



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

MOBILNÍ HRA NA MOTIVY TOWER DEFENSE

MOBILE TOWER DEFENSE GAME

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

FILIP VÁCLAVÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ MILET, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce



Student: **Václavík Filip**
Program: Informační technologie
Název: **Mobilní hra na motivy Tower Defense**
Mobile Tower Defense Game
Kategorie: Počítačová grafika

Zadání:

1. Nastudujte si engine Unity, vývoj na mobilních zařízeních a tvorbu mobilních her. Prozkoumejte trh mobilních aplikací a zhodnoťte stávající řešení.
2. Navrhněte hru na motivy Tower Defense a herní mechaniky a odlište ji od konkurenčních řešení.
3. Implementujte hru v engine Unity.
4. Uživatelsky hru ověřte a zhodnoťte výsledky.
5. Vytvořte demonstrační video.

Literatura:

- Gregory, Jason. *Game engine architecture*. crc Press, 2018. ISBN 1351974289, 9781351974288
- Bishop, Lars, et al. "Designing a PC game engine." *IEEE Computer Graphics and Applications* 18.1 (1998): 46-53.
- Adams, Ernest, and Joris Dormans. *Game mechanics: advanced game design*. New Riders, 2012. ISBN 0321820274, 9780321820273

Pro udělení zápočtu za první semestr je požadováno:

- Body 1 a 2 a kostra aplikace.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <https://www.fit.vut.cz/study/theses/>

Vedoucí práce: **Milet Tomáš, Ing., Ph.D.**

Vedoucí ústavu: Černocký Jan, doc. Dr. Ing.

Datum zadání: 1. listopadu 2021

Datum odevzdání: 11. května 2022

Datum schválení: 1. listopadu 2021

Abstrakt

Cílem práce je návrh a implementace mobilní hry v herním enginu Unity. Práce pojednává o vývoji her na mobilní zařízení a tvorbu mobilní hry v enginu Unity. Základ této mobilní hry je tvořen v herním enginu Unity stejně tak i animace postav, jejichž grafika byla vytvořena pomocí softwaru Gimp. Hra obsahuje plnohodnotnou kampaň pro jednoho hráče s několika variantami úrovní, obsahující různé mechaniky věží a nepřátel. Hra také nabízí zjednodušený editor pro tvorbu vlastních map pro případné sdílení s ostatními hráči. Hra je zasazena do fiktivního středověkého světa a je obohacena o mechaniky, které nejsou typické pro Tower Defense hry, jako např. hraní za opačnou stranu.

Abstract

The aim of this thesis is to design and implement a mobile game in game engine Unity. This thesis describes game development on mobile devices and the development of mobile game in Unity engine. The basis of this mobile game is formed in the Unity game engine as well as animations of characters whose graphics were created using Gimp software. The game contains a full-fledged single player campaign with several level variants, containing various tower and enemy mechanics. The game also offers a simplified editor for creating your own maps for possible sharing with other players. The game is set in a fictional medieval world and is enriched with mechanics that are not typical for tower defense games, such as playing as the other side.

Klíčová slova

Unity, Unity2D, C#, Gimp, mobilní hra, Android, Tower Defense, UI, Editor, Animace.

Keywords

Unity, Unity2D, C#, Gimp, mobile game, Android, Tower Defense, UI, Editor, Animation.

Citace

VÁCLAVÍK, Filip. *Mobilní hra na motivy Tower Defense*. Brno, 2022. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. Tomáš Milet, Ph.D.

Mobilní hra na motivy Tower Defense

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Tomáše Mileta. Uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a další zdroje, ze kterých jsem čerpal.

.....
Filip Václavík
9. května 2022

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu panu Ing. Tomášovi Miletovi za jeho ochotu a pomoc při práci na této bakalářské práci. Také bych chtěl poděkovat rodině a přátelům při pomoci testování této aplikace.

Obsah

1	Úvod	3
2	Představení produktu	4
3	Videohry	5
3.1	Videohry	5
3.2	Mobilní a Počítačové hry	6
3.3	Hry na motivy Tower Defense	6
3.4	Shrnutí	10
4	Vývoj videoher	11
4.1	Herní studia	11
4.2	Proces vývoje	11
4.3	Distribuce her	13
5	Návrh	14
5.1	Koncept	14
5.2	Uživatelské rozhraní	15
5.3	Herní mechaniky	16
5.4	Kampaň	16
5.5	Kampaň za nepřítele	17
5.6	Endless	17
5.7	Editor	17
5.8	Encyklopedie	18
5.9	Návod	19
5.10	Sandbox	19
6	Herní enginy	20
6.1	Herní enginy	20
6.2	Herní enginy Unity	21
7	Implementace	22
7.1	Koncept tříd	22
7.2	Uživatelské rozhraní	23
7.3	Kamera	23
7.4	Mapa a Úrovně	24
7.5	Věže	25
7.6	Herní módy	26

7.7	Spawnery	27
7.8	Editor	27
7.9	Jednotky	28
7.10	Hráč	29
7.11	Hudba	30
7.12	Ukládání a soubory	30
8	Testování	31
8.1	Vlastní testování	31
8.2	Uživatelské testování	31
8.3	Zpětná vazba	32
9	Publikace	33
9.1	Publikace na Google Play	33
10	Závěr	34
	Literatura	35
A	Obsah disku	38

Kapitola 1

Úvod

Videohry jsou určitý typ softwaru pro elektronická zařízení jako například mobil či počítač. Stejně jako knihy či filmy mají videohry několik herních žánrů a kromě zábavy mohou rozvíjet i určité dovednosti. Většina her má příběh, ale některé jsou čistě bez příběhu. Videohry mohou být zasazené do fiktivního světa nebo mohou být zasazené na historických událostech, kde se autenticky snaží zachytit onu událost. Za videohru by se dal také považovat simulátor, který má s videohry velice dost společného, některé jsou čistě výukové a jiné mohou být pouze pro pobavení. Videohry jsou zde již od první poloviny 20. století a do videoherního průmyslu je s každým rokem investováno více a více peněz. Video hry jsou vypracovávány v herních enginech jako je např. Unity[24][26].

Mobilní hra v této práci je zpracována jako strategické hra odnože Tower Defense her. Cílem těchto her je zabránit nepřátelskému vojsku dostat se z bodu A do bodu B za pomoci stavění tzv. věží nebo jakýchkoliv jiných prostředků, co hra umožní. Tato hra je zasená ve středověkém prostředí a veškerení dění je fikce.

Obchod s hrami na mobilní zařízení je plný her, většinou pouze jednoduchých her s hromadou reklam a je těžké vybrat si hru, která bude hráči sedět[9][19]. Nápad na tuto hru jsem dostal již hodně dávno a to, když jsem se snažil najít dobrou hru, kterou bych mohl hrát ve volném čase na mobilu. Návrh této hry jsem začal řešit odstraněním nedostatků u již existujících her.

Hra kombinuje prvky z více typů tower defense her a přidává unikatní mechaniky, které nejsou typické pro tower defense hry. Hra obsahuje kampaň pro jednoho hráče s několika mapami a také editor, kde si hráč může vyzkoušet vlastní mapu a popřípadě ji sdílet s ostatními hráči. Hráč mimo také typické věže může pokládat pasti, barikády a cvičit jednotky. Jedním z nových aspektů je také kampaň, kde si hráč může vyzkoušet hrát za opačnou stranu. Hra také obsahuje encyklopedii věží a postav, kde si hráč může zjistit slabiny nepřátel a naučit se jak lépe používat své vlastní jednotky.

Grafický styl této hry není obzvláště unikátní, ale zato je přehledný a je vždy snadno rozpoznat, co se momentálně děje. Mnohdy při složitějších tower defense hrách na mobilní zařízení toto může být problém.

Kapitola 2

Představení produktu

Mobilní hra zmiňovaná v této práci obsahuje progresivní kampaň ¹ pro jednoho hráče. Kampaň z nepřítele, kde si hráč může vyzkoušet hrát za opačnou stranu. Endless mód s nekonečně dlouhou úrovní, kde se hráč může neustále zlepšovat. Editor pro tvorbu vlastních map a následně encyklopedii s vlastnostmi věží a návod jak hrát hru. Unikátnost této hry spočívá v možnosti posílat své vlastní jednotky. Úrovně je možné hrát jinými způsoby a neustále se v nich zlepšovat.



Obrázek 2.1: Letní úroveň a zimní úroveň.

Úrovně se také mohou lišit v prostředí, kdy například jedna úroveň je zasena v létě a druhá v zimě 2.1. Věže a pasti, které hráč pokládá mají dvě unikátní vylepšení, které věži dává speciální vlastnosti. Jednotky a věže také mají rozdílný typ poškození.

Hra neobsahuje žádnou herní měnu odemykatelnou za skutečné peníze. Hra neobsahuje ani žádné bonusové truhly či loot boxy ². Ve hře se tedy nenachází žádné zvýhodňovací prvky. Hlavní menu hry 3.1 a výběr úrovní je vytvořen, co nejjednodušeji s minimálním množstvím tlačítek a snadným výběrem úrovní. V menu má hráč přístup ke svému hernímu profilu a jeho herním statistikám. Hře bylo dáno jméno Skels TD. Skels jako zkráceně pro nepřátelskou jednotku jimiž jsou kostlivci a TD jako zkratka Tower Defense.

¹ V progresivní kampani si hráč postupně odemyká nové úrovně, které může hrát společně již dodatečnými odemykatelnými elementy

² Bonusové truhly či loot boxy jsou prvky, které si hráč může odemknout za skutečné peníze nebo za dokončení určité herní události. K těmto truhlám se většinou nedostane každý a obsah těchto truhel zvýhodňuje hráče.

Kapitola 3

Videohry

Tato kapitola se věnuje objasnění toho, co je to videohra a srovnání mezi mobilní a počítačovou hrou. Mimo jiné tato kapitola také obsahuje hry na motivy Tower Defense, které buďto sloužili jako inspraci a nebo jako obyčejný průzkum toho, co se na trhu nachází.

3.1 Videohry

Videohry[28][29] jsou velice populární formou zábavy. S každým přibývajícím rokem jich vychází více a více a je do jejich výroby vloženo mnohem více peněz. Tvorbě videoher se nevěnují pouze velké společnosti jako EA ¹ nebo FromSoftware ², ale i menší společnosti stávající se pouze z pár lidí. Dneska některé týmy jsou tvořeny pouze třemi lidmi a některé mobilní hry jsou vytvořeny pouze jednou osobou. Pro spousty lidí jsou videohry určitou formou relaxu a oddechu jako například čtení knih nebo sledování filmů. Jiné hry ovšem mohou sloužit k procvičování mysly a nebo příučení se novým věcem. S popularizací videoher se dostáváme už i k pojmu e-sport ³ [8], kdy se videohry stávají vlastní kategorií v rámci sportu a jeho účastníci jsou schopni si zápasem vydělat tisíce až miliony dolarů.



Obrázek 3.1: Hlavní menu mé tower defense hry Skels TD.

¹EA: <https://www.ea.com/cs-cz>

²From Software: <https://www.fromsoftware.jp/ww/>

³E-sport neboli elektronický sport.

Cíle

Cíle u videoher nejsou vždy pevně definované jak by se na první pohled zdálo a velice populární stanovení "vyhráváš" není vždy na místě. Mnoho videoher má stanovené své cíle, dostaň se z bodu A do bodu B, udělej tohle apod. Jenže některé hry jsou volnější a je na samotném hráči, aby si stanovil své vlastní cíle jako například ve hře Minecraft ⁴, kde si hráč může dělat, co se mu zlíbí v rámci možností hry.

Herní žánry

Podobně jako u filmů, videohry mají také žánry a není jich zrovna málo [15]. Žánry definují styl hry jakým ji hráč bude hrát, ale také i jeho okolí. Vzhledem velkému množství vzniklých žánrů jich není možné jmenovat všechny tak, zde jsou aspoň ty nejpopulárnější: *akční, adventury, dobrodružné, RPG* ⁵, *MOBA* ⁶, *sportovní, logické, strategické*.

Hra popsaná v této práci patří to kategorie Tower Defense[27], což je odnož strategických her.

3.2 Mobilní a Počítačové hry

Videohry se dají hrát na více zařízeních, než pouze na počítači a mobilu. Velice populární jsou v dnešní době i konzole jako Playstation a Xbox, ovšem tato práce se bude zabývat pouze mobilními a počítačovými hrami. Pro začátek by bylo vhodné zmínit, že vývoj hry se neliší pouze od toho jaké zařízení používáme, ale také jaký operační systém používám. Na počítači především je to Windows, Linux a MacOS. Na mobilních zařízeních mezi populární operační systémy patří Android a iOS.

Při vývoji her na mobilní zařízení, či jiné dotykové zařízení jako tablet je nutné si dávat pozor na dvě věci, poměr stran obrazovky a dotyk hráče. Monitory pro počítače už mají více méně pevně definovaný poměr stran a to 16:9. Mobilní zařízení nemají přesně definované jaký poměr stran mají používat a jejich poměr stran se liší od výrobce [1]. Uživatel se tak může setkat s mnoha různými velikostmi, na kterých hra může vypadat jinak a v důsledku tak zvýhodňovat či znevýhodňovat hráče. Další důležitá věc je vzhled UI a dotyk [33]. Na počítači máme klávesnici a myš, které jsou schopny přebrat role několika vlastností hry, ale na dotykových zařízeních to vše musí obstarávat dotyk ruky. Mobilní hra proto musí obsahovat dodatečné UI ⁷, aby uživatel mohl přirozeně využívat všechny prvky jaké jsou nabízeny i na počítače. Další problém je s dotykem obrazu, dvoj dotykem, nebo podržení obrazu. Všechny tyto věci se na dotykových zařízeních musí obstarávat jinak. Při vývoji hry na mobilní zařízení je třeba hru vyvíjet tak, aby se na počítači dala hrát pouze za pomoci myši.

3.3 Hry na motivy Tower Defense

V této sekci si uvedeme nějaké Tower Defense hry jak na počítače, tak na mobilní zařízení. Vybrané hry sloužili nejen jako inspirace, ale i také jako příklady, ze kterých se lze poučit a lze na nich spousty věcí vylepšit.

⁴Kostičkováná hra získávající na popularitě. Odkaz: <https://www.minecraft.net/en-us>

⁵Role playing games

⁶Multiplayer online battle arena

⁷UI nebo také uživatelské rozhraní.

Element TD 2

Element TD 2 [23] je počítačová hra na motivy Tower Defense hry. Element TD byl ze začátku mód do velice populární strategické hry Warcraft 3⁸. Nejvíce zpopularizován tento mód byl v době, kdy se objevil ve hře DotA 2⁹, která vznikla z Warcraft 3 módu DotA. Jedná se o velice jednoduchou hru, kdy hráč má zabránit vlnám nepřátel projít portálem. Hra obsahuje klasický dlaždicový systém pro pokládání věží. Unikátnost této hry spočívá v jejím speciálním typu věží, tedy v 6 elementálních věží *Světlo*, *Temnota*, *Voda*, *Oheň*, *Země*, *Příroda*. Tyto věže se dají vylepšovat a různě kombinovat mezi sebou díky čemuž je schopné vytvořit desítky unikátních variant věží.



Obrázek 3.2: Ukázka ze hry Element TD 2. Obrázek dostupný z https://store.steampowered.com/app/1018830/Element_TD_2__Tower_Defense/

Plants vs Zombies

Populární hrou jak na počítač tak později i na mobilní zařízení je Plants vs. Zombies [16]. Hráč sází rostliny na svou zahradu, které mají bránit dům před vlnou zombí. V této hře nepřátelé nemají vymezenou cestu k cíli, ale musí se probojovat přes vaši zahradu. Tady hra ukázala unikátní koncept jak zpracovat Tower Defense. Mimo pouhou kampaň obsahuje i hromadu miniher, kde si hráč může zahrát i za opačnou stranu. Unikátnost hrátelnosti a možnost miniher byla jedna z inspirací pro mou hru.



Obrázek 3.3: Ukázka ze hry Plants vs Zombies. Obrázek dostupný z https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ea.game.pvzfree_row

⁸<https://playwarcraft3.com/en-us/>

⁹<https://www.dota2.com/home>

Bloons TD6

Bloons TD 6 [18] je velice populární videoherní série Tower Defense her popularizované nejen na mobil, ale také i na počítač. Hráč pokládá věže neboli opice podél trati, které útočí na balóny. Zvláštní koncept, ale funguje velice dobře. Tato hra se také zbavila onoho klasického dlaždicového systému pokládání věž a umožňuje pokládat věže kamkoliv. Hra nabízí několik herních módů jak projít kampaň a k tomu také free play, který slouží jako endless mód, kdy hráč může hrát v podstatě donekonečna se stupňujícími se vlnami nepřátel. Mimo věže hráč může používat i schopnosti. Hra obsahuje challenge neboli výzvy vytvořené komunitou, či samotnými vývojaři v dostupném editoru. K tomu ještě nabízí i kooperativní režim až pro čtyři hráče. Za hrou stojí velké studio, které z tohoto titulu již vytvořilo nesmrtelnou herní sérii. Tato hra je jediná z tohoto listu, které bych neměl, co vytknout. I přesto, že má hra obsahuje dosti odlišné herní mechaniky ¹⁰, byla tato hra velkou inspirací. Má tower defense hra nemůže konkurovat s takovou hrou. Právě tento fakt mě přiměl k vytvoření unikátních herních mechanik, které nejsou běžné pro tower defense hry.



Obrázek 3.4: Ukázka ze hry Bloons TD6. Obrázek dostupný z https://store.steampowered.com/app/960090/Bloons_TD_6/

Orcs Must Die! 3

Tato hra je takový outsider na tomto listu a to především kvůli tomu, že je klasifikována jako akční strategická hra. Přesto jsem ji zahrnul na tomto listu jelikož obsahuje několik prvků z Tower Defense her. Netradičně zde hráč hraje za postavu. Hráč hraje z pohledu třetí osoby ¹¹, pokládá pasti a sám taky může útočit na nepřítel. Cílem je zabránit orkům projít portálem. Hra se snaží nabídnout i příběh, ale toto není její předností. Mezi její předností patří spíše grafický design, hrátelnost a kreativita [6].

¹⁰Herní mechanika označuje pojem jako pravidla hry, jak se hraje a co obsahuje.

¹¹Pohled třetí osoby je pohled, kdy kamera se nachází za postavou hráče.



Obrázek 3.5: Ukázka ze hry Orcs Must Die! 3. Obrázek dostupný z https://store.steampowered.com/app/1522820/Orcs_Must_Die_3/

Tactical War: Tower Defense Game

Velice jednoduchá Tower Defense hra na mobilní zařízení [22]. Obsahuje pouze jednu kampaň s dvaceti levely. Hráč staví věže a brání vojákům projít do základny. Krátká a jednoduchá hra, na tomto listu je zde proto, protože právě tato hra mi vnukla onen nápad vytvořit něco vlastního a komplikovanějšího. Hra je jednoduchá a zábavná. Ohromuje pouze svou jednoduchostí a užít si ji dokáže začátečník nebo i pokročilý hráč. Ovšem jednoduchost této hry je také i její slabiny jelikož hra neobsahuje nic převratného.



Obrázek 3.6: Ukázka ze hry Tactical War: Tower Defense Game. Obrázek dostupný z <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.magenta.TacticDefense>

Defenders 2

Defenders 2 [20] je hra s velkým množstvím obsahu. Hra má hezký grafický styl a obsahuje spousty herních mechanik. Ovšem hra obsahuje na displeji až příliš mnoho a pro začátečníka může být těžké se v něčem takovém orientovat. Jednotky a věže jsou malé. Menu a výběr úrovní až příliš komplikované a hráči jsou zvýhodněni skrz bonusové trhly. Těchto chyb se v mé hře vyhýbám. Kombinuji velké množství unikátních herních mechanik s jednoduchým stylem.



Obrázek 3.7: Ukázka ze hry Defenders 2. Obrázek dostupný z <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nival.pwdefenders2>

3.4 Shrnutí

Má hra je strategická hra typu tower defense. Hra obsahuje jednoduché a přehledné menu, které sedne na různé typy mobilních rozlišení. Hra svou jednoduchostí dokáže přilákat začátečníka, ale svými unikátními herními mechanikami dokáže zaujmout i pokročilého hráče. Hru jsem vytvořil, podle mé představy a odlišil ji od výše zmíněných her přidáním odlišných herních mechanik. Napravil jsem chyby, kterých se některé tyto hry dopouštěli. Hru je možné odlišit od jiných tower defense her. Hra obsahuje různé scény jako letní a zimní. Hráč může cvičit vlastní jednotky a i hrát na nepřítele. Hra má implementované základní herní mechaniky jiným stylem, než zmíněné hry. Obsah hry byl zmíněn v kapitole 2 a implementace základních a nových unikátních herních mechanik je popsána v kapitole 7.

Kapitola 4

Vývoj videoher

Tato kapitola obsahuje základní koncept a postup vývoje videoher.

4.1 Herní studia

Na vývoji her se podílí nejen velká herní studia skládající se z desítek lidí, ale i malé herní studia obsahují pouze tři členy [10]. V některých případech hry jsou tvořeny i pouze jednou osobou. Nemusíte být ovšem programátor, abyste se mohl podílet na vývoji hry. Každý z lidí vytvářející hru má určitou roli a je zodpovědný za specifickou část hry. Mezi ne programátorské role patří například animátor, designér, zvukař atd. [12].

4.2 Proces vývoje

Proces vývoje her je rozdělen na tři sekce [11]. Toto rozdělení pomáhá nejen velkým studiím, ale každému, kdo se pustí do vývoje her. Ačkoliv se jedná o tři sekvenční sekce vývoje, je nutné zajistit určitou flexibilitu mezi sekcemi, aby bylo možné se například vrátit zpět do fáze vývoje.

Předprodukce

V předprodukci je nejdůležitější určit si své cíle. V této fázi se rozhodne zda stojí zato vytvářet hru. Mezi hlavními otázkami v předprodukci patří:

- O čem hra bude?
- Pro koho?
- Jaká je konkurence na trhu?
- Na jaké platformě bude produkt publikován?
- Bude hra zpoplatněna?
- Jak dlouho bude trvat vývoj?
- Kolik bude vývoj stát?

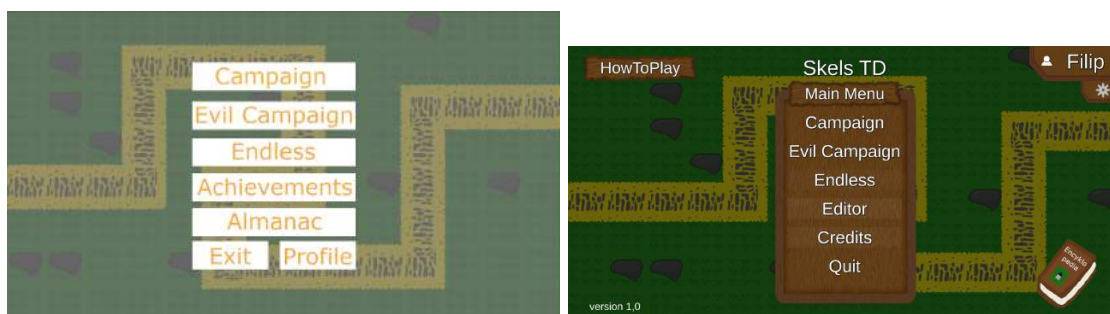
V této fázi vývoje se na vývoji nepodílí každý člen. Tato část je převážně finální. Hra může uvážnout v této fázi vývoje až na rok podle zdrojů firmy a jejich cíle. Do této fáze vývoje patří tzv. prototypování. Cílem je zprovoznit prototyp, co nejrychleji a zjistit jestli výsledný produkt má šanci na úspěch.

Jakmile jsou všechny otázky zodpovězeny, je možné vytvořit GDD¹ [11]. Tato osnova zvaná GDD je základem předprodukce, díky kterému je možné pochopit podstatu hry. GDD jakožto žijící dokument se poté neustále aktualizovává v sekci produkce. GDD obsahuje prvky jako:

- Nápad
- Žánr
- Příběh a postavy
- Herní mechaniky
- Návrh úrovní
- Grafický styl
- Zpoplatnění

Produkce

Produkce je nejdelsí fáze, která může zabrat až několik let. Cílem produkce je vytvořit hratelnou hru, její návrh byl vytvořen v předprodukci. Ovšem je možné, že finální produkt se od první fáze bude velice lišit.



Obrázek 4.1: Porovnání prototypu (nalevo) a finálního produktu (napravo)

Na této fázi vývoje se podílí již všichni členové týmu. Programátoři jsou rozděleni a každý je zodpovědný za specifickou část. Tito programátoři nejlépe pracují nezávisle na sobě. Mezi programátorské činnosti patří skriptování, simulace, tvorba uživatelského rozhraní a mnoho dalšího. Jejich práce se občas prolíná s návrhářskou úrovní. Lidé, co navrhují úrovně nemusí vždy umět programovat ačkoliv je tu ních preferovaná schopnost. Hry jsou většinou vyvíjeny v herních enginech, které jsou popsány v kapitole 6. Pokud studio nechce použít již stávající herní engine tak si vytvoří svůj vlastní. Vývoj vlastního herního engine může protáhnout vývoj hry o pár dalších let. S vývojem herního engine je nutné implementovat fyzikální a matematické vlastnosti pro objekty. Nedílnou součástí produkce hry je pak

¹Game Design Document

také grafický styl, modely a hudba. Tyto prvky musí přidány do hry a následně otestovány. Ve finální části produkce hraje již větší roli marketing než samotné programování.

Postprodukce

Hra je ve fázi postprodukce, když její vývoj je již hotov. Malé množství členů týmu má za úkol dohlížet na dokončený produkt. Ve vyhotoveném produktu se pak pouze opravují chyby, aktualizuje nebo přidává obsah.

4.3 Distribuce her

Herní studio má možnost vydat svou hru skrz svou vlastní firmu [13]. Ovšem herní studio, které vytváří hru, nemusí být vždy vydavatelem finálního produktu. Toto se může stát v případě menších firem, které jsou následně odkoupeny. Vydání hry digitálně je snazší než fyzicky. Herní studio si může zvolit herního poskytovatele například Steam ² na počítači nebo Google Play ³ na android. Herní studio nebo jedinec takto snadno může publikovat hru. Pokud se herní studio rozhodne pro vydání fyzické kopie, tak kopie hry putuje delší cesty ke hráči. Herní studio si musí najít regionálního distributora pro určitou oblast, který by zprostředkoval export a import fyzických kopií. Tyto kopie jsou převáženy k obchodníkům, kde si je hráč může zakoupit. V dnešní době při zakoupení fyzické kopie, dostane hráč pouze obal s klíčem hry a hra musí být opět aktivována přes digitální herní poskytovatele jako je například již zmíněný Steam.

²<https://store.steampowered.com/>

³<https://play.google.com/store?hl=cs&gl=US>

Kapitola 5

Návrh

Tato kapitola obsahuje návrh mobilní hry Skels TD. První kapitola obsahuje základní koncept hry. Ostatní kapitoly obsahují návrh samostatných elementů hry.

5.1 Koncept

Hra byla navržena jako jednoduchá zábavná tower defense hra, která vychází z již existujících her. Přidává nové mechaniky a opravuje nedostatky v již existujících hrách, jak bylo zmíněno v kapitole 3. Hra vyplňuje prázdné místo na trhu s hrami a přináší nové mechaniky. Hra byla kompletně vyvinuta pouze na mobilní zařízení Android.

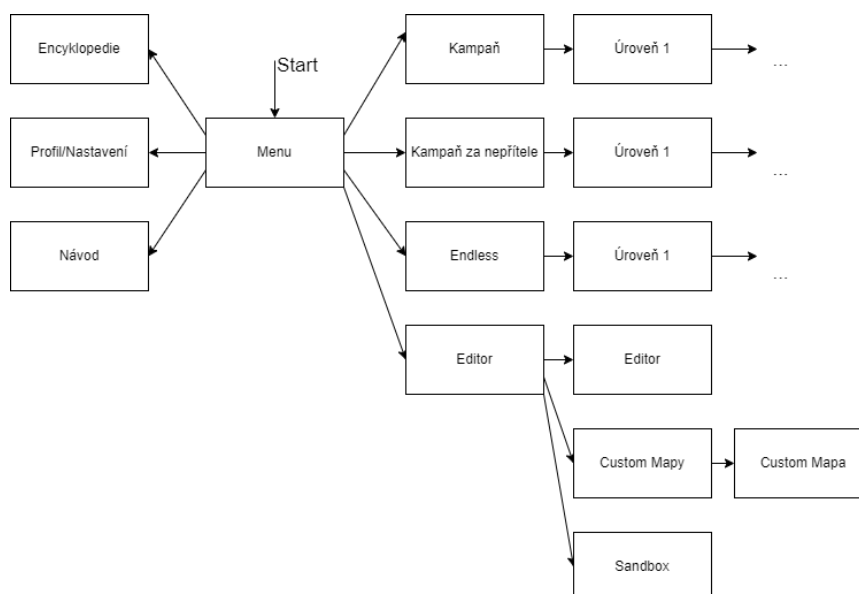
Prostředí, ve kterém je tato hra zasazena, nijak neovlivňuje hratelnost. Jedná se pouze o grafický styl. Středověké období pro tower defense hry není nic neobvyklého a k těmto hrám se velice hodí. Objekty ve hře jsou nakresleny stylem, aby zapadli do středověkého prostředí. Hra obsahuje tři grafické styly, letní, pouštní a zimní. V každém tomto prostředí se změní grafický styl určitých objektů jako např. stromy.



Obrázek 5.1: Pouštní úroveň v mé hře.

Jelikož se jedná o fikci, postavy nepřítele jsou vyobrazeny jako nemrtvé jednotky většinou kostlivci. Jedná se o klasické aspekt dobra proti zlu.

Hra obsahuje pouze kratší kampaň s 8 úrovněmi, ale za to má možnost hráč si vyzkoušet další herní módy, které jsou nezávislé na sobě. Hra také neobsahuje žádné zvýhodňovací prvky jak již bylo zmíněno v kapitole 2.



Obrázek 5.2: Zjednodušený diagram obsahu hry vytvořen v draw.io <https://app.diagrams.net/>

Z každé sekce se dá opět vrátit zpět do menu, což v diagramu není vyobrazeno. Diagram obsahuje pouze prvky, které je schopen uživatel vnímat a nikoliv prvky probíhající na pozadí. Každá sekce je doprovázena hudbou.

5.2 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní je grafické rozhraní aplikace. Toto rozhraní tvoří tlačítka, text, obrázky apod., se kterými uživatel může interaktovat.

Uživatelské rozhraní je v průběhu hry neustále orientované na šířku. Po načtení hry se objeví hlavní menu, ze kterého má uživatel přístup do jakékoliv scény, jak vidno z diagramu 5.2. Grafický styl uživatelského rozhraní má středověký styl stejně jako objekty. Graficky se uživatelské rozhraní snaží imitovat představu písma či symbolů vytištěné na dřevě. Hlavní menu společně porovnané s počáteční verzí lze vidět na tomto obrázku 4.1. Během hry v úrovni je možné v levém horním rohu vidět ukazatel životů, měny a vln. V pravém horním rohu je možné kliknout na ikony, které mohou hru pozastavit či zrychlit, je zde také možnost přejít do nastavení. Na spodní straně obrazovky je nákupní menu, kde hráč může koupit věže. Během hry také může vyskočit text s varováním 5.3.



Obrázek 5.3: Ukázka uživatelského rozhraní během hry.

5.3 Herní mechaniky

Herní mechaniky jsou pravidla a obsah, které popisují jak se hra hraje a co v ní jde vše dělat. Herní mechaniky byly navrženy stylem, aby mohli konkurovat stávajícím hrám a aby byli pro uživatele jednoduché na používání. Hráč má k dispozici věže, pasti a jednotky. Všechny tyto objekty jsou nadesignové stylem, aby odpovídala zasazení této hry do určitého středověkého fiktivního světa. Věže střílí na nepřátele a pasti poškozují nepřátele po dotyku. Po kliknutí na věž či past se hráči otevře nákupní menu, kde může buď věž prodat nebo vylepšit standardním vylepšením nebo jedním z unikátních vylepšeníh 5.3. Hráč má herní měnu, která je daná na danou úroveň. Za tuto měnu kupuje vylepšení, staví věže, pokládá pasti a cvičí jednotky. Některá věže a jednotky mají jiný typ poškození a dávají větší poškození specifickým jednotkám. Jiné věže zase po dopadu projektilu dají jednotce debuff ¹ jako například hoření či spomalení. Hráč z nákupního menu kupuje věže buďto přetáhnutím nebo kliknutím na věž.

5.4 Kampaň

Kampaň byla navržena pouze pro jednoho hráče. Hráč v kampani postupně postupuje úrovněmi a po dokončení úrovně si odemkne následující úroveň a i novou věž na položení. Hráči se z kampaně zaznamenávají statistiky jako kolik úrovní už dokončil, kolik věží odemkl a jak se mu dařilo v dané úrovni 5.4. V kampani hráč hraje za stranu dobra a snaží se zabránit nepřátelskému vojsku dostat se do hradu. Hráč staví věže, pokládá pasti a cvičí jednotky, aby zabránil postupu nepřátelského vojska. Kampaň je kratší a obsahuje pouze 8 úrovní. Každá z těchto úrovní je ovšem unikátní. Každá nová úroveň nabízí buď nové nepřátele nebo nový způsob jak se nepřátelé mohou dostat do hradu.

¹Debuff je typ schopnosti, která snižuje jednotkám vlastnosti, jako životy, rychlost a poškození.



Obrázek 5.4: Výběr úrovní v kampani.

5.5 Kampaň za nepřítele

V kampani za nepřítele hráč hraje za jednotky zla a posílá jednotky, aby útočili na hrad. Kampaň obsahuje pouze jednu úroveň. Ovšem tato kampaň zde byla přidána jako jeden z unikátních prvků, kterými se jiné tower defense hry pyšnit nemohou. Kampaň má mnoho potenciálu pro budoucí rozšíření. Kampaň je pouze pro jednoho hráče a posílá jednotky už na před připraveném terénu.

5.6 Endless

Endless jakožto jeden z herních módů má zajistit nesmrtelnost této hry. Endless mód obsahuje pouze jeden level, ale hráč se v něm může neustále zlepšovat a překonávat své předešlé skóre. Vlny jsou nekonečné a každou vlnu se stěžují.

5.7 Editor

U editoru by se dalo říct, že je to již nedílnou součástí videoher. Editory ve hrách umožní hráčům vytvářet vlastní mapy. Díky tomuto nástroji hráči tak mohou do této hry vytvářet a přidávat svůj vlastní obsah. Díky těmto nástrojům je možné zajistit nesmrtelnost hry.

Tento editor byl navrhnut tak, aby obsahoval čtyři sekvenční části 5.5. Neumožňuje hráči nijak zasahovat do kódu hry jak to jiné editory umožňují. Hráč tak nemusí mít žádné znalosti programování a pouze si nakliká vzhled mapy a obsah.



Obrázek 5.5: Čtyři sekvenční části editoru.

V první části editoru si uživatel vybírá dlaždice ² a rozmisťuje je po mapě. Také pokládá na mapu objekty jako spawnery ³ a základnu. Uživatel má k dispozici klasické nástroje jako gumu, posun, undo, rotace. První fáze byla navržena jako malování.

Po vytvoření mapy uživatel může vytvořit cestu od spawneru do základny za pomoci pokládání bodů na cestu. Body, které tvoří cestu, jsou spojeny barevnou čarou. Ukončení tvorby cesty hráč udělá kliknutím na základnu.

Po vytvoření cesty uživatel může přejít do módu vytváření vln, kde uživatel přidá vlnu, vybere cestu a následně se mu zobrazí meny, kde si nastaví jaké nepřátele chce na této cestě v tuto specifickou vlnu.

Poslední fáze je publikování mapy 5.5, kdy uživatel zadá parametry jako je například počet začátečních životů a peněz. Následně název mapy a výsledná mapa je lokálně uložena u hráče na jeho zařízení.

5.8 Encyklopedie

Encyklopedie obsahuje souhrn všech věží, pastí a jednotek. Hráč si může vybrat danou věž a po kliknutí se hráči ukáží statistiky dané věže. Tento element byl do hry přidán, aby hráč měl možnost strategizovat a poznat tak sebe i své nepřátele 5.6.

²Tile neboli dlaždice, označuje většinou čtverec 1x1 uložen v mřížce pro pokládání věží.

³Spawner je místo, kde se objevují nepřátelé.



Obrázek 5.6: Ukázka statistik věže z encyklopedie.

5.9 Návod

Každá hra musí obsahovat návod, jak by se měla hrát. K návodu je možný přístup z menu. Návod byl zpracován pouze obrázkovou formou. Takto uživatel má možnost si projít jaký návod potřebuje a může u něho strávit času kolik jen potřebuje. Návodů stylem animace, videem či samotnou úrovní byli zahazeni, protože se příliš nehodili do samotného stylu hry.

5.10 Sandbox

Sandbox neboli pískoviště je prvek, který umožňuje hráči si v úrovni dělat co chce. Do hry toto bylo přidáno jakožto dobrý nástroj pro testování nově přidávaných věcí. Tento nástroj se nejen hodí vývojáři, ale i samotnému hráči, aby mu umožnil lépe taktizovat a naučil se používat herní mechaniky v izolovaném prostředí. Hráč má neomezené množství životů a peněz. Sám na sebe může posílat nepřátelské jednotky a sám může testovat, co jaká věž vydrží.

Kapitola 6

Herní enginey

V této kapitole jsou popsány herní enginey a jejich funkce. Také je zde zmíněn herní engine Unity, který byl použit pro vytvoření této práce.

6.1 Herní enginey

Herní engine hraje největší roli ve vývoji her [32]. Herní engine je vývojové prostředí, ve kterém uživatel využívá obsažené nástroje pro tvorbu her. Toto vývojové prostředí dokáže zhlédnout vývoj hry. Herní enginey umožňují tvorbu her pro platformy jako počítač, mobilní zařízení či konzole.

Herní engine musí umět pracovat s uživatelským vstupem jako je například kliknutí myši nebo dotyk na dotykovém zařízení. Tyto události jsou zachycovány a zpracovány. Na základě události je možné provádět různé akce jako například po kliknutí na myši hráč vystřelí ze zbraně. Uživatelský vstup se také používá k určení polohy kliknutí na souřadnicové ose.

Herní engine je také zodpovědný za vykreslování grafiky. Engine by měl umět vykreslovat stíny, světlo a detaily na povrchu 3D objektů. Herní enginey také umožňují využívat 2D grafiku.

Nedílnou součástí herního engineu je fyzikální engine. Fyzikální engine umožňuje vypočítat a simulovat pohyb objektů. Objektům je přiřazena hmotnost a jiné fyzikální veličiny pro nejpřesnější simulaci reálného chování. Fyzikální engine také pomáhá při práci s gravitací a kolizí těles.

Mezi další vlastnosti herního engineu patří vývoj umělé inteligence, přehrávání hudby a síťová podpora.

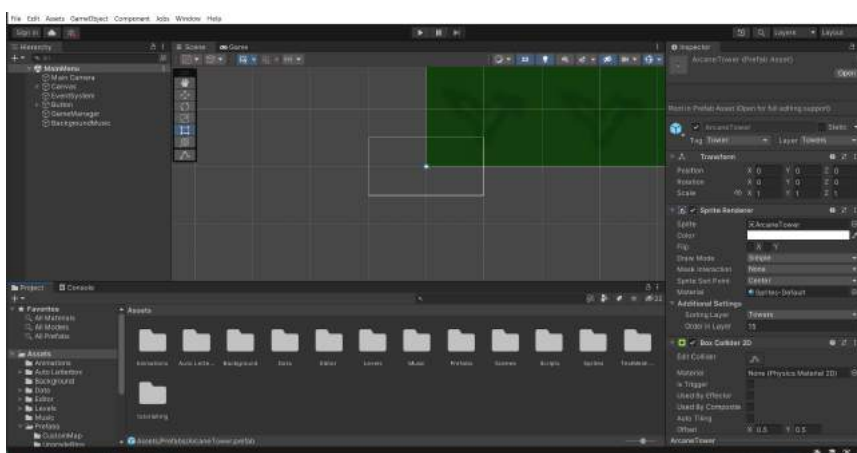
Základní prvek herního engineu je scéna, která tvoří prostředí hry. Výsledná hra je následně tvořena z několika scén. Scéna obsahuje objekty, kameru a UI¹. Objekty jsou tvořeny tzv. prefab. Prefab je předdefinovaný objekt s danými fyzikálními vlastnostmi, kolizí a skriptem. Vzhled objektu prefab je tvořen položkou s názvem sprite. Sprite je grafický styl dané objekty 6.1.

Mezi často používané a známé enginey patří *Unreal Engine*, *CryEngine*, *Unity*, *Godot*, ... [14].

¹Uživatelské rozhraní 5

6.2 Herní engine Unity

Unity je více platformový herní engine [14] [25]. Tento herní je pro studenty a vlastní použití zdarma. Umožňuje tvořit 2D a 3D graficky stylizované hry. Unity umožňuje tvořit obsah na platformy jako je počítač, mobilní zařízení a konzole. Unity má přístup k obchodu s assety ², kde si uživatel může zakoupit asset a používat ho ve vlastní hře. Unity také podporuje velké množství pluginů ³, které jsou schopné umožňovat snadné propojení s jinými aplikacemi. Unity také umožňuje tvorbu animací. Animace se skládají z klipů a mění se v čase. Animace v Unity je možné dělat dvěma způsoby. Jedním ze způsobů je mít více obrázků pro specifický objekt. Tyto obrázky se pak budou přehrávat rychle za sebou. Druhý způsob animace je možný pokud se objekt skládá s více částí. Jedná-li se o postavu, tyto části pak mohou být například hlava, ruka, noha apod. Objektu se pak přidá kostra, která se rozpohybuje. Animace v Unity jsou zprostředkovány kontrolerem, který přehrává a přepíná různé animace na základě podmínek.



Obrázek 6.1: Obrázek z herního engine Unity. Na obrázku lze vidět hierarchii s herními objekty, scénu, složku s projektem a inspektor s otevřeným objektem prefab.

²Asset je jakýkoliv objekt, který uživatel může použít.

³Doplňek, který není součástí původního produktu.

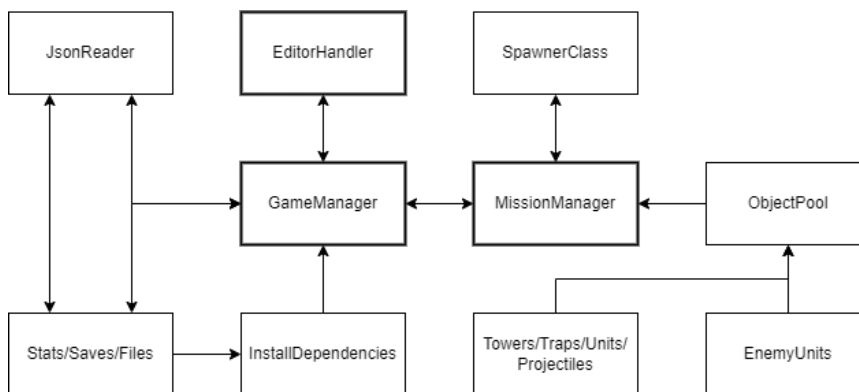
Kapitola 7

Implementace

V této kapitole je popsána realizace hry v herním enginu Unity. Jednotlivé kapitoly obsahují popis implementace jednotlivých prvků. První podkapitola obsahuje vysvětlení návaznosti jednotlivých tříd a nastavení projektu.

7.1 Koncept tříd

Centrem aplikace je tzv. GameManager 7.1. Tato třída se nachází v každé scéně a je zodpovědná za chod celé hry. Při počátečním zapnutí hry GameManager kontaktuje třídu InstallDependencies, která vytvoří potřebné soubory pro chod hry. Následně GameManager si načte všechny potřebné soubory pomocí JsonReaderu. Hodnoty z těchto souborů jsou uloženy ve třídách, se kterými se neustále pracuje v průběhu hry se neustále ukládají. Editor je ovlivňován třídou EditorHandler, která základní informace získává z GameManager třídy. Za herní módy jako Kampaň, Kampaň za nepřítele a Endless je zodpovědná třída MissionManager. Návaznost scén lze vidět na grafu 5.2. V těchto scénách spolu komunikuje GameManager a MissionManager, které zajistí chod úrovní. MissionManager komunikuje se třídou SpawnerClass, která je zodpovědná za objevování nových jednotek. Věže, pasti, jednotky a jednotky nepřítele se uloženy ve třídě Object-Pool.



Obrázek 7.1: Zjednodušený diagram konceptu tříd, který ukazuje návaznost tříd na pozadí projektu.

Implementace tříd je využita v herním enginu Unity. Implementačním jazykem Unity skriptů je C# a skripty byli editovány ve vývojovém prostředí Visual Studio Code ¹. Grafika do hry byla vytvořena pomocí free softwaru Gimp².

Object-Pool

ObjectPool je třída, která obsahuje prefab objektů pro opětovné použití [21]. Při hraní se na herní obrazovce neustále objeví nové objekty například nepřátelé nebo projektily. Tyto objekty jsou uloženy ve třídě ObjectPool. Objekty, které již nemají ve scéně použití, nejsou zničeny, ale jsou pouze deaktivovány. Deaktivované objekty mají následně nastavené vlastnosti na výchozí nastavení. Pokud je třeba použít objekt určitého typu, který již je ve scéně, ale je deaktivován. Místo vytvoření nového objektu tohoto typu, se pouze deaktivovaný objekt aktivuje. Objekt se vytváří pouze tehdy, pokud se ve scéně nenachází, žádný deaktivovaný objekt stejného typu.

7.2 Uživatelské rozhraní

Návrh uživatelského rozhraní je popsán v kapitole 5. Vzhled UI v hlavním menu je vidět zde 3.1 a v úrovni lze vidět zde 5.3.

Pro vykreslování UI prvků slouží objekt *Canvas*. Canvas definuje plochu, na které jsou rozmístěny UI prvky. Plocha s UI prvky je oddělena od plochy s objekty. Referenční rozlišení pro UI je 1920×1080 . Ovšem je nastaveno zvětšování prvků UI spolu s rozlišením obrazovky. UI nebylo navrženo na konstantní rozlišení, ale na poměr obrazovky 16:9. UI se následně mění podle poměru stran na jiných zařízeních a hra je responzivní. Prvky UI jsou vykreslovány postupně jak jsou uvedeny v hierarchii. Je tedy možné, aby se určité prvky překrývali. Jako například nastavení může překrývat hlavní menu.

UI v úrovni obsahuje vysouvací nakupovací panel. Po kliknutí na šipku, vyjede ze spod obrazovky nákupní panel obsahující tlačítka k zakoupení věží. Po zakoupení věže, se odečte měna, kterou lze vidět v levém horním rohu 5.3. UI je obohaceno o vyskakující text. Pokud uživatel nemá peníze na vylepšení věže, v místě kliknutí mu vyskočí text 5.3. Kostra třídy zodpovědná za tento text byla převzatá a upravena z kódu autora Epitome. Kód je dostupný z <https://www.epitome.games/> nebo z videa https://youtu.be/b8YUfee_pzc?t=9691 [7]. Ve složce s projektem se třída nachází v *Assets/Scripts/PopupText.cs*. Všechn text je vytvořen pomocí nástroje *TextMeshPro*, který je již součástí Unity.

V pravém horním rohu obsahuje hra tlačítka pro zastavení nebo zrychlení času.

7.3 Kamera

Hra obsahuje pouze jednu kamera. Kamera je ortogonální ³ s výchozí velikostí 4,5. Při přibližování nebo oddalování se ortogonální velikost buď zmenšuje nebo zvětšuje. Pokud se hráč nachází v úrovni s malou mapu, ortogonální velikost se změní podle poměru stran uživatelského zařízení. Pokud poměr stran u uživatele je větší než poměr stran, na který je tato aplikace vytvořena. Ortogonální velikost se změní podle hranic mapy na ose y. Pokud je poměr stran menší u uživatele tak se vypočítá podíl poměru stran, který se následně přináší k půlce velikosti zařízení. Výsledná hodnota tvoří novou ortogonální velikost. Autorem

¹<https://code.visualstudio.com/>

²<https://www.gimp.org/>

³https://wikijii.com/wiki/Orthographic_projection

těchto vzorců je autor Waldo a jsou k dispozici zde <https://pressstart.vip/tutorials/2018/06/6/37/understanding-orthographic-size.html> [30] [31]. Rovnice se nachází ve třídě *Assets/Scripts/MainCamera.cs*. Důvod proč je nutné vypočítat novou ortogonální velikost na menších mapách je ten, aby hráči, co mají mobilní zařízení s větším rozlišením nebyli zvyhodněni a hráči s menším rozlišením naopak znevýhodněni. Na větších mapách je ortogonální velikost nastavena na výchozích 4,5. Na menších mapách je také kamera připnuta na hranice mapy, aby se s ní nedalo hýbat. Pohybem kamery se mění souřadnice kamery.

Pohyb po mapě je určen dotykem na obrazovku. Při dotyku a následném pohybu prstu na obrazovce je určen směr pohybu prstu a rozdíl mezi počátečním bodem a koncovým bodem. Tyto hodnoty určují o kolik se kamera má posunout na osách x a y .

Přibližování je implementováno dvěma dotyky. Pokud se uživatel dotkl dvěma prsty na obrazovce, tak určí vzdálenost mezi dvěma dotyky. Následně uživatel dva prsty od sebe přiblíží nebo oddálí. Rozdíl v pozici dvou prstů se vynásobí s rychlostí přibližování/oddalování. Tato hodnota určí novou hodnotu ortogonální velikosti.

Na počítači je možné pro pohyb používat klávesy W,A,S,D a pro přibližování a oddalování je možné použít kolečko na myši.

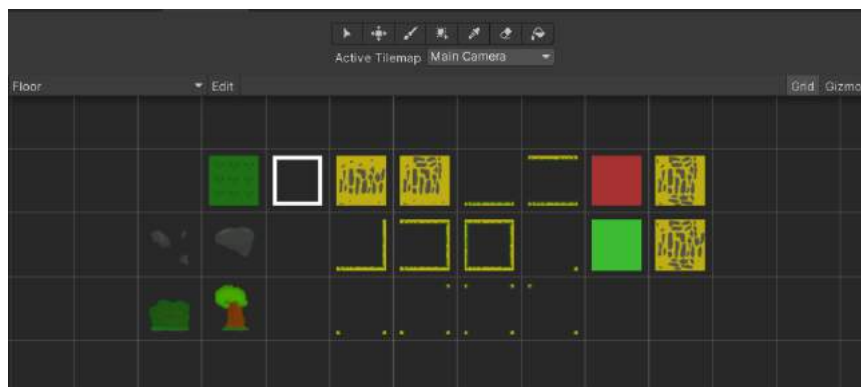
7.4 Mapa a Úrovně

Mapa je tvořena jednou či více cestami, jednou základnou hráče a dekorativními objekty 7.2. Každá mapa obsahuje vlny. Hráč musí přežít určitý počet vln a zabránit, aby se nepřátelé dostaly do jeho základny. Mapa je reprezentována pomocí json souboru uloženého lokálně u hráče. Dlaždice mapy jsou uloženy jako dvourozměrné pole s čísly, kdy první číslo reprezentuje specifickou dlaždici a druhé číslo reprezentuje eulerovský úhel. Číslo dlaždice je převedeno na specifickou dlaždici a úhel je převeden na matici rotace, která zajistí rotaci dané dlaždice. Společně s mapou jsou uloženy i údaje o hrané úrovni jako je například počet životů a počet peněz. Dále obsahuje vektorové pozice základny a bodů pro vykreslení cesty. Nakonec obsahuje předem definované údaje o vlnách a nepřátelích.

Úrovně mají klasický dlaždicový layout ⁴. Dlaždicový layout[5] je jeden z nejpoblárnější stylů jak tvořit 2D levely pro tower defense hry. Jeden z přístupů je také buď použít hexagonální dlaždice nebo místo systému dlaždic se spoléhat pouze na kolize objektů. Dlaždicový systém jsou tvořeny objekty jako např. tráva, cesta, ale i blokující elementy jako kameny a stromy. Jednotky na mapě nejsou ovládány žádným vyhledávacím algoritmem, ale pouze mají za úkol chodit po cestě. To platí i pro pokládání věží, které je možné položit pouze na specifický typ dlaždice 7.2.

Za úrovně a generaci mapy je zodpovědný *MissionManager*.

⁴Tile neboli dlaždice, označuje většinou čtverec 1x1 uložený v mřížce pro pokládání věží.



Obrázek 7.2: Obrázek jednotlivých dlaždic, ze kterých je tvořena mapa úrovně.

7.5 Věže

Věže je možné rozmístit po mapě podél cesty na trávu. Po zakoupení věže se hráči odečte herní měna specifická na danou úroveň. Věže jsou schopné střílit projektily. Každá věž má dosah dostřelu. Tento dosah je implementován pomocí kruhového collideru⁵. Tento kruhový collider má nastavený poloměr, který určuje dosah věže. Věž si uchovává ve frontě, které jednotky vstoupili do dosahu věže. Jakmile nějaká jednotka vstoupí do dosahu věže je automaticky přidána do fronty. Věž střílí na první jednotku ve frontě. Pokud jednotka zemře nebo se dokáže dostat z dosahu věže, je vybrána z fronty.

Pasti je možné pokládat pouze na cestu, po které mohou chodit jednotky. Jednotky jsou každou sekundu, co stráví na pasti poškozeny. Tímto jsou nejvíce ovlivněny pomalé jednotky, kterým trvá nejdéle přejít jednu dlaždici.

Jednotky není nutné nijak pokládat. Po výběru jednotky se vycvičí jednotka v hradu hráče. Jednotka půjde směrem k nepřátelskému spawneru a zastaví se jednu dlaždici před ním. Pokud mapa se skládá z více než jedné cesty. Jednotka půjde po cestě, po které jdou jednotky. Pokud nepřátelské jednotky jdou z více cest, při tvorbě jednotek se bude cyklicky přepínat mezi cestami.

Věže a pasti je možné rozkliknout a provádět s nimi další akce. Je možné je prodat, vylepšit nebo jim přidat unikátní vylepšení. Klasické vylepšení má tři úrovně a jde přidat každé věži a pasti. Pro každý objekt funguje stejně a to tak, že věži nebo pasti přidá poškození, rychlejší rychlost střelby a větší dosah. Věži je možné přidat pouze jedno unikátní vylepšení ze dvou. Tato unikátní vylepšení přidávají věži nebo pasti speciální schopnosti, či speciální poškození.

Věžím je možné přidat unikátní poškození jako například více projektilů nebo ohnivé poškození. Ohnivé poškození jednotku zapálí a jednotku je pak zraňována každou sekundu. Této vlastnosti se říká debuff jak již bylo zmíněno v návrhu herních mechanik 5. Jednotka dostane poškození od věže a následně každou sekundu je zraňována dokud nezemře nebo dokud debuff nevyprší. Tato metoda je implementována tak, že se vytvoří nová třída, která se přidá jednotce. Tato třída si uchovává informace o tom, co má udělat, zda má jednotce sebrat životy nebo ji zpomalit. Dále si tato třída uchovává čas jak dlouho má být aktivní. Ohnivé poškození věže také dává větší poškození beranidlům než normálním jednotkám.

⁵Collider je prostor, se kterým je možné interaktovat. Díky komponentu collider je možné zjistit je objekt se srazil z jiným objektem.

7.6 Herní módy

Mezi herní módy patří Kampaň, Kampaň za nepřítele a Endless. Za tyto herní módy je zodpovědný MissionManager. MissionManager si načte z GameManager právě hranou úroveň s módem. Data z úrovní jsou uložena v json souboru. MissionManager vygeneruje úroveň dle mapy a nastaví cesty, počet životů, měnu a vlny.

Pro mód kampaň se načtou všechny data z json souboru. Pokud uživatel má již odemčené více než šest věží, hráči se před spuštěním kampaně zobrazený možnost vybrat si jaké věže se chce v úrovni použít. Hráč z nákupního menu pokládá věže a snaží se zabránit jednotkám dostat se od spawneru do hradu. Nepřátelské jednotky jsou posílány ve vlnách. Hra nezačne hned po výběru úrovně, ale hráč má možnost spustit hru kdykoliv chce a až se na následující vlnu připraví. Mezi vlnami je pětisekundová pauza, která dá hráči možnost přemýšlet, co udělá dál. Tuto pauzu je možné zakázat v nastavení hry.

V kampani pro nepřítele se ignorují údaje o vlnách. Kampaň neobsahuje žádné vlny a hráč může poslat všechny nepřátelské jednotky najednou. Úrovně neobsahují žádné AI⁶. Úrovně mají už předdefinované pozice věží a dalších objektů.

V módu endless je také ignorován údaj o vlnách. Hráč se snaží přežít, co nejdéle může. Hra si ukládá údaje o tom, kolik vln hráč přežil a jaké skóre získal. Díky těmto údajům se hráč může do budoucna zlepšovat 7.3. Každý nepřítel má určitou hodnotu. Během vlny po zabití nepřítele se k aktuálnímu skóre přičte hodnota nepřítele. Po skončení vlny se ke skóre přičte hodnota ztracených životů vynásobených deseti. Následně se ke skóre přičte hodnota, která určuje do jaké vlny se hráč byl schopen dostat. Výpočet skóre lze vidět níže.

$$score = score + enemy.Value$$

$$score = (Lives - LostLives) \times 10 + 10$$

$$score = (CurrentWave - 1) \times 10$$

Každá vlna je těžší než ta předešlá a vlny se do nekonečna stěžují. Vlny ovšem nejsou náhodné. Nejsou náhodné z toho důvodu, aby se v nich hráč mohl zlepšovat a naučit se různé strategie. Každou druhou vlnu je zrychlí nepřátelské objevování a každou třetí vlnu se zvětší počet nepřátel. Od páté vlny začnou přibývat nové druhy nepřátel a začnou se mezi sebou přehazovat. Od dvacáté vlny ob vlnu budou chodit i beranidlo. Nepřátelské jednotky se pak budou neustále prohazovat až do 35 vlny, kdy budou chodit pouze nejsilnější jednotky a jejich rychlost objevování bude rovna 2 milisekundám.

⁶Umělá inteligence



Obrázek 7.3: Při spuštění úrovně pro endless jsou ukázány uživateli statistiky.

7.7 Spawnergy

Každá vlna nepřátel má vlastní spawner manager, který určuje jaký typ nepřítele se má objevit, kolik jich má být a po jaké cestě mají jít. SpawnerManager je úzce spjat s MissionManagerem a každou vlnu si vyměňují informace. Počet instancí spawner managerů se odvíjí od toho kolik mapa obsahuje cest. Jeden spawn manager pro jednu cestu. Jakmile všechny jednotky jsou spawnuty, spawner manager vrátí své hodnoty do výchozí nastavení. Po skončení vlny předá třídě MissionManager informaci o tom, že vlna skončila. Jakmile vlna skončila MissionManager nahraje do spawn managerů příslušné informace o následující vlně, nepřátelích a cestě, po které jednotky mají jít.

7.8 Editor

Editor je ovládán pomocí třídy EditorHandler. Návrh a čtyři fáze editoru jsou popsány v kapitole 5. Při otevírání editoru má uživatel možnost si vybrat velikost mapy a scénu mapy. Zvolené volby se uloží do třídy GameManager, ze které si tato data načte EditorHandler. Příslušná mapa s velikostí a scénou je vygenerována. Podlaha mapy je buď travnatá, písečná nebo zasněžená podle toho jakou scénu uživatel. Dle scény se uživateli i změni dlaždice, které může pokládat. Dlaždice jsou uloženy ve 2D poli. Pole obsahuje 3 sloupce jakožto tři možné scény a řádcích obsahuje varianty dlaždic. Na vygenerovanou mapu hráč může pokládat dlaždice a objekty jako spawner nebo hrad 5.5. Hráč se v editoru může pohybovat jak je libo. Na mapě jsou ovšem znázorněny hranice mapy. Až bude mapa hotová hráč mezi tyto hranice bude moci pokládat věže a neuvidí žádný obsah mimo hranice. Hráč si vybere dlaždici z menu a může ji pokládat. Z nástrojového menu hráč může vybrat gumu, kterou může odstranit položené dlaždice. Nástrojové menu také obsahuje nástroje pro pohyb, rotaci a vrácení kroku. Pohyb umožní hráči pohyb po mapě. Položené objekty jako spawner a základna jsou uloženy v zásobníku. Vrácení kroku smaže z mapy naposled položený objekt, který je uložen v zásobníku. Základna na mapě může být pouze jedna. Rotace umožní rotovat dlaždicemi. Rotace je zobrazena na displeji eulerovským úhlem. Úhel je v kódu převeden na matici rotace, která může za rotaci dlaždic. Tento eulerovský úhel se ukládá také společně v json souboru.

Ve druhé fázi hráč pokládá cesty mezi spawnerem a hradem. Cesta může být pouze horizontální nebo vertikální. Cesta může být pouze na cestě a nikoliv nesmí zasahovat na trávu 5.5. Cesta, kterou uživatel kreslí je znázorněna objektem `LineRenderer`, který umožňuje vykreslování čar. Při více cest, se barva čáry mění pro odlišení. Na čáru je nutné kliknout, aby mohla být odstraněna nebo aby ji byli přidána vlna. Kolize pro tuto čáru je vytvořena pomocí polygonu ⁷. Čára, která se skládá ze dvou bodů obsahuje kolizi z polygonu, který má čtyři body. Polygon vždy obsahuje dvojnásobek bodů než samotná čára a to proto, že čára má určitou šířkou, kterou polygon musí obsáhnout. Vypočtení pozic polygonu bylo poskytnuté autorem `BLANKdev` a kód je dostupný z této stránky <https://theblankdev.itch.io/linerenderseries> [2]. Použitá kostra se nachází v souborech `Assets/Scripts/test/LineCollision.cs` a `emphAssets/Scripts/test/LineController.cs`.

Ve třetí fázi hráč vybírá, kolik bude vln v úrovni a kolik jednotek půjde v určitou vlnu. Hráč má na výběr nástroje, kterými může přidat nebo odebrat vlny. Jakmile hráč má vybranou vlnu, může hráč kliknout na čáru znázorňující cestu. Po kliknutí na čáru vyjede hráči menu, ve kterém si může vybrat typ jednotky, počet jednotek, rychlost spawnování a opoždění prvního spawnutí. Při vytvoření vlny je vytvořen `WaveElement` a při přidání jednotek je do `WaveElementu` přidán `EnemyElement`. `WaveElement` může obsahovat vícero `EnemyElementů`, což je znázorněno v menu, kde hráč přidává jednotky do vlny. `WaveElement` obsahuje třídu `EnemyElement` a číslo cesty, na které se jednotky budou pohybovat.

V poslední fázi hráč vybere počet životů a počet peněz, které bude hráči k dispozici. Následně hráč může zvolit jméno mapy. Jméno mapy je omezeno regulárním výrazem⁸ a nesmí obsahovat výraz `Mission` a znaky jako `.,_`. Jakmile hráč publikuje mapu, vytvoří se json soubor, který se lokálně vytvoří u hráče. Soubor obsahuje všechny informace, které obsahuje normální soubor pro úroveň v kampani. Název souboru je ve tvaru `MapName_MapSize_MapScene_Lives_Coins_Waves.json`.

7.9 Jednotky

Nepřátelské jednotky jsou spravovány třídami `Spawner` a `MissionManager`. Spojenecké jednotky trénované v hradu jsou pouze spravovány třídou `MissionManager`. U spojeneckých jednotek pouze stačí, aby hráč měl dostatek peněz a může jednotku trénovat. Jednotka je instantně poslána na nepřátelský spawner jak je popsáno v podkapitole Věže. Funkcionalita nepřátelských jednotek je popsána v kapitole spawner. Grafiky pro jednotky byla navržena a nakreslena v programu `Gimp`⁹7.4.

⁷<https://it-slovník.cz/pojem/polygon>

⁸<https://www.regularnivyrazy.info/regularni-vyrazy-zaklady.html>

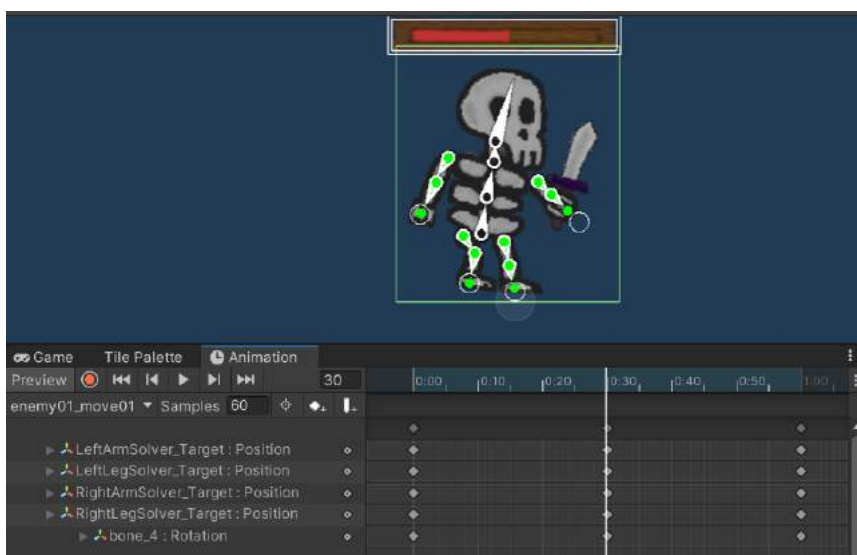
⁹<https://www.gimp.org/>



Obrázek 7.4: Nákres jednotky.

Animace

Animace pro jednotky byly vytvořeny v herním enginu Unity. Jak funguje animování v Unity je možné si přečíst zde [6](#). Jednotky mají dvě animace. Při spawnnutí se jednotce zapne animace chůze 7.5. Chůze do stran je udělána pouhou rotací jednotky. Pokud jednotka bojuje s jinou jednotkou, jednotka se zastaví. Změní se stav jednotky na útočení, což spustí animaci útoku.



Obrázek 7.5: Animace jednotky v Unity

7.10 Hráč

Hráč má přístup z menu, ke svým statistikám, které jsou propojené s profilem. Statistiky hráče obsahují údaje o postupu v kampani a o počtu odemčených věží. Statistiky pro endless mód jsou obsaženy v samotném tlačítku 7.3. Postup hráče společně se statistikami se ukládá do lokálního json souboru.

Hráč má také přístup k nastavení. V nastavení je možnost nastavit hlasitost hudby nebo rychle přibližování a oddalování na mobilním zařízení. Také pomocí nastavení lze měnit určité herní mechaniky, pokud výchozí nastavení hráči nevyhovuje. Hráč může změnit styl položení věže, zda chce věž položit před vybráním dlaždice nebo po vybrání dlaždice. Je tu

také možnost automatického vysouvání nakupovacího menu a přeskočení pauzy mezi vlnami. Nastavení hry je lokálně uloženo u uživatele v json formátu.

7.11 Hudba

Hra obsahuje hudbu, která hraje na pozadí. Hlasitost hudby je možné regulovat skrz nastavení. Hudba byla vybrána tak, aby byla uklidňující a zapadala do středověkého prostředí. Hudba byla pořízena ze stránky <https://www.chosic.com/free-music/>. Hra obsahuje dva hudební klipy od autora *Alexander Nakarada*. Hudba byla použita dle licence <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> a všechny klipy je možné nalést zde.¹⁰. Hudba hraje nepřetržitě na všech scénách a klipy se cyklicky přepínají.

7.12 Ukládání a soubory

Aplikace na zařízení Android se instalují do složky *Android/data/*. Obsah této složky je od verze Androidu 11 skrytý. Skrytý složky je možné otevřít pomocí nástrojů jako je Total Commander¹¹. Při instalaci se ve složce vytvoří složka s názvem balíčku aplikace. Balíčky aplikace se pojmenovávají podle předlohy *com.example.myapplication* [3]. Example většinou může být vydavatel. Mou aplikaci lze najít pod názvem *cz.stealthwagon.SkelsTD*.

Při prvním spuštění aplikace se v této složce vytvoří dodatečné soubory. Mezi tyto soubory patří statistiky hráče, nastavení, verze hry, atributy věží, atributy nepřátel a reprezentace mapy. Všechny tyto soubory jsou typu json. Při změně verze a aktualizace aplikace jsou všechny tyto soubory aktualizovány a případně nainstalovány nové soubory. Hráčské statistiky a postup hráče zůstává bezezměny.

Při změně nastavení se příslušné změny okamžitě zapíše do souboru s nastavením. Po dokončení úrovně je hráčský postup uložen do souboru lokálně.

¹⁰Forest Walk by Alexander Nakarada | <https://www.serpentsoundstudios.com> Adventure by Alexander Nakarada | <https://www.serpentsoundstudios.com> Music promoted by <https://www.chosic.com/free-music/all/> Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

¹¹<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ghisler.android.TotalCommander>

Kapitola 8

Testování

Testování proběhlo za účelem získat zpětnou vazbu od uživatelů a objevit tak nedostatky či vzniklé chyby. V této kapitole je popsáno testování aplikace.

8.1 Vlastní testování

Aplikace v průběhu vývoje byla několikrát sestavena a testována. V rámci vývoje proběhlo několik lokálních testování v Unity. Toto testování v Unity bylo omezené a nebylo schopné odhalit všechny nedostatky. Na testování základních funkcionalit ovšem stačí. Unity umožňuje aplikaci spustit a v rámci spuštěné aplikace modifikovat objekty ve scéně. Tato možnost se hodila pro testování různých herních mechanik. Pro testování uživatelského rozhraní nebo pohyb kamerou toto testování nebylo dostatečné. Pro otestování těchto mechanik bylo nutné připojit mobilní telefon k zařízení a spustit testování.

Unity umožňuje testování přímo na požadovaném zařízení. Na mobilním zařízení je nutné ve vývojařském menu nutné povolit ladění pomocí USB. Po připojení mobilního zařízení k počítači s Unity projektem je možné aplikace sestavit a spustit na daném zařízení. Toto testování odhalilo mnoho nedostatků v uživatelském rozhraní a pohybu kamerou. Pohyb kamerou a přibližování skákalo a objekty mizely. Uživatelské rozhraní bylo příliš malé a nesedělo na dané rozlišení mobilního zařízení. Rozlišení se liší od výrobce a bylo nutné docílit, aby na každém zařízení hra vypadala stejně. Pohyb kamerou musel být ošetřen a lehce změněn. Hra ve finálním stádiu umožňuje bezproblémový pohyb kamerou jak na mobilním zařízení tak na počítači.

8.2 Uživatelské testování

Jak se hra blížila do finální fáze vývoje bylo možné spustit uživatelské testování. Toto testování proběhlo 1.4.2022, kdy hra již byla skoro hotová. Instalační soubor se hrou byl rozeslán několika uživatelům. Bylo nutné zařídit, aby tito uživatelé měli, každý jiná zařízení, aby bylo možné porovnat, zda se docílilo požadovaného cíle. Tento test především zkoumal, zda je možné spustit hru na jakémkoliv zařízení s rozdílným rozlišením. Druhým cílem tohoto testování bylo zjistit, zda uživatelé jsou schopni hrát tuto hru bez pomoci zvenčí. Proto tato hra byla poslána různým věkovým kategoriím, nováčkům i pokročilým hráčům, aby se zjistilo jak hra bude přijata. Dalším cílem bylo otestovat funkčnost herních mechanik až za jejich hranice a pokusit se najít chyby. Finální fází testování bylo otestovat, zda hra je skutečně hratelná a dá se dohrát.

8.3 Zpětná vazba

První dojmy ze hry byli dobré. Ovšem hned ze začátku bylo objeveno několik chyb s rozlišením, kdy ne každá scéna seděla na každé zařízení. Hra již v prvním vydání obsahovala návod a tak každý byl obeznámen s hlavními herními mechanikami hry. Pokročilí hráči s touto hrou neměli problém a bez problému se v ní orientovali. Nováčkům trvalo déle se hře zorientovat, ale nakonec to zvládli bez cizí pomoci. Bylo zde ovšem zmíněno několik návrhů na zlepšení jak hru udělat příjemnější a přehlednější pro nové hráče. První vydání, jak tomu obvykle bývá, se neobešlo bez chyb. Velká část chyb spočívala v pohybu kamery a rozlišení. Našli se však také tři menší chyby v herních mechanikách. Hra se některým uživatelům zdála těžší, ale dohrát se dala a s balančními prvky hry nebyl příliš velký problém.

Ve výsledku 12 uživatelů bylo schopno najít dvě velké chyby, tři malé chyby a mělo šest návrhů na zlepšení. Mnohdy se návrhy a nalezené chyby již často opakovali. Během následujícího měsíce, byli do hry přidány chybějící herní mechaniky. Byly opraveny chyby a vylepšeny stávající herní mechaniky.

Kapitola 9

Publikace

V této kapitole je popsán obchod Google Play pro android a postup publikace na Google Play.

9.1 Publikace na Google Play

Google play je obchod s aplikacemi pro mobilní zařízení se systémem android. Pro nahrání aplikace na google play je nutné vytvořit si vývojářský účet, za který se platí jednorázový poplatek \$ 25. Vytvořit si účet je možné zde <https://play.google.com/console/about/>. Při vytváření účtu je možnost vybrat účet určený pro firmy nebo amatéry. Na oba typy účtů je možné nahrát neomezené množství aplikací, které mohou vydělávat peníze ať už pomocí reklam nebo jinou formou zpoplatnění. Od 2. srpna 2021 je nutné, aby nově nahrané aplikace byly tvořeny pro API úroveň 30, tedy pro mobilní zařízení se systémem Android verze 11[4][17].

Při publikaci nutné zodpovědět několik otázek, které určí pro koho je produkt určen a v jakých zemích je produkt povolen. Mezi tyto otázky patří například jaká je zvolená věková kategorie. Nutné je uvést jestli produkt obsahuje reklamy či bude zpoplatněn. Mezi zásadní otázky patří zda produkt sbírá data o uživateli a pokud ano, tak jak s těmi daty zachází. Nově přibyla možnost vybrat shromažďování údajů nakažených lidí, kvůli pandemii Covidu-19. V aplikaci je také nutné uvést zda je bezpečná, zda neobsahuje návody na tvorbu zbraní či nebezpečných látek. Do procesu publikace aplikace také patří uvést jestli aplikace obsahuje propagandistické materiály nějakého státu.

Jakmile se uživatel prokliká hromadou otázek přijde na řadu marketingová část. Uživatel má možnost nahrát videa ze hry stejně tak i obrázky a různé plakáty. V této sekci uživatel také specifikuje o jakou hru se jedná. Nyní následuje část zveřejnění Před zveřejněním aplikace má možnost uživatel zpřístupnit aplikaci pouze pro testery. Po zveřejnění následuje proces schvalování, kdy se ověří uživatelem zadáné údaje. Po několika dnech je aplikace buď přijata nebo zamítnuta.

Tato aplikace je dostupná na Google Play pod jménem Skels TD. Odkaz do Google Play na stažení hry <https://play.google.com/store/apps/details?id=cz.stealthwagon.SkelsTD>.

Kapitola 10

Závěr

Finálním produktem je mobilní tower defense hra na android zařízení. Hra obsahuje kampaň, nepřátelskou kampaň a endless mód. Hra je převážně pro jednoho hráče.

Do hry byli přidány prvky napravující nedostatky her na současném trhu s mobilními hrami a přidány dodatečné elementy jako hraní za opačnou stranu.

Do hry je možné nadále přidat více nových úrovní a nových objektů jako věží a nepřátel s unikátními elementy. Je zde také možnost vylepšit grafický design hry a tyto objekty předělat z 2D na 3D. Hra má mnoho potenciálu. Pro nepřátelskou kampaň je možné vytvořit speciální AI, které bude reagovat na hráče. Hra může být obohacena o režim více hráčů a globální statistiky. Do základní hry je možná přidat vodní úrovně, nepřátelské jednotky, Boss jednotky se schopnostmi. Některé mapy mohou být taky tvořeny style fog of war, kdy mapa je zakrytá a musíte si ji odhalit. Hru je také možné rozvinout o možnost hry pro více hráčů.

Literatura

- [1] ANAS, B. *The designer's guide to aspect ratios* [online]. 2020 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.invisionapp.com/inside-design/aspect-ratio/>.
- [2] BLANKDEV. *Line Renderer collision* [online]. 1.0.0. 2021 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://theblankdev.itch.io/linerenderseries>.
- [3] DEVELOPERS, G. *Configure the app module* [online]. Mountain View, California, USA: Google, 2022 [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://developer.android.com/studio/build/configure-app-module>.
- [4] DEVELOPERS, G. *Meet Google Play's target API level requirement* [online]. Mountain View, California, USA: Google, 2022 [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://developer.android.com/google/play/requirements/target-sdk>.
- [5] DUFFY, S. *Introduction to the New Unity 2D Tilemap System* [online]. 2018 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.raywenderlich.com/23-introduction-to-the-new-unity-2d-tilemap-system>.
- [6] ENTERTAINMENT, R. *Orcs Must Die! 3* [PC game]. 2021 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: https://store.steampowered.com/app/1522820/Orcs_Must_Die_3/.
- [7] EPITOME. *PopupText* [online]. 1.0.0. 2017 [cit. 2022-05-07]. <https://www.epitome.games/> and https://youtu.be/b8YUfee_pzc?t=9691.
- [8] LEROUX PARRA, M. *Esports Part 1: What are Esports?* [online]. 2020 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://hir.harvard.edu/esports-part-1-what-are-esports/>.
- [9] HE, A. *From Zero to Game Designer: how to start building video games even if you don't have any experience* [online]. 2018 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.freecodecamp.org/news/from-zero-to-game-designer-how-to-start-building-video-games-even-if-you-dont-have-any-experience-5e2f9f45f4bb/>.
- [10] FREECODECAMP. *What Is Game Development?* [online]. 2019 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.freecodecamp.org/news/what-is-game-development/>.
- [11] STEFYN, N. *How video games are made: the game development process* [online]. 2019 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.cgspectrum.com/blog/game-development-process>.
- [12] LUNTHI, C. *Different Roles In Game Development* [online]. 2018 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.oodlestechnologies.com/blogs/Different-Roles-In-Game-Development/>.

- [13] HEALER_BKNIGHT. *Game distribution process summarized! How does digital copies and physical copies distributed?* [online]. 2017 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.gamerbraves.com/game-distribution-process-summarized-how-does-digital-copies-and-physical-copies-distributed/>.
- [14] DAR, R. *Top 7 Gaming Engines You Should Consider for 2021* [online]. 2021 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.incredibuild.com/blog/top-7-gaming-engines-you-should-consider-for-2020>.
- [15] PAVLOVIC, D. *Video Game Genres: Everything You Need to Know* [online]. 2020 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.hp.com/us-en/shop/tech-takes/video-game-genres>.
- [16] GAMES, P. *Plants vs. Zombies* [mobile/PC game]. Electronic Arts, 2014 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ea.game.pvzfree_row&hl=cs&gl=US.
- [17] HOFFMAN, C. *What Is an API, and How Do Developers Use Them?* [online]. 2021 [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.howtogeek.com/343877/what-is-an-api/>.
- [18] KIWI, N. *Bloons TD 6* [mobile/PC game]. 2018 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://ninjakiwi.com/Games/Mobile/Bloons-TD-6.html>.
- [19] BUCKLEY, D. *How to Make a Game – A Guide to Making Video Games* [online]. 2022 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://gamedevacademy.org/how-to-make-a-game/>.
- [20] NIVAL, I. *Defenders2* [mobile game]. 2018 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nival.pwdefenders2>.
- [21] PLACZEK, M. *Object Pooling in Unity* [online]. 2016 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.raywenderlich.com/847-object-pooling-in-unity>.
- [22] PUNCH, B. *Tactical War: Tower Defense Game* [mobile game]. 2021 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.magenta.TacticDefense>.
- [23] STUDIOS, E. *Element TD 2 - Tower Defense* [mobile/PC game]. 2021 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: https://store.steampowered.com/app/1018830/Element_TD_2__Tower_Defense/.
- [24] TECHNOLOGIES, U. *Coding in C# in Unity for beginners*. San Francisco, California, USA: Unity Technologies, 2022 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://unity.com/how-to/learning-c-sharp-unity-beginners>.
- [25] TECHNOLOGIES, U. *Unity*. San Francisco, California, USA: [b.n.], 2022 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://unity.com/>.
- [26] TECHNOLOGIES, U. *Unity User Manual 2020.3 (LTS)*. San Francisco, California, USA: Unity Technologies, 2022 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>.
- [27] CTAMAS. *Understanding Tower Defense games* [online]. 2010 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.loopinsight.com/2010/03/30/understanding-tower-defense-games/>.

- [28] ŠULC, T. *Vývoj technologií počítačových her — první díl / Kapitola 3* [online]. 2011 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://pctuning.cz/article/vyvoj-technologii-pocitacovych-her-prvni-dil?chapter=3>.
- [29] ESPOSITO, N. A Short and Simple Definition of What a Videogame Is. In.: Rue Roger Couttolenc, 60200 Compiègne, France: [b.n.], 2005 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.utc.fr/~nesposit/publications/esposito2005definition.pdf>.
- [30] WALDO. *Understanding Orthographic Size* [online]. 2018 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://presstart.vip/tutorials/2018/06/6/37/understanding-orthographic-size.html>.
- [31] WALDO. *Understanding Orthographic Size SOURCE CODE FOR ENTIRE FIT* [online]. 1.0.0. 2018 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://presstart.vip/tutorials/2018/06/6/37/understanding-orthographic-size.html>.
- [32] STUDYTONIGHT. *Game Engine and History of Game Development* [online]. 2021 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.studytonight.com/3d-game-engineering-with-unity/game-engine>.
- [33] FANGUY, W. *How to make your first wireframe (+ video!)* [online]. 2019 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.invisionapp.com/inside-design/how-to-wireframe/>.

Příloha A

Obsah disku

Na disku, který je součástí této práce se nachází složky a soubory:

- Instalation
- Project
- README
- Thesis
- video

Složka Instalation obsahuje instalační .apk soubor.

Složka Project obsahuje projekt v Unity s se skripty a dodatečnými soubory.

Soubor README obsahuje popis toho, co kde se nachází

Složka Thesis obsahuje zdrojové soubory v L^AT_EXa PDF této práce

Složka video obsahuje video, na kterém je malá ukázka ze hry