

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



Bakalářská práce

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kramný** Jméno: **David** Osobní číslo: **460433**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení stavebnictví**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Management a ekonomika ve stavebnictví**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Rozbor problematiky využití technologie VR pro prezentaci dodavatele stavebních výrobků a její ekonomické posouzení

Název bakalářské práce anglicky:

Analysis of VR usability and economical assessment for manufacturer presentation of products in construction industry

Pokyny pro vypracování:

- Úvod, vymezení tématu, stanovení cílů a výstupů.
- Teoretický úvod do problematiky VR, její využití ve stavebním průmyslu, VR z pohledu dodavatele stavebních prvků.
- Průzkum trhu v oblasti technologie VR a jejího využití ve stavebním průmyslu v ČR.
- Ekonomické a procesní posouzení možností dodavatele stavebních výrobků využití VR pro prezentaci.
- Případová studie nasazení technologie VR pro dodavatele stavebních výrobků.
- Závěr, shrnutí, vyhodnocení cílů, diskuze.

Seznam doporučené literatury:

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Lee, G. (2018) BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. John Wiley & Sons. ISBN: 978-1-11-928753-7
Whyte, J., Nikolić, D. (2018) Virtual Reality and the Built Environment. Routledge. 978-1138668768

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Petr Matějka, Ph.D., katedra ekonomiky a řízení stavebnictví FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **25.02.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26.05.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Petr Matějka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího bakalářské práce Ing. Petra Matějky, Ph.D. a konzultanta Ing. arch. Roberta Boušky.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 23. května 2019

.....

David Kramný

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Ing. arch. Robertu Bouškovi za konzultace v oblasti virtuální reality a využití ve stavebnictví. Dále poděkování patří panu Ing. Michalu Márovi za konzultaci ohledně balisticky odolného cementového kompozitu vzniklého v experimentálním centru na ČVUT, Fakultě stavební. Poděkování směřuji také panu Ing. Petru Matějkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky k tvorbě práce, z pozice vedoucího bakalářské práce.

**Rozbor problematiky využití technologie VR
pro prezentaci dodavatele stavebních výrobků
a její ekonomické posouzení**

*Analysis of VR usability and economical assessment
for manufacturer presentation of products
in construction industry*

Abstrakt

Tato práce je zaměřena na možnosti prezentace prvků a výrobků stavební výroby v prostředí virtuální reality. Úvodní část představuje základní komponenty a principy pro běh virtuálního prostředí. V další části jsou popsány dvě možné varianty sestav pro přípravu virtuálního modelu, včetně zmapování nákladů obou variant. V praktické části je prezentována případová studie spolu s vyčíslením celkových nákladů prezentace modelu virtuálního a fyzického.

Klíčová slova: virtuální realita, prezentace, balisticky odolný cementový kompozit, model, ekonomické posouzení, náklady prezentace

Abstract

This thesis is focused on the possibilities of presentation of elements and products of building production in virtual reality environment. The introductory part introduces the basic components of the virtual environment setup. In the next part are described two possible variants of assemblies for the preparation of the virtual model including the mapping of the costs of both variants. In the practical part, a case study is presented together with a quantification of the total costs of the virtual and physical model presentation.

Key words: virtual reality, presentation, ballistic resistant cement composite, model, economical assessment, presentation costs

Obsah

1	Úvod	7
2	Virtuální realita.....	8
3	Stavebnictví a VR v České republice	9
4	Interakce s virtuální realitou	11
4.1	Náhlavní souprava	12
4.2	Ovladače	13
4.3	Senzory	16
5	Vliv VR na psychiku člověka.....	18
6	Náklady přípravy virtuálního modelu	20
6.1	Varianta 1.....	21
6.1.1	Revit	22
6.1.2	Prospect	22
6.1.3	HTC Vive	25
6.1.4	Alza Gamebox Gtx 1060.....	26
6.2	Varianta 2.....	27
6.2.1	Blender	28
6.2.2	Twinmotion	28
6.2.3	Oculus rift.....	29
6.3	Srovnání variant.....	30
7	Návrh a příprava případové studie.....	31
7.1	Experimentální kompozit s balistickou odolností.....	31
7.2	Prvky.....	33
7.3	Posouzený výrobek - šestihran	35
7.4	Virtuální model	36
8	Ekonomické a procesní posouzení prezentace výrobku.....	37
8.1	Celkové náklady na prezentaci - virtuální model	38
8.2	Celkové náklady na prezentaci - fyzický model	39
9	Příklad dvojnásobného modelu	43
9.1	Virtuální model	43

9.2	Fyzický model.....	43
10	Závěr.....	44
11	Seznam použité literatury	45
12	Seznam obrázků.....	47
13	Seznam grafů	48
14	Seznam tabulek.....	49
15	Přílohy	50

1 Úvod

Při studiu stavebního inženýrství a zájmu o virtuální realitu postupně rostla snaha o propojení stavebního průmyslu s virtuální realitou. Rozhodující byla účast, umožněná panem Ing. arch. Robertem Bouškou a panem Ing. Petrem Matějkou, Ph.D., na prezentaci balisticky odolného cementového kompozitu, vyvinutého na experimentálním centru fakulty stavební. Spolu s možností podílet se na tvorbě 3D modelu pro prezentaci ve virtuálním prostředí, se tato událost stala milníkem při specifikaci tématu. To vedlo k potřebě zmapování nákladů souvisejících s prezentací virtuálního modelu.

Virtuální realita má velice blízko k hernímu počítačovému prostředí. Zcela zásadní rozdíl je v ovládnání a interakci s virtuálním prostorem, do kterého je uživatel ponořen při nasazení náhlavní soupravy.

Vlastní zkušenost s virtuální realitou, nejen v herním průmyslu, ale i na prezentaci modelu stavebního prvku, se stala inspirací k danému tématu. Virtuální realita umožňuje vyzkoušení možností bez rizika, a to v prostředí, které je od základního konceptu až po ten nejmenší detail navrženo dle představ tvůrce.

Cílem bakalářské práce je zmapovat dvě možné varianty způsobu tvorby a prezentace virtuálních modelů, a to včetně ekonomického posouzení nákladů. Práce je také zaměřena na ekonomické a procesní posouzení celkových nákladů prezentace pro virtuální a fyzický model. Může se tak stát inspirací pro zvolení vhodné metody prezentace obdobných prvků a výrobků stavební produkce.

Přílohou této práce je i ukázka 3D modelu vytvořeném v programu Revit od firmy Autodesk.

V úvodní části je popsán teoretický základ virtuální reality, včetně jejich komponentů a dvě možné varianty sestav s určením nákladů. Na ni navazující praktická část se zaměřuje na konkrétní výrobek, který byl úspěšně prezentován v podobě fyzického i virtuálního modelu.

2 Virtuální realita

Virtuální realita může existovat pouze v mysli tvůrce, nebo může být zprostředkována tak, že je sdílena s ostatními. VR¹ může existovat, aniž aby byla zobrazena ve virtuálních systémech (integrovaná kolekce komponentů hardwaru a softwaru), podobně jako hra filmových scénářů existuje nezávisle na konkrétních případech jejich výkonu. Když je tento popis uveden do života prostřednictvím herců, scén a hudby, zažíváme virtuální svět hry. Podobně počítačový virtuální svět je popis objektů v rámci simulace. [1]

Alternativní světy jsou často vytvořeny v myslích romanopisců, skladatelů a jiných umělců. Virtuální realita je druh moderního média, které nás může ponořit do digitálního světa, kde můžeme prezentovat 3D model. Vnímání existence v prostředí může být čistě duševním stavem, nebo může být dosaženo prostřednictvím fyzických prostředků. Fyzické ponoření je určující vlastností virtuální reality.[1]

Druhy ponoření do VR: [1]

- *Mentální:* stav hlubokého zapojení
- *Fyzické:* syntetický podnět smyslů těla pomocí technologie

Na rozdíl od tradičních médií umožňuje VR účastníkům vybrat si své místo a umístit své tělo a ovlivnit události ve virtuálním světě. Tyto funkce pomáhají učinit realitu přesvědčivější než mediální zážitek bez těchto možností.

Virtuální realita je médium, které nám umožňuje mít simulovanou zkušenost blížící se fyzické realitě. VR nám také umožňuje záměrně snížit nebezpečí fyzické reality a vytvořit scénáře, které v reálném světě nejsou možné. [1]

Postupný vývoj, především v posledních letech, umožnil snazší přístup k hardware a software virtuální reality. Snižující se cenová hladina software i hardware tak vede ke zvyšující se dostupnosti. To umocňuje chuť uživatelů používat systém virtuální reality, vymýšlet nové návrhy využití pro řešení inženýrských výzev a úkolů.[2]

¹ VR – virtuální realita, z anglického: Virtual reality.

Trojrozměrný model umožňuje druhé straně podstatně snáze pochopit nejen samotnou podstatu modelu, ale i všechny aspekty související se zasazením modelu v prostoru. Naprosto klíčovým a zásadním přínosem virtuální reality je zážitek z ponoření a vnímání trojrozměrnosti. [2]

Virtuální realita může být prostředím, které uživateli dokáže vizualizovat objekty na základě skutečného světa, nebo objekty zcela fiktivní. K lepšímu pochopení představy určitého modelu slouží představení trojrozměrného prostředí skrze náhlavní soupravu. Avšak u virtuální reality neprobíhá současně projekce do světa virtuálního i fyzického.[1]

3 Stavebnictví a VR v České republice

Prezentace může být obecně vnímána jako proces, kdy jedna strana chce představit myšlenku druhé straně. Ve stavebním průmyslu tak virtuální realita může nalézt uplatnění především v potenciálu vizualizace.

V České republice nalézají virtuální realita své využití především v architektuře. Právě architekti jsou ti, kteří mají nejcitelnější potřebu prezentovat design vizualizací modelu.

„S rostoucí dostupností helmu pro virtuální realitu jako je Oculus Rift a HTC Vive si virtuální realitu (VR) mohou dovolit architektonické a stavební kanceláře všech velikostí.” [3]

Tradiční prezentace může být v mnoha situacích pro architektonickou praxi nedostačující. Jedná se o představení 3D prezentace 2D způsobem. Vstup do jakéhokoliv modelu prezentovaného virtuální realitou po nasazení HMD² představuje vhled do digitálního modelu na zcela nové úrovni ponoření. [3]

Nasazení HMD pro uživatele představuje celkové zaslepení zraku vůči reálnému světu a uživatel tak věří, že se nachází v prostředí, které vidí v HMD. [3]

² HMD = náhlavní souprava, z anglického: Head mounted display.

„Klienti často nejsou schopni si uvědomit prostorové vztahy a rozměry z pouhého 2D návrhu nebo 3D modelu. Na virtuální realitu reagují lidé stejně jako na fyzickou budovu.“ [3]

„U fyzického modelu nebo modelu v BIM³ si stále ještě musíte v hlavě představit, jaké to je být uvnitř. U VR to můžete rovnou zažít.“ [3]

Například česká firma VR space, která se dříve jmenovala archprint, sídlící v Brně Králově poli, se zaměřuje na 3D vizualizaci digitálních modelů pro architekty. A tato firma zcela trefně uvádí:

„Absence prostorové představitivosti je u veřejnosti běžná, ale lze ji dnes nahradit různými způsoby. Vnímání prostoru je však velice subjektivní a individuální. Když jsou investoři vnořeni do projektu a uvidí ho v měřítku 1:1, jsou tak schopni získat mnohem lepší cit pro to, co chtějí.“ [4]

Architektonická kancelář Qarta, využívající technologie virtuální reality uvádí, že VR je velmi přínosný prostředek pro prezentaci nejen modelů, ale i celých projektů. A to jak veřejnosti, tak i investorovi. Klient může vidět, jak bude prostor vypadat a to včetně barev, detailů a vlastností dispozice. Tato firma úspěšně vyzkoušela převést do virtuální reality návrh domu za účelem procházky v interiéru. [5]

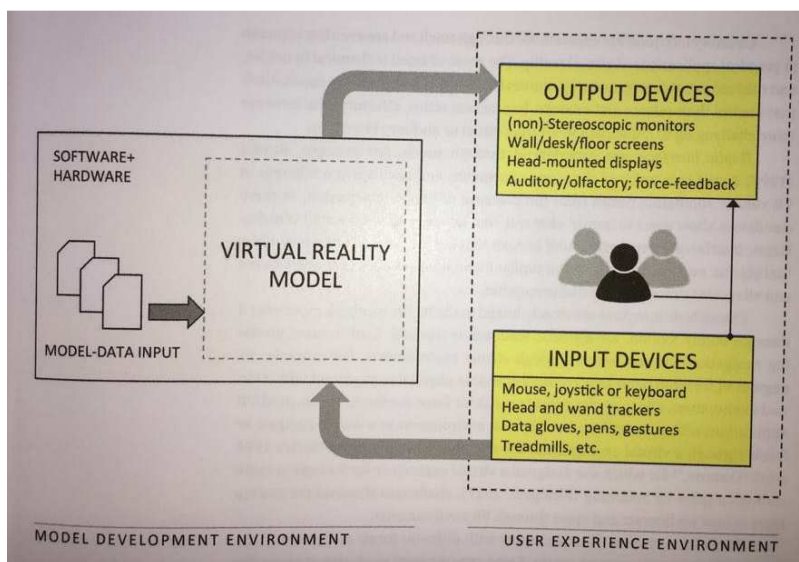
Tabulka 1. Firmy využívající VR prezentace v České republice

<u>Qarta</u>
<u>Studio Pokora</u>
<u>Pano 3D</u>
<u>Archspace</u>
<u>ABCstudio</u>
<u>Go360</u>
<u>Lvviz</u>
<u>Gad</u>
<u>Nexgen</u>

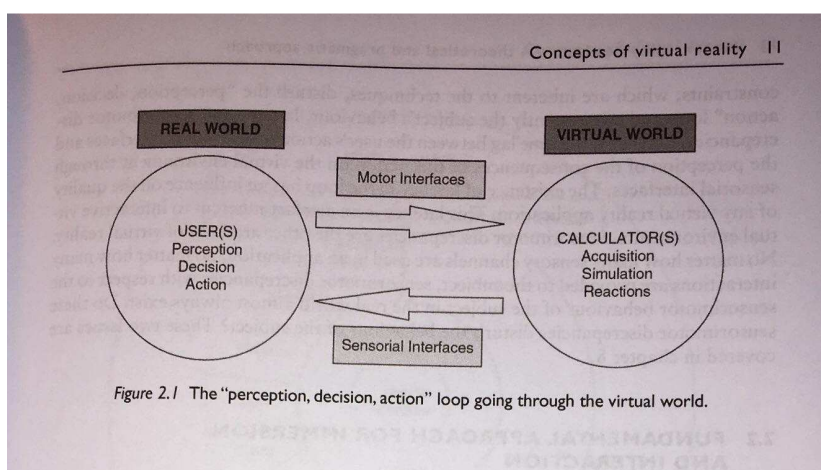
³ BIM = informační model budovy, z anglického: Bulding information modeling

4 Interakce s virtuální realitou

„ Interakce s virtuálním světem je klíčovou složkou zážitku VR. Pokud totiž zobrazení virtuálního světa nereaguje alespoň na fyzický pohyb uživatele, není to považováno za virtuální realitu.“ [1]



Obr. 1 Interakce s virtuální realitou [2]



Obr. 2 Koncept virtuální reality [6]

Aby virtuální realita vypadala autenticky, měla by reagovat na akce uživatele, jinými slovy být interaktivní. Přidáním veškerých hardware komponentů k virtuální realitě je možné dosáhnout interaktivity, která je nezbytnou součástí operací s virtuálními objekty. Mezi alternativní reality podporované počítači patří hry a počítačové simulace. Virtuální realita je úzce spojena se schopností uživatele měnit polohu hlavy a tak zkoumat virtuální svět. [1]

4.1 Náhlavní souprava

Typy náhlavních souprav: [6]

- pro chytré telefony
- pro virtuální realitu

Stolní počítač, notebook či mobilní zařízení jsou nástroji, které umožňují přístup k virtuální realitě. Ale až s příchodem technologie náhlavních souprav, uživatel může interagovat s virtuální realitou na zcela jiné úrovni ponoření. [2]

Úplné ponoření uživatele do virtuální prezentace umocňuje pocit přítomnosti v digitálním prostředí samotného modelu. [2]

Náhlavní souprava jsou brýle s obrazovkami v přímé blízkosti očí. Dvě obrazovky zajišťují autentickou možnost vidění trojrozměrného prostředí. Tyto dvě obrazovky umožňují stereoskopické vidění spolu s vlastností zjištění polohy očí pro upravení úhlu pohledu. Mezi obrazovkami a očima uživatele musí být vložena optika pro možnost vidění obrazu displejů. [2],[6]

Náhlavní souprava se využívá jako hlavní nástroj technologie VR pro vizuální kontakt s virtuálním prostředím na vyšší úrovni ponoření, než je zvykem v případě využití monitorů počítačů, které zobrazují virtuální prostor.

Náhlavní soupravy mají elektroniku specialně navrženou tak, aby vyhovovala potřebám aplikací pro virtuální realitu. Senzory nebo infračervené kamery mohou detekovat rotaci hlavy mnohem rychleji než chytré telefony. Toto snižuje dobu trvání pro promítnutí pohybu uživatele na obrazovkách v náhlavní soupravě. Některé náhlavní soupravy jsou vybaveny systémem pro měření lineárního pohybu hlavy ve třech osách. Výkonná výpočetní kapacita musí být podložena výkonnou elektronikou. Tento jev má významný vliv na hmotnost zařízení a také na spotřebu elektrické energie. Hmotnost a potřeba připojení ke zdroji elektrické energie náhlavní soupravy, může způsobit omezení v užívání při pohybu uživatele. [6]

V současné době jsou vyvinuty i počítače pro virtuální realitu formou batohu, které uživatel může nosit při využívání VR. Dále existují přídatné moduly k náhlavním soupravám, které s sebou nesou vysílač, pro oboustrannou komunikaci s počítačem pro VR. Tyto moduly jsou většinou umístěny v centru náhlavní soupravy, kdy tak vytváří dojem nejmenšího zatížení hlavy pro uživatele a menší vliv na vytvoření nerovnováhy.

4.2 Ovladače

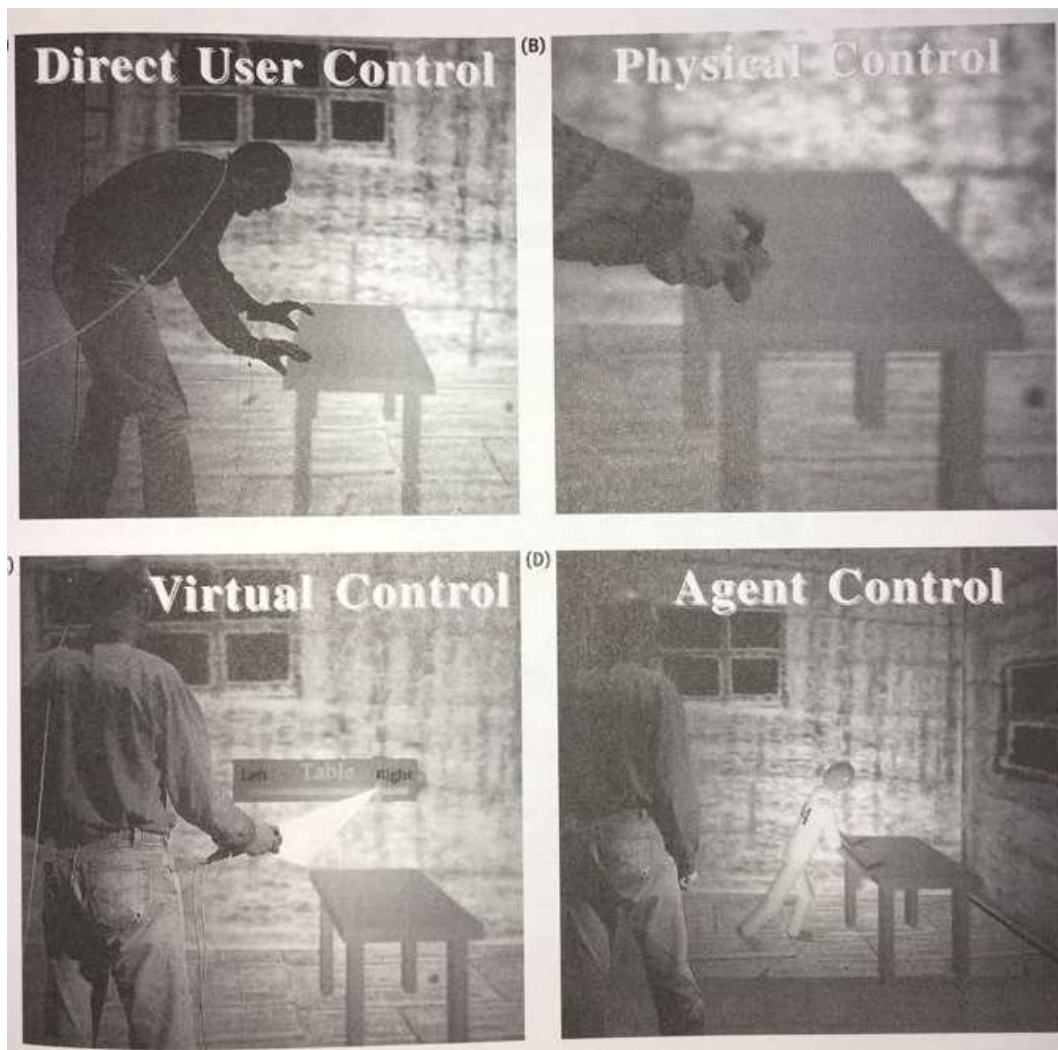
Hlavní interakce s virtuální realitou probíhá skrze ovladače, které zajišťují manipulaci s objekty a také pohyb v prostoru. Schopnost experimentovat v novém prostředí, pomáhá člověku se naučit, jaké vlastnosti mají objekty vyskytující se v jeho okolí. Pravdou je, že ve virtuální realitě má uživatel mnohem více svobody pohybu, než ve světě skutečném. [1]

Ve známé podobě rozhraní stolního počítače mohou uživatelé manipulovat se soubory a operačním systémem počítače pomocí oken, ikon, nabídek a polohovacích zařízení. Stejně tak se pro virtuální realitu vyvíjejí běžné manipulační funkce. Mnohé z těchto nových prvků rozhraní jsou založeny na zásadách, které platí obecně. [1]

Ve virtuální realitě většina manipulací pracuje ve dvou fázích. Nejprve se provede výběr a poté se provede akce. Někdy tyto dvě operace mohou být prováděny současně. Objekt, jehož se uživatel „dotýká“, je ten, s nímž lze manipulovat, stejně jako ve fyzickém světě. Ve virtuální realitě však existuje celá řada metod pro manipulaci s virtuálními objekty. [1]

Způsoby manipulace s virtuální realitou:[1]

- Přímé ovládání uživatelem
- Fyzické ovladače: zařízení, kterého se může uživatel fyzicky dotknout
- Virtuální ovládání: zařízení, kterého se uživatel může prakticky dotknout



Obr. 3 Způsoby ovládání virtuální reality [1]

- Přímé ovládání uživatelem:

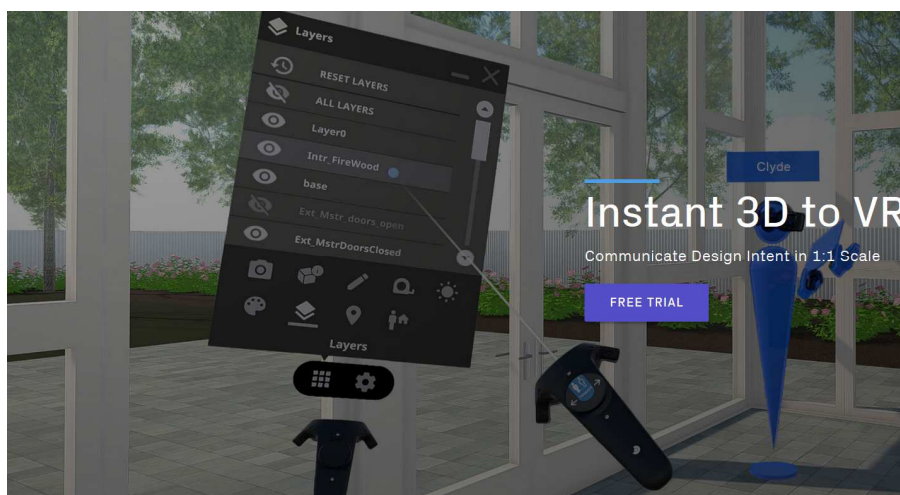
Přímé ovládání uživatelem je metoda manipulace, při které účastník manipuluje s objekty ve virtuálním světě stejně jako v reálném světě. Mnoho přímých uživatelských interakcí kombinuje proces výběru objektu se skutečnou manipulací. Jedním z příkladů je uchopení předmětu, kdy uzavření ruky účastníka do předmětu je interpretováno jako operace uchopení a způsobí, že virtuální objekt sleduje pohyb ruky tak dlouho, dokud je zachována pozice předmětu. [1]

- Fyzické ovladače:

Fyzické ovladače jsou ty, které ovládají virtuální svět přes ovladač reálného světa. Díky reálné existenci rozhraní přijímá účastník hmatovou zpětnou vazbu se stisknutím tlačítek a provádění dalších akcí. Běžné typy fyzických ovládacích prvků zahrnují tlačítka, přepínače pro nastavení více poloh. Při návrhu rozhraní, které používá fyzické ovládací prvky, je třeba věnovat pozornost jeho přidružení k virtuálnímu objektu. [1]

- Virtuální ovládání:

Virtuální ovládání je takové, které se projevuje zcela ve virtuálním světě. Mnohé virtuální ovládací prvky jsou pouze počítačem generované reprezentace podobných fyzických ovladačů. Tlačítka, panely a řídicí schémata jsou příklady fyzických ovládacích prvků, které jsou někdy využívány ve virtuálních prezentacích. Samozřejmě je, že v určitém okamžiku musí uživatel fyzicky něco aktivovat, a to buď prostřednictvím fyzických ovladačů.[1]



Obr. 4 Irisvr/Prospect – virtuální panel [8]

Například aplikace VR může být navržena tak, aby umožnila umístit do virtuálního světa známý ovládací panel reálného světa. Dalším důvodem je, použití virtuálního ovládacího panelu, za účelem snížení počtu fyzických tlačítek potřebných pro aplikaci. [1]

4.3 Senzory

Většina VR používá několik senzorů, včetně gyroskopu, akcelerometru a laserového snímače polohy. Sledování pohybu je zajištěno dvěma bezdrátovými infračervenými kamerami, které jsou umístěny v rozích místnosti a sledují 37 senzorů (celkem 70, včetně obou ovladačů pohybu). Vyzařované laserové paprsky se strukturovanými světelnými paprsky odrážejí několik diod umístěných na náhlavní soupravě. Tento odraz je zachycen kamerami a analyzován pro výpočet orientace a polohy náhlavní soupravy v oblasti úhlopříčky až 5m.[6]

Zpětná vazba přijatá od senzorů je nezbytnou vlastností pro virtuální realitu. Systém VR poskytuje účastníkům přímou smyslovou zpětnou vazbu na základě jejich fyzické polohy. Ve většině případů je vizuální smysl ten dominantní, který přijímá zpětnou vazbu. I když prostředí virtuální reality může poskytovat zpětnou vazbu i na základě haptické (dotykové) odezvy přes ovladače, které uživatel drží v ruce. Dosažení okamžité interaktivní zpětné vazby vyžaduje použití vysokorychlostního počítače, jako zprostředkujícího zařízení digitálního prostředí. [1]

Aby bylo pro VR možné pracovat s daty získanými ze senzorů založené na pohybu uživatele, musí systém VR znát polohu náhlavní soupravy uživatele a alespoň polohu jednoho fyzického ovladače. Existuje celá řada technologií senzorů, které může systém VR použít ke sledování uživatele. Pokročilé systémy, skrze senzory, mohou sledovat mnoho hlavních kloubů těla. Senzory tak v důsledku znají polohu náhlavní soupravy ve skutečném světě, pro určení a projekci změn polohy v přítomnosti virtuálního prostředí. [1]

Dále při využití virtuální reality se používají prvky, které umožňují uživateli poskytnout zpětnou vazbu, zda se nachází ve skutečném světě například blízko zdi, či jiné překážky. A to například formou zobrazení modré sítě, která ve virtuálním světě reprezentuje zeď v tom světě skutečném. Jedná se o zpětnou vazbu, která brání nepříjemné kolizi uživatele s okolím. [2]

Tyto prvky mohou být vnímány jako zpětná vazba vůči okolí, kde se nachází tělo uživatele. Mysl uživatele se nachází již ve virtuální realitě, která nemá shodné omezení prostoru jako skutečná realita.

Virtuální realita je digitálním světem generovaným počítačem a je zcela oddělená od reálného světa. Stupeň ponoření do světa virtuálního modelu umocňuje kvalita hardware a software. I po velmi krátké době strávené ve virtuální realitě mozek přijme virtuální svět jako ten, ve kterém se aktuálně nachází a přemýšlí. [2, 1]

Jednou z největších výhod VR je velmi dobré přijetí této technologie. Je chytře navržena tak, aby zaujala ty hlavní smysly, které nás spojují s okolním světem. Jsou to ty smysly, které nám dávají zpětnou vazbu o tom, kde se nacházíme a co se děje s naším tělem a myslí. [1]

- Čidla pro sledování hlavy:

Snímače a senzory tzv. trackers, jsou určeny pouze k měření prostorové polohy pohyblivého retenčního bodu, který je spojen s hlavou pozorovanou rukou, s ohledem na pevný referenční bod. Zachycena je poloha nebo pohyb libovolného objektu, v reálném čase, se kterým uživatel libovolně manipuluje. [6]

- Inklinometer:

Země je zdrojem gravitačního pole pro tento typ senzoru. Když se inklinometr nepohybuje, indikuje úhlovou polohu s úrovní podlahy. Když se však pohybuje, označuje směr celkové vnější síly, která na něj působí zrychlením pohybu a zemskou gravitací. [6]

- Gyroskopy:

Nejběžnější gyroskop je založený na mechanickém principu rotoru, který se otáčí vysokou rychlostí, jejíž osa udržuje konstantní směr. Pro měření úhlové rotační rychlosti se však používají i jiné fyzikální jevy. [6]

- Akcelerometr:

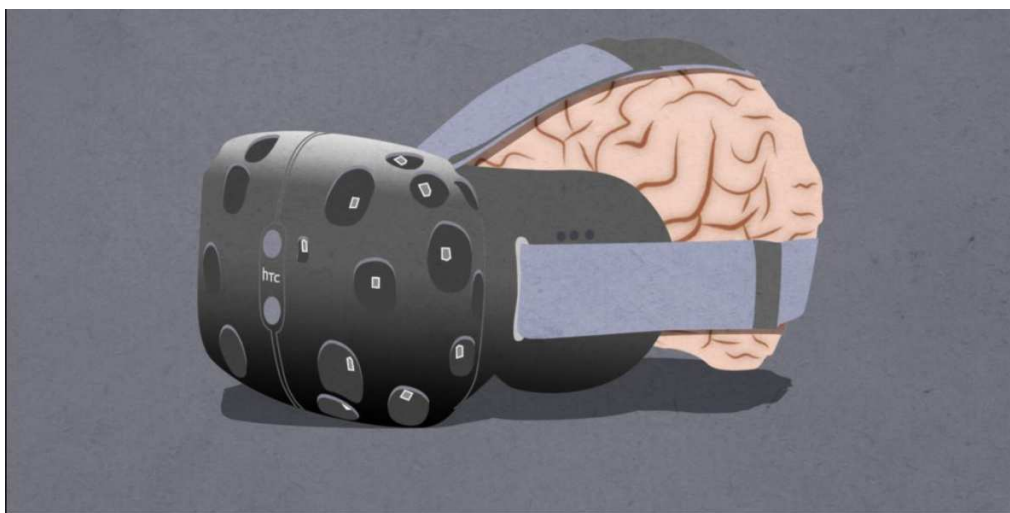
Akcelerometr, jak napovídá jejich název, je založen na měření síly, která vychází ze zrychlení hmoty. Je třeba vzít v úvahu zrychlení způsobené gravitací, například v inklinometru. [6]

- Optické senzory:

V kategorii optických senzorů není využíván žádný standardní senzor. Snímače jsou vloženy do náhlavní soupravy. Obtížnost tohoto principu spočívá v tom, že referenční body se pohybují relativně pomaleji, než otáčení náhlavní soupravy, což má za následek méně přesné měření v rotaci. V tomto stavu musí být prostor, kde se nachází uživatel s headsetem, vybavena několika kamerami.[6]

5 Vliv VR na psychiku člověka

Virtuální realita je silný nástroj, ale má i potenciální možné nebezpečí v podobě dopadu na lidskou psychiku.



Obr. 5 InSmart VR a vliv na mozek [9]

Virtuální realita přináší nové možnosti, ale také riziko ztráty kontaktu se skutečností. Na častém užívání virtuální reality může vzniknout závislost. V takové podobě, kdy se uživatel mentálně „zasekl“ ve virtuálním prostředí i poté co již je zpět ve skutečném světě, může dojít k psychicky nebezpečné situaci, ve které se uživatel může nacházet.

Pravdou je, že virtuální realita se ale také může stát jakýmsi restartem či odpočinkem. Protože mozek po ponoření do VR snadno přijme virtuální svět, ve kterém se aktuálně nachází a uloží si ho jako vzpomínku vizuálního vjemu.

V každém případě je VR nástroj, který může umocnit dobré i špatné vlastnosti této technologie. I protože se virtuální realita může jevit jako svět větších možností tvořit, ničit a měnit bez reálného dopadu, může nám virtuální realita pomoci přijmout i nápad, který bychom si bez VR nebyli schopni představit.

Při užívání předchozích generací náhlavních souprav uživateli, mohlo docházet k pocitům nevolnosti, závratě či úzkosti při počátečním použití. Při dlouhodobém užívání může dojít i k namáhání očí v důsledku soustředění se na obrazovky umístěné v bezprostřední blízkosti zraku uživatele. [3]

V reálném světě člověk vytváří soudržnou vazbu s okolním prostředím založenou na všech přijatých smyslových podnětech. Ve virtuálním světě se proto uživatelé budou snažit reagovat tak, jak jsou naučení a zvyklí vnímat okolní prostředí na základě svých zkušeností v reálném světě, navzdory sensorimotorickým nesrovnalostem.[6]

6 Náklady přípravy virtuálního modelu

Záměr prezentace stavebního výrobku ve virtuální realitě s sebou nese nezbytné investice na pořízení licencí pro aplikace na tvorbu modelu, běh virtuálního prostředí a pro interakci s virtuální realitou. Nesmí chybět ani dostatečně výkonný počítač s potřebnou kapacitou uložení a vhodným grafickým procesorem.

Tudíž do celkových nákladů pro přípravu modelu, by měla být zakomponována cena za:

- 3D modelační software
- software pro běh prostředí virtuální reality
- hardware pro zobrazení a interakci s virtuální realitou

Tabulka 2 Příprava virtuálního modelu - Varianta 1, Varianta 2

	<i>3D model software</i>	<i>VR software</i>	<i>VR hardware</i>	<i>VR ready computer</i>
<i>Varianta 1</i>	Revit	Prospect	HTC Vive	Alza GameBox GTX1060
<i>Varianta 2</i>	Blender	Twin Motion	Oculus Rift	Alza GameBox GTX1060

Ekonomicky jsou porovnávány dvě varianty kombinací přístupu k tvorbě a prezentaci virtuálních modelů za účelem prezentace.

Každá z variant obsahuje software s možností využití pro virtuální 3D model. Dále software pro běh virtuálního prostředí a technické komponenty VR pro zobrazení a interakci. V případě spuštění a manipulace ve VR, musí celý proces být podložený dostatečně výkonným počítačem, který splňuje parametry náročnosti na procesor, operační paměť i grafiku.

Prezentace virtuální realitou může být tak přínosem i jako doplněk k prezentaci reálného modelu pro podporu představivosti a možnosti využití. Představivost a lidská fantazie je skutečností, která dokáže člověka i posunout k lepšímu řešení dané problematiky související s prezentací prvku. Prostřednictvím virtuální reality a zainteresováním smyslů klienta, podporujeme jeho představivost pro různé možnosti využití daného prvku či výrobku. Vzniká tak vizualizace, nápad, obraz a myšlenka představy o řešení implementace prvků a stavebních výrobků.

6.1 Varianta 1

Pro variantu číslo jedna, byl zvolen software Revit od společnosti Autodesk, který je primárně určen pro vytváření nejen 3D modelů, ale i BIM modelů. VR program zastupuje aplikace Prospect od firmy IrisVR, která velmi dobře komunikuje s modelem vytvořeným v aplikaci Revit. Prospect umožňuje prohlížení, zkoumání a pohyb v modelu. Pro účel zobrazení a interakce s virtuálním prostředím je zvolen produkt HTC Vive. Pro ty, kteří nemají hlubší znalosti ohledně architektury počítačových sestav, které zvládnou plynulý běh VR prostředí, je zde uvedena možnost počítače tzv. VR ready (tzn. sestaveno pro VR). A to konkrétní model Alza Gamebox GTX 1060 nabízený společností Alza.

Tabulka 3 Varianta 1

	<i>3D model software</i>	<i>VR software</i>	<i>VR hardware</i>	<i>VR ready computer</i>	
<i>Varianta 1</i>	Revit	Prospect	HTC Vive	Alza Gamebox GTX1060	
<i>Cena pořízení [Kč]</i>	9 807	5 211	15 990	24 990	55 998

6.1.1 Revit

Aplikace Revit od společnosti Autodesk je prvně určena pro tvorbu informačních modelů budov, pro systém Microsoft Windows, který umožňuje uživateli navrhovat prvky s parametrickým modelováním a kreslením.

Informační modelování budov (tzv. BIM) umožňuje inteligentní, 3D a parametrický objektový design. Model BIM obsahuje celý životní cyklus budovy, od koncepce po výstavbu až po vyřazení z provozu. To umožňuje základní relační databáze architektury Revitu, kterou její tvůrci nazývají parametrickým modulem změn. [10]

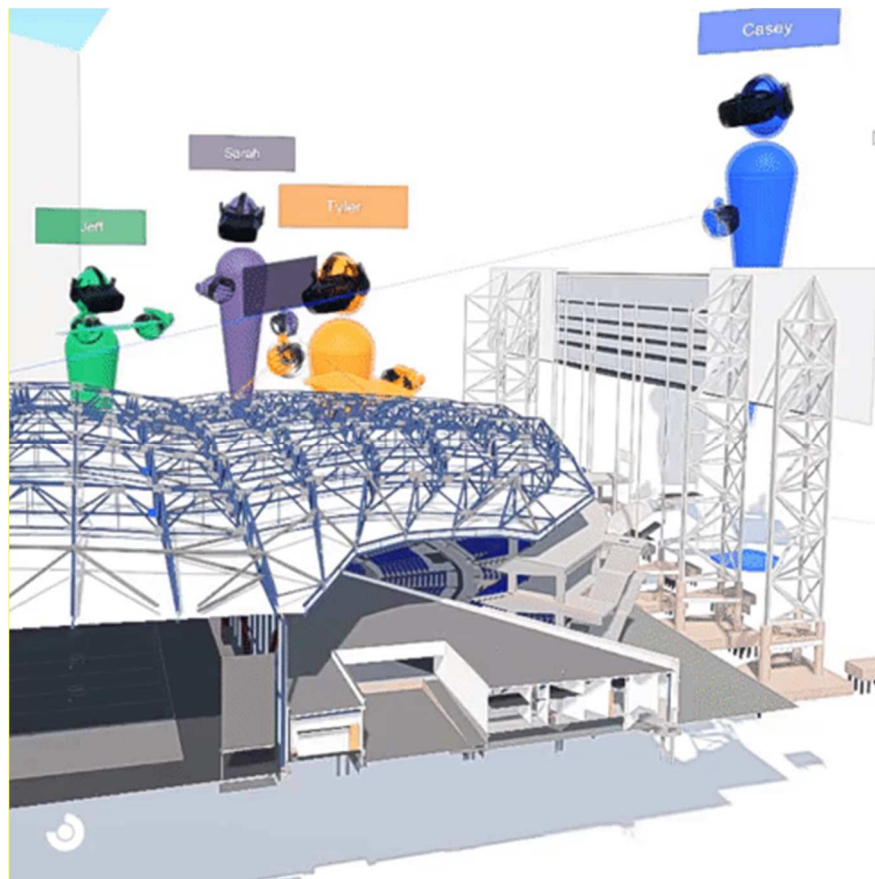
Aplikace Revit dalece přesahuje možnosti tvoření pouze 3D modelů.

6.1.2 Prospect

Prospect je aplikace, která umožňuje importovat a zobrazovat trojrozměrný model vytvořený nejen v aplikaci Revit. Prospect načítá 3D soubory a odesílá je do ponořujícího, snadno operativního prostředí virtuální reality.[12]

Obsahuje výukový program, který uživateli pomůže se seznámit s navigací a interakcí menu ve VR. Ve výchozím nastavení bude výukový program spuštěn při každém zobrazení nového souboru ve službě VR.[12]

Umožněno je také kolektivní prohlížení více uživateli současně.



Obr. 6 Prospect / více uživatelů [12]

Aplikace prospect má mnoho funkcí. Jednou ze základních je samotný pohyb v prostředí při postavení uživatele v ploše modelu, která je určena jako podlaha. Proces pohybu se provádí fyzickým ovladačem a to stisknutím tlačítka, namířením na místo budoucího výskytu a opětovným uvolněním tlačítka.



Obr. 7 Prospect / základní navigace[12]

Tabulka 4 Parametry a požadavky Prospect[12]

	Doporučené parametry	Minimální požadavky
Grafická karta	NVIDIA GTX 2080	NVIDIA GTX 1070
Procesor	Intel i7-7700	Intel i7-6700
Paměť	32GB+	16GB+
Video Output	HDMI ⁴ 1.3	HDMI 1.3
USB ⁵	4x USB 3.0, 1x USB 2.0	3x USB 3.0, 1x USB 2.0
Operační systém	Windows 10 64 bit	Windows 7 SP1 64 bit

⁴ HDMI – port pro přenos zvuku a obrazu, z anglického: High Definition Multimedia Interface

⁵ USB – univerzální sériová sběrnice, z anglického: Universal Serial Bus

6.1.3 HTC Vive

HTC Vive je sada komponentů navržená a vyrobená pro účel interakce s virtuálním prostředím, která v základě obsahuje:

- Náhlavní soupravu – HMD
- Ovladače pro interakci s VR
- Senzory pro snímání prostředí určené pro výskyt uživatel
- Další komponenty k propojení sestav



Obr. 8 HTC Vive náhlavní souprava [13]



Obr. 9 HTC Vive ovladače [13]



Obr. 10 HTC Vive snímače [13]

Tabulka 5 Parametry a požadavky HTC Vive[13]

	Požadavky
Grafická karta	NVIDIA GeForce GTX 1060
Procesor	Intel Core i 4590
Paměť	4 GB RAM
Video Output	HMDI 1.4
USB	1x USB 2.0
Operační systém	Windows 7 SPI, Win 8.1, Win 10

6.1.4 Alza Gamebox Gtx 1060

Pro běžného uživatele neznalého architektury počítačů a potřeby pro virtuální realitu je těžké určit, jaký počítač uživatel musí mít pro spuštění a běh virtuální reality. Na trhu existují počítače tzv. ready to vr, které je možné zakoupit již v hotové sestavy s potřebnou výpočetní i grafickou kapacitou.



Obr. 11 Gamebox Gtx 1060 počítač [14]

Tabulka 6 Parametry a požadavky Gamebox Gtx 1060[14]

Procesor	Intel Core i5+8400 Coffee Lake 4.0 GHz
Operační paměť	RAM ⁶ 16GB DDR + 16 GB Optane Memory
Grafická karta	NVIDIA GeForce GTX 1060 6 GB
Uložiště	SSD ⁷ 250GB + HDD ⁸ 1000GB
Operační systém	Windows 10 64-bit

6.2 Varianta 2

Pro variantu číslo dvě byl zvolen software Blender, který je primárně určen pro vytváření 3D modelů. VR program zastupuje aplikace Twinmotion, který velmi dobře komunikuje s modelem vytvořením v aplikaci Blender. Prospect umožňuje prohlížení, zkoumání a pohyb v modelu. Pro účel zobrazení a interakce s virtuálním prostředím je zvolen produkt Oculus rift. Pro ty, kteří nemají hlubší znalosti ohledně architektury počítačových sestav, které zvládnou plynulý běh VR prostředí je zde uvedena možnost počítače tzv. VR ready (tzn. sestaveno pro VR). A to konkrétní model Acer predator orion 3000 nabízený společností Alza.

Tabulka 7 Varianta 2

	<i>3D model software</i>	<i>VR software</i>	<i>VR hardware</i>	<i>VR ready computer</i>	
<i>Varianta 2</i>	Blender	Twin motion	Oculus rift	Alza Gamebox GTX 1060	
<i>Cena pořízení [Kč]</i>	freeware	42 488	12 503	24 990	79 981

⁶ RAM – operační paměť, z anglického: Random Access Memory

⁷ SSD – pevný disk, z anglického: Solid-State Drive

⁸ HDD – pevný disk, z anglického: Hard Disk Drive

6.2.1 Blender

Blender je bezplatná aplikace pro tvorbu 3D modelů. Podporuje modelování, animace, simulace, vykreslování, dokonce i úpravy videa a vytváření her. Blender je multiplatformní a běží stejně dobře na počítačích Linux, Windows a Apple. [15]



Obr. 12 Blender [16]

6.2.2 Twinmotion

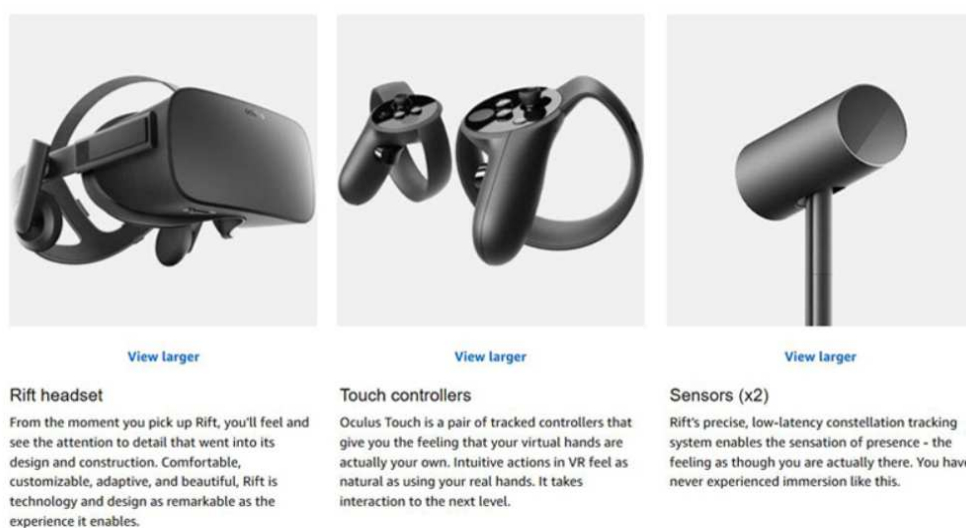
Twinmotion je aplikace, která umožňuje prohlížení modelů v prostředí virtuální reality. [17]

Tabulka 8 Parametry a požadavky Twinmotion [18]

	Požadavky
Grafická karta	4GB minimum
Procesor	Intel i7-7700
Paměť RAM	8GB minimum
Místo na disku	WIN 5 GB, MAC 10 GB
Video Output	HMDI 1.3

6.2.3 Oculus rift

Spolu s náhlavní soupravou se Oculus Rift dodává s dvojicí ovládacích prvků, které umožňují interakci s virtuální realitou. Náhlavní souprava je vybavena vestavěným akcelerometrem, gyroskopem a polohovým sledováním. Spolu s externími snímači zná Oculus Rift přesnou polohu náhlavní soupravy.[20]



Obr. 13 Oculus rift [21]

Tabulka 9 Parametry a požadavky Oculus rift [22]

	High End RECOMMENDED
Grafická karta	NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti
Procesor	Intel Core i3-6100
Paměť	8 GB
USB	1x USB 3.0
Operační systém	Windows 10 64 bit

6.3 Srovnání variant

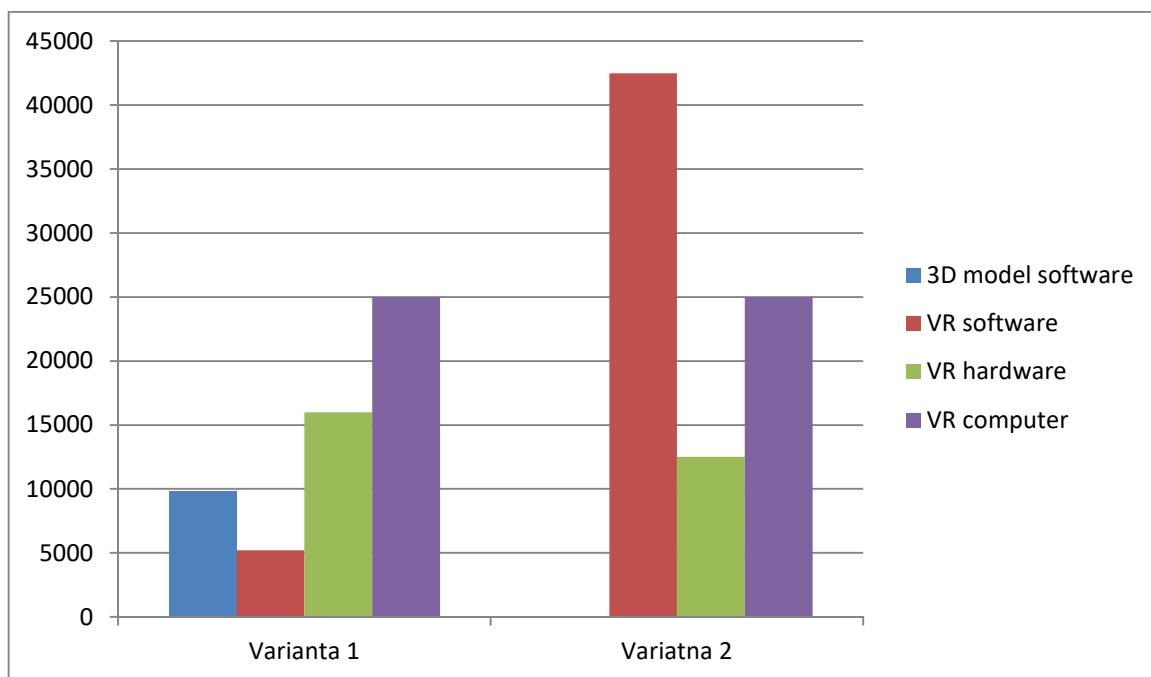
Jsou stanoveny dvě možné varianty případů použití spolu souvisejících komponentů softwaru pro tvorbu modelu a projekce 3D modelu ve virtuálním prostředí, spolu s nezbytným hardwarem pro interakci s virtuální realitou a samotným počítačem, který vyhovuje požadavkům pro spuštění a vizualizaci virtuálního prostředí.

Celkové ceny variant:

- Varianta 1. **55 998 Kč**
- Varianta 2. **79 981 Kč**

Z přímého srovnání celkových cen nákladů na přípravu modelu a to včetně potřebného software a hardware vyplývá rozdíl 23 983 Kč. Varianta 2 je o tuto částku dražší hlavně z důvodu využití aplikace Twinmotion, která je vůči aplikaci Prospect dražší o 37 277 Kč.

Graf 1 Srovnání ceny variant



V grafu 1 je vidět srovnání cen variant. Varianta 2 vykazuje podstatně větší cenu za aplikaci pro tvorbu modelu, pravděpodobně kvůli pokročilým vlastnostem animace v aplikaci Twinmotion.

Závěrem této kapitoly je skutečnost, že rozdíl v ceně není až tak významný oproti dlouhodobé investici do varianty 1, která je uživatelsky přívětivější.

7 Návrh a příprava případové studie

Případová studie použití virtuální reality pro účely prezentace experimentálního betonu se konala 17. – 19. října 2018 na armádním veletrhu v Praze-Letňanech. Pro účely prezentace stavebního prvku v podobě dílců experimentálního betonu byla využita prezentace jak fyzického modelu, tak i prezentace virtuálního modelu, za účelem doplnění obou přístupů a výhodností vlastností obou způsobů prezentace.

7.1 Experimentální kompozit s balistickou odolností

Na Českém vysokém učení technickém v Praze v Experimentálním centru fakulty stavební vznikla matrice vysokohodnotného betonu s vysokou odolností proti zatížení rázem. Vznikla tak matrice betonu s balistickou odolností. Na rozdíl od běžného betonu, který vykazuje vysokou odolnost v tlaku, ale malou odolnost v tahu, se vyztužuje betonářskou výztuží z oceli. Kompozitní materiál, který vznikl v experimentálním centru, je materiálem, který je schopen přenášet zatížení i po dosažení mezního zatížení. Tato vlastnost umožňuje pohlcování rázového zatížení. [25]

„Námi vyvinutý materiál se od běžného konstrukčního betonu liší téměř ve všech ohledech, a to natolik, že vlastně ani nesplňuje definici termínu „beton“ – jeho složení je velmi jemnozrné (pod 1 mm), jeho tlaková pevnost je přibližně čtyřnásobná než konstrukční betony, tahová pevnost desetinásobná a lomová energie stonásobná, díky obsahu speciálních vysokopevnostních ocelových vláken, vyztužujících vnitřní strukturu materiálu. S betonem má ale společný jeden zásadní znak, a sice že se jedná o materiál na bázi cementu, vyráběný mícháním sypkých komponent s vodou a odlévaný do forem, proto označení beton není zcela od věci. Už proto, že technicky správný název by byl „ultra vysokopevnostní vlákny vyztužený cementový kompozit“ a tento je pro běžné použití přeci jen těžkopádný.“ [25]

„Experimentální centrum (EC) fakulty stavební ČVUT v Praze se zabývá vývojem a výzkumem cementových kompozitů jakými jsou například ultra vysokohodnotné vlákny vyztužené betony (UHPFRC⁹ – Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete).“ [24]

“UHPFRC je možno klasifikovat jako cementový kompozit s velmi nízkým vodním součinitelem, velkým množstvím použitých superplastifikačních přísad, kamenivem s maximální velikostí zrna nepřesahující 1 mm a rozptýlenou výztuží v podobě vysokopevnostních ocelových vláken“. [24]

Takový kompozit je schopen absorbovat velké množství energie při zatížení nahodilým rázem. Kompozitní prvek z matrice vyvinuté experimentálním centrem je velice odolný vůči klimatickým změnám stejně tak jako vyniká samozhutnitelnou vlastností. [24]

Vyvinutý a patentovaný materiál tak nachází nejvhodnější uplatnění pro zatížení rázem, velké rychlosti. Materiál je vhodné využít pro případy, kdy dochází k dopadu střel, explozím případně nárazu vozidel.

Další možnosti využití:

„Od odpadkových košů odolných výbuchu nástražné nálože, přes obkladové fasádní desky pro ohrožené objekty, bariéry chránící mostní pilíře před nárazem vozidla, lehké mobilní prefabrikované ochranné konstrukce, protišvihové zábrany v průmyslu až po celé nosné konstrukce objektů strategické infrastruktury. Zajímavá je i výrobní cena – desku s obdobnou odolností v porovnání s ocelovým pancéřovým plechem lze pořídit za dvacetinu ceny.“ [25]

Jedná se o prvky pro výstavbu mobilní zátarasy pro usměrnění davů, pro vytvoření ochranného perimetru vůči vytvoření linie kolem ambasády či kongresové haly pro využití policie či armády v případě ozbrojeného konfliktu.

A můžou být dvojité a pogumovány kvůli odrážení kulek při dopadu po střelbě.

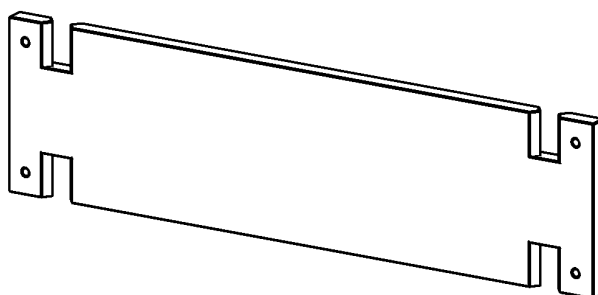
⁹ UHPFRC – ultravysokopevnostní beton vyztužený vlákny, z anglického: Ultra-High Performance Fibre-Reinforced Concrete.

7.2 Prvky

Matrice kompozitu vyvinutá v experimentálním centru byla navržena do těchto tvarů určených pro zachování modularity a snadného složení a opětovného rozložení. Vhodnou volbou složení prvků se tak může vystavět dočasná zeď, či věž, určená nejen pro ochranu osob. Dále systém mobilních bariér slouží jako ochrana objektů, budov a strategické infrastruktury, ochranu vrátnic nebo i sklady nebezpečného materiálu.

Tabulka 11 Plný prvek

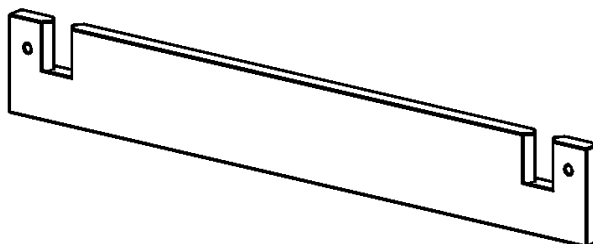
Hmotnost desky	55	kg
Rozměry	1500x400x40	mm
Cena	3500	Kč



Obr. 14 Plný prvek

Tabulka 12 Poloviční prvek

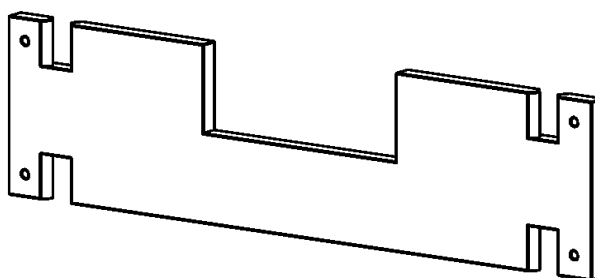
Hmotnost desky	27,5	kg
Rozměry	1500x200x40	mm
Cena	1750	Kč



Obr. 15 Poloviční prvek

Tabulka 13 Plný prvek / střílina

Hmotnost desky	48	kg
Rozměry	1500x400x40	mm
Cena	3300	Kč



Obr. 16 Plný prvek / střílina

7.3 Posouzený výrobek - šestihran

Firmou MOB-bars je nabízeno několik produktových řešení, zaměřeno ale je na šestihran tvořený z prvků představených v kapitole 7.2.

Tento výrobek – šestihran složený s betonových panelů tvoří věž, kontrolní bod nebo ochráněný prostor, který je možné zastřešit. Firma Mob-bars ve spolupráci s ČVUT a firmou KF PREFEA provádí výrobu betonových panelů. Jednou z největších výhod nízké hmotnosti panelů, a navržených rozměrů je zachování modularity a výstavba je možná bez mechanizace. Bylo změřeno, že sestava jednoho šestihranu trvá přibližně 4 minuty.



Obr. 17 Plný šestihran [autor]



Šestihran

Obr. 18 Šestihran [27]

7.4 Virtuální model

Před tvorbou samotného modelu byla stanovena vizualizace pro inspiraci potenciálního využití. Vizualizace naznačuje možné využití v podobě vysvětlení modelu v měřítku 1:1, kdy po následném nahrání modelu do virtuální reality toto měřítko bylo zachováno.



Obr. 19 Vizualizace - zadání 1

Nápad na vytvoření primárního perimetru pro vytvoření ochraného prostoru cílové budovy byl realizován v 3D modelu vytvořením v aplikaci revit doloženém v příloze této práce. Model je vytvořen včetně sekundárního perimetru, který slouží pro usměrnění chodců a řízeného vjezdu vozidel k cílovému objektu předmětu ochrany.

8 Ekonomické a procesní posouzení prezentace výrobku

Na případové studii byla využita varianta 1 z důvodu výhodného nákupu HTC vive a školní licence na aplikaci Revit. Model byl vytvořen v podobě šestihranu, který tvoří celkem 42 kusů prvků prezentovaného v kapitole 7.2. V případě tvorby virtuálního modelu byl základním výrobkem šestihran. Pro vytvoření celé scenerie pro prezentaci byla vytvořena i vizualizace celé situace dle nápadu předlohy ukazané v předchozí kapitole

8.1 Celkové náklady na prezentaci - virtuální model

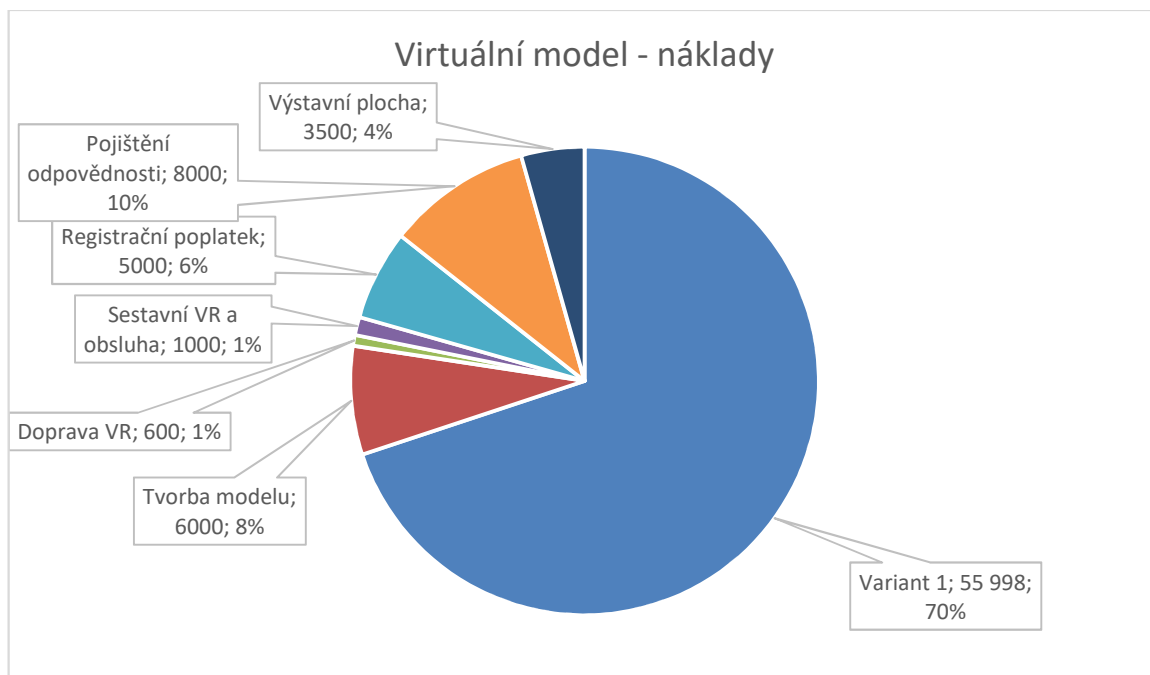
Vstupní náklady pro prezentaci virtuálního modelu:

- Cena pořízení či pronájmu počítače, headsetu a všech senzorů a ovladačů pro virtuální realitu
- Cena programu pro vytvoření virtuálního 3D modelu
- Cena práce člověka na tvorbě modelu, základní model 40h, rozsáhlý model cca 300 h.
- Pronájem prostoru 2,5 x 2,5 metrů pro instalaci VR, včetně přístupu ke zdroji elektrické energie a internetu
- Cena za člověka pro samotnou obsluhu VR počítače

Tabulka 14 Celkové náklady prezentace - virtuální model [28]

Celkové náklady prezentace virtuálního modelu výrobku	
Typ	šestihran
Varianta 1	55 998 Kč
Tvorba modelu	6 000 Kč
Doprava VR	600 Kč
Sestavení VR a obsluha	1 000 Kč
Pronájem prostoru 5x5 m ² :	
Registrační poplatek	5 000 Kč
Pojištění odpovědnosti	800 Kč
Výstavní plocha	3 500 Kč
Závěrečný úklid	0 Kč
Celkem	72 898 Kč

Graf 2 Celkové náklady prezentace – virtuální model



Z grafu 2 je zřejmé jaké je zastoupení ceny varianty 1, tudíž nákladů na přípravu modelu má významné sedmdesátiprocentní zastoupení. Ze skupiny ostatních nákladů mají významné zastoupení dále pojištění odpovědnosti, registrační poplatek a tvorba modelu.

8.2 Celkové náklady na prezentaci - fyzický model

Kvantifikační metodou je stanovená cena výrobku, produktu nabízené firmou Mob-bars, na základě znalosti ceny jednotlivých prvků.

Vstupní náklady pro prezentaci fyzického modelu

- Cena výrobku, jednoho kusu panelu, výpočet ceny šestihranu
- Doprava x2
- Instalace, sestavení prezentované varianty, čas, cena x2
- Počet lidí potřebných pro sestavení a převoz nabízené varianty x2
- Pronájem prostoru

Tabulka 15 Celkové náklady prezentace - fyzický model [28]

Celkové náklady prezentace fyzického modelu výrobku	
Typ	šestihran
Cena výrobku	147 000 ¹⁰ Kč
Doprava	3 000 Kč
Sestavení	1 000 Kč
Pronájem prostoru 5x5 m ² :	
Registrační poplatek	5 000 Kč
Pojištění odpovědnosti	800 Kč
Výstavní plocha	7 300 Kč
Závěrečný úklid	800 Kč
Celkem	164 900 Kč

Prezentace fyzického modelu stavebního prvku či výrobku s sebou nese řadu kroků a vlastností, které je potřeba vykonat. Z pohledu dodavatele se fyzická prezentace jakéhokoli stavebního prvku či výrobku stává prezentací modelu ve velikostech 1:1 či modelu z pravidla zmenšeného měřítku. V první fázi se musí model vyrobit, kdy se v případě 1:1 modelu, předmětem prezentace stává skutečný prvek či výrobek, který je určený pro použití k implementaci do stavebního díla.

Celkové náklady na prezentaci virtuálního modelu činí 72 898 Kč, kdy největší podíl tvoří náklady na přípravu modelu varianty 1, je to cena za pořízení software a všech komponent hardware virtuální reality, včetně nákladů za práci na modelu a prezentaci v podobě práce na prezentaci a nákladů za prosotry

Celkové náklady na prezentaci fyzického modelu činí 164 900 Kč, kdy největší podíl tvoří samotná cena výrobku.

Na první pohled při přímém porovnání těchto dvou nákladových cen za celkové náklady prezentace virtuálního a fyzického modelu se jeví, že cenově výhodnější je cesta prezentace virtuálního modelu.

¹⁰ Vypočítáno na základě principu kvantifikace z ceny jednotlivého prvku

Skutečností je to, že fyzický model v tomto případě je konkrétní skutečný použitelný výrobek, který má veškeré deklarované vlastnosti tudíž, cena 147 000 Kč, jakožto cena výrobku se může otočit v prodej. Tento fakt je skutečností, že není přímým porovnáním čísel určit, který varianta je výhodnější.

Virtuální model s sebou nese největší náklady na pořízení softwaru a hardwaru, který při pořízení plánovaně zůstává hmotným majetkem firmy, která se případně rozhodla realizovat představený plán pro prezentování výrobků.

Největší ekonomická výhodnost způsobu virtuální prezentace jsou:

- Celá sestava je skladná a je potřeba méně lidí pro instalaci, pro účel prezentace
- Spolu se škálovatelností modelu se mění jen hodnota nákladu na mzdu pracovníka, který vytváří model
- Flexibilita rozměrů, designu a různých parametrů je na místě

Ekonomická výhodnost způsobu fyzické prezentace jsou:

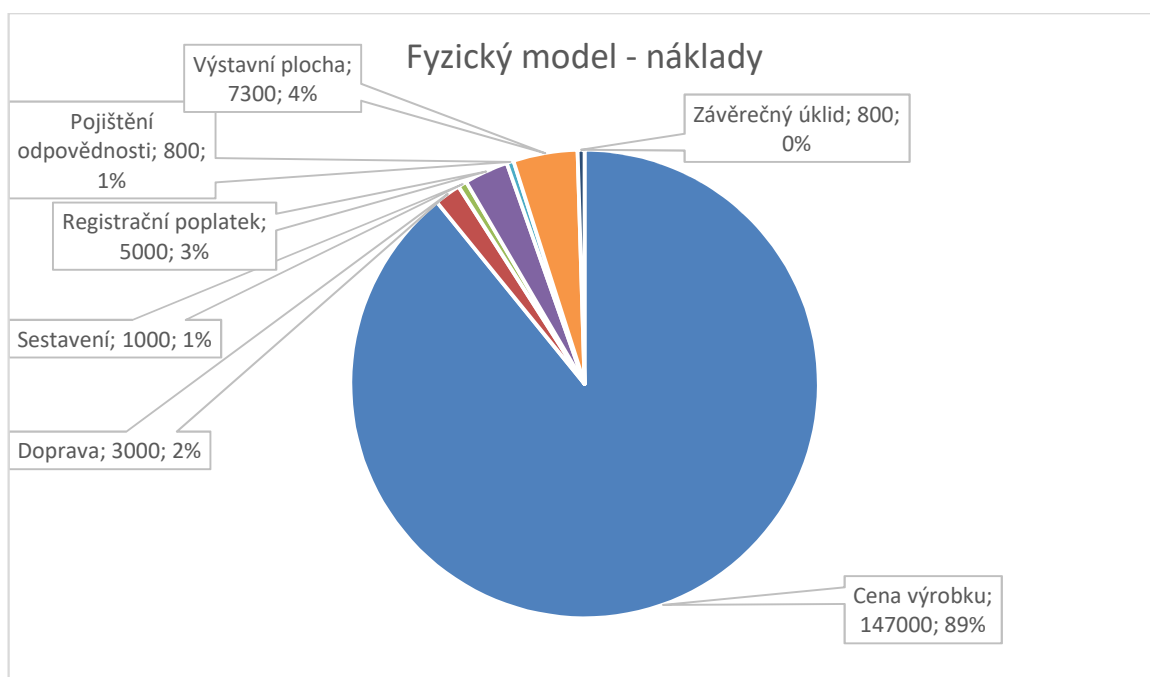
- Přímé náklady prezentace jsou vyšší
- Větší prostor k prezentaci
- Velmi nízká flexibilita vůči změně designu
- V rozsahu realizace nemožná prezentace více než jednoho max dvou šestihranů
- Absolutní neflexibilita v případě potřeby škálovatelnosti prezentovaného modelu
- Výhoda fyzického modelu, který zaujme
- Nevýhoda nemožnosti prezentace scénérie a modelové situace

Existuje názor ekonomické výhodnosti obou přístupů prezentace, ale v konkrétních případech, který naplní potřeby cílů kýženého stavu prezentace výrobku.

V druhé fázi je potřeba zajistit prostor, kde se daný prvek bude prezentovat. To znamená, pronájem prostoru. S pronájmem prostoru souvisí zajištění i všech služeb nabízených v rámci pronájmu prostoru. Uvažuje se možnost přístupu a schopnost sestavení konstrukce produktu na místě prezentace.

Vyrobený model ve zvoleném měřítku je potřeba přepravit na místo prezentace.

Graf 3 Celkové náklady prezentace – fyzický model



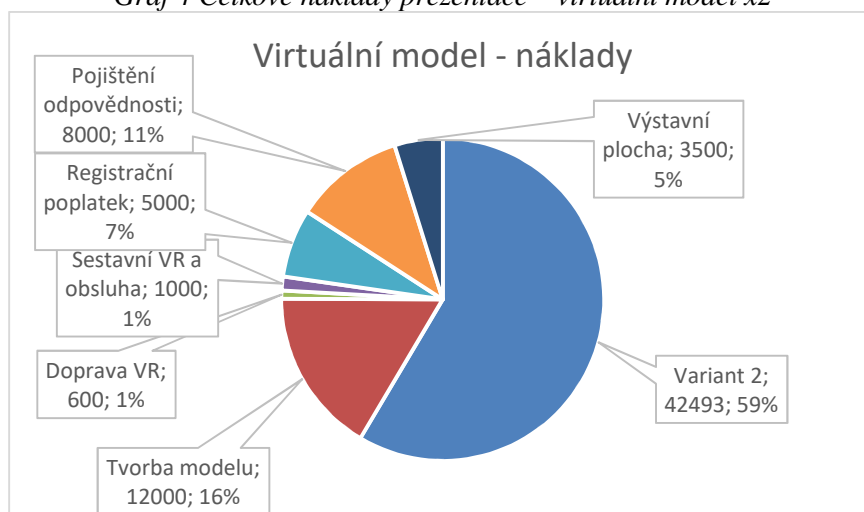
Z grafu 3 je zřejmé, jaké je zastoupení nákladů na výrobu modelu, respektive cena výrobku. Zastoupení podílu ceny výrobku je většinové, ale je to hodnota produktu s návratností z prodeje.

9 Příklad dvojnásobného modelu

V této kapitole je graficky znázorněná teoretická možnost zdvojnásobení počtu modelů. Ze samotné podstaty principů virtuální reality, náklad se zvýší jedině v době práce na modelu. Ale při dvojnásobném počtu modelů fyzického druhu se zdvojnásobí cena za výrobek, i náklady související s celkovou prezentací fyzického modelu.

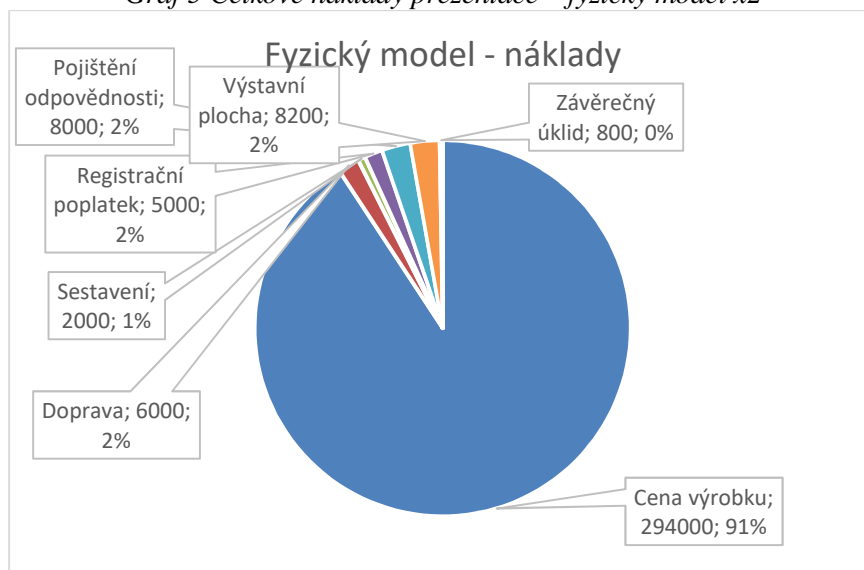
9.1 Virtuální model

Graf 4 Celkové náklady prezentace – virtuální model x2



9.2 Fyzický model

Graf 5 Celkové náklady prezentace – fyzický model x2



10 Závěr

- Shrnutí dosažených poznatků:

Z dosažených poznatků vyplývá, že přínos prezentace virtuálního modelu a fyzického není vhodné přímo srovnávat. Základní podíl nákladů prezentace virtuálního modelu, tvoří investice do vybavení pro hardware a software virtuální reality. Základní podíl nákladů prezentace fyzického modelu tvoří samotná cena produktu, který není investicí ale předmětem prodeje. Závěrem by se dalo říci, že prezentace virtuální realitou výrobku je ekonomicky výhodnější při potřebě a účelu flexibility zvětšení rozsahu modelu. Fyzický model má zásadní limity na obsažení v prostoru. I když je prezentace fyzického modelu nenahraditelná, úroveň grafiky spolu s vlastnostmi virtuálního modelu s sebou přináší nové výhody.

- Ověření dosažených cílů:

Cílem této práce bylo zmapovat dvě možné varianty způsobu tvorby a prezentace virtuálních modelů, a to včetně ekonomického posouzení nákladů. Cíl zmapování variant nákladů byl splněn. Zjištění výhodnosti varianty první vedlo k obsažení této varianty v celkových nákladech na prezentaci.

- Diskuze:

Práce se nezaměřuje na průzkum trhu formou dotazníků. Tudiž, cenová hladina služby prezentace dle předběžné velikosti trhu klientů není v této práci stanovena.

- Kritické zhodnocení práce:

Práce je zaměřena na zmapování nákladů v neznámém a novém sektoru, nikoliv na určení výnosů z prodeje. Toto pokračování může být rozvedené v navazující diplomové práci. Z důvodů rozlišenosti procesů výroby virtuálního a fyzického modelu nebylo dostatečně provedeno procesní posouzení možností prezentace.

11 Seznam použité literatury

1. SHERMAN, William R. a Alan B. CRAIG. *Understanding Virtual Reality: INTERFACE, APPLICATION, AND DESIGN*. By Elsevier Science (USA): Morgan Kaufmann Publisher, 2003. ISBN 1-55860-353-0.
2. WHYTE, Jennifer a Dragana NIKOLIĆ. *Virtual Reality and the Built Environment*. Second edition published 2018. 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon, OX14 4RN: Routledge, 2018. ISBN 978-1-138-66876-8.
3. CORKE, Greck. Virtuální realita v architektonické praxi I. *GRAITEC* [online]. 2019, 22. 1. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://graitec.cz/blog/entry/virtualni-realita-v-architektonicke-praxi-i>
4. *ARCH PRINT* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.archprint.cz/index.html>
5. INSIDECOR: Virtuální realita je revoluce, říká ateliér Qarta [online]. Praha [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.insidecor.cz/blog/virtualni-realita-je-revoluce-rika-atelier-qarta/>
6. FUCHS, Philippe. *Virtual reality headsets: a theoretical and pragmatic approach*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, CRC Press is an imprint of the Taylor & Francis Group, an informa business, [2017]. ISBN 9781138632356.
7. YOUTUBE [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=A3RRhVennEE>
8. IRISVR [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://irisvr.com/prospect/>
9. INSMART [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://insmart.cz/ponici-nam-virtualni-realita-mozek-dlouhodobě-následky-nezname-hrozi-zhorseni-motoriky-zraku/>
10. WHITLEYGROUP [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.whitleygroup.com/faq-04.html>
11. CDN [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://cdn.myshoptet.com/usr/eshop.adeon.cz/user/shop/big/144-14_revit-2020-badge-1024px.jpg?5cae0441
12. IRISVR [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://help.irisvr.com/hc/en-us/articles/216406967-Welcome-To-IrisVR-Prospect-Desktop-App->
13. VIVE [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.vive.com/eu/product/#vive-spec>

14. ALZA [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/alzapc/alza-gamebox-gtx1060-d5293815.htm>
15. BLENDER [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.blender.org/about/>
16. *THEGRAPHICMAC* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.thegraphicmac.com/get-started-in-3d-modeling-animation-with-blender-free/>
17. TWINMOTION [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US/twinmotion>
18. TWINMOTION [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://twinmotionhelp.epicgames.com/s/article/TwinMotion-System-Requirements>
19. LONDON BUILD EXPO [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://cdn.myshoptet.com/usr/eshop.adeon.cz/user/shop/big/144-14_revit-2020-badge-1024px.jpg?5cae0441
20. TOMSGUIDE [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.tomsguide.com/us/what-is-oculus-rift,news-18026.html>
21. MYMAGIC-I [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.mymagic-i.com/oculus-rift-touch-virtual-reality-system-review/>
22. WINDOWSCENTRAL [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.windowscentral.com/recommended-pc-requirements-oculus-rift-s-how-tell-if-your-computer-can-run-it>
23. CZC [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://www.czc.cz/acer-predator-orion-3000-cerna_4/242905/produkt
24. *ČVUT Fakulta stavební, Experimentální centrum* [online]. [cit. 2019-04-22]. Dostupné z: <http://ecentrum.fsv.cvut.cz/cz/vav/index.html>
25. *ČVUT Fakulta stavební, experimentální centrum* [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <http://ecentrum.fsv.cvut.cz/cz/vav/vav/1.html>
26. UNREALENGINE [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US/twinmotion>
27. *MOB-Bars s.r.o.* [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <http://mob-bars.cz/#produkty>
28. *ABF* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: https://storage.abf.cz/file/show?nl_id=39068

12 Seznam obrázků

- Obr. 1 Interakce s virtuální realitou [2]
- Obr. 2 Koncept virtuální reality [6]
- Obr. 3 Způsoby ovládání virtuální reality [1]
- Obr. 4 Irisvr/Prospect – virtuální panel [8]
- Obr. 5 InSmart VR a vliv na mozek [9]
- Obr. 6 Prospect / více uživatelů [12]
- Obr. 7 Prospect / základní navigace [12]
- Obr. 8 HTC Vive náhlavní souprava [13]
- Obr. 9 HTC Vive ovladače [13]
- Obr. 10 HTC Vive snímače [13]
- Obr. 11 Gamebox Gtx 1060 počítač [14]
- Obr. 12 Blender [16]
- Obr. 13 Oculus rift [21]
- Obr. 14 Plný prvek
- Obr. 15 Poloviční prvek
- Obr. 16 Plný prvek / střílna
- Obr. 17 Plný šestihran [autor]
- Obr. 18 Šestihran [27]
- Obr. 19 Vizualizace 1

13 Seznam grafů

Graf 1 Srovnání ceny variant

Graf 2 Celkové náklady prezentace – virtuální model

Graf 3 Celkové náklady prezentace – fyzický model

Graf 4 Celkové náklady prezentace – virtuální model x2

Graf 5 Celkové náklady prezentace – fyzický model x2

14 Seznam tabulek

Tabulka 1 Firmy využívající VR prezentace v České republice

Tabulka 2 Příprava virtuálního modelu - Varianta 1, Varianta 2

Tabulka 3 Varianta 1

Tabulka 4 Parametry a požadavky Prospect[12]

Tabulka 5 Parametry a požadavky HTC Vive[13]

Tabulka 6 Parametry a požadavky Gamebox Gtx 1060[14]

Tabulka 7 Varianta 2

Tabulka 8 Parametry a požadavky Twinmotion[18]

Tabulka 9 Parametry a požadavky Oculus rift [22]

Tabulka 10 Plný prvek

Tabulka 11 Poloviční prvek

Tabulka 12 Plný prvek / střílna

Tabulka 13 Celkové náklady prezentace - virtuální model [28]

Tabulka 14 Celkové náklady prezentace - fyzický model [28]

15 Přílohy

Příloha 1 – model_david_kramny.rvt