

Univerzita Hradec Králové

Pedagogická fakulta

Katedra výtvarné kultury a textilní tvorby

3D grafika pro nezávislý vývoj počítačových her

bakalářská práce

Autor: Michal Mann  
Studijní program: B7507 Specializace v pedagogice  
Studijní obor: Grafická tvorba – multimédia  
Vedoucí práce: Mgr. et MgA. Pavel Trnka, Ph.D.  
Oponent práce: MgA. Michal Čepelka, DiS.



## Zadání bakalářské práce

<b>Autor:</b>	<b>Michal Mann</b>
Studium:	P18P0034
Studijní program:	B7507 Specializace v pedagogice
Studijní obor:	Grafická tvorba - multimédia
<b>Název bakalářské práce:</b>	<b>3D Grafika pro nezávislý vývoj počítačových her</b>
Název bakalářské práce AJ:	3D Graphics for Indie Game Development

### Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Tato práce se zabývá 3D grafikou pro nezávislý vývoj počítačových her ("indie game development"), inspiruje se díly vybraných umělců a malých nezávislých studií v daném oboru. Ve spojitosti s tím jsou zde z pohledu grafika rámcově porovnávány dva nejpoužívanější volně přístupné herní enginy: *Unreal Engine* a *Unity Game Engine*. Praktickým výstupem práce budou polygonové 3D modely objektů prostředí a model herní postavy s animacemi pohybu pro vývoj nezávislé hry Karavana.

KERLOW, Isaac Victor, 2011. Mistrovství 3D animace: [ovládněte techniky profesionálních filmových tvůrců!]. Brno: Computer Press. Mistrovství. ISBN 978-80-251-2717-9.

GIAMBRUNO, Mark, 2002. 3D Graphics & Animation. 2. Delhi: New Riders Pub. ISBN 978-0735712430.

POKORNÝ, Pavel, 2009. Blender: naučte se 3D grafiku. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: BEN - technická literatura. ISBN 978-80-7300-244-2.

SUVILAY, Bounthavy, 2020. Indie Games: The Origins of Minecraft, Journey, Limbo, Dead Cells, The Banner Saga and Firewatch. 1. Portland: Ablaze. ISBN 978-1950912018.

HILL-WHITTALL, Richard, 2015. The Indie Game Developer Handbook. Burlington: Taylor & Francis. ISBN 978-1138828421.

Garantující pracoviště:	Katedra výtvarné kultury a textilní tvorby, Pedagogická fakulta
Vedoucí práce:	Mgr. et MgA. Pavel Trnka, Ph.D.
Oponent:	MgA. Michal Čepelka, DiS.
Datum zadání závěrečné práce:	7.1.2021



**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval (pod vedením vedoucího práce) samostatně a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu, ze které jsem čerpal.

V Hradci Králové dne

.....

Michal Mann

## **Anotace**

MANN, Michal. *3D grafika pro nezávislý vývoj počítačových her*. Hradec Králové: Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové, 2021. 71 s. Bakalářská závěrečná práce.

Tato práce se zabývá 3D grafikou pro nezávislý vývoj počítačových her ("indie game development") z pohledu grafika a prací na vývoji počítačové hry obecně. Soustředí se na porovnání uživatelských možností současných volně dostupných vývojových softwarů (enginů), a detailní srovnání dvou nejpoužívanějších, Unity Game Engine a Unreal Engine. Dále se práce zabývá historickým vývojem 3D grafiky v počítačových hrách a prvními pokusy o její napodobení. Praktickým výstupem práce jsou polygonové 3D modely objektů prostředí a model herní postavy s animací pohybu pro vývoj nezávislé hry *Karavana*.

## **Klíčová slova:**

3D grafika, 3D hry, herní grafika, herní prostředí, herní engine, nezávislý herní vývoj

## **Annotation**

MANN, Michal. *3D Graphics for Indie Game Development*. Hradec Králové: Faculty of Education, University of Hradec Králové, 2021. 71 pp. Bachelor Degree Thesis.

This work describes 3D graphics for independent computer game development ("indie game development") from the point of view of graphic artist and work on computer game development in general. It focuses on comparing the user capabilities of current freely available development softwares (engines), and at detailed comparison of the two most used, Unity Game Engine and Unreal Engine. Furthermore, the work deals with the historical development of 3D graphics in computer games and the first attempts to imitate it. The practical output of the work are polygonal 3D models of environment objects and a model of a game character with motion animations for the development of an independent game *Karavana*.

## **Keywords:**

3D graphics, 3D games, game graphics, game environment, game engine, independent game development

# Obsah

Úvod.....	7
1 Nezávislý herní vývoj.....	9
1.1 Definice pojmu.....	9
1.2 Charakteristiky nezávislého vývoje .....	10
1.3 Rozdělení rolí v herním vývoji .....	11
1.4 Možnosti distribuce nezávislých her .....	14
2 Herní Engine.....	15
2.1 Unity Game Engine.....	16
2.2 Unreal Engine.....	18
2.3 Porovnání Unity a Unreal.....	19
2.4 Další dostupné enginy .....	22
3 Počátek/Historický vývoj 3D ve hrách.....	24
3.1 Napodobení 3D prostoru – 2.5D Grafika .....	24
3.1.1 První pokusy o napodobení 3D.....	24
3.1.2 2D Sprite .....	28
3.1.3 Technika Parallax scrolling .....	31
3.1.4 Užití axonometrie .....	32
3.1.5 Izometrie .....	33
3.1.6 Vrchol 2.5D Grafiky .....	36
3.2 První 3D grafika.....	38
3.2.1 Sprity ve 3D prostoru.....	38
3.2.2 Skutečná 3D grafika.....	44
4 Úspěšné nezávislé tituly posledních let.....	46
5 Vlastní zkušenost s nezávislým vývojem .....	51
5.1 Vlastní herní tvorba.....	51
5.2 Inspirace .....	52
6 Praktický výstup práce .....	52
Závěr .....	64
Použité zdroje .....	65

# Úvod

Bakalářská práce „3D Grafika pro nezávislý vývoj počítačových her (3D Graphics for Indie Game Development)“ se bude snažit co nejpodrobněji objasnit práci na vývoji nezávislé počítačové hry z pohledu nejen grafika, ale také herního vývojáře, vysvětlit pojem herní engine<sup>1</sup> a porovnat možnosti, které nám nabízejí dva nejrozšířenější enginy: *Unity Game Engine* a *Unreal Engine*. Kromě nich zmiňuji i další alternativy.

Díky současné technické i finanční dostupnosti herních enginů i softwarů pro tvorbu 3D modelů je nezávislý vývoj počítačových her stále čím dál více na vzestupu. Tomu přispívá nejen rostoucí jednoduchost a pochopitelnost těchto softwarů, ale také velké množství dostupných studijních materiálů na internetu. Tyto faktory, ovlivněné především technickým pokrokem, jsou dále podpořené rostoucími možnostmi distribuce vlastních herních výtvorů. Díky tomu tímto oborem může zabývat takřka kdokoliv.

Pokusím se vysvětlit všechny související pojmy týkající se počítačové grafiky i herního vývoje jako takového, a nastínit historický vývoj, který předcházel nezávislému hernímu vývoji tak jak ho známe dnes. V souvislosti s tím v kapitole 4. ilustruji postupný vývoj 3D grafiky na konkrétních příkladech tehdejších herních titulů a ze svého vlastního pohledu zde popisuji klíčové události, které vedli k postupné implementaci 3D grafiky do počítačových her.

Herní vývoj osmdesátých let byl v mnohem velmi podobný dnešnímu nezávislému vývoji. Neexistovala ještě velká a bohatě financovaná produkční studia, proto v několika kapitolách nastiňuji, jak tehdejší hry vypadaly, s jakými technickými omezeními se v tehdejší době museli vývojáři potýkat (v porovnání se současností) a s jakými řešeními a inovacemi postupem času přicházeli. Před příchodem skutečné 3D grafiky vznikla řada zajímavých technik, které se o napodobení trojrozměrného prostoru i přes všechna technická úskalí pokoušeli, proto zde líčím postupný vývoj, který předcházel znázornění 3D prostoru tak jak jej známe dnes.

---

<sup>1</sup> Pojem engine vysvětlen v kapitole 2 Herní Engine.

Napříč kapitolami zde v různých souvislostech několikrát zmiňuji herní studio *Id Software* a jeho velký historický přínos pro implementaci trojrozměrné grafiky do počítačových her, vývoj herního enginu a pro celkový světový herní vývoj jako takový.

V kapitole 4. uvádím několik vybraných úspěšných titulů posledních let, které vznikly v rámci nezávislého herního vývoje, využívají 3D grafiku a jsou vynikajícími příklady.

V posledních kapitolách popisuji vlastní tvorbu v oblasti nezávislého herního vývoje a následně praktický grafický výstup této práce, jímž je kompletní soubor 3D modelů pro vývoj vlastní nezávislé počítačové hry, tvořené v enginu Unity. Modely pro tento soubor byly tvořeny v softwaru Blender, který je jedním z nejvhodnějších nástrojů pro tvorbu 3D modelů užitých v Unity a Unreal Enginu.

# 1 Nezávislý herní vývoj

## 1.1 Definice pojmu

Indie<sup>2</sup> Game Development volně přeloženo jako "Nezávislý vývoj počítačových her", je vývoj malých herních studií s omezeným finančním rozpočtem, často tvořených pouze jedním nebo několika málo vývojáři (počet členů není pravidlem). Je to kategorie alternativního herního vývoje zcela odlišná od herního průmyslu, který tvoří převážně velké světové společnosti tvořené stovkami, někdy i tisíci zaměstnanci. Nezávislé herní tituly jsou proto typicky menší než tituly hlavního proudu.

Jednou často uváděnou definicí tohoto žánru je, že vychází z „independent funding“ (nezávisle financováno tedy, že veškerý vývoj je financován samotnými vývojáři, nejsou finančně podporováni velkými vydavateli.)

Naproti tomu stojí druhá definice tohoto pojmu, která vychází ze spojení „independent thought“, neboli nezávislá myšlenka tedy, že veškerý vývoj a design není podnícen za účelem maximálního zisku, případně není řízen nadřízenými a vedoucími, ale vychází přímo z myšlenek samotných vývojářů, kteří na dané hře pracují, stává se svým způsobem jejich sebevyjádřením (Gril 2008). Podstatou nezávislých her tak často bývá originální nápad. Díky tomu, že jsou tyto vývojáři nezávislí, nepodléhají žádným tvůrčím omezením, nemusí se řídit požadavky ani zájmy vydavatele, na rozdíl od hlavního proudu video-herního průmyslu. Designová rozhodnutí nejsou diktována přiděleným rozpočtem.

Veškerý herní vývoj osmdesátých a devadesátých let by se obecně dal označit za nezávislý, jelikož splňoval dané charakteristiky a vypadal velmi podobně jako nezávislý vývoj současnosti. Až v druhé polovině devadesátých let se začínají některá studia široce rozrůstat a vznikat dominantní produkční společnosti, které se ujímají vedení rostoucího trhu herního vývoje.

Souhrnnou obecně platnou definicí, na které se lze shodnout, je, že nezávislý herní vývoj je často omezen rozpočtem, ovšem není omezen individuální tvůrčí svobodou samotných vývojářů; naproti tomu stojící hlavní proud vývoje bývá

---

<sup>2</sup> Pojem „indie“ z anglického independent, česky nezávislý.

mnohonásobně méně omezen finančním rozpočtem, zatímco kreativita podléhá požadavkům a poptávce herního trhu.

## 1.2 Charakteristiky nezávislého vývoje

Častou zvláštní charakteristikou nezávislého vývoje tedy bývá větší prostor a zaměřenost na inovace, tvořivost a uměleckou stránku hry. Většina velkých studií se v dnešní době zpravidla snaží dosáhnout co možná nejdetailnější a nejrealističtější grafiky a efektů, dalo by se říci, že spolu tímto způsobem doslova soupeří a snaží se vizuálně ohromit a zaujmout potencionální zákazníky a hráče právě realismem. Malá studia ovšem nemají ani zdaleka takový rozpočet ani pracovní sílu, aby mohla v tomto závodu soupeřit. Proto většinou volí jednodušší, ovšem ucelené a estetické grafické zpracování, které může mnohé hráče zaujmout více než maximální realističnost. Snaží se přijít s něčím neotřelým a novým nejen v rámci herních mechanik, ale i vizuálního zpracování. Některé hry cíleně využívají zastaralý vzhled a napodobují "old-school" hry z osmdesátých a devadesátých let minulého století. Mnoho starších hráčů tyto hry volí z pocitu nostalgie, nebo jsou jednoduše fanoušky tohoto vizuálního stylu. Tvorba takových her je pro dnešní vývojáře pochopitelně mnohonásobně jednodušší než před mnoha lety, díky technologickému pokroku a hry, na kterých by dříve museli pracovat třeba rok dnes stejně zkušený vývojář snadno vytvoří v rámci několika týdnů

Strategicky se nezávislý vývojáři často cíleně zaměřují na menší žánry, ve kterých právě nedominují velké společnosti. To mohou být v současnosti v rámci 3D her různé strategické hry, tahové hry, skákací hry, simulace, kratší příběhové adventury atd. Jednoduché, ale kvalitní provedení vhodně zvoleného žánru může mít značný úspěch, jak také v posledních letech ukázalo několik velmi úspěšných nezávislých titulů (viz kapitola 4 Úspěšné nezávislé tituly posledních let).



### 1.3 Rozdělení rolí v herním vývoji

Studio tvořené více členy, které pracuje na vývoji hry, je vždy logicky rozčleněno dle rolí. Rozčlenění pozic se odvíjí v závislosti na počtu členů (a finančním rozpočtu) a v menším týmu nezávislého studia, jakými se v této práci primárně zabývám, se role mohou mezi sebou prolínat dle schopností jednotlivých členů. V případě že hru tvoří samostatně jeden člověk, se pochopitelně musí všech rolí ujmout sám. Nejdůležitější nezbytné role se dají rozčlenit na: programátora, grafika a level-designera.

Pozice *programátora* (softwarového vývojáře) je naprosto klíčová. Jakékoliv nápady a představy nemají žádnou hodnotu, pokud chybí programátor, který by je dokázal uskutečnit. Programátor musí rozumět programovacímu jazyku a enginu, ve kterém hra vzniká. Stará se o fungování systémů a mechaniku hry. Pomocí kódu utváří základní pravidla a omezení, nebo také například fungování fyzikálních zákonů ve hře a umělou inteligenci.

*Grafik* (nebo animátor) se zabývá vizuální stránkou hry. Utváří 3D modely (nebo 2D sprity) a textury objektů, které následně exportuje tak, aby s nimi mohl programátor nebo level-designer dále pracovat. Musí primárně rozumět především svému modelovacímu softwaru ve kterém pracuje. Grafik by měl pokud možno také znát základy programování, nebo alespoň povrchově rozumět práci programátora a level-designera, aby byl schopen řešit nastalé problémy během vývoje a efektivně spolupracovat s ostatními v týmu. To obnáší kromě samotného modelování a exportování z modelovacího softwaru také import modelů do enginu a všechna související nastavení a práci s daným modelem.

*Level-designer* je samostatná pozice která najde uplatnění především u větších projektů. Na rozdíl od grafika se nestará o tvorbu samotných modelů, ale pracuje s nimi v enginu hry a využívá je ke stavbě prostředí jednotlivých scén hry. Označení level-designer by se dalo nejlépe přeložit jako „designer herního prostoru“. Nezabývá se programováním, ani prací v modelovacím softwaru, ale stará se o rozmístění scén, osvětlení a vizuální stránku jako celek. Musí tedy dobře rozumět práci v daném enginu a zároveň mít cit pro kompozici a detail. Level designer může být často rozhodujícím vedoucím týmu, který programátorovi říká, co je potřeba naprogramovat, a grafikovy

jaké modely potřebuje. Zpravidla koncept hry sepisuje do strukturovaného designového dokumentu. (Kantilaftis 2014)

Takto může vypadat struktura trojčlenného nezávislého studia. V případě menšího projektu je možné, že pozici level-designera zastane buďto programátor, nebo grafik. Herní vývoj ovšem obnáší mnoho dalších aspektů, na které nelze zapomenout a od těch se mohou ve větším týmu odvíjet další samostatné role.

Nezbytnou součástí každé hry je zvuková složka, tvořena efekty prostředí, zvuky zbraní, či jiné zvuky, které se ozvou při jakékoliv interakci s prostředím nebo objektem. O tu se může postarat buďto programátor, level-designer, nebo samostatný *zvukař* („sound designer/sound engineer“). Větší hry najímají i svého hudebního skladatele. V případě užití dialogů, či vypravěče někdy účinkují herci, kteří zajistí dabing.

Pokud ve hře významnou roli hraje příběh, může najít uplatnění takzvaný *story-designer*, tedy člověk se spisovatelskými, nebo vypravěčskými vlohami, který se pak zabývá psaním dialogů nebo narativem.

Pozicí, která bývá typická pro herní vývoj větších společností, je takzvaný „concept artist“. To je umělec, který se stará o kresbu prvotních návrhů vizuální stránky celé hry, podle kterých následně grafik modeluje objekty a level-designer staví scény. Jeho hlavním úkolem je, aby hra působila po vizuální stránce jednotně a uceleně. Tuto pozici v menším studiu zpravidla zastane nejkreativnější člen, typicky grafik, nebo level-designer.

Role programátora bývá ve větším týmu vždy rozdělena na několik menších pozic. Bývá zde hlavní *vedoucí programátor*, který na vše dohlíží; *technický analytik*, který se zabývá tím, aby hra fungovala co nejefektivněji a měla pokud možno co nejmenší nároky na výkon herního zařízení; *softwarový tvůrce enginu*, pokud hra pracuje na vlastním enginu; *bug analytic/tester*, který hledá chyby ve hře aby mohly být včas odstraněny; *AI developer*, který se stará o umělou inteligenci; a řada dalších pozic.

Od pozice grafika, který modeluje, také můžou být nejčastěji oddělena pozice umělce, který se zabývá pouze texturami objektů. Grafici mohou být také rozděleni na ty, kteří modelují jen objekty prostředí, a na ty, kteří modelují postavy a pracují na jejich animacích pohybu.

Další graficky orientovanou rolí je *UI designer*, který se stará o vizuální vzhled a fungování uživatelského rozhraní („User Interface“), to zahrnuje tlačítka, lišty, dialogová i jiná okna, menu, ikony herních předmětů a podobně.

Častou samostatnou pozicí bývá také „*Lighting artist*“, tedy umělec který se zabývá jen osvětlením scén.

Často opomíjený je *marketingový manažer*, nebo celý marketingový tým. Hra může být jakkoliv kvalitní, ovšem bez propagace a marketingu nemá šanci na finanční návratnost nebo ziskovost. Neznalost, nebo zanedbání propagace a marketingu hry je častým problémem nezávislých vývojářů.

To vše jsou nezanedbatelné složky herního vývoje a role v týmu, které z nich mohou vyplynout v závislosti na počtu členů a finančním rozpočtu herního studia. Mnoho z nich je možné v rámci nezávislého vývoje zastat i v menším počtu lidí, ovšem pochopitelně s tím může klesat kvalita nebo hloubka daných aspektů, případně bývá aspekt (jako například dabing) vynechán úplně. V závislosti na tom musí studio (nebo jedinec) dopředu odhadnout své možnosti a rozměr plánovaného projektu. (Lunthi 2018, Shylenok 2019)

## 1.4 Možnosti distribuce nezávislých her

Důvodem velkého rozmachu nezávislého vývoje v posledních letech je kromě dostupnosti a jednoduchosti současných herních engineů také relativně snadný způsob, jak hry distribuovat. Některé enginey mají vlastní stránky, na kterých mohou tvůrci svou hru prodat, k dispozici jsou ovšem i možnosti jako například herní platforma Steam, která řetězově spustila digitalizaci prodeje počítačových her a během několika let nahradila kamenné obchody.

Steam existuje už od roku 2003 a její původní funkcí byla pouze snadná distribuce aktualizací her od společnosti *Valve*. Nyní má tato platforma přes sto dvacet milionů uživatelů a nabízí přes deset tisíc her od různých společností. Tvoří kolem sedmdesáti pěti procent herního online trhu. Dalo by se říci, že cílem každého nezávislého vývojáře, je uspět se svou hrou na Steamu, to ovšem nese určité komplikace. Současnou podmínkou pro vstup nezávislé hry na platformu je poplatek 100 dolarů a prodej hry lze odstartovat měsíc po zaplacení tohoto poplatku. Tento poplatek lze dostat zpět v okamžiku, kdy zisk hry přesáhne 1000 dolarů, čímž se Steam chrání před přehlacením nekvalitními a neúspěšnými hrami. Dále si ovšem tvůrci platformy účtují 30% ze zisků. (Xsolla 2020)

Aby hra měla šanci na úspěch, je důležitá její propagace, nejlépe ještě před vydáním, proto jsou často úspěšné projekty typu *start-up*, jako například Kickstarter. Jedná se o způsob financování projektu, kdy autoři vytvoří ukázkou finálního produktu, kterou propagují a vybírají peníze od dárců ještě před vydáním. Díky tomu se částečně (nebo v některých případech úplně) zaplatí náklady na vývoj hry ještě před prvními výdělky z prodeje. Díky tomu také tvůrci hry už v této fázi vědí, zda o hru bude zájem a poptávka, nebo ne, případně na čem zapracovat a co změnit.

## 2 Herní Engine

Herní engine je softwarový framework, neboli softwarová struktura, která soustřeďuje základní obecné funkce používané v počítačových hrách, jako například vykreslování 3D grafiky, detekce kolizí a jiné fyzikální simulace, audio systém atd. Poskytuje základní funkcionalitu, která může být společná mnoha hrám, je jádrem (nebo základem), na kterém je celá hra postavena.

Jedním z prvních příkladů vzniku pravého herního enginu byla struktura hry *Doom* od Id Software z devadesátých let. Tato hra měla systematicky oddělené jádro (výše zmíněné obecné funkce) od samotné náplně hry (prostředí, zvuky, objekty, pravidla hry atd.). Toto rozdělení se ukázalo být velmi výhodné a společnost Id Software tak začala prodávat a licencovat své jádro – engine dalším společnostem. To ostatním vývojovým studiím výrazně ulehčilo, urychlilo a zlevnilo práci, jelikož měla již od začátku základ, na kterém mohla stavět. (Kuma 2016)

Původní engine od společnosti Id Software už je pochopitelně v současnosti velmi zastaralý, ale tento přístup se stal vzorem pro budoucí herní vývoj a především právě nezávislý herní vývoj takto funguje dodnes. Některé společnosti se tedy místo vývoje samotných her zaměřují na vývoj vlastního enginu, který následně poskytují herním vývojářům.

Velké společnosti pro svou hru většinou vytvoří vlastní engine přímo na míru, zatímco nezávislí vývojáři se obrátí na některý z dostupných. V dnešní době se dostupné herní enginy nezaměřují jen na jeden typ hry, ovšem bývají více všestranné a univerzální. Snaží se nabídnout co nejširší možnou škálu funkcí a možností, což souvisí s velkým rozmachem nezávislého vývoje v posledních letech. Pravidlem je, že čím pokročilejší funkce nabízí, tím více urychlí a zjednoduší práci, ovšem stává se méně univerzálním.

Tvorba kvalitního enginu je z programátorského hlediska doslova extrémně náročná a nákladná a pro nezávislé vývojáře tedy není možností; Hill-Whitall uvádí: „Silně nedoporučuji vytvářet a udržovat svůj vlastní herní engine. Ušetříte si šedé vlasy, bolest hlavy a celkovou frustraci – chopte se již existujícího herního enginu...<sup>3</sup>“

---

<sup>3</sup> Volně přeloženo z The Indie Game Developers Handbook (2015), Chapter 1.

## 2.1 Unity Game Engine

Tento engine od společnosti Unity Technologies se poprvé objevil v roce 2005 a v současnosti je nejužívanějším softwarem pro tvorbu počítačových her. Podle dat na stránkách Unity jej využívá 45% herních vývojářů z celého světa. Využívají jej nejen nezávislí vývojáři, ale často i velká studia. Heslem společnosti je „*demokratizace herního vývoje*“ – engine je dostupný zcela zdarma se všemi svými funkcemi. Unity engine vyniká svou všestranností a širokou nabídkou funkcí pro tvorbu téměř jakýchkoliv her či aplikací a snaží se všem svým uživatelům jakýkoliv softwarový vývoj maximálně zjednodušit. Rozhraní je poměrně srozumitelné a nový uživatel se v něm během krátké doby zorientuje. Engine dostává pravidelné aktualizace a často je již dopředu dostupná k otestování i beta verze příští připravované aktualizace s novými funkcemi.

Společnost Unity se podle všeho snaží dělat maximum pro to, aby se řady nezávislých vývojářů (a tedy i jejich uživatelů) co nejvíce rozrůstaly, proto také nabízí rozsáhlý edukační program *Unity Learn*, který obsahuje nespočet návodů zabývajících se prací v jejich softwaru, dostupných zdarma. Tento program je rozšířen o *Unity Learn Premium*, který už je placený. Dohromady *Unity Learn* tvoří databázi čítající přes 750 hodin video obsahu, který se uceleně zabývá herním vývojem od základů programování a práce v *Unity Engine* pro úplné začátečníky, až po detailnější a specifitější návody pro pokročilejší vývojáře. Další nové video návody postupem času přibývají a lektori z *Unity* příležitostně pořádají série online seminářů v živém přenosu. Na webových stránkách *Unity* také poskytuje materiály pro studenty i učitele. Dále *Unity* nabízí možnost splnění placených certifikátů (dohromady čtyři úrovně obtížnosti), kterými může uživatel prokázat svoje schopnosti a znalosti a odkazovat se na ně například ve svém životopisu při hledání práce. Kromě toho nabízí individuální služby školení pro celé vývojářské týmy. Kolem *Unity engine* tak během doby jeho existence vznikla široká komunita nezávislých vývojářů a řešení na téměř jakýkoliv problém, který nepokrývají oficiální kurzy *Unity Learn*, lze snadno najít i z jiných online zdrojů.

Existuje také online obchod *Unity Asset Store*, kde lze nalézt nespočet samostatných 3D modelů, 2D spritů i celých balíčků obsahujících modely prostředí, textury, materiály, animace a vizuální efekty, přednastavené UI panely i hudbu nebo audio efekty a mnoho dalšího. Vše je vytvořeno nezávislými tvůrci a kdokoliv může do

této široké databáze přispět a prodávat zde svou tvorbu. Všechny tyto položky jsou pochopitelně přizpůsobeny pro co nejjednodušší aplikaci v Unity enginu.

Jednoduchost práce v Unity enginu spočívá v systému objektů s komponenty, podobně tomu bývá i v dalších moderních enginech. Tvůrce vše vidí v trojrozměrné scéně, kde se může volně pohybovat a jednoduše importovat a přenášet objekty do prostoru. Objektu, tvořenému zatím pouze jeho 3D modelem, následně přidává komponenty. Velmi základním často užívaným komponentem může být například „rigid body“ a „box-collider“, které slouží pro zastoupení fyzické hmotnosti a hmoty ve virtuálním světě tvořené hry. Takové komponenty jsou již v Unity přednastavené a je možné je snadno přizpůsobit ke svým potřebám. Úpravou několika parametrů komponentu tak během minut objekt snadno získá „hmotnou podobu“ – získá fyzikální vlastnosti, podléhá gravitaci a kolizím s dalšími objekty. Mnoho podobných akcí lze v tomto enginu provádět zcela bez užití programovacího jazyka, což je oproti dřívějším dobám nepředstavitelné ulehčení práce herního vývojáře, a je to také jednou z hlavních příčin vzrůstajícího zájmu o nezávislý herní vývoj. Velkou výhodou Unity je, že i mnohé pokročilé programování funkcí enginu je zde již dopředu vyřešeno, ať už uživatel pracuje na jakémkoliv typu projektu a mnoho systémů, které Unity engine v základu neobsahuje, lze najít již hotové ke stažení na Unity Assets. Mnoho akcí je tedy možné provádět úplně bez znalosti programovacího jazyka, což nahrává level-designerům, jejichž práce zde nyní může být od práce programátora zcela oddělena. Plně funkční hra se ovšem úplně bez programování funkcí pomocí psaných skriptů většinou neobejde. Pro Unity dokonce existují různá rozšíření, která umožňují vizuální programování pomocí spojování položek do určitého grafu podmínek, tento způsob však nese značná omezení oproti standardnímu psaní kódu. Framework Unity je postaven na programovacím jazyku C++, ovšem uživatel s enginem může pracovat v mnohem jednodušších jazycích: C# a Javascript. Skripty jsou pak také připojené na objekt v podobě komponentu (například skript na ovládání herní postavy). Podobně je tomu s animacemi, aby importovaný model přehrával animaci (například animace pohybu těla herní postavy, když se hráč začne pohybovat), je nutné na model aplikovat komponent „Animator“, pomocí kterého lze stanovit podmínky za jakých se má která animace spouštět a přehrávat, což se také někdy neobejde bez užití skriptu. (Murphy 2020)

## 2.2 Unreal Engine

Unreal Engine je software vyvinutý společností *Epic Games*, jehož první verze vyšla již v roce 1998 a byla primárně určena k vývoji her žánru FPS<sup>4</sup> po vzoru hry *Quake* (viz kapitola 3.2.2 Skutečná 3D grafika). Postupem času ovšem rozšířil své využití a byl efektivně užit i v řadě mnoha jiných žánrů. V roce 2004 získal cenu za nejúspěšnější video-herní engine roku, osmkrát cenu *Front Line Awards* časopisu *Game Developer Magazine* v letech 2004 až 2012 a mnoho dalších cen. Odhadem jej využívá 17% herních vývojářů. Současná verze se nazývá Unreal Engine 4. (Anurag 2018)

Práce probíhá ve vizuálním editoru, kde uživatel vidí scénu v trojrozměrném prostoru, tak jako je tomu v případě Unity. Nabízí částečnou možnost vizuálního programování pomocí systému Blueprints, což je způsob schématického programování (jak je v posledních letech lákavým trendem pro „ne-programátory“), ovšem většinu skriptů je stále nutné provést standardně pomocí kódu, v případě tohoto engineu pouze v pokročilém programovacím jazyku C++. V případě, že uživatel tento jazyk ovládá, je prý práce v tomto engineu velmi snadná a rychlá.

Zajímavostí je, že dlouhou dobu tento engine používal svůj vlastní programovací jazyk UnrealScript, sestavený cíleně na programování her. Tento jazyk se využíval po tři generace tohoto softwaru, ale postupem času byl zastaralý a od verze Unreal Engine 4, která vyšla v roce 2014, podporuje engine výhradně už jen na C++.

Tento engine velmi často volí mnohá velká světová studia, jelikož nabízí nejpokročilejší dostupnou renderovací technologii a možnosti v oblasti realistické grafiky, a zároveň běží velmi rychle a efektivně. Engine a jeho výsledné výstupy projektů jsou dobře optimalizované s ohledem na procesní náročnost zařízení. Zaměřuje se na to, aby byli uživatelé schopni docílit dech beroucích vizuálních a světelných efektů s užitím co nejmenšího úsilí. V tomto ohledu, jakoby engine neměl hranice. Využívají ho také například některé automobilové společnosti pro animace modelů aut v reklamách, které lze stěží rozeznat od skutečnosti.

Unreal Engine se zcela zaměřuje na dosažení realistické grafiky, textur a efektů a využívá velmi pokročilý programovací jazyk; z toho nepřímo vyplývá, že je vhodný spíše pro větší a více rozčleněné týmy a rozsáhlejší projekty. Je zde potřeba nejméně

---

<sup>4</sup> *First-person Shooter*, tedy „střílečky z pohledu první osoby“.



jeden zkušený programátor a nejlépe několik specializovaných grafiků – tvůrce modelů, textur, efektů atd. a level-designer. Je možné postavit takový tým i v rámci nezávislého vývoje, ovšem vhodným počtem členů pro práci v tomto enginu by bylo nejméně čtyři nebo pět jednotlivých vývojářů.

## 2.3 Porovnání Unity a Unreal

Když tyto dva vývojové enginy postavíme vedle sebe, je zjevný jejich zcela odlišný přístup v mnoha ohledech.

Do roku 2015 nabízel Unreal Engine bezkonkurenční vizuální možnosti, kterých dříve v Unity nebylo možné dosáhnout. Od toho roku ovšem Unity začalo vydávat mnoho grafických vylepšení a aktualizací ve snaze utvrdit svoji dominanci mezi herními enginy, díky čemuž v posledních letech dohnalo úroveň vizuálních možností Unreal Enginu. V této době je tedy v obou možné docílit stejně kvalitních fotorealistických vizuálních efektů, ale v Unreal Enginu toho lze docílit poměrně snadněji, jelikož se na tuto oblast specializuje již od začátku a je tomu uzpůsoben. V tomto ohledu mezi nimi probíhá velmi vyrovnaný a mnohými uživateli sledovaný závod, který posunuje realismus v počítačových hrách kupředu.

Jeden z nejvýraznějších rozdílů mezi nimi, se tedy projevuje v grafice, podle čehož se často vývojáři rozhodují, který z nich vybrat. S pomocí obou enginů lze dosáhnout stejných výsledků, ovšem každý se více hodí na něco jiného. V obou případech je nejpoužívanějším modelovacím softwarem *Blender*, druhým nejpoužívanějším potom *Maya* nebo *3D Max*.

V rámci dostupnosti naučných zdrojů a manuálů a přístupnosti pro nové začínající vývojáře jednoznačně vyniká Unity. Společnost Unity nabízí online téměř kompletní vzdělání v oblasti oboru herního vývoje a nabízí certifikáty, kterými lze nabyté vzdělání prokázat. Vybízí fanoušky počítačových her, aby sami zkusili nějakou hru vytvořit a poskytuje nástroje, díky kterým lze jednoduchého herního výstupu snadno docílit. Něco takového u Unreal Enginu donedávna zcela chybělo a nový uživatel se musel spolehnout především na zdroje informací od jiných předchozích

uživatelů. Nedostatky učebních materiálů se Unreal snaží dohnat až v poslední době a oficiální video obsah zatím čítá pouhých 100 hodin.

Z pohledu začínajícího vývojáře je velmi náročné začít pracovat v Unreal Engineu také kvůli náročnosti jeho programovacího jazyka. V Unity lze veškeré skripty napsat v kombinaci jazyků C# a Javascript, které jsou v porovnání s C++ nesrovnatelně jednodušší na naučení a je možné je ovládnout na ucházející úrovni pro potřeby herního vývoje v rozmezí několika měsíců. Unity výrazně usnadňuje a urychluje vývoj a ubírá mnohé starosti, ovšem nad samotným enginem uživatel nedrží tak velkou kontrolu, jako je tomu u Unreal Engineu, což může být pro mnohé rozhodujícím faktorem při výběru enginu pro tvorbu vlastní hry. Mnozí se uchýlí k rychlejší a jednodušší volbě, zatímco pro jiné může být absolutní autorita nad enginem klíčová i za cenu mnohé práce navíc.

Roli také hraje, pro jaké zařízení je náš projekt určen. K vývoji pro stolní počítače nebo konzole jsou oba enginy rovnocennými soupeři. Pro vývoj her (nebo jiných aplikací) pro mobilní telefony je ovšem jasnou volbou Unity, jelikož Unreal engine má obecně vyšší nároky na procesor zařízení.

Liší se i hlavní způsob monetizace obou enginů. Aktuální podmínky Unreal Engineu jsou, že v okamžiku, kdy výdělek hry přesáhne milion dolarů, Epic Games si začne účtovat 5% ze všech budoucích výdělků. V případě Unity je systém složitější; existují čtyři licence. Základní osobní licence je zcela zdarma, ovšem při zapínání vytvořené hry se vždy jako první ukáže nápis „*Made with Unity*“ a pro držení této licence nesmí výdělek hry za rok přesáhnout 100 tisíc dolarů. Druhá licence: *Plus* obsahuje několik užitečných funkcí navíc a maximální povolené množství výdělků za rok je zvýšeno na 200 tisíc dolarů, licence stojí 399 dolarů na rok. S třetí licencí: *Pro* přibývá několik dalších doplňkových funkcí, z nich nejzajímavější je „*success advising*“, tedy poradenství a podpora k úspěchu projektu a základní technická podpora, služba stojí 1800 dolarů za rok. Nejpokročilejší licencí je *Enterprise*, která za cenu 200 dolarů na měsíc poskytuje ještě intenzivnější technickou podporu a pomoc od společnosti Unity k zajištění úspěchu.

Oba enginy jsou tedy pro neziskové projekty, nebo projekty s nízkými zisky dostupné zcela zdarma a to i v případě Unity, jelikož nevelké množství nezávislých her dokáže přesáhnout hranici výdělku sto tisíc dolarů za rok.

Zatímco Unity je podstatně přístupnější méně zkušenému člověku a snadnější na pochopení, je nutné vynaložit daleko více práce a úsilí pokud je našim cílem dosáhnout co možná nejrealističtějších výsledků. Je naprosto vhodné pro menší i velké projekty, nabízí všestrannost, srozumitelnost a širokou škálu předem připravených aspektů a funkcí, čímž maximálně ulehčuje vývoj hry. Jeho Asset Store je podstatně rozsáhlejší a nabízí větší výběr. Má rozsáhlou komunitu nezávislých vývojářů, kteří tvoří hry pro vlastní zábavu, nebo se snaží prorazit ve světě herního vývoje, ale i mnoho již úspěšných a kvalitních herních titulů.

Naproti tomu stojí Unreal Engine, který je pro pochopení základů poměrně náročnější, není příliš vhodný pro jednoho člověka a krátkodobé projekty, ale zaměřuje se spíše na službu pro profesionály a větší týmy. Nabízí jednodušší dosažení vysoce věrné fotorealistické grafiky, větší kontrolu a jeho cílem je posunovat hranice grafiky dál.

## 2.4 Další dostupné enginy

### GameMaker Studio

První verze tohoto enginu od společnosti *YoYo Games* byla vydána už roku 1999, kdy ji vytvořil Mark Overmars, jako svůj nezávislý projekt. Engine je postaven na programovacím jazyku Delphy. Podobně jako je tomu u Unity, si společnost klade za svůj hlavní cíl zpřístupnit tvorbu počítačových her co nejširší možné skupině a umožnit tvorbu her každému. Programování v GameMakeru je velmi nenáročné a intuitivní a jednoduchou hru lze vytvořit zcela bez psaní kódu programovacího jazyka. Podmínky a funkce lze nastavovat pouhým přetahováním myši v uživatelském rozhraní enginu a celý program je poměrně snadný na pochopení. Program je objektově orientovaný, uživatel vytvoří objekt, kterému přiřadí obrázek (sprite) a snadno nastaví vlastnosti a chování objektu. Maximální jednoduchost je ovšem nevyhnutelně kompenzována omezenějšími možnostmi v porovnání s jinými enginy. GameMaker také primárně slouží k tvorbě 2D her s pomocí spritů, ovšem existují i ukázky zajímavých pokusů ve 3D. Má také, stejně jako Unity, širokou databázi návodů a učebních materiálů zaměřených především pro úplné začátečníky. Stejně tak má i online obchod, kde mohou uživatelé nabízet nebo koupit různé přednastavené herní prototypy, objekty a sprity. Tento engine je pravděpodobně nejjednodušší možnou cestou jak začít s nezávislým herním vývojem bez znalosti programovacího jazyka, ovšem pouze v hranicích dvojrozměrného prostoru. GameMaker nabízí zkušební licenci na třicet dní zdarma, poté je nutné si zakoupit jednu z placených licencí, z nichž nejlevnější začíná na 40ti euro, na 12 měsíců dopředu, poté je nutné některou z licencí zaplatit znovu. (YoYo Games 2020)

### CryEngine

CryEngine vyšel v roce 2002 pod společností CryTech. Je jedním z nejužívanějších herních enginů a v mnoha ohledech se podobá Unreal Enginu, se kterým se snaží soupeřit. Stejně jako Unreal si také klade za cíl ukázat co nejpokročilejší realistické vizuální efekty a posunovat v tomto ohledu hranice. Také užívá programovací jazyk C++. Zároveň se snaží usnadnit práci pomocí pokročilého vizuálního editoru scény do stejné míry, jako Unity. Podporuje také vývoj her pro VR

(Virtuální realita). Není tak intuitivní jako například Unity, ale má dostatek oficiálních podkladů a návodů.

Engine má, podobně jako Unity a Unreal velmi přívětivou a praktickou formu zpoplatnění; jeho užívání je zcela zdarma, ovšem 5% z veškerého zisku hotové hry musí být odevzdáno jeho autorům. Dokud také zisk hry nepřesáhne 5 tisíc dolarů za rok, nemusí tvůrce hry platit nic, což opět nahrává malým nezávislým projektům, které tuto částku nepřesáhnou. Je zde snaha o uspokojení profesionálních týmů i nezávislých vývojářů, pro malé projekty (například tvořené jedním člověkem) ovšem tento engine nemusí být vždy tou nejvhodnější volbou, tak jako je tomu u Unreal Engine. (CRYTEK GMBH)

Zajímavostí je, že v tomto engine vznikla, kromě mnoha dalších velkých titulů, jedna ze světově nejúspěšnějších českých počítačových her *Kingdom Come: Deliverance* od společnosti *Warhorse Studio*.

## **Amazon Lumberyard**

Poměrně překvapivým a úspěšným projektem je engine Amazon Lumberyard od celosvětově známé internetové společnosti *Amazon*, který vyšel začátkem roku 2016. Vznikl z jedné ze starších verzí CryEngine, svého předchůdce dokonce překonal v počtu uživatelů a stal se tak třetím nejužívanějším herním engine. Svému předchůdci se v mnohém podobá, ovšem snaží se vše posunout o krok dál, především v rámci vývoje her pro více hráčů. Cílem vývojářů je nabídnout co nejpokročilejší možnosti při tvorbě her pro počítače i herní konzole. Nabízí možnost využití služby AWS („Amazon Web Services“), která podporuje tvorbu a provoz online her pro více hráčů, a která u jiných engineů nemá obdoby. To může být pro tvorbu tohoto typu her pro vývojová studia značnou výhodou. Engine je propojen s online vysílací platformou Twitch, která také spadá pod společnost Amazon, díky čemuž lze možnosti interakce mezi vysílajícím a diváky zakomponovat přímo do hry. Dalším překvapením může být, že je engine zcela zdarma bez jakýchkoliv poplatků, placené licence či odečítání si procent ze zisku, tak jako je tomu u většiny ostatních softwarů. Jedinou zpoplatněnou službou je zde právě AWS, pokud se nejedná o hru pro více hráčů, mohou uživatelé využívat všechny funkce zcela zdarma. (Neltz 2016)

### **3 Počátek/Historický vývoj 3D ve hrách**

Vývoj počítačových her začal už před několika desítkami let, od té doby se díky velmi prudkému technologickému pokroku jednoduché 2D hry typu *Pong* vyvinuly v dříve nepředstavitelně komplexní tituly s realistickou 3D grafikou podobnou skutečnosti. (Šulc 2011)

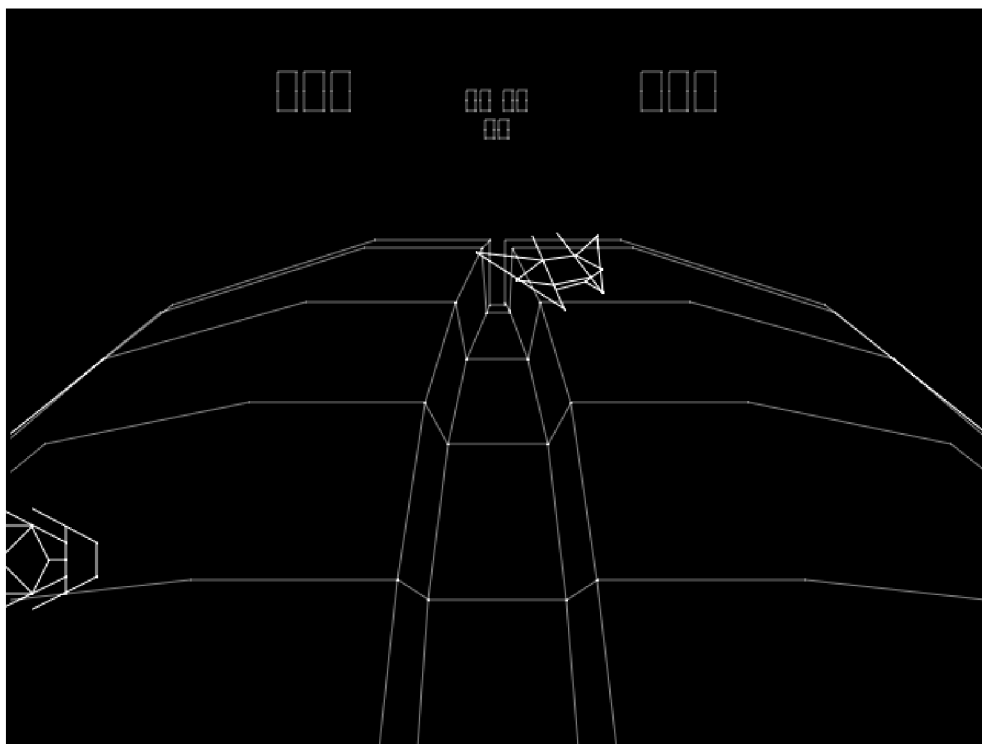
Přestože první úspěšné pokusy užití skutečné plnohodnotné 3D grafiky vznikaly až v druhé polovině devadesátých let, o určité napodobení trojrozměrného prostoru se vývojáři pokoušeli už mnohem dříve.

#### **3.1 Napodobení 3D prostoru – 2.5D Grafika**

Takzvaná 2,5D grafika, nebo také pseudo-3D, je označení pro grafické vykreslování obrazu, které pro oko působí plasticky, ale jedná se pouze o napodobení hloubky prostoru ve 2D, není zde užitá skutečná 3D grafika.

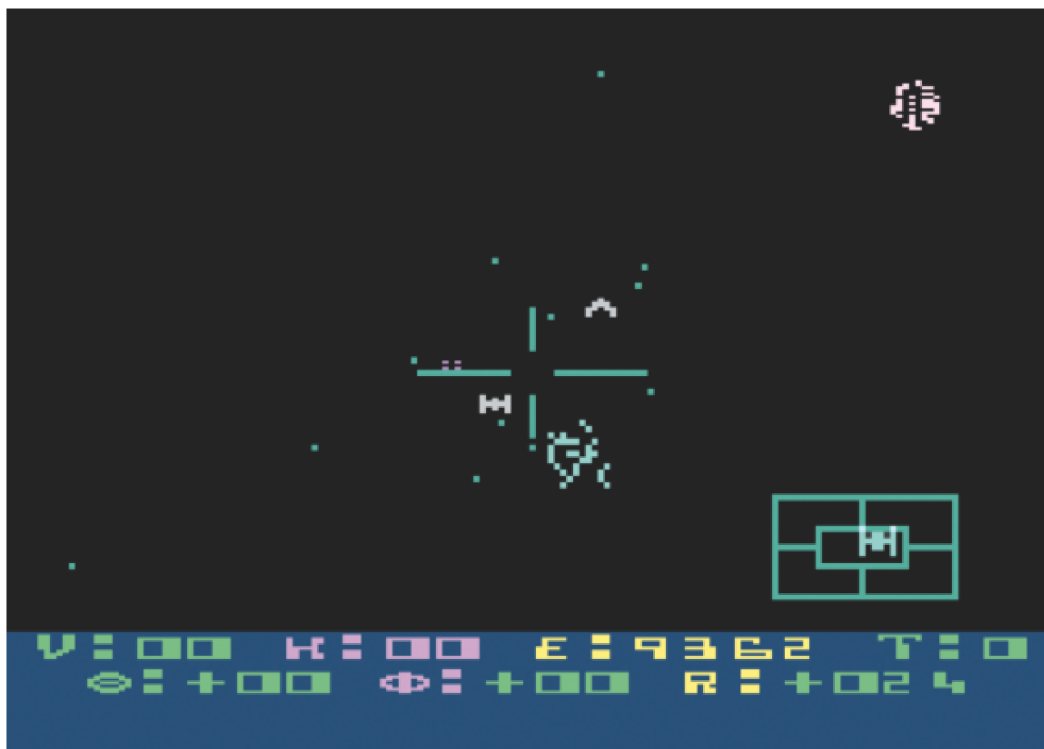
##### **3.1.1 První pokusy o napodobení 3D**

Je nutné si uvědomit s jak velkými technickými omezeními a limity se tvůrci her na počátku osmdesátých letch museli potýkat. Dostupné byli pouze osmibitové mikroprocesory, které byly v porovnání s dnešními procesory výkonově velmi slabé. Grafické subsystémy tehdejších domácích počítačů či herních automatů byly výhradně určeny pro práci s 2D objekty. I přes tato omezení se mnozí snažili najít cestu k napodobení třetího rozměru. (Tišnovský 2013)



Obr. 1 Star Hawk, 1979

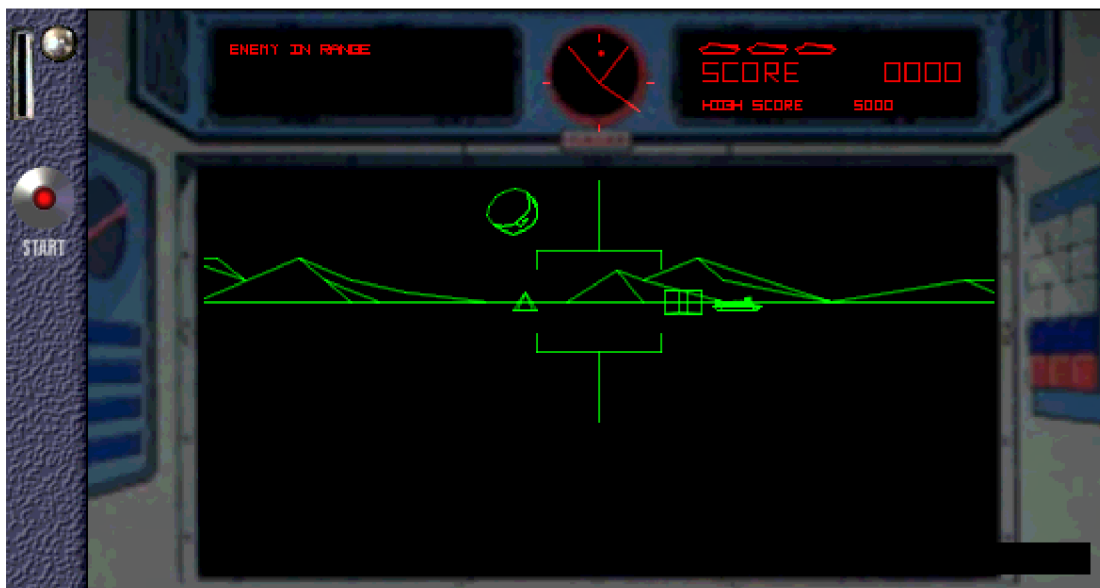
Jednou z úplně prvních her napodobujících 3D byla vektorová hra *Star Hawk* na velké herní konzoli MAME, už z roku 1979. O tři roky později byla dostupná i na domácí konzoli Vectrex. Nedalo se ovšem nijak pohybovat nebo měnit úhel kamery, hráč pouze sestřeloval vesmírné lodě na obrazovce, jejichž vektorové obrázky se během pohybu zvětšovaly, čímž bylo docíleno určité plasticity. Hra byla neoficiálně inspirovaná scénou z filmu *Star Wars: Episoda IV*.



Obr. 2 Star Raiders, 1979

*Star Raiders* je další vesmírnou hrou, která je často uváděná jako příklad jednoho z nejdůležitějších herních titulů, které měly velký vliv na budoucí vývoj počítačových her. Jejím autorem je *Doug Neubauer*, který hru vytvořil sám, ovšem jako zaměstnanec firmy Atari pro jejich herní osmibitové domácí počítače. Zde se údajně poprvé objevuje pohled hráče z první osoby, hráč vše vidí z pozice pilota sedícího v kokpitu vesmírné stíhačky a může se relativně volně otáčet ve dvou osách – doprava, doleva, dolů a nahoru – a měnit rychlost stíhačky. Rotace kolem třetí osy nebyla implementována úmyslně, jelikož by pouze komplikovala ovládání hry (i když je u dnešních her podobného typu leteckých simulátorů běžná). Byl zde také použit jednoduchý, ale ve své době pokrokový částicový systém pro animaci hvězd a vybuchujících protivníků. Aby takto propracovanou hru tehdejší počítače výkonově zvládly, bylo přizpůsobena pro rozlišení 160×96 pixelů s užitím pouhých čtyř barev. Hra *Star Raiders* se stala vzorem pro mnoho následujících titulů (například i další slavnou hru *Elite* a její pokračování *Elite: Frontier*).





Obr. 3 Battlezone, 1980

Dalším příkladem vektorové grafiky, podobně jako u hry Star Hawk je hra *Battlezone*. Zajímavá první verze této hry vyšla v roce 1980 ve formě velkého herního video automatu vybaveného displejem s vektorovou grafikou. Jelikož tehdejší vektorové obrazovky většinou nedokázaly zobrazit více barev, byly na monochromatickou obrazovku herního automatu v různých místech nalepeny červené a zelené fólie. Díky tomu se herní svět s objekty zobrazoval zeleně a horní lišta s ukazatelem skóre a radarem zase červeně. Hru je možné považovat za poměrně věrný a realistický simulátor tanku. Pohled na herní svět už zde působil velmi trojrozměrně a to i přes omezení vektorového displeje – užity zde byly takzvané wire-frame ("drátové") modely. Objevuje se zde také nový způsob ovládání (otáčení a popojíždění).

Battlezone byl v následujících letech několikrát konvertován na různé verze pro domácí herní konzole a osobní počítače. Vektorové modely (kvůli výkonu domácích zařízení) vystřídala horší pixelová grafika, ovšem bylo možné implementovat relativně velké množství barev. Celý kód hry i veškerá data byly uloženy na paměťovém modulu o kapacitě osm kilobajtů, což je na dnešní poměry velmi zanedbatelná velikost, ale v porovnání s velikostí jiných her tehdejší doby to byl nejméně dvojnásobek.

### 3.1.2 2D Sprite

Užití vektorových modelů v grafice počítačových her po roce 1980 postupně ustupovalo a bylo nahrazováno využitím takzvaných 2D spritů. Sprity byly vynalezeny už daleko dříve, ale nyní se začali využívat i pro napodobení trojrozměrného prostoru, jelikož byli pro domácí počítače méně náročné a nabízeli větší barevné možnosti.



Obr. 4 2D sprite z ikonické hry Prince of Persia, 1989

Jedná se o jednoduché obrázkové soubory, které znázorňují jednotlivé herní objekty a jejich animace. Příkladem – sprite hlavní postavy za kterou hráč hraje typicky musí obsahovat všechny fáze animace pohybu (snímek po snímku), do všech stran kterými se hráč může pohybovat. Sprite hořícího ohniště obsahuje vyskládané jednotlivé snímky animace pohybujícího se ohně, jeden vedle druhého. V mnoha hrách byly sprity využity pro úplně všechny objekty, které se na herní obrazovce nacházejí – hráč, protivníci i aktivní a pasivní objekty herního prostředí. Celá animace daného objektu je uložena v jednom obrázkovém souboru, což nabízí rychlejší a výpočetně nejméně náročné řešení, které bylo až do roku 1997 prakticky jediným efektivním a dostupným řešením. (Sobolev 2021)

Na rozdíl od geometrického vykreslování vektorových modelů se zde také zapojuje do vývoje hry práce grafika víc než kdy předtím, všechny obrázky či animace pohybujících se objektů musí někdo snímek po snímku pracně namalovat. Vizuální stránka her začíná hrát čím dál větší roli.

Od osmdesátých let se sprity začaly kromě běžných 2D her s pohledem ze strany nebo shora používat i při napodobování trojrozměrného prostoru. Postupným zvětšováním nebo zmenšováním objektu na obrazovce bylo docíleno dojmu přibližování nebo vzdalování.



Obr. 5 Interceptor, 1984

Příkladem jedné z prvních takových her užívajících sprity k iluzi trojrozměrného zobrazení je hra *3D Interceptor* z roku 1984 pro osmibitové počítače *ZX Spectrum*. Autorem hry je Joan Domingo Ramirez. Hráč zde ovládá stíhačku se kterou se musí uhýbat do stran nebo sestřelovat protivníky, kteří se přibližují proti němu. Zajímavostí je, že zde ještě nebylo možné nastavit průhlednost (alfa kanál), kolem objektů jsou vidět modré čtverce zakrývající pozadí. S tím museli vývojáři počítat a z toho důvodu je celá hra téměř jednobarevná (přesto že už množství barev použít mohli), aby byl tento nedostatek co nejméně znatelný.



Obr. 6 Landscape, 1984

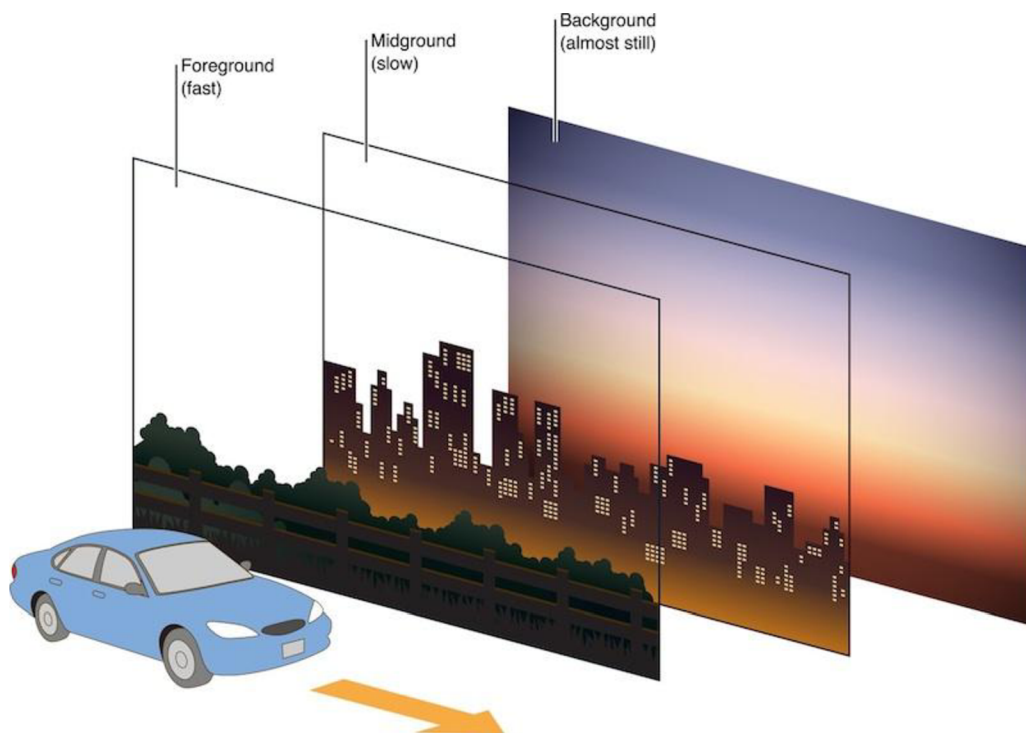
Dalším vynikajícím příkladem velmi podobné hry je *Landscape* ze stejného roku (1984), vytvořená pro dříve již zmíněné domácí počítače Atari. Na hře pracovala dvojice vývojářů Tracy Lagrone a Richard Sansom. Hráč zde opět ovládá stíhačku, ovšem může se pohybovat všemi směry, tak jako tomu bylo u starší hry *Battlezone*. Cílem hráče je doletět krajinou až k věži, kterou vidí v dálce na obzoru, a sestřelit ji.

Při porovnání těchto posledních dvou herních titulů ze stejného roku můžeme pozorovat, že počítač Atari nabízel daleko pokročilejší možnosti než konkurenční ZX Spectrum. Hra umožňuje nejenom propracovanější možnosti pohybu v herním světě, a díky tomu větší dojem trojrozměrného prostoru než předchozí *3D Interceptor*, ale také je zde u spritů využita průhlednost i širší paleta barev.

Všechny herní objekty jsou tu zobrazené pomocí velmi povedených 2D spritů. Hra byla svým způsobem nadčasová jak maximálním využitím možností technologie spritů, tak vizuálním zpracováním, které i po mnoha letech působí velmi dobře. Touto hrou se často nezávislý vývojáři inspirovali dodnes.

### 3.1.3 Technika Parallax scrolling

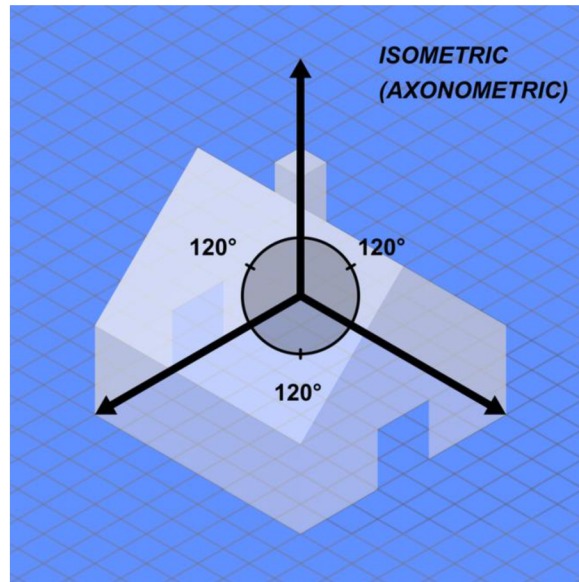
Herní prvek užitý spíše ve 2D grafice, který ale stojí alespoň za zmínku je takzvaný „Parallax scrolling“. Je to technika pohybujícího se pozadí v plošinových 2D hrách s pohledem kolmo ze strany, kdy se několik průhledných vrstev/sprítů pozadí překrytých přes sebe pohybuje různou rychlostí. Vrstva pohybující se pomaleji působí více vzdálená než vrstva pohybující se rychleji – tím je navozen dojem hloubky prostoru. Tato technika byla vynalezena už ve čtyřicátých letech minulého století pro tradiční animaci (Walt Disney). Poprvé se v počítačové hře objevila roku 1981 (hra Jump Bug) a od roku 1982 se hojně využívá i v mnoha počítačových hrách až dodnes. (DLPNG 2018)



Obr. 7 Názorná ukázka vrstev techniky Parallax Scrolling

### 3.1.4 Užití axonometrie

Velkým mezičlánkem ve vývoji mezi dvojrozměrnou a trojrozměrnou grafikou je užití *axonometrie*.



Obr. 8 Užití os  $x$ ,  $y$ ,  $z$  v axonometrii (ukázka izometrie)

Axonometrie<sup>5</sup> je způsob geometrického zobrazení ve 2D, který vytváří iluzi trojrozměrného prostoru, jehož původním účelem bylo využití v deskriptivní geometrii (například technických nákresech v inženýrství). Na rozdíl od běžného 2D zobrazení, které je tradičně charakteristické úhlem pohledu kolmo ze strany nebo ze shora, axonometrické zobrazení je tvořené skloněným zorným úhlem. Tímto způsobem vzniká dojem hloubky. Zobrazení vychází ze tří geometrických os  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , které mezi sebou svírají stejné nebo různé úhly. Podle úhlů, které mezi sebou osy svírají a poměrů délek se dá axonometrie rozdělit na tři nejčastější varianty: *trimetrie*, kdy jsou úhly i poměry stran všech tří os různé; *dimetrie*, kdy dva úhly jsou stejné, třetí úhel je větší a měřítko stran je vždy nanášeno v poměru 1:0,5:1; a *izometrie*, kdy všechny tři osy svírají stejný úhel (120 stupňů) a všechny délky se nanášejí ve stejném měřítku (1:1:1). (Horwath 2009, Nobody 2017) Ve vývoji počítačových her je nejčastěji užívaná právě izometrie.

<sup>5</sup> Axonometrie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021, 10. 11. 2017 [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Axonometrie>

### 3.1.5 Izometrie

Tento způsob zobrazení herního prostředí (také stále s využitím spritů) se v osmdesátých letech používal velmi často a byl na svém vrcholu před příchodem skutečné 3D grafiky. V určité míře se však používá dodnes, obzvláště pak v nezávislém herním vývoji.

Úplně prvním herním titulem, který představil tento typ grafiky byl *Zaxxon* od společnosti Sega z roku 1982. Jen o několik měsíců později vyšla známá skákačí hra *Q\*bert*. (Wagner 2018)



Obr. 9 Zaxxon, 1982

V tehdejší době, kdy přidání hloubky (tedy třetího rozměru) do počítačových her bylo z důvodu omezeného výkonu technologií ještě něčím nepředstavitelným, byla izometrie převratným objevem a následujícího roku 1983 se strhla lavina her fungujících na tomto principu. Tato technologie se stala pro vývojáře dostupnou a hry získali na pestrosti, herních mechanikách, možnostech pohybu hráče, vizuálním zpracování i na příběhu. Hry se také z herních automatů začali více přesouvat i na domácí herní konzole. Významnými a velmi úspěšnými tituly byly například *Ant Attack* na ZX Spectrum<sup>6</sup>, který se tak stal první izometrickou hrou dostupnou pro osobní

<sup>6</sup> Osmibitový osobní počítač od společnosti Sinclair z roku 1982.



počítač, dále hra *Populous*, která byla první strategickou hrou s izometrickou perspektivou. (Indie Retro News 2019)



Obr. 10 Ant Attack, 1983



Obr. 11 Populous, 1989



V pozdější době (až do současnosti) vzniklo ještě mnoho dalších úspěšných her užívajících tento princip, ovšem v 90. letech nastal z důvodu příchodu nových technologických možností ústup izometrie.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> NOBODY, Dareka. What is Isometric View?: Gaming Definition, Meaning. *Honey's Anime* [online]. 4. 11. 2017 [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: <https://honeysanime.com/what-is-isometric-view-gaming-definition-meaning/>

### 3.1.6 Vrchol 2.5D Grafiky

V polovině osmdesátých let se na trh dostávají první 16bitové počítače a dostupná technologie her se posouvá znovu o krok dál. Tato kapitola se věnuje nejpokročilejším pseudo-3D hrám, které stále využívají dříve zmíněné technologie (užití 2D spritů), ale dovedly je na samotný vrchol a stojí na prahu toho, co považujeme za skutečné 3D.



Obr. 12 Dungeon Master, 1987

Tahová hra *Dungeon Master* z roku 1987 je jednou z revolučních her, které určily budoucí herní vývoj v devadesátých letech. Vyšel na domácí počítač *Atari ST* a stal se nejprodávanějším titulem pro tento model vůbec, hru si zakoupila více než polovina uživatelů tohoto počítače. Byla významným průkopníkem žánru klasických RPG<sup>8</sup>, inspirovaných tradičními stolními hrami tohoto typu, jako například světoznámé *Dungeons and Dragons*<sup>9</sup>. Několik počítačových her tohoto žánru už se v minulosti objevilo, ovšem většinou vyprávěly příběh pouze pomocí textu a vizuálně poměrně zaostávaly, *Dungeon Master* tyto hry posunul na novou úroveň. Hráč prochází uličkami temného podzemí, kde se může otáčet a posunovat všemi směry krok za krokem. Prostředí celé hry je vlastně poskládáno z nehybných obrázků, které se zobrazí, když se

<sup>8</sup> RPG neboli *Role-playing Game* se překládá jako „Hra na hrdiny“, kdy hráči zaujímají pozici fiktivních hrdinů a pohybují se v určitém příběhu nebo fiktivním světě.

<sup>9</sup> V češtině „Dračí Doupeč“, stolní hra od Garyho Gygaxe z roku 1974, která je považována za úplného původce a zakladatele žánru RPG.

hráč o krok posune nebo otočí. Na dnešní poměry tak hra působí po grafické stránce poměrně trhaně a staticky, ovšem ve své době nabízela jedinečnou zkušenost – systém boje, výběr hrdinů, ovládání myší, trojrozměrný zvuk i nový způsob napodobení trojrozměrného prostoru. Hra je velmi komplexní a byla doprovázena mnohostránkovým tištěným manuálem s mapami a vysvětlivkami, který je nezbytnou součástí, ale byla také plná záhad a skrytých funkcionalit, na které musel hráč přijít sám. (Šulc 2011)



Obr. 13 Falcon, 1987

Letecké simulátory jednoznačně patřily k hlavním žánrům, které posunovaly vývoj 3D grafiky kupředu. Jedním takovým velmi pokročilým leteckým simulátorem je hra *Falcon*. První verze vyšla již roku 1987, ale roku 1988 si tvůrci ze studia Spectrum Holobyte dali za cíl využít maximálního potenciálu nových 16bitových počítačů a tomu odpovídá na svou dobu velmi propracovaná grafika a UI<sup>10</sup> jejich verze pro počítač Atari ST. Hráč vše vidí z pohledu první osoby pohledem pilota skrze kabinu stíhačky a může se svobodně pohybovat všemi směry i stíhačku naklánět, což ve dřívějších leteckých simulátorech doposud nebylo možné. O dlouho trvající slávě hry Falcon mezi fanoušky počítačových her svědčí i to, že je tato hra dodnes dostupná k zakoupení i pro dnešní počítače na online platformě Steam.

<sup>10</sup> *User Interface*, neboli „Uživatelské rozhraní“, v tomto případě například široká dolní lišta tvořená přístrojovou deskou kabiny kokpitu viz Obr. 13 Falcon, 1987.

## 3.2 První 3D grafika

### 3.2.1 Sprity ve 3D prostoru

V roce 1991 zakládá čtveřice mladých vývojářů – John Carmack a John Romero (programátoři), Tom Hall (herní designer) a Adrian Carmack (grafik) – nezávislé herní studio *Id Software*. Jejich studio se stalo významným průkopníkem nové éry herního vývoje. Mimo jiné zakládají žánr FPS<sup>11</sup>, tak jak jej známe dnes. John Carmack vytvořil první vysoce efektivní herní engine pro trojrozměrné FPS hry, ze kterého pak studio ve všech svých hrách vycházelo a který také v budoucnu licencovali dalším společností (viz kapitola Herní Engine).



Obr. 14 Hovortank 3D, 1991

Prvním prototypem, který toto studio vytvořilo a na kterém se ještě učili pracovat s nejnovějšími technologiemi byla hra *Hovortank 3D* (1991). Hra je revoluční tím, že se zde hráč velmi plynule pohybuje v plně trojrozměrném prostoru, ovšem modely protivníků nebo jiných objektů jsou v tomto prostoru stále zpodobněny pomocí 2D spritů. Hra má oproti dřívějším titulům, vysoký „frame rate“ (počet snímků za sekundu) – běží velmi rychle díky technice „Ray casting“, tedy grafickému vykreslování pouze toho, co hráč vidí před sebou. Prostředí hry je tvořeno nepřehledným bludištěm z jednobarevných stěn bez textur, mezi kterými hráč chodí, „sbírá“ vyděšené civilisty a sestřeluje mimozemšťany.

<sup>11</sup> *First-person Shooter*, tedy „střílečky z pohledu první osoby“.



Obr. 15 Catacomb 3-D, 1991

Dalším titulem které toto studio vydalo, byl *Catacomb 3-D*, který vyšel pouze o několik měsíců později ještě téhož roku. Jedná se o velmi podobný koncept založený na stejném základu, stěny podzemí už ale mají textury, což bylo prý hlavní ambicí tohoto projektu a co zároveň dělá prostředí hry daleko přehlednějším, ovšem stále nabízí užití pouze šestnácti barev. Hráč nachází předměty ležící na zemi. Může vidět na obrazovce ruku herní postavy, což je dalším významným prvkem, na který mnoho následujících her navázalo (například viditelnou zbraní hlavního hrdiny při pohledu z první osoby). Hra je celkově propracovanější verzí svého předchůdce.





Obr. 16 Wolfenstein 3D, 1992

První opravdu slavnou hrou od studia Id Software, která se jednoznačně zapsala do dějin vývoje počítačových her je *Wolfenstein 3D* z roku 1992. Námětem se vývojáři inspirovali staršími 2D hrami *Castle Wolfenstein* a pokračováním *Beyond Castle Wolfenstein* od společnosti Muse Software; získali příležitost velmi levně odkoupit autorská práva a příběh hlavního hrdiny agenta Blazkovicze, který bojuje s nacisty, přenesli do trojrozměrného prostoru. Hra ve své době šokovala rovnou několika způsoby – pokrokovou technickou stránkou a grafickým zpracováním, otevřeným zobrazením velkého množství násilí a nacistickou tematikou (zobrazením hákových křížů, nacistické hymny i dalších symbolů), kvůli čemuž byla hra také v Německu dokonce úplně zakázána.

Hra technicky znovu vychází ze základu dvou předchozích titulů, ovšem posunuje vše opět o krok dál ve všech ohledech. Vylepšila se kvalita zvukových efektů, počet barev a frekvence snímků za sekundu; prostředí jsou podstatně rozmanitější a obsahují více objektů, hráč může otevírat dveře a objevovat skryté vchody ve zdech. Textury zde mají poměrně vysoké rozlišení a ze stropů visí závěsné lustry a objekty, ještě více podtrhující nově objevený trojrozměrný prostor v počítačových hrách. (Sahrani 2006)



Obr. 17 *Ultima Underworld: The Stygian Abyss*, 1992

Současně se v roce 1992 objevuje často opomíjená hra *Ultima Underworld: The Stygian Abyss* od studia *Looking Glass Technologies*, která mohla hře *Wolfenstein 3D* snadno konkurovat. Tématicky se podobá spíše hře *Dungeon Master*, jedná se také o žánr RPG, ovšem využívá stejné ovládání a technologii 2D spritů v trojrozměrném prostoru s mapovanými texturami jako právě *Wolfenstein 3D*; graficky v mnohém nad svou známější konkurencí vyniká, například texturové jsou zde (kromě pouhých zdí) i podlahy a stropy, stěny zde mohou svírat i jiný úhel než devadesát stupňů místnosti mohou mít různou výšku a jsou spojené schody a skosenými rampami. *Ultima Underworld* tedy byla postavena na vlastním velmi pokročilém grafickém enginu (mnohem výkonnějším, než engine hry *Wolfenstein 3D*), který nabízel mnoho komplexních možností, kterých nikdo jiný nedokázal docílit až do příchodu hry *Doom*.



Obr. 18 Doom, 1993

Na velký úspěch Wolfensteina navázalo studio Id Software na konci následujícího roku (1993) hrou *Doom* s úspěchem ještě větším. Princip hry byl stále stejný, byla využita nová verze původního enginu a hra znovu vzbuzovala kontroverzi vysokým množstvím násilí a opět uchvátla hráče poutavým příběhem, tentokrát příběhem vojáka bojujícího s démony. *Doom* byl dynamičtější a v mnohém ještě pestřejší než předchozí titul.

Po grafické a designové stránce došlo také k několika vylepšením, zatímco ve *Wolfenstein 3D* byly stropy a podlahy jednobarevné a nemohly nést texturu, ve hře *Doom* už nesla textury celá scéna. Textury i sprity mnoha protivníků byly namalovány s větším smyslem pro detail, ponurejší paletou barev a různorodé prostředí se během postupu hrou podstatně měnilo. Stěny místností už také nemusely vždy svírat pravý úhel a místnosti mohly být v různých výškách, hráč mohl nyní i stoupat po schodech do vyšších pater. Další novinkou byla práce se světlem a stínem, nerovnoměrné osvětlení scén, což byl zcela nový nástroj jak mohli vývojáři pracovat s atmosférou hry. Atmosféru dále podtrhovala měnící se hudba. (Šulc 2011, Knap 2017)

Studio ohromilo nejen hráče, ale i další tvůrce počítačových her a ukázalo, čeho se dá dosáhnout s pomocí jejich enginu, o který se po vydání hry *Doom* strhnul veliký



zájem. Dvojice programátorů John Carmack a John Romero se tak stali slavnými osobnostmi světa herního vývoje.

Id Software následně najímá další členy a vydává jednu úspěšnou hru za druhou. Pokračování hry Doom pak v dalším roce tvoří studio *Raven Software* pod dohledem studia Id Software, které se z dříve malého nezávislého studia stává velkorozpočtovou herní korporací, která na svém vrcholu dominuje trhu počítačových her.



Obr. 19 Duke Nukem, 1996

Vynikající ukázkou hry, která technologii 2D spritů v trojrozměrném prostředí dovedla na hranice tehdejších možností, je *Duke Nukem 3D* z roku 1996 od společnosti *3D Realms*. Hra byla v mnohém velmi podobná Doomu, ale byla postavena na vlastním enginu. Duke Nukem 3D sice ještě nepřinesl revoluci plnohodnotného 3D, ale i tak jej nelze opomenout. Hra je založena na enginu *Build*, který možnosti pseudo-2D využívá v plné míře, grafika je tak podstatně detailnější než u předchozích her studia Id Software, postavených na enginu *Id Tech 1*. Objevuje se zde mnoho nových působivých funkcí, jako například velké množství rozbitelných objektů a možnost způsobit poškození na stěnách, velké množství interaktivních objektů, zrcadla a další. Kromě příběhu a zajímavého charakteru hlavního protagonisty hra zaujala hráče také

kontroverzí – velkým množstvím násilí (stejně jako Doom a Wolfenstein), ale také erotikou a nepřeborným množstvím pop-kulturních hlášek. (Staněk 2016)

### 3.2.2 Skutečná 3D grafika

Zatímco dvojice Carmack a Romero ze studia Id Software dohlíží na vývoj her Heretic a Hexen, sami se ihned po vydání hry Doom II pouští do tvorby zcela nového plně trojrozměrného herního enginu.



Obr. 20 Quake, 1996

Ještě roku 1996 tak vychází titul zvaný *Quake*, který posunul grafiku počítačových her na novou úroveň. Žánrově se jedná o další FPS hru, kterých Id Studio vytvořilo už několik, ovšem pozornost si získala právě revoluční grafikou. Po jeho uvedení na trh se téměř okamžitě spouští lavina plně trojrozměrných her, ovšem Quake je jednoznačným historickým původcem. Trojrozměrný už zde není jen herní prostor a některé překážky, nyní je trojrozměrná i herní postava, veškeré objekty prostředí a modely protivníků; dvourozměrné herní sprity jsou zcela nahrazeny polygonovými 3D

modely. Plnohodnotný třetí rozměr nově umožňuje podstatně lepší práci s osvětlením a stíny. (Šulc 2011)

Hra Quake se tedy stala prvním titulem, který splňuje to, co označujeme za skutečnou 3D grafiku, tak jak ji známe dnes. Uplatnění 3D grafiky v počítačových hrách předcházela dvacetiletý řetězec vývoje, na jehož vrcholu stáli dva inovativní programátoři, kteří jako první otevřeli hernímu vývoji bránu do trojrozměrného prostoru.

## 4 Úspěšné nezávislé tituly posledních let

### Minecraft



Obr. 21 Grafika hry Minecraft

V souvislosti s úspěšnými tituly, které vznikaly v rámci nezávislého vývoje, nelze opomenout velmi populární hru Minecraft. Minecraft začal vznikat v roce 2009 a pracoval na něm jediný vývojář vlastním jménem Markus Persson mezi fanoušky známý spíše pod přezdívkou *Notch*. Hra se původně měla jmenovat Cave Game („Jeskynní hra“). Pozdější název vznikl spojením slov „mine“ (těžit) a „craft“ (tvořit/vyrábět). Drží si pozici nejprodávanější hry s 200 miliony prodanými kopiemi a 126 miliony aktivních hráčů v roce 2020.

Jedná se o 3D hru s velmi jednoduchou pixelovou grafikou žánru „sandbox<sup>12</sup> – survival<sup>13</sup>“. Prostředí hry, tvořené krychlovými bloky a texturami s nízkým rozlišením, je náhodně generované podle určitých algoritmů, každý nově založený svět je tak zcela odlišný. Hráč prozkoumává virtuální svět, těží suroviny a z nich následně vyrábí vybavení a staví. Hra si získala širokou komunitu fanoušků svou jednoduchostí a zároveň téměř neomezenými kreativními možnostmi. Je možné hrát samostatně, nebo

<sup>12</sup> Kreativní hra, která hráči nabízí volně se pohybovat v daném virtuálním prostředí a vybrat si vlastní cíle a činnosti.

<sup>13</sup> Hra o přežití, kde se hráč musí starat o potřeby herní postavy jako hlad, teplo, zdraví atd.



na serveru se stovkami dalších hráčů. Během let vyšlo mnoho aktualizací, které vždy přinášely do hry nový obsah. V roce 2014 hru od studia Mojang (založeno původním tvůrcem Markusem Perssonem) odkoupila společnost Microsoft. (Kincaid 2019)

Minecraft se postupem času stal obrovským fenoménem, tuto hru hrálo nebo alespoň zná snad každé dítě narozené po roce 2000. Vyšlo o něm několik knih a nepřeberné množství oblečení, hraček, sběratelských předmětů, figurek a mnoho dalšího.

## The Stanleys Parable



Obr. 22 Prostředí hry The Stanley Parable

Tato hra s jednoduchou a nenáročnou 3D grafikou je vynikajícím příkladem originálního přístupu, který se typicky objevuje právě v nezávislých hrách. Vydali ji v roce 2013 vývojáři Davey Wreden and William Pugh. (MacDonald 2013) Je založena na jedinečném interaktivním narativu a humoru, kdy akce a volby hráče nesou svoje následky a hlas všudypřítomného vypravěče na ně reaguje a komentuje je. Celá hra je postavena na příběhu, který má mnoho různých konců, ke kterým hráč může dojít. Hráč se ocitá v pozici obyčejného zaměstnance v obyčejné kanceláři a začne prozkoumávat

záhadně opuštěnou budovu jeho firmy. Zda se například vydá různými dveřmi doleva nebo doprava, spustí řetězec událostí se zcela odlišnými závěry. Má možnost následovat slova vypravěče, nebo se mu vzepřít a udělat přesný opak. Hráč tak příběh opakuje stále dokola dokud neobjeví všechny možnosti příběhového rozuzlení. Hra s humorem, pomocí konfliktu hráče s všemocným vypravěčem, zpochybňuje filozofickou myšlenku možnosti svobodné volby člověka. Některé části eskalují až k prvkům surrealismu, k čemuž přispívá neustálé opakování a vracení se na začátek.

## Valheim



Obr. 23 Grafika hry Valheim

Jedná se o novou hru z počátku tohoto roku (2021) od švédského studia *Iron Gate AB*, která ve velmi krátké době zaujala několik milionů hráčů po celém světě.

Valheim je další *sandbox/survival* hrou po vzoru *Minecraftu*, která ovšem kombinuje prvky těchto žánrů s prvky RPG. Přežívání hráče je zasazeno do vikingského prostředí mytologického světa a hru provází zcela odlišné vizuální a grafické zpracování. Je zde nastíněn příběh hlavní postavy, která, aby mohla po smrti vstoupit do Valhaly („vikingského nebe“), musí nejprve prokázat svoje hrdinství v posmrtném životě v říši Valheim a vyčistit tento svět od různých nepřátelských tvorů. (Vertigo 2021) Hra silně vychází ze severské mytologie a objevuje se zde mnoho známých jmen

a názvů. Hráč (podobně jako v Minecraftu) objevuje otevřený virtuální svět, těží suroviny, staví, vylepšuje své vybavení, odolává útokům nepřátelských bytostí a stará se o potřeby postavy, jako jsou hlad a teplo. Hru je možné hrát nejen samostatně, ale i ve spolupráci s několika dalšími hráči.

## Firewatch



Obr. 24 Pohled z první osoby hry Firewatch

Firewatch je hrou vydanou v roce 2016, která vznikla pod studiem *Campo Santo* ve spolupráci s *Panic*. I přesto že celková doba herního obsahu je poměrně krátká, pouze 4 až 6 hodin, nabízí Firewatch velmi originální a poutavou zkušenost, která svého hráče vtáhne do děje. Hra stojí na příběhu hlavního hrdiny Henryho, který před svými osobními problémy uniká do divočiny národního parku ve Wiomingu, aby se zde stal strážcem a z věže dohlížel na potenciální nebezpečí lesních požárů. Začne ovšem odkrývat mysteriózní konspirace a tragédii spojenou s tímto parkem. (Towell 2016) Hra nedisponuje žádným systémem boje, akčními přestřelkami ani náročnými „survival“ prvky, i tak přes svou jednoduchost, dokáže mistrně navodit tajemnou, osamělou a napjatou atmosféru a hráč se okamžitě vcítí do pozice hlavní postavy. Roli zde hraje především pohled hráče z první osoby, dialogové možnosti, velmi sympatický a atmosférický vizuální styl grafického zpracování, a to, že je po celou dobu hrdina sám



uprostřed divočiny, doprovázen pouze hlasem ženy jménem Delilah, která s ním komunikuje přes vysílačku a se kterou se během hry postupně seznamuje.

## Untitled Goose Game



Obr. 25 Hra Untitled Goose Game

Hra, která vyšla roku 2019 pod australským studiem *House House*, je dalším titulem, který nabízí velmi originální herní koncept. Hráč se zde ocitá v roli husy, jejímž úkolem je terorizovat lidské obyvatele vesničky; plížit se, krást různé objekty a všemožně lidem škodit. Vývojáři se prý inspirovali mnohem vážnější akční sérií *Hitman*, kterou se rozhodli po svém parodovat. Hra má velmi pěknou a jednoduchou, až naivní grafiku, kde díky specifickému způsobu renderování bez stínů působí 3D modely plošně a ilustrativně (jako kdyby bylo vše namalované ve 2D). Je také možné všimnout si zajímavého způsobu, jakým kamera husy plynule následuje a otáčí se v závislosti na prostředí. Prostředí hry je velmi interaktivní a modely, které působí jako nehybné 2D sprity se v kontaktu s hráčem často nečekaně rozpo pohybují. Hra díky své velmi povedené grafice, humoru a originálnímu hernímu zážitku již během prvních tří měsíců od vydání získala přes milion hráčů. (Grilliopoulos 2021)



## 5 Vlastní zkušenost s nezávislým vývojem

### 5.1 Vlastní herní tvorba

O vývoj počítačových her jsem se zajímal už na střední škole, a první projekty začaly vznikat na konci roku 2016. První funkční prototyp byla prohlížečová 2D hra se sprity, kterou jsem sám pro sebe nazýval *Space Battle*. Prošla během svého vývoje několika kompletními vizuálními změnami a nikdy nebyla dokončena do žádné finální podoby. Během prvního roku studia grafiky na vysoké škole (2018/19) se na mě obrátil kamarád z FIM ohledně nakreslení pixelových spritů pro školní projekt s názvem *Flappy Falcon*. Jednalo se o předělávku tehdy populární velmi jednoduché mobilní 2D hry *Flappy Bird*. Výsledek bych považoval za velmi povedenou nezávislou hru, ovšem kvůli porušování autorských práv jsme ani neuvažovali o jejím vydání. Později téhož roku jsme se stejným kolegou z fakulty informatiky začali pracovat na další hře, neměl jsem tehdy ještě příliš zkušeností s 3D grafikou ani s programováním. Jednalo se o pokus o izometrickou 2D adventuru, pro kterou jsem tvořil sprity objektů a postav. Kreslení všech animací pohybu a útoku do osmi směrů snímek po snímku bylo velmi náročné a projekt zanikl už ve svém počátku. Postupem času jsem začínal nabírat základní znalosti 3D modelování a na konci roku 2019 jsme se pustili do velkého projektu *Karavana*, na kterém ve volném čase pracujeme do dnes. Jedná se o strategickou 3D hru s „low-poly“<sup>14</sup> grafikou, kde hráč ovládá rozrůstající se skupinu postav, které vylepšuje a postupuje jednotlivými levely. K vývoji využíváme Unity engine.

V březnu roku 2020 společnost Unity jako reakci na rostoucí pandemii a světový lockdown zpřístupnila veškerý obsah Unity Learn Premium na tři měsíce všem zcela zdarma. Současně odstartovala sérii online seminářů se zkušenými herními vývojáři, které se po tuto dobu vysílali pravidelně každý týden. Obě tyto příležitosti jsem se snažil naplno využít a posunout svoje programátorské znalosti a schopnosti level-designera. Ty jsem pak byl schopný aplikovat při práci na vývoji hry *Karavana* a současně jsem začal pracovat na svém vlastním vedlejším projektu *Planet Ecosystem*, také v enginu Unity; jedná se o simulaci planety s vlastním měsícem a sluncem a

---

<sup>14</sup> Low-poly je označení pro nízko-polygonovou grafiku, 3D modely jsou jednoduché a „osekané“. Tento vizuální grafický styl se v současnosti těší velké oblibě především právě v nezávislých hrách. Je to jeden z populárních stylů které slouží jako protipól k realismu ve hrách. Grafika bývá procesně méně náročná a proto velmi vhodná i pro mobilní hry.

gravitací, na které rostou stromy a žijí býložraví a masožraví živočichové s jednoduchou umělou inteligencí.

Od dubna roku 2021 (jako jeden z mnoha dalších grafiků) pracuji na voxelových 3D modelech pro hru *The Sandbox* od společnosti PIXOWL INC. Voxelová grafika je typ „krychlovité“ 3D grafiky, který funguje na podobném principu jako pixely, ale v trojrozměrné síti, což pro mě byla zcela nová zkušenost.

## 5.2 Inspirace

Jednou z největších inspirací pro vlastní 3D tvorbu je mi společnost *Synty Studios*. Toto úspěšné studio s nezaměnitelným vizuálním stylem se nezabývá herním vývojem samotným, ale pouze tvorbou velmi kvalitních polygonových 3D modelů pro nezávislý herní vývoj především v enginech Unity a Unreal. Nabízí vývojářům ucelené balíčky modelů prostředí i postav, rozdělené podle tematických okruhů nebo žánrů, například *Fantasy Kingdom*, *Office Pack*, *Military Pack*, *Farm Pack*, *Sci-fi Space*, *Apocalypse* a mnoho dalších. Nezávislé studio, kterému chybí grafik si tak může za rozumnou cenu zakoupit hotové modely s jednoduchou grafikou, přizpůsobené a připravené k profesionálnímu užití v daném enginu. Jejich jednotný grafický styl je velmi poutavý a mnohé jednotlivé balíčky se v kombinaci navzájem dobře doplňují.

## 6 Praktický výstup práce

Mým cílem bylo vytvořit ucelený soubor veškerých 3D modelů potřebných k tvorbě vlastní nezávislé hry v enginu Unity. Praktickým výstupem této práce tak jsou modely objektů prostředí pro level-design hry *Karavana* a model herní postavy s animacemi a modely oblečení, nástrojů a zbraní. Modely byly tvořeny v programu Blender; jedná se o volně dostupný software, který nabízí široké a pokročilé možnosti 3D modelování, animace a renderování, a který je plně kompatibilní s enginem Unity.

Klíčovou roli zde hraje model herní postavy, který nesmí postrádat animace pohybu. Animace pohybu lze v softwaru Blender (podobně jako je tomu u většiny 3D softwarů) ovládat pomocí *kostry* (v a.j.: „rigging armature“). K samotnému modelu se tak rozmístí jednotlivé kosti, pomocí kterých lze polohovat jednotlivé části těla postavy.

Software umožňuje aplikaci a využití systému zvaného „Inverse kinematics“, který celý proces výrazně usnadňuje a umožňuje kostru modelu snadno ovládat podobně jako loutku. Pro správně fungování kostry je ovšem nejprve nutné na model aplikovat „weight painting“, tedy „namalovat“ na něj, jak velkou intenzitou jednotlivé kosti ovlivňují konkrétní části modelu. Toto lze provést automaticky, ovšem téměř vždy jsou nutné následné pracné korekce, aby se model při pohybu nepřírozeně nedeformoval. Následně je možné na časové ose korigovat a polohovat pohyby postavy a vytvořit tak animace pohybu pro různé situace. Vytvořil jsem 15 jednotlivých animací: různé pohyby útoku v závislosti na tom, jakou zbraň postava zrovna drží, animaci běhu, chůze, smrti a další. Následně vzniklo 16 modelů zbraní a 25 kusů oblečení, které se díky správnému „weight-paintingu“ pohybují souběžně s tělem postavy v závislosti na kostře, která jej ovládá. Dodatečně jsem vytvořil i model kostlivce, jehož pohyby jsou ovládané stejnou „řídící kostrou“, díky čemuž stačilo na jeho model správně aplikovat weight paint a automaticky byl schopen provádět všechny dříve vytvořené pohyby stejně jako model postavy.

Kromě animací pohybu jsou potřebné textury a nastavení materiálu. Pro jednoduchý a ucelený vizuální vzhled, který se hodí k nízko-polygonovým modelům, jsem zvolil vyhnout se složitým texturám a užít u každého modelu převážně vždy jen jedné nebo dvou barev. V nastavení materiálu lze dále specifikovat různé vlastnosti, díky kterým bude objekt například více či méně odrážet světlo, působit metalicky, nebo hrubě či jemně. Díky tomu lze také jednoduše vytvořit ducha nebo hologram postavy, pomocí nastavení průhlednosti nebo vyzařování světla.

Průběžně vznikaly modely prostředí. Tyto statické objekty budou sloužit k level-designu a vystavění celé scény a definování v jakém prostředí se vše vlastně odehrává. Mezi prvními byly modely pěti stromů a dvou keřů, stébla trávy, dále modely několika kamenů a skalních útvarů, kterými bude scéna ohraničena. Kromě přírodních objektů jsem také tvořil lidské stavby a předměty, jako dřevěný plot, rozbitý dřevěný plot, rozbořenou zeď, rozcestník, ceduli sudy a bedny. Následovali tři větší projekty: model středověkého vesnického domu, trosky pevnosti a most.

Pro model domu jsem nejprve vytvořil tři nepravidelné kamenné cihly, které jsem kopíroval a vyskládal tak stěny domu, po obvodech lemované čtyřmi dřevěnými trámy. Vytvořil jsem čtyři různá dřevěná prkna, ze kterých pak vznikala konstrukce a

štit střechy a vchodové dveře. Přidal jsem okna a komín, tvořený ze stejných cihel jako stěny, jen zmenšených. Následovala nejpracnější část a to tvorba čtyř různých střešních tašek a jejich postupné vyskládání na střechu. Celý proces bylo možné udělat jednodušeji, ale mým záměrem bylo, aby se vzor stěny nebo střechy nijak nepřirozeně neopakoval v repetitivní sekvenci. Jednotlivé části, ze kterých se dům skládá je možné znovu použít na stavbu dalších podobných budov.

Podobně jsem postupoval při stavbě trosek pevnosti. Předchozí tři kamenné cihly jsem mírně upravil a dotvořil čtvrtou a použil je stejným způsobem ke stavbě rozbořených zdí. Znovu jsem použil i dříve užitá prkna a trámy k tvorbě dřevěných konstrukcí. Poslední přišla na řadu dlažba opět ze čtyř různých kusů dlaždic. Jednotlivé části trosek lze rozložit a samostatně znovu použít v jiných scénách.

Následoval most, kde jako první vznikly dva protilehlé kamenné nosné sloupy. Znovu jsem zde využil předchozí prkna a trámy k vytvoření celé horní části mostu tvořené dřevěnou podlahou a zábradlím.

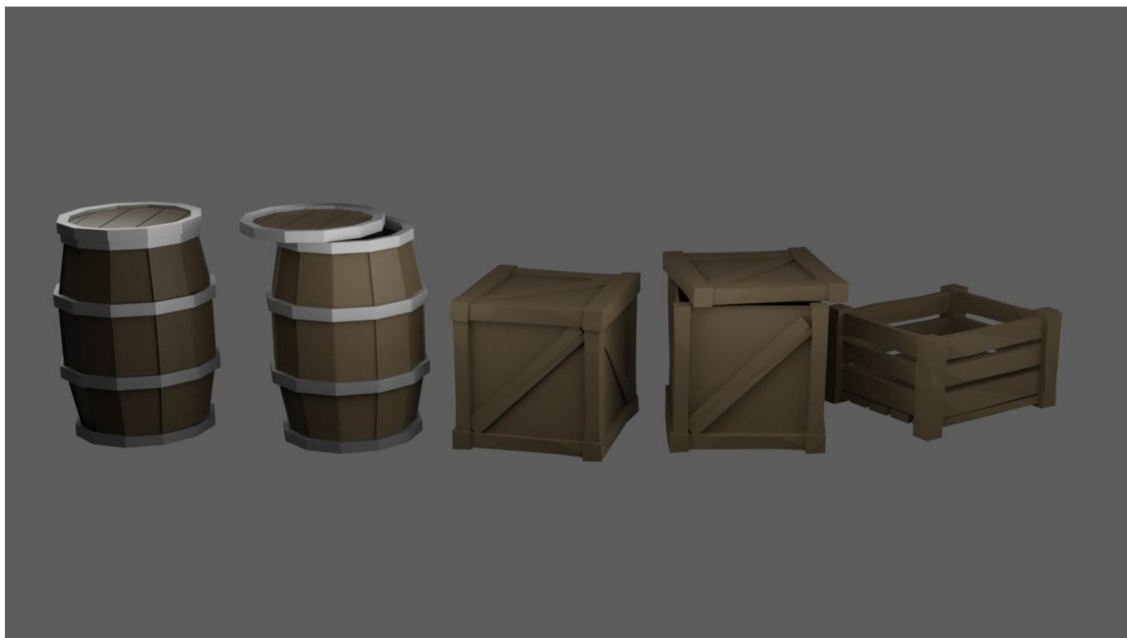
Dále vznikl model dřevěného vozu a osla, který ho táhne. Ty budou ve většině scén stát opodál, jako jedna z kulís prostředí. Proto jsem si dal práci s dlouhou smyčkou různých pohybů postávajícího osla, tak aby vypadal přirozeně a živě; nepravidelně mává ocasem, pohazuje hlavou, stříhá ušima a rozhlíží se kolem sebe. Na osla jsem – podobným způsobem, jako oblečení pro model herní postavy – vytvořil také náklad, který může nést na zádech místo zapřaženého vozu, tedy batohy a sud.

Dalším animovaným pohyblivým modelem je model vlka, který stejně jako osel potřeboval zcela novou vlastní kostru pro ovládání pohybů těla. Vlk ve hře nebude pouze statickou dekorací scény, proto bylo potřeba vytvořit pět základních animací, a to běh, útok, smrt, vytí a iddle (česky „postávání“).

Na modelu ohniště, vyskládaného z dřevěných polen a kruhu kamenů, jsem experimentoval se světlem a tvorbou animovaných plamenů pomocí částicového systému. Pomocí takového zdroje světla a pohyblivých efektů ohně lze velmi jednoduše navodit zajímavou atmosféru scény, kterou by bylo možné ve hře ještě více umocnit pomocí doprovodných zvukových efektů.

Obzvláště náročným objektem byl model luku (viz obr. 42 Kostra luku). Pro jeho animace bylo nutné použít 36 kostí, což je více, než kolik kostí tvoří kostru

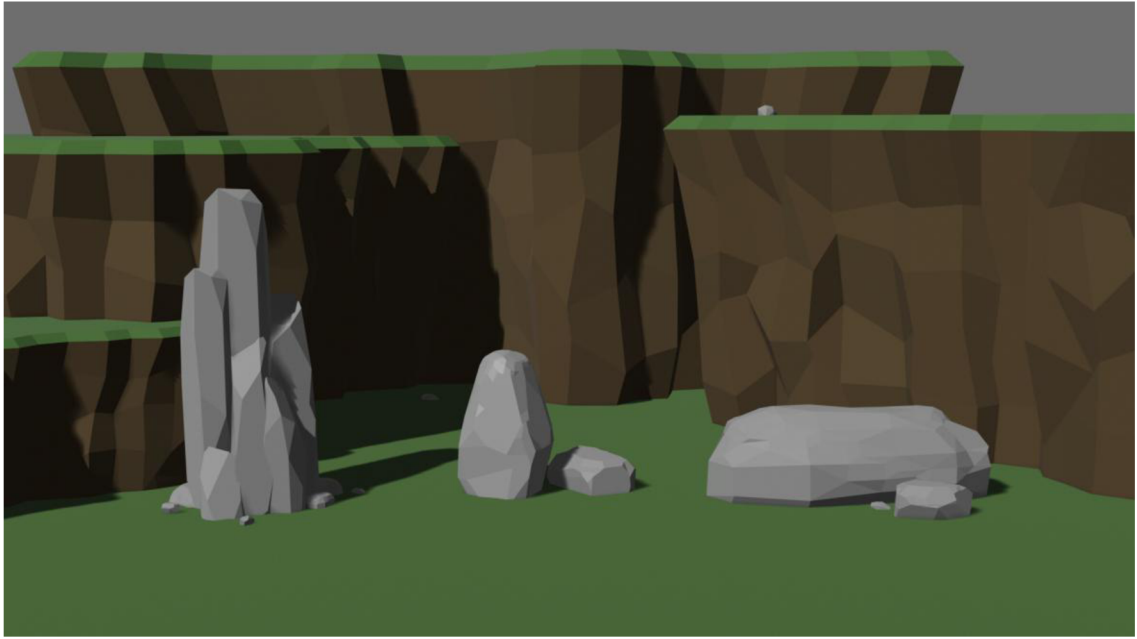
samotné postavy. Pro jejich správný pohyb (v závislosti na napnuté těživě luku) bylo potřeba aplikovat rovnou několik pokročilých nastavení, se kterými jsem se dříve nesetkal.



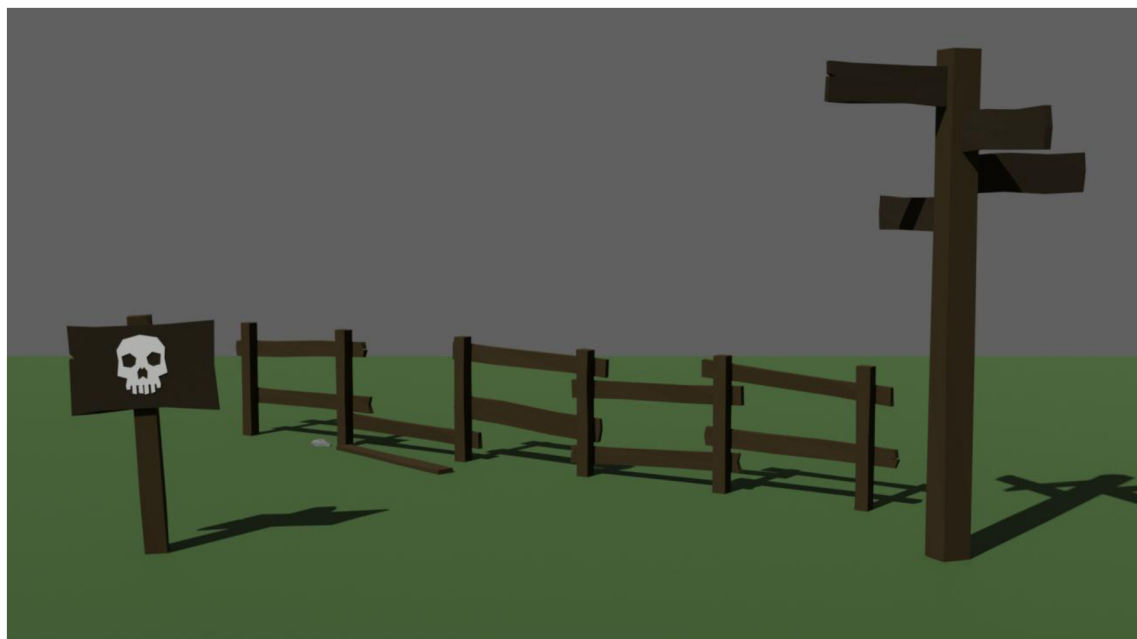
Obr. 26 Dřevěné bedny a sudy



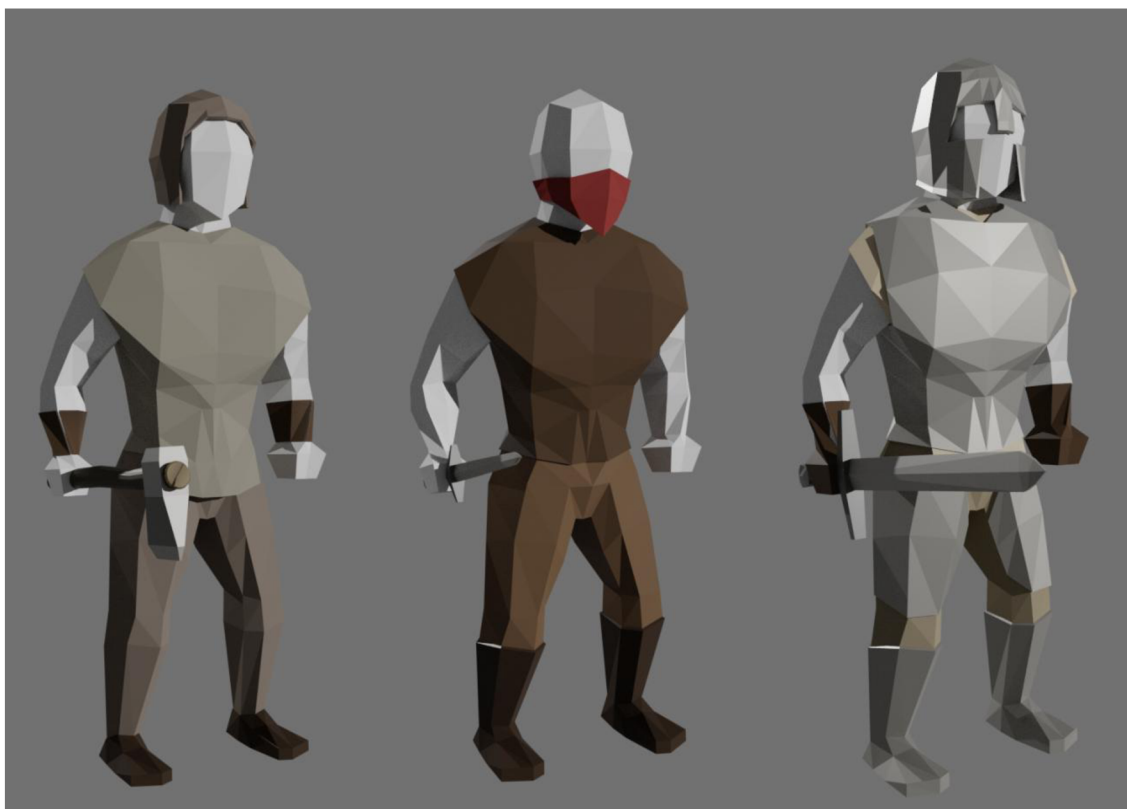
Obr. 27 Modely stromů



Obr. 28 Přírodní kamenné útvary



Obr. 29 Další dřevěné objekty prostředí



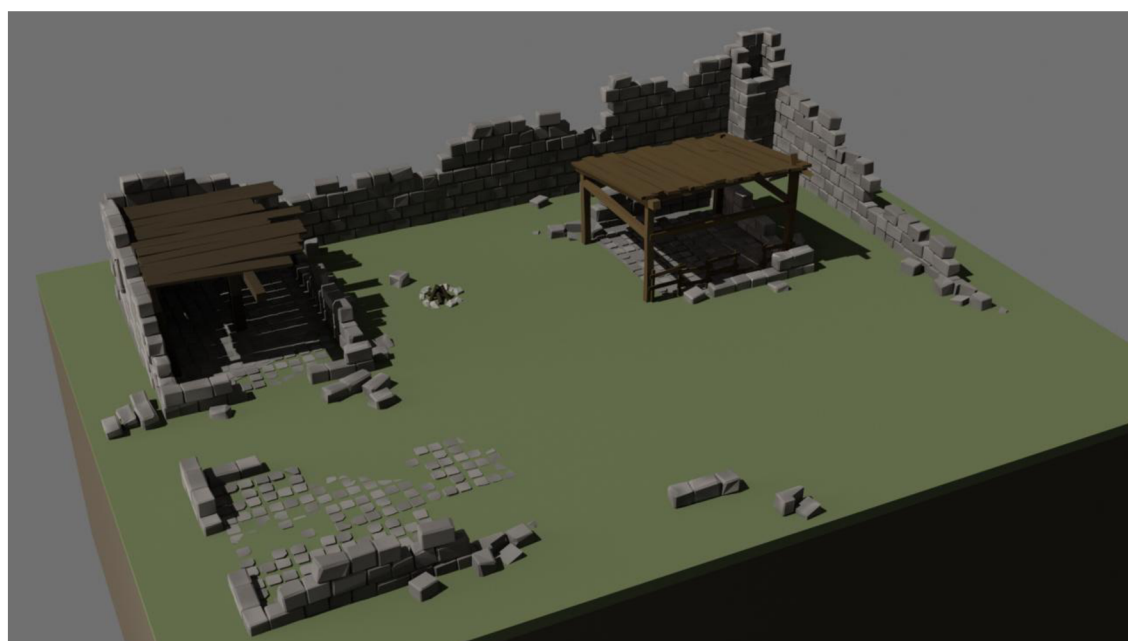
Obr. 30 Polygonový model herní postavy s různými kusy oblečení a zbraní



Obr. 31 Další kombinace oblečení a zbraní



Obr. 32 Model kostlivce a ducha

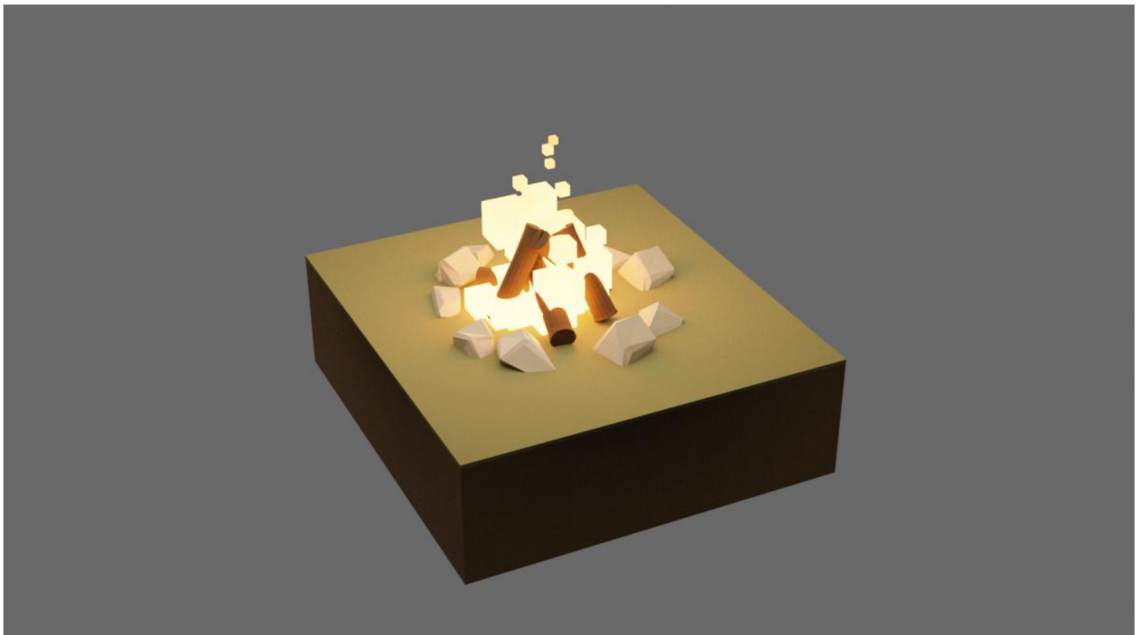


Obr. 33 Ruiny pevnosti (denní osvětlení)





Obr. 34 Ruiny pevnosti (osvětlené ohništěm)



Obr. 35 Ohniště (animace ohně tvořena pomocí částicového systému v Blenderu)



Obr. 36 Model venkovské budovy



Obr. 37 Model mostu



Obr. 38 Model vlka



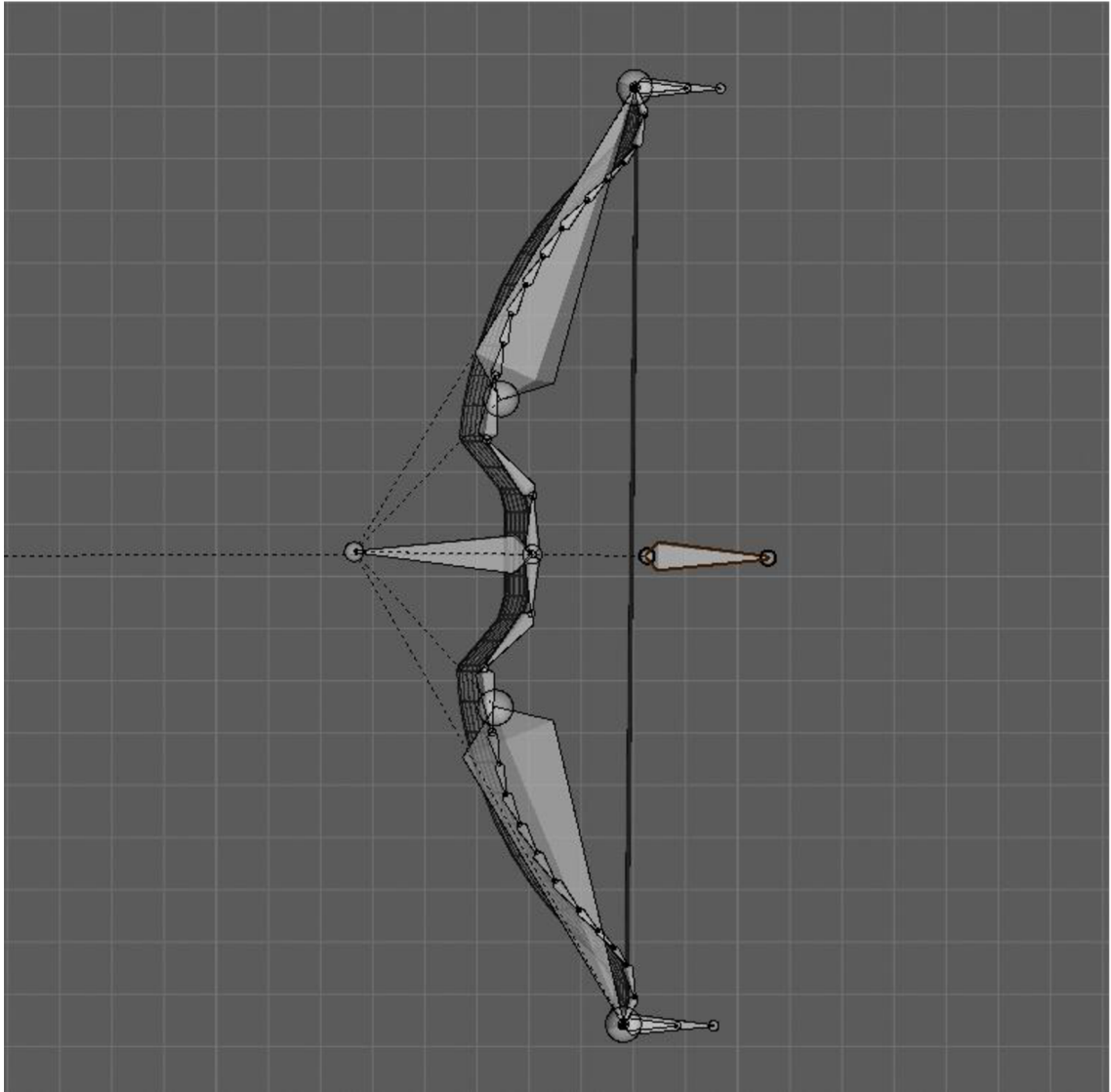
Obr. 39 Model osla



Obr. 40 Dřevěný vůz karavany



Obr. 41 model osla s nákladem



Obr. 42 Kostra luku

## Závěr

Ve své bakalářské práci jsem se zabýval 3D grafikou v souvislosti s vývojem nezávislých her a herním vývojem obecně. V prvních kapitolách jsem čtenáře seznámil s definicí samotného pojmu „nezávislý“ vývoj a jeho charakteristikami. Nastínil co vše tvorba počítačové hry obnáší ve spojitosti s rozdělením rolí a jak se s touto problematikou mohou popasovat menší studia s omezeným počtem členů.

Následně jsem se zabýval vysvětlením technického pojmu „herní engine“, zaměřil jsem se na detailní porovnání dvou nejužívanějších enginů a jejich výhod z různých úhlů pohledu, především pro nezávislé vývojáře. Dále jsem uvedl další alternativy velmi kvalitních a rozšířených enginů pro tvorbu her.

V další kapitole jsem pomocí vlastního výběru konkrétních příkladů ilustroval vznik a historický vývoj 3D grafiky v počítačových hrách a různé pokusy o napodobení trojrozměrného prostoru, které skutečné 3D grafice předcházely.

Dále popisuji několik vybraných titulů velmi úspěšných nezávislých her, které užívají 3D grafiku a které vznikly během posledních let.

Ve finále uvádím vlastní tvorbu a zkušenosti s nezávislým herním vývojem, zdroj inspirace a následně popis a vznik praktického výstupu této práce, tedy kompletního souboru 3D modelů pro tvorbu vlastní nezávislé počítačové hry.

## Použité zdroje

- HILL-WHITTALL, Richard. *The Indie Game Developer Handbook* [online]. Burlington: Focal Press, 2015 [cit. 2021-03-03]. ISBN 978-1-315-73841-3.
- SUVILAY, Bounthavy, 2020. Indie Games: The Origins of Minecraft, Journey, Limbo, Dead Cells, The Banner Saga and Firewatch. 1. Portland: Ablaze. ISBN 978-1950912018.
- GRIL, Juan. The State of Indie Gaming. *Gamasutra.com* [online]. In: . 30. 4. 2008 [cit. 2021-01-25]. Dostupné z: [https://www.gamasutra.com/view/feature/3640/the\\_state\\_of\\_indie\\_gaming.php](https://www.gamasutra.com/view/feature/3640/the_state_of_indie_gaming.php)
- ŠULC, Tomáš. Vývoj technologií počítačových her — druhý díl. *PC Tuning* [online]. 2. 9. 2011 [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: <https://pctuning.tyden.cz/multimedia/hry-a-zabava/21815-vyvoj-technologie-pocitacovych-her-druhy-dil?start=3>
- Kuma. Co je to herní engine. *České mody.cz* [online]. 17.04.2016 [cit. 2020-25-01]. Dostupné z: <https://www.ceskemody.cz/clanky.php?clanek=56>
- NOBODY, Dareka. What is Isometric View?: Gaming Definition, Meaning. *Honey's Anime* [online]. 4. 11. 2017 [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: <https://honeysanime.com/what-is-isometric-view-gaming-definition-meaning/>
- Axonometrie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021, 10. 11. 2017 [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Axonometrie>
- TIŠNOVSKÝ, Pavel. Historie vývoje počítačových her: (87. část – první pokusy o 3D grafiku ve střilečkách). In: *Root.cz* [online]. 18. 7. 2013 [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/historie-vyvoje-pocitacovych-her-87-cast-prvni-pokusy-o-3d-grafiku-ve-strileckach/>
- BONE, Sonny. Parallax Scrolling: A Simple, Effective Way to Add Depth to a 2D Game. In: *Envato Tuts+* [online]. 17. 7. 2014 [cit. 2021-02-08]. Dostupné z: <https://gamedevelopment.tutsplus.com/tutorials/parallax-scrolling-a-simple-effective-way-to-add-depth-to-a-2d-game--cms-21510>
- SOBOLEV, Jacob. What Are Sprites And How They Work In Games? In: *Gaming Shift* [online]. 2021 [cit. 2021-02-08]. Dostupné z: <https://gamingshift.com/sprites-in-games/>
- SHAHRANI, Sam. Educational Feature: A History and Analysis of Level Design in 3D Computer Games - Pt. 1. In: *Gamasutra: The Art and Business of Making Games* [online]. 25. 4. 2006 [cit. 2021-02-08]. Dostupné z: [https://www.gamasutra.com/view/feature/131083/educational\\_feature\\_a\\_history\\_and\\_.php?page=2](https://www.gamasutra.com/view/feature/131083/educational_feature_a_history_and_.php?page=2)

KANTILAFITIS, Helen. How To Form A Solid Indie Game Development Team. In: *New York Film Academy* [online]. 25. 11. 2014 [cit. 2021-02-16]. Dostupné z: <https://www.nyfa.edu/student-resources/forming-solid-indie-game-development-team/>

LUNTHI, Chandan. Different Roles In Game Development. In: *Oodles Technologies* [online]. 5. 2. 2018 [cit. 2021-02-16]. Dostupné z: <https://www.oodlesotechnologies.com/blogs/Different-Roles-In-Game-Development/>

SUVILAY, Bounthavy, 2020. Indie Games: The Origins of Minecraft, Journey, Limbo, Dead Cells, The Banner Saga and Firewatch. 1. Portland: Ablaze. ISBN 978-1950912018.

SHYLENOK, Pavel. Understanding the Roles of Game Dev Professionals. In: *Gamasutra: The Art and Business of Making Games* [online]. 15. 1. 2019 [cit. 2021-02-16]. Dostupné z: [https://www.gamasutra.com/blogs/PavelShylenok/20190115/334322/Understanding\\_the\\_Roles\\_of\\_Game\\_Dev\\_Professionals.php](https://www.gamasutra.com/blogs/PavelShylenok/20190115/334322/Understanding_the_Roles_of_Game_Dev_Professionals.php)

MURPHY, Kevin. Unity Game Engine Review. In: *Gamesparks* [online]. 2020 [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: <https://www.gamesparks.com/blog/unity-game-engine-review/>

ANURAG. Unreal Engine Review: Pros, Cons, and Suitability. In: *New Gen Apps* [online]. 16. 5. 2018 [cit. 2021-02-22]. Dostupné z: <https://www.newgenapps.com/blog/unreal-engine-review-pros-cons-suitability/>

*Synty Studios: 3D Art for GameS* [online]. New Zealand, 2017 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://www.syntystudios.com/>

MS. KINCAID. The History of Minecraft. *The Science Academy STEM Magnet* [online]. 20. 12. 2019 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://www.thescienceacademystemmagnet.org/2019/12/20/the-history-of-minecraft/>

GRILIOPOULOS, Dan, Vic HOOD a Michelle Rae UY. Best indie games on PC and consoles 2021: The greatest hidden gems. *TechRadar: The source for tech buying advice* [online]. 26. 2. 2021 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://www.techradar.com/news/best-indie-games-on-pc-and-consoles-2020-the-greatest-hidden-gems>

MACDONALD, Keza. The Stanley Parable Review: Does choice mean anything? *IGN* [online]. 18. 10. 2013 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <https://www.ign.com/articles/2013/10/18/the-stanley-parable-review>

LIVINGSTON, Christopher. Valheim review: a challenging and rewarding Early Access survival adventure. *PC Gamer: The Global Authority on PC Games* [online]. 26. 2. 2021 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <https://www.pcgamer.com/valheim-review/>

DOCHERTY, Martin. Odin, Valhalla, and the real Norse myths behind Valheim's 3 million player strong success. *GamesRadar* [online]. 24. 2. 2021 [cit. 2021-03-13].



Dostupné z: <https://www.gamesradar.com/odin-valhalla-and-the-real-norse-myths-behind-valheims-3-million-player-strong-success/>

An introduction to GameMaker Studio. *YoYo Games docs* [online]. 2018 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: [https://docs.yoyogames.com/source/dadiospice/000\\_using%20gamemaker/000\\_introduction.html](https://docs.yoyogames.com/source/dadiospice/000_using%20gamemaker/000_introduction.html)

CRYTEK GMBH. CryEngine Features. *CryEngine* [online]. 2021 [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://www.cryengine.com/features>

NELTZ, Andr az. Amazon Releases Its Own Game Engine For Free. *Kotaku* [online]. 2016 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://kotaku.com/amazon-releases-its-own-game-engine-for-free-1757995787>

TOWELL, Justin. Firewatch Review. *GamesRadar* [online]. 2016 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.gamesradar.com/firewatch-review/>

Self-publish on Steam: The Ultimate Guide. *Xsolla* [online]. 2020 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://xsolla.com/blog/monetization/2206/self-publishing-on-steam-the-ultimate-guide>

## Seznam obrázků:

Obr. 1 Star Hawk, 1979 .....	25
Obr. 2 Star Raiders, 1979.....	26
Obr. 3 Battlezone, 1980 .....	27
Obr. 4 2D sprite z ikonické hry Prince of Persia, 1989 .....	28
Obr. 5 Interceptor, 1984.....	29
Obr. 6 Landscape, 1984 .....	30
Obr. 7 Názorná ukázka vrstev techniky Parallax Scrolling .....	31
Obr. 8 Užití os x, y, z v axonometrii (ukázka izometrie) .....	32
Obr. 9 Zaxxon, 1982.....	33
Obr. 10 Ant Attack, 1983.....	34
Obr. 11 Populous, 1989 .....	34
Obr. 12 Dungeon Master, 1987 .....	36
Obr. 13 Falcon, 1987 .....	37
Obr. 14 Hovortank 3D, 1991 .....	38
Obr. 15 Catacomb 3-D, 1991.....	39
Obr. 16 Wolfenstein 3D, 1992.....	40
Obr. 17 Ultima Underworld: The Stygian Abyss, 1992 .....	41
Obr. 18 Doom, 1993 .....	42
Obr. 19 Duke Nukem, 1996.....	43
Obr. 20 Quake, 1996.....	44
Obr. 21 Grafika hry Minecraft.....	46
Obr. 22 Prostředí hry The Stanley Parable .....	47
Obr. 23 Grafika hry Valheim.....	48
Obr. 24 Pohled z první osoby hry Firewatch .....	49
Obr. 25 Hra Untitled Goose Game .....	50
Obr. 26 Dřevěné bedny a sudy.....	55
Obr. 27 Modely stromů.....	55
Obr. 28 Přírodní kamenné útvary .....	56
Obr. 29 Další dřevěné objekty prostředí.....	56
Obr. 30 Polygonový model herní postavy s různými kusy oblečení a zbraní .....	57
Obr. 31 Další kombinace oblečení a zbraní .....	57
Obr. 32 Model kostlivce a ducha .....	58
Obr. 33 Ruiny pevnosti (denní osvětlení).....	58
Obr. 34 Ruiny pevnosti (osvětlené ohništěm) .....	59
Obr. 35 Ohniště (animace ohně tvořena pomocí částicového systému v Blenderu) .....	59
Obr. 36 Model venkovské budovy.....	60
Obr. 37 Model mostu .....	60
Obr. 38 Model vlka.....	61
Obr. 39 Model osla .....	61
Obr. 40 Dřevěný vůz karavany .....	62
Obr. 41 model osla s nákladem.....	62
Obr. 42 Kostra luku .....	63

## Zdroje obrázků:

TIŠNOVSKÝ, Pavel. Hra Star Raiders ve verzi pro osmibitové mikropočítače Atari. In: *Root* [online]. 18. 7. 2013 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/historie-vyvoje-pocitacovych-her-87-cast-prvni-pokusy-o-3d-grafiku-ve-strileckach/>

TIŠNOVSKÝ, Pavel. Vektorová hra Starhawk spuštěná v emulátoru video automatů a herních konzolí (MAME). In: *Root* [online]. 18. 7. 2013 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/historie-vyvoje-pocitacovych-her-87-cast-prvni-pokusy-o-3d-grafiku-ve-strileckach/>

TIŠNOVSKÝ, Pavel. Herní svět hry Battlezone. In: *Root* [online]. 18. 7. 2013 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/historie-vyvoje-pocitacovych-her-87-cast-prvni-pokusy-o-3d-grafiku-ve-strileckach/>

TIŠNOVSKÝ, Pavel. Hra 3D Interceptor spuštěná v emulátoru ZX Spectra. In: *Root* [online]. 18. 7. 2013 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/historie-vyvoje-pocitacovych-her-87-cast-prvni-pokusy-o-3d-grafiku-ve-strileckach/>

TIŠNOVSKÝ, Pavel. Hra Landscape spuštěná v emulátoru osmibitových počítačů Atari. In: *Root* [online]. 18. 7. 2013 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/historie-vyvoje-pocitacovych-her-87-cast-prvni-pokusy-o-3d-grafiku-ve-strileckach/>

RAILIAN, Kate. Prince sprite sheet. In: *The Rollins Scopes School* [online]. 2020 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://medium.com/rs-school/prince-of-persia-on-phaser-3-e3c810943985>

Parallax scrolling. In: *DLPNG* [online]. 2018 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://dlpng.com/png/7065643>

HORWATH, Mike. Isometric perspective. In: *Wikipedie* [online]. 1. listopadu 2009 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Axonometrie#/media/Soubor:Blue\\_house\\_isometric\\_projection.png](https://cs.wikipedia.org/wiki/Axonometrie#/media/Soubor:Blue_house_isometric_projection.png)

WAGNER, Minakawa. Zaxxon Game. In: *My Game Story* [online]. 2018 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://mygamestory.com/zaxxon/>

Ant Attack in-game screen. In: *UVL* [online]. 2000 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.uvlist.net/game-11952-Ant+Attack>

Populous - A brilliant Strategy game. In: *Indie Retro News* [online]. 2019 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <http://www.indieretronews.com/2019/06/populous-brilliant-strategy-game.html>

Dungeon Master. In: *Games CZ* [online]. 2021 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://games.tiscali.cz/dungeon-master-19779>

Falcon. In: *GOG* [online]. 2020 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: [https://www.gog.com/game/falcon\\_collection](https://www.gog.com/game/falcon_collection)

Hovertank 3D gameplay. In: *Wikipedie* [online]. 2017 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Hovertank\\_3D#/media/File:Hovertank\\_3D\\_screenshot.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Hovertank_3D#/media/File:Hovertank_3D_screenshot.png)

Catacomb 3D by id Software screenshot. In: *Wikipedie* [online]. 2007 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Catacomb\\_3-D#/media/File:Catacomb\\_3-D\\_The\\_Descent\\_screenshot.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Catacomb_3-D#/media/File:Catacomb_3-D_The_Descent_screenshot.png)

MARŠÍK, Jan. Wolfenstein 3D. In: *Sector* [online]. 2014 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.sector.sk/uzivatelclanok/4612/wolfenstein-3d.htm>

MARŠÍK, Jan. Ultima Underworld: The Stygian Abyss. In: *Lutris* [online]. 2018 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://lutris.net/games/ultima-underworld-the-stygian-abyss/>

KNAP, Ondřej. Doom 1 (PC). In: *Gaming Site* [online]. 2017 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.gamingsite.cz/retro-friday-4-tema-doom-1-pc/>

STANĚK, Pavel. Duke Nukem 3D. In: *Kritiky CZ* [online]. 2016 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.kritiky.cz/duke-nukem-oslavil-dvacet-let/>

WALKER, Thomas. Quake 4, Classic first-person shooter game from id Software. In: *Thomaswalker791t* [online]. 2019 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <http://thomaswalker791t.eklablog.com/quake-2-free-download-p1641988>

Campo Santo. *Firewatch* [online]. 2016 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://journalmetro.com/techno/914980/firewatch-un-jeu-sans-fusil/>

VERTIGO, Mars. *Fenomén Valheim: Dojmy z hraní* [online]. In: . 2021 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://games.tiscali.cz/prvni-dojmy/fenomen-valheim-je-jednim-z-nejlepsich-survivalu-pro-vice-hracu-505587>

Untitled Goose Game. In: *HebergementWebs* [online]. House House, 2021-02-25 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z:

<https://www.hebergementwebs.com/news/best-indie-games-for-pc-and-consoles-2021-biggest-hidden-gems>

The Stanley Parable. In: *Prog.Gaming* [online]. [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://progressivegaming.co.uk/>

Survival. In: *Minecraft Wiki* [online]. 2020 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://minecraft.fandom.com/wiki/Gameplay>