

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA JADERNÁ A FYZIKÁLNĚ INŽENÝRSKÁ

Katedra softwarového inženýrství

Studijní program: Aplikace informatiky v přírodních vědách



# Využití metod virtuální reality pro vizualizaci numerické simulace dynamiky tekutin

## Utilization of virtual reality tool for the visualization of fluid flow numerical simulation

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval: Martin Tůma  
Vedoucí práce: Ing. Pavel Eichler, Ph.D.  
Rok: 2025

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Děčíně dne .....

.....

Martin Tůma

*Název práce:*

**Využití metod virtuální reality pro vizualizaci numerické simulace dynamiky tekutin**

*Autor:* Martin Tůma

*Studijní program:* Aplikace informatiky v přírodních vědách

*Specializace:* –

*Druh práce:* Bakalářská práce

*Vedoucí práce:* Ing. Pavel Eichler, Ph.D.

Katedra softwarového inženýrství, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, České vysoké učení technické v Praze

*Konzultant:* –

*Abstrakt:* Popis práce česky

*Klíčová slova:* Virtuální realita

*Title:*

**Utilization of virtual reality tool for the visualization of fluid flow numerical simulation**

*Author:* Martin Tůma

*Abstract:* Popis práce anglicky

*Key words:* Virtual reality

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>5</b>
<b>1 Využití Unity pro VR vizualizaci</b>	<b>7</b>
1.1 Úvod do Unity . . . . .	7
1.2 Práce s Texturami v Unity . . . . .	10
<b>2 Mřížková Boltzmannova metoda</b>	<b>13</b>
<b>3 Návrh a implementace programu</b>	<b>14</b>
3.1 Postup při návrhu . . . . .	14
3.2 Technické detaily implementace . . . . .	14
<b>Závěr</b>	<b>15</b>
<b>Seznam použitých zdrojů</b>	<b>16</b>
<b>Přílohy</b>	<b>18</b>
<b>A Dokumentace k aplikaci</b>	<b>18</b>

# Úvod

S technologickým vývojem se objevila z různých specializovaných důvodů potřeba manipulovat s daty ve 3-rozměrném prostoru a tak byly vyvinuté technologie, které toto zobrazení umožňují. Mezi tyto technologie patří VR (Virtual Reality), AR (Augmented Reality) a MR (Mixed Reality). VR je technologie která nám umožňuje vstoupit do digitálního světa a manipulovat s 3D objekty, AR zachovává prvky opravdového světa a přidává k němu digitální "displej" (představme si například jako HUD v herním světě). MR se snaží tyto dvě technologie zkombinovat a poskytnout možnost, jak rozšířit opravdový svět o 3D objekty se kterými je možné manipulovat. V této práci se budeme zabývat VR světem, který je atraktivní pro různé průmysly, v praxi se můžeme setkat například s využitím v zábavním průmyslu, medicíně[10], ale i třeba v stavebnictví[11]. Pro plné využití je třeba použít vhodné hardwarové vybavení. Na trhu máme na výběr z několika různých výrobců a modelů, například Meta Quest[4] od společnosti Meta, HTC Vive[1] od společností Valve a HTC nebo Valve Index[2]. Hardware se liší hlavně v tom, jaké aplikace a knihovny ho podporují. Tato práce bude prováděna za použití Valve Index[2], jelikož k tomuto hardwaru máme přístup a je široce podporovaný.

Pro účel vytváření aplikací lze v dnešní době použít různé softwarové nástroje. Prvním příkladem těchto nástrojů jsou game enginey Unity[5] a Unreal Engine[7]. Tyto enginey nám poskytují možnost vytvořit aplikaci pomocí již předpřipravených knihoven a nástrojů, mezi nimiž nalezneme například detekci vstupu hardwaru[6], nebo nástroje pro multiplatformní vývoj[20]. Tyto enginey jsou používány v různých odvětvích, jako je stavebnictví[11] nebo ve zdravotnictví (produkty od Virtamed[10]).

Aplikace ParaView[12] poskytuje možnost pracovat s formáty souborů běžně používaných ve vědecké činnosti a poskytuje možnost vytvářet skripty pro automatizaci práce[23]. Dalším příkladem je NVIDIA IndeX, který se zaměřuje na práci s výpočetními clustery[14]. NVIDIA IndeX také existuje jako plugin pro ParaView umožňující 3D interakci s obrovskými datasety[13].

Pro tvorbu aplikací na nižší programovací úrovni můžeme použít knihovnu OpenVR[16], což je open source knihovna pod licenci BSD-3-Clause license[16]. Tato knihovna je vhodná pro případy, kdy chceme přímo manipulovat s hardwarem[16], její dokumentace je ale nedostatečná a tak práce s touto knihovnou není přímočará a je třeba tuto knihovnu prostudovat do hloubky.

V rámci této práce budeme využívat Unity pro tvorbu naší aplikace a to hlavně z důvodu dostupnosti softwaru, kompatibility s naším hardwarem[17] a disponibilitou různými rozšířeními (toolkity), které usnadňují práci s VR hardwarem, například

XR Interaction Toolkit[18].Budeme se zabývat použitím VR pro účel vizualizace numerických simulací v reálném čase. Tato aplikace půjde potencionálně využít při hlubším studiu jevů vyskytujících se v problematice proudění tekutin či jako rozšiřující prvek výuky studentů z FJFI.

# Kapitola 1

## Využití Unity pro VR vizualizaci

### 1.1 Úvod do Unity

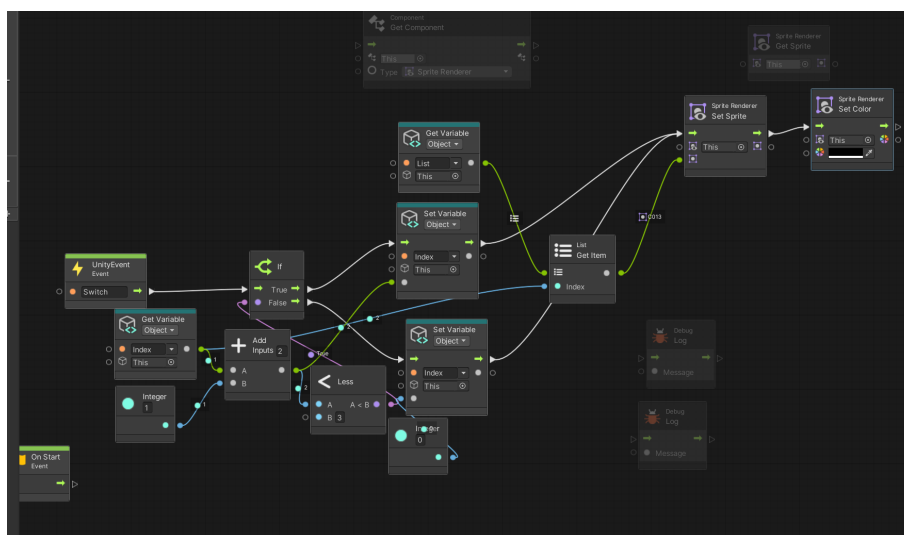
Unity je multiplatformní herní engine vyvinutý společností Unity Technologies. Byl vyvinutý za cílem umožnit vývojářům vytvářet interaktivní 3D a 2D obsah za využití různých robustních vestavěných možností.

Struktura projektu v Unity je zaměřená na scény, každý projekt má počáteční scénu, která lze vidět na obr.1.1, ve které se nacházejí objekty (také někdy označováno "assets", což nemusí označovat nutně pouze objekty, ale i skripty). V hlavním okně se můžeme setkat s několika různými panely, v rozložení "Default" nalezneme na levém panelu list všech objektů momentálně používaných ve scéně. Uprostřed vidíme jak naše scéna bude vypadat po spuštění projektu. Na pravém panelu se nachází vlastnosti momentálně vybraného objektu. Dole je umístěn souborový prohlížeč. Tento layout můžeme kdykoliv změnit na jiný podle preference.



Obrázek 1.1: Ukázka rozložení ovládání a vizualizace scén v aplikaci Unity.

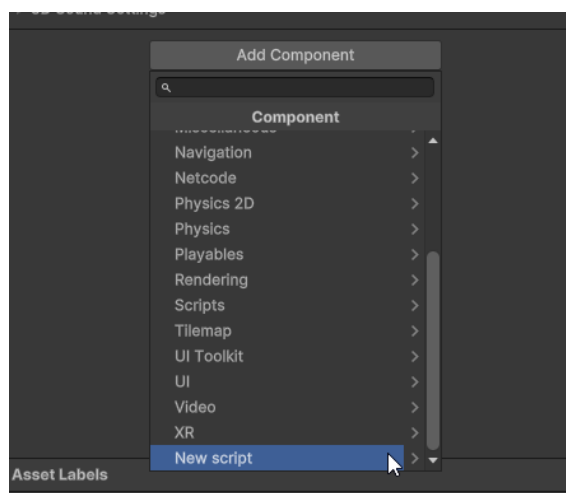
Programovat v Unity můžeme buď za pomoci vizuálního programování, viz obr.1.2, či za pomoci skriptování v jazyce C#.



Obrázek 1.2: Ukázka tvorby skriptu v Unity pomocí vizuálních prvků.

Výtvar skriptu probíhá následovně: nejprve klikneme na požadovaný objekt, v pravém panelu najdeme tlačítko "Add Component" a v tomto submenu zvolíme možnost "New script", viz obr.1.3.

Po pojmenování nového skriptu ho nalezneme v souboru Assets, odkud ho můžeme rozkliknout a otevřít pro editování v externím editoru, nikoliv v Unity.



Obrázek 1.3: Submenu pro přidání skriptu k objektu v Unity.

Při vytvoření skriptu touto metodou se nám zobrazí již předgenerovaná "kostra" skriptu, se kterou můžeme následovně pracovat, viz obr.1.4.



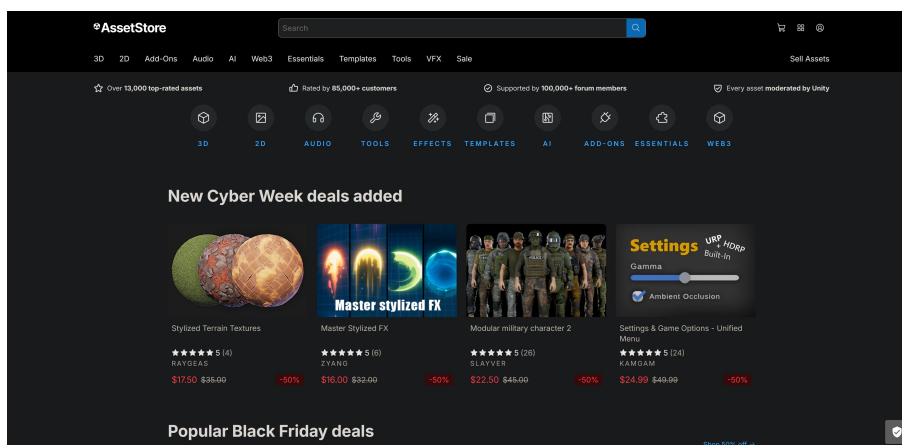
```

G: > Unity > projects > My project > Assets > NewBehaviourScript.cs
1  using UnityEngine;
2
3  public class NewBehaviourScript : MonoBehaviour
4  {
5      // Start is called once before the first execution of Update after the MonoBehaviour is created
6      void Start()
7      {
8
9      }
10
11     // Update is called once per frame
12     void Update()
13     {
14
15     }
16 }
17

```

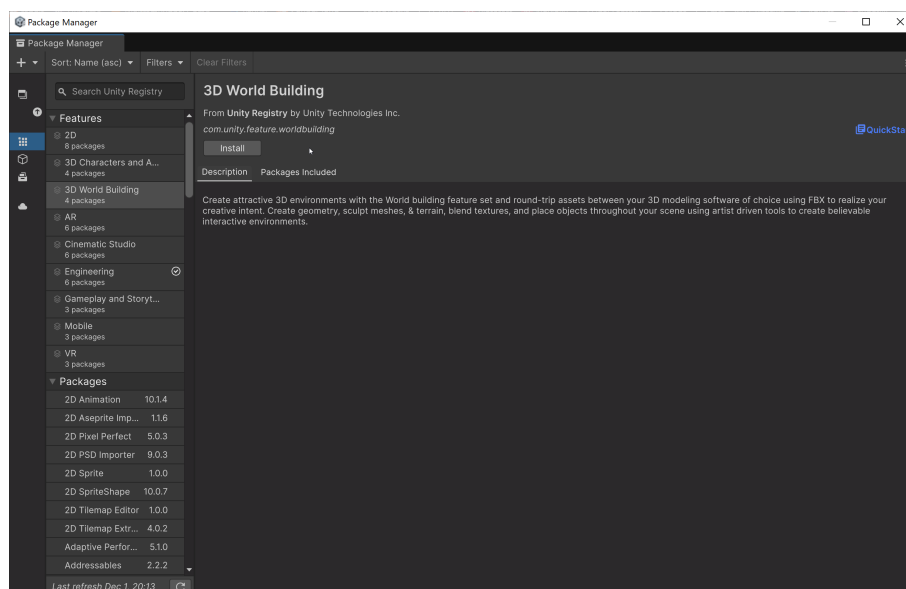
Obrázek 1.4: Nový skript po vytvoření pomocí Add Component.

V Unity se také setkáme s Unity Asset Store, což je virtuální tržiště, na kterém lze získat různé assety, například skripty, předpřipravené scény, nebo různé nástroje pro ulehčení specifických činností, které mohou, ale nemusí, být zpoplatněné, viz. obr.1.5



Obrázek 1.5: Úvodní stránka Unity Asset Store

Pro specializované potřeby lze v Unity pracovat s balíky ulehčující tuto práci nazývané Packages. Pokud by jsme je chtěli spravovat musíme se nejdřív dostat do Package Manager okna, ke kterému se lze dostat přes Window a poté Package Manager. V tomto okně můžeme spravovat již nainstalované package, či instalovat nové, viz. obr.1.6.



Obrázek 1.6: Unity Package Manager

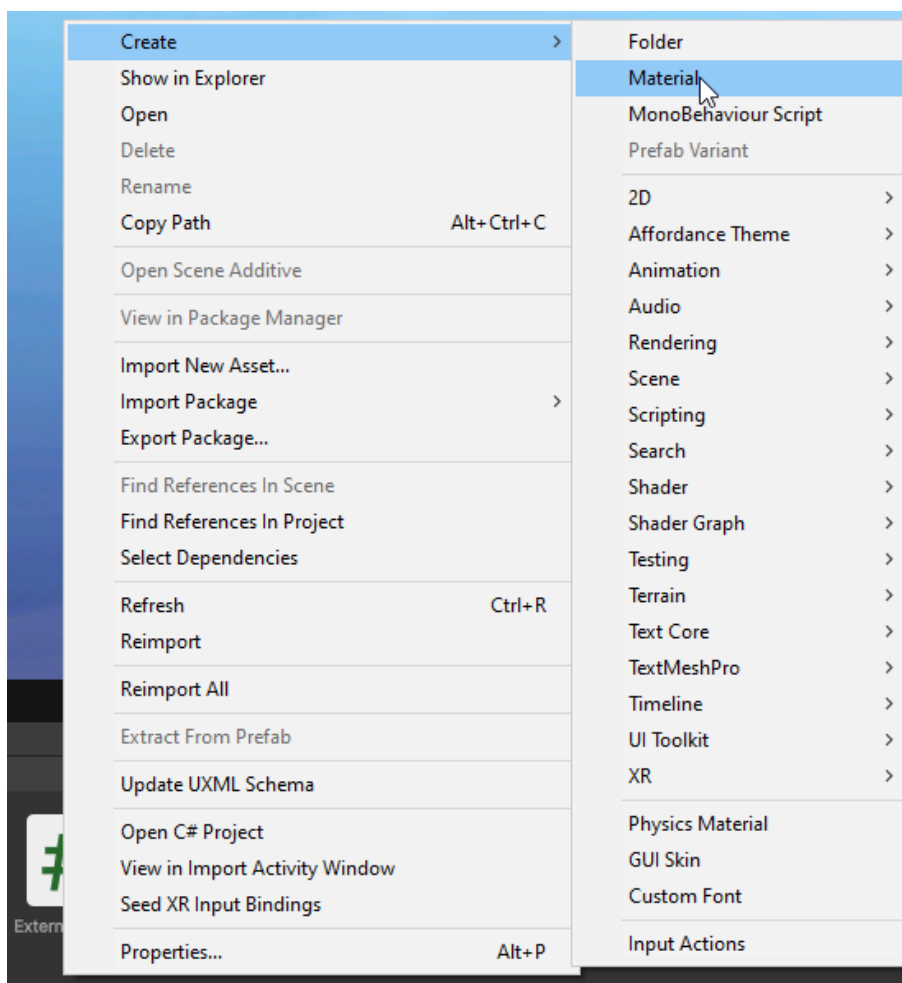
K práci ve VR budeme využívat následující packages - XR Interaction Toolkit, XR Plugin Manager, XR Hands, OpenXR Plugin a pro debugování MockHMD XR Plugin.

Tyto package nám poskytují potřebnou funkcionalitu pro rozpoznávání nejen našeho použitého VR headsetu, ale také pro interakci za použití ovladačů (XR Hands). Pro debugování použijeme MockHMD XR Plugin, jež simuluje VR hardware, je použitý z důvodu nepraktičnosti nasazování VR headsetu pro každé testování.

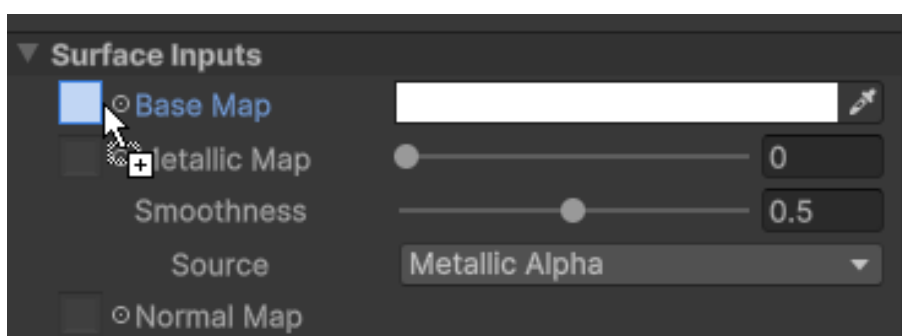
## 1.2 Práce s Texturami v Unity

K zobrazení obrázků používáme v Unity textury, primárně Texture2D[21] a Texture3D[22]. Pro naše potřeby je postačující Texture2D, jelikož naše simulace je 2D. Důležité je zmínit, že nesmíme zaměnit pojmy Material a Texture, textura je prakticky obrázek různého formátu, mezitím co materiál můžeme chápat jako popis toho, jak se má povrch objektu renderovat, v materialu se také textura bere jako jeden z parametrů.

Po položení objektu do scény si můžeme všimnout, že nemá ze začátku texturu, tu mu teprve musíme přidat vytvořením vlastního materiálu. Materiál vytvoříme pomocí pravého kliknutí v Assets, navigujeme pod Create, rozklikneme Material a tím získáme nový materiál, viz obr.1.7, nyní mu přidáme texturu tím, že přetáhneme námi vybraný obrázek do políčka Base Map, které nalezneme v Inspectoru pod Surface Inputs na našem materiálu, viz. obr.1.8.

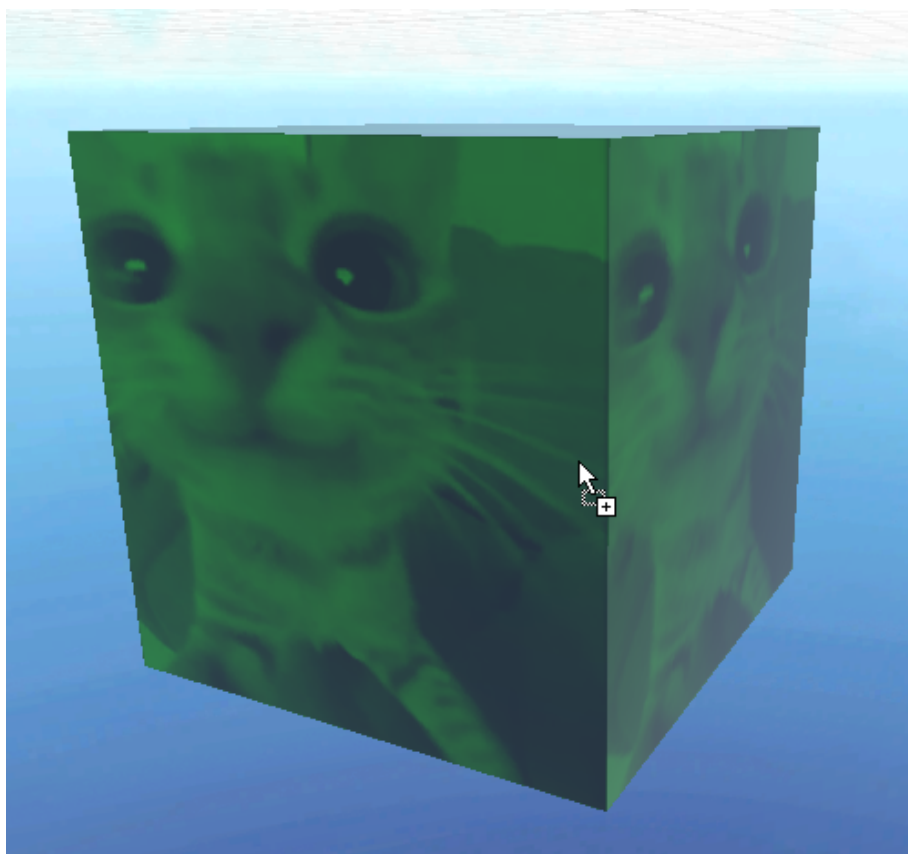


Obrázek 1.7: Ukázka menu pro vytvoření nového materiálu v Unity.



Obrázek 1.8: Ukázka přetáhnutí do políčka pro vytvoření textury, textura je parametrem materiálu.

Materiál aplikujeme na objekt přetažením materiálu na jméno zvoleného objektu v hierarchii scény nebo přímo na něj ve scéně, viz. obr.1.9.



Obrázek 1.9: Ukázka aplikace materiálu na Cube3D objekt uvnitř scény.

## Kapitola 2

### Mřížková Boltzmannova metoda

## Kapitola 3

# Návrh a implementace programu

### 3.1 Postup při návrhu

### 3.2 Technické detaily implementace

# Závěr

Zde napište text závěru své práce (1-3 strany, nerozdělujte na podkapitoly) nebo jej vložte ze samostatného souboru: např. příkazem `\input{vnitrek_zaver.tex}`.

Závěr by měl obsahovat shrnutí práce a zopakovat/zdůraznit, jaké jsou výsledky. Může obsahovat i náměty na budoucí rozšířené práce.

V závěru práce byste neměli hodnotit svou práci – to udělají členové komise při státní závěrečné zkoušce.

# Literatura

- [1] HTC. *HTC Vive* [online]. 2016 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.vive.com/us/>
- [2] VALVE CORPORATION. *Valve Index* [online]. 2019 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://store.steampowered.com/valveindex>
- [3] VALVE CORPORATION. *Half-Life: Alyx* [online]. 2020 [cit. 2024-11-10]. Dostupné z: [https://store.steampowered.com/app/546560/HalfLife\\_Alyx/](https://store.steampowered.com/app/546560/HalfLife_Alyx/)
- [4] META. *Meta Quest* [online]. 2020 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.meta.com/quest/quest-pro/>
- [5] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity VR OpenXR* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.openxr@1.13/manual/index.html>
- [6] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity VR dokumentace ovládaní* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/560/Documentation/Manual/OpenVRControllers.html>
- [7] EPIC GAMES. *Unreal Engine XR* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US/xr>
- [8] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity VR* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://unity.com/solutions/vr>
- [9] EPIC GAMES. *Precision OS* [online]. 2020 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US/spotlights/vr-medical-simulation-from-precision-os-trains-surgeons-five-times-faster>
- [10] VIRTAMED AG. *Virtamed simulace* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.virtamed.com/en/custom-solutions/virtual-reality>
- [11] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity VR case study stavebnictví* [online]. 2017 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://unity.com/case-study/outhere-and-skanska>
- [12] KITWARE. *ParaView VR dokumentace* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.kitware.com/navigation-basics-in-virtual-reality-with-paraview/>



- [13] NVIDIA. *NVIDIA IndeX dokumentace* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://catalog.ngc.nvidia.com/orgs/nvidia-hpcvis/containers/paraview-index>
- [14] NVIDIA. *NVIDIA IndeX* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://developer.nvidia.com/index>
- [15] EPIC GAMES. *Unreal Engine XR dokumentace* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: [https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/developing-for-xr-experiences-in-unreal-engine?application\\_version=5.4](https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/developing-for-xr-experiences-in-unreal-engine?application_version=5.4)
- [16] VALVE CORPORATION. *OpenVR* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://github.com/ValveSoftware/openvr>
- [17] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity VR podpora* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/560/Documentation/Manual/VRDevices-OpenVR.html>
- [18] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity XR interaction toolkit* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@2.3/manual/index.html>
- [19] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity VR dokumentace* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/VROverview.html>
- [20] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity multiplatform* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://unity.com/solutions/multiplatform>
- [21] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity dokumentace Texture2D* [online]. 2024 [cit. 2024-12-08]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Texture2D.html>
- [22] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity dokumentace Texture3D* [online]. 2024 [cit. 2024-12-08]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Texture3D.html>
- [23] KITWARE. *ParaView scripting* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.paraview.org/scripting/>

# **Příloha A**

## **Dokumentace k aplikaci**