulace přemísťuje.
 - **Hasicí přístroj** (String) – V této proměnné se uchovává název hasicího přístroje, který si uživatel v rámci simulace vybere k uhašení požáru. Proměnná pak slouží k tomu, aby se u požáru vyskytoval právě ten hasicí přístroj, který si uživatel vybral.

- **App variables** - proměnné jsou sdíleny napříč scénami (jakmile je aplikace ukončena, jsou resetovány)
 - **Objekt požáru** (String) – Uchovává v sobě název objektu požáru, je nastavena v menu při spuštění simulace, a to podle výběru tlačítka. Využívá se v samotné scéně *Simulace*, kdy se podle ní řídí kde vypukne požár nebo také přemístění uživatele.
 - **Zkouška** (Boolean) – Proměnná nabývá hodnoty true, když si uživatel v menu vybere tlačítko zkouška. Tato proměnná pak zapřičiňuje, že se v simulaci neobjevují doprovodné texty či návody

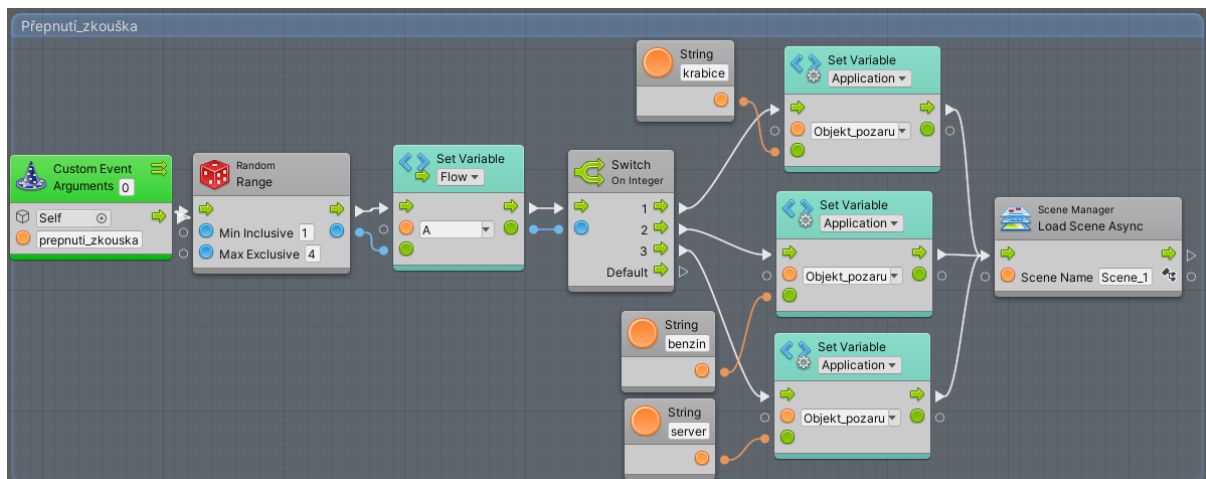
Flow grafy

Simulátor obsahuje několik tzv. Flow grafů, které vytvářejí celkovou funkčnost aplikace. Flow grafy jsou tvořeny díky doplňku Bolt. Pomocí propojování jednotlivých komponent ve Flow grafech jsou formovány herní mechanismy a celkový interaktivní systém. Většina z Flow grafů je menších a mají převážně za úkol spustit danou akci, sekvenci při uživatelském působení s určitým objektem. Poté jsou v programu dva velké Flow grafy, kde se vyskytuje valná většina sekvencí simulace. Prvním z nich je graf *Simulace*, který zajišťuje celkový chod simulace, druhým je graf *Hašení*, ve kterém je definováno, co se stane při hašení určitého objektu vybraným hasicím přístrojem.

Ve Flow grafu lze komponenty slučovat do různě barevných a pojmenovaných přihrádek, tudíž je kód přehlednější a lépe se v něm orientuje. Dále budou vysvětleny jednotlivé Flow grafy a jejich účel v simulaci.

V části **menu** se nachází pouze jeden Flow graf jménem *Menu*, ve kterém je obsaženo vše potřebné. Lze v něm nalézt tyto funkce:

- **Tlačítka (krabice, barel, server)** – Po přiložení uživatelské ruky na tlačítko je změněna proměnná *Odpočet* na true, pokud uživatel ruku z tlačítka sundá, proměnná je vrácena na false. Podle toho, kterého tlačítka se uživatel dotknul, se mění aplikační proměnná *Objekt požáru*. Stisk tlačítka také spouští další funkci, a to funkci *Číslo*.
- **Tlačítko (zkouška)** – Podobně jako u funkce *Tlačítka* i zde se jedná o držení uživatelské ruky na tlačítku, tady ale na tlačítku zkouška, kdy se mění proměnná *Odpočet* na true či false. Navíc se mění i proměnná *Zkouška*, a to na hodnotu true. Funkce končí taktéž spuštěním sekvence *Číslo*.
- **Číslo** – Sekvence má za úkol provést odpočet čísel před začátkem simulace. Nejdříve se najde objekt *Číslo 3*, který změní svůj rozměr, zvětší se. Po uplynutí jedné vteřiny opět změní svůj rozměr, a to na nulu, tudíž zmizí. Následně je provedena kontrola, jestli uživatel stále drží ruku na tlačítku, pokud ano, pokračuje se s objektem *Číslo 2* a následně s objektem *Číslo 1*. Poté, co zmizí objekt *Číslo 1*, se zapne objekt s textem informujícím o startu simulace a spustí se buď funkce *Přepnutí*, nebo, pokud nabývá proměnná *Zkouška* hodnoty true, spustí se funkce *Přepnutí_zkouška*.
- **Přepnutí** – V této sekvenci dojde pouze k přepnutí scény na scénu *Simulace*.
- **Přepnutí_zkouška** – Na začátku se vygeneruje náhodné číslo v rozmezí 1 až 3, a podle tohoto čísla se stanoví objekt požáru v simulaci. Následně dojde k přepnutí scény a zapnutí simulace. Tato sekvence je zobrazena na obrázku 10-3.



Obrázek 10-3: Funkce Přepnutí_zkouška [autor]

Ve scéně **Simulace** se nachází více Flow grafů než ve scéně Menu. Některé zajišťují pouze jednu či dvě funkce, některé jsou více rozsáhlé a mají i přes deset různých sekvencí. Následuje popis jednotlivých Flow grafů a jejich funkcí.

- **Alarm**

- **Spuštění** - Při dotyku uživatele na požární alarm se zkontroluje proměnná *Hlásič požáru*, jestli není true, a tedy jestli už není alarm zapnutý. Pokud je proměnná false, spustí se zvuk umístěn na objektu *Požární alarm* a proměnná *Hlásič požáru* se změní na true. Sekvence končí zapnutím funkce *Světla*.
- **Světla** – Na začátku této funkce jsou nalezeny všechny objekty s tagem *alarms*, kterým je následně díky komponentě *Update* neustále měněn úhel, dochází k jejich točení se. Na každém objektu s tagem *alarms* se nachází dvě červená světla, která jsou při této sekvenci zapnuta. Výsledný efekt je točení červených světél na požárních hlásičích umístěných ve skladu.

- **Telefon**

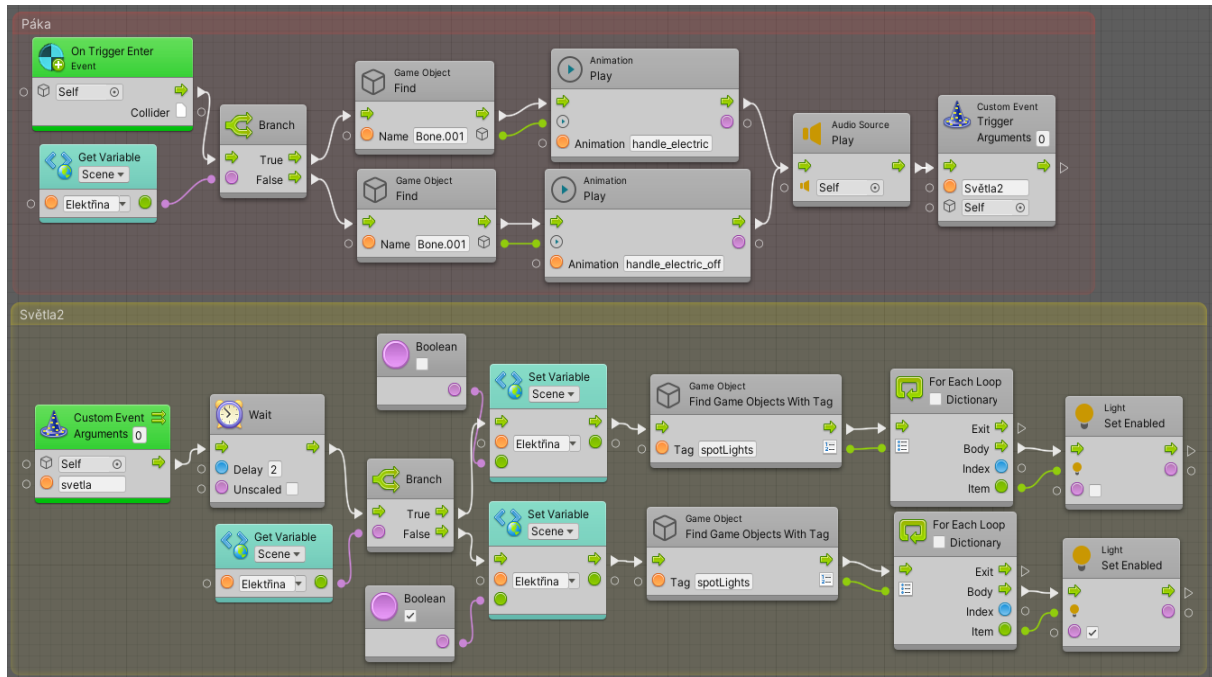
- **Generování čísel** – Funkce je spuštěna na samotném startu simulace a jejím účelem je náhodně vygenerovat pořadí čísel, ze kterých si má uživatel vybrat pro přivolání pomoci. Funkce nejdříve pomocí modulu *Random Range* vybere jedno z čísel 1 až 3, na to navazuje komponenta *Switch*, která podle tohoto čísla určí, která ze tří sekvencí se má provést. Každá sekvence obsahuje vyhledání a aktivaci tří čísel, které se poté v simulaci objeví na zdi u telefonu.
- **Výběr čísla** – Funkce dle kontaktu uživatele s telefonním číslem v simulaci vyhodnotí, jakého čísla se dotkl. Pokud se dotkl špatného čísla, toto číslo změní svoji barvu z bílé na červenou a spustí se záporný zvuk. Pokud se dotkl čísla správného, číslo změní barvu na zelenou, spustí se kladný zvuk a změní se hodnota proměnné *Telefon* na true.

- **Světla**

- **Zapnout/Vypnout** – Po stisku vypínače světél se nejdříve spustí zvuk, který je k tomuto objektu přiřazen. Poté proběhne kontrola, zdali nabývá proměnná *Elektrina* hodnoty true. Pokud ne sekvence se zastaví, pokud ano sekvence pokračuje. Nato se sekvence orientuje podle hodnoty lokální proměnné *Světla*. Pokud je hodnota true (světla svítí), přepne se proměnná na hodnotu false a na všech objektech s tagem *spotLights* se vypnou světla. A naopak, pokud je proměnná false, změní se na true a světla se zapnou a rozsvítí.

- **Elektřina**

- **Páka** – Po kontaktu uživatele s objektem *Hlavní vypínač elektřiny* se spustí animace, která uvede páku na vypínači do opačné pozice. Animace je navíc doprovázena zvukem zaklapnutí páky. Následně se spustí funkce *Světla2*.
- **Světla2** – Nejdříve v sekvenci proběhne kontrola, zdali je proměnná *Elektřina* true nebo false. Pokud je true (elektřina je zapnutá), dojde k její změně na false, a přitom se vypnou všechna světla na objektech s tagem *spotLights*. Naopak, pokud je false, dojde ke změně na true a všechna světla se zapnou.

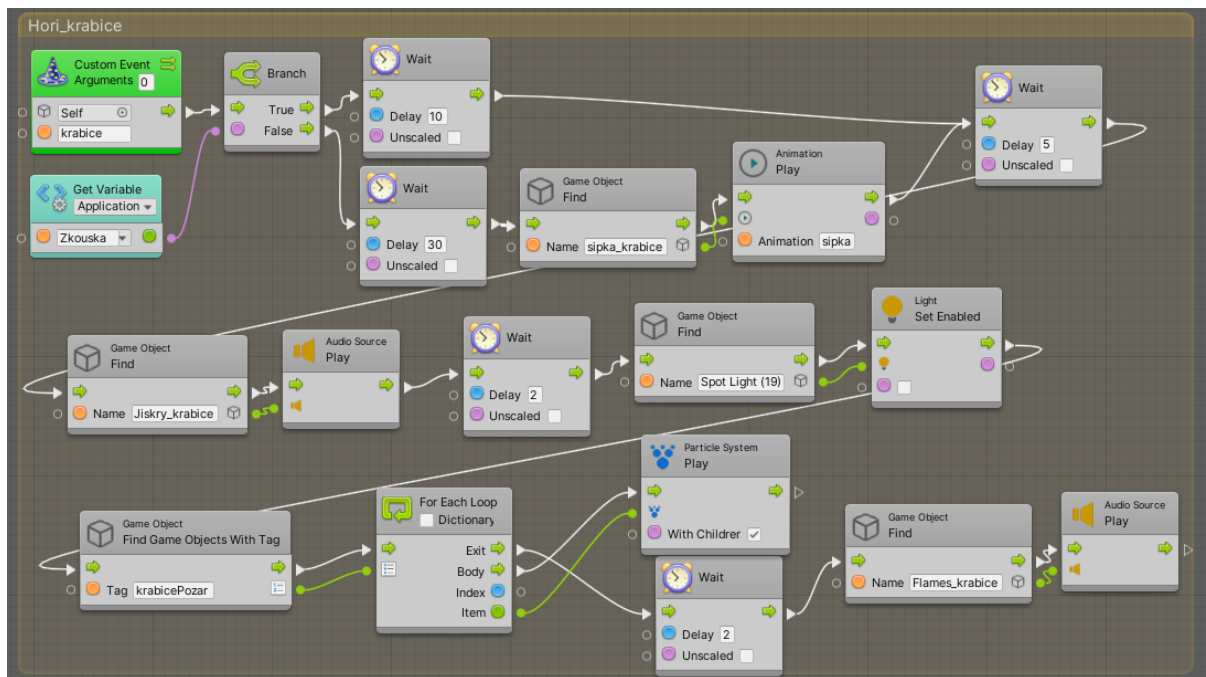


Obrázek 10-4: Flow graf Elektřina [autor]

- **Simulace**

- **Start** – Na začátku simulace dojde hned k několika akcím. Dojde k přesunu hráče, tedy přesunu objektu *OVRCameraRig*, do potřebné pozice u dveří, kde uživatel simulaci začíná. Také dojde k deaktivaci několika objektů, které, pokud budou v simulaci potřeba, se v dalších sekvencích opět mohou zapnout. V neposlední řadě je podle proměnné *Objekt požáru* nastavena textová proměnná *Přemístění k požáru*, která se dále používá k přemístění uživatele k místu požáru. Nakonec je spuštěn zvuk na objektu *Dveře*, zvuk zabouchnutí dveří, a na objektu *Hluk okolí*, kdy zvuk dotváří prostředí skladu.
- **Hlavní linka** – Sekvence se také spouští na začátku simulace. Nejdříve je zjištěno, zdali je proměnná *Zkouška* true nebo false, a podle toho se zapnou vyjízďející informativní texty. Dále podle hodnoty proměnné *Objekt požáru* se spustí jedna ze tří sekvencí pojmenovaná *Hoří*.
- **Text (1, 2, 3)** – Jedná se o celkem tři sekvence, které se spustí ve funkci *Hlavní linka*. V každé z těchto sekvencí je nastavený určitý čas v modulu *Wait*, kdy se sekvence zastaví a čeká až uplyne daný čas. Poté je nalezen určitý text, na kterém se spustí animace. Animace vyvolá vyjetí textu a po určitém čase zajetí textu. Sekvence jsou vytvořeny pro počáteční tři texty, které vyjízďejí samovolně bez určité akce uživatele. Sekvence jsou vytvořeny každá zvlášť pro lepší přehlednost a možnost nastavování času *Wait*.

- **Hoří** – Funkce je spuštěna v sekvenci *Hlavní linka*. Podle proměnné *Objekt požáru* se následně tok kódu může ubírat jedním ze tří směrů. Proběhne ještě kontrola, zdali proměnná *Zkouška* nabývá hodnoty true. Pokud ano, jsou uvedené sekvence zrychleny a je vynechána pomocná šipka.
 - **Krabice** – Na začátku sekvence je nastaveno zpoždění, a to na dobu, dokud nevyjedou všechny informativní texty. Poté je spuštěna animace objektu *Šipka*, která se objeví a ukazuje na místo rizikové události. Nato je nalezeno světlo nad krabicemi, které je při zvuku prasknutí vypnuto. Pak jsou nalezeny objekty s tagem *krabicePožár*, na kterých jsou spuštěny částicové systémy. Nakonec je ještě spuštěn zvuk ohně.

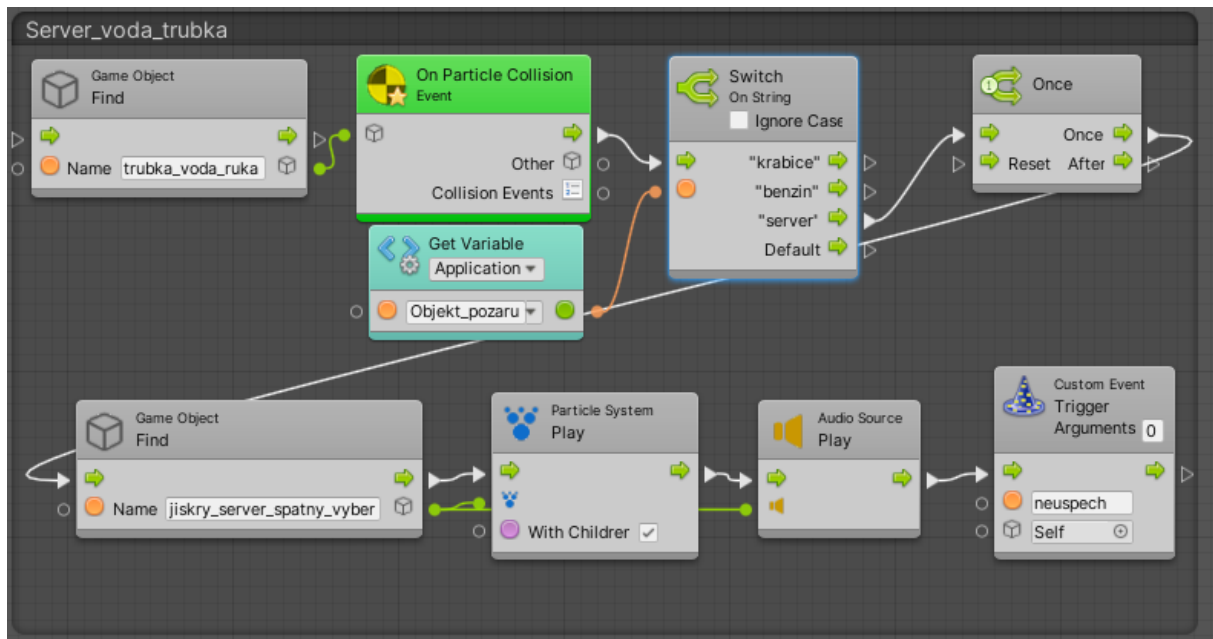


Obrázek 10-5: Sekvence Krabice z funkce Hoří [autor]

- **Benzín** – Podobně jako u sekvence *Krabice*, i zde je zpoždění a animace šipky. Následně je ale spuštěn zvuk a animace na objektu *Barel*, což způsobí převrnutí barelu, na což navazuje spuštění částicového systému *Benzín*, kdy z barelu začne vytékat kapalina. Po určité prodlevě (modul *Wait* nastaven na 2 vteřiny) se za zvuku prasknutí vypne světlo nad barelem a je spuštěn částicový systém *Jiskry_benzín*, kdy po dopadu jisker je spuštěn další částicový systém, a to *Oheň_benzín*, a tudíž začne benzín hořet.
- **Server** – Stejně jako u předchozích sekvencí i zde je zpoždění a animace šipky. Poté je spuštěn zvuk zkratu umístěného na objektu *Server*, kdy se následně zapnou částicové systémy *Jiskry_server*, *Jiskry_server_2* a *Oheň_server*. Server tedy začne hořet a proudí z něj jiskry.
- **Telefon** – Sekvence čeká, až proměnná *Hlásič požáru* nabude hodnoty true, tedy až se uživatel dotkne hlásiče a spustí se alarm. V této funkci je následně zapnut Canvas, na kterém je připravený text u telefonu a vygenerovaná čísla z funkce *Generování čísel*, která byla spuštěna na začátku simulace. Pak je ještě spuštěna animace vyjíždějícího textu, který uživatele informuje, že má vyhledat telefon.

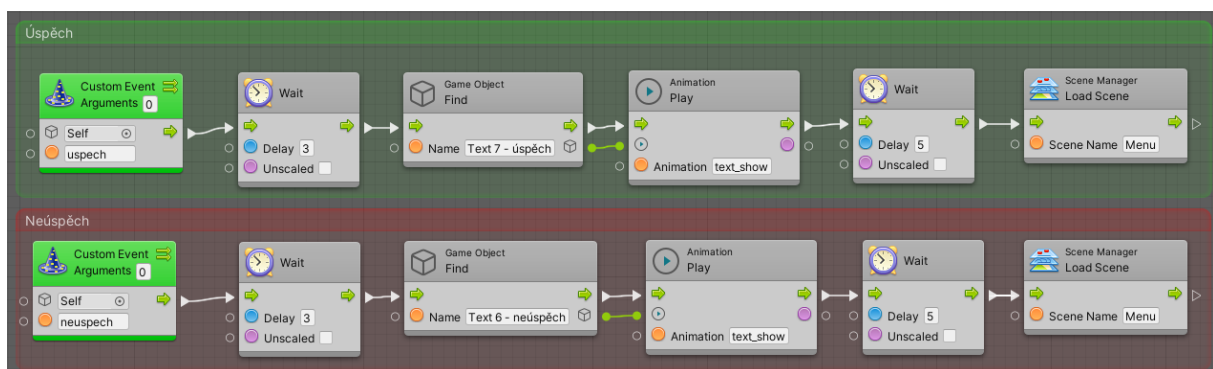
- **Hasicí přístroje** – Funkce čeká, až bude proměnná *Telefon* true, poté sekvence zapne funkci *Mrknutí* a následně přemístí uživatele před hasicí přístroje, a to pomocí vybrání objektu *OVRCameraRig* a změny jeho pozice a rotace. Sekvence pokračuje animací (vyjetí a zajetí) textu ohledně dalšího kroku a také zapíná *Canvas_hasicaky*, což je pomocný informativní text umístěný nad hasicími přístroji, ale pouze v případě, že je proměnná *Zkouška* false.
- **Mrknutí** – Funkce má naznačit uživateli, že byl v simulaci přesunut na jiné místo. V sekvenci je naráz zapnuto několik objektů a následně spuštěna jejich animace. Jedná se o různě tmavé obdélníky, které díky animaci tvoří efekt otevření očí. Po provedení animace jsou všechny tyto objekty vypnuty.
- **Výběr hasicího přístroje** – Sekvence čeká na uživatelův výběr a kontakt s jedním z hasicích přístrojů. Po jeho dotknutí se typ hasicího přístroje uloží do proměnné *Hasicí přístroj*. Následně je spuštěna funkce *Mrknutí* a ve stejný čas je uživatel přemístěn, a to podle na startu nastavené proměnné *Přemístění k požáru*. Pokud je proměnná *Zkouška* false, je zapnut jeden z návodů, a to u místa požáru. Jako poslední akce v této sekvenci je zapnutí jednoho z objektů (určitého typu hasicího přístroje), a to na správném místě. Podle proměnné *Objekt požáru* je vybráno místo, kde se hasicí přístroj objeví, a dle proměnné *Hasicí přístroj* se na daném místě ukáže uživatelův vybraný hasicí přístroj.
- **Hašení** – Po kontaktu uživatele s hasicím přístrojem postaveným v blízkosti požáru daný hasicí přístroj zmizí, změní se jeho scale na nula. Zjeví se ale nový objekt, ten stejný hasicí přístroj, ale umístěn na objektu *OVRCameraRig*, přesněji na uživatelovo levé ruce. Poté, co se uživatel dotkne pravou rukou objektu *Trubka* nebo *Hadice*, což je jedna z částí hasicího přístroje kudy proudí hasební látka, se spustí animace sevření páčky a na daném objektu se zapnou všechny částicové systémy včetně podsystémů. Podle typu hasicího přístroje (proměnná *Hasicí přístroj*) je spuštěn částicový systém voda, prášek nebo pěna. Ve stejné chvíli je zapnut i zvuk, který se na těchto částicových systémech nachází.
- **Hašení požáru** – V tomto grafu se čeká na kolizi částicových systémů, která nastává při hašení požáru. Podle objektu požáru a využitého typu hasicího přístroje se pak spustí vybraná sekvence.
 - **Krabice** – Jelikož lze krabice uhasit jakýmkoliv typem hasicího přístroje v simulaci, je zde pouze jedna sekvence, která se po kolizi částicových systémů spustí. V této sekvenci se přes modul *Game Object Find* naleznou částicové systémy ohně na krabicích, na kterých je přidán skript *Loop*, který má za účel vypnout neustálé opakování částicového systému. Po nalezení objektů se tento skript vyvolá (modul *Invoke*), a díky tomu částicové systémy do pár vteřin zmizí. Následně je ještě na částicových systémech vypnut zvuk. Sekvence zde vždy končí spuštěním funkce *Úspěch*.
 - **Benzín**
 - **Úspěch** – Sekvence postupuje obdobně jako u krabic, akorát se zde vypínají jiné částicové systémy (*Ropa*, *Flames_benzín*), opět přes skript *Loop*, který je na nich přidán. Pokud jsou využity k hašení částicové systémy *Pěna* či *Prášek*, sekvence končí spuštěním funkce *Úspěch*.
 - **Neúspěch** – Pokud se k hašení využije částicový systém *Voda*, po kolizi nedochází k vypnutí žádného z částicových systémů, ale spustí se nový další částicový systém, a to *Flames_benzín_špatný_výběr*, což jsou obrovské plameny. Přitom se spustí ještě zvuk tomuto systému přidělený a následně je spuštěna funkce *Neúspěch*.

- **Server**
 - **Úspěch** – Po využití částicového systému *Prášek* se vytvoří list všech částicových systémů používaných na požár serveru. Tento list se poté iteruje a na jednotlivých prvcích je vyvolán skript *Loop*, díky čemuž se se po chvíli zastaví. Následně je na všech částicových systémech ještě vypnut zvuk. Nakonec se spustí funkce *Úspěch*.
 - **Neúspěch** – Při kolizi částicového systému *Voda* nebo *Pěna* s požárem serveru, se nalezne objekt *Jiskry_server_špatný_vyběr*, který se společně s přiděleným zvukem spustí a spustí se sekvence *Neúspěch*.



Obrázek 10-6: Sekvence Hašení požáru při využití vodního hasicího přístroje [autor]

- **Úspěch** – Při spuštění funkce se po chvilce prodlevy spustí animace vyjetí a zajištění určitého textu. Po pěti vteřinách dojde ke přepnutí na scénu *Menu*.
- **Neúspěch** – I zde se po malé prodlevě spustí animace, ale jiného textu (*Text 6 – neúspěch*). Po další prodlevě je taktéž uživatel přepnut do scény *Menu*.



Obrázek 10-7: Sekvence Úspěch a Neúspěch [autor]

Závěr

Diplomová práce, jejímž cílem bylo vytvoření simulátoru s využitím virtuální reality, započala řešeršní částí zaměřenou na bezpečnost a ochranu zdraví při práci, včetně popisu legislativních předpisů, se zaměřením více na požární ochranu. Byl zde popsán požár a vlivy na něj, hasicí přístroje a také samotný postup zachování se v krizové situaci. Následně bylo objasněno školení BOZP a požární ochrany a analyzovány současné metody tohoto školení.

Po řešerši byl objasněn projekt BOZP ve VR, kterého se simulátor týkal. Byly vyjasněny cíle celého projektu společně s následným postupem. Nejdříve byl projednán a vytvořen scénář společně s vývojovým diagramem (příloha 1). Díky tomuto scénáři a diagramu bylo možné pokračovat samotným vývojem aplikace simulátoru.

Realizace simulátoru, tvorba prostředí a následné programování, proběhla v programu Unity. V kapitole bylo mimo jiné popsáno nutné testování včetně objevených chyb a následná optimalizace simulátoru.

Jako názorná ukázka celkového fungování simulace byla představena uživatelská příručka, tedy celkový popis simulátoru. V příručce byl zprvu objasněn účel simulace a poskytnuty informace, jak simulace probíhá. Lze v ní nalézt i výpis objektů, se kterými může uživatel interagovat. Příručka má za cíl představit uživateli simulaci krok po kroku, jak v ní bude postupovat. Pro lepší znázornění byly v příručce využity obrázky. V příloze 2 se nachází odkaz na web YouTube, kde je umístěna video ukázka celého simulátoru, včetně všech scénářů školící verze (ukázka simulátoru je dostupná na webové adrese: bit.ly/DP_VL).

Za účelem případných budoucích úprav byla vypracována kapitola s technickým zpracováním. Pokud bude chtít vývojář, který na tomto projektu nepracoval, něco v simulátoru změnit či ho nějak optimalizovat, kapitola mu má poskytnout podrobné informace o objektech, a hlavně naprogramovaných funkcích v simulátoru.

Vytvořením simulátoru projekt nekončí, lze ho dále optimalizovat a přizpůsobovat. Je možno se zaměřit na nestandardní situace či různá omezení, která brání bezproblémovému chodu simulace, a tedy uživatelskému zážitku. Jedním z těchto omezení je například prostor, kdy ne vždy je možnost volného velkého prostoru pro uživatele. Toto omezení lze řešit pomocí teleportace v simulaci pomocí gesta ruky, přičemž je ale nutné nastavení tohoto prvku a zároveň přizpůsobení prostředí simulace.

Mimo optimalizaci lze také do simulátoru přidávat různé nové funkce či sbírat data, které lze dále analyzovat. Může se jednat například o data ohledně času, za jak dlouho uživatel dokáže vyřešit krizovou situaci nebo jak dlouho mu trvá výběr hasicího přístroje.

Simulátor je také možné přizpůsobovat vzhledem k zákazníkům, kteří si ho budou chtít pořídit. Ať se může jednat o personalizované prostředí, kdy místo skladu bude zákazník chtít prostředí kanceláře, nebo požáry jiných předmětů.

Simulátor bude také otestován na několika dobrovolnících, z čehož vznikne zpětná vazba, která může přispět k dalšímu rozvoji a optimalizaci simulátoru.

Simulátor bude taktéž předán společnosti CIE development s.r.o. Na simulátoru by mělo být provedeno pilotní ověření a za pomoci experta v oblasti BOZP by se měl validovat, jestli je vše v pořádku a lze ho využít pro školení požární ochrany.

Seznam použitých zdrojů

- [1] NEUGEBAUER, Tomáš. *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci v kostce neboli o čem je současná BOZP*. Praha: Wolters Kluwer, 2016. ISBN 978-80-7552-106-4.
- [2] VALA, Jiří. *Systémové řízení bezpečnosti a ochrany zdraví v organizacích*. Praha: Wolters Kluwer, 2016. ISBN 978-80-7552-109-5.
- [3] MASARYK, Roman A. *Bezpečnost práce bez flastru*. Praha: Ramango.net, 2020. ISBN 978-80-904861-3-3.
- [4] ŠENK, Zdeněk. *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci prakticky a přehledně podle normy ČSN OHSAS 18001:2008*. Olomouc: ANAG, 2009.
- [5] *Zákony pro lidi* [online]. AION, 2021 [cit. 25.10.2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz>
- [6] VILÍMEK, Miroslav. *Nežádoucí hoření - požár*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2008. ISBN 80-86111-46-6.
- [7] ŠUBRT, Václav. *Aby nehořelo aneb protipožární abeceda*. Praha: Milan Horák - REGO, 2004. ISBN 80-86648-05-2.
- [8] KRATOCHVÍL, Michal a KRATOCHVÍL, Václav. *Technické prostředky požární ochrany*. Ostrava: Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství), 2009. ISBN 978-80-7385-064-7.
- [9] KUČERA, Petr. *Požární inženýrství: dynamika požáru*. Ostrava: Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství), 2009. ISBN 978-80-7385-074-6.
- [10] *Hasící přístroje. Požární ochrana* [online]. [cit. 25.10.2021]. Dostupné z: <https://pozarniochrana.netstranky.cz/temata/41-vecne-prostredky-pozarni-ochrany/vyhrazene-druhy-vecnych-prostredku/hasici-pristroje.html>
- [11] RYBÁŘ, Pavel. *Sprinklerová stabilní hasící zařízení - I. díl. TZB-info* [online]. 28.3. 2016 [cit. 19.10.2021]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/pozarni-vodovod/13971-sprinklerova-zarizeni-i-dil>
- [12] *Víte, co dělat a jak se chovat při vzniku požáru? Mějte na paměti 7 základních pravidel. DokumentaceBOZP* [online]. CRDR spol. s r.o., 6.9.2016 [cit. 19.10.2021]. Dostupné z: <https://www.dokumentacebozp.cz/aktuality/vite-co-delat-a-jak-se-chovat-pri-vzniku-pozaru/>
- [13] NEUGEBAUER, Tomáš. *Školení bezpečnosti práce, požární ochrany a motivační školení k prevenci rizik*. Praha: Wolters Kluwer, 2018. ISBN 978-80-7552-957-2.
- [14] BIEWENER, Dan. *Has eLearning Killed the “Learning Cone”?*. *Simplilearn* [online]. Simplilearn Solutions, 28.10.2021 [cit. 1.11.2021]. Dostupné z: <https://www.simplilearn.com/has-e-learning-killed-the-learning-cone-article>
- [15] *Online školení PO, kurz PO (školení požární ochrany)*. *BOZP.cz* [online]. CRDR spol. s r.o. [cit. 1.11.2021]. Dostupné z: <https://www.skolenibozp.cz/skoleni-po/>
- [16] *Požární ochrana pro zaměstnance*. *PREVENT* [online]. PREVENT, S.R.O. [cit. 1.11.2021]. Dostupné z: https://www.preventonline.cz/demo/pozarni-ochrana/story_html5.html

- [17] Top 5 Benefits of Virtual Reality in Fire Safety Training. *Vobling* [online]. 16.9.2021 [cit. 22.10.2021]. Dostupné z: <https://vobling.com/top-5-benefits-of-virtual-reality-in-fire-safety-training/>
- [18] FiAR. *Norcat* [online]. NORCAT, 2020. [cit. 26.10.2021]. Dostupné z: <https://www.norcat.org/fiar/>
- [19] LINOWES, Jonathan. *Unity 2020 Virtual Reality Projects*. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2020. ISBN 978-1-83921-733-3.
- [20] *Unreal Engine* [online]. Epic Games, Inc. [cit. 22.11.2021]. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US/>
- [21] *Unity* [online]. Unity Technologies. [cit. 22.11.2021]. Dostupné z: <https://unity.com/>
- [22] *Oculus* [online]. Facebook Technologies, LLC. [cit. 23.11.2021]. Dostupné z: <https://www.oculus.com/quest-2/>
- [23] VIVE Focus 3. *VIVE* [online]. HTC Corporation. [cit. 23.11.2021]. Dostupné z: <https://www.vive.com/us/product/vive-focus3/overview/>
- [24] *Návrh scénářů BOZP ve VR*. CIE consulting s.r.o., 2021.
- [25] OKITA, Alex. *Learning C# Programming with Unity 3D*. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis Group, 2019. ISBN 978-1138336810.
- [26] SUNG, Kelvin a SMITH, Gregory. *Basic Math for Game Development with Unity 3D: A Beginner's Guide to Mathematical Foundations*, New York: Apress, 2019. ISBN 978-1484254424.
- [27] LAVALLE, Steven M. *Virtual reality* [online]. Cambridge University Press, 2020 [cit. 02.05.2022]. Dostupné z: <http://lavalle.pl/vr>

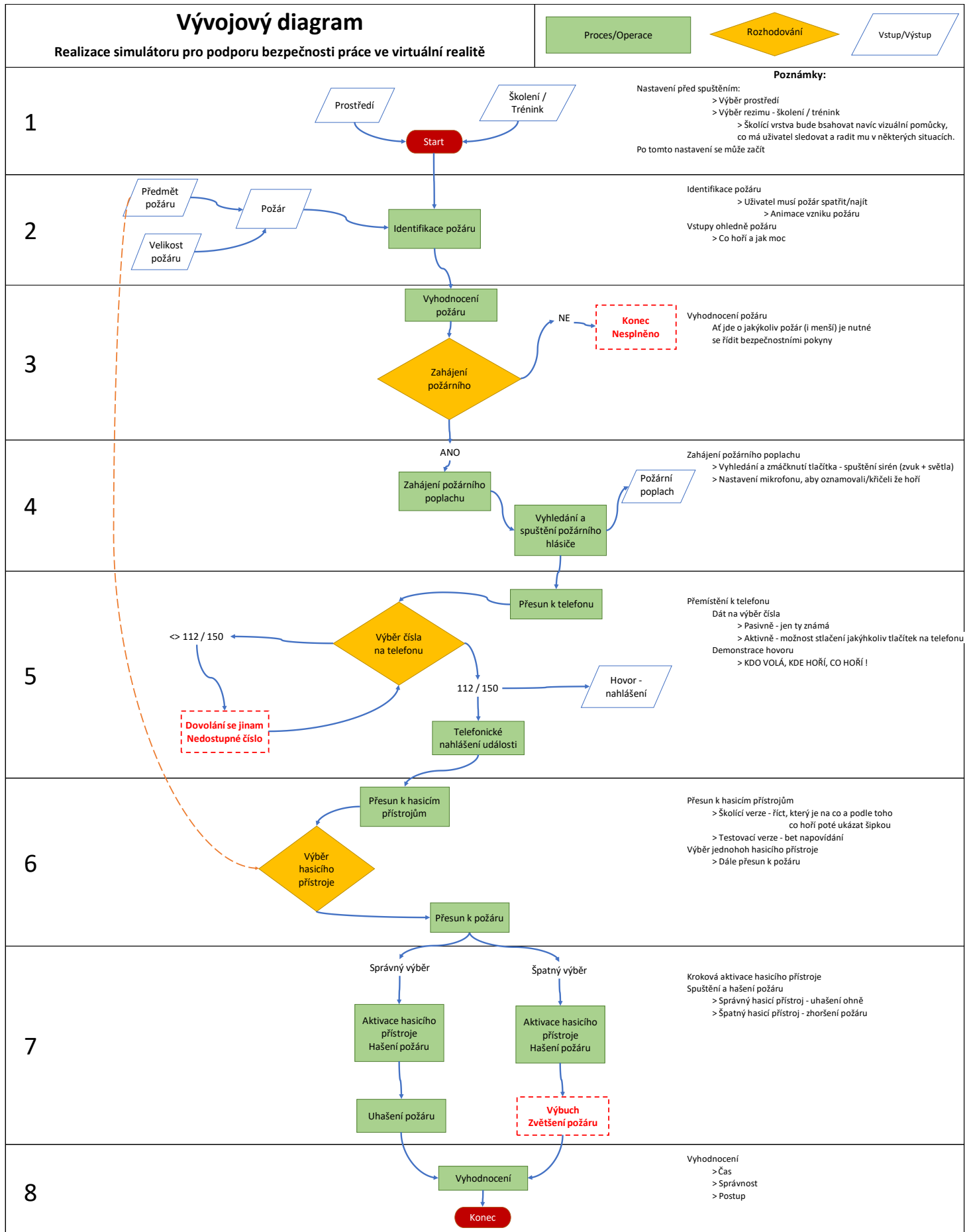
Seznam příloh

Příloha č. 1: Vývojový diagram realizace simulátoru

Příloha č. 2: Ukázka simulátoru (video na YouTube)

PŘÍLOHA č. 1

Vývojový diagram realizace simulátoru



PŘÍLOHA č. 2

Ukázka simulátoru (video na YouTube)

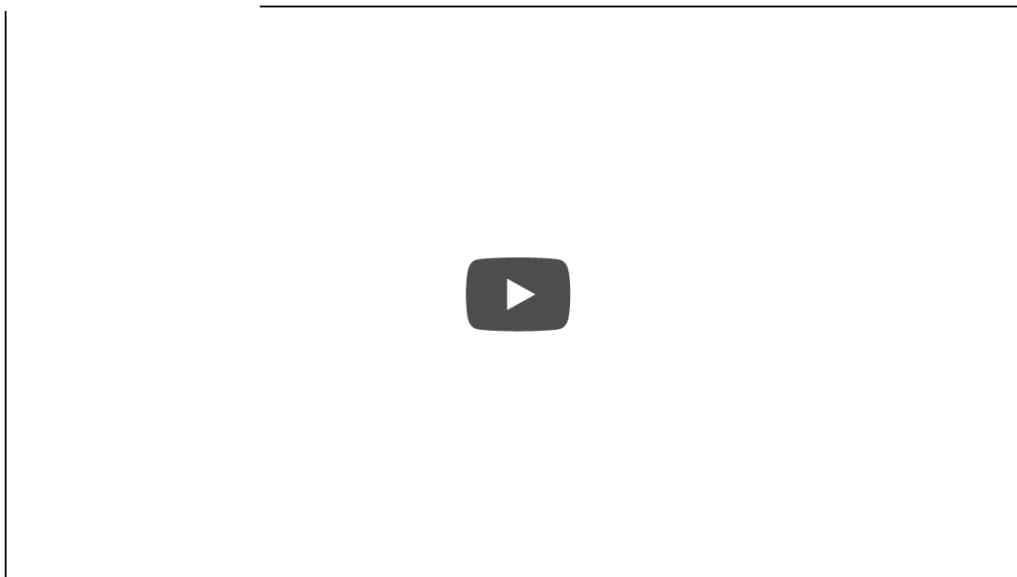
Ukázka simulátoru je dostupná na webové adrese: bit.ly/DP_VL

5/13/22, 12:19 AM

Ukázka simulátoru (Diplomová práce - Vítek Levý) - YouTube



PŘESKOČIT NAVIGACI



Ukázka simulátoru (Diplomová práce - Vítek Levý)

↪ Neuvedeno

0 zhlédnutí • 13. 5. 2022 • Ukázka prostředí v editoru Unity 0:00

Ukázka Menu 1:43

Simulace – školení - hoření krabic 2:02

Simulace – školení - hoření benzínu (úspěch) 4:14

Simulace – školení - hoření benzínu (neúspěch) 6:07

Simulace – školení - hoření serveru (úspěch) 6:33

Simulace – školení - hoření serveru (neúspěch) 8:20

Zkouška #1 a #2 8:33

Kapitoly

Ukázka prostředí v editoru Unity	Ukázka Menu	Simulace – školení - hoření krabic	Simulace – školení - hoření...	Simulace – školení - hoření...	Simulace – školení - hoření...
0:00	1:43	2:02	4:14	6:07	6:33

Zobrazit méně

👍 To se mi líbí 👎 Nelíbí se ➦ Sdílet ⬇ Stáhnout ✂ Klip ≡ Uložit ...

https://www.youtube.com/watch?v=_J7_SW2-e3k