

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA STROJNÍ**

**Studijní program:** N0715A270012 – Průmyslové inženýrství a management

**Studijní specializace:** Bez specializace

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Implementace a rozvoj aplikace Virtuální dílna do nového kontextu**

**Autor:** Bc. Michal VONDRÁŠEK

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Petr HOŘEJŠÍ, Ph.D.

Akademický rok 2022/2023

## Zadání DP

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal VONDRÁŠEK**  
Osobní číslo: **S21N0044K**  
Studijní program: **N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management**  
Téma práce: **Implementace a rozvoj aplikace Virtuální dílna do nového kontextu**  
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

## Zásady pro vypracování

1. Úvod
2. Analýza současného stavu
3. Implementace dílny do virtuálního prostředí
4. Testování nového virtuálního prostředí
5. Závěr

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

Seznam doporučené literatury:

1. OKITA, Alex. *Learning C# Programming with Unity 3D*. Second edition. Routledge, 2019. ISBN 1138336815.
2. SUNG, Kelvin, SMITH, Gregory. *Basic Math for Game Development with Unity 3D: A Beginner's Guide to Mathematical Foundations*. Apress, 2019. ISBN 978-1484254424.
3. LINOWES, Jonathan. *Unity Virtual Reality Projects: Learn Virtual Reality by developing more than 10 engaging projects with Unity 2018*. 2nd Edition. Packt Publishing, 2018. ISBN 978-1788478809.
4. LaVALLE, Steven. M. *Virtual Reality*. Cambridge University Press, 2020. dostupné 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. Jiří Vyšata, Ph.D.**  
Katedra technologie obrábění

Datum zadání diplomové práce: **19. září 2022**  
Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2023**

L.S.

---

**Doc. Ing. Vladimír Duchek, 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**

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Petru Hořejšímu, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za vedení, zájem, připomínky a čas, který mi věnoval. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Matěji Krňoulovi a Ing. Matěji Dvořákovi za odborné rady a pomoc při testování, také Ing. Jiřímu Vyšatovi, Ph.D. za jeho odborné připomínky. Mé poděkování náleží též mé rodině a blízkým přátelům za pomoc a podporu během studia.

## ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Bc. Vondrášek	<b>Jméno</b> Michal	
<b>STUDIJNÍ PROGRAM</b>	N0715A270012 – Průmyslové inženýrství a management		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> doc. Ing. Hořejší, Ph.D.	<b>Jméno</b> Petr	
<b>PRACOVÍŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se</b> škrtněte
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Implementace a rozvoj aplikace Virtuální dílna do nového kontextu		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2023
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	86	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	86	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b>  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Diplomová práce obsahuje tvorbu aplikace „Dílna“. Aplikace je vyvíjena pro technologii virtuální reality. Řadí se do kategorie vážných her a má za cíl ukázat hráči praktickou interakci kovoobráběcí proces výroby hřídele z polotovaru. Aplikace byla následně otestována na 34 respondentech a závěry statisticky vyhodnoceny a porovnány s verzí hry pro 2D. Z výsledků je patrné, že hra pro VR je respondenty výrazně lépe hodnocena ve všech aspektech. Statistická závislost hodnocení na zkušenostech a střední škole nebyla potvrzena.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>  <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	virtuální realita; přístup k návrhu virtuální reality; metodika; vývoj virtuální reality; virtuální realita aplikace

**SUMMARY OF DIPLOMA SHEET**

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Bc. Vondrášek	<b>Name</b> Michal	
<b>STUDY PROGRAMME</b>	N0715A270012 Industrial Engineering & Management		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> doc. Ing. Hořejší, Ph.D.	<b>Name</b> Petr	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST – KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Implementation and development of the Virtual Workshop application in a new context		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KPV	<b>SUBMITTED IN</b>	2023
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

**NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)**

<b>TOTALLY</b>	86	<b>TEXT PART</b>	86	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The diploma thesis includes the creation of the "Workshop" application. The application is developed for virtual reality technology. It belongs to the category of serious games and aims to show the player through practical interaction the metalworking process of making a shaft from a semi-finished product. The application was then tested on 34 respondents and the findings statistically evaluated with the 2D version of the game. The results show that the VR game is significantly better rated by respondents in all aspects. The statistical dependence of the ratings on experience and high school was not confirmed.
<b>KEY WORDS</b>	virtual reality; virtual reality design approach; methodology; virtual reality development; virtual reality application

## Obsah

Zadání DP.....	2
Přehled použitých zkratk a symbolů.....	10
Seznam obrázků .....	11
Seznam ukázek kódu.....	11
Seznam tabulek .....	12
Seznam grafů.....	12
Úvod.....	13
1 Úvod do problematiky.....	14
1.1 Definice základních pojmů.....	15
1.2 Virtuální realita.....	17
1.3 Cybersickness .....	19
1.4 Unity Engine.....	20
2 Analýza současného stavu.....	22
2.1 Obdobné světové studie.....	22
2.2 Popis referenční studie.....	24
2.3 Hra „Dílna“ ve 2D (W2D).....	25
2.4 Metodologie.....	26
2.5 Vyhodnocení výzkumu.....	26
3 Implementace dílny do virtuálního prostředí .....	28
3.1 Hra „Dílna“ ve virtuální realitě (WVR) .....	29
3.2 Zvuk.....	31
3.3 Začátek hry a soustruh.....	33
3.4 Vrtání.....	37
3.5 Frézování .....	40
3.6 Průběh tvorby a slepé větve vývoje.....	43
4 Testování nového virtuálního prostředí.....	45
4.1 Návod na využití HMD .....	49



4.1.1	Ergonomie a komfort .....	49
4.1.2	Spuštění Meta Quest 2.....	50
4.1.3	Spuštění aplikace dílna.....	51
4.2	Výsledky.....	52
4.3	Statistické vyhodnocení.....	57
4.3.1	Mann-Whitney (Wilcoxon signed rank) test.....	57
4.3.2	ANOVA x Krullis-Wallis test.....	61
4.4	Shrnutí výsledků testování.....	69
5	Závěr.....	71
	Seznam použitých zdrojů .....	72
	PŘÍLOHA č.1 – Celé zdrojové kódy z ukázek .....	i
	PŘÍLOHA č.2 – Zdrojová data 2D verze hry.....	iv
	PŘÍLOHA č. 3 – Zdrojová data VR verze hry .....	ix

## **Přehled použitých zkratk a symbolů**

AS FST	Akademický senát FST
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
DP	Diplomová práce
FPS	Frames per second (snímků za vteřinu)
FST	Fakulta strojní
HMD	Náhlavní systém pro virtuální realitu
HW	Hardware
IS/STAG	Informační systém STAG
KKE	Katedra energetických strojů a zařízení
KPV	Katedra Průmyslového inženýrství a management
SG	Serious game
VR	Virtuální realita
W2D	Dílna ve 2D prostředí
WVR	Dílna v prostředí virtuální reality
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni

## Seznam obrázků

OBR. 1-1: DESKOVÁ HRA ZOHLEDŇUJÍCÍ POKA YOKE PRINCIPY [4] .....	16
OBR. 1-2: SYSTÉM AMES (NASA, 1985) .....	18
OBR. 1-3: OBLEK TESLASUIT V KOMBINACI S BRÝLEMI HTC VIVE STEAM VR .....	19
OBR. 2-1: UKÁZKA ZE HRY DÍLNA [1] .....	24
OBR. 2-2: UKÁZKA NÁSTROJE WME SCENEEDIT [1] .....	25
OBR. 3-1: POHLED NA SCÉNU V UŽIVATELSKÉM PROSTŘEDÍ UNITY .....	30
OBR. 3-2: UKÁZKA PŘEPISU TITULKŮ MANUÁLNĚ Z PŮVODNÍ 2D HRY .....	31
OBR. 3-3: OBJEKT AUDIOMANAGER .....	32
OBR. 3-4: POPIS PRVKŮ SOUSTRUHU .....	35
OBR. 3-5: MODEL SOUSTRUHU S FUNKČNÍMI A AKČNÍMI PRVKY .....	36
OBR. 3-6: SNÍMEK ZE HRY – VKLÁDÁNÍ POLOTOVARU DO SOUSTRUHU .....	36
OBR. 3-7: ČÁST SCÉNY S REGÁLEM A VRTAČKOU .....	37
OBR. 3-8: POPIS PRVKŮ VRTAČKY .....	38
OBR. 3-9: MODEL VRTAČKY S FUNKČNÍMI A AKČNÍMI PRVKY .....	39
OBR. 3-10: SNÍMEK ZE HRY – ZAPÍNÁNÍ VRTAČKY .....	40
OBR. 3-11: UKÁZKA „TAGS“ PŘI ANIMACI FRÉZKY .....	41
OBR. 3-12: POPIS PRVKŮ FRÉZKY .....	42
OBR. 3-13: MODEL FRÉZKY S FUNKČNÍMI A AKČNÍMI PRVKY .....	42
OBR. 3-14: SNÍMEK ZE HRY – SPUŠTĚNÍ VERTIKÁLNÍHO POSUVU .....	43
OBR. 4-1: PAPIROVÁ FORMA DOTAZNÍKU .....	46
OBR. 4-2: ČÁST ELEKTRONICKÉ FORMY DOTAZNÍKU .....	46
OBR. 4-3: ÚPRAVA UTAŽENÍ A TLAČÍTKA ZAŘÍZENÍ META QUEST 2 .....	50
OBR. 4-4: UKÁZKA BEZPEČNÉ ZÓNY [6] .....	51
OBR. 4-5: TERMINÁL S FILTREM PRO NEZNÁMÉ ZDROJE APLIKACÍ .....	52

## Seznam ukázek kódu

KÓD 3-1: ŘÍDÍCÍ SCRIPT AUDIOMANAGER.CS .....	33
KÓD 3-2: ZAPNUTÍ AUDIO KOMENTÁŘE A SLOUČENÍ TRANSFORMACE .....	34
KÓD 3-3: VYPNUTÍ OBJECTU V RUCE A ZAPNUTÍ POLOTOVARU VE SKLÍČIDLU .....	35
KÓD 3-4: ČÁST KÓDU ZAJIŠŤUJÍCÍ ZVEDNUTÍ A PŘEPNUTÍ SVĚRÁKU .....	38
KÓD 3-5: METODA VOLANÁ „TAGS“ ZAJISTÍ PŘEPNUTÍ MODELŮ .....	41

## Seznam tabulek

TABULKA 2-1: UKÁZKA DOTAZNÍKU NA ZÁKLADĚ ZKUŠENOSTÍ ÚČASTNÍKŮ [1] .....	27
TABULKA 3-1: TABULKA ZHODNOCENÍ NÁKLADŮ NA VÝROBU JEDNOHO KUSU PODLE ZVOLENÉHO STROJE .....	28
TABULKA 4-1: DATA Z TESTOVÁNÍ 2D VERZE HRY „DÍLNA“ .....	53
TABULKA 4-2: DATA Z TESTOVÁNÍ VR VERZE HRY „VIRTUÁLNÍ DÍLNA“ .....	55
TABULKA 4-3: ZÁVISLOST HODNOCENÍ EDUKATIVNOSTI NA STŘEDNÍ ŠKOLE – P-HODNOTA.....	63
TABULKA 4-4: ZÁVISLOST HODNOCENÍ ZÁBAVNOSTI NA STŘEDNÍ ŠKOLE – P-HODNOTA .....	65
TABULKA 4-5 ZÁVISLOST HODNOCENÍ EDUKATIVNOSTI NA TECH. ZKUŠENOSTECH – P-HODNOTA.....	66
TABULKA 4-6 ZÁVISLOST HODNOCENÍ ZÁBAVNOSTI NA TECH. ZKUŠENOSTECH – P-HODNOTA .....	67
TABULKA 4-7: ZÁVISLOST HODNOCENÍ EDUKATIVNOSTI PODLE ZKUŠENOSTÍ S HRANÍM HER – P-HODNOTA.....	68
TABULKA 4-8: ZÁVISLOST HODNOCENÍ ZÁBAVNOSTI PODLE ZKUŠENOSTÍ S HRANÍM HER – P-HODNOTA .....	69
TABULKA 4-9: SHRNUTÍ ZÁVISLOSTI HODNOCENÍ ZÁBAVNOSTI – P-HODNOTA .....	69
TABULKA 4-10: SHRNUTÍ ZÁVISLOSTI HODNOCENÍ EDUKATIVNOSTI – P-HODNOTA.....	70

## Seznam grafů

GRAF 4-1: SKLADBA RESPONDENTŮ DLE VYSTUDOVANÝCH STŘEDNÍCH ŠKOL .....	48
GRAF 4-2: SKLADBA RESPONDENTŮ DLE TECH. ZKUŠENOSTÍ.....	48
GRAF 4-3: SKLADBA RESPONDENTŮ DLE ZKUŠENOSTÍ S HRANÍM HER .....	49
GRAF 4-4: HODNOCENÍ ZÁBAVNOSTI 2D HRY .....	59
GRAF 4-5: HODNOCENÍ ZÁBAVNOSTI VR HRY .....	59
GRAF 4-6: HODNOCENÍ EDUKATIVNÍHO EFEKTU NA ÚČASTNÍKA TESTU (2D) .....	60
GRAF 4-7: HODNOCENÍ EDUKATIVNÍHO EFEKTU NA ÚČASTNÍKA TESTU (VR) .....	60
GRAF 4-8: PRŮMĚRNÉ HODNOCENÍ EDUKATIVNOSTI PODLE STŘEDNÍ ŠKOLY (2D) .....	63
GRAF 4-9: PRŮMĚRNÉ HODNOCENÍ EDUKATIVNOSTI PODLE STŘEDNÍ ŠKOLY (VR) .....	63
GRAF 4-10: PRŮMĚRNÉ HODNOCENÍ ZÁBAVNOSTI PODLE STŘEDNÍ ŠKOLY (2D) .....	64
GRAF 4-11: PRŮMĚRNÉ HODNOCENÍ ZÁBAVNOSTI PODLE STŘEDNÍ ŠKOLY (VR) .....	64
GRAF 4-12: PRŮMĚRNÉ HODNOCENÍ EDUKATIVNOSTI PODLE TECH. ZKUŠENOSTÍ (2D).....	65
GRAF 4-13: PRŮMĚRNÉ HODNOCENÍ EDUKATIVNOSTI PODLE TECH. ZKUŠENOSTÍ (VR).....	66
GRAF 4-14: PRŮMĚRNÉ HODNOCENÍ ZÁBAVNOSTI PODLE TECH. ZKUŠENOSTÍ (2D) .....	66
GRAF 4-15: PRŮMĚRNÉ HODNOCENÍ ZÁBAVNOSTI PODLE TECH. ZKUŠENOSTÍ (VR) .....	66
GRAF 4-16: PRŮMĚRNÉ HODNOCENÍ EDUKATIVNOSTI PODLE ZKUŠENOSTÍ S HRANÍM HER (2D) .....	67
GRAF 4-17: PRŮMĚRNÉ HODNOCENÍ EDUKATIVNOSTI PODLE ZKUŠENOSTÍ S HRANÍM HER (VR) .....	68
GRAF 4-18: PRŮMĚRNÉ HODNOCENÍ ZÁBAVNOSTI PODLE ZKUŠENOSTÍ S HRANÍM HER (2D).....	68
GRAF 4-19: PRŮMĚRNÉ HODNOCENÍ ZÁBAVNOSTI PODLE ZKUŠENOSTÍ S HRANÍM HER (VR).....	69
GRAF 4-20: ČASY PRŮCHODŮ HROU.....	70

## Úvod

Jedním z hlavních argumentů pro vytvoření této práce je ztraktivnění studia strojírenských technologií. Zájem studentů o tento obor je nízký. Úskalí shledávám v tom, že absolventi netechnických středních škol mají často obavu z neznámého, převážně z důvodu absence praktických zkušeností v oboru. To může být jeden z aspektů proč se tato skupina studentů na technické potažmo strojírenské obory hlásí méně. Naproti tomu obor jako takový se rozvíjí a poptávka po absolventech je veliká, protože rekvalifikovat nezkušeného pracovníka je velmi nákladné. A to právě proto, že je nutné naučit se nejenom praktické, ale i teoretické dovednosti. Zaměstnavatelé tedy hledají spíše kvalifikované pracovníky, kteří daný obor studovali.

Z výše zmíněných důvodů byla v rámci diplomové práce vytvořena aplikace „Virtuální dílna“ v prostředí virtuální reality. Primárním využitím této aplikace je v rámci vysokoškolského studia. Studenti studující strojírenské nebo technické obory mohou tuto aplikaci využít pro praktickou ukázkou výrobního postupu při obrábění strojní součásti. Výhodou je získaná praktická zkušenost bez rizik spojených s ukázkou na reálných strojích. To znamená eliminace nákladů na testovací materiál, poškození stroje a v neposlední řadě ohrožení fyzického zdraví.

Aplikace je samozřejmě přímo využitelná ve výrobních závodech. S jistými úpravami je možné aplikaci modifikovat přímo na míru výrobního podniku za použití virtuálních kopií strojů, které mají ve výrobě. Jedním z nabízených využití je například v oblasti nábory nových zaměstnanců, kdy nový uchazeč o pracovní pozici může takto prokázat znalosti technologických postupů. V případě rozšíření pro podnik je bezesporu přínosem, pokud si stávající nebo nově nastoupivší zaměstnanci mohou vyzkoušet pracovní postupy bez toho, aniž by narušili plynulost výrobního procesu.

Výstupem této práce je hotová aplikace „Virtuální dílna“. Její přínos je ověřen v rámci testování na studentech FST při ZČU. Výstupy z testování byly podrobeny statistickému zkoumání za účelem porovnat tuto verzi aplikace s hrou již dříve vytvořenou pro 2D prostředí. Dalším ověřením bylo vyhodnocení statistické závislosti hodnocení na zkušenostech nebo vystudované střední škole účastníka testu.

# 1 Úvod do problematiky

V úvodních částech práce bude analyzována již vytvořená hra „Dílna“, která byla vytvořena ve 2D prostředí (jedná se o hru z oblasti „serious games“ – vážných her, jejíž hlavním cílem je vzdělání). Tato práce totiž uvedený koncept rozšiřuje. V minulosti byla již uvedená 2D „Dílna“ samostatně hodnocena na skupině studentů Západočeské univerzity. Poznatky, které byly shrnuty do vědeckého článku [1], byla kladně hodnocena na konferenci „Research & Innovation Forum 2019“ v Římě, resp. cenou pro článek s nejvyšším sociálním dopadem. Přidaná hodnota této práce je převážně ve druhé části jejího zaměření, která zabývá adaptování hry ve virtuálním prostředí. Obě hry obsahují stejný výrobní proces, a sice přetvoření polotovaru ve hřídel. Proces obrobení se skládá z kroků soustružení, vrtání a frézování. Cílem zmiňované studie bude na skupině uživatelů porovnat tyto dvě hry, které se v obsahu odlišují velice málo, ale ve formě naopak velmi mnoho. Hodnocení má ověřit a popsat nejenom faktické rozdíly mezi nimi. Ale také ohodnotit, zda hry splňují dva základní cíle vážných her (dále SG). A to, zda si uživatel své znalosti prohloubil a zároveň si hru užil. Pojem „vážná hra“ neboli „serious game“ je podrobněji vysvětlena v následující kapitole.

Je to tedy velkým benefitem pro absolventa vysoké školy se strojírenským zaměřením, pokud již disponuje nejenom teoretickými znalostmi, ale také praktickou zkušeností. Praktické zkušenosti mají převážně studenti středních škol se strojírenským zaměřením. Získání těchto zkušeností využitím fyzických strojů je velmi nákladné, protože je nutné počítat nejen s náklady na materiál a provoz, ale také s vysokým počtem chybivosti z důsledku možného nedodržení pracovního postupu a pokynů. Takto vyrobené výrobky ani často nemohou být komerčně využity, slouží pouze jako učební pomůcka, na které lze ukázat důsledky a indikátory nastalých problémů. V rámci studia na FST, nejenom při ZČU, je minimální možnost další praktické přípravy. Student si tedy již své praktické zkušenosti dostatečně nerozšíří.

Z těchto důvodů je velmi příhodné začlenit do studijního plánu i různé formy seriózních/vážných her. S využitím technologií virtuální reality (VR) lze získat také potřebné zkušenosti, ale s velikou výhodou menších negativních dopadů a vyšší variabilitou možných situací.

Tato práce se tedy bude primárně zabývat ověřením přínosů a zjištěním nedostatků při zavedení vážných her (SG) ve výuce s využitím virtuální reality (VR).

## 1.1 Definice základních pojmů

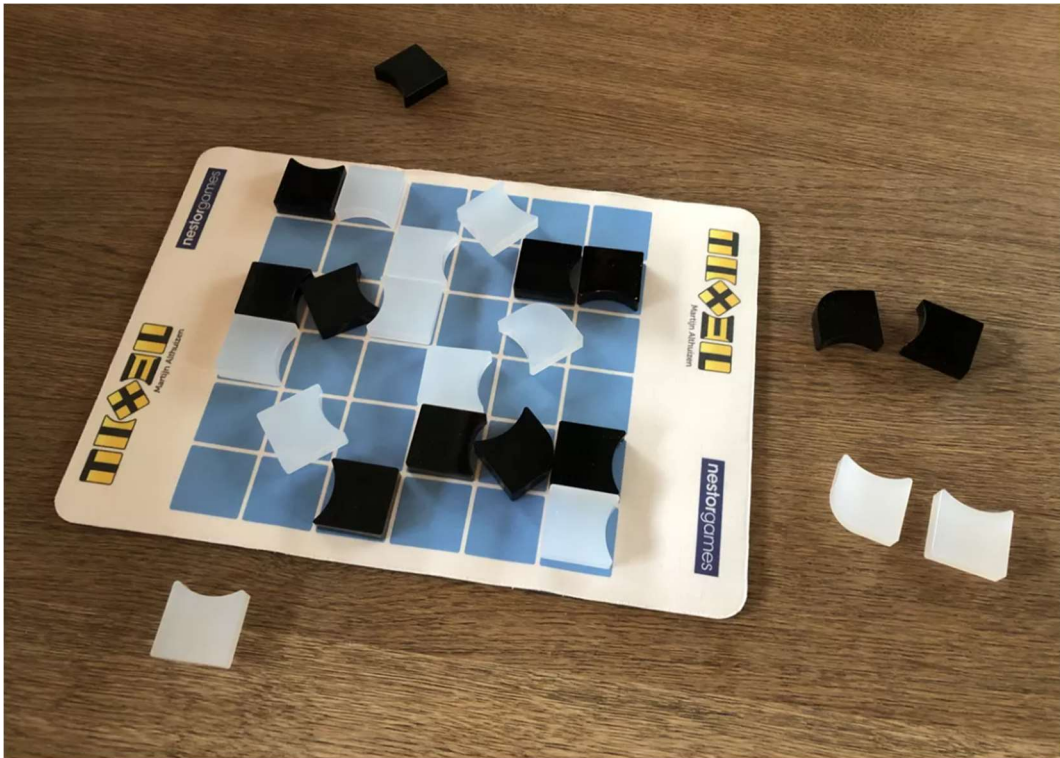
Název „vážné hry“ dává jasný obrázek, co by mělo být obsahem tohoto pojmu. Zábavnou formou by měla naučit hráče něco nového. Vážné hry jsou specifickou podskupinou simulací. Simulace jako takové se obecně snaží napodobit procesy nebo situace z reálného prostředí.

Pojem vážná hra neboli „Serious game“ není nový pojem. Počátky vážných her lze sledovat od počátku 20. století. Tak jak je běžné u těchto typů témat, k většímu rozvoji došlo během válek pro armádní účely. Trénink pomocí těchto her byl rychlejší a ověřil znalosti v simulovaném prostředí a situaci. Jedním z prvních, kdo použil pojem vážná hra v publikaci byl Clark Abt [2] v 70. letech 20. století. V době studené války pracoval ve Spojených státech Amerických na využití her v trénování a vzdělávání. Definoval je jako „Explicit and carefully thought-out educational purpose and are not intended to be played primarily for amusement“. Volně přeloženo jako “Explicitní a pečlivě promyšlené hry, které jsou primárně určeny ke vzdělávání, nikoliv primárně pro zábavu”. V publikaci [3] definují vážnou hru jako aplikaci složenou ze tří částí:

- zážitek (zkušenost),
- zábava,
- multimédia.

Někteří odborníci se přiklání k názoru, že SG musí být hra „digitální“ neboli videohra. Dokonce někteří přiřazují každé videohře alespoň minimální funkci edukační. Autor této práce se přiklání k názoru, že SG musí obsahovat dvě funkční roviny. Tj. jak rovinu zábavnou, tak rovinu edukativní. Důvodem pro tento názor je předpoklad, že bez zábavné složky hra nevytvoří dostatečně silnou emoci, která by pomohla ukotvit získané znalosti nebo zkušenosti v průběhu hraní. Je tedy nutné tyto dvě složky pečlivě vyvážit tak, aby byl dodržen předpoklad, že zábavnost nepotlačí realnost, tedy faktickou správnost. A v podstatě věci nezáleží, jestli je hra „digitální“ nebo nikoliv. Digitální zpracování dokáže rozšířit dostupné možnosti.

Většina her, které se využívají při vzdělávání spadají do této kategorie. Může to být hra bez jakýchkoliv pomůcek, deskové hry nebo hry s fyzickými pomůckami, například pro trénování principů „Poka Yoke“ (Obr. 1-1). V současné době již žáci na základních a středních školách využívají jako didaktické pomůcky robotické hračky k rozvíjení logického uvažování a kreativity.



Obr. 1-1: Desková hra zohledňující Poka Yoke principy [4]

Tato práce se bude zabývat hrami virtuálními – ty mohou mít formu 2D, 3D nebo se může jednat o zpracování pomocí rozšířené reality či přímo reality virtuální.

Vážné hry simulují reálné situace, procesy nebo témata, s cílem dovést hráče k vyřešení daného problému. Ačkoliv je zábavnost důležitá, součástí samotné hry je také „edukativnost“, která by měla být mírně převažující doménou. Není vhodné povýšit zábavnost na úkor rozšíření znalostí nebo dokonce potlačit faktickou správnost. Přesto je nutné do jisté míry obě složky balancovat, protože silný zážitek ze hraní pomůže nabyté znalosti ukotvit.

Jak již bylo zmíněno, jedním z nejběžnějších využití je výcvik armádních složek, ale stále rozšířenější jsou i hry pro složky integrovaného záchranného systému. Nejenom, že si například zdravotníci ověří, zda ovládají dané postupy, ale mohou testovat, zda podobných výsledků dokáží dosáhnout i pod vlivem stresu. V neposlední řadě pomáhají účastníky zvykat si na práci v kritických stresových situacích, protože v těchto situacích je nezbytné dodržovat předepsaný postup a tyto postupy si tzv. zautomatizovat. Tak jak je tato skutečnost například řešena ve studii pro výcvik záchranářů v situaci hromadného neštěstí. [5]

Světové armády například pro piloty stíhaček vyvíjejí sofistikované simulační sestavy. To samé dělají i některé sportovní odvětví, tedy využívají simulace pro zlepšení výkonu. Takovým příkladem mohou být například týmy formule 1. Tyto týmy investují ohromné finanční prostředky pro stavbu nekomerčních simulátorů. Cílem zde není jenom zlepšit schopnosti pilotů, ale například ze zjištěných dat přímo z dráhy během závodního víkendu nasimulovat



různé scénáře závodu a tím pomoci nastavit skutečný vůz pro co nejlepší výsledek v závodě. Je zcela běžné, že data, získané z tréninku přes den, jsou celou noc testované na simulátoru, aby následující den mohly být simulovaná nastavení ověřena na skutečné dráze.

Simulace lze obecně rozdělit do několika skupin:

- simulace probíhá v reálném prostředí za použití reálných nástrojů a osob,
- průběh v simulovaném prostředí využívá reálné nástroje,
- v reálném prostředí se používají simulované prostředky (rozšířená realita),
- v simulovaném prostředí se využívají simulované prostředky (virtuální realita).

Velikou výhodou těchto simulací je provádění rizikových úkonů v bezpečném prostředí. To znamená, že nedochází k poškození jak na majetku, tak na zdraví osob. Příkladem mohou být simulátory v autoškolách nebo leteckých školách, kde si uchazeč o řidičský průkaz potažmo pilotní průkaz vyzkouší ovládání dopravního prostředku ještě předtím, než do něj reálně usedne.

## 1.2 Virtuální realita

Virtuální realitou se nazývají systémy, které napomáhají účastníkovi pohyb nebo zážitek v plně simulovaném prostředí. S tímto se přímo pojí dva pojmy:

- Imerze – vnímání fyzické přítomnosti v nefyzickém světě.
- Presence – schopnost uživatele mít pocit, že se skutečně nachází na virtuálním místě, například na webové stránce nebo v pohlcující simulaci pomocí technologií, jako je virtuální realita (VR) nebo rozšířená realita (AR).

Míra presence je tedy závislá na síle imerze využívané technologie.

Nástroje poskytující virtuální zážitek uměle potlačují působení reálného světa na smysly tak, aby je nahradili vnímáním simulovaného prostředí. V dnešní době se nejčastěji uvádějí technologie pro virtuální realitu do kontextu s brýlemi pro virtuální realitu (HMD). Ale dochází i k rozvoji dalších periférií, které prohlubují zážitek hráče. Příkladem mohou být haptické obleky, plošiny pro nekonečný pohyb, boty zaznamenávající pohyb nebo celé simulační stanice/kóje.

Jednou z prvních zmínek o virtuální realitě je tzv. „Experience Theater“ z 50. let 20. století od Mortona Heiliga. Koncept umožňoval vnímání jak obrazu a zvuku tak i vůně.

Základem pro dnešní hlavové sety brýlí pro virtuální realitu byl systém LEEP a jeho verze Ames pro NASA z roku 1985 (Obr. 1-2).



Obr. 1-2: Systém Ames (NASA, 1985)

Jedním z prvních komerčních tzv. VR Headsetů začala prodávat společnost SEGA již v roce 1991. V brýlích byla LCD obrazovka, implementovaná sluchátka a sledovací systém pro pohyb hlavy. V roce 1999 byla vydaná hra „Second life“ představující virtuální svět, který je úspěšný dodnes, kde si lze koupit např. pozemek nebo založit podnikání. V roce 2010 začíná Palmer Luckey vyvíjet nový headset Oculus Rift, který byl poprvé veřejnosti představen v roce 2012. V roce 2014 vlastní náhlavní soupravy oznamují i výrobci jako je Valve, HTC nebo Playstation. Dalším rozšířením vjemů jsou haptické obleky, které převádějí interakci ze simulací do celého těla. Například, když je hráč ve hře zasažen projektilem, oblek vyvolá slabý elektrický impuls na příslušném místě na těle. Změnou intenzity náboje lze i simulovat intenzitu interakce. Příkladem takového obleku může být uveden „Teslasuit“ (Obr. 1-3).



Obr. 1-3: Oblek Teslasuit v kombinaci s brýlemi HTC Vive Steam VR

### 1.3 Cybersickness

V souvislosti s virtuální realitou je vhodné diskutovat nejenom pozitivní dopady a vlivy, ale také vlivy negativní. Cybersickness je jedním z těchto negativních vlivů a lze ji velmi zjednodušeně popsat jako pocit nevolnosti podobný kinetóze, která se u někoho dostavuje například při jízdě autem. Dle studie [7] až 80% účastníků výzkumu pociťovalo již po 10-15 min příznaky této nevolnosti při hraní komerčních her. Tato kybernetická nemoc se může projevat řadou příznaků jako je nevolnost, uvědomění si těžkosti žaludku, zvýšené/ snížené slinění, pocit návalu tepla, pocení, bledost obličeje, dezorientace, závrať, mdloba, točení hlavy, rozmazané vidění, únava očí, problém se zaostřováním, ospalost, bolest hlavy, únava a někdy i zvracení. Existuje několik teorií, které popisují důvody vzniku tohoto onemocnění. Dále jsou uvedené některé z nich na základě publikované studie [8]:

- Konflikt smyslů – Nejčastěji uváděná a akceptovaná teorie. Tato teorie se zaměřuje na informace o vlastním pohybu a orientaci poskytované zrakem, vestibulárním systémem vnitřního ucha a dalšími nevestibulárními proprioceptivními smysly.
- Teorie smyslového přeuspořádání – Podle této teorie sensorický konflikt sám o sobě nestačí k vyvolání kinetózy. Předpokládá se, že člověk má přístup k neurální zásobě všech vzorců pohybové stimulace, kterým jsme kdy byli vystaveni. Kdykoli plánujeme pohyb, očekávaný vzorec stimulace pro tento pohyb je vybrán z neurální zásoby. Poté, co je pohyb zahájen, je tento očekávaný vzor porovnán se skutečným vzorem stimulace přicházející z našich smyslů. Podle teorie by se kinetóza měla objevit pouze tehdy, když

existuje rozpor mezi našimi aktuálně pociťovanými a očekávanými vzorci stimulace, označovaný jako neurální nesoulad.

- Teorie pohybu očí – Podle této teorie je kinetóza spouštěna propriocepcí extraokulárního očního svalu. Nejedná se tedy konflikt smyslů.

Dále bylo ve zmíněné studii [8] zjištěno, že zpoždění v zobrazování při pohybu hlavy pocit nevolnosti umocňuje a stává se intenzivnější v návaznosti na rychlosti pohybu hlavy.

Dominantním spouštěčem cybersickness je skutečnost, zda je hráč aktivní nebo pasivní při užívání HMD. Pasivní uživatel pociťuje tyto příznaky velmi rychle. Příkladem může být hra simulující jízdu na horské dráze. Uživatel ve skutečnosti sedí nebo stojí na místě a pouze otáčí hlavu v závislosti na pohybu vozíku na horské dráze ve VR. V tomto případě se příznaky většinou objevují téměř okamžitě. A je někdy obtížné pro uživatele celou jízdu dokončit. Naproti tomu aktivní hráč, který se pohybuje bezpečným prostorem a pohyb ve VR odpovídá pohybu těla uživatele. Může se uživatel bez větších problémů příznakům cybersickness zcela vyhnout.

Aplikace „Virtuální dílna“ bude postavena na aktivním přístupu uživatele. Uživatel chodí po místnosti a interaguje s prvky hry ve VR. Z tohoto důvodu je šance vzniku pocitu nevolnosti a dalších příznaků minimální. Přesto je doporučeno, v případě začínajících příznaků cybersickness, simulaci přerušit a počkat až odezní.

## 1.4 Unity Engine

V rámci vývoje prostředí pro virtuální realitu jsou využívány různé nástroje a technologie. Aplikace a hry pro virtuální realitu jsou vytvářeny za pomoci softwarových nástrojů. Existuje celá řada engineů/frameworků/architektur/vývojových prostředí. S ohledem na dlouhodobou a stabilní podporu hry, kompatibilitu a využitelnost, je velmi důležité ještě před začátkem tvorby učinit rozvalu, v jakém software bude hra vyvíjena. Mezi nejvíce používané patří i Unreal Engine a Unity3D. Pro vývoj hry Dílna byl zvolen engine Unity3D. Toto rozhodnutí bylo podpořeno již existující základní kostrou v tomto prostředí, vazba na katedrální zkušenost a podporu. Samotná hra je vytvořena pro operační systém Android a speciálně pro zařízení Oculus (Meta) Quest 2.

Unity je multiplatformní herní engine vyvinutý společností Unity Technologies. První verze byla představena na konferenci Apple v roce 2005. Jednalo se pouze o podporu OsX (operační systém Apple). Postupem času se ale engine vyvíjel dál a nyní podporuje cca 15 různých platform. Unity podporuje vývoj jak 2D tak 3D hry i s podporou VR.

Vlastní program pro vývoj, tedy grafické prostředí Unity je napsáno v C++. Program podporuje skriptování pomocí C#.

Vývojové prostředí sdružuje několik různých dílčích komponent. Jejich základní výčet:

- Vykreslovací engine – neboli také rendering. Zajišťuje vykreslení podle dat zpracovaných grafickou kartou.
- Fyzikální engine – Zajišťuje fyzikální chování objektů jako je gravitace, kolize apod.
- Skriptování – Pomocí skriptů lze stanovit podmínky dějů. Hojně využívané ve WVR.
- Animace – Grafické rozhraní obsahuje editor, kde lze jednoduše měnit parametry v závislosti na čase/snímku. Je také možností použít animace vytvořené externě v 3D editorech jako je Blender nebo 3DSmax.
- Zvukový engine – Umožňuje nejenom mixování, spouštění a nahrávání zvuků. Může integrovat také různé postprocesingové nastavení jako je například zohlednění dopplerova jevu.

Firma Unity Technologies, která vyvinula vývojové prostředí Unity, provozuje taktéž Unity Asset store. Jedná se o virtuální tržiště, kde uživatelé sdílejí své výtvořky a je možné je použít ve vlastních projektech. Tyto položky mohou být zdarma nebo zpoplatněné podle uvážení autora. Taktéž provozují silnou komunitu a školící platformu. Za splnění každého tutoriálu uživatel obdrží určitý počet bodů v různých kategoriích a tím je stanovena i určitá zkušenost uživatele v rámci komunity.

Unity engine je licencován a zpoplatněn pro komerční užití, ale pro soukromé osoby a malá studia s ročním obratem do \$100 000 je tento vývojářský balíček zdarma.

V kategorii mobilních aplikací Unity drží podíl 50 % na trhu (v roce 2019 to bylo 53%) a 60% v kategorii VR.

Jednotlivé interakce jsou řízeny pomocí vlastnosti objektů, která se nazývá „Collider“. Colliders jsou komponenty, které jsou zabudovány do Unity a které zajišťují detekci kolize prostřednictvím zelených čar (nebo hranic). Definují tvar herních objektů pro účely fyzické kolize. Trigger je speciálním nastavením Colliderů, které jim dávají možnost spouštět události, když se vzájemně dotýkají nebo se překrývají. Tyto 2 objekty se již nesrazí (prostě projdou jeden přes druhého). Tato vlastnost dokáže rozpoznat průnik jednoho objektu druhým. Collider je v základním nastavení vypnut tím i pod nastavení Trigger. K přepnutí do zapnutého stavu dochází až bezprostředně před použitím dle scénáře. Zapnutí této funkce je řešeno pomocí skriptu dle události předcházející. Tím je zajištěna funkční posloupnost tak, aby nedocházelo k přeskokování jednotlivých kroků.

## 2 Analýza současného stavu

V posledních letech jsme svědky rapidního rozmachu technologií virtuální reality. Taktéž obor vážných her se rychle rozvíjí. Je tedy naprosto logické, že se tyto dva obory v mnoha aplikacích setkaly, a rozšířily tak vnímání uživatele, jak na poli bezprostředních vjemů, tak dopadem a účinkem sdělovaných informací skrze hraní seriózních her. S rostoucím počtem aplikací této formy vzdělávání roste i potřeba prozkoumat účinek seriózního učení za pomoci hry ve virtuální realitě. Objevuje se také stále více studií o vážných hrách, které je třeba revidovat, aby ukázaly budoucí směry výzkumu a odhalily rysy úspěšných seriózních her. Návrhy seriózních her a jejich aplikace ve výuce vyžadují i rešerši literatury, která pomáhá učitelům a designerům her zdokonalit se v jejich profesní práci v budoucnu.

### 2.1 Obdobné světové studie

Hodnocení seriózní hry má dvě roviny, které se mohou evaluovat samostatně, ale dojem a dosah bude mít hra pouze za předpokladu, že obě tyto roviny jsou na vysoké úrovni. První je rovina edukativní. To zjednodušeně znamená, jaké informace a vědomosti si uživatel ze hraní odnese. Druhou rovinou je zábavnost hraní. Protože díky této rovině se vjem a požitek prohloubí, tím se docílí hlubšího ukotvení nově získaných znalostí. Pokud jedna z těchto rovin dostatečně nedoplňuje druhou, nelze se bavit o seriózní hře jako takové, protože nesplní jeden ze základních funkcí. Jedním ze způsobů, jak přistoupit k hodnocení her je popsán v práci Quality Criteria for Serious Games [9], kde byla stanovena kritéria, podle kterých lze tyto hry hodnotit. Obdobně k problému přistupuje i Zhonggen ve své publikaci [10]. Práce se zabývá analýzou příspěvků týkající se serious games za dekádu se zaměřením se na klady a zápory využití těchto her ve studiu. Základní formou zpětné vazby je účastnický dotazník. Ale samozřejmě dalších způsobů hodnocení je celá řada. V jednom z čísel *British Journal of Educational Technology* [11] je popsán celý metodologický postup hodnocení Serious games, který je rozčleněn do 8 základních kroků. Navíc ve výzkumu o rozvoji kognitivního hodnocení SG [12] jsou zapojeny prvky psychologie.

Je také vhodné se zamyslet obecně nad myšlenkou proč jsou tyto hry přínosem. Tak jak to provedli ve své práci Olhager a Persson [13]. Tento článek pojednává o tom, proč si myslíme, že by seriózní hry měly být považovány za vhodnou učební metodu pro zprostředkování dovedností potřebných ve vzdělání inženýrů. Přesvědčit lektory ve využívání těchto nových technologií je jedním z cílů článku nazvaného „Teacher Perceptions on Virtual Reality Escape Rooms for STEM Education“ [14], ale to samé platí také pro studenty, což dokazuje práce Nelsona a Ahna [15].

Mnohé studie jsou zaměřené na specifické obory a hledají vhodné hry pro rozvoj dovedností jako je např. „Requirements engineering“ [16], Logistiku [17], týmovou spolupráci [18], inženýrské rozhodování [19] nebo plagiátorství [20].

Dalším zajímavým odvětvím jsou hry zkoumající reakce účastníků při krizových situacích. Například jak tělo požárníka reaguje při požáru za použití různých druhů měření. [21]

Většina studií uplatňuje nějaký stupeň zpětnovazebního hodnocení her a důsledků z jejich hraní. Jak již bylo zmíněno, základní prvek je dotazník, který se uplatňuje ve většině případů. Při velkém počtu účastníků může být jejich další zpracování obtížné, a proto je vhodné využít maximální míru automatizace jako například softwarová nadstavba hodnocena v článku „Using Simva to evaluate serious games and collect game learning analytics data,“ [22] a také lze zahrnout statistické parametry například uvedené v práci XUE, CHEN, MIAO a LIU [23]. Ale není to jediný způsob, jak získávat zpětnou vazbu. Je možné využívat např. různá akcelerační čidla, kamery nebo měřící přístroje. Jejich použití je například uvedeno a popsáno v práci IZOUNTAR, BENBELKACEM a spol. [24]. Jejich pomocí lze například hodnotit emoce účastníků.

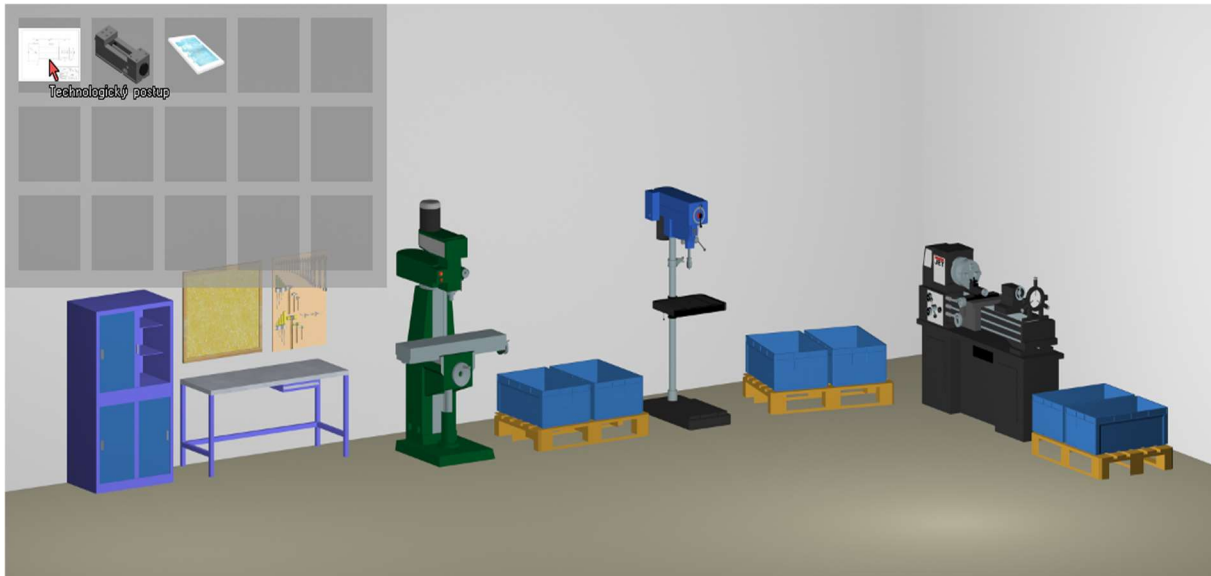
Obecným poznatkem z rešerše vědeckých článků může být, že dotazník je naprosto základním způsobem, jak hodnotit seriózní hry. Ovšem v případě, že je zájem zpětnou vazbu očistit od subjektivního vnímání, je vhodné využít i další možnosti hodnocení jako snímání hráče čidly a kamerami v reálném čase, měřit čas průchodu hrou nebo skóre za správný postup.

Přímá ukázka využití vážné hry v kombinaci s virtuální realitou bylo provedena ve studii [25]. Jejím cílem bylo ověření funkčnosti řešení vytvořených studenty v rámci semestrálního projektu ve výuce.



## 2.2 Popis referenční studie

Na počátku prvotní studie (2D dílna) byl cíl vytvořit vážnou hru, kterou by bylo možné využít ve výuce strojního inženýrství. Takováto hra by byla využita pro zatraktivnění studia strojírenství reagující na nedostatek studentů tohoto oboru. Pro tento účel byla vytvořena hra „Dílna“.



Obr. 2-1: Ukázka ze hry dílna [1]

Hra je postavena na principu 2D adventury z pohledu první osoby a vytváří dojem 3D prostředí. Pro modely strojů a příslušenství byli použity 3D modely.

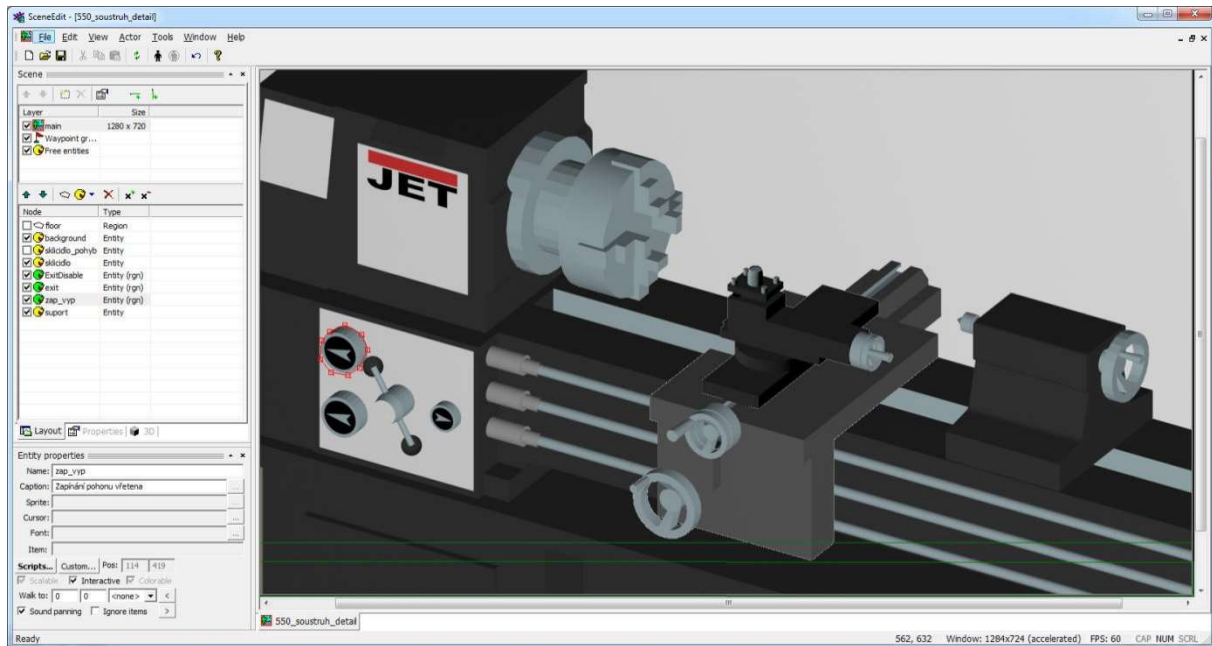
Celá hra byla vytvořena v prostředí Wintermute Engine, který je určen pro vývoj her ve 2D a 2.5D. Engine jako takový byl navržen a naprogramován českým vývojářem Janem Nedomou. První verze byla vydána v roce 2003, poslední verze byla uvolněna v roce 2012. Jedná se tedy z dnešního pohledu o zastaralou technologii s ukončeným vývojem, a tedy neperspektivní pro další rozvoj. Filozofie engine je objektově orientovaná využívající vlastní skriptovací jazyk.

Struktura engine je tvořena nezávislými částmi:

- **Project manager** – základ celého balíku, který spouští hlavní funkce
- **Editor scén** – pomocí tohoto nástroje se upravují jednotlivé scény a umísťují se v nich aktivní oblasti
- **Sprite editor** – v tomto nástroji se vytváří pohyblivé modely
- **Editor oken** – umožňuje vytváření a editaci oken, například uvítací obrazovku s volbami pro zahájení hry
- **Editor scriptů** – jednoduchý editor pro vytváření scriptů (software třetí strany Scite)

Wintermute engine byl používán pro vytváření samostatně stojících her, které bylo možné připravit pro tehdy nejvíce rozšířené platformy.





Obr. 2-2: Ukázka nástroje WME SceneEdit [1]

## 2.3 Hra „Dílna“ ve 2D (W2D)

Již dříve byly zobrazeny ukázky ze hry „Dílna“ (Obr. 2-1 a Obr. 2-2). Principem hry je zajistit si výrobní dokumentaci součásti. Hráč následně průchodem herního prostředí (Click & Drag princip) přetváří polotovary ve výslednou součást, kterou je hřídel. Jednotlivé kroky obnáší opracování na soustruhu, který je interaktivní a hráč je nucen nejenom vložit obrobek do sklíčidla, ale také zajistit správnou polohu koníku a až poté soustruh zapnout. Následnou interakcí se supportem dochází k vícenásobnému obrobení. Po vypnutí soustruhu a odsunutí koníku, lze obrobek odebrat a vložit do bedny pro další zpracování. Dalším místem pro pokračování je proces vrtání. Zde si musí uživatel uvědomit, že pro vrtání je nutné obstarat si nejdříve svěrák a až posléze začít proces vrtání. Po vložení obrobku po vrtání do bedny se může hráč přesunout k frézce. Frézování obrobku je ze systémového pohledu prakticky identické s vrtáním. Opět je nutné svěrák přenést z vrtačky na frézu před samotným začátkem práce. Po dokončení minimálně dvou hřídelí je hra ukončena. Celým průběhem je hra doprovázena komentářem, který popisuje jednotlivé kroky, které jsou právě prováděny. Hráč si po celý průběh hry uchová sebrané předměty do inventáře, ze kterého je následně používá v bodech hry, kdy jsou potřeba.

Vývoj hry trval přibližně rok při zapojení dvou programátorů. Následná studie byla dokončena za dalších 6 měsíců.

## 2.4 Metodologie

Za účelem ověření vlivů vážných her na studium ve strojírenství byla vytvořena hra „Dílna“. Hra měla blíže seznámit hráče (studenty) s praktickými aspekty inženýrských postupů. Vedlejším cílem byl obecnější pohled na to, do jaké míry mohou hry tohoto typu ovlivnit výuku technických oborů jako je strojírenství. Již ve své době vzniku bylo zřejmé, že bude potřeba software rozvinout do další sféry. Pro možnosti porovnání jednotlivých přístupů byl u verze pro virtuální realitu co nejvíce zachován technologický postup. Je to dáno záměrem vytvořit dvě testovací skupiny. Každá by vyzkoušela jeden typ hry. Následně by za pomoci vyplnění dotazníků sdělily svou zpětnou vazbu na právě dokončenou hru. Dotazník jako takový by se neměl příliš lišit od původního dotazníku z první studie hry „Dílna“ tak, aby bylo možné porovnat i možné odchylky v odpovědích vzhledem k původnímu výzkumu. Toto porovnání by mělo poskytnout základní informaci k „morálnímu zastarání“ původní verze.

## 2.5 Vyhodnocení výzkumu

Tak jak již bylo dříve zmíněno, dotazníky jsou nejčastější formou zpětné vazby. I v tomto případě při prvním průzkumu byl využit dotazník. Vyhodnocení výzkumu vyžaduje nicméně celý proces, který za pomoci sběru dat přispívá k pochopení, jak lze zlepšit objem a hloubku znalostí, podpořit rozhodování a následné implementaci do praktických aplikací. Původního výzkumu se zúčastnilo 47 studentů fakulty strojní. Pod dozorem lektora dokončili celou hru bez ohledu na dobu hraní. Dle následných porovnání se doba hry pohybovala mezi deseti až patnácti minutami. Následně účastníci vyplnili zpětnovazební dotazník sestávající ze dvou uzavřených otázek a šesti otevřených textových otázek. Dotazník obsahoval i informaci na jaké střední škole účastník studoval. Všech 47 studentů v té době studovalo třetí ročník Fakulty strojní na Západočeské univerzitě. Závěry z tohoto výzkumu jsou uvedeny a dány do souvislosti s výsledky testování aplikace „Virtuální dílna“ v rámci čtvrté kapitoly.

Tabulka 2-1: Ukázka dotazníku na základě zkušeností účastníků [1]

1) Na jakém typu střední školy jste studoval/a?	2) Máte nějaké praktické zkušenosti s výrobními stroji?	3) Hráli jste někdy předtím hry tohoto typu?
Gymnázium	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)
Jiná střední škola	Brigáda na jednom či dvou strojích	Nehrál/a jsem sice adventury, ale budovatelské strategie (jako třeba simcity)
Průmyslovka – nestrojní	Delší přístup k různým strojům výrobního systému	Nehrál/a jsem ani adventury ani strategie, ale hrál/a jsem jiné hry zaměřené na logické uvažování
Průmyslovka – strojní	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání	Nehrál/a jsem žádné hry zaměřené na logické uvažování, ale jiné hry ano
Učňák – strojní	Nic	Nehraji žádné hry
	Pilník na nehty	
	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	
	Vlastní hobby stroj (i NC)	

### 3 Implementace dílny do virtuálního prostředí

První verze hry vyvíjené pro virtuální realitu se začala budovat na systému Unity. Jedná se o multiplatformní engine, který je obecně popsán v samostatné kapitole. Vývoj hry probíhal v rámci semestrálního projektu předmětu KPV/DPVR (Digitální podnik a virtuální realita). V rámci stejného předmětu autor dokončuje i současnou verzi hry WVR. Tato verze je druhou evolucí původní verze. První varianta byla z důvodu rozsahu zjednodušena a zkrácena oproti verzi W2D. Celý proces byl proveden na jednom univerzálním soustruhu, který umožňuje soustružení i vrtání. V této fázi bylo frézování kompletně vynecháno. Tento přístup může být vhodný při kusové výrobě nebo hobby výrobě. V reálném provozu nicméně student přijde do kontaktu spíše se standardními jednoúčelovými stroji. Proto bylo rozhodnuto hru přetransformovat do podoby 2D varianty. To znamená rozdělit úkony na samostatné stroje. Toto rozhodnutí má tři hlavní výhody. Hráč se seznámí s reálnější formou dílny, hodnocení výzkumu bude relevantnější z pohledu porovnání s W2D a v neposlední řadě se jedná v realitě o ekonomičtější variantu. Viz. Následující rozvaha (jednotlivé časy a provozní náklady jsou odhadnuté hodnoty) v Tabulka 3-1.

**Tabulka 3-1: Tabulka zhodnocení nákladů na výrobu jednoho kusu podle zvoleného stroje**

<b>Procesní doby:</b>		
Soustružení		10 min
Vrtání		2 min
Upínání		1 min
<b>Sazby:</b>		
hodinová sazba jednoúčelového stroje	600 Kč/h	(10 Kč/min)
hodinová sazba univerzálního stroje	900 Kč/h	(15 Kč/min)
<b>Univerzální stroj</b>		
upínání + soustružení + vrtání		13 min
<b>Cena (13*15)</b>		<b>195 Kč/ks</b>
<b>Jednoúčelové stroje (2 stroje):</b>		
upínání + soustružení		11 min
<b>Cena (11*10)</b>		<b>110 Kč/ks</b>
Upínání + vrtání		3 min
<b>Cena (3*10)</b>		<b>30 Kč/ks</b>
<b>Cena celkem</b>		<b>140 Kč/ks</b>

Z této základní hrubé rozvahy, za předpokladu, že univerzální stroj je dražší o 50% v hodinové sazbě, dojdeme k výsledku, že jeden finální výrobek je dražší o téměř 40% na jednom kusu při

opracování na univerzálním stroji. Z tohoto důvodu je vhodné využít více jednoúčelových strojů a odpovídá to také běžné praxi v sériové výrobě.

### 3.1 Hra „Dílna“ ve virtuální realitě (WVR)

Jak již bylo zmíněno dříve, verze pro VR měla několik fází. Tato druhá fáze obnášela rozproštění jednotlivých technologických kroků na jednoúčelové stroje. Taktéž bylo nutné doplnit technologický postup o frézování, který byl v první fázi zanedbán. Posloupnost jednotlivých kroků je řízena pomocí scriptů. Animace jednotlivých součástí jsou realizované pomocí integrovaného animačního editoru. Výhodou volby integrovaného animačního editoru je, že uživatel může zadat pouze počáteční, koncový stav a editor dopočítá všechny mezi-stavy pro každý snímek. Zapínání a vypínání animací je taktéž řešeno v rámci skriptů. Posloupnost kroků určuje „hrubý“ scénář:

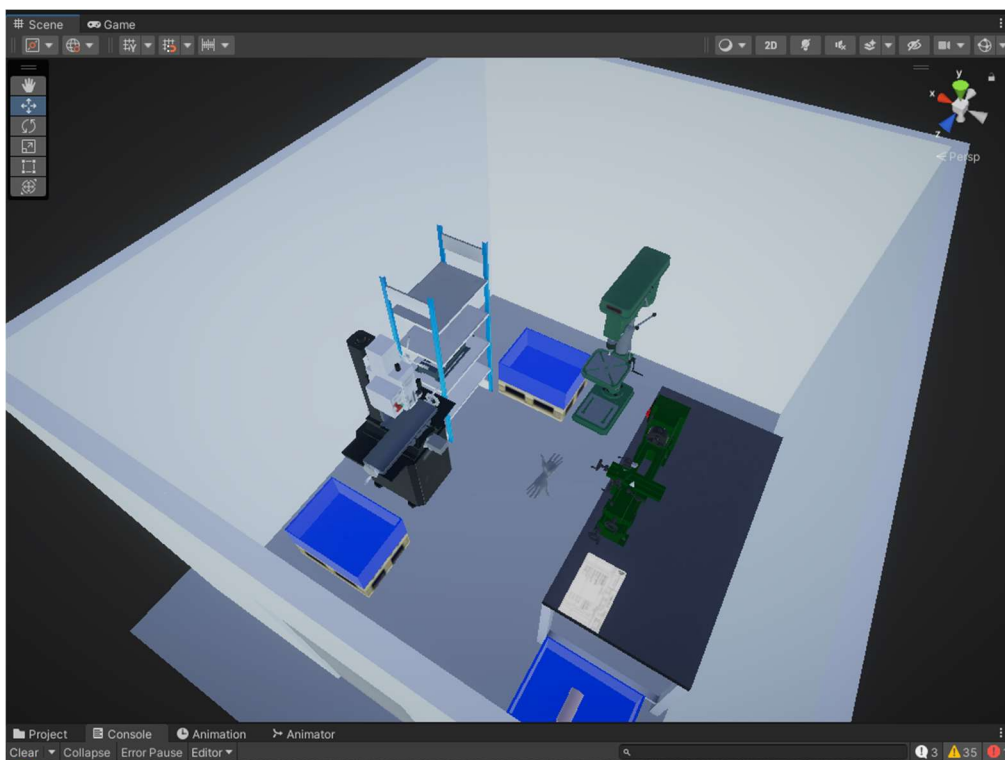
- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. Vezme obrobek z bedny u soustruhu | 24. Zapne frézku                                     |
| 2. Vložení do čelistí soustruhu      | 25. Posuv vertikální                                 |
| 3. Přisun koníku                     | 26. Posuv horizontální a navrácení do původní polohy |
| 4. Zapnutí soustruhu                 | 27. Vypne frézku                                     |
| 5. Jízda supportu                    | 28. Vezme obrobek                                    |
| 6. Jízda supportu                    | 29. Dá obrobek do bedny u frézky                     |
| 7. Vypnutí soustruhu                 | 30. Finální okno s ukončením hry a časem simulace    |
| 8. Odjezd koníka                     |  |
| 9. Vezme obrobek                     |  |
| 10. obrobek do bedny u vrtačky       |  |
| 11. Vezme svěrák                     |  |
| 12. Dá svěrák na vrtačku             |  |
| 13. vezme obrobek z bedny u vrtačky  |  |
| 14. Dá obrobek do svěráku            |  |
| 15. Zapne vrtačku                    |  |
| 16. Vrtání                           |  |
| 17. Vypne vrtačku                    |  |
| 18. Vezme obrobek                    |  |
| 19. obrobek do bedny u frézky        |  |
| 20. Vezme svěrák                     |  |
| 21. Dá svěrák na frézku              |  |
| 22. vezme obrobek z bedny u frézky   |  |
| 23. Dá obrobek do svěráku            |  |

Vizuální stránka aplikace je popisována dále v textu. Zmíněna bude navigace mezi stroji, zvuk, vizuální pomůcky a v neposlední řadě interakce se stroji.

Jednotlivé interakce jsou řízeny pomocí vlastnosti objektů, která se nazývá „Collider“. Podrobnější popis této vlastnosti se nachází v kapitole 1.3.

Funkční prvky a postupy z pohledu skriptování jsou principiálně u frézky stejné jako u vrtání. Dokončení programu probíhalo v rámci předmětu KPV/DPVR přímo autorem této práce. Dokončení programu tedy obnášelo nastudovat principy a postupy používání a skriptování v Unity3D Engine. V rámci pochopení algoritmů a principů byla dokončena kompletně část s vrtáním. Tím je zajištěno, že autor má dostatečné znalosti pro dokončení celého programu dle scénáře.

Důležitým bodem je zajištění, že hráč v případě bezradnosti nebo neznalosti bude naveden na další krok simulace. Na stole vedle soustruhu je položen výrobní postup součásti. Hráč se tedy v kterýkoliv okamžik může podívat, který krok výroby následuje a které již jsou splněné. Dále ale každý akční prvek je opatřen vizuálním zvýrazněním. Toto zvýraznění je aktivováno s každým zapnutím daného akčního prvku. Z pohledu hráče toto zvýraznění bude viditelné se zpožděním. Současné nastavení zpoždění je nastaveno na hodnotu pět sekund. V rámci prvního interního testování byla tato hodnota potvrzena.

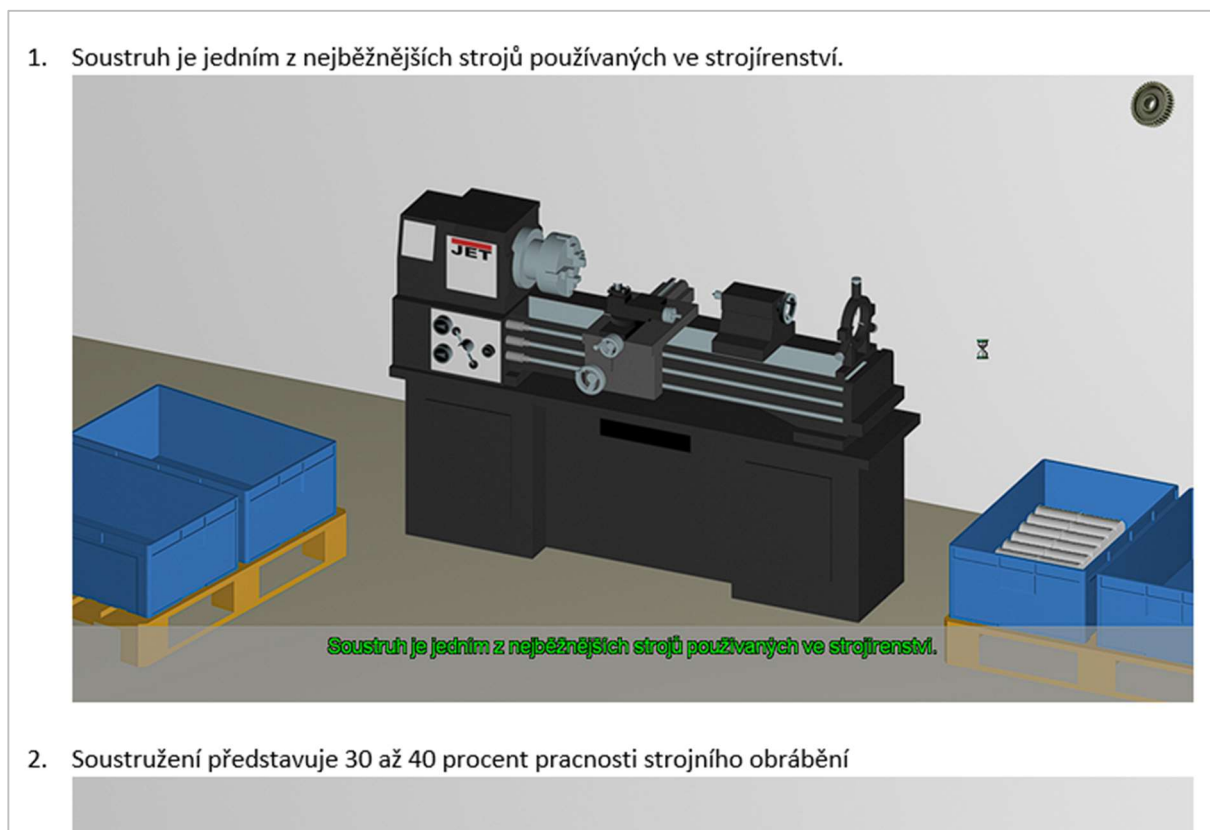


**Obr. 3-1: Pohled na scénu v uživatelském prostředí Unity**

V rámci následujících kapitol bude rozklíčován scénář stroj po stroji. U každého stroje bude analyzována část scénáře jemu příslušející spolu s ukázkami zdrojového kódu řídicích scriptů.

## 3.2 Zvuk

Součástí původní W2D hry byl audio komentář vztahující se k technologickým procesům. Proto je cílem i této verze obsahovat takovýto komentář. Původními audio se již nepodařilo nalézt. Proto byly z původní hry přepsány titulky a namluveny strojovým hlasem text2speech.

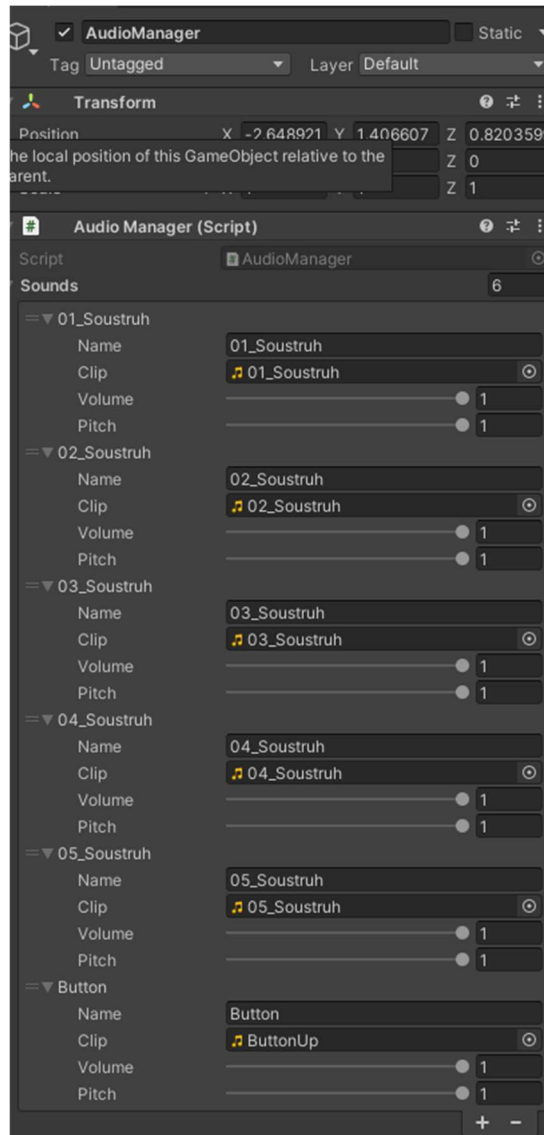


Obr. 3-2: Ukázka přepisu titulků manuálně z původní 2D hry

Pro zajištění toho, aby hráč ve hře zvuky slyšel, je nutné, aby kamera hry obsahovala componentu „Audio Listener“. Ve hře pro VR kameru nahrazuje objekt „CenterEyeAnchor“.

Pro vlastní správu audio stop jsem vytvořil prázdný objekt „AudioManager“. Tento objekt obsahuje veškeré audio, které chci ve hře využít. O jejich správu a vlastnosti se stará skript, který má stejný název jako objekt.

Audio stopa aplikace se neskládá pouze z doprovodného komentáře. Jednotlivé prvky hry, které s hráčem interagují vydávají autentické zvuky, které odpovídají danému procesu.



Obr. 3-3: Objekt AudioManager



```
using System;
using UnityEngine;
using UnityEngine.Audio;

public class AudioManager : MonoBehaviour
{
    public Sound[] sounds;

    void Awake()
    {
        foreach (Sound s in sounds)
        {
            s.source = gameObject.AddComponent<AudioSource>();
            s.source.clip = s.clip;

            s.source.volume = s.volume;
            s.source.pitch = s.pitch;
        }
    }

    public void Play (string name)
    {
        Sound s = Array.Find(sounds, sound => sound.name == name);
        if (s == null)
        {
            Debug.LogWarning("Sound: " + name + "not found!");
            return;
        }
        s.source.Play();
    }
}
```

Kód 3-1: Řídící script AudioManager.cs

Pro spuštění zvuku na zvoleném místě už je potřeba jen tento zvukový soubor zavolat podle zvoleného názvu v dané části skriptu.

```
FindObjectOfType<AudioManager>().Play("01_Soustruh");
```

### 3.3 Začátek hry a soustruh

Samotná aplikace začíná pohledem hráče směrem na soustruh. Hráč stojí ve středu virtuální dílny. Popis této části obsahuje všechny kroky hráče od zvednutí polotovaru z bedny až po položení obrobku do bedny před vrtačkou.

Hráč v případě bezradnosti nebo neznalosti bude naveden na další krok simulace. Na stole vedle soustruhu je položen výrobní postup součásti. Hráč se tedy v kterýkoliv okamžik může podívat, který krok výroby následuje a které již jsou splněné. Dále ale každý akční prvek je opatřen vizuálním zvýrazněním. Toto zvýraznění je aktivováno s každým zapnutím daného akčního prvku. Z pohledu hráče toto zvýraznění bude viditelné se zpožděním. Toto platí v celém průběhu hry.

Podívejme se nejprve na část scénáře, který souvisí se začátkem hry a prací u soustruhu.

1. *Vezme obrobek z bedny u soustruhu*

2. *Vložení do čelistí soustruhu*
3. *Přísun koníku*
4. *Zapnutí soustruhu*
5. *Jízda supportu*
6. *Jízda supportu*
7. *Vypnutí soustruhu*
8. *Odjezd koníka*
9. *Vezme obrobek*
10. *Obrobek do bedny u vrtačky*

Hráč se přesune k bedně, která je napravo od stolu se soustruhem. Skloní se blíže k polotovaru a rukou ho zvedne. Tím se spustí audio sekvence, která je komentářem k obrábění. Text audio komentáře: „Soustruh je jedním z nejběžnějších strojů používaných ve strojírenství.“ Hráč se následně přesune ke sklícidlu soustruhu a upne zde polotovar. Při interakci s bednou hráč spustí metodu, která sjednotí transformaci pohybu ruky hráče a polotovaru. Je to nejjednodušší způsob, jak Gameobject přenést z bodu A do bodu B. Mírnou nevýhodou je fakt, že podle toho v jakém místě se hráč „dotkne“ Collideru tak bude i natočen i polotovar vůči ruce. Tzn. že v okamžiku spuštění metody zůstane zachována vzájemná poloha ruky i polotovaru. V některých situacích to může vést k nerealistickému úchopu. Bylo, ale po zvážení bylo rozhodnuto, že toto není vlastnost, která by měla mít zásadní vliv na výzkum.

Script řídící následující kroky je přiřazen polotovaru nacházející se v bedně s názvem „HandAttach.cs“.

```
private void OnTriggerEnter(Collider other)
{
    if (other.tag == "Player")
    {
        FindObjectOfType<AudioManager>().Play("01_Soustruh");
        this.transform.parent = other.transform;
    }
}
```

#### Kód 3-2: Zapnutí audio komentáře a sloučení transformace

V oblasti vřetena je definována zóna. Při průchodu ruky hráče touto zónou, polotovar v ruce hráče se deaktivuje (skryje) a aktivuje se nový Gameobject se stejným tvarem, ale ve správné pozici vůči vřetenu.

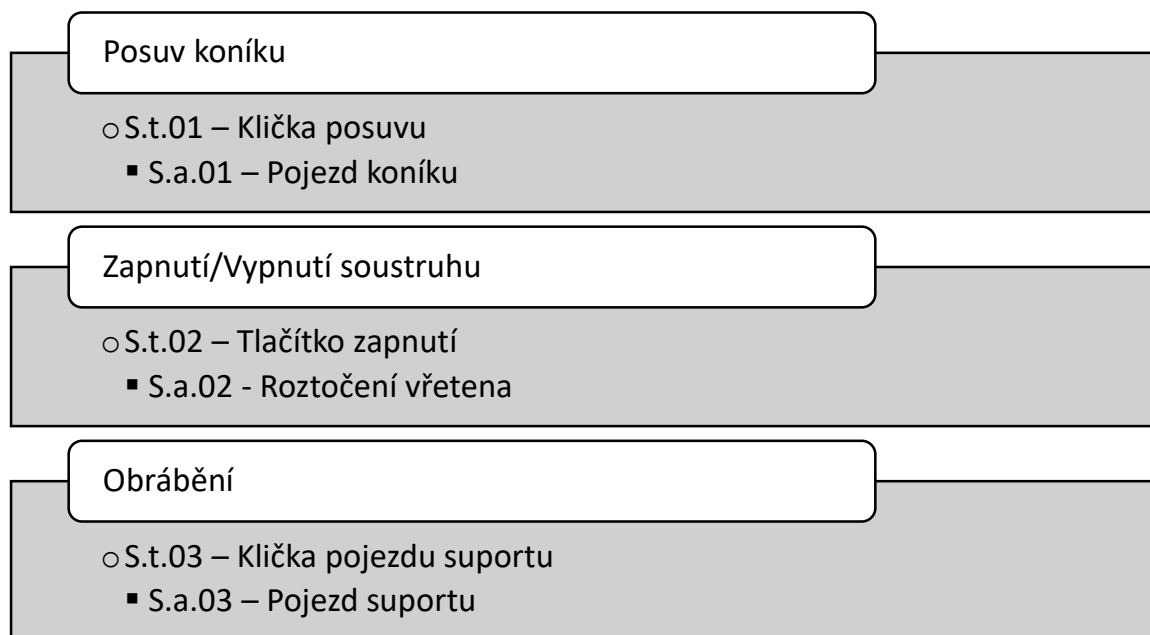
```
else if (other.tag == "ZonaObrobek")
{
    managerScript.TurnCollidersON();
    PripravenyObrobek.SetActive(true);
    gameObject.SetActive(false);
    Invoke(nameof(ObrobekColliderOff), 1);
    FindObjectOfType<AudioManager>().Play("02_Soustruh");
}
```

**Kód 3-3: Vypnutí objektu v ruce a zapnutí polotovaru ve sklíčidlu**

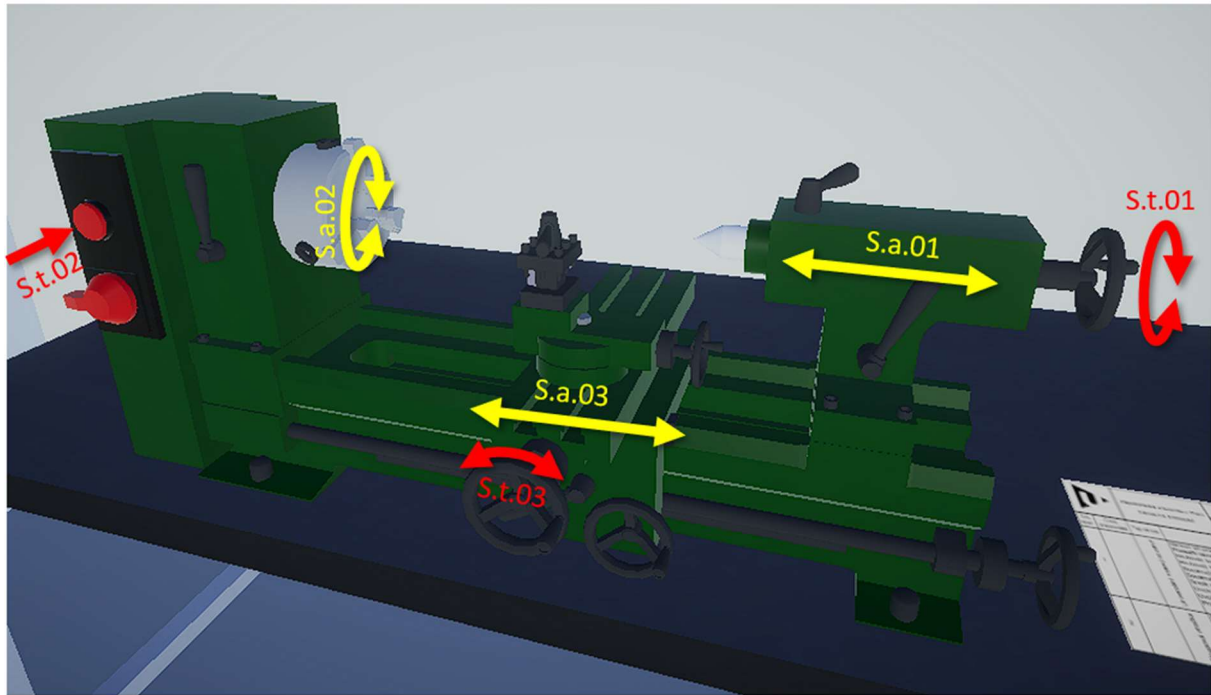
Soustruh je použit podobný jako v první fázi, jeho dodatečné funkce jako vrtání a frézování nejsou využity, a proto byly tyto části skryty.

Pro následné zjednodušení popisu jsou v Obr. 3-5 interakční prvky zobrazeny červeně a akce, které interakce spouštějí, jsou zobrazeny žlutě. Kódové označení udává na prvním místě stroj (S – soustruh; V-vrtačka; F-frézka). Na další pozici se rozlišuje, zda se jedná o Trigger (t) nebo akci/animaci (a). Poslední číselná pozice určuje vazbu mezi Triggerem a akcí. Stejný postup bude použit i u ostatních strojů.

Interakční a akční prvky soustruhu jsou uvedeny na Obr. 3-4 a znázorněny na Obr. 3-5.

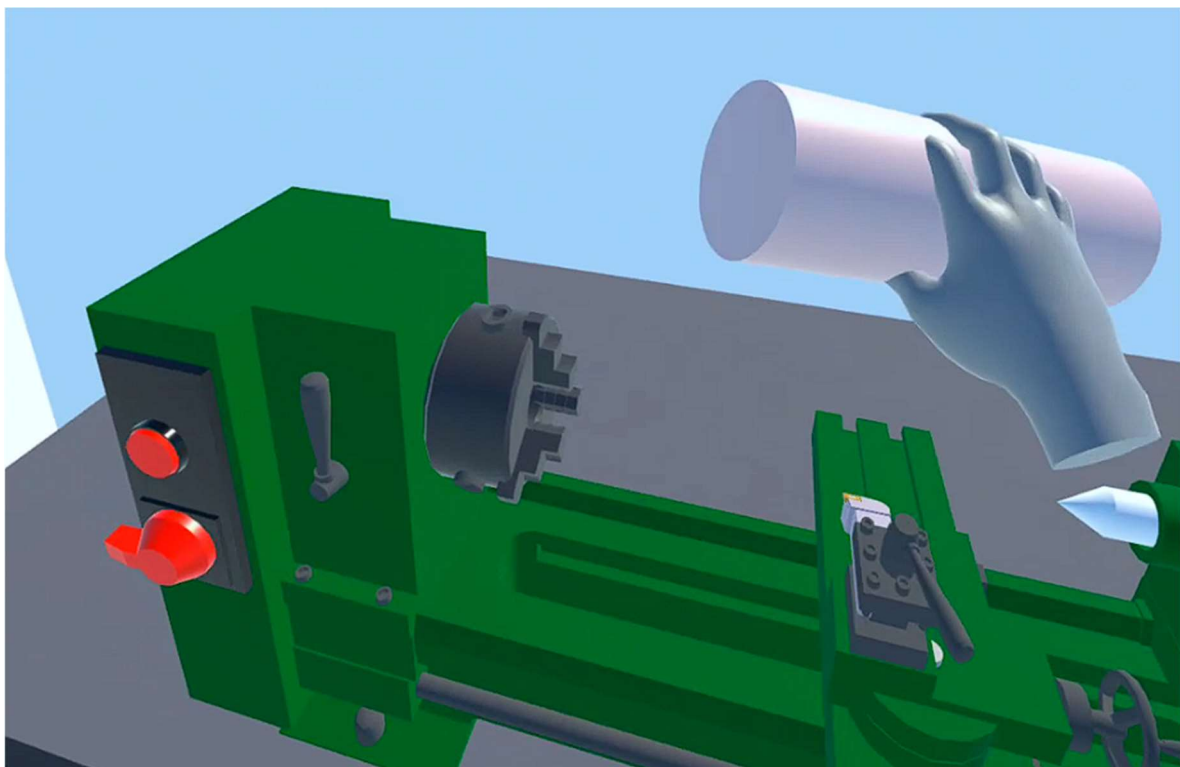


**Obr. 3-4: Popis prvků soustruhu**



Obr. 3-5: Model soustruhu s funkčními a akčními prvky

Před zapnutím soustruhu je nutné polotovár zajistit pomocí koníku. Poté co je koník na svém místě je možné soustruh zapnout tlačítkem. Pomocí kličky suportu dvakrát (pro zjednodušení) spustit animaci obrábění. Po druhém obrobení je možné soustruh vypnout a odjed s koníkem od obrobku. Na Obr. 3-6 zobrazena ukázka ze hraní, v tomto bodě uživatel vkládá polotovár do sklíčidla soustruhu.



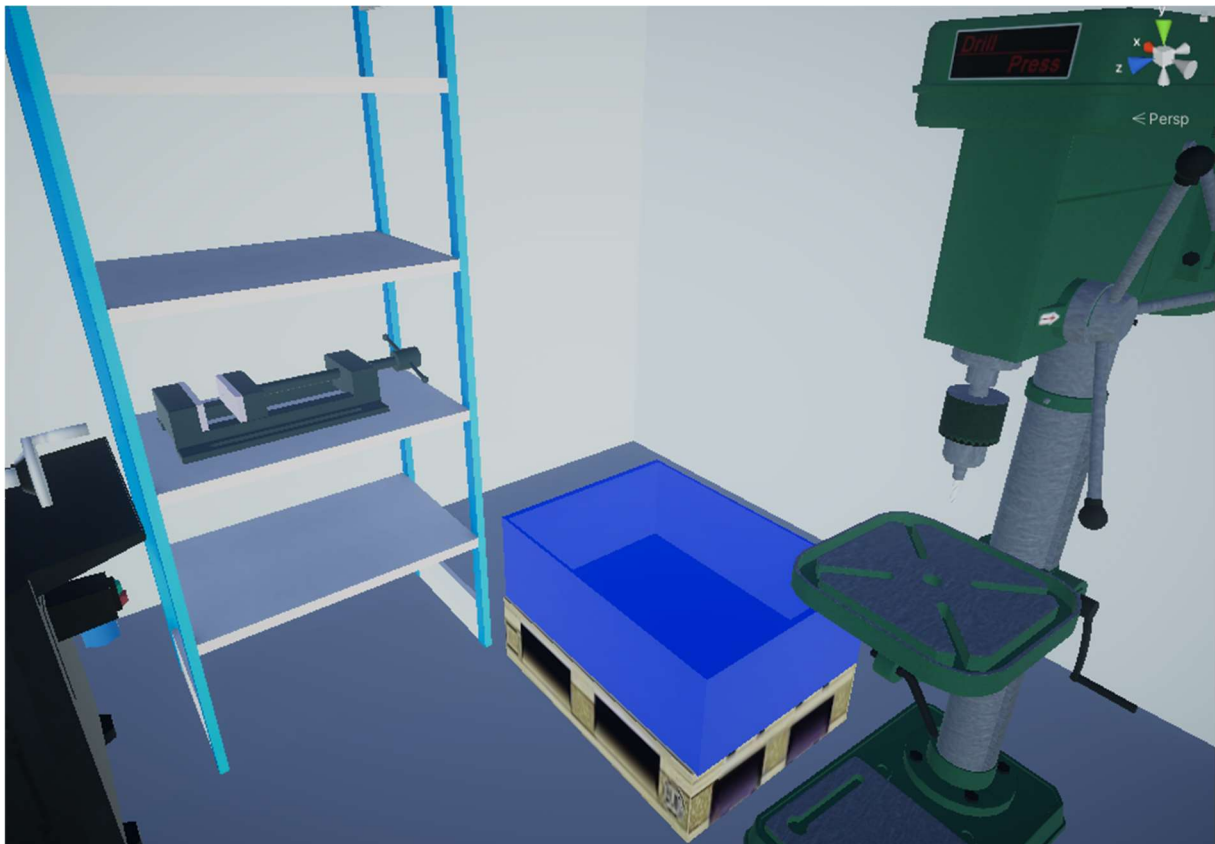
Obr. 3-6: Snímek ze hry – vkládání polotovaru do soustruhu

### 3.4 Vrtání

V dalším kroku si nejprve ukážeme opět část scénáře. Tato část je spojena s procesem vrtání.

11. Vezme svěrák
12. Dá svěrák na vrtačku
13. Vezme obrobek z bedny u vrtačky
14. Dá obrobek do svěráku
15. Zapne vrtačku
16. Vrtání
17. Vypne vrtačku
18. Vezme obrobek
19. Vloží obrobek do bedny u frézky

Před vložením obrobku do vrtačky je nutné na vrtačku umístit svěrák. Svěrák hráč nalezne uložen v regálu nalevo od vrtačky (Obr. 3-7). Hráč svěrák vezme a položí na vrtačku. V momentě, kdy se hráč přiblíží do zóny, kde na vrtačce má být svěrák umístěn, hra tuto situaci zaznamená. V tomto momentě se deaktivuje model svěráku, který hráč drží v ruce a aktivuje svěrák, který je umístěn na vrtačce ve správné pozici.



Obr. 3-7: Část scény s regálem a vrtačkou

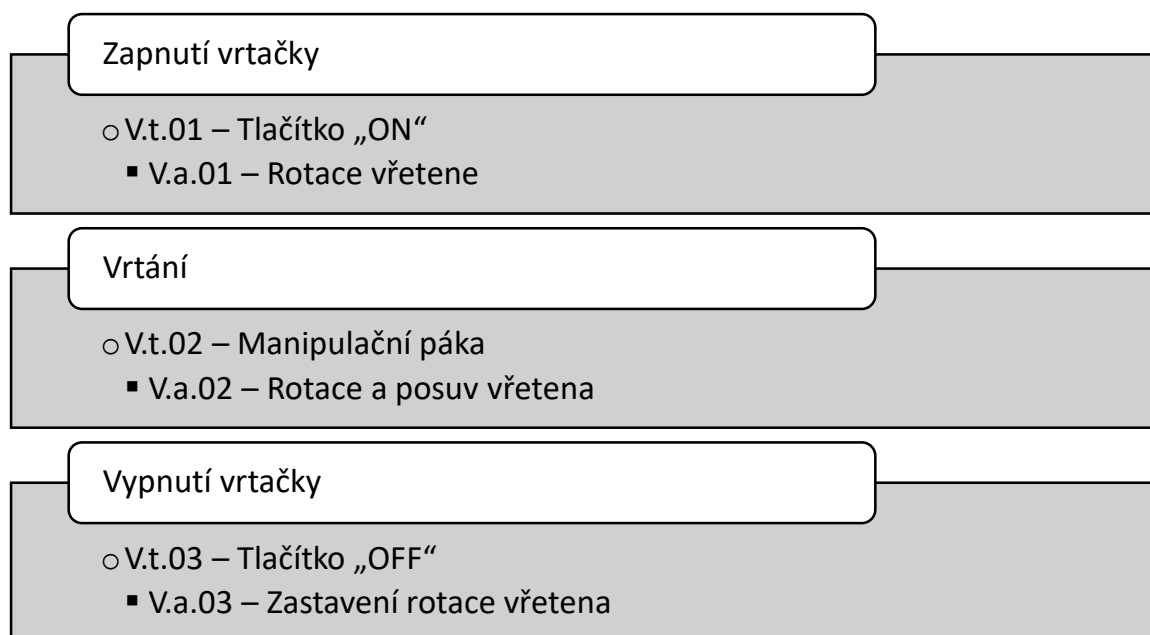
```
private void OnTriggerStay(Collider other)
{
    if (other.tag == "Player")
    {
        this.transform.parent = other.transform;
        Zvyrazneni12.SetActive(true);
        SverakDoVrtColl.enabled = true;
        ZonaVrtacka.SetActive(true);
    }

    else if (other.tag == "ZonaVrtacka")
    {
        SverakVeVrt.SetActive(true);
        gameObject.SetActive(false);
        Zvyrazneni13.SetActive(true);
        ObrobekBednaPredVrtanimColl.enabled = true;
    }
}
```

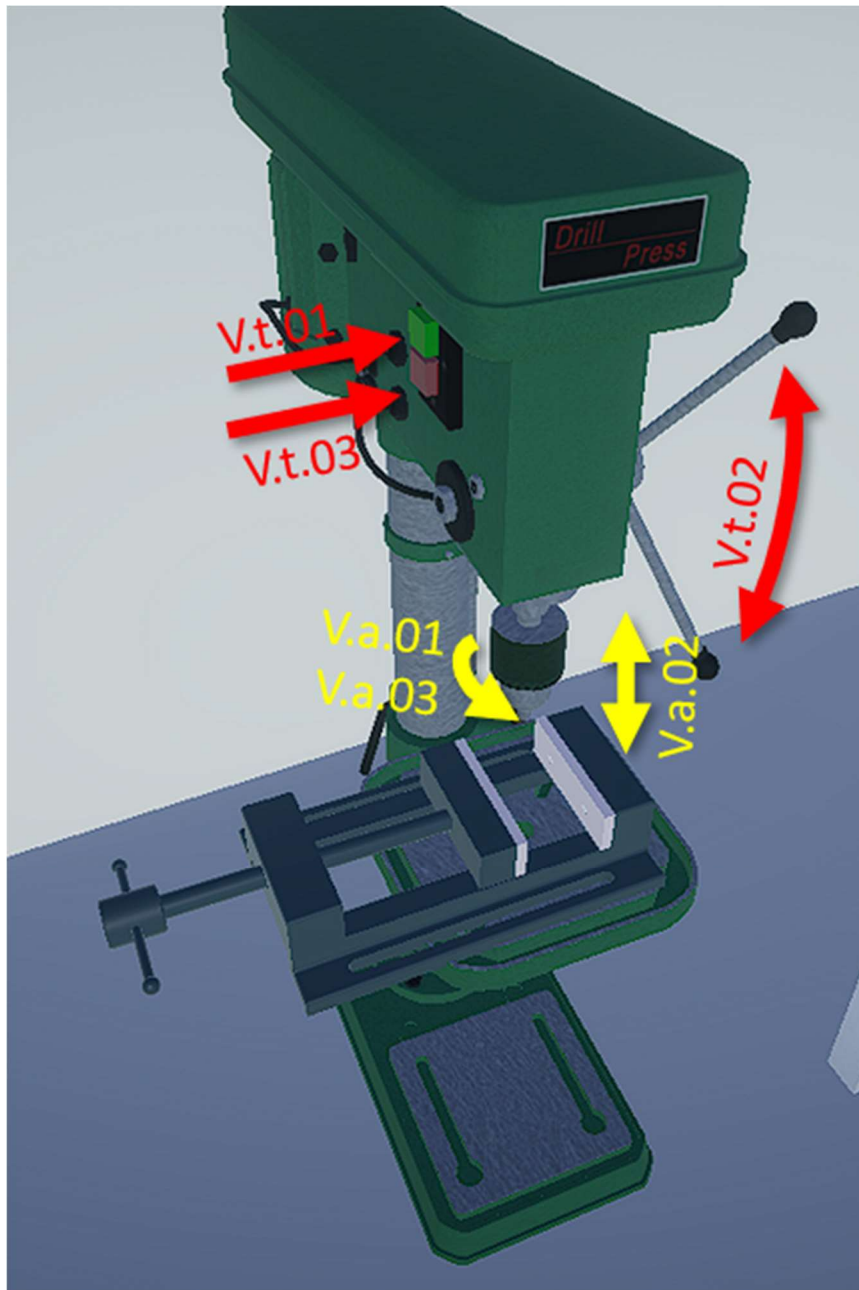
**Kód 3-4: Část kódu zajišťující zvednutí a přepnutí svěráku**

Až poté lze obrobek zvednout z bedny, obdobně jako v části před soustružením, a umístit do svěráku na vrtačce. Vrtačku lze posléze zapnout zeleným tlačítkem, tím se uvede sklíčidlo vrtačky do rotace a samotná animace vrtání začne tím, že hráč přiblíží ruku do zóny Collideru manipulační páky po pravé straně vrtačky. Po dokončení animace vrtání je nutné vrtačku vypnout červeným tlačítkem. Až posléze je možné vyvrtaný obrobek vzít ze svěráku a vložit obrobek do bedny, která se nachází nalevo od frézky. Na základě průchodu scénářem již není hráči umožněno se vrátit zpět. Proto například není možné po vrtání obrobek vložit do bedny, která se nachází u vrtačky.

Interakční a akční prvky vrtačky jsou uvedeny na Obr. 3-8 a znázorněny na Obr. 3-9.



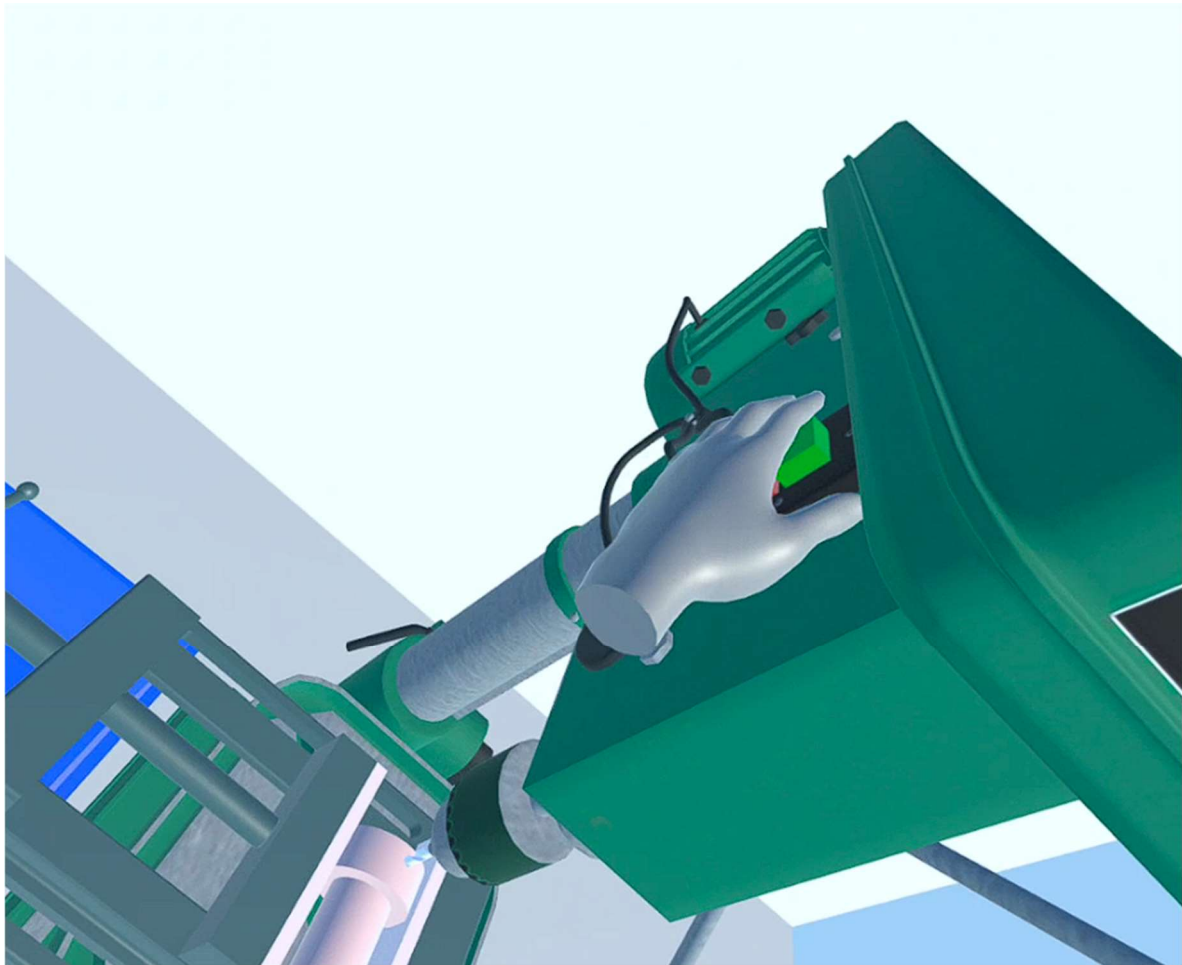
**Obr. 3-8: Popis prvků vrtačky**



**Obr. 3-9: Model vrtačky s funkčními a akčními prvky**

Na Obr. 3-10 je ukázka ze hry v momentě kdy hráč zapíná vrtačku. Za zmínku stojí úhel pohledu hráče. Přírozeností hráče je naklonit hlavu, tak aby bylo dobře vidět na vypínače. Jedná se o velmi přirozený pohyb, že si ho hráč ani neuvědomí, ale je to jistá známka vysoké míry imerse při hraní této hry.





Obr. 3-10: Snímek ze hry – zapínání vrtačky

### 3.5 Frézování

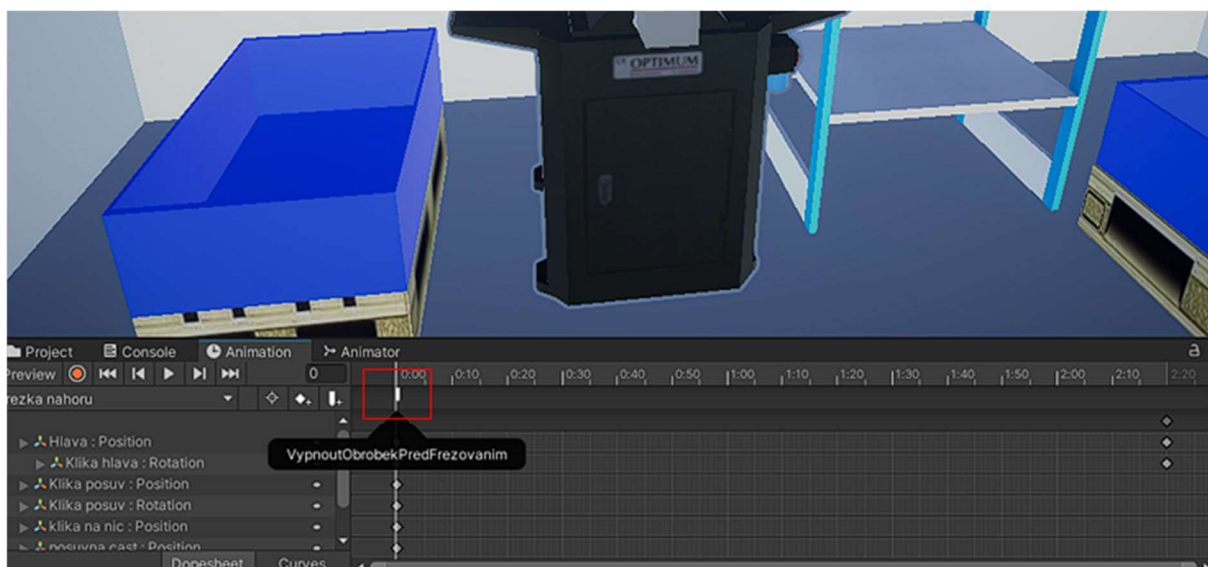
V posledním kroku výrobního procesu se taktéž podíváme na část scénáře, která popisuje frézování hřídele.

20. Vezme svěrák
21. Dá svěrák na frézku
22. Vezme obrobek z bedny u frézky
23. Dá obrobek do svěráku
24. Zapne frézku
25. Posuv vertikální
26. Posuv horizontální a navrácení do původní polohy
27. Vypne frézku
28. Vezme obrobek
29. Dá obrobek do bedny u frézky
30. Finální okno s ukončením hry a časem simulace



Jako první krok, v části frézování, musí hráč přenést svěrák, který zůstal z předchozího vrtání na vrtačce. Tento svěrák umístí na frézovací stůl. Postup je obdobný jako u vrtání. Po usazení svěráku může hráč to samé udělat i s obrobkem, který se nachází v bedně u frézky. Dalším krokem je zapnutí frézky zeleným tlačítkem, které opět roztočí vřeteno s frézovací hlavou. Tím se uvolní možnost použít vertikální posuv frézky. Hráč opět uvede rukou animaci, zanoření frézovací hlavy do materiálu, do pohybu. Poté hráč klíčkou horizontálního posuvu vyfrézuje drážku na pero. Po dokončení této sekvence pohybů/animací je možné frézku vypnout červeným tlačítkem a tím opět zastavit vřeteno. Následně je možné obrobek zvednout a opět uložit do bedny u frézky. Tímto dojde k dokončení celé sekvence hry. Hráč uvidí finální obrazovku s údajem, jak dlouho celou hru hrál. Hra se sama následně deset vteřin po položení obrobku sama vypne.

Některé metody ve scriptech nejsou spouštěny nebo volány pomocí Triggerů, ale pomocí takzvaných „Tags“. Jedná se o časové značky v průběhu animace. Na Obr. 3-11 lze vidět ukázkou použití „Tags“ pro přepnutí modelu obrobku ve frézce po dokončení frézování.



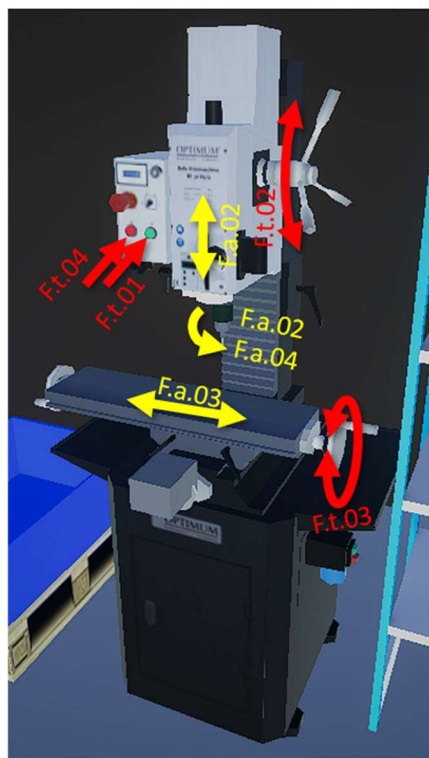
Obr. 3-11: Ukázka „Tags“ při animaci frézky

```
public void VypnoutObrobekPredFrezovanim()
{
    ObrobekPredFrezovanim.SetActive(false);
    ObrobekPoFrezovani.SetActive(true);
}
```

Kód 3-5: Metoda volaná „Tags“ zajistí přepnutí modelů

Interakční a akční prvky frézky jsou uvedeny na Obr. 3-12 a znázorněny na Obr. 3-13.

Zapnutí frézky
○F.t.01 – Tlačítko „ON“ ▪F.a.01 – Rotace vřetene
Vertikální pohyb
○F.t.02 – Manipulační páka ▪F.a.02 – Rotace a vertikální posuv vřetena
Horizontální pohyb
○F.t.03 – Klička horizontálního posuvu ▪F.a.03 – Horizontální posuv stolu
Vypnutí frézky
○F.t.04 – Tlačítko „OFF“ ▪F.a.04 – Zastavení rotace vřetena

**Obr. 3-12: Popis prvků frézky****Obr. 3-13: Model frézky s funkčními a akčními prvky**

Na Obr. 3-14 je ukázka ze hry, která zobrazuje spuštění animace pro vertikální posuv hlavy frézky.



Obr. 3-14: Snímek ze hry – spuštění vertikálního posuvu

### 3.6 Průběh tvorby a slepé větve vývoje

Tvorba aplikace probíhala za využívání všech možných dostupných zdrojů. Z důvodu neznalosti jak prostředí Unity Engine tak programování v C# docházelo k častým „tvůrčím“ slepým uličkám. Jako prvotní krok bylo nutné prostudovat základní tutoriály a návody. Po získání dostatečného přehledu, bylo možné již vyhledávat nutné postupy více cíleně a problémy konkretizovat a adekvátně popisovat. Tím docházelo k efektnímu řešení procesních problémů. Přesto bylo nutné využívat podpory a konzultací s pracovníky katedry KPV pod fakultou strojní.

Pomocí těchto nástrojů se dařily řešit problémy technického rázu. Získáváním zkušeností, lze zpětně určit, které rozhodnutí by bylo vhodné při příštích tvorbách přehodnotit. Mezi takové rozhodnutí můžeme zařadit například způsob skriptování. Nyní každý komponent, který

vstupuje do interakce má vlastní skript. Je to způsob, který je více intuitivní při tvorbě, ale také méně přehledný při odladování modelu. Mohou nastat situace, že hra neudělá krok, který udělat měla. Ale také nedojde, k žádné nestandardní situaci. Tzn., že žádná chybová hláška nenapoví, kde by mohl být problém. Tvůrce většinou tuší, která metoda nezafungovala správně. Tato metoda však může být na několika komponentech. A tvůrce hry tak ztrácí čas hledáním možných problémů. Samotné hledání chybných metod a jejich propojení zabralo navíc zbytečně nad rámec nutnosti cca 5h jen z důvodu zvoleného způsobu skriptování. Pro další práce, či změnu aplikace z pohledu modularity, bych doporučil způsob skriptování, který reprezentuje jeden hlavní řídicí skript. Skriptovací soubory na komponentech by byly pouze pomocné.

Naproti tomu zvolená metoda, kdy se veškeré zvukové záznamy kumulovaly do jedné komponenty vytvářela problémy kdy se tyto zvukové záznamy mísily v průběhu hraní hry. Například v průběhu hry může nastat situace, kdy doprovodný komentář zní ve stejnou chvíli jako komentář doporučující další krok ve hře. Logické řešení utlumení doprovodného komentáře při kolizi se ukázalo jako velmi problematické za současného způsobu používání centrální komponenty pro zvukové záznamy. Tato situace byla individuálně vyřešena na některých konkrétních pravděpodobných situacích, které byly odhaleny při odladování. Obecně, ale tato situace stále může nastat. V případě, že z průběhu testování bude z výstupu patrné, zda tato situace nastává častěji, bude nutné znovu zvážit možné řešení situace.

Dalším ryze technickým problémem byla úroveň kvality modelů. Protože hra běží na operačním systému Android a hardware HMD je limitován, docházelo k tomu, že modely strojů měly příliš mnoho detailů a polygonů. A tím pro hraní hardware neměl dostatek výkonu a docházelo k „sekání“ hry a nízkému FPS (počet snímků za vteřinu). Modely tedy musely být decimovány nebo nahrazovány jednoduššími.

Naprostě nečekaným problémem se ukázal prostor. Tvůrce z tvorby může nabýt dojmu, že není limitován digitálním prostorem. Ukázalo se, ale po zapůjčení HMD z katedry KPV již při prvním spuštění, že limit digitálního prostoru je limit fyzického světa. Nebylo možné aplikaci otestovat právě z toho důvodu, že nebyl dostupný prostor, kde by se mohl hráč pohybovat bez rizika nárazu do přepážky. Prakticky půlka potřebného prostoru ležela tzv. za zdí. Bylo tedy nutné přistoupit k drastickému zmenšování prostoru. Protože vše je určováno k relativně k velikosti průměrného hráče, nebylo možné zmenšovat samotné stroje. Upraveny tedy byly veškeré bedny pro polotovary, regál a pochozí vzdálenosti (mezery mezi stroji). Díky tomuto drastickému zmenšení, je možné hru hrát na přibližně 25 m<sup>2</sup>. Místnost ve virtuální realitě je tedy velmi malá a může působit z části až „klaustrofobně“. Nicméně k praktického hlediska bylo nutné k této úpravě přikročit.

## 4 Testování nového virtuálního prostředí

U hry byl proveden evaluační výzkum pomocí dotazníku. Evaluační výzkum je systematickým procesem. Zajišťuje sběr dat o využití hry ve vysokoškolském vzdělávání, rozšiřuje znalosti, rozhodování a vede k praktickému využití. Cílem výzkumu je zjistit, jaký způsob využití hry ve výuce strojírenství by vyhovoval studentům. Zároveň pomůže získat konkrétní náměty na zlepšení hry.

Výzkumné otázky, na které budeme v rámci testování hledat odpovědi:

- Je hra „Virtuální dílna“ zábavnější než hra „Dílna“ ve 2D prostředí?
- Má hra „Virtuální dílna“ vyšší vzdělávací efekt než hra „Dílna“ ve 2D prostředí?
- Existuje statistická závislost mezi vystudovanou střední školou a uděleným hodnocením?
- Existuje statistická závislost mezi praktickými zkušenostmi a uděleným hodnocením?
- Existuje statistická závislost mezi zkušeností s hraním her a uděleným hodnocením?

Bylo nutné, aby všichni hráli hru až do konce za přítomnosti učitele či školitele, který dohlédne na průběh testu. Doba hraní není omezena. Průměrná očekávaná doba hraní byla 3-5 minut. Po skončení hry studenti vyplnili anonymní dotazník s třemi otázkami zaměřenými na zkušenosti a kvalifikaci studentů a osmi hodnotícími otázkami (dvě uzavřené a šest otevřených). Kvalifikační otázky byly ze tří uzavřených kategorií: typ střední školy, zkušenosti s kovovýrobou a zkušenosti s virtuální realitou. Tento dotazník byl vytvořen na základě původního dotazníku pro verzi 2D hry. Který byl následně upraven pro potřeby hry ve virtuální realitě.

Dotazník bylo možné vyplnit dvojím způsobem:

- Papírová forma (Obr. 4-1) – Papírové dotazníky byli následně převedeny na druhou formu elektronickou.
- Elektronická forma – Jedná se o dotazník vytvořený pomocí Google Forms. Obsahově jsou tyto obě možnosti totožné.

Přímý odkaz na dotazník: <https://forms.gle/R2bdTvRkZtGpLpr69>

## Dotazník ke hře „Virtuální dílna“

Ž: \_\_\_\_\_  
Datum: \_\_\_\_\_

1) Jaký typ střední školy máte vystudovaný? Studium ukončeno:  Ano  Ne -> ročník: \_\_\_\_\_

- Průmyslovka – strojn
- Učňovská škola – strojn
- Gymnázium
- Průmyslovka – nestrojn
- Učňovská škola – nestrojn
- Jiná střední škola

Jiná?

2) Máte vlastní zkušenosti s výrobními stroji?

- Brigáda na jednom či dvou strojích
- Aktivní zkušenosti na praktických střední školy
- Vlastní hobby stroj (i NC)
- Několik povinných praktik ve škole, spíše jen k pozorování
- Krátkodobá brigáda s velmi omezeným přístupem ke strojům
- Ruční vrtáčka a pár běžných nástrojů
- Žádné

3) Jaké máte zkušenosti s hrami nebo aplikacemi pro virtuální realitu (VR)?

- Ano, vlastním zařízením pro VR
- Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet v rámci studia
- Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium
- Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit
- Ne, o toto téma jsem se nikdy hlouběji nezajímala/a

4) Na stupnici od 1-10 zhodnoťte zábavnost hry. (Víc bodů znamená vyšší míru zábavy.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5) Na stupnici od 1-10 zhodnoťte jaký má Váš hra přínos pro porozumění výrobě. (Víc bodů znamená vyšší míru porozumění výrobě.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



6) V čem konkrétně spočíval případný přínos programu pro Vaše nové poznání nebo porozumění?

7) Pro koho jiného by případně mohli mít větší přínos než pro Vás?

8) Jak by bylo možno upravit koncepci programu, aby měl větší poznávací přínos?

9) Jak by bylo možné program upravit, aby byl příjemnější a zábavnější jako jiné hry?

10) V čem se program odklání od skutečnosti podle Vaší zkušenosti?

11) Máte nějaké jiné nápady nebo další doporučení?

1

2

Obr. 4-1: Papírová forma dotazníku

### Dotazník ke hře „Virtuální dílna“

vondry@gapps.zcu.cz (nesdíleno) Přepnout účet

\*Povinné pole

**Jaký typ střední školy máte vystudovaný? \***

- Průmyslovka – strojn
- Učňovská škola – strojn
- Gymnázium
- Průmyslovka – nestrojn
- Učňovská škola – nestrojn
- Jiné: \_\_\_\_\_

**Studium ukončeno? \***

- Ano
- Ne -> Vyplňte prosím rok předpokládaného ukončení níže
- Jiné: \_\_\_\_\_

**Máte vlastní zkušenosti s výrobními stroji? \***

- Brigáda na jednom či dvou strojích
- Aktivní zkušenosti na praktických střední školy
- Vlastní hobby stroj (i NC)
- Několik povinných praktik ve škole, spíše jen k pozorování

Obr. 4-2: Část elektronické formy dotazníku

První otázkou „**Jaký typ střední školy máte vystudovaný?**“ dochází k prvnímu rozřídění uchazečů na základě středoškolského vzdělání. Tato otázka doloží rozložení uchazečů podle středních škol a může dopomoci ke korelaci výsledků založených na zkušenosti. Další otázkou je „**Máte vlastní zkušenosti s výrobními stroji?**“ Tento dotaz je zaměřen na porovnání dotazů, které jsou dále vázány na zkušenosti s kovoobráběním. Poslední z otázek, která účastníky rozdělí na rozdílné skupiny je „**Jaké máte zkušenosti s hrami nebo aplikacemi pro virtuální realitu (VR)?**“ Jak již samotná otázka naznačuje, dopomůže korelovat výsledky, které se týkají porovnání zábavnosti a hrátelnosti v porovnání s ostatními aplikacemi/hrami.

Dotazník pokračuje dvěma otázkami, které jsou hodnotícího typu. Kdy hráč na stupnici od 1 do 10 hodnotí hru a její obsah. Jednička je nejnižší bodové ohodnocení a desítka nejvyšší. První z těchto hodnotících dotazů „**Na stupnici od 1-10 zhodnoťte zábavnost hry.**“ určí míru zábavnosti. Naproti tomu „**Na stupnici od 1-10 zhodnoťte jaký má dle Vás hra přínos pro porozumění výrobě.**“ získáváme odpovědi na míru edukativnosti aplikace. Bodové ohodnocení povede ke stanovení úrovně každého tohoto aspektu na jedné straně a zároveň podílově ukáže, který tento aspekt převažuje nad druhým v relativní rovině.

Kromě toho dotazník obsahoval šest dalších otázek, u nichž mohli respondenti volně formulovat vlastní odpovědi.

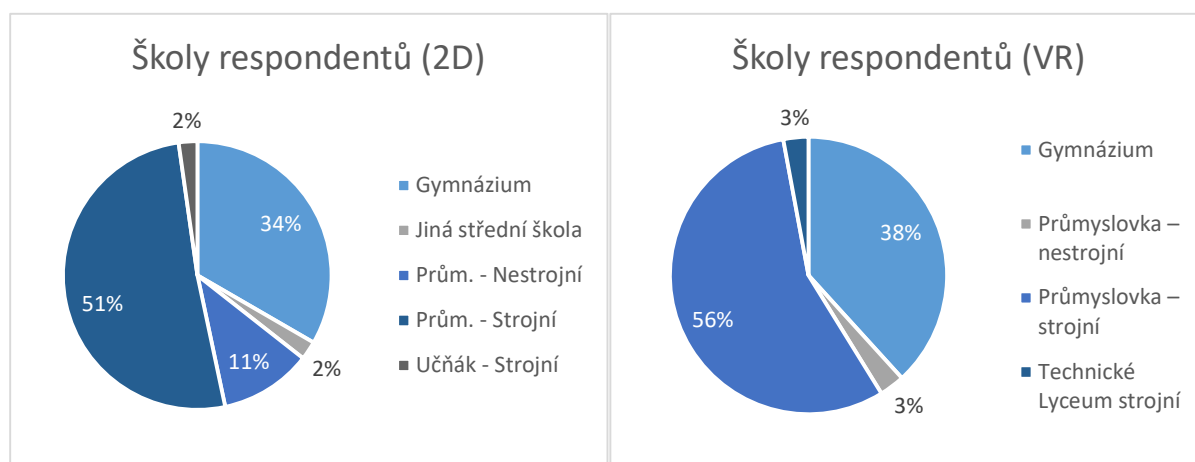
6. V čem konkrétně spočíval případný přínos programu pro Vaše nové poznání nebo porozumění?
7. Pro koho jiného by případně mohl mít větší přínos než pro Vás?
8. Jak by bylo možno upravit koncepci programu, aby měl větší poznávací přínos?
9. Jak by bylo možné program upravit, aby byl příjemnější a zábavnější jako jiné hry?
10. V čem se program odklání od skutečnosti podle Vaší zkušenosti?
11. Máte nějaké jiné nápady nebo další doporučení?

V současné době proběhlo pět testování. Prvním v rámci dne otevřených dveří ZČU, které se konalo 1.2.2023. Headset s nainstalovanou verzí aplikace dílna byl přítomen na stánku katedry průmyslového inženýrství a managementu. V průběhu dne se podařilo získat zpětnou vazbu od šesti návštěvníků univerzity.

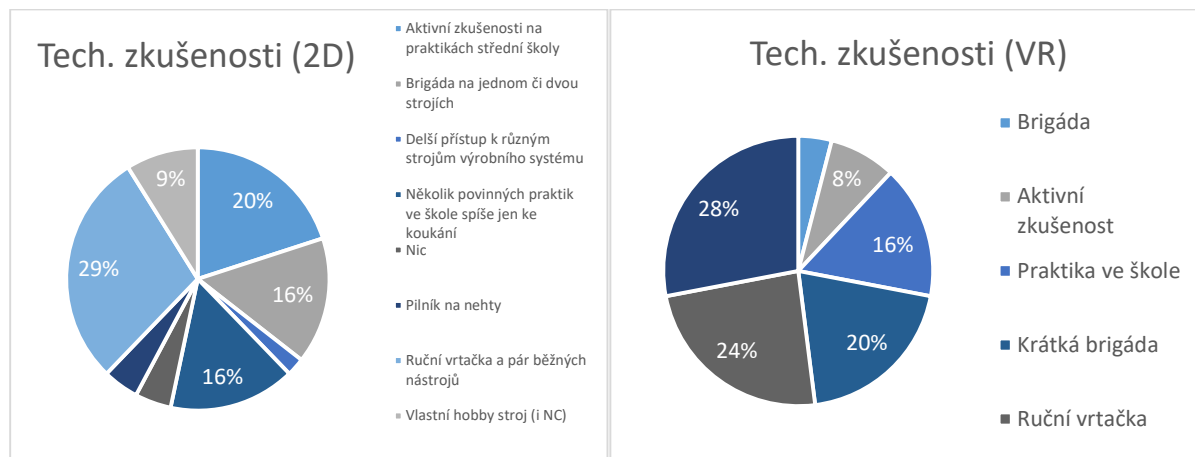
I z takto malého počtu účastníků bylo možné vyvodit jisté závěry, které pomohly zlepšit aplikaci pro finální testování. Z pilotního testování vzešel první námět na zlepšení hry. Zlepšení se týkalo rozšíření možností nápovědy pro hráče. Při prvním testování byly nápovědy dvě. Prvotní a hlavní nápovědou byl zamýšlen technologický postup. Druhým je vizuální zvýraznění dalšího akčního prvku blikáním po pěti vteřinách nečinnosti. Z prvních šesti dotazníků vyplynulo, že tato podpora je nedostatečná z pohledu účastníků. Bylo rozhodnuto jsem se tedy aplikaci upravit tak, aby v případě „zamrznutí“ hráče, slovním komentářem hra napověděla

další krok. Tento komentář se spustí po dalších pěti vteřinách od počátku „blikajícího“ zvýraznění akčního prvku.

Další čtyři testovací události se konaly 17.5. Jedna skupina se skládala z pracovních kolegů plzeňské inženýrské firmy zabývající se vývoje strojních součástí. Tato skupina byla původně zamýšlena jako referenční, ale protože se odpovědi konceptuálně ničím nelišily od studentů tak byly zahrnuty do celkového balíku výzkumu. Další tři skupiny byly složeny z posluchačů předmětu TI na KPV. Měření probíhalo v rámci cvičení v daný den. Celkově se jednalo o 23 studentů. V součtu se tedy studie účastnilo 34 respondentů.

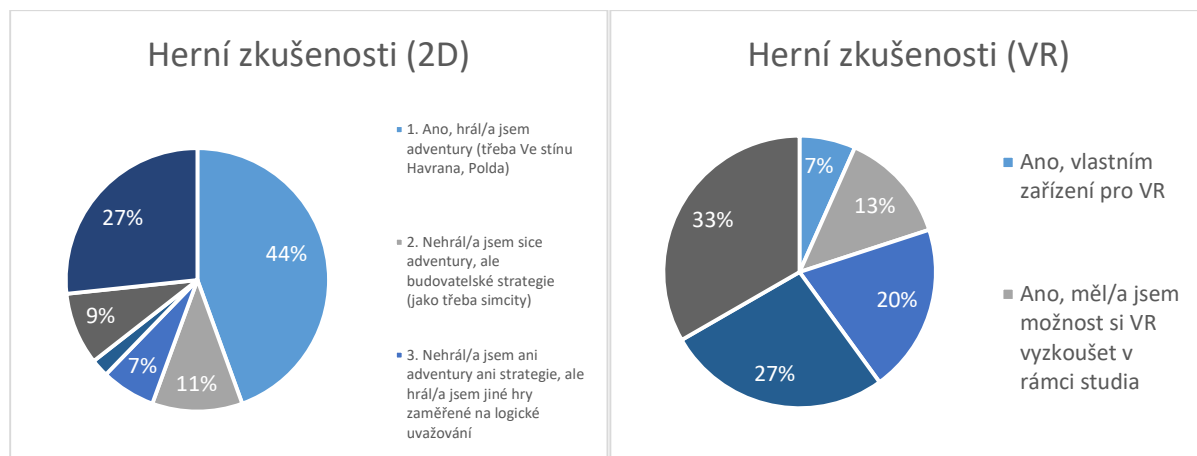


Graf 4-1: Skladba respondentů dle vystudovaných středních škol



Graf 4-2: Skladba respondentů dle tech. zkušeností





Graf 4-3: Skladba respondentů dle zkušeností s hraním her

## 4.1 Návod na využití HMD

Aplikace Dílna je primárně vyvíjena pro konkrétní HMD zařízení. Jedná se Meta Quest 2. Software jádro tohoto zařízení je postaveno na platformě Android. Pro hraní a pohybování se ve virtuálním prostředí je bezpodmínečně nutné samotné zařízení správně upevnit na hlavě.

### 4.1.1 Ergonomie a komfort

Nejdříve je potřeba upravit pozici čoček. Čočky lze posunout do tří pozic a tím měnit rozteč čoček. Indikátor správného umístění je ostrost obrazu po nasazení setu na hlavu. Je vhodné opatrně posouvat čočky doleva a doprava, dokud nezaklapnou do pozice, ve které bude všechno na obrazovce nejostřejší.

Dalším krokem je nastavení bočních pásků. Nastavení se mění dvěma posuvníky po stranách horního středového pásku tak jak jsou zobrazeny na Obr. 4-3. Pokud je potřeba boční pásky uvolnit (jsou na hlavě moc utažené), posuvníky je potřeba posunout směrem k hornímu pásku. V opačném směru posuvu se boční pásky stahují a tím se upravují na správnou velikost pro menší obvod hlavy. Utažení bočních pásků musí být zvoleno takové, aby HMD na hlavě sedělo jistě, ale nevytvářelo napětí nebo pocit přílišného utažení. Pokud je utažení příliš malé tak může při pohybu hlavou zařízení sklouzávat, to může způsobit zhoršení ostrosti obrazu a pocitu, že může zařízení z hlavy spadnout. Při přílišném utažení velmi rychle (v rádech minut) dochází ke ztrátě komfortu, která může přejít až do bolestí hlavy.

Ve chvíli, kdy jsou boční pásky nastavené, horní pásek se vycentruje tak, aby byl přesně uprostřed mezi nimi a po nasazení headsetu seděl uprostřed hlavy. Ten lze nastavit tak, že se rozepte suchý zip a znovu zapne tak, aby Meta Quest 2 lehce doléhal na obličej a obraz byl ostrý. Pokud uživatel nosí brýle, je možné vložit vymežovací vložku na brýle. V momentě, kdy je headset připravený je možné ho nasadit. Nasazuje se odpředu dozadu. Nasadí se tedy nejdříve brýle a až poté přetáhnou pásky přes hlavu na správné místo.



Obr. 4-3: Úprava utažení a tlačítka zařízení Meta Quest 2

#### 4.1.2 Spuštění Meta Quest 2

Po správném nasazení je možné headset zapnout. Zapíná se tlačítkem po pravé straně brýlí v přední části tak jak je to vyznačeno na Obr. 4-3. Zapnutí se projeví vizuální a zvukovým signálem. Jako první nastavení je druh pohybu. Uživatel si zvolí, zda se nebude pohybovat po prostoru. Například, že bude sedět na židli. Nebo bude docházet k pohybu po místnosti. U obou voleb je nutné nastavit úroveň podlahy. Zařízení se jí snaží pomocí vnějších senzorů (4 infračervené kamery) zjistit sám. Uživatel v tuto chvíli skrz brýle vidí okolí pomocí vnějších infračervených kamer. Protože jsou to kamery infračervené tak uživatel vidí obraz černobíle. Nastavení podlahy lze upravit pomocí ovladače, který položíte na zem. Pokud se uživatel bude pohybovat prostorem, je nutné vymezit prostor, který je bezpečný. Toto nastavení se opět provádí ovladačem. Uživatel má na hlavě stále headset. Z ovladače na displeji míří virtuální laser a pomocí něj je možné vyznačit bezpečný prostor. Prostor by měl mít dostatečnou bezpečnou vzdálenost od všech překážek (doporučená je vzdálenost 1m od překážek). Kdykoliv se následně uživatel přiblíží k hranici, je nejdříve upozorněn pomocí žluté mřížové stěny. Ve chvíli, kdy dojde k narušení hranice tak stěna přejde do červené hlavy. Pokud uživatel dál pokračuje v pohybu až za hranu prostoru dochází k postupnému utlumení obrazu, který byl zobrazován a začne jím prolínat obraz z vnějších kamer. Toto se děje, dokud se headset nevrátí zpět do bezpečného prostoru. Výrobce tímto nastavováním chce zamezit ke škodám na majetku i předcházet zranění uživatele, dalších osob nebo zvířat. Jakmile toto nastavení proběhne,

zařízení si ho uloží do paměti a při dalších zapnutí zkoumá pomocí kamer, zda již daný okolní prostor nezná. V případě, že ano, zařízení vyvolá příslušné nastavení i s hranicemi. Velmi výhodné, pokud se zařízení využívá převážně pořád ve stejné místnosti.



Obr. 4-4: Ukázka bezpečné zóny [6]

#### 4.1.3 Spuštění aplikace dílna

Po zapnutí a prvotním nastavení prostoru se uživatel objeví ve virtuálním prostředí místnosti s výhledem do kraje. Pro další užívání již nejsou nutné ovladače. Je potřeba je odložit dostatečně daleko tak, aby je zařízení již neregistrovalo. Přímě před uživatelem by v prostoru měl levitovat terminál. Pokud tomu tak není tak je nutné otočením hlavy prohledat okolí, měl by být v blízkém okolí. Na spodním panelu vpravo je ikona čtyř čtverců. Pomocí pohybu ruky na danou ikonu ukážeme a klepnutím ukazováčku o palec volbu vybereme. Na terminálu se zobrazí seznam aplikací. Protože aplikace dílna není z oficiální distribuce je nutné ji vyhledat mezi neznámými zdroji. Vpravo nahoře je možnost volby filtrů. Aktivovat je lze opět namířením ruky a klepnutím prstů potvrdit. Z rolovací nabídky vybereme neznámé zdroje. Po výběru neznámých zdrojů se v seznamu aplikací objeví již pouze aplikace mimo oficiální distribuci. Zde je nutné vybrat poslední verzi aplikace „WorkshopVR“ (viz. Obr. 4-5). Po spuštění aplikace se hráč objeví ve středu virtuální dílny a je možné začít hrát.



Obr. 4-5: Terminál s filtrem pro neznámé zdroje aplikací

## 4.2 Výsledky

V rámci testovacích událostí byla získána důležitá data k dalšímu vyhodnocení. Tato data obsahovala informace o tom, jak každého účastníka hra bavila, zda mu předala nějakou novou zkušenost. Součástí odpovědí jsou také údaje o absolvované střední škole, dosavadních technických zkušenostech a zkušenostech s hraním her.

V rámci otevřených otázek každý uchazeč mohl své bodové ohodnocení edukativnosti a zábavnosti více rozšířit a vysvětlit. Na následujících stranách jsou uvedeny tabulky (Tabulka 4-1 a Tabulka 4-2), které obsahují data z dotazníků vyplněných v průběhu testování. Tato data zpracována pro účely statistického vyhodnocení.

Tabulka 4-1: Data z testování 2D verze hry „Dílňa“

Respondent	1) Jaký typ střední školy máte vystudovaný?	2) Máte vlastní zkušenosti s výrobními stroji?	3) Hrál/a jste již někdy hry tohoto typu?	4) Je hra zábavná jako jiné adventury?	5) Jaký má hra přínos pro porozumění výrobě
1	Průmyslovka – strojní	Vlastní hobby stroj (i NC)			
2	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů			
3	Průmyslovka – strojní	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání		3	4
4	Průmyslovka – strojní	Delší přístup k různým strojům výrobního systému		4	3
5	Gymnázium	Nic		2	5
6	Průmyslovka – nestrojní	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání		6	4
7	Průmyslovka – nestrojní	Vlastní hobby stroj (i NC)		2	6
8	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů		3	3
9	Průmyslovka – strojní	Brigáda na jednom či dvou strojích		2	2
10	Průmyslovka – strojní	Nic		2	4
11	Průmyslovka – strojní	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy		2	5
12	Průmyslovka – strojní	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy		4	5
13	Průmyslovka – strojní	Brigáda na jednom či dvou strojích		6	6
14	Průmyslovka – strojní	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů		4	6
15	Průmyslovka – strojní	Brigáda na jednom či dvou strojích	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	5	6
16	Průmyslovka – strojní	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	5	7
17	Průmyslovka – strojní	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	3. Nehrál/a jsem ani adventury ani strategie, ale hrál/a jsem jiné hry zaměřené na logické uvažování	7	7
18	Gymnázium	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	2	4
19	Gymnázium	Vlastní hobby stroj (i NC)	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	4	5
20	Gymnázium	Brigáda na jednom či dvou strojích	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	3	3
21	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	4	6
22	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	2. Nehrál/a jsem sice adventury, ale budovatelské strategie (jako třeba simcity)	5	5

23	Průmyslovka – nestrojní	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	4	6
24	Průmyslovka – strojní	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání	3. Nehrál/a jsem ani adventury ani strategie, ale hrál/a jsem jiné hry zaměřené na logické uvažování	5	5
25	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	2. Nehrál/a jsem sice adventury, ale budovatelské strategie (jako třeba simcity)	3	5
26	Průmyslovka – strojní	Vlastní hobby stroj (i NC)	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	6	6
27	Průmyslovka – strojní	Pilník na nehty	4. Nehrál/a jsem žádné hry zaměřené na logické uvažování, ale jiné hry ano	2	2
28	Průmyslovka – strojní	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	7	6
29	Gymnázium	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	5	6
30	Gymnázium	Vlastní hobby stroj (i NC)	5. Nehraji žádné hry	5	6
31	Průmyslovka – nestrojní	Brigáda na jednom či dvou strojích	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	6	5
32	Průmyslovka – strojní	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	5	6
33	Učňák – strojní	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání	5. Nehraji žádné hry	6	7
34	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	5. Nehraji žádné hry	7	6
35	Gymnázium	Brigáda na jednom či dvou strojích	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	5	6
36	Průmyslovka – strojní	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	5	6
37	Průmyslovka – strojní	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	3	5
38	Průmyslovka – strojní	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	3. Nehrál/a jsem ani adventury ani strategie, ale hrál/a jsem jiné hry zaměřené na logické uvažování	4	6
39	Průmyslovka – strojní	Brigáda na jednom či dvou strojích	2. Nehrál/a jsem sice adventury, ale budovatelské strategie (jako třeba simcity)	5	6
40	Jiná střední škola	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	2. Nehrál/a jsem sice adventury, ale budovatelské strategie (jako třeba simcity)	4	5
41	Průmyslovka – strojní	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	4	5
42	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	5	6
43	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	5. Nehraji žádné hry	4	5
44	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	2	5
45	Průmyslovka – nestrojní	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	4	5



46	Průmyslovka – strojní	Aktivní zkušenosti na praktických střední školy	2. Nehrál/a jsem sice adventury, ale budovatelské strategie (jako třeba simcity)	5	6
47	Průmyslovka – strojní	Pilník na nehty	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	5	6

Tabulka 4-2: Data z testování VR verze hry „Virtuální dílna“

Respon dent	Jaký typ střední školy máte vystudovaný?	Čas [s]	Máte vlastní zkušenosti s výrobními stroji?	Jaké máte zkušenosti s hrami nebo aplikacemi pro virtuální realitu (VR)?	Na stupnici od 1-10 zhodnoťte zábavnost hry. (Víc bodů znamená vyšší míru zábavy.)	Na stupnici od 1-10 zhodnoťte jaký má dle Vás hra přínos pro porozumění výrobě. (Víc bodů znamená vyšší míru porozumění výrobě.)
1	Gymnázium		Žádné	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	2	9
2	Průmyslovka – strojní		Krátkodobá brigáda s velmi omezeným přístupem ke strojům	Ne, o toto téma jsem se nikdy hlouběji nezajímal/a	5	7
3	Gymnázium		Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	4	6
4	Průmyslovka – strojní		Brigáda na jednom či dvou strojích, Aktivní zkušenosti na praktických střední školy, Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	8	8
5	Průmyslovka – strojní		Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ano, vlastním zařízení pro VR	2	8
6	Gymnázium		Žádné	Ano, vlastním zařízení pro VR	4	8
7	Průmyslovka – strojní		Aktivní zkušenosti na praktických střední školy	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet v rámci studia	8	9
8	Průmyslovka – nestrojní	235	Žádné	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	7	9
9	Průmyslovka – strojní	369,92	Aktivní zkušenosti na praktických střední školy, Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, o toto téma jsem se nikdy hlouběji nezajímal/a	7	10
10	Gymnázium	464,2	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	8	9
11	Průmyslovka – strojní	597,94	Brigáda na jednom či dvou strojích, Aktivní zkušenosti na praktických střední školy, Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, o toto téma jsem se nikdy hlouběji nezajímal/a	7	3
12	Průmyslovka – strojní	482,1	Aktivní zkušenosti na praktických střední školy	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	8	9
13	Průmyslovka – strojní	312	Brigáda na jednom či dvou strojích, Několik povinných praktik ve škole, spíše jen k pozorování	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	7	9
14	Gymnázium	205,62	Krátkodobá brigáda s velmi omezeným přístupem ke strojům	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	8	6
15	Gymnázium		Žádné	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	8	7
16	Gymnázium		Brigáda na jednom či dvou strojích	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	6	8
17	Průmyslovka – strojní	315,1	Několik povinných praktik ve škole, spíše jen k pozorování,	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	7	10

			Krátkodobá brigáda s velmi omezeným přístupem ke strojům			
18	Gymnázium	223,68	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	9	10
19	Průmyslovka – strojní	380,75	Aktivní zkušenosti na praktických střední školy, Vlastní hobby stroj (i NC), Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	10	10
20	Průmyslovka – strojní	197,52	Brigáda na jednom či dvou strojích, Aktivní zkušenosti na praktických střední školy	Ne, o toto téma jsem se nikdy hlouběji nezajímal/a	9	8
21	Průmyslovka – strojní	232,56	Aktivní zkušenosti na praktických střední školy	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	8	7
22	Průmyslovka – strojní	172,1	Aktivní zkušenosti na praktických střední školy	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	9	9
23	Průmyslovka – strojní	275,15	Brigáda na jednom či dvou strojích, Aktivní zkušenosti na praktických střední školy, Vlastní hobby stroj (i NC)	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet v rámci studia	10	8
24	Průmyslovka – strojní	175,202	Brigáda na jednom či dvou strojích, Aktivní zkušenosti na praktických střední školy, Vlastní hobby stroj (i NC)	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	10	9
25	Gymnázium		Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	9	9
26	Průmyslovka – strojní	601,123	Aktivní zkušenosti na praktických střední školy	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	9	10
27	Technické Lyceum strojní	369,4	Několik povinných praktik ve škole, spíše jen k pozorování, Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	10	10
28	Gymnázium	293,72	Brigáda na jednom či dvou strojích	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	10	10
29	Gymnázium	275,66	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	8	10
30	Průmyslovka – strojní	434,38	Brigáda na jednom či dvou strojích	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet v rámci studia	8	9
31	Gymnázium	427,5	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	10	10
32	Průmyslovka – strojní	228,46	Aktivní zkušenosti na praktických střední školy, Vlastní hobby stroj (i NC)	Ne, o toto téma jsem se nikdy hlouběji nezajímal/a	9	7
33	Gymnázium	363	Žádné	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	9	9
34	Průmyslovka – strojní	236,58	Brigáda na jednom či dvou strojích, Aktivní zkušenosti na praktických střední školy	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	10	7



### 4.3 Statistické vyhodnocení

Záměrem pro vyhodnocení zpětnovazebních dotazníků bylo přesvědčivě porovnat verzi hry vytvořenou ve 2D prostředí a verzi hry pro VR. Za tímto účelem byly vybrány statistické testovací metody. Tyto testovací metody se řadí jak mezi parametrické, tak i neparametrické. Zvolené metody byly vybrány na základě počtu účastníků testu tak samozřejmě i na druhu výsledků, které bylo cílem vyhodnotit. Základní teoretické vysvětlení jednotlivých metod je uvedeno v následujících podkapitolách rozříděné podle dané metody. Zároveň v této podkapitole bude vysvětleno, jaké závěry z daného statistického testu mohou být extrahovány.

#### 4.3.1 Mann-Whitney (Wilcoxon signed rank) test

Mann-Whitney test nebo také někdy Wilcoxon test byl použit pro základní porovnání her podle dvou základních parametrů hodnocení z dotazníků. Uchazeči hodnotili míru zábavnosti a také edukativnosti dané verze hry. Bodové ohodnocení se pohybovalo v rozmezí jeden až deset bodů. Deset bodů byl nejvyšší možný počet a toto ohodnocení znamenalo vysokou míru zábavy anebo veliký studijní přínos pro účastníka testu.

Mann-Whitney test spadá do skupiny neparametrických statistických analýz. Někdy se nazývá také Wilcoxon test. Nicméně Wilcoxon testů existuje více druhů. Dva základní se dělí podle závislosti dvou testovacích vzorků. Prvním je případ, kdy např. stejný účastník zkouší dvě různé verze hry (Wilcoxon rank sum test). Ale v našem případě nebylo možné použít stejné účastníky, již z toho důvodu, že jednotlivá měření dělí několik let. Z tohoto důvodu byl vybrán druhý typ testu (Wilcoxon signed rank test), kdy nezávisí na tom, kdo testuje první variantu a kdo druhou.

Předpoklady Mann-Whitney testu:

Mann-Whitney test, jak již bylo zmíněno, je neparametrický test, takže nepředpokládá žádné předpoklady týkající se rozdělení výsledků. Jedná se o neparametrickou variantu parametrického t-testu. Existují však některé předpoklady, které je nutné dodržet.:

1. Vzorek vybraný z populace je náhodný.
2. Předpokládá se nezávislost v rámci vzorků a vzájemnou nezávislost. To znamená, že pozorování je buď v jedné, nebo v druhé skupině (nemůže být v obou).
3. Předpokládá se ordinální měřítka měření.

Pro samotný průběh výpočtu byl použit autorem vytvořený excelový dokument za použití nástroje MS Excel, který obsahuje veškeré nutné výpočty.

Stanovení hypotéz:

- $H_0$  – 2D Hra má větší edukativní přínos, resp. míru zábavnosti než VR Hra.
- $H_1$  – VR Hra má větší edukativní přínos, resp. míru zábavnosti než 2D Hra.

Výsledkem testu je potvrzení platnosti hypotézy  $H_0$  nebo  $H_1$ .

Pro samotný výpočet bylo nutné seřadit data a určit jejich pořadí v rozsahu hodnocení. Ze součtu pořadí byla spočtena střední hodnota  $\mu_w$  a rozptyl  $\sigma_w$ :

$$\mu_w = \frac{n_1(n_1 + n_2 + 1)}{2}$$
$$\sigma_w = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}},$$

kde

$n_i$  – velikost vzorků z jednotlivých sad testů.

Z těchto hodnot se spočte tzv. Z-score:

$$z = \frac{W - \mu_w}{\sigma_w}.$$

Pro výpočet Z-score bylo nutné ještě hodnotu  $W$  dle následujícího vzorce:

$$W = \sum_{i=1}^n R_{ji},$$

kde:

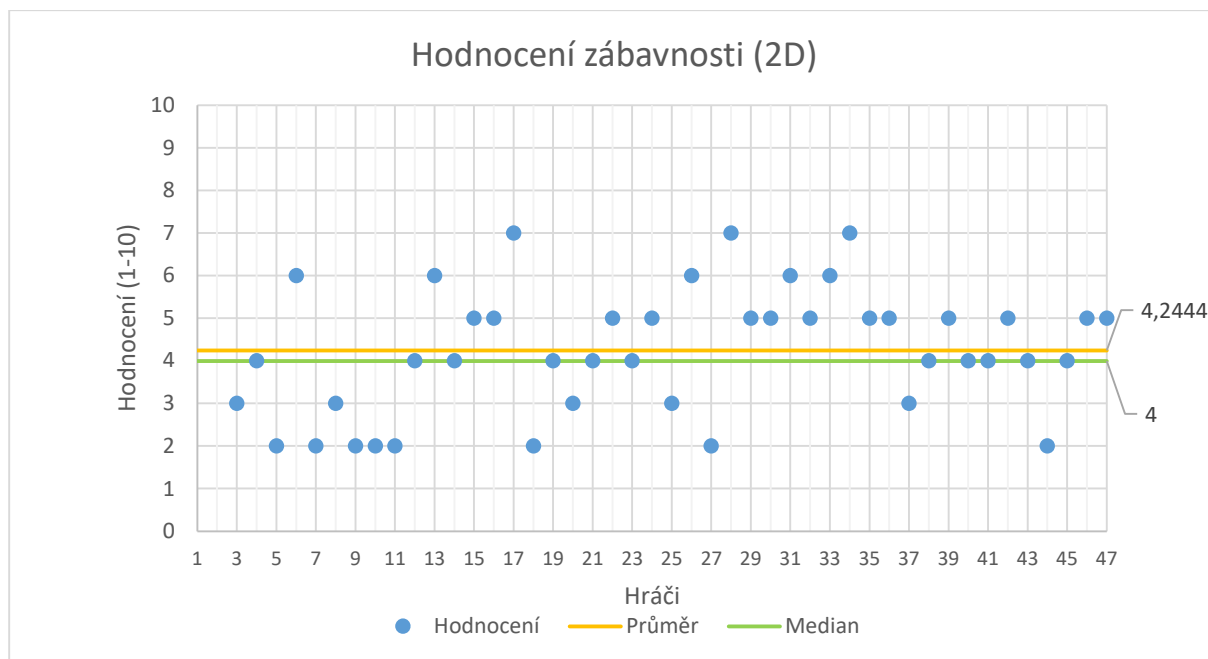
$R_{ji}$  – pořadí v rozsahu vzorků pro danou  $j$ -tou sadu vzorků (V našem případě byla zvolena sada vzorků pro 2D).

Z vlastního Z-score se určí  $p$ -hodnota na základě normálového rozložení se střední hodnotou v nule a směrodatnou odchylkou jedna.

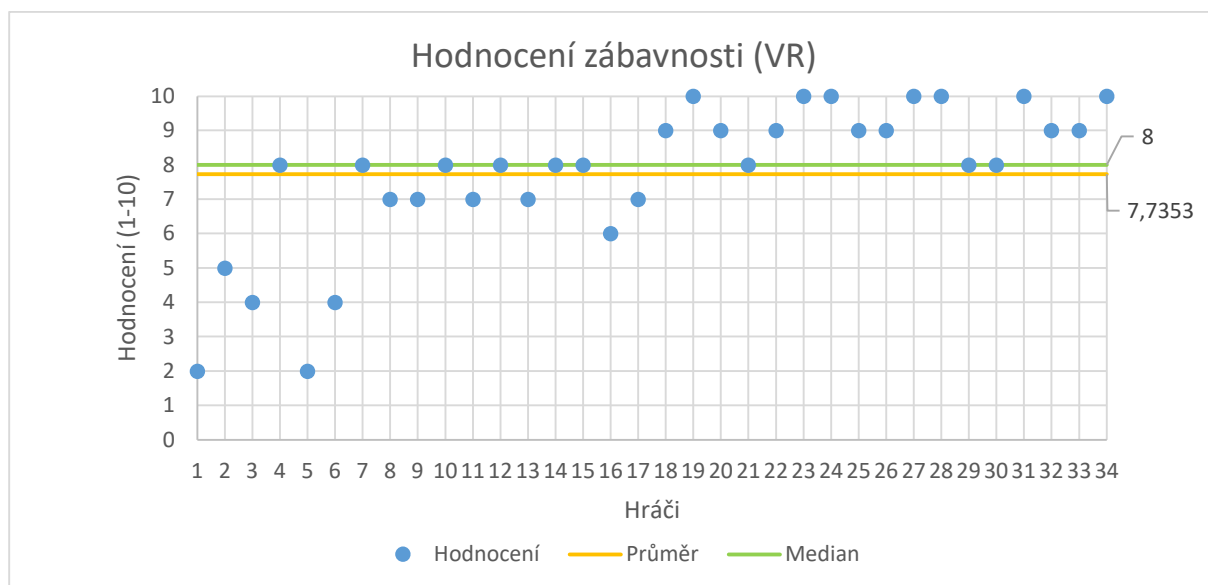
V případě, že  $p$ -hodnota je menší než  $\alpha$  (v našem případě  $\alpha=0,05$ ) je platná hypotéza  $H_1$ .

V opačném případě  $H_0$ .

Ještě, než bude ukázán samotný výsledek Mann-Whitney testu. Je na místě udělat základní předpoklad očekávaných výsledků. Tímto předpokladem je možné potvrdit správnost testu. Na Graf 4-4 a Graf 4-5 jsou výsledky hodnocení zábavnosti jednotlivých her.



Graf 4-4: Hodnocení zábavnosti 2D hry



Graf 4-5: Hodnocení zábavnosti VR hry

Již z prvotního pohledu na výše uvedené grafy je možné očekávat výsledek, kdy hra ve VR je zábavnější. Z průměrné hodnoty vyplývá jednoznačně vyšší hodnocení pro hru ve VR.

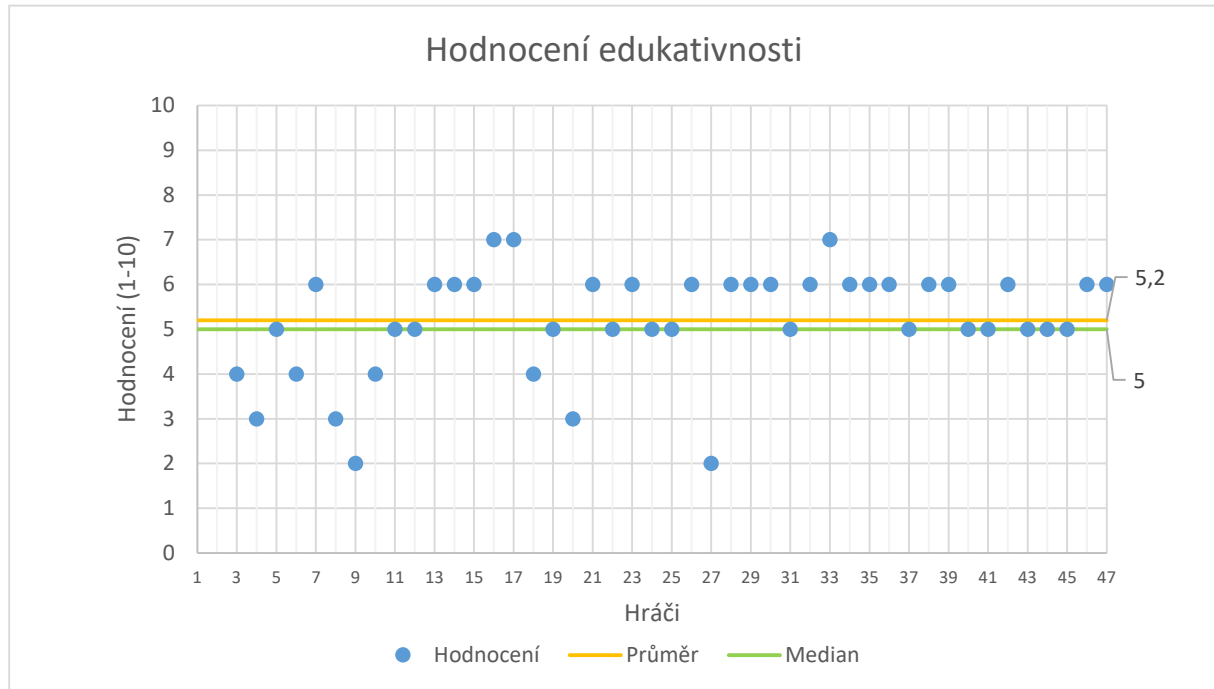
Pokud se podíváme na výsledky Mann-Whitney testu:

$$z = \frac{W - \mu_w}{\sigma_w} = \frac{1197,5 - 1800}{100,995} = -5,96564 \rightarrow p - \text{hodnota} = 1,22e^{-9} < \alpha = 0,05.$$

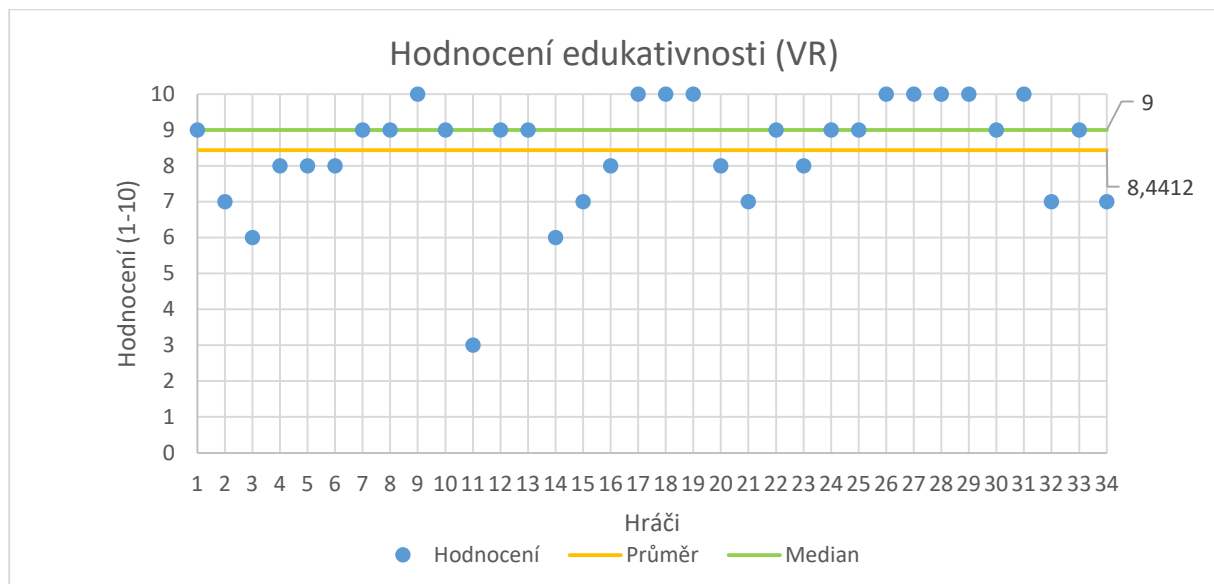
Na základě těchto výsledků je možné konstatovat, že **hra ve VR** je účastníky testování hodnocena jako **zábavnější** než hra vytvořená ve 2D prostředí.

Bylo by vhodné ještě zmínit, že dvě nejnižší hodnocení hry (hodnocení 2) ve VR pocházelo od účastníků, kteří headset pro VR sami vlastní. Dalo by se tedy předpokládat, že jistou vliv na výši hodnocení má i tzv. „WOW“ efekt při prvním setkání s danou technologií.

Při pohledu na Graf 4-6 a Graf 4-7 můžeme opět odhadem říci, že účastníci hodnotily znalostní přínos daleko vyšší při hraní verze pro VR.



**Graf 4-6: Hodnocení edukativního efektu na účastníka testu (2D)**



**Graf 4-7: Hodnocení edukativního efektu na účastníka testu (VR)**

$$z = \frac{W - \mu_w}{\sigma_w} = \frac{1109 - 1800}{100,995} = -6,84192 \rightarrow p - \text{hodnota} = 3,91e^{-12} < \alpha = 0,05.$$

Na základě těchto výsledků je opět možné konstatovat, že **hra ve VR** je účastníky testování hodnocena jako **hra s vyšším vzdělávacím efektem** než hra vytvořená ve 2D prostředí.

#### 4.3.2 ANOVA x Krullis-Wallis test

Analýza rozptylu (ANOVA – Analysis of variance) je analytický nástroj používaný ve statistice, který rozděluje pozorovanou variabilitu zjištěnou uvnitř souboru dat na dvě části:

- systematické faktory – Systematické faktory mají na daný soubor dat statistický vliv
- náhodné faktory – Náhodné faktory nemají na daný soubor dat statistický vliv.

Analytici používají test ANOVA k určení vlivu, který mají nezávislé proměnné na závislou proměnnou. Jednosměrná analýza rozptylu ANOVA se běžně nazývá jednofaktorový test ve vztahu k závislému subjektu a nezávislé proměnné. Využívá se při porovnávání průměrů na sobě nezávislých skupin pomocí vzorce pro analýzu rozptylu koeficientů. Jediná nezávislá proměnná s nejméně dvěma úrovněmi. V případě právě dvou úrovní je vhodné použít t-test místo ANOVA. Při více než dvou úrovních již není možné t-test použít.

Stanovení hypotéz:

- $H_0 - \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots$  (Všechny úrovně jsou si rovny. Např. typy středních škol)
- $H_1 - \text{Non } H_0$ .

Základním výsledkem je ANOVA koeficient F, který se rovná poměru průměrů součtu čtverců v rámci skupiny a mezi skupinami.

$$F = \frac{MSC}{MSE}$$

V tomto poměru mohou nastat v podstatě tři základní stavy:

- $$\frac{\text{Velká odchylka mezi skupinami}}{\text{Malá odchylka uvnitř skupiny}} \rightarrow \text{Je možné odmítnout } H_0$$
- $$\frac{\text{Stejná odchylka mezi skupinami}}{\text{Stejná odchylka uvnitř skupiny}} \rightarrow \text{Není možné odmítnout } H_0$$
- $$\frac{\text{Malá odchylka mezi skupinami}}{\text{Velká odchylka uvnitř skupiny}} \rightarrow \text{Není možné odmítnout } H_0$$

Základním předpokladem pro použití ANOVA je normálové rozdělení dat. A je tedy nutné normalitu dat testovat. Způsobů, jak otestovat normalitu dat je více, ale pro naše účely se zdá

být vhodný Shapiro-Wilk test. Tento test je vhodný pro datové skupiny čítající méně než 50 vzorků.

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Analýzou testů podle Shapiro-Wilk bylo bohužel zjištěno, že prakticky v každém uvažovaném souboru pro analýzu rozptylu se nacházejí skupiny, které nesplňují podmínku normality. Tento výsledek byl již po prvním roztržení získaných dotazníků, protože některé logické skupiny obsahovaly jen jeden záznam.

Na základě tohoto výsledku byla ANOVA provedena pouze jako reference v případě dalšího rozšíření testování hry, případně jako podklad pro budoucí práci na tomto tématu.

Z důvodu absence splněné podmínky normality dat bylo nutné najít neparametrickou metodu testování dat. Neparametrickou alternativou ANOVA je Krullis-Wallis test. Jedná se o rozšíření Mann-Whitney testu pro více úrovní/kategorií.

Testovací kritérium H:

$$H = \left[ \frac{12}{n_T(n_T + 1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n_T + 1)$$

kde

k – počet úrovní/kategorií

$n_i$  – počet záznamů v i-té kategorii

$n_T$  – počet všech záznamů

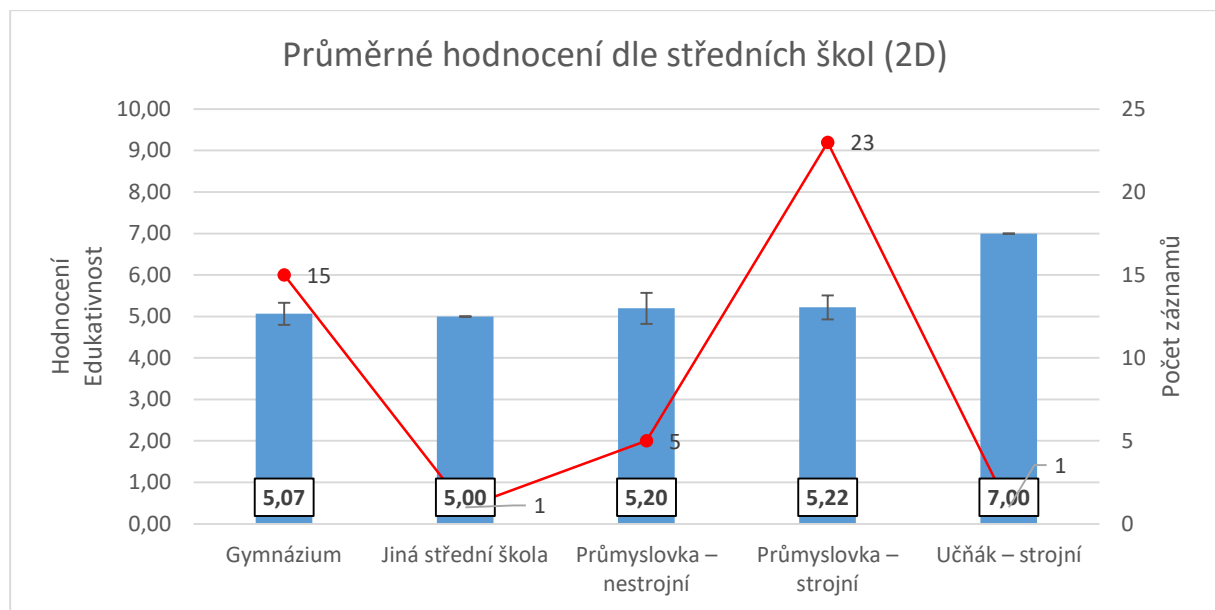
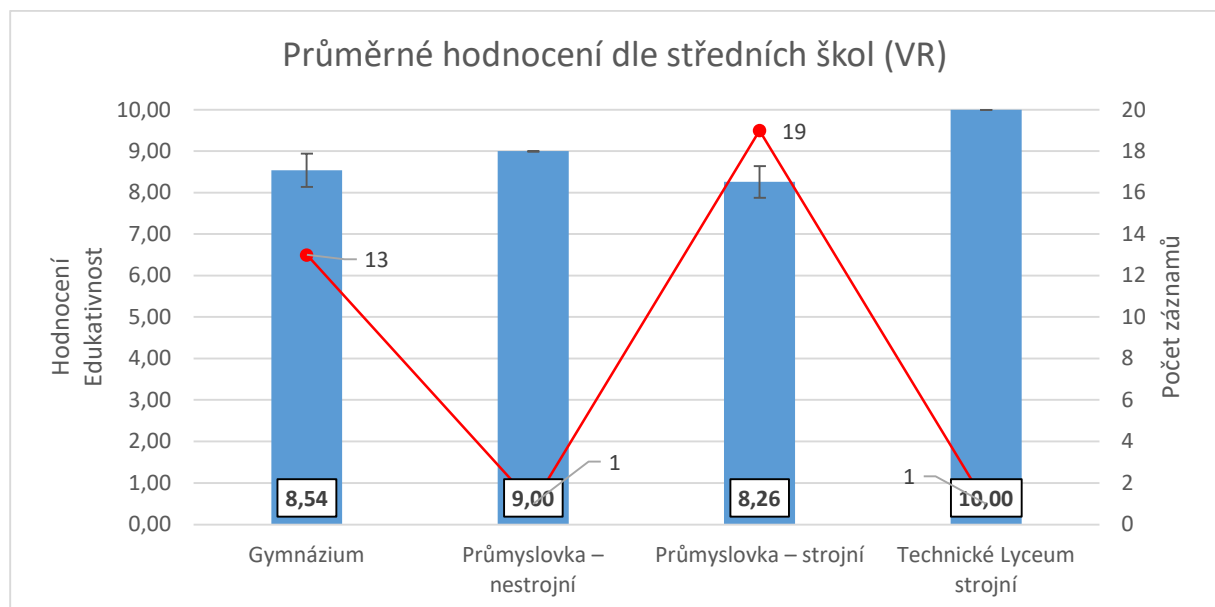
$R_i$  – součet pořadí pro i-tou kategorii.

Toto testovací kritérium je porovnáváno s tabulkami kritických hodnot  $\chi^2$ . V případě, že je hodnota H větší, než hodnota  $\chi^2$  je možné hypotézu  $H_0$  zamítnout a naopak.

#### 4.3.2.1 Hodnocení studijního přínosu hry dle vystudované střední školy

Již dříve bylo ověřeno, že celkově je hra pro VR lepší v hodnocení studijních přínosů pro účastníka. Nyní se pozornost zaměří na zhodnocení, zda je bodové ohodnocení závislé na tom, jakou střední školu účastník vystudoval. Při pohledu na Graf 4-8 a Graf 4-9 je možné předpokládat, že parametr hodnocení bude s vysokou pravděpodobností na střední škole nezávislý. Následně je tento předpoklad potvrzen jak testem ANOVA, tak Krullis-Wallis. Tento výsledek je zobrazen v Tabulka 4-3 jako p-hodnota.

V následujících grafech je zobrazen průměrná hodnota hodnocení modrými sloupci s přesnou hodnotou uvedenou v patě příslušného sloupce. Červená linie zobrazuje počty záznamů.

**Graf 4-8: Průměrné hodnocení edukativnosti podle střední školy (2D)****Graf 4-9: Průměrné hodnocení edukativnosti podle střední školy (VR)****Tabulka 4-3: Závislost hodnocení edukativnosti na střední škole – p-Hodnota**

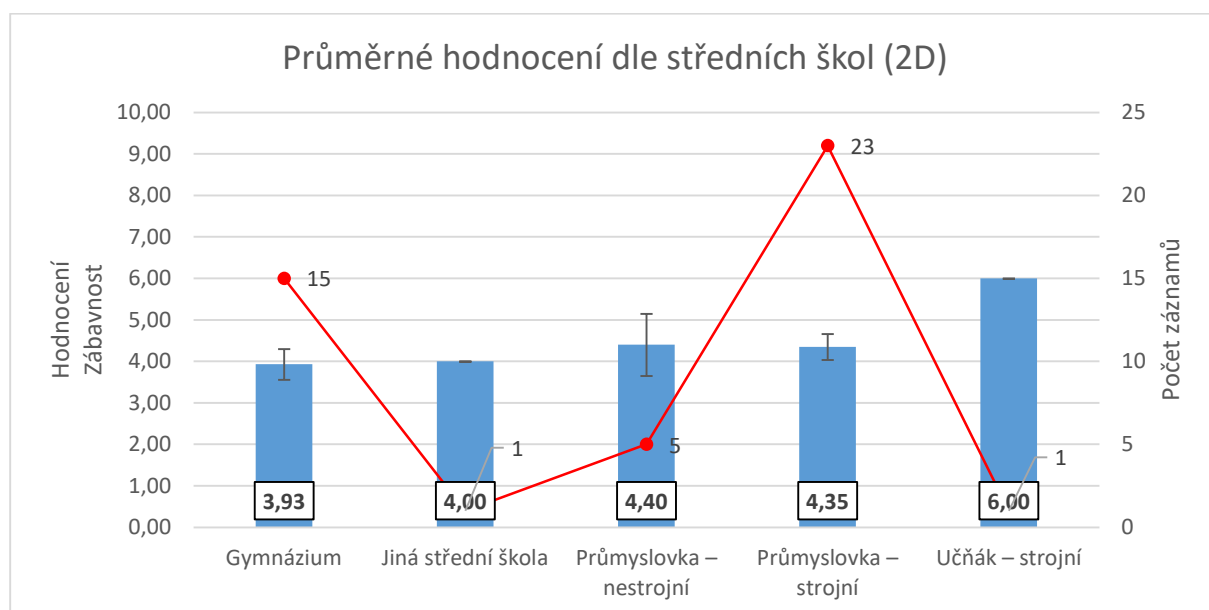
P< $\alpha$ (0,05)	2D		VR	
	Anova	Krullis-Wallis	Anova	Krullis-Wallis
P= $\alpha$ (0,05)	p-Value	p-Value	p-Value	p-Value
P> $\alpha$ (0,05)				
<b>Edukativnost x Škola</b>	0,668	0,4824	0,7103	0,5899

Je tedy zajímavé, že účastníci přínos pro rozšíření svých znalostí hodnotí stejně jak na strojních, tak všeobecných středních školách. Pro doplnění je možné do úvahy zahrnout i textové odpovědi. Někteří účastníci hodnotili míru edukativního vlivu obecně bez vztahu ke své osobě, tedy spíše hodnotili, jak obsažené informace mohou pomoci jiným (např. gymnazistům). Na druhou stranu, ale někteří respondenti zmiňovaly, že je to jejich jedno z prvních setkání s praktickou ukázkou, jak proces výroby probíhá nebo jak vypadá samotný výrobní postup.

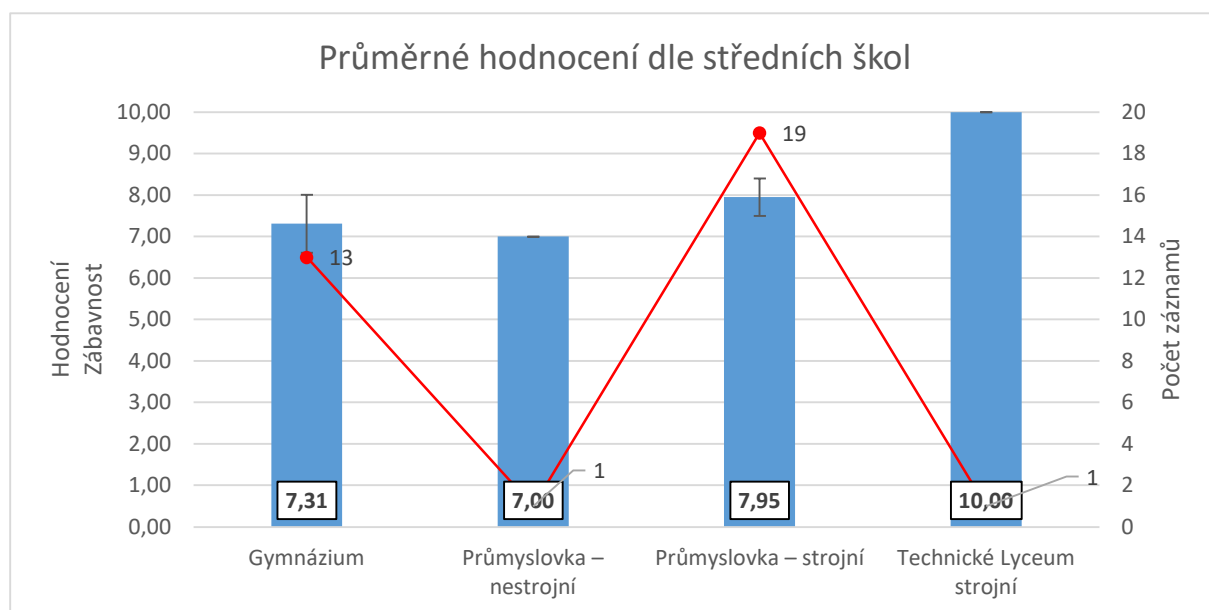
V případě dalšího testování je doporučeno hodnocení studijního přínosu v otázce více konkretizovat, aby respondent odpovídal primárně ve vztahu k sobě samým.

#### 4.3.2.2 Hodnocení zábavnosti hry dle vystudované střední školy

Dalším krokem v ověření závislosti vystudované střední školy se týká míry zábavnosti. Opět v globálním měřítku bylo zobrazeno, že VR verze hry je zábavnější než verze 2D. V této sekci je ověřeno, zda vystudování střední škola má na hodnocení nějaký statistický vliv. Předpokladem pro tyto výsledky byla nezávislost hodnocení na střední škole a tento předpoklad se potvrdil. Lze si jej ověřit na Graf 4-10, Graf 4-11 a Tabulka 4-4



Graf 4-10: Průměrné hodnocení zábavnosti podle střední školy (2D)



Graf 4-11: Průměrné hodnocení zábavnosti podle střední školy (VR)

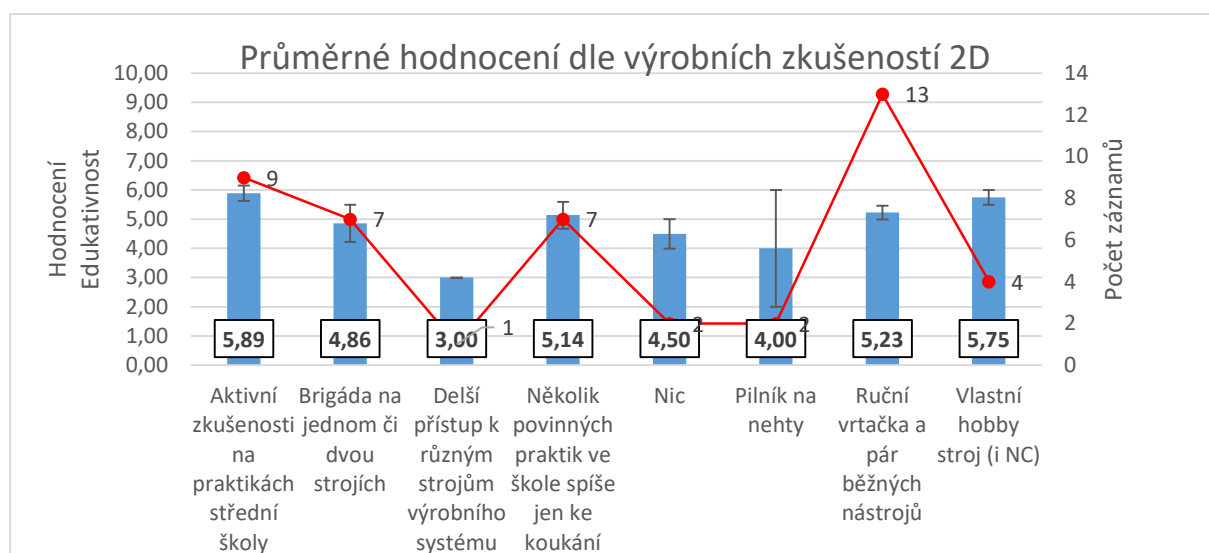


Tabulka 4-4: Závislost hodnocení zábavnosti na střední škole – p-Hodnota

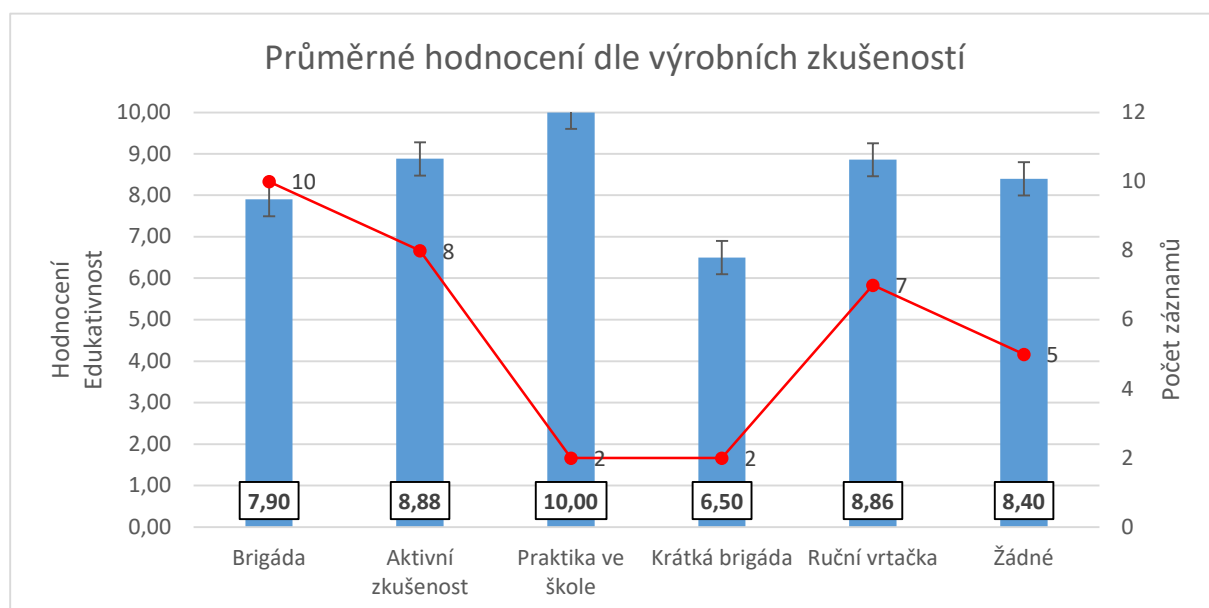
P< $\alpha$ (0,05)	2D		VR	
	Anova	Krullis-Wallis	Anova	Krullis-Wallis
	p-Value	p-Value	p-Value	p-Value
P= $\alpha$ (0,05)				
P> $\alpha$ (0,05)				
Zabavnost x Škola	0,696	0,6174	0,6132	0,4245

#### 4.3.2.3 Hodnocení studijního přínosu hry dle praktických zkušeností

Závislost mezi technickými zkušenostmi a znalostním přínosem byl jeden z bodů, kdy lze očekávat propojení. Validním očekáváním bylo, že respondenti bez zkušeností budou toto hodnocení mít obecně vyšší, než účastníci např. s vlastními stroji. Nicméně pravděpodobně z důvodů, které byly zmíněny již výše. Někteří účastníci hodnotili míru edukativního vlivu obecně bez vztahu ke své osobě, tedy spíše hodnotili, jak obsažené informace mohou pomoci jiným. Základy nemožnosti zamítnutí hypotézy  $H_0$  je možné vidět na Graf 4-12, Graf 4-13 a Tabulka 4-5.



Graf 4-12: Průměrné hodnocení edukativnosti podle tech. zkušeností (2D)



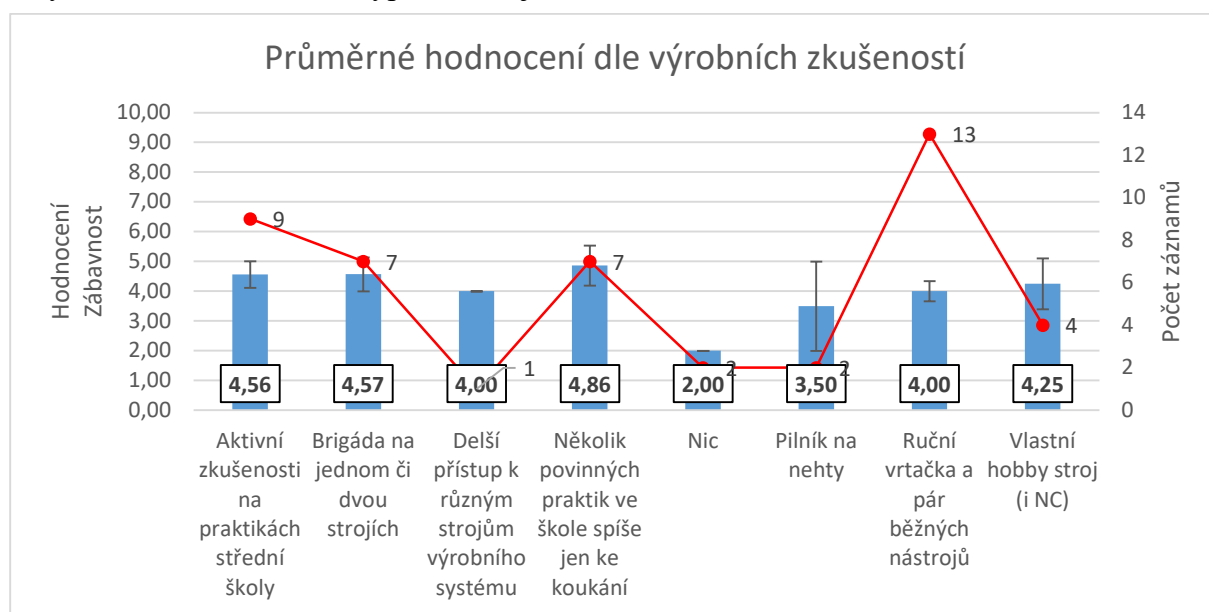
Graf 4-13: Průměrné hodnocení edukativnosti podle tech. zkušeností (VR)

Tabulka 4-5 Závislost hodnocení edukativnosti na tech. zkušenostech – p-Hodnota

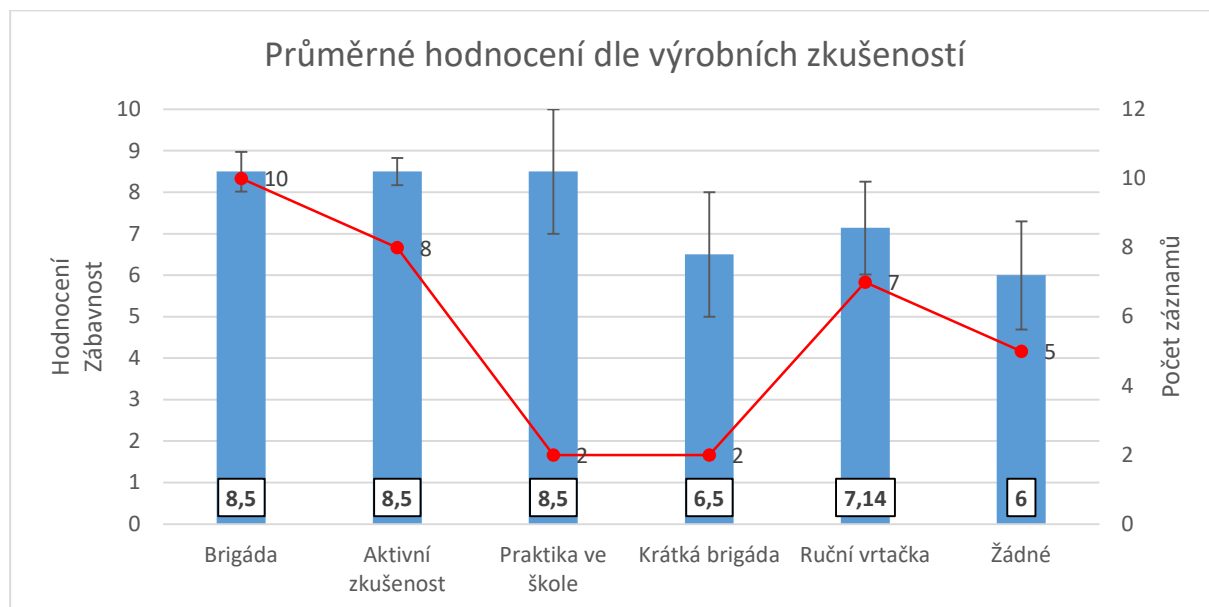
P< $\alpha$ (0,05)	2D		VR	
	Anova	Krullis-Wallis	Anova	Krullis-Wallis
	p-Value	p-Value	p-Value	p-Value
P= $\alpha$ (0,05)				
P> $\alpha$ (0,05)				
Edukativnost x Tech. zkušenosti	0,152	0,3837	0,1733	0,1013

#### 4.3.2.4 Hodnocení studijního přínosu hry dle praktických zkušeností

Závislost mezi technickými zkušenostmi a zábavností nebyla očekávána. Tento předpoklad, a tedy nemožnost zamítnout hypotézu  $H_0$  je možné vidět na Graf 4-12, Graf 4-13 a Tabulka 4-6.



Graf 4-14: Průměrné hodnocení zábavnosti podle tech. zkušeností (2D)



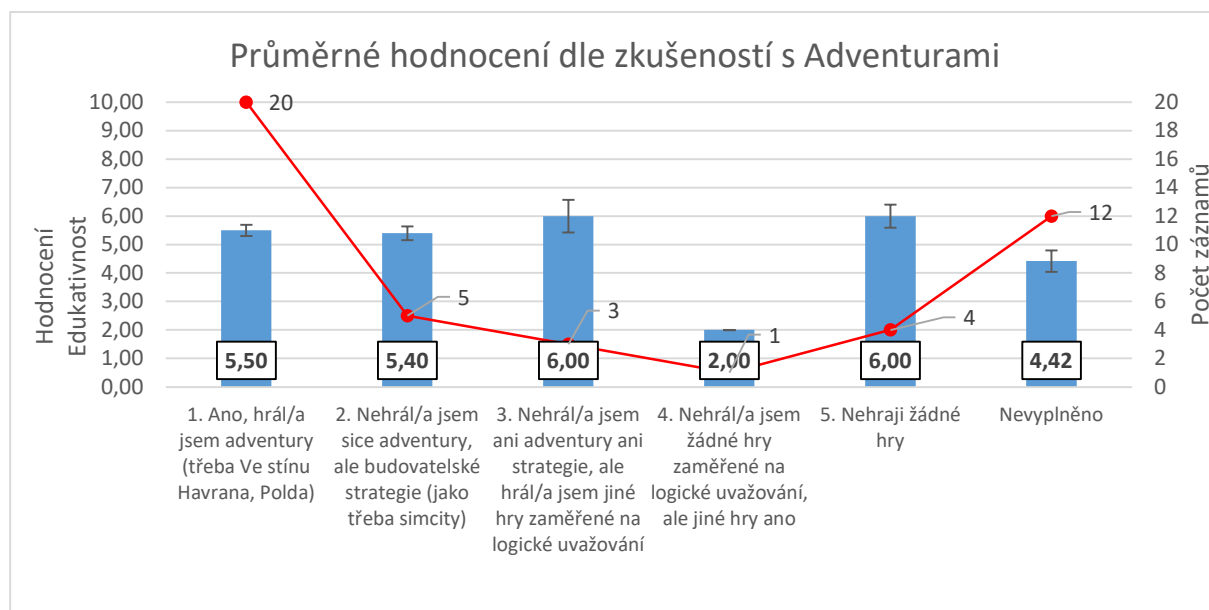
Graf 4-15: Průměrné hodnocení zábavnosti podle tech. zkušeností (VR)

Tabulka 4-6 Závislost hodnocení zábavnosti na tech. zkušenostech – p-Hodnota

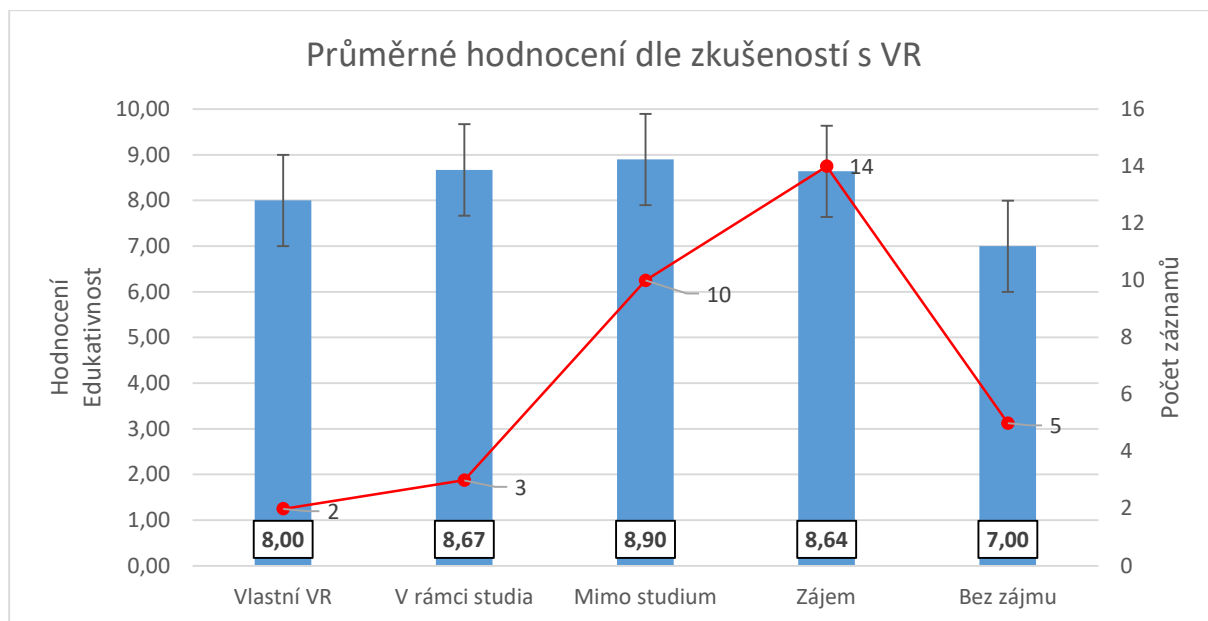
P< $\alpha$ (0,05)	2D		VR	
	Anova	Krullis-Wallis	Anova	Krullis-Wallis
	p-Value	p-Value	p-Value	p-Value
P= $\alpha$ (0,05)				
P> $\alpha$ (0,05)				
Zabavnost x Tech. zkušenosti	0,382	0,3818	0,229	0,4419

#### 4.3.2.5 Hodnocení studijního přínosu a zábavnosti hry dle zkušeností z hraní her

Závislost mezi zkušenostmi z hraní podobných her by se mohla očekávat v rámci hodnocení zábavnosti více než v hodnocení studijního přínosu. Tento předpoklad, a tedy nemožnost zamítnout hypotézu  $H_0$  je možné vidět na Graf 4-16, Graf 4-17 a Tabulka 4-7 pro hodnocení edukativnosti a Graf 4-12, Graf 4-13 a Tabulka 4-7 pro hodnocení zábavnosti. V tomto případě se opravdu pohybujeme v oblasti blízké závislosti zábavnosti a zkušenostmi s hraním her. Dokonce ANOVA test by dovolil tvrzení, že je možné zamítnout hypotézu  $H_0$ . Bohužel tyto data nespĺnila podmínku normality a je tedy nutné označit za závěr, že i v tomto případě neexistuje statistická závislost mezi zkušenostmi z hraní her a hodnocením zábavnosti, resp. edukativnosti.



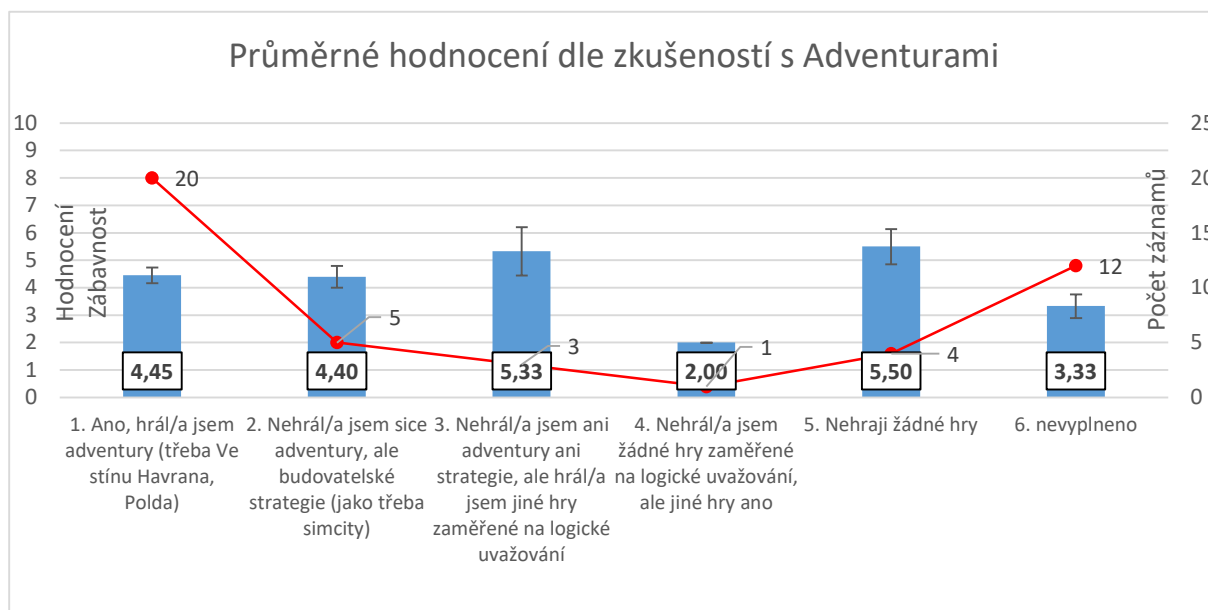
Graf 4-16: Průměrné hodnocení edukativnosti podle zkušeností s hraním her (2D)



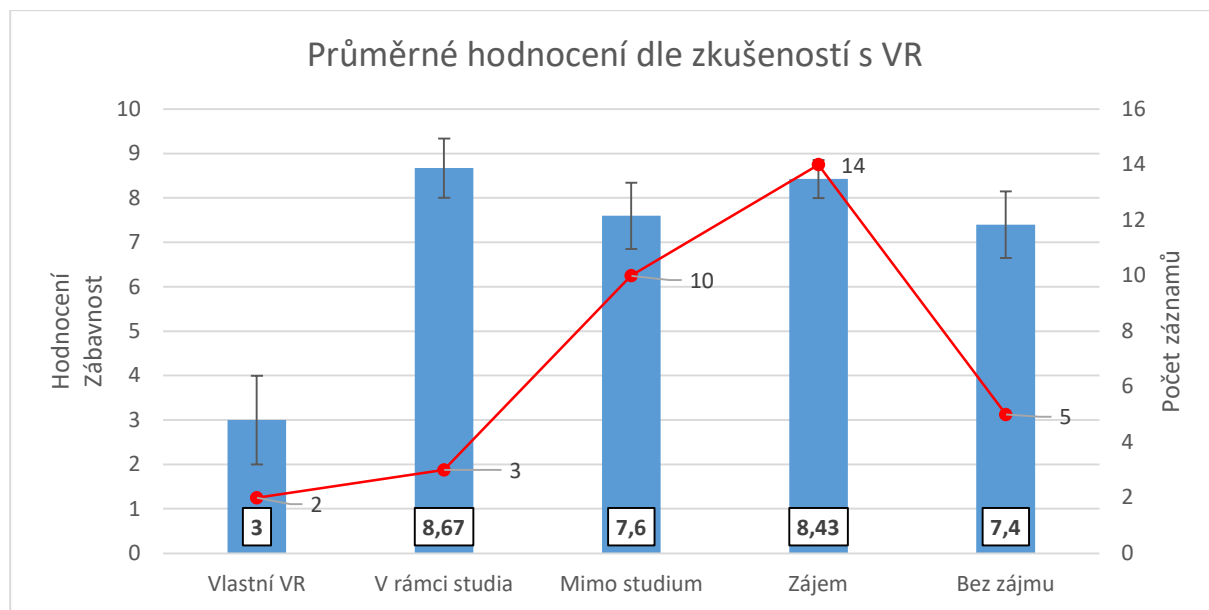
Graf 4-17: Průměrné hodnocení edukativnosti podle zkušeností s hraním her (VR)

Tabulka 4-7: Závislost hodnocení edukativnosti podle zkušeností s hraním her – p-Hodnota

P< $\alpha$ (0,05)	2D		VR	
	Anova	Krullis-Wallis	Anova	Krullis-Wallis
P= $\alpha$ (0,05)				
P> $\alpha$ (0,05)				
Edukativnost x Herní zkušenosti	0,002	0,0528	0,2218	0,426



Graf 4-18: Průměrné hodnocení zábavnosti podle zkušeností s hraním her (2D)



**Graf 4-19: Průměrné hodnocení zábavnosti podle zkušeností s hraním her (VR)**

**Tabulka 4-8: Závislost hodnocení zábavnosti podle zkušeností s hraním her – p-Hodnota**

P< $\alpha$ (0,05)	2D		VR	
	Anova	Krullis-Wallis	Anova	Krullis-Wallis
P= $\alpha$ (0,05)				
P> $\alpha$ (0,05)	p-Value	p-Value	p-Value	p-Value
<b>Zabavnost x Herní zkušenosti</b>	0,024	0,0609	0,0106	0,1425

#### 4.4 Shrnutí výsledků testování

Z výsledků statistického vyhodnocení testování lze jednoznačně říci, že sledované hodnocení je statisticky nezávislé na zmíněných kategoriích, kterými se účastníci testování třídily. K nezávislosti docházelo i případně, kdy vstupující předpoklad byl opačný. Závislosti s p-hodnotou <0,05 jsou podrobněji vysvětleny v kapitole 4.3.2.5. Těmito závěry byly zodpovězeny všechny definované výzkumné otázky, které byly vysloveny již dříve v kapitole 4.

**Tabulka 4-9: Shrnutí závislosti hodnocení zábavnosti – p-Hodnota**

P< $\alpha$ (0,05)	2D		VR	
	Anova	Krullis-Wallis	Anova	Krullis-Wallis
P= $\alpha$ (0,05)				
P> $\alpha$ (0,05)	p-Value	p-Value	p-Value	p-Value
<b>Zabavnost x Škola</b>	0,696	0,6174	0,6132	0,4245
<b>Zabavnost x Tech. zkušenosti</b>	0,382	0,3818	0,229	0,4419
<b>Zabavnost x Herní zkušenosti</b>	0,024	0,0609	0,0106	0,1425

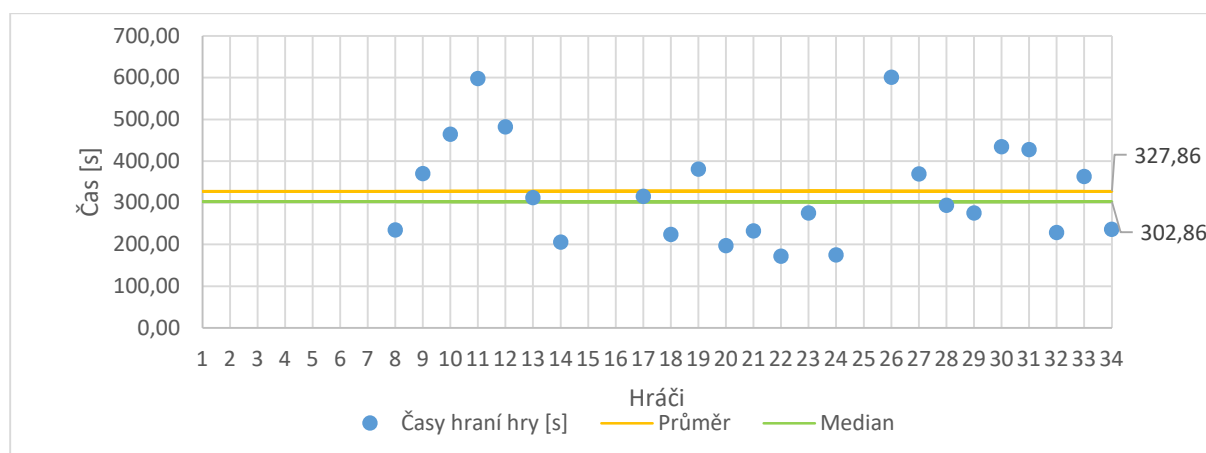
Tabulka 4-10: Shrnutí závislosti hodnocení edukativnosti – p-Hodnota

P< $\alpha$ (0,05)	2D		VR	
	Anova	Krullis-Wallis	Anova	Krullis-Wallis
	p-Value	p-Value	p-Value	p-Value
P= $\alpha$ (0,05)				
P> $\alpha$ (0,05)				
Edukativnost x Škola	0,668	0,4824	0,7103	0,5899
Edukativnost x Tech. zkušenosti	0,152	0,3837	0,1733	0,1013
Edukativnost x Herní zkušenosti	0,002	0,0528	0,2218	0,426

V druhé části dotazníku s otevřenými odpověďmi je spousta užitečných informací, převážně pro další vývoj hry. Ale také se tu objevily jisté rozporuplné odpovědi. Jako například vysoké hodnocení studijního přínosu, ale ve slovním hodnocení bylo napsáno, že se daný student nic nového nenaučil, protože vše znal. To vede k domněnce, která už byla několikrát zmíněna dříve. A tedy, že účastníci nehodnotili studijní přínos vztažený k vlastní osobě, ale obecně k osobám, které mohou tuto hru hrát. Často bylo zmiňováno, že by primární zaměření hry mělo být na studenti ze všeobecných středních škol nebo nově nastoupivší zaměstnanci ve výrobě.

Poměrně překvapivým zjištěním byly odpovědi s tvrzeními, že respondent viděl výrobní postup poprvé. Tato poznámka několikrát zazněla i v průběhu testování. S tím se pojí jedna záměrná chyba, která je v aplikaci. Hráč je na začátku vyzván, aby vyrobil hřídel podle výrobního postupu, který se nachází na stole. Každý hráč se na začátku hry opravdu podíval na daný dokument, ale nikdo z testovaných osob následně nezjistil, že ve výrobním postupu chybí kompletně stanoviště frézování. To vede ke zjištění, že všichni po prvním seznámení s hrou, postavili strategii průchodu hrou na zbylých dvou nápovědách. Tedy vizuální zvýraznění a zvukový komentář.

Aplikace pro VR byla rozšířena o jeden sledovaný parametr. Jednalo se o čas průchodu. Závislost času průchodu na ostatních parametrech se opět v rámci statistického testování neprokázala. Čas průchodu spíše závisel na pochopení účastníka výzkumu, jak daná hra funguje a jaké má principy. Na Graf 4-20 lze vidět zaznamenané časy průchodů a celkový průměrný čas.



Graf 4-20: Časy průchodů hrou

## 5 Závěr

Aplikace „Dílna“ po přenesení z 2D verze do VR potvrdila své opodstatnění. V přímém porovnání překonala verzi ve 2D jak v parametru zábavnosti, tak i v parametru hodnocení studijního přínosu. Tento rozdíl je velmi výrazný, takřka dvojnásobný. Tímto byly získány odpovědi na první dva vědecké dotazy formulované v kapitole 4. Lze říci, že tyto výsledky překonaly očekávání na začátku testování. Na druhou stranu není vhodné tento výsledek připisovat pouze stavbě aplikace jako takové, jistou míru přínosu na lepším hodnocení má technologie VR. Ze složení účastníků vychází, že 60 % respondentů nemělo nikdy žádnou zkušenost s touto technologií. U těchto testovaných osob může zvyšovat obecně hodnocení tzv. „WOW efekt“ u nové zkušenosti. Zbylé odpovědi na vědecké dotazy se týkaly statistické závislosti hodnocení. Ukázalo se, že hodnocení aplikace není statisticky významné v závislosti vystudované školy nebo technické, resp. herní zkušenosti.

Hra samotná prokázala svoji robustnost, protože nedocházelo k žádným technickým problémům v průběhu hraní. Nedošlo k žádnému pádu aplikace nebo nečekanému problému. Toto jistě ale neříká, že je aplikace bez chyb nebo nepřesností. Funkční nedostatky jsou hlavně v oblasti tlačítek strojů pro zapnutí. Oblasti pro zaznamenání stisknutí jsou těsně pod povrchem tlačítka a vícero hráčů nedostatečně prošli rukou danou oblastí. Úprava tohoto aspektu je velmi jednoduchá a rychlá. Úpravy vycházející z návrhů studentů v dotaznících již svou náročností aspirují na budoucí kvalifikační práci nebo další výzkum. Převážně se jedná o případnou modulárnost aplikace, nebo možnosti nastavení řezných podmínek, které jsou v současné verzi aplikace velmi zjednodušené.

Pro další vývoj bych doporučil podrobněji projít textovou část dotazníků. Pro budoucí práci je zde několik vodítek, jakým směrem se aplikace může dále vyvíjet. Např. více komerčním způsobem, kdy bude aplikace modulární a stroje budou moci být nahrazovány jinými z nabídky, nebo ověřování pochopení studentů nastavování řezných podmínek. Dalším možným uplatněním může být BOZP, kdy hráč je upozorněn, že například sáhl do prostoru rotujících částí.

Rád bych zmínil, že cca 80 % investovaného času do této kvalifikační práce bylo vynaloženo na stavbu vlastní aplikace, protože jsem začínal s prakticky nulovými znalostmi programování a stavby her. Až následné testování a doplnění výzkumné části kvalifikační práce dokázalo popsat důsledky rozhodnutí na začátku vývoje aplikace. Tato aplikace prokázala, že může mít přínos do vzdělávacího procesu, protože splňuje dvě základní podmínky vážných her. Zábavnost a edukativnost jsou v rovnováze a zároveň na vysoké úrovni.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] HOREJSI, Petr, Jiří VYŠATA, Lucie ROHLÍKOVÁ, Jiří POLCAR a Michal GREGOR. Serious Games in Mechanical Engineering Education. In: [online]. 2019, s. 55–63. ISBN 978-3-030-30808-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-30809-4\_6
- [2] ABT, Clark C. *Serious Games*. B.m.: University Press of America, 1987. ISBN 978-0-8191-6148-2.
- [3] LAAMARTI, Fedwa, Mohamad EID a Abdulmotaleb EL SADDIK. An Overview of Serious Games. *International Journal of Computer Games Technology* [online]. 2014, **2014**, e358152. ISSN 1687-7047. Dostupné z: doi:10.1155/2014/358152
- [4] Poka Yoke. *BoardGameGeek* [online]. [vid. 2023-01-09]. Dostupné z: <https://boardgamegeek.com/boardgame/263182/poka-yoke>
- [5] LOCHMANNOVÁ, Alena, Michal ŠIMON, Petr HOŘEJŠÍ, Marek BÁRDY, Stanislava REICHERTOVÁ a Klára GILLERNOVÁ. The Use of Virtual Reality in Training Paramedics for a Mass Casualty Incident. *Applied Sciences* [online]. 2022, **12**(22), 11740. ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app122211740
- [6] LEDROOM, Max. Oculus Quest ampliará su área de juego hasta los 15 metros en todas direcciones. *Distrito XR* [online]. 11. červen 2021 [vid. 2023-01-21]. Dostupné z: <https://distritoxr.com/oculus-quest-ampliara-su-area-de-juego-hasta-los-15-metros-cuadrados/>
- [7] RISI, Dante a Stephen PALMISANO. Effects of postural stability, active control, exposure duration and repeated exposures on HMD induced cybersickness. *Displays* [online]. 2019, **60**, 9–17. ISSN 0141-9382. Dostupné z: doi:10.1016/j.displa.2019.08.003
- [8] PALMISANO, Stephen, Robert S. ALLISON a Juno KIM. Cybersickness in Head-Mounted Displays Is Caused by Differences in the User's Virtual and Physical Head Pose. *Frontiers in Virtual Reality* [online]. 2020, **1** [vid. 2023-01-21]. ISSN 2673-4192. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2020.587698>
- [9] CASERMAN, Polona, Katrin HOFFMANN, Philipp MÜLLER, Marcel SCHAUB, Katharina STRASSBURG, Josef WIEMEYER, Regina BRUDER a Stefan GÖBEL. Quality Criteria for Serious Games: Serious Part, Game Part, and Balance. *JMIR serious games* [online]. 2020, **8**(3), e19037. ISSN 2291-9279. Dostupné z: doi:10.2196/19037
- [10] ZHONGGEN, Yu. A Meta-Analysis of Use of Serious Games in Education over a Decade. *International Journal of Computer Games Technology* [online]. 2019, **2019**, e4797032. ISSN 1687-7047. Dostupné z: doi:10.1155/2019/4797032
- [11] MAYER, Igor, Geertje BEKEBREDE, Casper HARTEVELD, Harald WARMELINK, Qiqi ZHOU, Theo VAN RUIJVEN, Julia LO, Rens KORTMANN a Ivo WENZLER. The research and evaluation of serious games: Toward a comprehensive methodology. *British Journal of Educational Technology* [online]. 2014, **45**, 502–507. Dostupné z: doi:10.1111/bjet.12067



- [12] LEE, Saebyeok, Yeonji BAIK, Kichun NAM, Jinho AHN, Lee YOONJUNG, SeongSuk OH a Kyungsik KIM. Developing a cognitive evaluation method for serious game engineers. *Cluster Computing* [online]. 2013, **17**. Dostupné z: doi:10.1007/s10586-013-0289-0
- [13] OLHAGER, Jan a Fredrik PERSSON. *Advances in Production Management Systems International IFIP TC 5, WG 5.7 Conference on Advances in Production Management Systems (APMS 2007), September 17-19, Linköping, Sweden* [online]. 2007. ISBN 978-0-387-74157-4. Dostupné z: doi:10.1007/978-0-387-74157-4
- [14] MYSTAKIDIS, Stylianos a Athanasios CHRISTOPOULOS. Teacher Perceptions on Virtual Reality Escape Rooms for STEM Education. *Information* [online]. 2022, **13**(3), 136. ISSN 2078-2489. Dostupné z: doi:10.3390/info13030136
- [15] NELSON, Matthew E. a Benjamin AHN. Virtual Reality Activities for Teaching Engineering Students Professional Development Skills. In: *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE): 2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* [online]. San Jose, CA, USA: IEEE, 2018, s. 1–5 [vid. 2022-12-07]. ISBN 978-1-5386-1174-6. Dostupné z: doi:10.1109/FIE.2018.8659258
- [16] MARCELINO-JESUS, Elsa, João SARRAIPA, Carlos AGOSTINHO a Ricardo JARDIM-GONCALVES. *The use of Serious Games in Requirements Engineering*. 2016.
- [17] MILOSZ, Marek a Elzbieta MILOSZ. Computer decision simulation games for logistic training of engineers. In: *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON): 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* [online]. 2018, s. 233–237. ISSN 2165-9567. Dostupné z: doi:10.1109/EDUCON.2018.8363233
- [18] PETERS, Erwin, Bram HEIJLIGERS, Josse DE KIEVITH, Xavier RAZAFINDRAKOTO, Ruben VAN OOSTERHOUT, Carlos SANTOS, Igor MAYER a Max LOUWERSE. Design for Collaboration in Mixed Reality: Technical Challenges and Solutions. In: *2016 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES): 2016 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)* [online]. 2016, s. 1–7. Dostupné z: doi:10.1109/VS-GAMES.2016.7590343
- [19] VERMILLION, Sean D., Richard J. MALAK, Rachel SMALLMAN, Brittney BECKER, Michale SFERRA a Sherece FIELDS. An investigation on using serious gaming to study human decision-making in engineering contexts. *Design Science* [online]. 2017, **3**, e15. ISSN 2053-4701. Dostupné z: doi:10.1017/dsj.2017.14
- [20] ADE-IBIJOLA, Abejide, Keagan YOUNG, Nashik SIVPARSAD, Mpho SEFORO, Suhail ALLY, Adebola OLOWOLAFE a Maria FRAHM-ARP. Teaching Students About Plagiarism Using a Serious Game (Plagi-Warfare): Design and Evaluation Study. *JMIR Serious Games* [online]. 2022, **10**(1), e33459. ISSN 2291-9279. Dostupné z: doi:10.2196/33459
- [21] DAYLAMANI-ZAD, Damon, Fotios SPYRIDONIS a Kamal AL-KHAFAAJI. A framework and serious game for decision making in stressful situations; a fire evacuation scenario. *International Journal of Human-Computer Studies* [online]. 2022, **162**, 102790. ISSN 10715819. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijhcs.2022.102790

- [22] ALONSO-FERNÁNDEZ, Cristina, Iván J PÉREZ-COLADO, Antonio CALVO-MORATA, Manuel FREIRE, Iván MARTÍNEZ-ORTIZ a Baltasar FERNÁNDEZ-MANJÓN. Using Simva to evaluate serious games and collect game learning analytics data. 2019.
- [23] XUE, Yingchun, Guoping CHEN, Guosen MIAO a Chunyun LIU. Research on the Design and Effect of Serious Game Technology Transfer in Experiential Education. In: *2021 IEEE International Conference on Educational Technology (ICET): 2021 IEEE International Conference on Educational Technology (ICET)* [online]. 2021, s. 52–56. Dostupné z: doi:10.1109/ICET52293.2021.9563151
- [24] IZOUNTAR, Yousra, Samir BENBELKACEM, Samir OTMANE, Abdallah KHABABA, Mostefa MASMOUDI a Nadia ZENATI. VR-PEER: A Personalized Exer-Game Platform Based on Emotion Recognition. *Electronics* [online]. 2022, **11**(3), 455. ISSN 2079-9292. Dostupné z: doi:10.3390/electronics11030455
- [25] KRAJČOVIČ, Martin, Gabriela GABAJOVÁ, Marián MATYS, Beáta FURMANNOVÁ a Ľuboslav DULINA. Virtual Reality as an Immersive Teaching Aid to Enhance the Connection between Education and Practice. *Sustainability* [online]. 2022, **14**(15), 9580. ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su14159580

## PŘÍLOHA č.1 – Celé zdrojové kódy z ukázek

HandAttach.cs Kód 3-3: Vypnutí objektu v ruce a zapnutí polotovaru ve sklíčidlu

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class HandAttach : MonoBehaviour
{
    public GameObject PripravenyObrobek;

    public GameObject GeneralScriptGO;
    private GeneralScript managerScript;

    public GameObject PackaSrazeni;
    private Collider packaSrazeniCollider;

    public GameObject NuzVypnoutGO;

    public GameObject ZonaObrobekGO;
    public GameObject NozeGO;
    public GameObject BednaGO;

    private Collider zonaObrobekCollider;
    private Collider nozeCollider;
    private Collider bednaCollider;

    // Start is called before the first frame update
    void Awake()
    {
        managerScript = GeneralScriptGO.GetComponent<GeneralScript>();
        packaSrazeniCollider = PackaSrazeni.GetComponent<Collider>();
        zonaObrobekCollider = ZonaObrobekGO.GetComponent<Collider>();

        nozeCollider = NozeGO.GetComponent<Collider>();
        bednaCollider = BednaGO.GetComponent<Collider>();
    }

    private void OnTriggerEnter(Collider other)
    {
        if (other.tag == "Player")
        {
            FindObjectOfType<AudioManager>().Play("01_Soustruh");
            this.transform.parent = other.transform;
        }

        else if (other.tag == "ZonaObrobek")
        {
            managerScript.TurnCollidersON();
            PripravenyObrobek.SetActive(true);
            gameObject.SetActive(false);
            Invoke(nameof(ObrobekColliderOff), 1);
            FindObjectOfType<AudioManager>().Play("02_Soustruh");
        }
    }
}
```

```
        else if (other.tag == "ZonaNuzSrazeni")
        {
            packaSrazeniCollider.enabled = true;
            NuzVypnoutGO.SetActive(false);
            // PripravenyObrobek.SetActive(true);
            gameObject.SetActive(false);
            Invoke(nameof(NozeColliderOff), 1);
        }

        else if (other.tag == "Bedna")
        {
            // PripravenyObrobek.SetActive(true);
            gameObject.SetActive(false);
        }
    }

    private void ObrobekColliderOff()
    {
        zonaObrobekCollider.enabled = false;
    }

    private void NozeColliderOff()
    {
        nozeCollider.enabled = false;
    }
}
```

SverakNaVrtacku.cs Kód 3-4: Část kódu zajišťující zvednutí a přepnutí svěráku

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class SverakNaVrtacku : MonoBehaviour
{
    public GameObject SverakVeVrt;

    public GameObject ZonaVrtacka;
    private Collider SverakDoVrtColl;

    public GameObject ObrobekBednaPredVrtanim;
    private Collider ObrobekBednaPredVrtanimColl;

    public GameObject Zvyrazneni12;
    public GameObject Zvyrazneni13;

    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {
        ObrobekBednaPredVrtanimColl =
ObrobekBednaPredVrtanim.GetComponent<Collider>();
        SverakDoVrtColl = ZonaVrtacka.GetComponent<Collider>();
    }

    private void OnTriggerStay(Collider other)
    {
```

```
    if (other.tag == "Player")
    {
        this.transform.parent = other.transform;
        Zvyrazneni12.SetActive(true);
        SverakDoVrtColl.enabled = true;
        ZonaVrtacka.SetActive(true);
    }

    else if (other.tag == "ZonaVrtacka")
    {
        SverakVeVrt.SetActive(true);
        gameObject.SetActive(false);
        Zvyrazneni13.SetActive(true);
        ObrobekBednaPredVrtanimColl.enabled = true;
    }
}
}
```

PrepnutiObrobkuFrezovani.cs Kód 3-5: Metoda volaná „Tags“ zajistí přepnutí modelů

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class PrepnutiObrobkuFrezovani : MonoBehaviour
{

    public GameObject ObrobekPredFrezovanim;

    public GameObject ObrobekPoFrezovani;

    public void VypnoutObrobekPredFrezovanim()
    {
        ObrobekPredFrezovanim.SetActive(false);
        ObrobekPoFrezovani.SetActive(true);
    }
}
```

## PŘÍLOHA č.2 – Zdrojová data 2D verze hry

RE SP O N D E N T	1) JAKÝ TYP STŘEDNÍ ŠKOLY MÁTE VYSTUDO VANÝ?	2) MÁTE VLASTNÍ ZKUŠENO STI S VÝROBNÍ MI STROJI?	3) HRÁL/A JSTE JIŽ NĚKDY HRY TOHOTO TYPU?	4) JE HRA ZÁBAVN Á JAKO JINÉ ADVENT URY?	5) JAKÝ MÁ HRA PŘÍNOS PRO POROZU MĚNÍ VÝROBĚ	6) V ČEM KONKRÉTNĚ SPOČÍVAL PŘÍPADNĚ PŘÍNOS PROGRAMU PRO VAŠE NOVÉ POZNÁNÍ NEBO POROZUMĚNÍ?	7) PRO KOHO JINÉHO BY PŘÍPADNĚ MOHL MÍT VĚTŠÍ PŘÍNOS NEŽ PRO VÁS?	8) JAK BY BYLO MOŽNO UPRAVIT KONCEPCI PROGRAMU, ABY MĚL VĚTŠÍ POZNÁVACÍ PŘÍNOS?	9) JAK BY BYLO MOŽNO PROGRAM UPRAVIT, ABY BYL PŘÍJEMNĚJŠÍ A ZÁBAVNĚJŠÍ JAKO JINÉ ADVENTURY?	10) V ČEM SE PROGRAM ODKLÁNÍ OD SKUTEČNOSTI PODLE VAŠÍ ZKUŠENOSTI?	11) MÁTE NĚJAKÉ JINÉ NÁPADY A NĚJAKÁ DALŠÍ DOPORUČENÍ?
1	Průmyslo vka – strojní	Vlastní hobby stroj (i NC)					Pro studenty, kteří se nesetkali s výrobními stroji	Více vysvětlení co jsem zrovna provedl	Více propracovat v ovládání stroje (zadávání rozměrů a ŘP)	Není moc realistický - nelze ovlivnit práci stroje (obráběný rozměr, řezné podmínky)	
2	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů					Pro někoho, kdo nevěděl s nějakými stroji		Mohl by být alespoň občas návodný komentář, aby člověk věděl, co vlastně je cílem. Vtipná figurka postavy by možná udělala hru lidštější možná by to chtělo i komunikace s dalšími postavami. Člověk si tam připadá tak opuštěně.	Stůl frézky by měl mít drážky	Výukové komentáře dělají hru nudnější. Stejně jsem je klikáním přeskočila.
3	Průmyslo vka – strojní	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání		3	4		Pro žáky základních a středních škol.	Rozšířit o TPV a další činnosti spojené s výrobou.	Zdokonalit grafickou stránku a zlepšit přehlednost.		
4	Průmyslo vka – strojní	Delší přístup k různým strojům výrobního systému		4	3	Bohužel mám praxi ve využívání strojů a toto mě spíše mášlo jelikož nedocházelo v jinému upínání například soustružnického nože.	Pro osoby které se nesetkali s výrobou.	V zdokonalení programu.	Zdokonalením animace	Není příliš reálný pro osoby z praxe.	
5	Gymnázium	Nic		2	5	Aspoň si člověk může trochu zahrát :)	Pro jiné studenty samozřejmě	Občas byly glitchy, ale šlo to.	Lepší průvod hrou	Nemám zkušenosti	Lepší doprovod
6	Průmyslo vka – nestrojní	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání			6	4				Opravdu velmi zjednodusene	
7	Průmyslo vka – nestrojní	Vlastní hobby stroj (i NC)		2	6					je velmi podobný skutečnosti	
8	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů		3	3	Přínos spočíval v tom, že jsem si oživil práci na soustruhu, frézce a horizontální vrtačce.	Pro studenty na střední škole strojní.	Více strojů, lepší přehled o materiálech.	Lepší propracování.		
9	Průmyslo vka – strojní	Brigáda na jednom či dvou strojích		2	2	Mohl jsem si představit průběh výroby součástí, jak dané technologie na sebe následují.	Pro studenty strojních průmyslovek.	Podle mne zlepšit legendu, dodat do vlastní aplikace.	Podle mne program je hodně příjemný a zábavný.	Moc zkušeností nemám, čili podle mě se tolik neodklání.	Nemám.

10	Průmyslovka – strojn	Nic	2	4						
11	Průmyslovka – strojn	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	2	5	v názornosti pracovišť	pro studenty STO	lepší ovládání ( vedení )	nevím	není tak detailní jako praxe	ne
12	Průmyslovka – strojn	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	4	5	Většinu informací jsem věděl, a to z hlediska výroby. Nova pro me byla prakticka ukazka metod PI ve virtualni praxi.	Pro studenty STO			Moznost získavat body a překonavat studenty z ostatnich rocniku .	
13	Průmyslovka – strojn	Brigáda na jednom či dvou strojích	6	6	Pochopení výroby dílu, podle technologického postupu. Dále upínání na obrobku na stroj, a jeho další obrábění.	Pro studenty, kteří nemají vystudovanou střední školu technického typu.	Návod doprovázený vyukovou stopou.	Obecný přehled o strojích psán mimo, aby tolik neydržovalo jeho čtení.	Nedovolí nám dělat věci libovolně, čímž nás ochrání od kolize. Což se v reálném životě neděje.	Nic mě v tuto chvíli nenapadá
14	Průmyslovka – strojn	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	4	6	ozkoušení si některých operací.	pro lidi co studovali na gzmnáziu.			nesjou tam vidět některé operace.	
15	Průmyslovka – strojn	Brigáda na jednom či dvou strojích	5	6	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)					
16	Průmyslovka – strojn	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	5	7	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)				Bylo by dobré zlepšit zobrazení. Zobrazit itinerář a výstup z prvků.	
17	Průmyslovka – strojn	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	7	7	3. Nehrál/a jsem ani adventury ani strategie, ale hrál/a jsem jiné hry zaměřené na logické uvažování				Měla by být lépe vysvětleno její ovládání.	
18	Gymnázium	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání	2	4	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)					
19	Gymnázium	Vlastní hobby stroj (I NC)	4	5	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)					
20	Gymnázium	Brigáda na jednom či dvou strojích	3	3	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)					
21	Gymnázium	Ruční vrtačka a	4	6	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba				Že je třeba vzpnout stroj, než pod něj strkam ruce	Trestat chyby

22	Gymnázium	pár běžných nástrojů	Ve stínu Havrana, Polda)								
23	Průmyslovka – nestrojní	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	4	6	Ve vizualizaci	Pro někoho s menšími znalostmi		Vtipné hlášky, události např. při chybách		Použít více různých součástí, různá upnutí atd..... možnost vrátit se k textu, který byl již přečten
24	Průmyslovka – strojní	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání	3. Nehrál/a jsem ani adventury ani strategie, ale hrál/a jsem jiné hry zaměřené na logické uvažování	5	5				nějaké vtipné hlášky		krok zpět
25	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	2. Nehrál/a jsem sice adventury, ale budovatelské strategie (jako třeba simcity)	3	5		pro žáky středních škol a učilišť	Pomohla by možnost volného pohybu po dílně	přidat časový limit		
26	Průmyslovka – strojní	Vlastní hobby stroj (I NC)	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	6	6	Zajímavý, hravý přístup	nevím	doladit detaily bugy	nevím, v rámci možnosti je to dobře	v rámci zjednodušení asi ok	nic
27	Průmyslovka – strojní	Pilník na nehty	4. Nehrál/a jsem žádné hry zaměřené na logické uvažování, ale jiné hry ano	2	2		Pro studenty středních škol				
28	Průmyslovka – strojní	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	7	6	Ukázalo nám to, jak teoreticky postupovat při výrobě	Pro ostatní studenty				Pokračovat v tomhleto projektu neboť jak rekla Jan Amos Komenský - škola hrou!
29	Gymnázium	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	5	6	zlepšení znalosti o ovládání stroje.			časový limit nebo odměny.	Nemám moc zkušeností	Nemám
30	Gymnázium	Vlastní hobby stroj (I NC)	5. Nehraji žádné hry	5	6		pro studenty, kteří se nesetkali s výrobním procesem ať už doma, nebo někde na brigádě.	možnost výroby více součástí= více výkresů a dle úkolu vybrat ten správný			
31	Průmyslovka – nestrojní	Brigáda na jednom či dvou strojích	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	6	5	pohyb součástí po dílně	pro lidi, kteří se s praxí nikdy nesetkali nebo jen minimálně	širší rozmanitost nástrojů a výrobků	skutečný dělník, při velké chybě nový začátek nebo vrácení o nějaký krok zpět	zjednodušená výroba	např. strojní svěrák by mohl být rovnou u stroje
32	Průmyslovka – strojní	Aktivní zkušenosti na	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba	5	6	pro studenty kteří se nesetkali s výrobními stroji v reálném životě jim může tento program pomoci udělat si	pro začínající studenty středních škol a nebo pomoci k náboru studentů	přidat dělníka a při chybě ho poranit.	přidat více postupů a přidat třeba nějaké levly.		



		praktických středních školy	Ve stínu Havrana, Polda)			představu o tom jak se na výrobních strojích pracuje.	základních škol ke studiu odborných zaměření				
33	Učňák – strojní	Několik povinných praktik ve škole spíše jen ke koukání	5. Nehraji žádné hry	6	7		pro studenty bez praxe			pridání dalších technologických operací	
34	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	5. Nehraji žádné hry	7	6						
35	Gymnázium	Brigáda na jednom či dvou strojích	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	5	6		Pro studenty středních škol a gymnázií.				
36	Průmyslovka – strojní	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	5	6	Program ukázal pohyby nástrojů.	Pro lidi, kteří se v oboru nepohybují a mohlo by je to zajímat, nebo nové zaměstnance ve firmách, kteří se strojírenstvím nemají zkušenost.	U jednotlivých operací nějakou drobnější nápovědu, aby to člověka, který u toho sedí prve trochu popostrčilo.	Možná podrobněji zobrazit obrábění obrobku.	V rychlosti obrábění a v jednoduchosti upínání obrobku.	
37	Průmyslovka – strojní	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	3	5		pro toho, kdo neovládá základy těchto operací		lepší grafické znázornění	soustruh automaticky sráží hrany i odjehljuje atd	
38	Průmyslovka – strojní	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	3. Nehrál/a jsem ani adventury ani strategie, ale hrál/a jsem jiné hry zaměřené na logické uvažování	4	6	V použití strojů a postupu výroby.	Dělník nastupující na nové pozice.	Myslím že koncepce je dobrá. Zařadit více strojů. Další úkony samotného pracovníka.	zařadit simulaci nějakých náhlých problémů, které by musel dělník vyřešit.	dle mého je zapotřebí více úkonů na jednotlivých zařízeních	zajistit vyšší stabilitu hry (při práci na soustruhu mi nešlo vrátit zpět do dílny, ale program byl funkční.)
39	Průmyslovka – strojní	Brigáda na jednom či dvou strojích	2. Nehrál/a jsem sice adventury, ale budovatelské strategie (jako třeba simcity)	5	6	Nedozvěděl jsem se nic nového co jsem již neznal.	Pro studenty středních technických škol, kteří ještě nemají zkušenosti s obráběním	Není třeba upravit koncepci	Například doplnit několika obrázky	Nijak zvlášť se neodlišuje	nemám
40	Jiná střední škola	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	2. Nehrál/a jsem sice adventury, ale budovatelské strategie (jako třeba simcity)	4	5	Porozumění a práce s výrobním postupem. Využívání a zacházení se stroji. Bohužel program vykonává spousta věcí automaticky. Do budoucna by tedy bylo dobré ovládání strojů propracovat do větších detailů.	Pro studenty druhého ročníku FST začínající s předmětem STO.	Propracovat ovládání strojů, aby stroje nedělaly za hráče,	Chtělo by to trochu intuitivnější ovládání.		
41	Průmyslovka – strojní	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	4	5		jako zábavný program pro technologické předměty v prvních ročnících na středních školách	přidání podrobnějších mechanismů (např.: nastavování každého průměru na soustruhu)	možnost přepnutí do fullscreenu	v tom, že sčlověm může zkoušet různé nemysli, i když ví že to fungovat nebude .)	nemam
42	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	5	6	Postupy ve hře jsem znal, již z předchozího studia.	Pro žáky např. gymnázií, kteří se rozhodnou studovat na FST		Prokreslenější prostředí, místy lepší dabing :D	Nemám příliš zkušeností, snad jen zjednodušuje	Momentálně mě nic nenapadá

43	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	5. Nehrají žádné hry	4	5	Pro zájemce o studium na KTO	Jiná barva popisků u jednotlivých strojů.	V dílně je příliš čisto, stroje mají málo ovládacích prvků.	Brát v úvahu možnost, že bude hrát i někdo, kdo nikdy neviděl soustruh.
44	Gymnázium	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	2	5	Pro "nestrojaře"	Přidat nějaký příběh		
45	Průmyslovka – nestrojní	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	4	5		zlepšit ovládání		
46	Průmyslovka – strojní	Aktivní zkušenosti na praktických středních školách	2. Nehrál/a jsem sice adventury, ale budovatelské strategie (jako třeba simcity)	5	6				
47	Průmyslovka – strojní	Pilník na nehty	1. Ano, hrál/a jsem adventury (třeba Ve stínu Havrana, Polda)	5	6	Výroba je přehledná a hezky vidět	Doprovodit zvukem, počítání časů		Doprovodit zvukem, zařadit počítání časů pro hodnocení hráče

## PŘÍLOHA č. 3 – Zdrojová data VR verze hry

I D	JAKÝ TYP STŘED NÍ ŠKOLY MÁTE VYSTU DOVAN Ý?	Č AS [ S ]	MÁTE VLASTNÍ ZKUŠENOSTI S VÝROBNÍMI STROJI?	JAKÉ MÁTE ZKUŠENOSTI S HRAMI NEBO APLIKACEMI PRO VIRTUÁLNÍ REALITU (VR)?	NA STUPNICI OD 1-10 ZHODNOŤTE ZÁBAVNOST HRY. (VÍČ BODŮ ZNAMENÁ VYŠŠÍ MÍRU ZÁBAVY.)	NA STUPNICI OD 1-10 ZHODNOŤTE JAKÝ MÁ DLE VÁS HRA PŘÍNOS PRO POROZUMĚNÍ VÝROBĚ. (VÍČ BODŮ ZNAMENÁ VYŠŠÍ MÍRU POROZUMĚNÍ VÝROBĚ.)	V ČEM KONKRÉTNĚ SPOČÍVAL PŘÍPADNÝ PŘÍNOS PROGRAMU PRO VAŠE NOVÉ POZNÁNÍ NEBO POROZUMĚNÍ?	PRO KOHO JINÉHO BY PŘÍPADNĚ MOHL MÍT VĚTŠÍ PŘÍNOS NEŽ PRO VÁS?	JAK BY BYLO MOŽNO UPRAVIT KONCEPCI PROGRAMU, ABY MĚL VĚTŠÍ POZNAVACÍ PŘÍNOS?	JAK BY BYLO MOŽNÉ PROGRAM UPRAVIT, ABY BYL PŘÍJEMNĚJŠÍ A ZÁBAVNĚJŠÍ JAKO JINÉ HRY?	V ČEM SE PROGRAM ODKLÁNÍ OD SKUTEČNOSTI PODLE VAŠÍ ZKUŠENOSTI?	MÁTE NĚJAKÉ JINÉ NÁPADY NEBO DALŠÍ DOPORUČENÍ?
1	Gymnázium		Žádné	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	2	9	Konečně jsem poznala výrobní stroje, nikdy jsem se do žádné dílny nedostala.	Pro osoby jako jsem já - naprosté laiky	Doplnit audio o videozáznam či vizualizaci procesu	Nedostala jsem se do finální části procesu, výrobek nešlo vzít z krabice. Chybí tutorial, úplně jsem nevěděla co dělat.	Nemám s výrobními stroji zkušenost, nemůžu soudit.	Moc se mi aplikace líbila, ráda virtuální realitu vyzkouším znovu.
2	Průmyslovka – strojní		Krátkodobá brigáda s velmi omezeným přístupem ke strojům	Ne, o toto téma jsem se nikdy hlouběji nezajímala	5	7	ukázka toho, co se točí a co ne -> výrobek/stroj/přípravek	spolužačky a spolužáci	lepší barvy - kontrast	někdy nebylo jasné, co mám dělat	velikost strojů, dveří	zmenšit prostor, vylepšit barvy a hlasitost zvuků
3	Gymnázium		Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	4	6	seznámení se s výrobou v bezpečném prostředí virtuální realita	pro lidi co to neznají	vysvětlit co přesně dělat a proč	nevím	zrychlené, zjednodušené	více vizuálních pomůcek
4	Průmyslovka – strojní		Brigáda na jednom či dvou strojích, Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy, Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	8	8		studenty gymnázií	zlepšit fezné podmínky	Přidat více strojů	zlepšení grafiky	zlepšit navigaci
5	Průmyslovka – strojní		Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ano, vlastním zařízení pro VR	2	8	Poznání strojů a jejich pohyb	Pro studenty neprůmyslových škol	dotat video z výroby	lepší provázení hrou, lépe určit co dělat	neutazeni sveraku	lepší tutorial, lepší označení kroků, jdou přeskočit kroky vůči zvuku
6	Gymnázium		Žádné	Ano, vlastním zařízení pro VR	4	8	přímá vizualizace strojů	pro studenty středních škol-gympl,ekomka apod./ Pro student, kteří mají zapsaný předmět ZTO	Při proslovu o strojích by byl vhodný doprovodný vizuál, proces stroje není zcela viditelný	Vylepšit manuál -> kroky obrábění, není vždy zcela jasné, co se má dělat / bílne souřadnicový systém	Ve skutečnosti nemusím vždy odkládat obrobek do KLT	Vylepšit proces -> ne vždy je zjevné, co má člověk udělat
7	Průmyslovka – strojní		Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet v rámci studia	8	9	-	Pro neproškolenou obsluhu, co nikdy neviděla obráběcí stroj	Přínos byl dostatečný	Dostatečně příjemné	program je přesný	ne
8	Průmyslovka – nestrojní	2 3 5	Žádné	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	7	9	poprvé jsem si vyzkoušel takovýto výrobní proces	pro lidi, kteří s tímto procesem nemají zkušenosti	více popisu	soutěž proti ostatním	nemám zkušenosti	výkres by se mohl dát vzít do ruky
9	Průmyslovka – strojní	3 6 9 , 9 2	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy, Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, o toto téma jsem se nikdy hlouběji nezajímala	7	10	žádný	pro lidi, kteří o tom vůbec nic nevědí a chtějí/potřebují znát postupy	u soustruhu aby byly funkční i ostatní osy posuvu. Upozornění na rotující části	Za mě dostačující	U soustruhu pohyblivé osy u nože	posouvání nože

## Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Bc. Michal Vondrášek

1 0	Gymnázium	4 6 4 2	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	8	9	První vyzkoušení VR	Pro zaměstnance výrobního podniku	Žádné velké mezery nevidím, stačila by nejspíše určitá optimalizace ovládání	Vychytat technické "mouchy" a zvýšit toleranci ovládání na nepřesné trefení tlačítek	Úchop není úplně přirozený a program ne vždy reaguje na první pokus (pokud není trefeno přesné místo	nic mě nenapadá
1 1	Průmyslovka – strojn	5 9 7 9 4	Brigáda na jednom či dvou strojích, Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy, Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, o toto téma jsem se nikdy hlouběji nezajímal/a	7	3	Jen vyzkoušení VR	Pro někoho, kdo ani neví, jak vypadá soustruh	Pro začátečníky je přínos dostatečný	Celkově trvalo než se mi nějaká funkce spustila, několikrát jsem musel klikat, v tom mě to moc nebavilo	Tak třeba utažení obrobku, volba nože, navolení otáček	viz předchozí
1 2	Průmyslovka – strojn	4 8 2 1	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	8	9	Zkouška VR	Pro ty, které to zajímá a nemají přístup ke strojům	-	Přidat výběr nástrojů	Nandavání nástrojů	Pouze dovylepsit funkčnost tlačítka u frézy
1 3	Průmyslovka – strojn	3 1 2	Brigáda na jednom či dvou strojích, Několik povinných praktik ve škole, spíše jen k pozorování	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	7	9	žádný	operátory výroby/dělníky	větší komplexnost	-	Zjednodušení (Např. nebylo hýbáno s nožem při soustružení	-
1 4	Gymnázium	2 0 5 6 2	Krátkodobá brigáda s velmi omezeným přístupem ke strojům	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	8	6	Vyzkoušel jsem si, že moje čistě teoretické znalosti v "realitě"	Lidi s skoro nulovou znalostí výroby	Větší možnosti používání od strojů	Zavést do programu komplexitu a možnosti opravdového obrábění	Proces obrábění nelze zkažit	Všechno jsem už zmínil
1 5	Gymnázium		Žádné	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	8	7	Viděl jsem výrobu hřidel v bezpečí učebny	Pro lidi co objevují strojírenský svět	Ukázat na začátku jak má finální produkt vypadat, vysvětlit jednotlivé stroje, nechat více času samostatně pracovat bez nápovědy	Potenciál hry vidím spíše vzdělávací než zábavný, ale pokud je snaha dělat ji spíše hru pro zábavu, přidání nějakých zábavných možností (nabarvit hřidel, prodat, ...)	Nevím	-
1 6	Gymnázium		Brigáda na jednom či dvou strojích	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	6	8	Jak se pracuje s určitými přístroji	as jakožto doplňující kurzy např.: Montáže, sváření, atd... a podle výsledků obdržení certifikátu	Zobrazit (výrobu) obsah programu o více podrobnosti a třeba náhodně vložené závady, které se normálně v praxi stávají	Více dopodrobna, přesnější výroba, přidání závad (nebo přijmutí urgentní zakázky, která má přednost)	V jednoduchosti, praxe je přece jenom složitější, rizikovější a né tak přímočará	asi to co jsem již zmínil
1 7	Průmyslovka – strojn	3 1 5 1	Několik povinných praktik ve škole, spíše jen k pozorování, Krátkodobá brigáda s velmi omezeným přístupem ke strojům	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	7	10	Audionahrávky	Pro někoho kdo nechočil na průmku	např. přidat typy polotovaru = normalizované, odlišky atd.	Zdvihání obrobku ze země mi přišlo kostrbaté Snížil bych výšku avatara	U soustruhu by se mi líbilo přidávat animaci upínání do sklíčidla	Přidat upínací nástroje
1 8	Gymnázium	2 2 3 6 8	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	9	10	Vyzkoušení si výrobního postupu	Obecně bych řekl, že pro gymnazisty	Sandbox, kde by bylo možné obrobít hřidel přesně podle svého	-II-	Zkušenosti s obráběním nemám, takže nemůžu posoudit	Program testovat v místnosti s lepším osvětlením nebo ovládním pomocí VR ovladačů. K programu

												doporučení nemám asi ne
1 9	Průmysl ovka – strojn	3 8 0 , 7 5	Aktivní zkušenosti na praktických střední školy, Vlastní hobby stroj (i NC), Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	10	10	Vše jsem znal	pro studenty gymnázia	asi nedokážu říct	-	pořád to není realita	
2 0	Průmysl ovka – strojn	1 9 7 , 5 2	Brigáda na jednom či dvou strojích, Aktivní zkušenosti na praktických střední školy	Ne, o toto téma jsem se nikdy hlouběji nezajímal/a	9	8	-	Pro studenty nestrojních škol	Možná přidat více strojů (ale je to již dostačující)	-	-	-
2 1	Průmysl ovka – strojn	2 3 2 , 5 6	Aktivní zkušenosti na praktických střední školy	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	8	7	Přínos neměl žádný, jsem obeznámen se základy strojního obrábění	Pravděpodobně někomu, kdo nemá s prací na výrobních strojích žádná zkušenosti	Za mě je koncepce v pořádku	Vytkl bych pouze trochu nižší citlivost tlačítek	Možnost zvedat těžké předměty jednou rukou, nicméně pro účely hry je to pravděpodobně vhodnější	nikoliv
2 2	Průmysl ovka – strojn	1 7 2 , 1	Aktivní zkušenosti na praktických střední školy	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	9	9	Jelikož jsme to dělali na střední škole, tak už jsem to znal, ale osvěžilo mi to paměť	Pro někoho, kdo ještě nikdy neviděl soustruh, vrtačku, frézu pro základní školy, když se žáci rozhodují kam dál na školu	Nenapadá mě nic konkrétního	Přijde mi dostatečné zábavný, možná zkusit přidat více procesů, např. výrobu polotovárů	Nepřijde mi, že by se odkláněl	Možná bych přidal chlazení emulzí
2 3	Průmysl ovka – strojn	2 7 5 , 1 5	Brigáda na jednom či dvou strojích, Aktivní zkušenosti na praktických střední školy, Vlastní hobby stroj (i NC)	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet v rámci studia	10	8	asi v ničem, vše znám	Pro ty co mají zájem vědět o tom jak stroje fungují	více prvků, jako nastavení otáček atd.	aby byl delší	asi v ničem, jen v nastavení dalších parametrů	asi ne
2 4	Průmysl ovka – strojn	1 7 5 , 2 0 2	Brigáda na jednom či dvou strojích, Aktivní zkušenosti na praktických střední školy, Vlastní hobby stroj (i NC)	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	10	9	porozumění jak stroj pracuje	Doporučil bych to všem co se o to zajímají a pracují u takových strojů	-	zvětšil bych počet kroků	Třeba vkládání materiálu do strojů	-
2 5	Gymnázium		Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	9	9	Porozumění jak stroje vypadají a jakým způsobem se kolem nich pohybovat jaký postup při výtvoru nějakého předmětu	Pro lidi kteří nemají zkušenost se stroji a aby zjistili jak se s nimi pracuje	vizuální popisky soubčástí	Zvětšit nebo zvýraznit další kroky po delším čase (pro lidi, kteří nikdy nebyly ve VR může být prostor intenzivní)	Nemám zkušenosti s takovými stroji	nějak zvýraznit (třeba zvuk), že člověk ukončil workshop
2 6	Průmysl ovka – strojn	6 0 1 , 1 2 3	Aktivní zkušenosti na praktických střední školy	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	9	10	Bližší porozumění tomu jak stroje fungují, hlavně práce soustruhu je zajímavá	Pro ty co mají zájem vědět o tom jak stroje fungují	Nic bych v tomto směru neupravoval	Jen aby lépe reagoval na to, když zmáčknete nějaké tlačítko	Nemám zkušenost, toto bylo poprvé	Nemám
2 7	Technic ké Lyceum strojn	3 6 9 , 4	Několik povinných praktik ve škole, spíše jen k pozorování, Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	10	10	Možnost "ošahat" si výrobní postup, lepší než to vidět jen na papíře	pro učně na odpovídajících oborech	přidat kroky, případně se zaměřit více na detaily v jednotlivých krocích	přidat asistentku (vyvinutou) místo vypravěče dostávat body za správný postup, naopak ubírat body za přeskočení výrobního kroku	menší hluk, velký úběr materiálu, rychlost obrábění	udělat program komplexnější, přidat možnost udělat špatný krok a vyrobil zmetek, nebo zničit stroj

## Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Bc. Michal Vondrášek

28	Gymnázium	29372	Brigáda na jednom či dvou strojích	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	10	10	Porozumění jednotlivým procesům výroby hřídele.	Pro studenty, kteří nemají žádnou zkušenost s výrobou a nevědí, jak probíhají jednotlivé výrobní postupy.	Přesnější nastavení jednotlivých strojů. Reálnější postupy při jednotlivých procesech.	zvětšení prostoru ve kterém se pracuje	Zjednodušení soustružení, vrtání, frézování	-
29	Gymnázium	27566	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	8	10	Zajímavým způsobem vysvětlen základní postup při výrobě hřídele	Určité pro studenty středních škol na průmyslovce pro první seznámení s postupy pro lidi, kteří nemají s praktickým použitím žádné zkušenosti	Aktuálně mě nic nenapadá, audio doprovod dobře doplňuje vizuál hry	za mě zábavná forma již teď	První setkání s výrobním procesem, takže netuším	Pokračovat a rozšířit o další možnosti. Vidím potenciál využití na středních školách
30	Průmyslovka – strojní	43438	Brigáda na jednom či dvou strojích	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet v rámci studia	8	9	vizuální prostředí		detailní zobrazení fezných procesů	-	ukládání polotovaru vždy zpátky do krabice	-
31	Gymnázium	42755	Ruční vrtačka a pár běžných nástrojů	Ne, ale téma mě zajímá a chtěl/a jsem to zkusit	10	10	osobně jsem poznal rozdíl mezi vrtačkou a frézkou	dokážu si představit při školení nováčků v závodě nebo dílně	Rozšířit základní poznání o detily jednotlivých procesů apod.	Dle mého je zábavnost na dobré úrovni. Při zvýšení zábavnosti by klesla vzdělávací stránka programu Možná na začátku uvést, jak bude program pomáhat uživateli i s krátkou vizualizací	Citlivost při mačkání tlačítek na nástrojích, ale nenej to překážka, po druhém pokusu si člověk zvykne	Již jsem vše zmínil
32	Průmyslovka – strojní	22846	Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy, Vlastní hobby stroj (i NC)	Ne, o toto téma jsem se nikdy hlouběji nezajímá/a	9	7	Vše jsem již znal	pro kohokoliv, kdo nikdy na těchto strojích nedělal.	Možná více ovládacích prvků na stroji	Více grafických interakcí při obrábění	Velký záběr třísky (i mimo břity) na soustruhu Zbytečné navrtávání na vrtačce a následně další upínání	mohlo by být i upínání nástroje vyšší odkládací místa (aby se člověk nemusel tolik sklánět)
33	Gymnázium	3633	Žádné	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	9	9	jak vypadá soustruh, vrtačka,... ukázka praxe (+ teorie)	Střední neodborné školy (gympl,...0 neznají praxi, jenom teorii	Textové označení mohli pracovat s materiálem a poznat co to je a kam dále pokračovat	nemám nějaké extra výhody, akorát grafika by mohla být lepší	Rychlost špony a pod	Text u konkrétních strojů ( Např nezkušený neví co je soustruh nebo vrtačka)
34	Průmyslovka – strojní	23658	Brigáda na jednom či dvou strojích, Aktivní zkušenosti na praktikách střední školy	Ano, měl/a jsem možnost si VR vyzkoušet mimo studium	10	7	V tom, že vidím, že VR nemusí být jen na zábavné (střilečky), ale i edukativní	Pro učně na šs nebo možná děti na zš	Udělat to podrobnější (menší špona atd.) Možní více strojů	-II-	Moce velká špona, špatné upínání do svěráku, zbytečné upínání do vrtačky a pak do frézky.	Zkusit udělat delší hru od slévání až obrábění -> montáž