

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Průmyslové inženýrství a management

Bakalářská práce

Vizualizace konstrukčních dat pomocí rozšířené reality pro společnost
Škoda JS, a.s.

Autor: **Matěj Dvořák**

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

Konzultant: **Ing. Antonín Rudolf**

Akademický rok 2019/2020

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Tímto bych velmi rád poděkoval svému vedoucímu práce, panu doc. Ing. Petrovi Hořejšímu, Ph.D. a svému konzultantovi Ing. Antonínu Rudolfovi za jejich pomoc a podporu při vypracování mé bakalářské práce. Především bych chtěl poděkovat za jejich vstřícnost, ochotu a čas věnovaný konzultacím po celou dobu, po kterou jsem tuto práci zpracovával.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Dvořák	Jméno Matěj	
STUDIJNÍ OBOR	B2301 Strojní inženýrství		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Hořejší, Ph.D.	Jméno Petr	
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Vizualizace konstrukčních dat pomocí rozšířené reality pro společnost Škoda JS, a. s.		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2020
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	52	TEXTOVÁ ČÁST	52	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce se zabývá seznámením a objasněním pojmu Augmented Reality, jejím využitím v různých oborech a dále výběrem vhodného softwaru použitelného pro tvorbu AR aplikace. Cílem práce je vytvoření aplikace, která s využitím rozšířené reality zobrazuje 3D modely jednotlivých výkresových dokumentací. Tato aplikace je kompatibilní s platformou Android. Přínosem je široké využití této aplikace v průmyslové praxi.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">AR, VR, Marker, Augmented reality, Tracking, Virtual reality, EasyAR, Unity3D</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Dvořák	Name Matěj	
FIELD OF STUDY	B2301 Strojní inženýrství		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Hořejší, Ph.D.	Name Petr	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Visualisation of Assembly Data Using Augmented Reality for Škoda JS, a. s.		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2020
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	52	TEXT PART	52	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor thesis deals with the introduction and clarification of the term Augmented reality, its use in various fields of industry and the selection of suitable software for the creation of AR applications. The goal is to create an application which uses Augmented reality to display 3D models of the individual drawing documentation. This application is compatible with the Android platform. The benefit is wide industrial utilization of this application.
KEY WORDS	AR, VR, Marker, Augmented reality, Tracking, Virtual reality, EasyAR, Unity3D

1. Obsah

2.	Úvod	10
3.	Augmented reality (Rozšířená realita).....	11
3.1	Definice AR	11
3.2	Historie AR	12
3.3	Současné využití AR	14
3.3.1	Reklama.....	14
3.3.2	Údržba a školení	14
3.3.3	Navigace	15
3.3.4	Zdravotnictví.....	16
3.3.5	Televize	16
3.4	Budoucí využití AR v průmyslu	17
4.	Realizace AR.....	18
4.1	Moduly.....	18
4.2	Platformy AR.....	19
4.3	Způsoby trackování	21
5.	Cíle práce a výběr vhodného softwaru	24
6.	Testování softwaru EasyAR	27
7.	Propojení EasyAR se softwarem Unity 3D	30
7.1	Nastavení softwaru Unity 3D.....	30
7.2	Nastavení SDK EasyAR.....	32
8.	Základní nastavení prostředí.....	34
8.1	Základní nastavení AR kamery	34
8.2	Základní nastavení Image Targetu	35
8.3	Import 3D modelu sestavy a jejích součástí	37
9.	Tvorba scén a výsledné aplikace.....	39
9.1	Úvodní scéna verze 1.0.....	39
9.2	Úvodní scéna verze 2.0.....	41
9.3	Trackovací scény.....	44
9.4	Tvorba výsledné aplikace	48
10.	Ekonomické zhodnocení	49
11.	Závěr	50
12.	Bibliografie.....	51

Seznam obrázků

Obr. 3.1 Ukázka AR [2].....	11
Obr. 3.2 Ukázka VR [3].....	12
Obr. 3.3 Motocyklový simulátor Sensorama [4].....	12
Obr. 3.4 The Sword of Damocles – ukázka upevnění optického displeje [4]	13
Obr. 3.5 AR systém využívající Virtual Fixtures [21]	13
Obr. 3.6 Hybridní systém syntetického vidění společnosti NASA [21].....	14
Obr. 3.7 Wikitude Drive navigační systém [7]	15
Obr. 3.8 Parkovací asistent [8].....	15
Obr. 3.9 Použití CamC na operačním sále [5]	16
Obr. 3.10 Využití AR během živého vysílání [9]	16
Obr. 3.11 Ukázka budoucího využití AR v logistice [11]	17
Obr. 4.1 Diagram jednoduchého AR systému založeného na systému markerů [17].....	18
Obr. 4.2 Využití AR na PC s webkamerou [13]	19
Obr. 4.3 Kiosek využívající AR [14].....	20
Obr. 4.4 Využití AR v tabletu [15].....	20
Obr. 4.5 Použití AR na chytrých brýlích [16].....	21
Obr. 4.6 Ukázka optimálního markeru [17].....	22
Obr. 4.7 Faktory ovlivňující kvalitu trackování [17]	22
Obr. 4.8 Aplikace založená na systému markerless trackingu [28]	23
Obr. 4.9 Spatial mapping trackovací způsob [29].....	23
Obr. 5.1 Tabulka porovnání funkcí SDK [18]	26
Obr. 6.1 Trackování za normálních podmínek	27
Obr. 6.2 Trackování při sníženém úhlu	27
Obr. 6.3 Trackování překrytého markeru	28
Obr. 6.4 Trackování překrytého přepůleného markeru	28
Obr. 6.5 Trackování poškozeného markeru.....	28
Obr. 7.1 Rozložení oken softwaru Unity 3D	31
Obr. 7.2 Přepnutí platformy	31
Obr. 7.3 Import SDK Easy AR do Unity 3D	32
Obr. 7.4 Tvorba licenčního klíče [19]	33
Obr. 7.5 Licenční klíč [20].....	33
Obr. 8.1 Nastavení kamer a vložení licenčního klíče.....	34
Obr. 8.2 Nastavení Image Targetu	35
Obr. 8.3 Načtení a nalezení markeru	36
Obr. 8.4 Ztráta markeru	36
Obr. 8.5 Rozstřel sestavy v softwaru Solid Edge ST10	37
Obr. 8.6 Importované modely	38
Obr. 9.1 Vytvoření Canvasu a jeho vlastnosti	40
Obr. 9.2 Skript objektu Dropdown.....	41
Obr. 9.3 Načtení možností z offline databáze	41
Obr. 9.4 Tvorba pozadí aplikace	42
Obr. 9.5 Rozložení a vlastnosti tlačítek	43

Obr. 9.6 Nastavení funkce tlačítka	44
Obr. 9.7 Zvolený marker.....	45
Obr. 9.8 Nastavení pozice a velikosti modelu	46
Obr. 9.9 Nastavení tlačítka trackovacích scén	47
Obr. 9.10 Zobrazení rozstřelu	47
Obr. 9.11 Zobrazení zvětšeného rozstřelu pomocí interakce.....	48
Obr. 9.12 Finální build aplikace.....	48

Použité zkratky

AR – Augmented reality – Rozšířená realita

VR – Virtual reality – Virtuální realita

VE – Virtual environment – Virtuální prostředí

UI – User Interface – uživatelské prostředí

SDK – Software Development Kit – sada vývojových nástrojů

JDK – Java Development Kit – Sada vývojových nástrojů

2D – 2 dimension – dvojrozměrný

3D – 3 dimension – trojrozměrný

GPS – Global Positioning System – Globální polohovací systém

2. Úvod

Dnes, kdy se za důležité faktory při působení na trhu považují kvalitní výroba, zajímavá a seriózní reklama a spolehlivý zákaznický servis, je Augmented reality (rozšířená realita) na vzestupu. Její zavedení šetří z pohledu delšího časového období peníze společnosti, zkracuje čas při inovaci výrobků, vylepšuje pracovní procesy, značně pomáhá se zaškolením nově příchozích nebo stávajících zaměstnanců, zjednodušuje interní logistiku, umožňuje jednodušší začlenění zaměstnanců do provozu společnosti a další. AR nabízí mnoho výhod, díky kterým je možné se pozitivně odlišit od konkurence.

AR se dá velmi dobře využít i ve výrobě. Umožňuje zefektivnění a výrazné zrychlení výrobních procesů a zároveň ulehčuje zaměstnancům práci. K jejímu správnému fungování stačí libovolný tablet, chytré brýle nebo jiná platforma. Aplikace, která je výstupem této práce, poskytne koncovým uživatelům možnost zobrazení 3D modelů výkresových dokumentací, se kterými budou pracovat. To vše za účelem zjednodušení a urychlení montáže dané sestavy. Aplikace je založena na 2D trackování předem vybraného markeru a následném zobrazení na vybrané komponentě.

Cíle bakalářské práce jsou:

- 1) Vysvětlení a objasnění pojmu AR
- 2) Historie, současné využití AR, budoucí využití AR
- 3) Porovnání softwarů Wikitude – ARCore – Vuforia – EasyAR
- 4) Kompilace finální AR aplikace
- 5) Testování vytvořené aplikace
- 6) Ekonomické zhodnocení

3. Augmented reality (Rozšířená realita)

Trh se neustále vyvíjí. V dnešní době je z pohledu jakékoliv společnosti nejdůležitějším cílem udržet krok s tímto vývojem a přežít tak ve vysokém konkurenčním prostředí. Zákazník je čím dál více náročnější a k jeho uspokojení musí společnosti navrhovat a implementovat systémy, které toto kritérium splní

Augmented reality (AR) je, dle definice Ronalda Azumy, kombinací reálného a virtuálního světa, přičemž interakce mezi těmito světy probíhá v reálném čase. AR je považována za technologii budoucnosti. Již dnes se pomalu a jistě stává neodmyslitelnou součástí většiny marketingových strategií ve společnostech působících v mnoha odvětvích. Zavádění systémů, které AR využívají, napomáhá jak k zaujetí zákazníka, tak například ke zrychlení, zlevnění nebo zefektivnění procesů uvnitř společnosti.

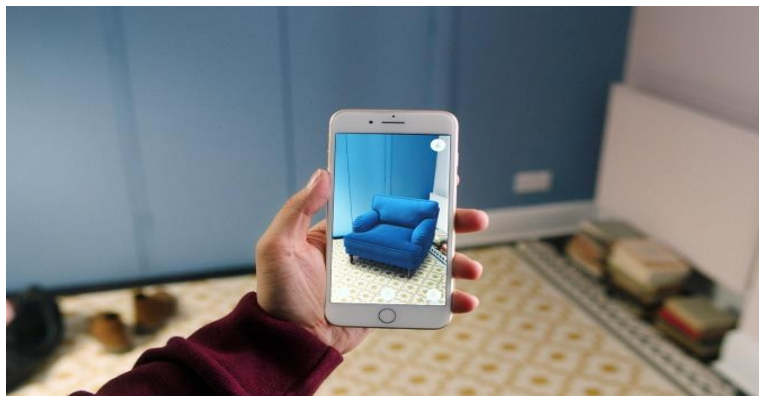
Vyvstává zde ale také mnoho otázek. Například jaké bude mít používání AR následky na společnost? Jaké budou následky na zdraví uživatelů AR? Je AR opravdu tak revoluční a přenosová technologie? Na většinu takovýchto otázek ale nalezneme odpověď až za delší dobu při důsledném testování a monitorování AR v provozu.

3.1 Definice AR

AR stojí na opačné straně tzv. virtuálního kontinua oproti VR. Technologie využívající virtuální realitu uživatele zcela ponoří do uměle vytvořeného prostředí. Během toho je pro uživatele nemožné vidět reálný svět kolem něj. AR oproti tomu používá informace generované počítačem nebo informace digitální, ať už jsou to obrázky, video, audio nebo dotykové vjemy, a překrývá jimi skutečné prostředí v reálném čase. Oproti VR, která může být technicky vzato použita ke zlepšení všech pěti smyslových vjemů, je AR využívána hlavně k vjemu zrakovému. [1]

AR (na rozdíl od VR) podsouvá uživateli reálný svět s virtuálními prvky, které buď reálný svět překrývají, nebo jsou s ním složeny. [1]

Na obrázku Obr. 3.1 je vidět jedno z možných využití AR, kdy je do reálného světa vložen virtuální objekt – křeslo.



Obr. 3.1 Ukázka AR [2]

Obrázek Obr. 3.2 znázorňuje VR, kde je uživatel zcela ponořen do virtuálního světa, který je odlišný od toho reálného.



Obr. 3.2 Ukázka VR [3]

3.2 Historie AR

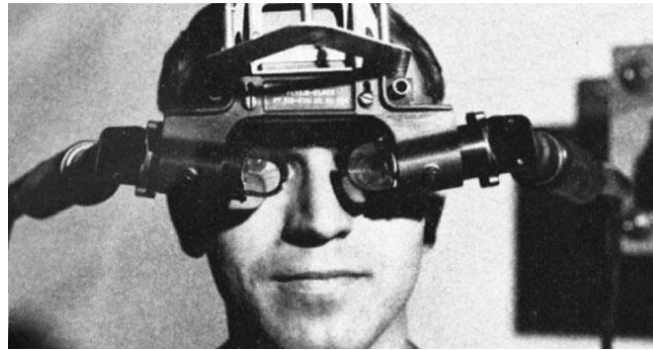
V historii už zde bylo mnoho talentovaných a nadšených lidí, kteří s AR dokázali úžasné věci i přesto, že byli oproti dnešní době v technologické nevýhodě. Jedním z nich byl i kameraman Morton Heilig, kterému se v roce 1962 se povedlo sestavit motocyklový simulátor zvaný Sensorama (Obr. 3.3), který je sice více považován jako VR technologie, avšak tento vynález stál na počátku vzniku systémů založených na principu AR. Sensorama jako první využívala multi-senzorové technologie - zrakové, vibrační, zvukové a čichové funkce. [1]



Obr. 3.3 Motocyklový simulátor Sensorama [4]

V roce 1968 vytvořil Ivan Sutherland první AR systém zvaný The Sword of Damocles, který využíval optický displej připevněný k hlavě. Tento systém byl jedním z prvních typů, který

používal trackery¹ se šesti stupni volnosti. Tento displej je možné vidět na obrázku Obr. 3.4. [1]



Obr. 3.4 The Sword of Damocles – ukázka upevnění optického displeje [4]

Další za zmínku stojí Myron Krueger, který v roce 1975 vytvořil AR systém zvaný VIDEOPLACE, který jako první uživatelům umožňoval interakci s virtuálními objekty. Tento systém ještě nepoužíval rukavice ani brýle, jak tomu je zvykem u dnešních systémů. VIDEOPLACE využíval počítačovou grafiku, projektory, videokamery, video displeje a další technologii ke snímání polohy uživatele. Skládal se z takzvaných „temných místností“ s velkými obrazovkami, které obklopovaly uživatele. Uživatelé díky tomu mohli vidět své počítačem generované siluety napodobující jejich pohyby a akce – to jim umožňovalo interagovat s virtuálními objekty. Díky tomuto systému také vzešla myšlenka o multiplayeru jak ve virtuální, tak rozšířené realitě – uvědomění, že lidé, kteří nejsou fyzicky nablízku, mohou společně komunikovat a interagovat s virtuálními objekty. [1]

I když první AR systém byl, jak je již výše zmíněno, vynalezen v roce 1968, termín „Augmented Reality“ nebyl znám až do roku 1990, kdy se o jeho první použití zasloužil zaměstnanec Boeingu Thomas Caudell.

V roce 1992 výzkumný pracovník Louis Rosenburg z laboratoře USAF Armstrong’s Research Lab vytvořil „Virtuální Fixtures“, což byl jeden z prvních plně funkčních systému rozšířené reality. Tento systém umožnil vojenskému personálu ovládat stroj za účelem výcviku pilotů letectva USA a k jejich tréninku o bezpečnějších letových praktikách. [21]



Obr. 3.5 AR systém využívající Virtual Fixtures [21]

¹ Tracker je v AR synonymem slova marker. Je to specifický vzor nebo obrázek, který může aplikace nebo systém využívající AR rozpoznat a poté na jeho pozici umístí virtuální objekt.

NASA roku 1999 vyvinula hybridní systém syntetického vidění pro svou kosmickou loď X-38. Systém využíval technologii AR, díky které bylo možné zajistit lepší navigaci během zkušebních letů. Komponenta rozšířené reality zobrazovala mapová data přímo na obrazovce pilota (viz Obr. 3.6). [21]



Obr. 3.6 Hybridní systém syntetického vidění společnosti NASA [21]

Roku 2004 představil Mathias Möhring první systém, který byl schopný trackování 3D markerů na mobilních přístrojích a 3D renderování přímo do živého video přenosu. [1]

3.3 Současné využití AR

Rozšířená realita je moderním trendem v oblasti využívání informačních technologií. Jde ruku v ruce s konceptem Industry 4.0. Široké uplatnění rozšířené reality lze ale najít i mimo průmysl.

3.3.1 Reklama

Schopnost AR okamžitě prezentovat libovolné 3D pohledy produktu potenciálnímu zákazníkovi se již ve větší míře objevuje v reklamě a obchodu. Tato technologie může vést ke skutečně interaktivním zážitkům pro zákazníka. Například, zákazníci v obchodech značky Lego mohou vzít libovolný produkt k AR kiosku, který jim zobrazí kompletní 3D obrázek sestaveného modelu. Zákazníci mohou krabicí otáčet různými směry a tím otáčí i daný model. Zřejmým cílem AR je rozšíření tištěných materiálů, jako jsou letáky nebo časopisy. Když je časopis zobrazen na počítači nebo smartphonu, statické snímky jsou nahrazeny animovanými sekvencemi nebo filmy. [5]

3.3.2 Údržba a školení

Porozumění tomu, jak věci fungují, jak je dát dohromady, rozebrat je nebo je opravit, je důležitou součástí mnoha profesí. Technici musejí věnovat mnoho času studiu příruček a dokumentací, jelikož je většinou nemožné si zapamatovat všechny postupy nazpaměť. AR však může zaměstnancům poskytnout instrukce přímo během pracovního procesu a tím umožnit, že i pracovníci s nižší úrovní zaškolení správně vykonají svou práci. [5]

3.3.3 Navigace

Myšlenka takzvané heads-up navigace, která by nerozptylovala obsluhu vozidla, pohybujícího se vysokou rychlostí, byla poprvé zvažována v souvislosti s vojenskými letadly. Už od sedmdesátých let se vyvíjela řada průhledných displejů, které lze namontovat na průzor pilotní přilby. Tato zařízení mají za cíl ukázat neregistrované informace, jako je aktuální rychlost nebo točivý moment, ale mohou být také použity pro zobrazení určité formy AR. S vylepšenou geoinformací bylo možné překrýt větší konstrukce v navigačních systémech automobilů, jako jsou například silniční sítě. [5]

Obrázek Obr. 3.7 ukazuje aplikaci Wikitude Drive, navigační systém z pohledu první osoby. Pokyny k jízdě překrývají horní okraj živého videa, což je efektivnější oproti zobrazení v mapovém prostředí.



Obr. 3.7 Wikitude Drive navigační systém [7]

Obrázek Obr. 3.8 znázorňuje parkovacího asistenta, který překrývá pohled zadní kamery grafickou vizualizací trajektorie vozidla.



Obr. 3.8 Parkovací asistent [8]

3.3.4 Zdravotnictví

Použití zobrazení pomocí rentgenového záření způsobilo revoluci v diagnostice díky tomu, že umožnilo lékařům nahlédnout do pacienta, aniž by ho museli operovat. Avšak toto zobrazení odděluje vnitřní pohled pacienta od vnějšího. Využití AR tyto pohledy spojilo a umožňuje tak lékařům vidět přímo do pacienta na operačním sále. Přístroj CamC slouží k poskytnutí rentgenových snímků přímo na sále (viz Obr. 3.9). Přitom ale tyto snímky rozšiřuje konvenční videokamerou, která je s rentgenovou optikou zapojena koaxiálně a tudíž tyto snímky společně páruje. Lékař může mezi snímky libovolně přecházet a dokonce je i sloučit. Tato aplikace je nápomocná například při aplikaci ortopedických šroubů. [5]



Obr. 3.9 Použití CamC na operačním sále [5]

3.3.5 Televize

Většina lidí se s AR v televizi pravděpodobně setkala v podobě anotací živého vysílání. Prvním a nejvýznamnějším příkladem tohoto konceptu je virtuální 1. a 10. linie v americkém fotbalu, které naznačují počet yardů potřebných k prvnímu downu. Tyto linie jsou zobrazovány přímo na televizní obrazovce během zápasu. I když první myšlenky a patenty ohledně vytvoření takovýchto markerů pro sportovní vysílání pocházejí z konce sedmdesátých let, realizovaly se až v roce 1998. Od té doby byl tento koncept anotace televizních záběrů úspěšně aplikován na mnoho na mnoho dalších sportů, včetně fotbalu, ledního hokeje, baseballu, atd. [5]



Obr. 3.10 Využití AR během živého vysílání [9]

3.4 Budoucí využití AR v průmyslu

AR mění způsob naší komunikace se světem a ovlivňuje mnoho oborů. Jedním z nich by v budoucnosti mohla být logistika. V té by se podle studií a prvotního testování mohly díky zavedení AR výrazně snížit náklady. Jedním z největších potenciálů by měla být oblast týkající se skladovacích činností. Přibližně 55-65 % z nákladů na skladovací činnosti připadá na proces kompletace zakázek a na expedici zboží. Většina skladů ovšem na tyto procesy stále používá papírové doklady, čímž se vystavují většímu riziku z hlediska výskytu chyb a zpomalují tím celý chod společnosti. [10]

Testují se proto nové AR mobilní systémy, do nichž patří displeje připevněné k hlavě (Head Mounted Display - HMD), přenosné PC, kamery. Software určený pro kompletaci dokáže v reálném čase rozpoznávat prvky, čte čárové kódy, naviguje zaměstnance uvnitř skladu a zároveň sdílí informace se systémem řízení skladu. To vše zaměstnanci dodává veškeré informace, které potřebuje. Zároveň má pracovník obě ruce volné k manipulaci se zbožím. [10]

Navigace pomáhá určit nejvýhodnější cestu skladem, přičemž software pro rozpoznávání prvků kontroluje čárové kódy a tím určuje, zda-li se pracovník nachází na správném místě. Po odběru zboží systém sám aktualizuje zásoby na skladu (viz Obr. 3.11). Dle testů by tyto technologie mohly výrazně zvýšit produktivitu a zároveň by dokázaly snížit chybovost až o 40%. [10]



Obr. 3.11 Ukázka budoucího využití AR v logistice [11]

4. Realizace AR

Tato kapitola se zaměřuje na realizaci rozšířené reality. Jsou zde popsány základní trackovací moduly, dále platformy využívající rozšířenou realitu a v neposlední řadě také jednotlivé způsoby trackování.

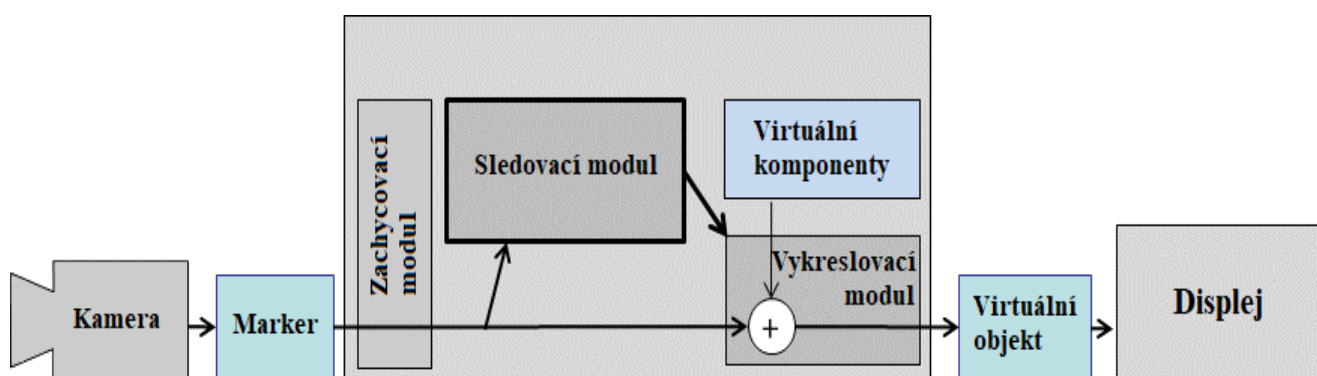
4.1 Moduly

V rozšířené realitě rozlišujeme celkem 3 základní moduly. Prvním z nich je **modul zachycovací**. Ten slouží k zachycení snímku z kamery. [17]

Druhým je **modul sledovací**. Ten se považuje za „srdce“ AR systému. Vypočítává relativní pozici kamery v reálném čase. Pozicí se myslí 6 stupňů volnosti, tj. 3D umístění a 3D orientaci objektu. Sledovací modul umožňuje systému přidat virtuální komponenty jako součást skutečné scény. Základní rozdíl v porovnání s jinými nástroji pro zpracování obrazu je v tom, že AR se virtuální objekty pohybují ve 3D souřadnicích, namísto 2D. Nejjednodušší způsob k vypočtení pozice je použití markerů. [17]

Třetím je **vykreslovací (renderovací) modul**. Ten kombinuje původní obrázek a virtuální komponenty za pomoci vypočítané pozice a poté vykresluje virtuální objekt na displej. Překrývá s ním původní obraz kamery. V základní počítačové grafice je virtuální scéna promítnuta na rovinu obrazu pomocí virtuální kamery a až poté je tato projekce vykreslena. Trikem AR je použití virtuální kamery, která je shodná se skutečnou kamerou systému. Tímto způsobem jsou virtuální objekty ve scéně promítány stejně jako ty skutečné a výsledek je přesvědčivý. Aby bylo možné simulovat skutečnou kameru, musí systém znát optické vlastnosti kamery. Proces identifikace těchto vlastností se nazývá kalibrace kamery. [17]

Diagram jednoduchého AR systému spolu s jeho součástmi je vidět na obrázku . Tento systém je založen na systému markerů. To ovšem není jediný způsob trackování, jak je vysvětleno v kapitole 4.3.



Obr. 4.1 Diagram jednoduchého AR systému založeného na systému markerů [17]

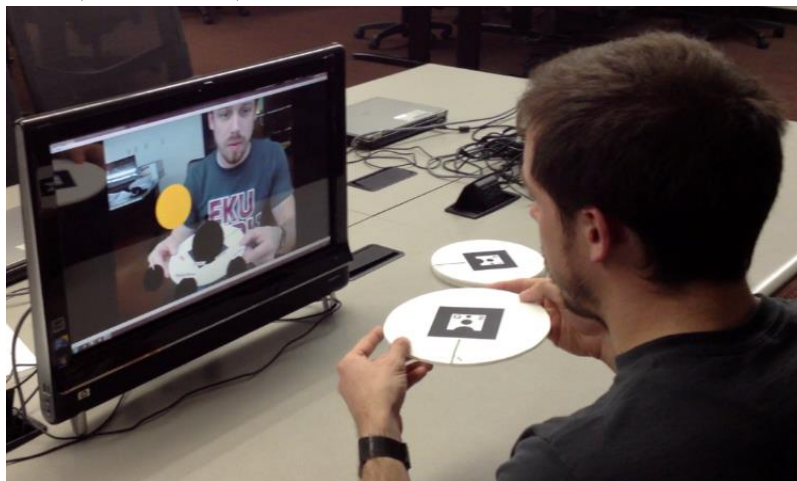
4.2 Platformy AR

Platformy se dají rozdělit do čtyř základních skupin. Ovšem díky tomu, že AR zažívá v poslední době velký boom, jejich počet roste. Každá společnost chce přijít s lepším produktem než konkurence. V herním odvětví patří mezi konzole umožňující využití AR například PlayStation 4, který pro hraní her v rozšířené realitě využívá prostorového mapování skrze kameru PlayStation Camera. V jeho opozici stojí společnost Microsoft, která přišla s konzolí Xbox a svou kamerou Microsoft Kinect sensor. Ve světě chytrých brýlí například již zmiňované Google Glass, Microsoft HoloLens nebo Eversight Raptor.

Základní platformy:

1) PC s webkamerou založené na trackování markeru

Kvůli tomu, že jsou oproti smartphonům a tabletům hůře přemístitelné, je marker (tracker) umístěn do zorného pole webkamery, která zobrazuje přenos. Jakmile kamera marker rozpozná, vytvoří augmentaci² na obrazovce, na které už s ní uživatel interaguje. Tato metoda je mnohdy používána k rozšíření novinových reklam, vizitek, sportovních kartiček a obecně všeho, z čeho se dá vytvořit přenosný marker a může být umístěno před webkameru (viz Obr. 4.2). [1]



Obr. 4.2 Využití AR na PC s webkamerou [13]

² Proces, při kterém se nejdříve trackuje vybraný marker a pokud ho aplikace rozpozná, vykreslí na něj virtuální objekt v rámci zvolené platformě.

2) Kiosky, výlohy a digitální displeje

Kiosky jsou stanice, kam si zákazníci donesou předměty a díky využití AR se o nich v kiosku dozví více. Jedním z příkladů je již výše zmíněný Lego kiosek. Dále jsou kiosky hodně využívány na veletrzích a různých předváděcích akcích (viz Obr. 4.3). Digitální displeje a výlohy jsou také používány a jsou to v podstatě obrovské statické markery, se kterými uživatelé interagují za pomoci svých mobilních zařízení. [1]



Obr. 4.3 Kiosek využívající AR [14]

3) Smartphony a tablety

Využití smartphonů k přístupu k AR je dnes nejběžnější metodou. Smartphony nejenže používají své kamery a displeje, ale i GPS funkce a kompas k tomu, aby augmentovaly lokace nebo potřebné body zájmu na základě relativní lokace.

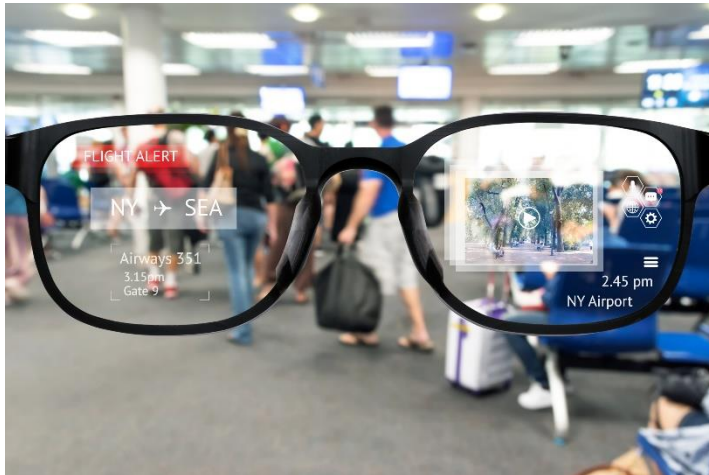
Tablety sem patří díky tomu, že mnoho dnešních modelů obsahuje HD kamery a GPS.[1]



Obr. 4.4 Využití AR v tabletu [15]

4) AR Brýle a displeje přichycené na hlavě (Head-Mounted Displays)

Brýle a displeje ještě dnes nejsou tak běžné, ale až se technologie zlepší a klesnou ceny, budou nejspíše AR brýle tak běžné, jako jsou dnes smartphony a tablety. Jejich výhodou bude permanentní AR přenos založený na individuálních potřebách a zálibách. Zobrazení AR v brýlích je vidět na obrázku Obr. 4.5. [1]



Obr. 4.5 Použití AR na chytrých brýlích [16]

Smartphony jsou z historického hlediska prvními mobilními zařízeními využívající AR. Jejich výhodou je široké rozšíření mezi koncovými uživateli a také to, že je mají uživatelé většinou neustále u sebe. Později je následovaly tablety, které mají oproti smartphonům ještě tu výhodu, že mají větší výpočetní výkon a obecně větší displej. V roce 2012 společnost Google začala propagovat svůj projekt „Google Glass“ a přestože to nebyl jediný zástupce, kdo přišel s chytrými brýlemi, získal nejvyšší pozornost díky marketingové strategii a sadě vlastností. Od roku 2017 jsou chytré brýle a AR headsety na vzestupu díky tomu, že obsahují komplexnější technologie a mají lepší senzory. Mezi další hardwarové AR komponenty patří PC, kamery, trackovací a snímací zařízení (kompasy, GPS), monitory a jiná zobrazovací přístroje, markery. Mezi softwarové komponenty se řadí webové služby nebo lokální aplikace a programy. [1] [6]

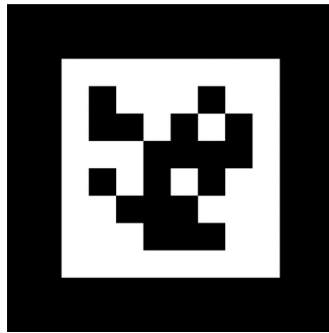
4.3 Způsoby trackování

Pojem trackování znamená výpočet relativní pozice (umístění a orientace) kamery v reálném čase. AR představuje informace ve správné souvislosti vzhledem k reálnému světu. K tomu musí systém vědět, kde uživatel je a na co se právě dívá. Obvykle uživatel prozkoumá okolí prostřednictvím displeje, který ukazuje obraz kamery společně s AR informacemi. V praxi to znamená, že systém musí určit polohu a orientaci kamery. Až poté, co je kamera kalibrována, je systém schopen vykreslit virtuální objekty na správném místě. [17]

První způsob trackování je pomocí tzv. markerů. Marker jako takový je znak nebo obrázek, který počítačový systém dokáže rozpoznat z video obrazu metodou rozpoznávání obrazu a dalšími metodami počítačového vidění. Jakmile je marker detekován, definuje se správné měřítko a pozice vůči kameře. Tento druh trackování je v AR nejpoužívanějším. [17]

Dobrý marker je snadno a spolehlivě rozpoznatelný za všech okolností. Rozdíly v jasů jsou snadněji rozpoznatelné než rozdíly v barvě. To je způsobeno špatným automatickým

vyvážením bílé na kamerách. Barvy se rozpoznávají hůře a na objekt tak může mít vliv i to, co je v záběru s ním. Čím více je v markerech kontrastu jasu, tím snadněji jsou detekovány. Kvůli tomu jsou neoptimálnější markery černo-bílé (viz Obr. 4.6).

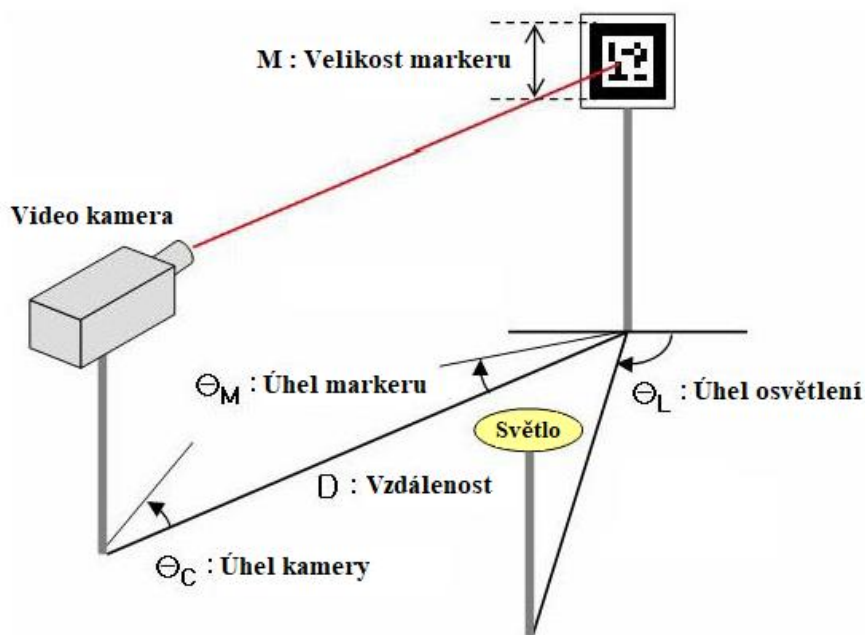


Obr. 4.6 Ukázka optimálního markeru [17]

Vliv na správné trackování markeru a následné zobrazení objektu na komponent má i pozice markeru vůči kameře. V případě, že je marker vycentrován na střed kamery, která ho snímá, jsou objekty zobrazovány ve vysoké kvalitě. Když je osa kamery kolmá na směrovou linii markeru, zobrazení není tak ostré. Na hranici 90° není marker detekován vůbec. [17]

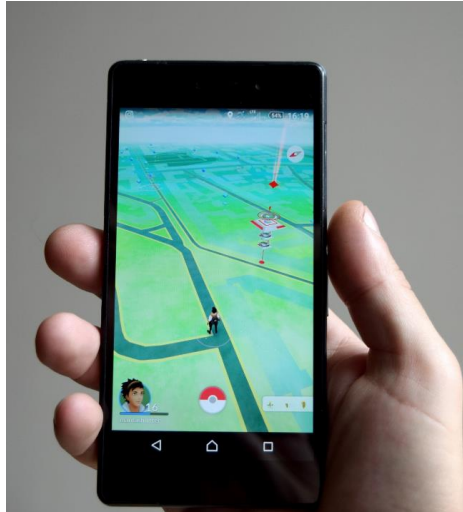
Dále jsou zapotřebí dobré světelné podmínky, aby mohl být marker dostatečně detekován. Ovšem tato podmínka je méně důležitější než pozice markeru vůči kameře. [17]

Dalším vlivem je velikost markeru a vzdálenost mezi kamerou a markerem. Optimální mezní hodnota velikosti markeru závisí na aplikaci a na jeho typu. Obecně platí, že čím větší marker je, tím jednodušší je ho rozpoznat. Faktory ovlivňující kvalitu trackování jsou znázorněny na obrázku Obr. 4.7. [17]



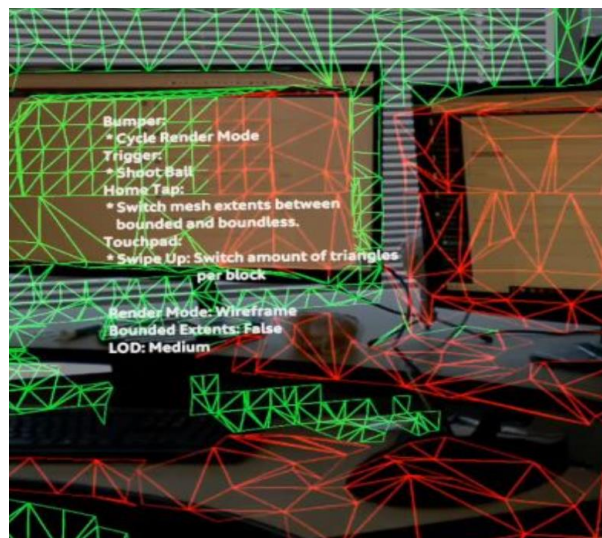
Obr. 4.7 Faktory ovlivňující kvalitu trackování [17]

Dalším způsobem trackování je markerless AR. K zobrazování jednotlivých modelů a prvků nevyužívá značek, ale pracuje již na bázi lokalizace. Jelikož k zobrazování využívá funkce jako GPS souřadnice, akcelerometr, rychloměr nebo například digitální kompas a tyto funkce jsou dnes zahrnuty ve většině chytrých zařízeních, jedná se o nejrozšířenější typ trackování. [28]



Obr. 4.8 Aplikace založená na systému markerless trackingu [28]

Jedním z dalších způsobů trackování je tzv. spatial mapping neboli prostorové mapování. Prostorové mapování popisuje proces zařízení AR doslova mapujícího váš prostor. To se provádí pomocí výpočetní geometrie a počítačově podporovaného inženýrství, které vytváří síť, která leží nad pokrývá celé zobrazované prostředí. Všechna zařízení generují tuto síť, která vypadá jako řada trojúhelníků. Ty jsou poskládány dohromady jako rybářská síť. Při manévrování prostorem nebo pohybujícími se objekty a lidmi kolem vás je síť aktualizována tak, aby odrazila hranice vašeho prostředí. Síť je aktualizována tak často, že veškeré změny jsou zaznamenány téměř okamžitě. Tím se vytvoří to, čemu se říká prostorové porozumění: zařízení jsou dostatečně chytrá na to, aby rozpoznávala, co je podlaha, strop, stůl, optimální místa pro holografický obraz atd. [29]



Obr. 4.9 Spatial mapping trackovací způsob [29]

5. Cíle práce a výběr vhodného softwaru

Mezi hlavní cíle této práce patří objasnění pojmu AR a její využití, dále porovnání softwarů vhodných k tvorbě aplikace a v poslední řadě tvorba výsledné AR aplikace a její ekonomické zhodnocení. Tato práce navazuje na bakalářské práce Jana Kubra [30], který se ve své práci věnoval tvorbě montážní návodky s využitím rozšířené reality a Michala Grygy [31], který se věnoval doplnění výkresové dokumentace o prvky rozšířené reality. V obou těchto pracích byl pro tvorbu aplikací zvolen software Vuforia. Impuls pro tvorbu této bakalářské práce vyšel z firmy Škoda JS a.s. a jedním z požadavků tvorby výsledné aplikace byla co nejnižší pořizovací cena a aby aplikace byla univerzální a nasaditelná v praxi, tento software již není tak relevantní, neboť by se v tak velké společnosti musela za jeho používání platit nemalá částka.

Nadstavbou této práce oproti výše zmiňovaným je přidaná interaktivita se zobrazovanými modely pomocí gest – přiblížení, oddálení, rotace, posun. Jako trackovací způsob je zvolen systém sledování markeru, jelikož výsledná aplikace zobrazuje modely z výkresových dokumentací, tudíž nejjednodušším a nejspolehlivějším způsobem je nalepení jednotlivých druhů markerů přímo na tyto dokumenty.

Pro úplné a splnění definovaných cílů je proto zapotřebí vybrat software, který bude nejvíce vyhovovat dohodnutým kritériím. Jako hlavní kritéria byla vybrána co nejlepší schopnost trackování překrytého markeru a dále co nejlepší zobrazení modelu při trackování markeru pod co nejmenším možným úhlem. Hlavním softwarem, ve kterém se bude aplikace vytvářet, byl zvolen program Unity3D, což je multiplatformní herní systém, který může být použit pro tvorbu 2D/3D her nebo simulací pro mnoho platform. Software nabízí rozhraní API v jazyce C#. Dříve ještě používal JavaScript s názvem UnityScript.

Unity3D je zdarma k dostání na webových stránkách výrobce, avšak pod podmínkou, že zisky z vytvořené aplikace nepřekročí uvedenou roční hodnotu. Mezi další výhody tohoto softwaru se řadí velká komunita uživatelů, velké množství Assetů³ a jeho standardizace pro VR a AR.

K implementaci a využití AR v tomto softwaru se musí stáhnout a nainstalovat SDK⁴ software, což je soubor nástrojů pro vývoj softwaru. Umožňuje vytvářet aplikace pro danou platformu.

V mojí práci budou porovnány softwary Wikitude, ARCore, Vuforia a EasyAR. Tyto SDK jsou nadstavbou softwaru Unity3D, dopomáhají tedy k tvorbě výsledných AR aplikací. Ke správnému softwarovému výběru ještě dopomohla tabulka porovnání funkcí jednotlivých SDK, která je zobrazena na Obr. 5.1.

Wikitude umožňuje rozpoznání, sledovat a poté v AR rozšiřovat obrázky, objekty, scény, geografické polohy, a mnoho dalšího. Pracuje s naším žádoucím rozhraním Unity3D a vytváří AR aplikace pro různé platformy jako jsou smartphony, tablety, chytré brýle. Spolupracuje se

³ Doplnkový balíček umožňující přímou implementaci různých funkcí aplikace

⁴ SDK neboli sada vývojových nástrojů slouží mimo jiné k tvorbě aplikací. Konkrétní nástroje se liší dle výrobce daného zařízení.

systémy Android, iOS i Windows. Podporuje sledování 2D a 3D cílů stejně tak jako sledování rámových markerů. Wikitude má na webu volně ke stažení zkušební verzi, ta ale obsahuje vodoznak. Nejlevnější verze stojí 1990,- euro. Za zmínku také stojí, že Wikitude je výhodnější při vyvíjení markerless⁵ AR aplikací pro iOS a Android než SDK softwaru ARKit nebo ARCore. [18]

ARCore je SDK od společnosti Google, které podporuje jak Android, tak iOS. Mezi jeho silné stránky můžeme zařadit sledování polohy telefonu vzhledem k svému okolí, detekce velikosti nebo umístění povrchů (ploch), od vodorovných a svislých až k plochám šikmým. Dále také například odhad skutečných světelných podmínek. ARCore je tedy hlavně založen na sledování polohy v reálném čase a na integraci reálných a virtuálních objektů. [18]

Vuforia je jedním z nejpopulárnějších softwarů, který pomáhá při práci s rozšířenou realitou. Implementuje rozpoznávání různých typů vizuálních objektů, rozpoznání textu a prostředí nebo například funkci VuMark⁶. Dále je možné pomocí objektového skeneru Vuforia skenovat a vytvářet své vlastní objektové cíle. Proces rozpoznávání lze implementovat pomocí databáze (lokální nebo cloudové úložiště). Doplněk Vuforia, určený pro Unity3D, se snadno implementuje a je velmi intuitivní. [18]

EasyAR - základní verze tohoto softwaru je bezplatnou a snadno použitelnou alternativou Vuforia. Je to otevřená zdrojová knihovna pro AR, která implementuje funkce, jako jsou sledování pozice polohy, sledování jednoduchých čtvercových markerů, sledování 2D obrázků, kalibrace kamery. Současná verze EasyAR podporuje programovací jazyk C++, Java API a Objective-C API, zároveň jde implementovat do programu Unity3D. [18]

Pomocí tohoto softwaru mohou být vytvořeny aplikace do mnoha platform – mobilní telefony, tablety, chytré brýle – které fungují na operačních systémech Android, Windows, iOS. EasyAR se dá jednoduše stáhnout na webových stránkách. Pro náročnější uživatele je zde ještě verze Pro, která stojí 499,- dolarů za jeden licenční klíč a obsahuje oproti základní verzi pár dalších implementací. [18]

⁵ Markerless aplikace jsou takové AR aplikace, které po uživateli nepožadují umístění markeru před kameru. Vykreslí virtuální objekty samy do reálného prostředí.

⁶ Kombinace obrazu a QR kódu.

	Wikitude	ARCore	Vuforia	EasyAR
<i>Maximální vzdálenost pro zachycování (m)</i>	2,4/5	1/3	1,2/3,7	0,9-2,7
<i>Stabilita rozpoznání nepohyblivého markeru</i>	6	9	10	7
<i>Stabilita rozpoznání pohyblivého markeru</i>	6	6	6	3
<i>Nejmenší úhel rozpoznávání (°)</i>	10	50	30	35
<i>Minimální viditelnost pro rozpoznávání překrytého markeru (%)</i>	100	50	30	10
<i>2D rozpoznávání</i>	✓	✓	✓	✓
<i>3D rozpoznávání</i>	✓	✓	✓	

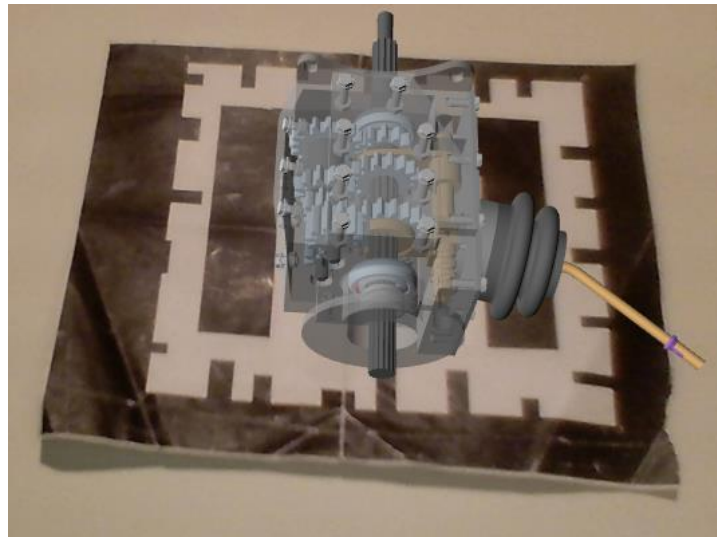
Obr. 5.1 Tabulka porovnání funkcí SDK [18]

Po interních katedrálních konzultacích ohledně této práce byly vyřazeny softwary Wikitude a Vuforia z důvodu vyšší pořizovací ceny, kterou by bylo nutné uhradit v případě nasazení aplikace do reálného provozu. Tím se výběr zúžil na softwary ARCore a EasyAR. První zmiňovaný má vyšší možnou vzdálenost, ze které jde markery rozpoznávat, to ovšem nebylo mým hlavním rozhodujícím kritériem. EasyAR vykazuje lepší stabilitu rozpoznání nepohyblivého markeru, nižší nejmenší úhel rozpoznávání a výrazně lepší rozpoznávání překrytého markeru. Tato kritéria rozhodla při volbě softwaru, který byl dále implementován do Unity3D a tvořit v něm AR aplikaci. Basic verze⁷ softwaru EasyAR je zdarma a, i když není vybavená 3D rozpoznáváním, 2D bude během používání finální aplikace naprosto dostačující. Mezi hlavní platformy, které tento software podporuje, patří Android, iOS, Windows a Unity Editor.

⁷ Základní verze

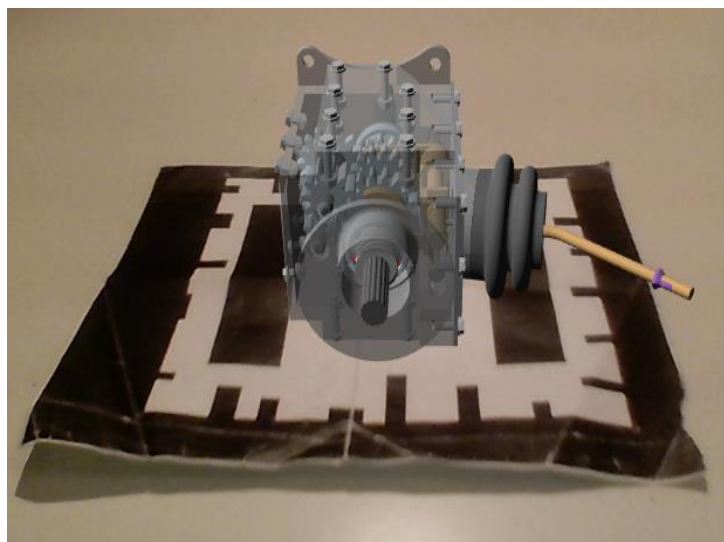
6. Testování softwaru EasyAR

Po vyhodnocení a výběru byl software implementován do programu Unity3D. Poté byl vytvořen jednoduchý program, jehož funkce spočívala v trackování ybraného černo-bílého markeru. Po rozpoznání markeru na něj program vykreslil 3D objekt, v tomto případě jednoduchou převodovku. Na obrázku Obr. 6.1 je vidět tracking nepohyblivého markeru za normálních podmínek, tj. při dobrém světle. Marker byl trackován nezakrytý a při velkém úhlu, který se blížil 90° .



Obr. 6.1 Trackování za normálních podmínek

Dále bylo vyzkoušeno trackování při nižším úhlu mezi zorným polem kamery a markerem. Tato vlastnost byla také jedním z důvodů, proč byl vybrán právě software EasyAR.

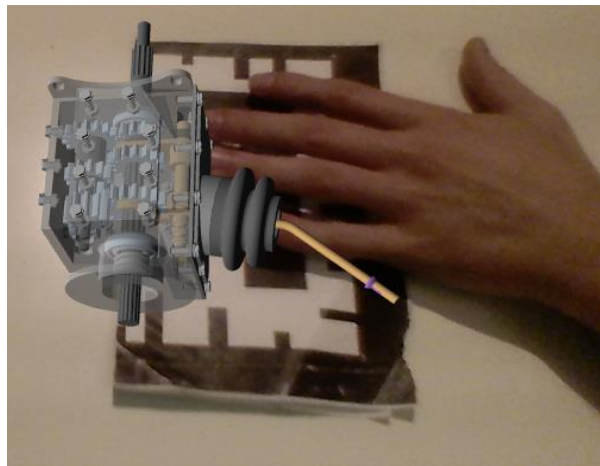


Obr. 6.2 Trackování při sníženém úhlu

Dále se testování zaměřilo na trackování překrytého markeru a dále markeru, který byl přeložen na polovinu a poté ještě překryt, což znázorňují obrázky Obr. 6.3 a Obr. 6.4.

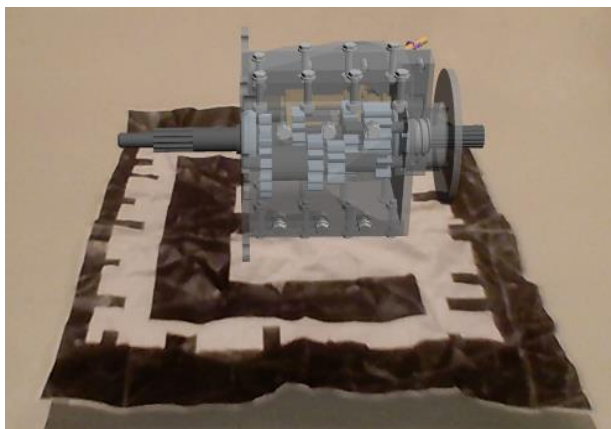


Obr. 6.3 Trackování překrytého markeru



Obr. 6.4 Trackování překrytého přepůleného markeru

Jako poslední bylo vyzkoušeno trackování markeru, který je značně poničený oproti předchozím pokusům (viz Obr. 6.5).



Obr. 6.5 Trackování poškozeného markeru

Při trackování za normálních podmínek byl marker načten téměř hned po jeho umístění před kameru. S nepatrně větší odezvou byl marker načten při trackování při sníženém úhlu. Při částečném překrytí markeru již jeho načtení a následné zobrazení 3D modelu trvalo déle a při přepůlení a překrytí markeru se čas trackování ještě trochu zvýšil. Poškozený marker byl načten stejně rychle jako marker částečně překrytý. Díky tomu, že během testování byl schopný rozpoznat a načíst 3D model ve všech těchto případech, se zůstalo u softwarové volby EasyAR.

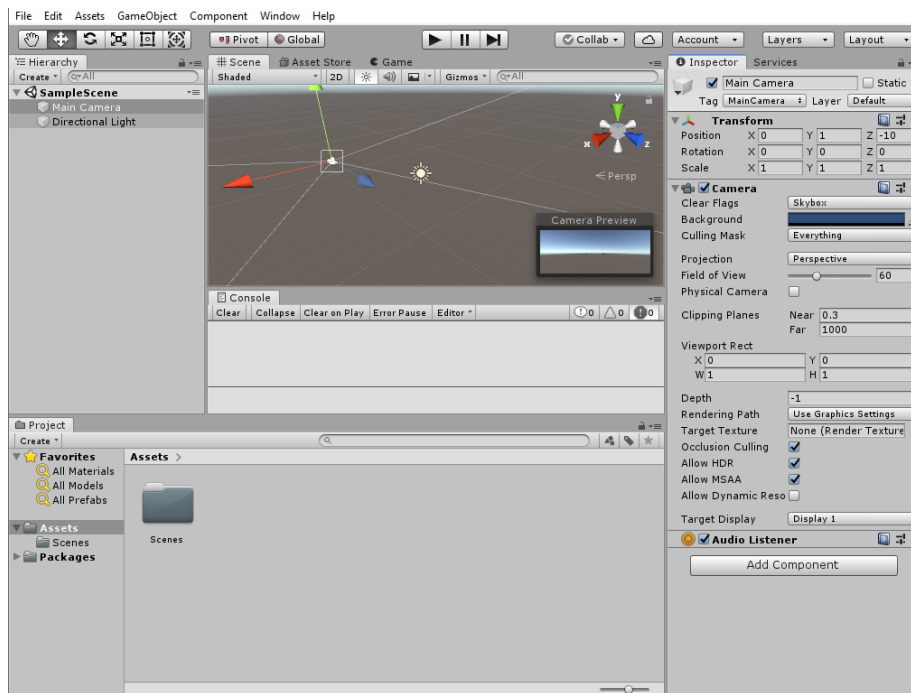
7. Propojení EasyAR se softwarem Unity 3D

Ke stažení softwaru Unity 3D je zapotřebí se registrovat na webových stránkách www.unity.com. Vytvořené Unity ID dále umožní stažení programu. Při stahování byla zvolena free verze softwaru Unity 3D, která je postačující k vytvoření vhodné aplikace. Pokud by vytvořená aplikace generovala hrubý roční příjem větší než 100 000 dolarů, musela by se pořídit placená verze Unity Pro.

7.1 Nastavení softwaru Unity 3D

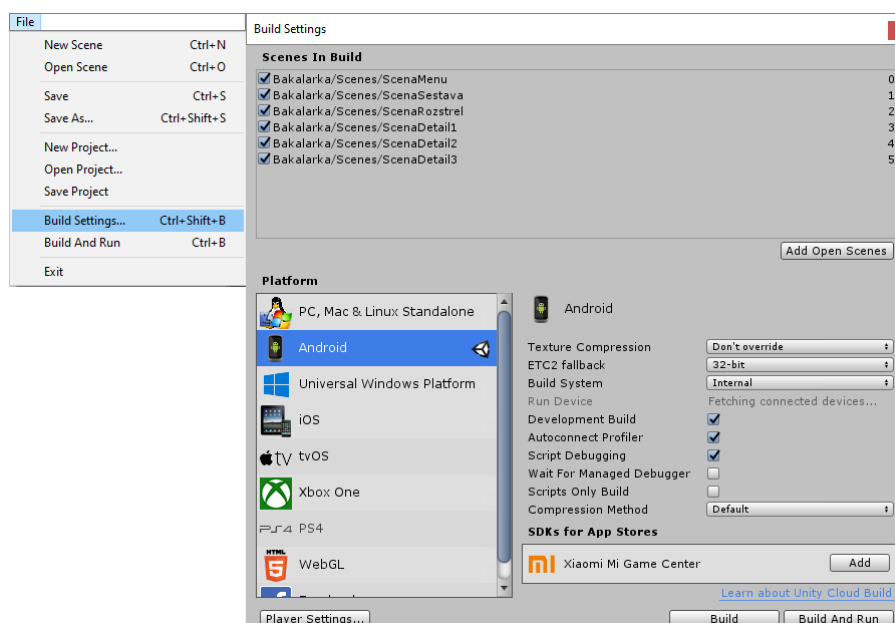
Po spuštění programu je nutné se přihlásit pomocí již dříve vytvořeného Unity ID. Po přihlášení uživatel vypíše název projektu a místo jeho uložení. Poté následuje spuštění programu. Při prvním spuštění má software defaultní rozložení jednotlivých oken (viz Obr. 7.1):

- **Toolbar** – Skládá se ze 7 základních ovládacích prvků, každý se týká jiné části editoru.
- **Scene** – Umožňuje nastavení pozice a další úpravu vložených objektů.
- **Hierarchy** – Obsahuje seznam každého objektu v aktuální scéně.
- **Project** – Levý panel okna zobrazuje hierarchickou strukturu jednotlivých složek, které jsou obsaženy v projektu. Po vybrání složky se její obsah zobrazí v pravé části okna.
- **Console** – Zobrazuje chybové zprávy celého projektu. Mohou se do ní vypisovat i zprávy pro lepší přehlednost fungování aplikace – nalezení/ztráta markeru. Před spuštěním aplikace je doporučeno vymazat všechny předchozí zobrazené zprávy tlačítkem Clear. To urychlí další případné hledání a opravu chyb.
- **Game** – Zobrazuje vzhled a funkčnost výsledného produktu.
- **Inspector** – Zobrazuje podrobné informace o aktuálně vybraném objektu a vlastnosti všech připojených komponent. Úpravou těchto vlastností je možné upravovat funkčnost objektů v dané scéně.
- **Asset Store** – Umožňuje stažení rozšíření a jejich následný import do projektu.
- **Services** – Poskytuje integrované služby, které umožňují rychlejší tvorbu her a zvyšují produktivitu při práci s Unity 3D.



Obr. 7.1 Rozložení oken softwaru Unity 3D

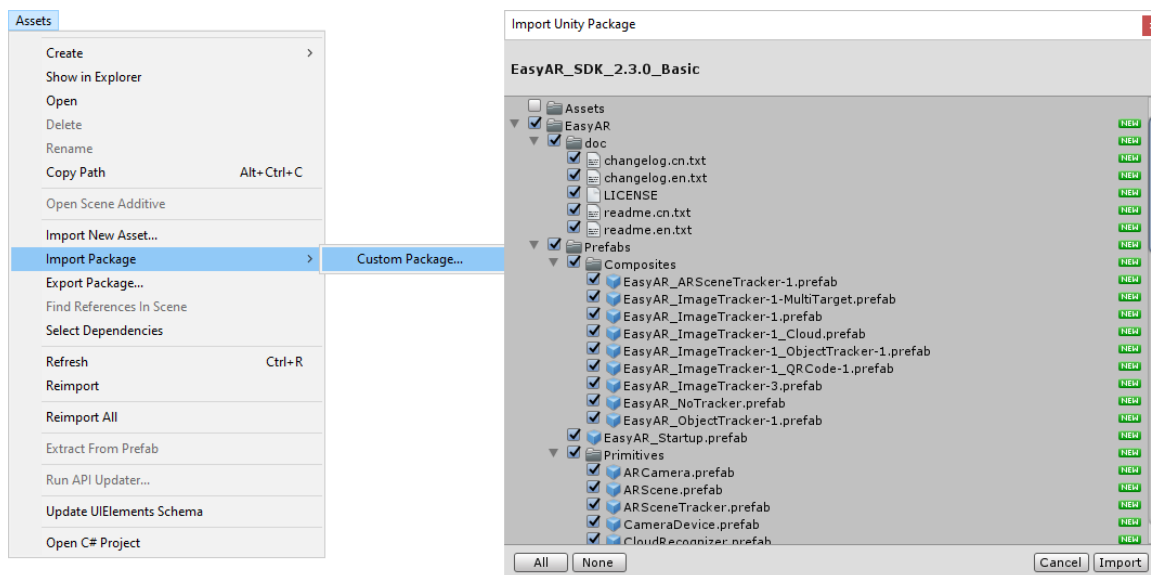
Pro tvorbu aplikace, která bude kompatibilní s platformou Android, je nutné doinstalovat přídatné součásti, které jsou nezbytné pro správné fungování aplikace na mobilních zařízeních. Jedná se o Android Software Development Kit (SDK) Tools a Java Development Kit (JDK). Ty se dají zdarma stáhnout z internetových stránek vývojářů. Dále je nutné vybrat při instalaci správný balíček, který bude shodný s verzí Androidu na zařízení, na kterém bude výsledná aplikace nainstalována. Poté musíme v sekci *Edit* → *Preferences* → *External Tools* vypsát ve spodní části tabulky cestu ke složkám *Android/Sdk* a *Java/Jdk*. Druhým krokem je přepnutí platformy (viz Obr. 7.2). V sekci *File* → *Build Settings* označit položku *Android* a poté v levém dolním rohu tabulky zvolit *Switch Platform*.



Obr. 7.2 Přepnutí platformy

7.2 Nastavení SDK EasyAR

Stažení SDK EasyAR je možné na webových stránkách www.easyar.com. Poté se v sekci *Download* stáhne soubor EasyAR_SDK_2.3.0 Basic for Unity3D (unitypackage). Aby bylo možné stažený balíček importovat, musí se v enginu Unity 3D zvolit záložka *Assets* → *Import Package* → *Custom Package* a na objevené tabulce kliknout na tlačítko *Import* (viz Obr. 7.3). Tím se do Unity nahraje celá SDK knihovna s již přednastavenými objekty, jako je AR camera, ImageObject a skripty, které jsou s nimi propojeny.



Obr. 7.3 Import SDK Easy AR do Unity 3D

Ke správné funkčnosti objektu ARCamera, která slouží k je nutná registrace na stránkách www.easyar.com. Po registraci je nutné v sekci *Develop Center* → *Sense Authorization* → *I need a new Sense License Key* vygenerovat licenční klíč (viz Obr. 7.4 a Obr. 7.5). K úspěšnému vygenerování se zvolí, jestli je aplikace vyvíjena ve verzi EasyAR Sense 4.0 *Personal*, *Professional* nebo *Classic*. Poté se vyplní název aplikace a jelikož se aplikace bude používat na mobilních zařízeních, vyplní se i položka *PackageName (Android)*. Po potvrzení se vygeneruje licenční klíč.

New Sense License Key

Type	EasyAR Sense 4.0
	View Sense Feature Comparison
	<input checked="" type="radio"/> EasyAR Sense 4.0 Personal Free, not for commercial use, with watermark, the number of SpatialMap download API request is limited to 100 times per day.
	<input type="radio"/> EasyAR Sense 4.0 Professional Monthly payment, no watermark, customized number of SpatialMap download API request.
	<input type="radio"/> EasyAR Sense 4.0 Classic One-time charge for lifetime use, no watermark, all features of Professional included.
Authorized Functions <small>Selected by default, no modification supported</small>	<input checked="" type="checkbox"/> Dense Spatial Map <input checked="" type="checkbox"/> Motion Tracking <input checked="" type="checkbox"/> 3D Object Tracking <input checked="" type="checkbox"/> CRS Support <input checked="" type="checkbox"/> Sparse Spatial Map <input checked="" type="checkbox"/> Surface Tracking <input checked="" type="checkbox"/> Planner Image Tracking <input checked="" type="checkbox"/> Recording
Application Details	
App Name	<input type="text" value="Projekt"/> It can be modified.
Bundle ID iOS	<input type="text" value="Enter Bundle ID"/> It can be modified. The Sense License Key of iOS platform needs to be used with the Bundle ID.
Package Name Android	<input type="text" value="com.Dvori.Projekt"/> It can be modified. The Sense License Key of Android platform needs to be used with the Package Name.
Supported Platforms	<input checked="" type="checkbox"/> iOS <input checked="" type="checkbox"/> Android <input checked="" type="checkbox"/> Windows <input checked="" type="checkbox"/> macOS

Obr. 7.4 Tvorba licenčního klíče [19]

Projekt

Type: 2.0Basic

Bundle ID iOS	Add
Package Name Android	com.Dvori.Projekt Modify

Sense License Key

dstSOwOsXK5ty0IJZKgtqsbz52DQirwEKexorRat4VMljsIYvx2mXHYxZhIEY7HoAVODX48fieQrYeJ0Qd8feWRuP5bVXn4H2rWpAJ0tpXTVro2evQ4JoKeqnKxqeHYJvoVmm30b9IP9oMnkQChj

i This Sense License Key is for Sense 2.x. Please input Sense License Key into project and Sense License Key should be used with Bundle ID correspondently.

[View the Key of EasyAR Sense 1.x](#)

Obr. 7.5 Licenční klíč [20]

8. Základní nastavení prostředí

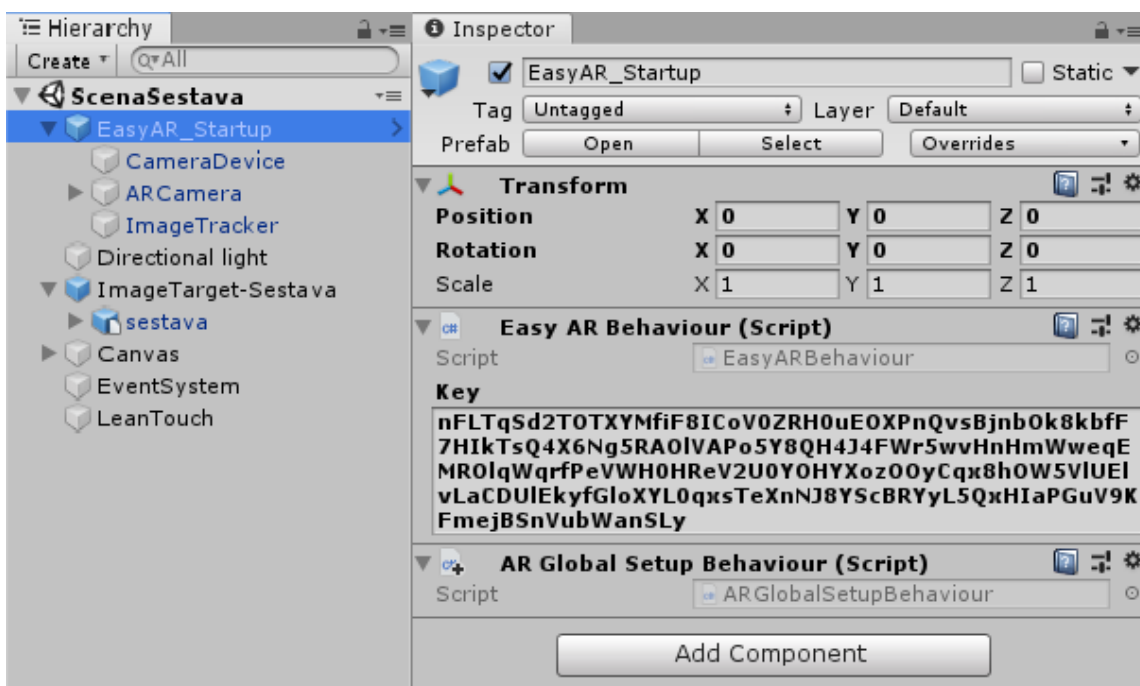
Tato kapitola popisuje základní nastavení v prostředí softwaru Unity3D a Easy AR. Mezi tato nastavení patří základní nastavení AR kamery, vložení licenčního klíče, nastavení tzv. Image Targetu a následný import 3D modelu a jeho součástí.

8.1 Základní nastavení AR kamery

Po vytvoření nového projektu v enginu Unity 3D, importu SDK Easy AR Basic a vygenerování licenčního klíče k tomuto projektu následuje vytvoření nové scény s názvem *ScenaSestava*.

Do této scény se dále vloží objekt *EasyAR_Startup*. Tento objekt je umístěn ve složce *Assets/EasyAR/Prefabs*. Díky tomu, že objekt *EasyAR_Startup* je „rodičem“ objektů *ARCamera* a *CameraDevice*, musí se ze scény vymazat objekt *Main Camera*, který je defaultně přednastavený softwarem Unity 3D v každé nově vytvořené scéně.

Kliknutí na objekt *EasyAR_Startup* zobrazí v okně *Inspector* informace o tomto objektu spolu s předdefinovanými skripty. Do okna *Key* je nutné zkopírovat již dříve vygenerovaný licenční klíč pro správnou funkčnost trackovací kamery.

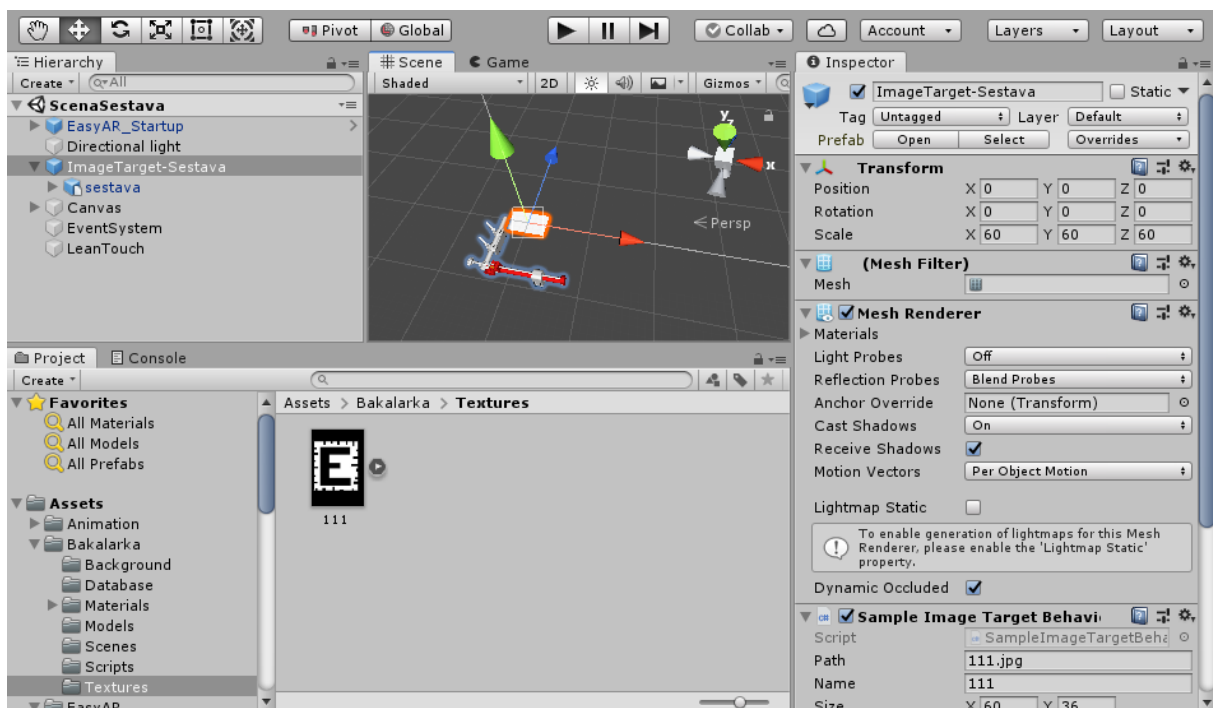


Obr. 8.1 Nastavení kamer a vložení licenčního klíče

8.2 Základní nastavení Image Targetu

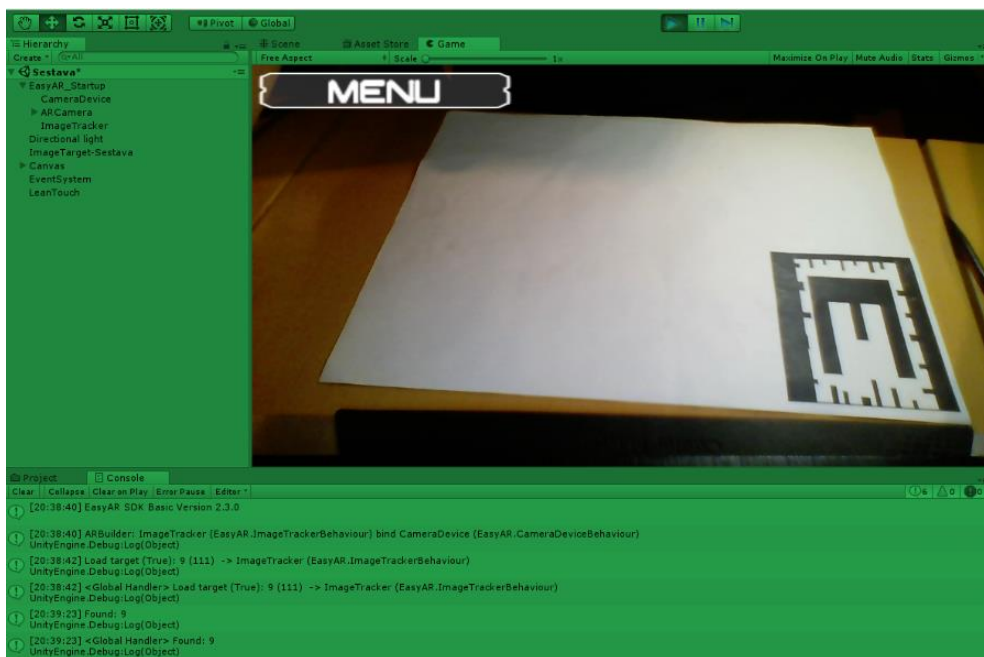
Dalším krokem je vložení objektu *ImageTarget* do scény. Následně je přejmenován na *ImageTarget-Sestava*. Označení tohoto objektu umožní import obrázku, na který výsledná aplikace zobrazuje importovaný 3D model. V případě této aplikace je místo obrázku zvolen předem vybraný marker, který svým tvarem a kontrastem barev zajistí co nejlepší rozpoznání AR kamerou (viz Obr. 8.2).

Zvolený marker ve formátu JPG se přesune do složky *Assets/Bakalarka/Textures*. Po kliknutí na objekt *ImageTarget-Sestava* se v okně *Inspector* vypíše název markeru do kolonky *Path* ve formátu „111.jpg“ a dále do kolonky *Name* ve formátu „111“. Dále se upraví rozměry markeru a celý objekt *ImageTarget-Sestava* se posune do počátku souřadného systému, kvůli budoucí lepší orientaci v dané scéně.



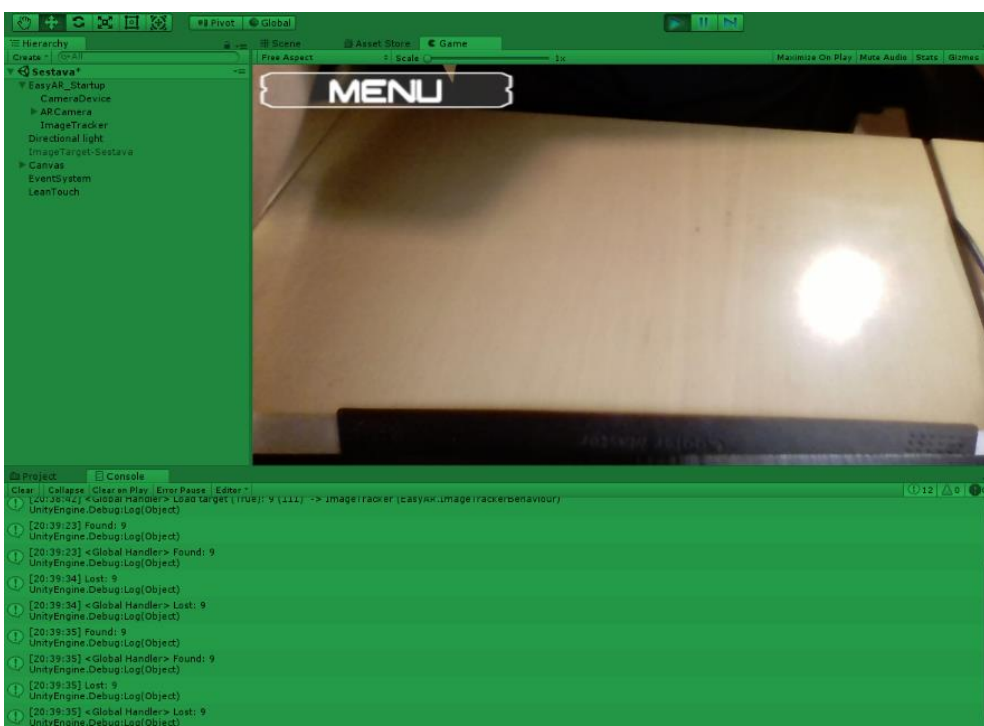
Obr. 8.2 Nastavení Image Targetu

Aplikace je poté spuštěna pomocí tlačítka *Play* (umístěné ve středu okna *Toolbar*). Další krok obsahuje kontrolu správného načtení markeru a jeho trackování. Díky skriptu *ARBuilder*, který dále definuje skripty *ImageTrackerBehaviour* a *SampleImageTargetBehaviour*, vypisuje aplikace zprávy o stavu markeru do okna *Console*. Při správném importu markeru se vypíše zpráva „Load target (True) → ImageTracker“ což značí, že marker byl úspěšně načten. Po umístění markeru do zorného pole kamery následuje zpráva „Found“ (viz Obr. 8.3).



Obr. 8.3 Načtení a nalezení markeru

Při ztrátě markeru ze zorného pole kamery konzole vypíše „Lost“ (viz Obr. 8.4). Provedení tohoto testu před importem ostatních částí aplikace je velice důležitý, jelikož správné trackování markeru a následné zobrazení 3D modelu je z hlediska funkčnosti základním kamenem této aplikace.



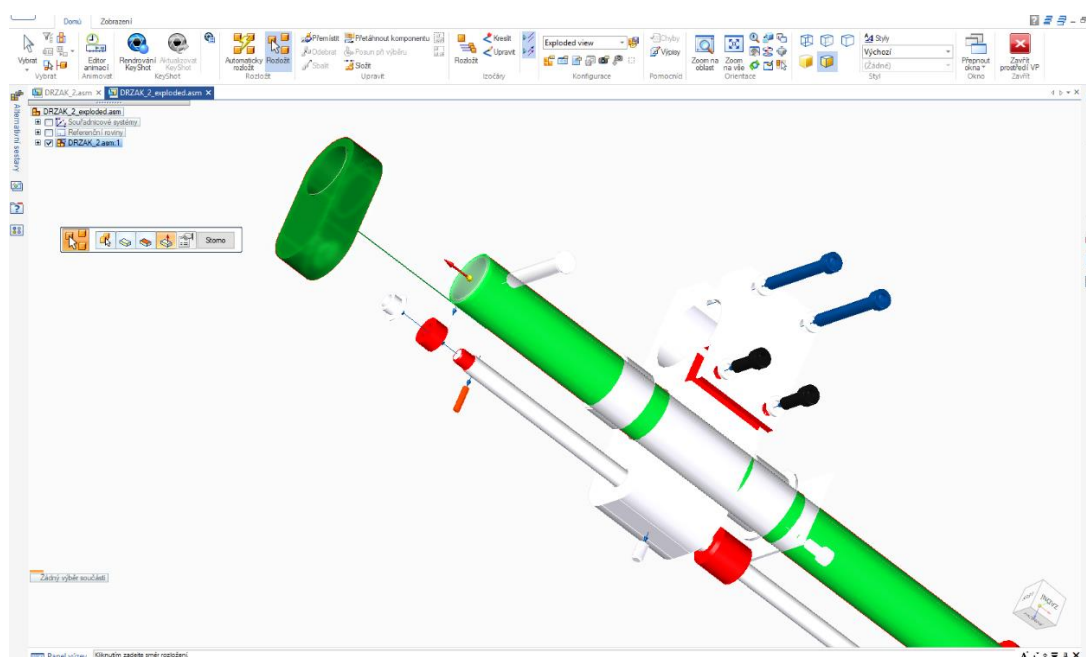
Obr. 8.4 Ztráta markeru

Free verze softwaru EasyAR Basic ani placená verze EasyAR Pro bohužel nemají schopnost funkce „*Extended Tracking*“, proto je při tvorbě aplikace v tomto vybraném programu nemožné ponechat model zobrazený i během ztráty markeru ze zorného pole kamery.

8.3 Import 3D modelu sestavy a jejích součástí

V rámci vytvoření vhodné aplikace byl nejdříve vybrán první 3D model sestavy, na kterém je možné kvalitně zobrazit všechny výstupní funkce výsledné aplikace. V rámci tohoto modelu však v době výběru probíhalo patentové řízení. Z toho důvodu by se muselo odložit zveřejnění bakalářské práce o několik měsíců. Odložení zveřejnění bakalářské práce bylo po domluvě s vedoucím práce zamítnuto, a tak byl konzultantem dodán jiný 3D model sestavy, jenž z důvodů interní politiky firmy konzultanta nese označení „Držák“. Model byl obdržen ve formátech *.stp* a *.igs*.

Tyto formáty byly otevřeny ve studentské verzi softwaru Solid Edge ST10. Následně se v tomto programu manuálně vytvoří rozstřel modelu *Držáku*. Rozstřel se provede stisknutím funkce *Rozložit*, poté se klikne na poddíl sestavy, který má být posunut. Po potvrzení výběru následuje výběr druhého poddílu, vůči kterému se bude první poddíl posouvat. V další části výběru se musí vybrat plocha roviny druhého poddílu a směr v této rovině, což určí finální posun prvního poddílu vůči druhému a docílí se tím částečného rozstřelu (viz Obr. 8.5). Tímto způsobem se povysunou všechny poddíly celé sestavy a výsledný rozstřelený model se vyexportuje jako *rozstrel.igs*.



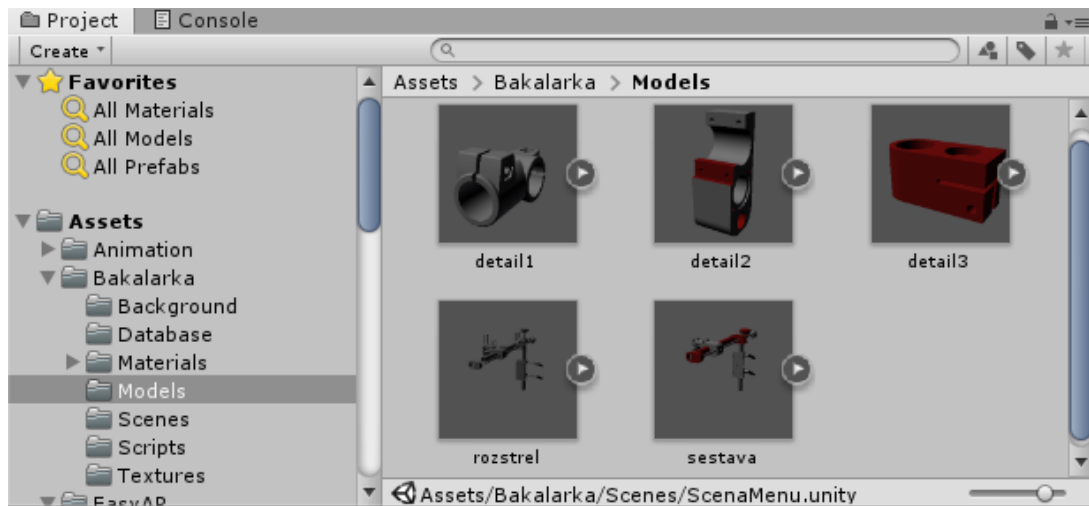
Obr. 8.5 Rozstřel sestavy v softwaru Solid Edge ST10

Další 3 části modelu, které aplikace zobrazuje v jednotlivých scénách, jsou vybrány podle složitosti jednotlivých poddílů sestavy a vyexportovány jako *detail1.igs*, *detail2.igs* a *detail3.igs*. Posledním zobrazovaným modelem je celá složená sestava, která se proto nemusí upravovat a použije se dodaný model, který se pouze přejmenuje na *sestava.igs*.

Při importu modelů do programu Unity 3D došlo k problému, jelikož modely s příponou *.igs* nejsou softwarem Unity 3D podporovány. Z tohoto důvodu se modely musí převést do jiného formátu. K tomu je použita studentská verze programu Autocad 3ds Max, ze které se všechny modely vyexportují ve formátu *.fbx*. Převod formátu z *.igs* do *.fbx* je snadný, stačí pouze

požadované načtené modely vyexportovat pomocí kliknutí do levého horního rohu programu a následně zvolit příkaz *Export* a zvolit požadovaný formát výstupu.

V okně *Project* je ve složce *Assets/Bakalarka* vytvořena složka *Models* pomocí příkazu *Create* → *Folder*, která slouží k přehlednější správě všech importovaných modelů. Modely se poté importují jednoduchým přetažením do této složky.



Obr. 8.6 Importované modely

Video s ukázkou výstupu aplikace je součástí CD, které je přiloženo k této bakalářské práci.

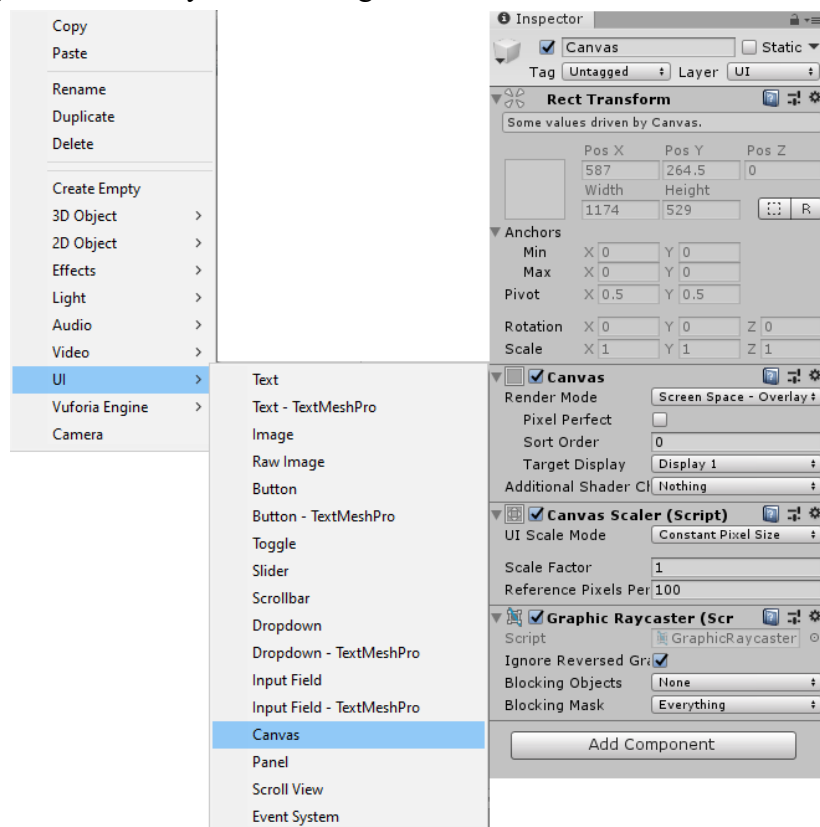
9. Tvorba scén a výsledné aplikace

V rámci aplikace je vytvořeno celkem 6 scén, které jsou mezi sebou navzájem propojeny pomocí tlačítek. Úvodní scéna aplikace obsahuje výběr z celkem 5 tlačítek. Každé z nich spustí jinou scénu. Podle své funkce zobrazí jednotlivé trackovací scény na nalezeném markeru 3D model sestavy, rozstřel této sestavy nebo jednotlivé detaily.

9.1 Úvodní scéna verze 1.0

V okně *Project* se z hierarchie vybere složka *Assets/Bakalarka/Scenes* a pomocí pravého tlačítka se v pravé části okna zvolí příkaz *Create* → *Scene*. Tím se vytvoří nová scéna, která dostane název *ScenaMenu*.

Tato scéna obsahuje *Menu*, ze kterého je možné přejít na další scény pomocí tlačítek. Ty již zobrazují 3D modely dílů nebo sestav dle druhu načítaného markeru. Dále je v této úvodní scéně implementované testování načítání dat z databáze, jež bylo přidáno jako jedno z možných rozšíření aplikace. To umožňuje načítání dat – názvů výkresových dokumentací s rozdílnými revizemi a dalšími informacemi o modelu. Po načtení 3D modelu je díky tomu možné zobrazit další dodatečné informace o tomto modelu (číslo revize, počet celkových dílů sestavy modelu atd.). Toto načítání je pro účely testování naimplementováno formou offline – data jsou vybírána z textového souboru z lokálního pevného disku. Ve scéně *ScenaMenu* se vytvoří prvek *Canvas*. Ten je vytvořen kliknutím pravého tlačítka myši do prázdné oblasti okna *Hierarchy* a následným výběrem *UI* → *Canvas* (viz Obr. 9.1). Ten je zobrazován přímo v aplikaci spolu s objekty, které jsou mu podřazeny. Po označení *Canvasu* se v okně *Inspector* zobrazí vlastnosti tohoto objektu, jejichž modifikací můžeme měnit například rozměry, barvu pozadí nebo pozici celého objektu. Spolu s *Canvasem* se jako jeho „dítě“ v hierarchii vytvoří komponent *EventSystem*, jehož hlavním účelem je zjišťovat, který objekt je považován za vybraný. Dále spravuje vstupní moduly, které aplikace v danou chvíli používá.



Obr. 9.1 Vytvoření Canvasu a jeho vlastnosti

Jako další se vytvoří objekt *Dropdown*. To se provede podobným způsobem jako při tvorbě *Canvasu*. Kliknutí pravým tlačítkem na prvek *Canvas* a následné vybrání *UI* → *Dropdown* zajistí, že vytvořený objekt se rovnou objeví jako podřadný vůči *Canvasu* a už není nutné objekty dále uspořádat jednotlivým přetahováním v okně *Hierarchy*.

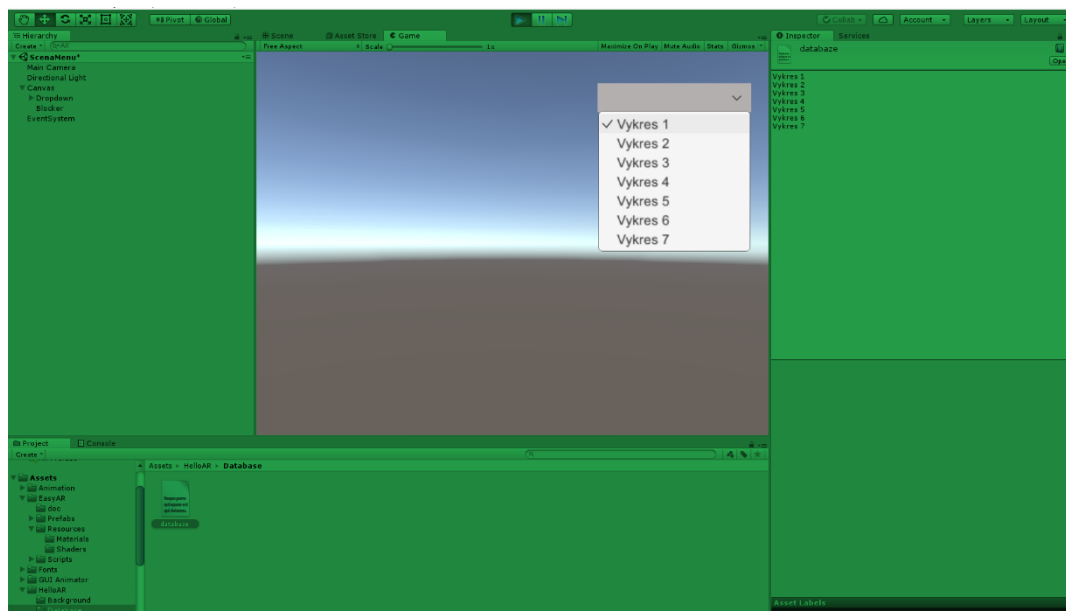
Po označení objektu *Dropdown* lze v okně *Inspector* opět navolit jeho vlastnosti. Je zde i tabulka *Options*, u které se pomocí plusového znaménka v pravé spodní části dají manuálně přidávat možnosti výběru *Dropdownu*. Avšak pro načtení možností výběru z externí offline databáze se musí vytvořit textový soubor *databaze.txt*. Dále je ve složce *Assets/Bakalarka* vytvořena nová složka s názvem *Database*. Do této složky se umístí soubor s prozatím uměle vepsanými daty, aby se mohla otestovat funkčnost načítání možností v *Dropdownu*. Dále je nutné ve složce *Assets/Bakalarka/Scripts* pomocí pravého tlačítka a následné volby *Create* → *C# Script* vytvořit skript, který je následně upraven pomocí softwaru Microsoft Visual Studio (kód tohoto skriptu viz Obr. 9.2).


```
Dropdown.cs* + X
Assembly-CSharp-firstpass - Dropdown
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using System.IO;
4 using UnityEngine;
5 using UnityEngine.UI;
6
7
8 public class Dropdown : MonoBehaviour
9 {
10     public Dropdown myDropdown;
11     private List<string> data;
12
13
14     void Start()
15     {
16         string[] data = System.IO.File.ReadAllLines("Assets/BakalarkaDatabase/database.txt"); //načtení mojí databáze z assetů
17
18         myDropdown.options.Clear();
19         foreach (string str in data) //načte každý řádek v polozece data, data = můj txt databázový soubor
20         {
21             myDropdown.options.Add(new Dropdown.OptionsData(str)); //přidá každý řádek txt souboru jako možnost v dropdown výběru
22         }
23     }
24 }
```

Obr. 9.2 Skript objektu Dropdown

Ve vytvořeném kódu deklarovaná proměnná „data“ načítá text po řádkách z vybraného souboru pomocí příkazu „*System.IO.File.ReadAllLines*“, za kterým musí být napsané přesné umístění daného souboru, ze kterého se mají řádky načítat. Následný „for cyklus“ přidá jednotlivé řádky jako možnosti výběru libovolného objektu, který má volbu výběru z více možností.

Skript je poté přetažen na prvek *Canvas*. To zajistí čtení dat hned po spuštění aplikace. Po označení *Canvasu* se ve spodní části *Inspectoru* objeví přiřazený skript s volným polem *My Dropdown*, do kterého se přesune objekt *Dropdown*. Data ze souboru *database* se nyní zobrazují jako možnosti výběru objektu *Dropdown* (viz Obr. 9.3).



Obr. 9.3 Načtení možností z offline databáze

9.2 Úvodní scéna verze 2.0

Po implementaci offline načítání dat z textového souboru v úvodní scéně verze 1.0 bylo rozhodnuto, že pro plné využití tohoto rozšíření by bylo nutné se připojit k živé databázi ve společnosti Škoda JS a.s.. To však bylo zamítnuto z důvodu interní politiky v této firmě. Z toho

důvodu byla vytvořena úvodní scéna verze 2.0, ve které byla funkce načítání dat z databáze odebrána a vývoj se spíše zaměřil na grafickou stránku této scény.

Nejprve se znovu vygeneruje *Canvas*. Pomocí výběru *UI* → *Image* se pod něj přiřadí prvek *Image*, který slouží jako pozadí menu při spuštění aplikace. Po označení *Image* se v okně *Inspector* nastaví položka *Rect Transform* tak, aby se velikost celého prvku dala upravit vypsáním vzdáleností jednotlivých rohů tohoto prvku vůči rohům *Canvasu*. Po správném přepnutí této transformace se při vynulování hodnot *Left*, *Right*, *Top* a *Bottom* prvek *Image* zvětší přesně na velikost *Canvasu*. Z webových stránek www.istockphoto.com se zdarma stáhl vhodný obrázek, který se upraví ve zkušební verzi softwaru Zoner Photo Studio X. Po úpravě je ve své finální podobě vyexportován jako *pozadiaplikace.jpg*. Ve složce *Assets/Bakalarka* se poté vytvoří složka *Background*, do které se obrázek přetáhne a tím se importuje do prostředí Unity3D. Po označení obrázku ve složce *Background* následuje přepnutí kolonky *Texture Type* z původního *Default* na typ *Sprite (2D and UI)*. Díky tomuto kroku software Unity 3D považuje importovaný obrázek za 2D grafický objekt. Nyní se již obrázek *pozadiaplikace.jpg* může zvolit jako *Source Image* ve vlastnostech prvku *Image* (viz Obr. 9.4).



Obr. 9.4 Tvorba pozadí aplikace

Dále se pravým kliknutím na *Canvas* a zvolením *UI* → *Button* postupně vytvoří 5 tlačítek, která slouží jako propojení úvodní scény s ostatními. Tlačítkům se pro lepší orientaci v okně *Hierarchy* a ve scéně změní názvy na *Button Detail1*, *Button Detail2*, *Button Detail3*, *Button Sestava* a *Button Rozstrel*. První tři jmenovaná tlačítka se v okně *Hierarchy* najednou označí a v *Inspectoru* se nastaví jejich šířka na hodnotu 100 a výška na hodnotu 35. Zbývají dvě tlačítka se s ohledem na jejich budoucí častější používání nastaví na šířku 130 a výšku 40. U jednotlivých tlačítek se dá měnit jejich pozice ručně pomocí uchopení jedné z os souřadnicového systému a následným tažením ve směru této osy. Druhým způsobem je vypsání přesných souřadnic do souřadnicových polí, která jsou viditelná v okně *Inspector* po označení jednotlivých tlačítek. U všech nově vytvořených objektů je počátek jejich souřadnicového systému vždy umístěn ve středu daného objektu. Pokud se tlačítka vytvořila jako podobjekty prvku *Canvas*, počátky souřadnicových systémů tlačítek a *Canvasu* jsou totožné. U tlačítek *Button*

Detail1, *Button Detail2* a *Button Detail3* se nastaví transformace *Rect Transform* na levý horní roh. Poté je u všech tří tlačítek nastavena vzdálenost jejich počátku od levého horního rohu *Canvasu* ve směru osy X na hodnotu 160. U prvního tlačítka je poté nastavena vzdálenost ve směru osy Y na hodnotu -80. Druhé tlačítko je nastaveno na hodnotu -170. Třetí na -260. Tlačítka *Button Sestava* a *Button Rozstrel* se analogicky nastaví jejich pozice do pravé části *Canvasu* s transformací vůči pravému hornímu rohu.

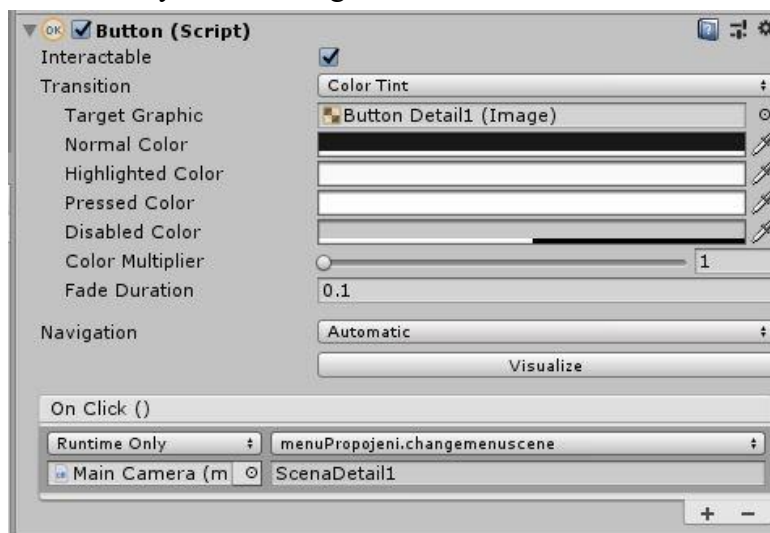
Každé tlačítko již obsahuje prvek *Text* jak svůj pod objekt. Označením tohoto prvku je možná jeho následná úprava v okně *Inspector*.

V okně *Asset Store* je vyhledán, stažen a importován asset s názvem „*Unity Samples: UI*“. Ve vlastnostech tlačítek se následně výběrem v položce *Source Image* změní vzhled tlačítek. Dále se nastaví barva tlačítek, barva textu a velikost textu. Design úvodní scény s již zakomponovanými tlačítky je znázorněn na obrázku Obr. 9.5.



Obr. 9.5 Rozložení a vlastnosti tlačítek

Provázání úvodní scény s ostatními pomocí tlačítek zajistí jednoduchý skript *menuPropojeni*, který se vytvoří ve složce *Assets/Bakalarka/Scripts*. V kódu stačí pouze nadefinovat metodu „*Public void changemenuscene(string scenename)*“, která je viditelná pro všechny ostatní objekty a která jimi může být i vyvolána. Dovnitř této metody je vložen příkaz „*SceneManager.LoadScene (scenename)*“, jenž vykoná přepnutí z jedné scény na druhou. Po uložení se skript přetáhne do okna *Hierarchy* na prvek *Main Camera*. Dále se musí skript propojit s jednotlivými tlačítky. Každé tlačítko má již přednastavený skript s názvem *Button*. V *Inspectoru* se přidá stisknutím plusového znaménka událost k položce *OnClick* (). Jako objekt se vybere prvek *Main Camera*. Tím se otevře možnost volby funkce, kterou má tlačítko vykonat po jeho stisknutí. Zde se vybere možnost *menuPropojeni* → *changemenuscene (string)*. Do nově posledního okénka stačí už jen vypsát název scény, na kterou bude dané tlačítko odkazovat (viz Obr. 9.6). Analogicky se takto vytvoří vazby u všech tlačítek.



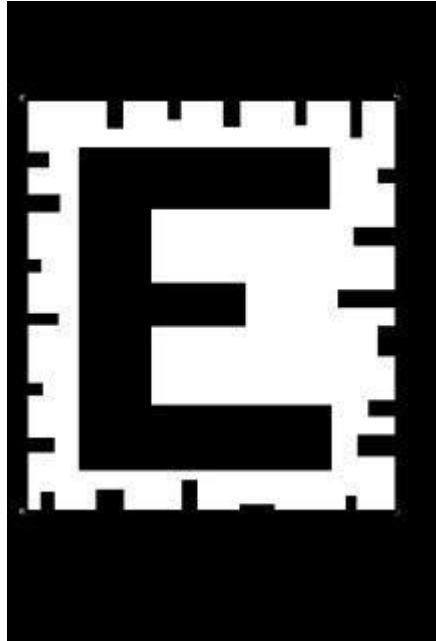
Obr. 9.6 Nastavení funkce tlačítka

Na závěr se ještě pro vylepšení vzhledu úvodní scény importuje z *Asset Storu* doplněk, který se jmenuje *White Smoke Particle System*. Jeho předdefinovaný prefab *WhiteSmoke* stačí přenést do okna *Hierarchy* jako pod objekt *Canvasu*. Opět se vynuluje jeho pozice v *Inspectoru* a v ostatních záložkách se nastaví jeho další vlastnosti jako rychlost, počet částic nebo barva.

V průběhu vytváření úvodní scény se vyskytly problémy, kdy prvek *Image* překrýval importované prefaby a některé 2D objekty. K odstranění tohoto problému se v pravém horním rohu programu Unity 3D zvolí možnost *Layers* → *Edit Layers*. Poté se v záložce *Sorting Layers* přidají dvě nové vrstvy, které se nazvou *Foreground* a *Background* a uspořádají se nad a pod výchozí *Default* vrstvu. Ve vlastnostech prvku *Image* se v okně *Inspector* vybere v sekci *Sorting Layers* vrstva *Background*, u ostatních objektů následuje výběr vrstvy *Foreground* a při správném rozložení těchto vrstev v prvním kroku jsou objekty ve správném pořadí. Pokud se překrývají objekty, které mají stejného „rodiče“, například tlačítko *Button Detail1* a prefab *WhiteSmoke*, stačí je seřadit v okně *Hierarchy*. V popředí je vždy ten, který je výše v hierarchii.

9.3 Trackovací scény

Scéna s názvem *ScenaSestava*, která se vygenerovala ihned po vytvoření nového projektu a do které byly implementovány objekty *EasyAR_Startup* a *ImageTarget-Sestava*, se použije jako první trackovací scéna výsledné aplikace. Marker, který byl použit již při předchozích testech trackování, se svou tvarovou složitostí a kontrastem ukázal jako nejvhodnější (zvolený marker lze vidět na Obr. 9.7). Použije se tedy ve všech trackovacích scénách, avšak každá scéna zobrazí na markeru jiný 3D model.

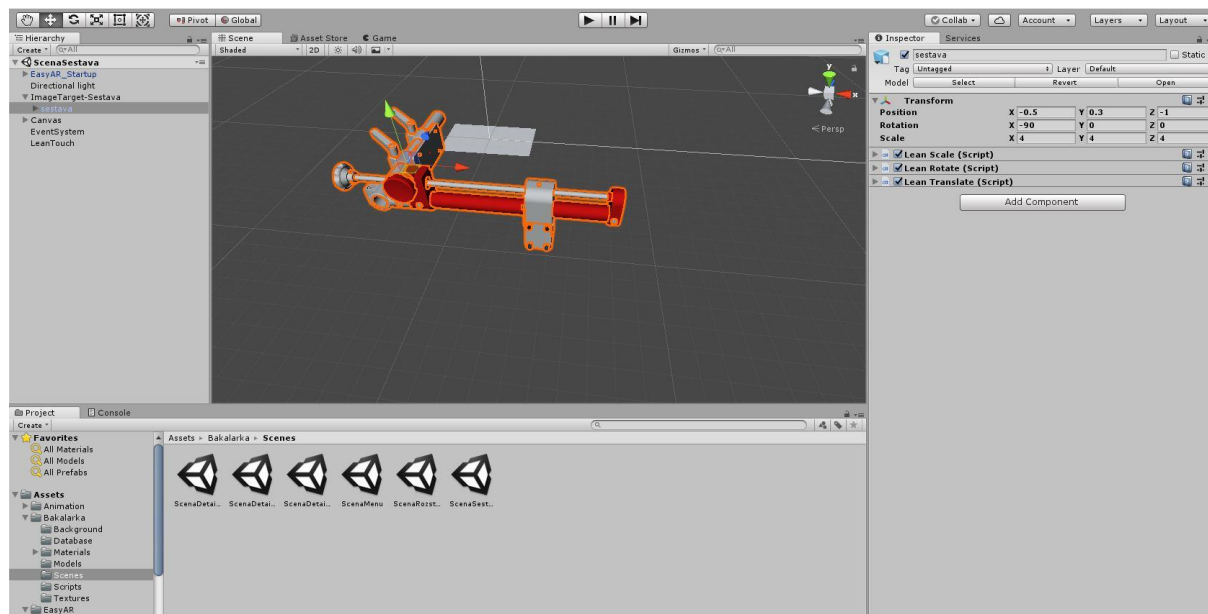


Obr. 9.7 Zvolený marker

Pro import a zobrazení modelu *sestava* ve scéně *ScenaSestava* stačí přetáhnout model ze složky *Assets/Bakalarka/Models* do okna *Hierarchy* na prvek *ImageTarget-Sestava*. Tím se objekt k tomuto prvku přiřadí. Důsledkem tohoto přiřazení je sice zobrazení modelu na nalezeném markeru, ale je nutné toto zobrazení několikrát testovat a průběžně upravovat vlastnosti markeru a modelu.

Celkem je nutné vytvořit 5 téměř totožných scén s tím rozdílem, že každá scéna obsahuje jiný importovaný model. Scény se pojmenují jako *ScenaSestava*, *ScenaRozstrel*, *ScenaDetail1*, *ScenaDetail2*, *ScenaDetail3*. Názvy těchto scén musí přesně odpovídat názvům, které již z dřívějších kroků obsahují tlačítka ve svých funkcích *On Click ()*. Dalším krokem je přiřazení jednotlivých modelů. Díky dobře zavedenému systému pojmenování jednotlivých modelů a scén je jednoduché přiřadit každé scéně jeden model.

Po úspěšném přiřazení a několika testech následuje posun modelů vůči markeru (viz Obr. 9.8). Pozice počátku souřadného systému modelů ve všech scénách se oproti počátku souřadného systému markeru posunula o -0,5 ve směru osy X, o +0,3 ve směru osy Y a o -1 ve směru osy Z. Modely se posunuly z toho důvodu, že výsledná aplikace by měla být používána při trackování markeru, který bude umístěn v pravém dolním rohu technického výkresu. Při zabrání celého výkresu tento posun zajistí zobrazení modelu na středu tohoto výkresu.

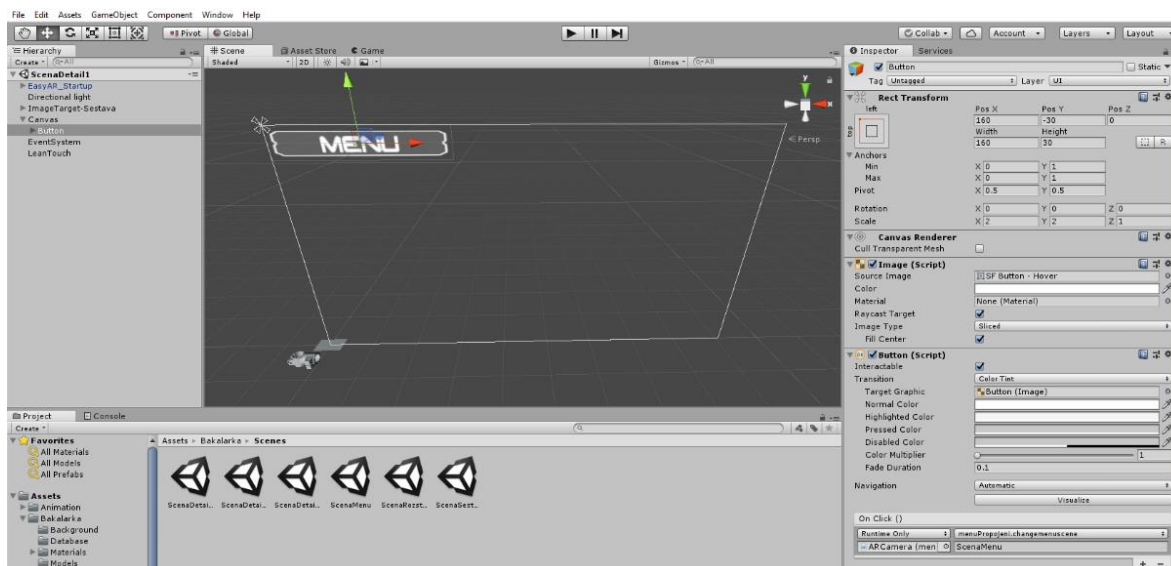


Obr. 9.8 Nastavení pozice a velikosti modelu

Velikost markeru se ve všech scénách upravila na hodnotu 60x36, model *sestava* se zvětšil díky vyplnění řádku *Scale* v okně *Inspector*. Ve všech osách je nastavená hodnota 4. U modelu *rozstrel* jsou hodnoty *Scale* zvětšeny na hodnotu 3,5, protože díky rozstřelení zabírá sestava více místa při zobrazování. Dále se oba tyto modely otočí o 90° okolo osy X z důvodu lepšího pohledu na zobrazovaný model. U zbylých 3 detailních modelů se všechny osové hodnoty *Scale* v okně *Inspector* nastaví na velikost 10.

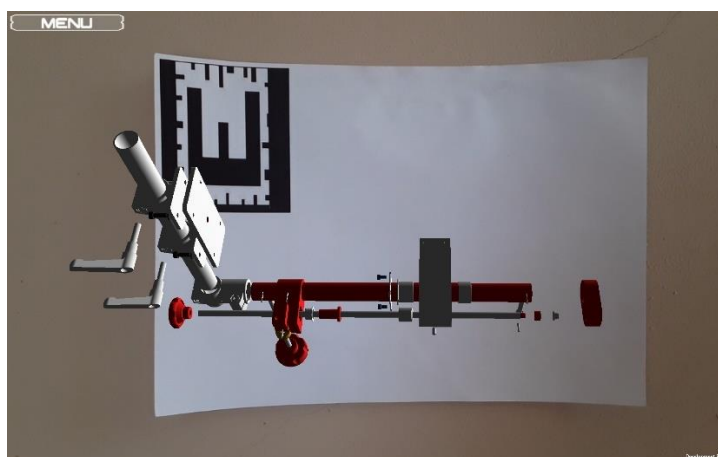
Jako předposlední krok se v každé trackovací scéně vytvoří prvek *Canvas*, ke kterému se následně pomocí pravého kliknutí a volby *UI* → *Button* přiřadí tlačítko. To má ve všech těchto scénách stejnou funkci. Slouží pro návrat z každé trackovací scény zpět do úvodní scény. K úspěšnému propojení se scénou *ScenaMenu* se ve všech trackovacích scénách přetáhne skript *menuPropojeni* na prvek *ARCamera*, umístěný v okně *Hierarchy*. Dále se v *Inspectoru* tlačítka přidá nová událost u položky *On Click* (), následuje výběr prvku *ARCamera* a zvolení *menuPropojeni* → *changemenuscene* (*string*). Závěrem se vypíše název scény, na kterou tlačítko přepne, tudíž *ScenaMenu*.

Tlačítko je ukotveno do levého horního rohu *Canvasu* díky již dříve zmiňovanému nastavení *Rect Transform* (viz Obr. 9.9). Na základě tohoto ukotvení si polohu levého horního rohu drží i při používání aplikace v mobilním telefonu.

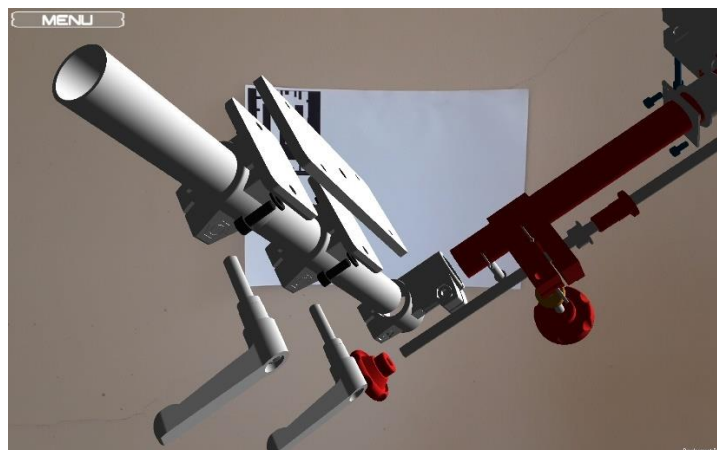


Obr. 9.9 Nastavení tlačítka trackovacích scén

Posledním krokem je implementace assetu, který umožňuje interakci se zobrazovanými modely pomocí dotykových gest. Pro přidání této funkce je z *Asset Storu* vybrána vstupní knihovna *Lean Touch*. Po jejím importu se pravým kliknutím v okně *Hierarchy* zobrazí nový prvek *Lean > Touch*, který musí být vytvořen v každé scéně k zaručení správné interakce. Vlastnosti a funkce tohoto prvku se dále mohou upravit v okně *Inspector*. Nakonec se ještě musí každému modelu v okně *Inspector* pomocí výběru *Add Component* přiřadit skripty *Lean Translate*, *Lean Scale* a *Lean Rotate*. První z nich umožňuje přesouvání zobrazeného modelu při přejetí displeje mobilního zařízení jedním prstem. Přibližování a oddalování dvou prstů umožní je díky skriptu *Lean Scale* bráno jako gesto, které zvětšuje nebo naopak zmenšuje zobrazený model. Skript *Lean Rotate* převede gesto dvou rotujících prstů na rotaci zobrazeného dílu. Zobrazení rozstřelu ve výsledné aplikaci a jeho následný zoom – přiblížení je možné vidět na Obr. 9.10 a Obr. 9.11.



Obr. 9.10 Zobrazení rozstřelu



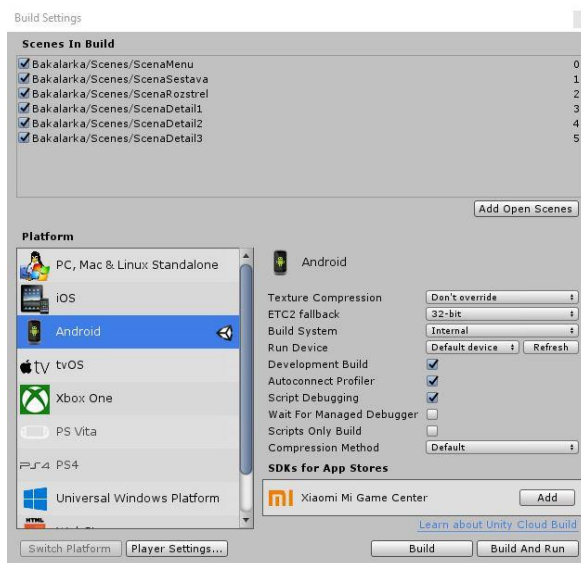
Obr. 9.11 Zobrazení zvětšeného rozstřelu pomocí interakce

9.4 Tvorba výsledné aplikace

Software Unity 3D dovoluje uživateli vývoj aplikací do mnoha platform. Cílem této práce je vytvoření Android aplikace, která se nainstaluje do mobilního zařízení, případně do tabletu. Instalace Android Software Development Kit (SDK) Tools a Java Development Kit (JDK) již byla provedena při nastavování programu Unity 3D. Cesta k těmto souborům už je také implementována.

Dalším krokem po přepnutí platformy v *Build Settings* je importování scén pomocí tlačítka *Add Open Scenes*, v tomto případě se před vytvořením aplikace nahraje 6 scén. Scéna s názvem *ScenaMenu* musí být na prvním místě. Díky tomu se tato scéna načte jako první při každém startu aplikace.

Pokud má připojené mobilní zařízení aktivní funkci *USB debugging*, pro jejíž aktivaci je nutné mít přístup do vývojářského režimu, je možné aplikaci rovnou po vytvoření nainstalovat pomocí tlačítka *Build and Run* (viz Obr. 9.12). Mobilní zařízení musí být samozřejmě připojen k počítači USB kabelem, který umožňuje datový přenos mezi počítačem a mobilním zařízením.



Obr. 9.12 Finální build aplikace

10. Ekonomické zhodnocení

K tvorbě AR aplikace se použily softwary Unity3D a EasyAR, které, pokud jsou použity pro nekomerční účely, jsou zdarma ke stažení. Pro software EasyAR by licence pro komerční využití stála buď 39USD/měsíc nebo 1299USD jednorázově. Komerční licence softwaru Unity3D je vyměřena na 1800USD/rok. K převodu 3D modelů byl využit software 3DS Max. Opět byla použita pouze studentská verze softwaru, která je dostačující k převodu jednodušších modelů a sestav. Při využití aplikace ve větším měřítku by bylo nutné dokoupit komerční licenci softwaru 3DS Max, která startuje na ceně 1620USD/rok. Převod a úprava modelů trval zhruba tři hodiny. Tvorba finální aplikace probíhala v řádu několika desítek hodin. Pokud by se tato aplikace měla implementovat do většího provozu, záviselo by na počtu sestav ve výrobě a na složitosti 3D modelů, které dané sestavy obsahují.

V podstatě to znamená, že pokud by se nějaký ekonomický subjekt rozhodl využívat plné verze všech výše zmíněných softwarů, ať už pro vlastní použití nebo komerční účely, musí počítat s ročními náklady na pořízení licencí v hodnotě 3 459 USD.

Na druhou stranu, tato aplikace šetří čas při zaškolení pracovníků, kteří nemají zkušenosti s technickými výkresy nebo nemají prostorovou představivost. Zároveň je díky jednoduchému 3D znázornění daných modelů urychlen i celkový montážní proces vyráběné sestavy. Lze tedy předpokládat, že díky výhodám aplikace při častém používání může dojít ke zvýšení kvality výstupů konstrukční přípravy.

11. Závěr

Výstupem této práce je aplikace, která využívá prvky rozšířené reality a je kompatibilní s platformou Android. Pro její správnou funkčnost je nutné před instalací do vybraného mobilního zařízení stáhnout správnou verzi balíčku, jehož verze se musí shodovat s verzí Androidu zvoleného zařízení.

Aplikace má sloužit ke zjednodušení a urychlení montážních postupů při výrobě. Aplikace by měla být pomůckou společností při výrobě. V aplikaci je možné zaměnění zobrazovaného modelu i trackovaného markeru. Dále je možné budoucí nahrání několika dalších markerů do stejné scény, což by následně umožnilo *Multi Target Tracking*.

Z provedeného testování bylo zjištěno, že trackování markeru a následné zobrazení 3D modelů závisí na kvalitě osvětlení daného prostředí a na tom, zda je viditelná dostačující část zvoleného markeru. Pro nejpresnější zobrazení a následné interagování s objekty musí být marker neponičený a dobře osvětlený. Pokud je zcela překrytý, 3D modely se nezobrazí do té doby, dokud se neodkryje alespoň 50 % jeho tvaru. Převod modelů trval přibližně 3 hodiny, tvorba výsledné aplikace v softwaru Unity3D poté zhruba 30 hodin.

Jedním plánovaných rozšíření této aplikace bylo také to, aby se aplikace dokázala připojit k živé databázi koncového uživatele. Po připojení by pomocí prvků rozšířené reality zobrazila data o modelech v reálném čase.. K tomu, aby tato databáze mohla být vytvořena a měla smysluplné využití, je zapotřebí mít dostatek 3D modelů, se kterými by databáze pracovala, tudíž by bylo nutné připojit se na živou databázi zadavatele. To bylo z důvodu interní politiky ve společnosti Škoda JS a.s. zamítnuto a tato funkce byla odstraněna. Místo toho však byla implementována funkce, která umožňuje interakci se zobrazovanými modely za pomoci dotykových gest. To uživateli umožní modely otáčet, zvětšovat, zmenšovat a posouvat je.

12. Bibliografie

- [1] **Kipper, Gregory and Rampolla, Jan.** Augmented Reality - An Emerging Technologies Guide to AR. *Google books*. [Online] 2013. ISBN 9781597497343. https://books.google.cz/books?id=OyGiW2OYI8AC&printsec=frontcover&dq=augmented+reality&hl=cs&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=augmented%20reality&f=false.
- [2] **Gee, Colby.** How to make an Augmented Reality App. *Medium*. [Online] 2018. [Citace: 1. 12 2018.] <https://medium.com/vr-first/colby-gees-step-by-step-guide-to-developing-an-augmented-reality-app-bbab5cb359e9>.
- [3] **Metcalf, Tom.** What is VR? The devices and apps that turn the real world virtual. *NBC News*. [Online] 2018. [Citace: 1. 12 2018.] <https://www.nbcnews.com/mach/science/what-vr-devices-apps-turn-real-world-virtual-ncna857001>.
- [4] **Beqiri, Gini.** History of VR - Timeline of Events and Tech Development. *Virtualspeech*. [Online] 2018. [Citace: 1. 12 2018.] <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>.
- [5] **Schmalstieg, Dieter a Hollerer, Tobias.** Augmented Reality: Principles and Practice. *Google books*. [Online] 2016. [Citace: 29. Listopad 2018.]. ISBN 9780133153217. <https://play.google.com/books/reader?id=qPU2DAAAQBAJ&hl=en&pg=GBS.PT63>.
- [6] **Fraga-Lamas, P., Fernández-Caramés, T. M., Blanco-Novoa, Ó. a Vilar-Montesinos, M. A.,** *A Review on Industrial Augmented Reality Systems for the Industry 4.0 Shipyard* [Online]. 2018. ISBN 9781509053162. Dostupné z: doi:10.1109/ ACCESS.2018.2808326.
- [7] **Hutchinson, Roland.** Wikitude Drive Augmented Reality Navigation Android App Released. *Geeky Gadgets*. [Online] 2011. [Citace: 1. 12 2018.] <https://www.geeky-gadgets.com/wikitude-drive-augmented-reality-navigation-android-app-released-07-19-2011/>.
- [8] **BMW.** THE INTELLIGENT WAY TO MORE DRIVING PLEASURE. *BMW*. [Online] 2018. [Citace: 1. 12 2018.] <https://www.bmw-eg.com/en/all-models/3-series/sedan/2015/driver-assistance.html>.
- [9] **Kinetic Media.** 20 Years of Augmented Reality and 10 Years of International NFL. *Kinetic Media*. [Online] 2017. [Citace: 1. 12 2018.] <http://www.kineticmedia.org/augmented-reality-and-the-nfl.html>.
- [10] **Mižd'ochová, Irena.** Nový trend na obzoru: rozšířená realita v logistice. *SystemOnline*. [Online] 2014. [Citace: 29. Listopad 2018.] <https://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/rozsirena-realita-v-logistice.htm>.
- [11] **Kyselova, Valeriia.** Pick-by-Vision with Augmented Reality to Solve the Problem of Inaccurate Inventory in the Warehouse. *Jasoren*. [Online] [Citace: 1. 12 2018.] <https://jasoren.com/augmented-reality-warehouse/>.

[12] **Augmented Minds Ambrus & Lonau GbR**. AR/MR Devices. *Augmented Minds Ambrus & Lonau*. [Online] 2010-2018. [Citace: 29. Listopad 2018.] <https://www.augmented-minds.com/en/augmented-reality/ar-hardware-devices/>.

[13] **Slijepcevic, Nedim**. Lunar Phases Astronomy AR Lesson. *Arined*. [Online] 2013. [Citace: 1. 12 2018.] <http://www.arined.org/?p=855>.

[14] **Zugara**. WSS for Kiosks. *Zugara*. [Online] 2018. [Citace: 1. 12 2018.] <http://zugara.com/>.

[15] **Popov, Andrey**. Digital Tablet With Augmented Reality Tourist Information. *Stockfresh*. [Online] 2017. [Citace: 1. 12 2018.] <https://stockfresh.com/image/8355835/>.

[16] **Niu, E.**, Facebook Just Poached an Augmented Reality Exec From Google. *The Motley Fool*. [Online] 2018. [Citace: 1. 12 2018.] <https://www.fool.com/investing/018/01/30/facebook-just-poached-an-augmented-reality-exec-fr.aspx>.

[17] **Siltanen, S.**, Theory and applications. *VTT Science*. [Online] 2012. [Citace: 30. Listopad 2018.] <https://www.vtt.fi/inf/pdf/science/2012/S3.pdf>.

[18] **ThinkMobiles**. Best AR SDK for development for iOS and Android in 2018. *ThinkMobiles*. [Online] 2018. [Citace: 1. 12 2018.] <https://thinkmobiles.com/blog/best-ar-sdk-review/>.

[19] **EasyAR-developCenter**. EasyAR-Best engine for developing Augmented Reality [online]. Copyright © 2012 [cit. 17.04.2019]. Dostupné z: <https://www.easyar.com/view/developCenter.html#addlicense>

[20] **EasyAR-developCenter**. EasyAR-Best engine for developing Augmented Reality [online]. Copyright © 2012 [cit. 17.04.2019]. Dostupné z: <https://www.easyar.com/view/developCenter.html#licensekey?1=126592>

[21] **G2**. A Brief History of Augmented Reality (+Future Trends & Impact). *G2*. [Online] 22. 8 2019. [Citace: 1. 5 2020.] <https://learn.g2.com/history-of-augmented-reality>.

[22] **Jurová, M.**, *Organizace přípravy výroby*. Vydání druhé, rozšířené a přepracované. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-214-5247-3.

[23] **Křikač, K.**, *Organizace a řízení výroby: metodická a studijní pomůcka*. 2., rozš. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2008. ISBN 978-80-7043-616-5.

[24] **Kotlasová, E.**, Hrůzová, H. a Benešová, A., *Příprava a operativní řízení výroby*. Praha: SNTL, 1990. ISBN 80-03-00352-0.

[25] **Caudell, T P a D W Mizell**. Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. In: *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii*

[26] **Pentenrieder, K., Bade, Ch., Doil, F. a Meier, P.**, *Augmented reality-based factory planning - An application tailored to industrial needs*. In: 2007 6th IEEE and ACM

International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR [online]. 2007. ISBN 9781424417506. Dostupné z: doi:10.1109/ISMAR.2007.4538822

[27] **Webel, S., Bockholt, U., Engelke, T., Peveri, M., Olbrich, M. a Preusche, C.,** *Augmented Reality Training for Assembly and Maintenance Skills* [online]. 2011. Dostupné z: doi:10.1051/bioconf/20110100097[28] **AliUp.** Rozšířená realita. *AliUp*. [Online] 4. 12 2019. <https://blog.aliup.cz/clanek/rozsirena-realita-2fe3b0>.

[29] **Rowe, Sarah.** Spatial Mapping Explained: Your Guide to How Augmented Reality Works. *Circuit Stream*. [Online] 19. 12 2018. <https://circuitstream.com/blog/spatial-mapping/>.

[30] **KUBR, Jan.** *Tvorba montážní návodky s využitím rozšířené reality* [online]. Plzeň, 2018. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta strojní. Vedoucí práce Ing. Jiří Polcar. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/31783/1/BK_bezzadani.pdf.

[31] **GRYGA, Michal.** *Doplnění výkresové a montážní dokumentace o prvky rozšířené reality* [online]. Plzeň, 2018. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta strojní. Vedoucí práce Ing. Jiří Polcar. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/27123/1/Bakalarska_prace_MichalGryga.pdf.