



**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

## **BUDOVATELSKÁ STRATEGIE**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. LUKÁŠ MAREK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. TOMÁŠ MILET, Ph.D.**

BRNO 2025

## Zadání diplomové práce



158281

Ústav: Ústav počítačové grafiky a multimédií (UPGM)  
Student: **Marek Lukáš, Bc.**  
Program: Informační technologie a umělá inteligence  
Specializace: Počítačové vidění  
Název: **Budovatelská strategie**  
Kategorie: Počítačová grafika  
Akademický rok: 2024/25

### Zadání:

1. Nastudujte Unreal Engine 5 a jeho prvky. Nastudujte herní vývoj. Nastudujte herní mechaniky budovatelských strategií.
2. Navrhněte hru založenou na budování. Zaměřte se na komplexitu herních mechanik a demonstraci nových mechanik, které se v budovatelských strategiích nevyskytují.
3. Implementujte hru a zaměřte se na ukázce herních mechanik.
4. Hru uživatelsky otestujte, otestujte herní mechaniky.
5. Sepište závěry, zhodnoťte, navrhněte možná rozšíření, vytvořte demonstrační video a hru zveřejněte.

### Literatura:

- Ernest Adams. Fundamentals of Game Design 3rd Edition. New Riders 2013. ISBN-100321929675.
- Steve Rabin. Game AI Pro – Online Edition 2021. <http://www.gameai.com/>
- Nystrom, Robert. 2014. Game Programming Patterns. Genever Benning; 1st edition (November 2, 2014). ISBN-10 0990582906. ISBN-13 978-0990582908.

Při obhajobě semestrální části projektu je požadováno:  
Body 1 a 2.

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, prof. Dr. Ing.  
Datum zadání: 1.11.2024  
Termín pro odevzdání: 21.5.2025  
Datum schválení: 12.11.2024

## Abstrakt

Cílem této práce je vytvoření počítačové hry žánru budovatelské strategie se spoustou herních mechanik, které se v tomto žánru vyskytují málo nebo přímo nikoliv. Hlavním zasazením je období před 1. světovou válkou na území českých zemí v tehdejší Rakousku Uhersku. Hra je implementována pomocí Unreal Engine verze 5.4. Bylo využito programování jak v jazyce C++ tak pomocí Blueprintů, které jsou typické pro Unreal. Vytvořená hra je v hratelné alfa verzi. Obsahuje komplexní stavěcí systém založený na mřížkovém uspořádání, komplexní ekonomický systém, AI pathfinding, uložitelný herní postup, režim pro volné hraní, propracované nastavení a spoustu herních mechanik (komplexní výzkumný strom, systém historických osobností, systém střídání ročních období, systém počasí a další). Hlavním přínosem této práce je vytvoření hry s unikátním zasazením a mechanikami, které se v tomto žánru zatím nevyskytují.

## Abstract

The aim of this thesis is to develop a city-building strategy game incorporating numerous gameplay mechanics that are rarely or not at all present in this genre. The game is set in the pre-World War I era within the Czech lands of the former Austro-Hungarian Empire. The game is implemented using Unreal Engine version 5.4, combining both C++ programming and Unreal's visual scripting system, Blueprints. The resulting game is in a playable alpha stage and features a complex grid-based construction system, an in-depth economic simulation, AI pathfinding, game state saving, a free-play mode, detailed settings, and a variety of gameplay mechanics including a comprehensive research tree, historical character system, seasonal cycle, weather system, and more. The main contribution of this work is the creation of a game with a unique historical setting and innovative mechanics not commonly found in the genre.

## Klíčová slova

Počítačová hra, strategie, budovatelská, RTS, Unreal engine, herní vývoj, UE5, výzkumný strom, produkční větve, historické osobnosti, počasí, roční období

## Keywords

Computer game, strategy, city building, RTS, Unreal engine, game development, UE5, research tree, production branches, historical figures, weather, seasons

## Citace

MAREK, Lukáš. *BUDOVATELSKÁ STRATEGIE*. Brno, 2025. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. Tomáš Milet, Ph.D.

# BUDOVATELSKÁ STRATEGIE

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Tomáše Mileta. Uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a další zdroje, ze kterých jsem čerpal. Také prohlašuji, že jsem využil generativní umělé inteligence pouze k úpravě již napsaného textu a nikoliv pro generování myšlenek, celkové implementace a textu práce.

.....  
Lukáš Marek  
18. května 2025

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu za pozitivní přístup a podporu. Poděkovat Tomovi za podporu během vytváření hry, kontrolu práce a účast na testování. A také poděkovat Honzovi a Lucii za účast na testování a jejich zpětnou vazbu na hru.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Strategie, herní vývoj a herní enginey</b>	<b>6</b>
2.1	Real-time strategie . . . . .	6
2.2	Budovatelské strategie . . . . .	6
2.3	Analýza existujících budovatelských her . . . . .	8
2.4	Dobové zasazení . . . . .	13
2.5	Videoherní průmysl . . . . .	14
2.6	Videoherní krach roku 1983 . . . . .	18
2.7	Vývoj her . . . . .	20
2.8	Herní enginey . . . . .	24
2.9	Unreal Engine . . . . .	27
2.10	Hlavní součásti Unreal Engine 5 . . . . .	30
<b>3</b>	<b>Návrh hry</b>	<b>35</b>
3.1	Herní smyčka . . . . .	35
3.2	Hlavní a vedlejší menu . . . . .	36
3.3	Hlavní uživatelské rozhraní (HUD) a kamera . . . . .	37
3.4	Budovatelský režim . . . . .	38
3.5	System potřeb a produktů . . . . .	38
3.6	Stavby . . . . .	39
3.7	Herní mechaniky . . . . .	42
<b>4</b>	<b>Realizace</b>	<b>54</b>
4.1	Architektura hry . . . . .	54
4.2	Uživatelské rozhraní . . . . .	56
4.3	Typy budov . . . . .	58
4.4	Stavění budov a cest . . . . .	60
4.5	Herní mechaniky . . . . .	61
4.6	Grafika a ozvučení . . . . .	65
<b>5</b>	<b>Testování</b>	<b>66</b>
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>69</b>
	<b>Literatura</b>	<b>70</b>
<b>A</b>	<b>Obsah odevzdaného adresáře</b>	<b>74</b>

B	Obrázky ze hry	75
C	Úkoly pro testování	77
D	Další informace o hře	78

# Kapitola 1

## Úvod

„Hráči si budou moci nastavit hlasitost od 1 do 100 v krocích po 1. Hru si tak můžete zahrát stokrát a zažijete úplně jiný zážitek.“

---

*Peter Molyneux, tvůrce Populous*

Herní průmysl je jedním z nejstarších zábavních odvětví na světě. Už od dob starověkých civilizací lidé vytvářeli a hráli hry, například deskové hry jako **senet** ve starověkém Egyptě nebo **go** v Číně. Tyto hry měly často nejen zábavný, ale i symbolický nebo strategický charakter. Naopak moderní herní průmysl, založený na digitálních technologiích, je mnohem mladší. Raná digitální éra v 60. a 70. letech položila základy pro rychlý rozvoj herního průmyslu, který s příchodem domácích herních konzolí a osobních počítačů na přelomu tisíciletí explodoval v jednu z největších a nejvlivnějších forem zábavy na světě. Dnes je herní průmysl obrovským odvětvím s ročním obratem v řádu stovek miliard dolarů a rapidně se vyvíjejícími technologiemi.

Čím více her vznikalo, tím se i rozšiřoval počet žánrů. Mezi nejrozšířenější na přelomu tisíciletí patřily:

- **Real-time strategie (RTS)** – tento žánr definovaly hry jako *StarCraft* a série *Age of Empires*. Hráči v nich spravovali zdroje, budovali základny a vedli armády v reálném čase.
- **First-person střílečky (FPS)** – po úspěchu her *Doom* (1993) a *Quake* (1996) se FPS hry staly jedním z nejoblíbenějších žánrů. Následující hry jako *Half-Life* (1998), *Counter-Strike* (1999) a *Unreal Tournament* (1999) jen potvrdily význam a oblíbenost tohoto žánru.
- **RPG (Role-playing games)** – tento žánr přitahoval hráče díky bohatým příběhům, úprava a zvyšování úrovně postav. Díky hrám jako *Baldur's Gate II* (2000), které navazovalo na tradici stolních her nebo japonské sérii *Final Fantasy* (zejména *Final Fantasy VII* (1997) a *Final Fantasy IX* (2000)) pak zažíval obrovskou popularitu a rozvoj.
- **Adventury** – mezi něž patřily zejména point-and-click hry, byly na vrcholu popularity díky titulům jako *The Longest Journey* (1999) a sérii *Monkey Island* (1990 až 2009). Tyto hry se zaměřovaly na řešení hádanek, silný příběh a dialogy.

- **Sportovní hry** – byly masově oblíbené, zejména série jako *FIFA* (EA Sports), *Madden NFL*, a *Tony Hawk's Pro Skater* (1999). Tyto hry často těžily z licencí reálných sportovních lig a hráčů, což je činilo atraktivní pro mnoho fanoušků.
- **Platformové hry** – i když platformery zažívaly své vrcholy již dříve, tak série jako *Super Mario 64* (1996) a *Crash Bandicoot* (1996) opět tento žánr zpopularizovaly.

Tato práce se zaměřuje hlavně na žánr **real-time strategií** dále jen **RTS** a to přesněji na **budovatelské strategie**. Ty se během let i přes veliký vývoj ostatních žánrů udržely v hledáčku mnoha hráčů. Díky technickému pokroku, zejména v oblasti grafiky, umělé inteligence a simulačních systémů, mohou moderní budovatelské strategie nabídnout mnohem realističtější a komplexnější zážitky. Mnoho hráčů oceňuje možnost ponořit se do propracovaného virtuálního světa, kde mohou ovlivňovat chod celé společnosti, řešit ekonomické výzvy a plnit dynamické úkoly. V dnešní době ovšem popularita **RTS** her klesá oproti jiným žánrům. Jelikož inovovat v rámci strategií je dosti těžké a nemusí se vždy vyplatit. Navíc mladší generace již nedokáže udržet pozornost na hraní takových her, které vyžadují i několikahodinové soustředění a volí tak hry jednodušší a rychlejší.

Práce si tak klade za cíl přispět do tohoto žánru novou, originální, budovatelskou strategií a nabídnout tak hráčům nový zážitek, který kombinuje jak klasické zavedené prvky, tak moderní technologie s unikátním zasazením a propracovanými herními mechanikami, které se v tomto žánru neuchytily nebo vůbec nevyskytují. Jméno hry je *Bohemia 1899: At the brink of the century* a pohled na alfa verzi lze vidět na obrázcích 1.1 a 1.2. Hlavní název reflektuje umístění herního světa a to v Českých zemích za dob Rakouska-Uherska. Číslovka 1899 je odkazem na herní sérii *Anno*. A podtitul zdůrazňuje dobu zasazení a velkou industrializaci, která Evropu čeká. V kapitole 2 je rozebrán žánr **real-time strategií**, jeho pod-žánry se zaměřením na budovatelský a již existující hry v tomto pod-žánru. Dále pak obecně historie her, vývoj herního průmyslu a samotný herní vývoj. A na závěr se zaměřuje na problematiku herních enginů, jaké existují a detailně se zaměřuje na **Unreal Engine** a jeho součásti, který byl při tvorbě této práce využit. V kapitole 3 je popsán detailní návrh vytvořené hry, v kapitole 4 pak její realizace. V předposlední kapitole 5 je popsáno testování a jeho výsledky. A závěrečná kapitola 6 obsahuje kompletní vyhodnocení a budoucí směřování.



Obrázek 1.1: Hlavní menu hry Bohemia 1899 vytvořené v Unreal Enginu 5. Prostředí lesa je renderováno v reálném čase, nechybí ambientní zvuky a hudba pro zlepšení zážitku.



Obrázek 1.2: Pohled na malé farmářské město. Ne všechny budovy mají své modely, jelikož jejich tvorba je velmi náročná a není hlavním cílem této práce.

## Kapitola 2

# Strategie, herní vývoj a herní enginy

Tato kapitola detailně rozebírá strategický žánr her a jeho podžánry. Rozebírá již existující hry tohoto žánru, které sloužily jako největší inspirace. Dále pak stručně popisuje vývoj herního hardwaru a s tím spojených her a krach videoherního průmyslu. V neposlední řadě herní vývoj, jeho etapy a důvody. A na závěr pak herní enginy, jaké jsou a detailně Unreal Engine.

### 2.1 Real-time strategie

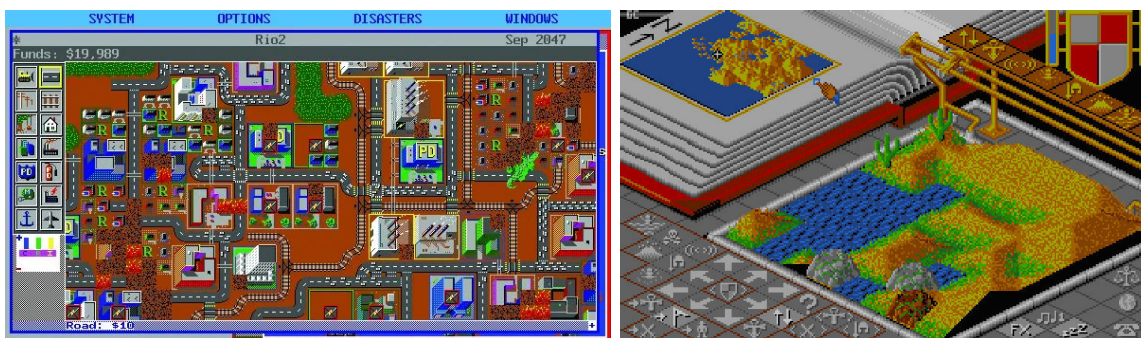
Během svého vývoje se rozvětvily do několika podžánrů, které reflektují různé herní styly, zaměření či mechaniky. **RTS** hry jsou žánrem strategických her, kde hráči v reálném čase nejčastěji spravují zdroje, budují základny, vytvářejí jednotky a vedou je do boje proti nepřítelům. Na rozdíl od tahových strategií (klasickým zástupcem je **4X** strategie, například série *Civilizace*) se akce odehrává plynule, což klade důraz na rychlé rozhodování a efektivní plánování. Hlavní prvky zahrnují multitasking, správu ekonomiky a vojenskou taktiku. **RTS** hry mohou být zasazeny do různých prostředí, od historických konfliktů (*Age of Empires* série) přes sci-fi (*Factorio*) až po fantasy světy (*Warcraft*), a často nabízejí jak kampaně pro jednoho hráče, tak kompetitivní hraní více hráčů.

Realtimové strategie se dělí do několika hlavních podžánrů. **Klasické** (*StarCraft*, *Age of Empires*) se soustředí na správu zdrojů, budování základny a řízení armád, s předem danými misemi i volnými bitvami (skirmish). **Taktické** (*Company of Heroes*, *Men of War*) kladou důraz na mikromanagement jednotek, často bez budování základny, a vyžadují obsazování klíčových bodů. **Survival** (*Frostpunk*, *They Are Billions*, *Factorio*) staví na přežití v nepřátelském prostředí s omezenými zdroji a důrazem na obranu. Budovatelské (*Anno*, *Cities Skylines*) se zaměřují na ekonomiku a rozvoj měst s minimálním nebo žádným bojem, většinou ve volné hře bez cíle. Mezi ostatní patří historické strategie, které se inspiroují reálnými konflikty (*Age of Empires*), MOBA hry s důrazem na týmové boje bez správy surovin (*Dota*, *LoL*) a Tower Defense, kde hráč staví obranu na předem určená místa (*Bloons TD*).

### 2.2 Budovatelské strategie

Jsou herním žánrem zaměřeným speciálně na plánování, budování a správu virtuálních světů, měst, civilizací či ekonomických systémů. Hráči mají v těchto hrách mnoho úkolů,

jako budovat infrastrukturu, řídit zpracování a výrobu zdrojů, spravovat populaci a reagovat na různé výzvy, kterými mohou být přírodní katastrofy nebo válečné konflikty. Důraz je také kladen na dlouhodobé plánování a chytré uvažování, jelikož stavět město po jednotlivých budovách přivede hráče akorát k bankrotu. Cílem pak může být vytvořit soběstačné prosperující město (*Cities Skylines*), říši, která má kontrolu nad celým světem (*Anno*) nebo jen přežít v nepřátelském světě (*Factorio*). Tento pod-žánr **RTS** patří mezi jeden z nejstarších a nejpopulárnějších ve videoherním průmyslu. Jako každý se ale během let měnil a různě proměňoval.



Obrázek 2.1: Simcity bylo první a nejznámější budovatelskou hrou a položilo základy celému podžánru strategií. Populous dovolil lidem hrát si na „boha“ a ovlivňovat celou civilizaci. Vlevo: Snímek obrazovky ze hry Simcity. Vpravo: Snímek obrazovky ze hry Populous.<sup>1</sup>

Jeho kořeny sahají až do 80. let minulého století, kdy vznikly první hry zaměřené na budování měst a správu zdrojů. **Budovatelské strategie** začaly získávat svou formu s příchodem jednoduchých simulací. První a snad i nejznámější hrou tohoto typu bylo *SimCity* (1989) od Willa Wrighta. To položilo základy městských budovatelských strategií. Hráči zde mohli spravovat město, budovat infrastrukturu a řešili různé potřeby obyvatel. Zatímco *Populous* (1989) od Petera Molyneuxe představilo hráčům koncept „boha“, který ovlivňuje vývoj civilizace. První hry tohoto typu měly jednoduchou 2D grafiku, jak lze vidět na obrázku 2.1. Také měly základní simulaci obyvatelstva a omezené možnosti, které ovšem nabídky hráčům novou velkou svobodu ve vytváření vlastních světů.

Během 90. let a na počátku nového tisíciletí zažívaly velmi rychlý rozvoj. Díky pokročilejší 2D a nové 3D grafice mohly být vytvářené světy ještě detailnější a propracovanější, jak lze vidět na obrázku 2.2. Do her tak kromě prvků budování začaly pronikat i mechaniky diplomacie, obchodování či válčení. V tomto období také vzniklo mnoho dnes již ikonických titulů. Mezi ně patří hry od Sierra Studios jako *Ceasar III* (1998) nebo o rok později *Pharaoh* (1999), které přinesly komplexní simulace historických měst. Další velkou změnu přinesla hra *Anno 1602* (1998) se svým hlubším zaměřením na obchod a produktové řetězce, ale i možnost bojů s počítačem. Série *The Settlers* (1993) přidala důraz na ekonomické řetězce a vizuální přehlednost. Hrou, která vybočovala stanovenému stylu, byl *RollerCoaster Tycoon* (1999). Ten umožnil hráčům budovat a spravovat zábavní parky, čímž rozšířil žánr o specificky tematické simulace. Zajímavostí také je, že byl kompletně implementovaný v jazyce x86 assembly.

V letech mezi roky 2000 až 2010 hry hromadně přecházely do 3D grafiky a modernizovaly se. Začalo také vznikat více her, které byly přístupnější pro širší publikum hráčů, nebo

<sup>1</sup>Obrázek 2.1 Simcity převzat z <https://www.pcgamer.com/great-moments-in-pc-gaming-godzilla-attacking-simcity/> a Populous z <https://www.gog.com/en/game/populous>



Obrázek 2.2: *Pharaoh* patří mezi nejznámější historicky zaměřené budovatelské strategie. *Anno 1602* přineslo nové originální mechaniky do celého žánru budovatelských strategií. Vlevo: Snímek obrazovky ze hry *Pharaoh*. Vpravo: Snímek obrazovky ze hry *Anno 1602*.<sup>2</sup>

naopak vznikaly hry zaměřené na náročné hráče se svojí velkou komplexností a náročností. Rozvoj internetu v této době urychlil rozvoj her pro více hráčů a vytváření modifikací. V roce 2003 vyšel již čtvrtý díl ze série *SimCity*, který zvýšil úroveň realismu a detailu v simulaci měst. O dva roky dříve vznikl první díl ze série *Tropico*, který se vydal cestou humoru a přidal politické mechaniky spojené s řízením tropického ostrova jako diktátor. Mezi náročné hry se zařadil v roce 2006 *Dwarf Fortress* jenž přinesl extrémně detailní simulaci s nekonečnými možnostmi pro kreativní budování.

V současnosti prošly **budovatelské strategie** menší renesancí díky indie vývojářům, kteří experimentovali s různými inovativními koncepty. Pokroky v umělé inteligenci a grafických technologiích umožnily ještě realističtější simulace a pokročilé vizuální styly. Po sérii *SimCity* navázalo v roce 2015 *Cities Skylines*, které nabídlo velmi podobný herní zážitek, avšak propracovanější a posunutý na vyšší úroveň. Možnost budování obrovského a komplexního města však přináší i svá úskalí. Druhé pokračování se v roce 2023 setkala s velkou vlnou kritiky za minimum inovací a hlavně špatný technický stav. V roce 2016 se do dějin tohoto žánru nezapomenutelně zapsalo české herní studio Wube Software se svojí hrou *Factorio* jež dalo de facto vzniknout novému žánru „pásovek“ a desítkám následných klonů nebo vylepšení (3D verze *Satisfactory*). Toto období dalo také vzniknout hrám s rozmanitým příběhem, vizuálem nebo tématem. Jedním takovým případem je série *Frostpunk* (2018 a 2024), která kombinovala budování se survival prvky a emocionálními rozhodnutími. Mezi více zaměřené hry patří bezpochyby *Planet Zoo* (2019) a *Planet Coaster* (2016), které přinesly budovatelský zážitek s důrazem na detaily specifického tématu. Taktéž mají jednoduché a přehledné uživatelské rozhraní.

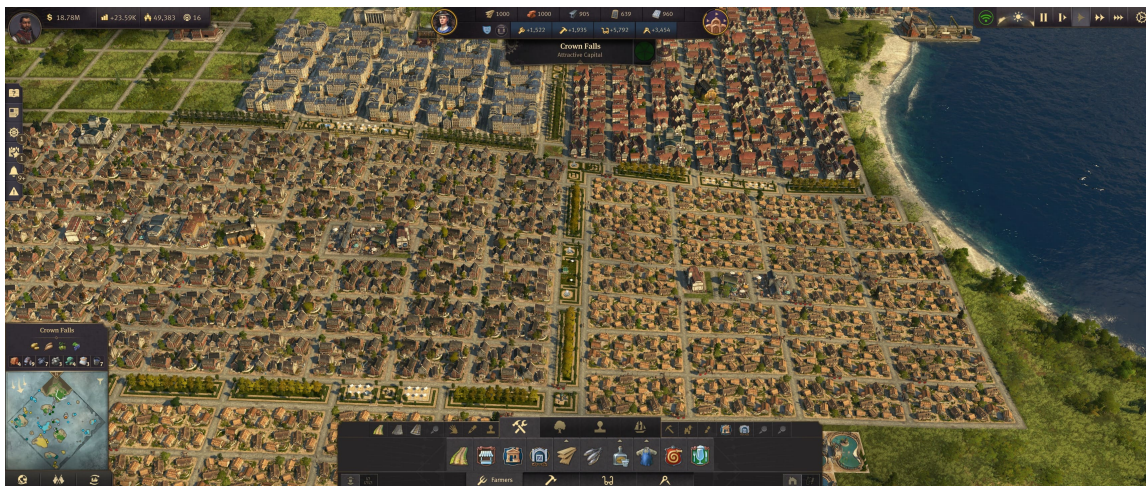
### 2.3 Analýza existujících budovatelských her

V žánru budovatelských strategií existuje mnoho her, které by stály za zmínku. Zde zmíněné jsou jedny z největších a nejkomplexnějších. Také sloužily jako největší inspirace při tvorbě hry *Bohemia 1899: At the brink of the century*.

<sup>2</sup>Obrázek 2.2 *Pharaoh* převzat z [https://store.steampowered.com/app/564530/Pharaoh\\_\\_Cleopatra/](https://store.steampowered.com/app/564530/Pharaoh__Cleopatra/) a *Anno 1602* z <https://www.mobygames.com/game/13666/anno-1602-creation-of-a-new-world/screenshots/windows/77397/>

### 2.3.1 Anno 1800

Je komplexní budovatelská strategie od studia Blue Byte a společnosti Ubisoft zasazená do období průmyslové revoluce. Hráč buduje města, spravuje zdroje, obchoduje a objevuje nové kontinenty – starý svět (Evropa) a nový svět (Jižní Amerika). Ve starém světě stráví hráč většinu času, má tam hlavní města a obyvatele. V novém světě se nachází vedlejší část hrátelnosti, další typ obyvatelstva a k tomu případající nové zdroje. Herní mapa je tvořena ostrovy s unikátními tvary a surovinami. Hráč je může obsazovat dříve než protivníci (AI nebo lidští).



Obrázek 2.3: *Anno 1800* je komplexní budovatelskou strategií zasazenou kolem roku 1800. Lze v ní budovat velká města na různých ostrovech, starat se o potřeby obyvatel a spolupracovat s protivníky. Snímek obrazovky zachycuje velké město se všemi typy obyvatelstva.

Města se staví na mřížce, a klíčovým prvkem je výroba produktů pro růst a spokojenost obyvatel. Série *Anno* je již od počátku postavena na dvou zásadních herních mechanikách – vrstvy obyvatelstva a produkční větve. Obyvatelstvo je rozděleno do vrstev (farmáři, dělníci, řemeslníci, inženýři), ty lze vidět na obrázku 2.3, z nichž každá má své potřeby a výrobní řetězce. Potřeby zvyšují populaci a luxusnost pak příjem a spokojenost. Každý produkt má svůj výrobní řetězec, příklad tohoto řetězce je na obrázku 2.4. Čím pokročilejší je, tím z více částí se skládá, více budov a pracovní síly potřebuje. *Anno* obsahuje taktéž systém postupu, kdy se hráči za dosažené milníky odemykají nové budovy a řetězce.

Hra obsahuje kampaň, volné hraní a hru více hráčů, přičemž diplomacie umožňuje komunikaci s ostatními frakcemi — možnosti jako obchod, aliance či válka. Boj probíhá formou námořních bitev, obranu pak zajišťuje loďstvo a pobřežní děla. Vyrábění lodstva je omezeno pouze penězi hráče. Aby protivníka zničil, musí zničit všechny jeho ostrovy (zničením většiny pobřežních budov).

Mezi mírové mechaniky pak patří například turismus či znečištění. Obě navazují na mechaniku popularity. Větší popularita města znamená větší turismus a tím i zisk. Čím je větší znečištění, tím je popularita menší. Se spokojeností obyvatelstva je pak spojen systém událostí. Spokojení obyvatelé dávají malé úkoly s odměnou a neprotestují. Další události jsou požár nebo epidemie.

*Anno 1800* patří mezi největší a nejkomplexnější hry budovatelského žánru. Obsahuje desítky propracovaných mechanik a díky dalším obsahovým (DLC) balíčkům jich je pořád



Obrázek 2.4: *Anno 1800* je známo svými výrobními řetězci, kdy pro výrobu jednoho produktu je potřeba několik dalších. Snímek obrazovky zachycuje výrobní řetězec hodinek a také vpravo zachycuje potřeby obyvatelstva.

víc. Na platformě Steam si aktuálně drží 82% kladných hodnocení.<sup>3</sup> Největší inspirace z *Anno 1800* byly mechaniky jako produkční větve a produkty celkově, potřeby obyvatelstva a budovatelský systém.

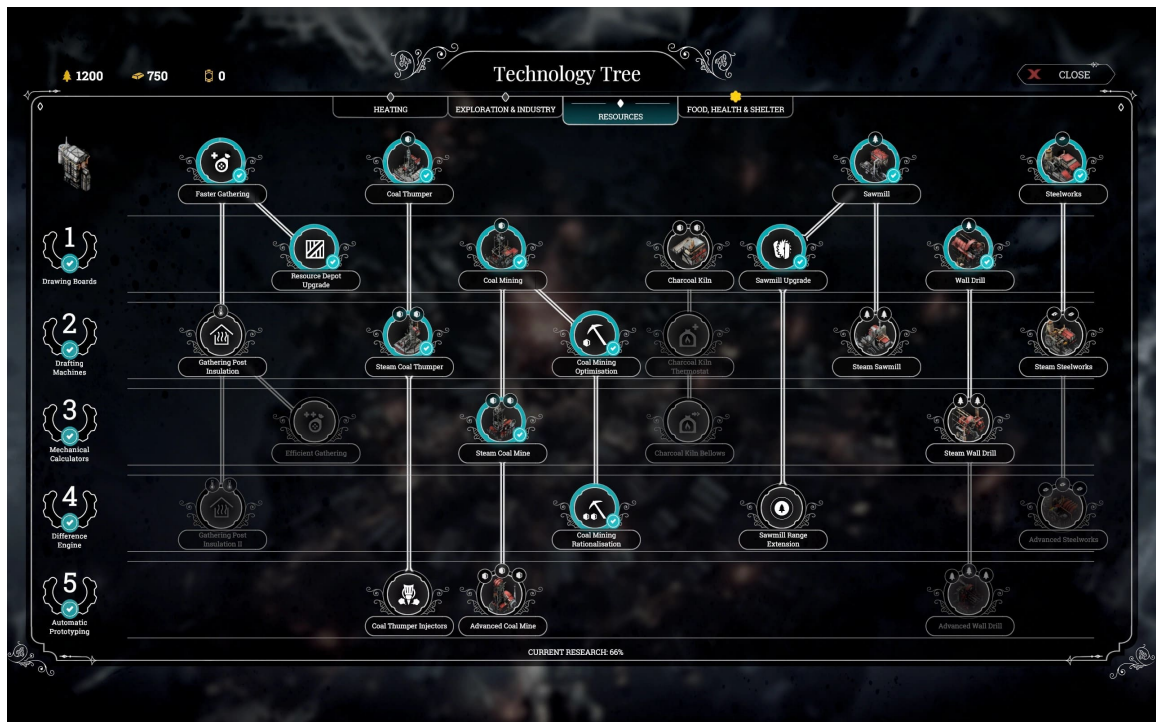
### 2.3.2 Frostpunk

*Frostpunk* od studia 11 bit studios není klasickou budovatelskou strategií, ale její jádro spočívá ve stavbě a správě města. Hra se odehrává v alternativní historii, kde mrazivé podmínky zničily svět. Hráč buduje město kolem generátoru tepla, zajišťuje suroviny a činí morální rozhodnutí ovlivňující přežití komunity. Hra pracuje s omezeným množstvím surovin (uhlí, dřevo, ocel, jídlo...) a lidí, kterých je jen několik desítek. Stavění probíhá na kruhových parcelách kolem generátoru a u stěn kráteru se těží klíčové zdroje. Důraz je kladen na přežití, nikoli expanzi.

*Frostpunk* obsahuje několik scénářů. Scénář „Nový domov“ funguje jako hlavní příběh a je nejdelší. Ostatní scénáře jsou kratší a mají unikátní příběh a cíle, například přežití první zimy, nalezení ztracené skupiny přeživších nebo zajištění pokračování civilizace. Ve všech se ale hráč musí potýkat s chladným počasím. V některých scénářích přijde jako finální výzva silná sněhová bouře, kdy již nejde být venku, shromažďovat suroviny a chodit na výpravy.

Aby hráč vyhrál a přežil bouři, je nutné postavit a vylepšit dostatek budov a nasbírat co nejvíc surovin. Uhlí pro napájení generátoru, dřevo a ocel pro stavby a jídlo pro obyvatele. Hra taktéž obsahuje pokročilý výzkumný strom (obrázek 2.5). Hráč tak může postupně zlepšovat technologie, což umožňuje efektivnější produkci, odolnější budovy a nové možnosti přežití. Čím *Frostpunk* vyniká, jsou pak morální volby. Hráč často čelí rozhodnutím, která mají dopad na spokojenost nebo přežití obyvatel – například zavedení dětské práce či prioritizace jídla před zdravotní péčí. Hra obsahuje také komplexní mechaniku zákonů, kde

<sup>3</sup>Veškeré informace (včetně hodnocení) o *Anno 1800* byly zjištěny hraním nebo ze [https://store.steampowered.com/app/916440/Anno\\_1800/](https://store.steampowered.com/app/916440/Anno_1800/)



Obrázek 2.5: Jednou ze zajímavých a důležitých herních mechanik je ve *Frostpunku* výzkumný strom. Ten umožňuje v několika oblastech vylepšovat budovy a zvětšovat tak šance na přežití. Snímek obrazovky zachycuje výzkumný strom pro suroviny.<sup>4</sup>

si hráč vytváří právní systém, který upravuje pravidla fungování společnosti, což může mít pozitivní i negativní dopady.

*Frostpunk* je známý svou depresivní atmosférou a intenzivními výzvami. Jeho komplexní herní smyčka a důraz na morální dilemata z něj udělaly jeden z nejvýraznějších titulů svého žánru. Na platformě Steam má 92% kladných hodnocení se skoro 100 tisíci recenzemi a díky rozšířením, která přidávají nové scénáře a mechaniky, si získal stálou komunitu fanoušků. V roce 2024 vyšel po šesti letech druhý díl, který se vzdal proprietárního herního enginu Liquid Engine ve prospěch Unreal Engine 5.<sup>5</sup> Největší inspirací z *Frostpunku* byl systém událostí, morálních voleb a výzkumného stromu.

### 2.3.3 Banished

Nezávislá budovatelská strategie od vývojáře Shining Rock Software, zaměřená na přežití malé komunity v nehostinném prostředí. Hráč začíná s několika osadníky a základními zásobami a jeho cílem je vybudovat soběstačnou osadu (obrázek 2.6). Stavební systém je opět budování založené na mřížce. Co činí tuto hru výjimečnou, je mechanika ročních období, která není u her obecně vůbec rozšířená. Proto je velmi důležité správně plánovat pěstování potravin a stavbu vesnice. Zima může zničit rychle všechnu úrodu a obyvatelé se tak octnou rázem bez jídla a začnou vymírat, což vede k rychlému konci hry. Další vzácnou

<sup>4</sup>Obrázek 2.5 byl převzat z [https://frostpunk-archive.fandom.com/wiki/Generator?file=Resources\\_tech\\_tree.png](https://frostpunk-archive.fandom.com/wiki/Generator?file=Resources_tech_tree.png)

<sup>5</sup>Veškeré informace (včetně hodnocení) o *Frostpunku* byly zjištěny hraním nebo ze <https://store.steampowered.com/app/323190/Frostpunk/>

mechanikou je implementace věku a rodinných stavů obyvatelstva. Lidé se párují a potřebují svůj vlastní domov, kde počnou potomka, všichni vesničané stárnou v herním čase. Děti pak mohou pracovat od určitého věku, staří pak zase od určitého nemohou.



Obrázek 2.6: Rozsahově je *Banished* menší, ale o to detailnější hrou. I v zde záleží na každém jednom člověku. Systém ročních období je v herním prostředí unikátní a proto činí *Banished* unikátní v tomto ohledu. Snímek obrazovky menší vesnice v zimě a mechaniku rolí, kde každému člověku lze přidělit roli.<sup>6</sup>

Mapa je náhodně generovaná, ale vždy je hlavní náplní les, občasné potoky a lehké hory. *Banished* obsahuje pouze volné hraní, takže cíl hry je jen na hráči. Obyvatelé mají své potřeby (jídlo, teplo, zdraví) a konkrétní roli. Tu jim lze přiřazovat libovolně. Smrt obyvatel nebo nízká porodnost může vést ke kolapsu komunity. Proto je nutné stavět nové domy pro mladé lidi co nejdříve. Jednotlivé potřeby pak hráč musí zajišťovat samostatně. Nedostatek některého zdroje může rychle způsobit hladomor či umrznutí. Jakožto pomoc slouží obchodníci, kteří mohou připlouvat přes řeku. Ti umožňují nakoupit a získat tak vzácné suroviny, nové plodiny nebo dobytek. Hra obsahuje i další události jako jsou nemoci, požáry a špatné počasí, které hráče nutí plánovat dopředu a budovat ochranné mechanismy, jako jsou nemocnice nebo hasičské stanice. Na *Banished* je viditelný nezávislý původ od malého studia, ale i přesto si získal sympatie mnoha hráčů a drží 90% kladných hodnocení na platformě Steam. Přes základní grafiku a ovládání se se svojí náročností a celkovou komplexitou herního zážitku řadí do těch těžších budovatelských strategií a survival podžánru.<sup>7</sup> Největší inspirací z *Banished* byl převážně systém ročních období.

<sup>6</sup>Obrázek 2.6 převzat z <https://www.pcgamer.com/banished-review/>

<sup>7</sup>Veškeré informace (včetně hodnocení) o Banished byly zjištěny hraním nebo ze <https://store.steampowered.com/app/242920/Banished/>

### 2.3.4 Ostatní

Jako inspirace sloužilo i mnoho dalších her, ale jedná se o menší mechaniky, které nestojí za detailní rozbor daných her. Ze *Cities Skylines* byla inspirací mechanika regionu. Z *Factoria* pak výzkumný strom. Jako inspirace posloužila také hra *Hearts of Iron IV* se svojí mechanikou politické síly a historickými událostmi.

## 2.4 Dobové zasazení

Hra Bohemia 1899 je zasazena na přelom 19. a 20. století na českém území v tehdejší Rakousku-Uhersku. Na popis tohoto období se zaměřuje [27] a podle něj druhá polovina 19. století a počátek 20. století přinesly výrazný pokrok v oblasti techniky a vědy, což zásadně změnilo život společnosti. V tomto období se začaly využívat nové výrobní postupy, materiály a zdroje energie. Mezi klíčové inovace patřilo nahrazení parního stroje spalovacím motorem, což vedlo k rozvoji automobilismu a letectví. První automobil s benzinovým motorem sestrojili Daimler a Benz v roce 1886, zatímco Henry Ford v roce 1912 spustil sériovou výrobu vozů. V oblasti letectví bratři Wrightové v roce 1903 zkonstruovali první letadlo s benzinovým motorem, což později vedlo k využití letadel ve vojenských konfliktech.

Elektřina se stala klíčovým prvkem průmyslového rozvoje (bude tedy i jednou z klíčových mechanik ve hře). V roce 1881 byly v Paříži představeny nové elektrické vynálezy, jako dynamo, alternátor a elektromotor, které se začaly používat v dopravě a průmyslu. Mezi další významné objevy patřila oblouková lampa Františka Křižíka, žárovka Thomase Edisona, telefon Alexandra Bella či bezdrátový telegraf Guglielma Marconiho. V roce 1895 bratři Lumiérové uspořádali první veřejné filmové promítání, čímž položili základy kinematografie. Lékařství se v tomto období rovněž rychle rozvíjelo díky objevům v biologii, chemii a fyzice. Louis Pasteur přispěl k rozvoji očkování, Robert Koch objevil původce tuberkulózy, Wilhelm Röntgen objevil rentgenové záření a manželé Curieovi se zabývali výzkumem radioaktivity. České země byly hospodářsky nejrozvinutější částí Rakouska-Uherska a tvořily 40% jeho průmyslové výroby.

Průmyslová revoluce vedla k růstu velkých podniků a koncentraci kapitálu, což způsobilo vznik monopolů a hospodářských organizací, jako byly kartely, syndikáty či trusty. Banky získaly větší vliv a finanční kapitál se začal investovat do méně rozvinutých oblastí Evropy a kolonií. Největšími vývozci kapitálu byli Britové, Francouzi a Američané, kteří soupeřili o hospodářský a politický vliv s Německem a i Rakouskem-Uherskem.

Kolem roku 1900 bylo Rakousko-Uhersko multietnickým a mnohonárodnostním státem s přibližně 52 miliony obyvatel. Společnost byla výrazně hierarchická, přičemž jednotlivé vrstvy obyvatelstva měly odlišné postavení, povinnosti i životní podmínky. Vrstevnická struktura byla ovlivněna historickými feudálními vztahy, ale zároveň byla ovlivněna rychlým průmyslovým rozvojem a vznikající buržoazií. Společenských vrstev bylo mnoho, například šlechta, měšťané, intelektuálové, dělníci, rolníci nebo bezzemci. Každá z nich měla své potřeby a případné luxusní věci spojené s jejich životem. Zatímco šlechta a měšťané si žili v přepychových domech a mohli jíst denně maso, takový dělník pak žil v nuznějších poměrech a maso jedl jen výjimečně.

Klasickým stavebním materiálům jako dřevo, sklo, cihly nebo kámen začal dominovat nově železobeton. Vývoj, kdy se umísťovaly ocelové pruty přímo do betonových konstrukcí, znamenal revoluci ve stavebnictví a tato kombinace tak umožnila dosáhnout pevnosti betonu v tlaku i pevnosti oceli v tahu, což vedlo ke stavbě vyšších a složitějších budov [31].

## 2.5 Videoherní průmysl

„Mohlo by to být oživení, kdyby se tu hrála hra, kterou by si lidé mohli zahrát a která by sdělovala, že naše vědecké úsilí má význam pro společnost.“

---

*William Higinbotham, tvůrce Tennis for two [8]*

První stolní hry se datují tisíce let do minulosti. Hry digitální jen pár desítek let zpět. I přes obrovské světové rozšíření a každoroční evoluci je moderní herní vývoj teprve na počátku. První kroky k digitalizaci her byly uskutečněny již v 50. letech minulého století. V roce 1958 vytvořil William Higinbotham první interaktivní elektronickou „hru“ *Tennis for Two* [8]. Tato jednoduchá hra simulovala tenis na osciloskopu a byla navržena jako ukázka vědecké technologie pro veřejnost. I když byla určena pouze pro demonstrační účely a nebyla komerčně dostupná, inspirovala budoucí vývojáře a ukázala, že technologie může být využita nejen pro vědecké či průmyslové účely, ale také pro zábavu. Tento průkopnický projekt otevřel dveře k moderním videohrám.

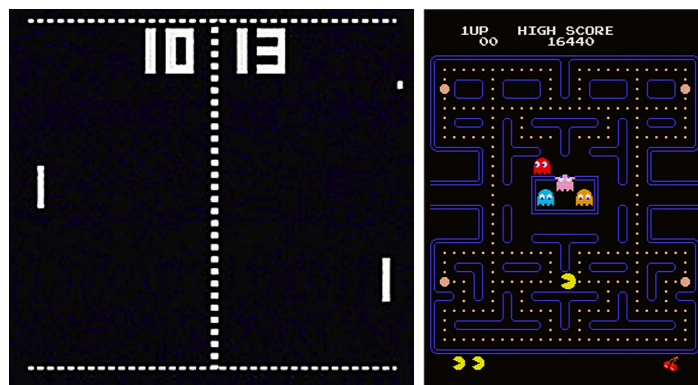
První hrou, kterou bychom nazvali již plně počítačovou, byla *Spacewar!* [32], vyvinutá v roce 1962 studenty na MIT. Hra byla naprogramována na počítači PDP-1 a nabízela unikátní herní zážitek, kde více hráčů mohlo ovládat kosmické lodě a snažili se je vzájemně zničit. Tato hra nejenže ukázala potenciál počítačů jako platformy pro interaktivní zábavu, ale také položila základy pro hru více hráčů a inspirovala vznik dalších ikonických titulů. Stala se důležitým milníkem v historii videoher, který otevřel cestu k rozvoji herního průmyslu a propojil technologii s kreativním vyjádřením. Vývoj herních zařízení a tím i her by se dal rozdělit na tři kategorie, které vystihují jednak období jejich popularity, tak nepoužívanější typ zařízení pro hraní her.

### 2.5.1 Arkády

Dominovaly převážně v 70. a 80. letech minulého století a jsou základem fenoménu videoher. Arkády stály u zrodu videoher dlouho předtím, než se rozšířily domácí konzole [2]. Začínaly v zábavních halách s automaty na pinball a staly se kulturními památkami. Vydání hry *Computer Space* od Nolana Bushnella a Teda Dabneyho v roce 1971 znamenalo nástup arkádových videoher. Brzy po ní následoval *Pong* (1972) od Ala Alcorna (lze vidět na obrázku 2.7), jednoduchá, ale revoluční hra, která upoutala pozornost veřejnosti a připravila půdu pro arkádový průmysl.

Nejlepší období pro arkády nastalo mezi lety 1978 a 1983, kdy se staly kulturním fenoménem a objevovaly se v barech, nákupních centrech, hernách a mnoha dalších podnicích. Tituly jako *Space Invaders* (1978) a *Asteroids* (1979) od Atari patří mezi nejpopulárnější hry té doby a i neznámější hry vůbec [23]. Vrcholem éry v osmdesátých letech minulého století se pak staly kultovní hry jako *Pac-Man* (1980) od Namco, který je dodnes nejvyhledanější postavou na Googlu [34] (hru lze vidět na obrázku 2.7). A *Donkey Kong* (1981) od Nintenda, který představil ikonickou postavu Maria. Tyto hry představily nové nezapomenutelné postavy, převratné mechaniky a nové žánry, čímž upevnily pozici arkádových her jako kulturní síly.

V 90. letech se objevily bojové hry v čele s hrou *Street Fighter II* (1991), která způsobila revoluci v soutěžním hraní a inspirovala série jako *Tekken* a *Mortal Kombat*. Arkádové automaty se staly symbolem této éry a jejich technologie, jako CRT monitory a základní elektronika, umožnily jejich masové rozšíření. Arkády nejen vytvořily herní kulturu, ale inspirovaly vznik moderních žánrů, jako jsou FPS hry nebo plošinovky.



Obrázek 2.7: *Pong* je jednoduchá hra pro dva hráče, která jednoduše simuluje tenis. Tři roky existovala jen arkádová verze, až v roce 1975 vznikla domácí verze, která se dala připojit k televizím. Aby se hráč v *Pac-Manovi* dostal do další úrovně, musí posbírat všechny žluté tečky v hracím poli. Čtyři duchové zavření ve středu bludiště mají za úkol hráče zastavit. Vlevo: původní *Pong*. Vpravo: originální *Pac-Man*.<sup>8</sup>

S rozvojem domácích konzolí však začaly herny upadat. Hráči vyhledávali delší a složitější hry a začali využívat online hry pro více hráčů, čímž se snížila potřeba společných herních prostor.

### 2.5.2 Konzole

Zažily svůj největší rozmach v 80. a 90. letech, kdy se hraní přesunulo z veřejných prostor do domácností. Hry z 80. let byly většinou jednoduchými klony existujících arkádových titulů. Historie videoher se změnila s příchodem vydavatelů třetích stran. Relativně nízké náklady na vydávání her pro osobní počítače umožnily vznik odvážných, jedinečných her. V roce 1983 zažil videoherní průmysl krach trhu, který neměl obdoby. Přejít z arkádových her na konzole, které byly vhodné pro domácí použití, se projevil naplno: znamenal začátek historie videoherních konzolí.



Obrázek 2.8: Magnavox's Odyssey neměla žádný mikroprocesor, ale byla založena na jednoduchých obvodech. Také neměla žádný audio výstup, takže hry byly zcela tiché.<sup>9</sup>

<sup>8</sup>Obrázek 2.7 Pongu byl převzat z <https://www.computerhistory.org/timeline/1972/#169ebbe2ad45559efbc6eb35720a0f9e> a Pac-Mana z <https://edition.cnn.com/style/article/pac-man-40-anniversary-history/index.html>

<sup>9</sup>Obrázek 2.8 byl převzat z článku [26]

**Magnavox's Odyssey** [26], uvedená v roce 1972 a navržená Ralphem Baerem, byla první komerčně dostupná herní konzole (originál lze vidět na obrázku 2.8). Nabízela jednoduché černobílé hry s průhlednými překryvy na obrazovce a příslušenstvím jako karty či světelná pistole. Přestože měla omezené možnosti a slabý marketing, položila základy pro domácí hraní a budoucí herní konzole. Mezi nejdůležitější herní konzole vůbec patří [9]:

- **Atari 2600** (1977) – první masově úspěšná konzole s vyměnitelnými kazetami, která umožnila hrát hry jako *Pong* nebo *Space Invaders* na jednom zařízení.
- **Nintendo Gameboy** (1989) – průkopník kapesních zařízení, velký úspěch zaznamenal hlavně díky přibalené hře – *TETRIS* (1985). Gameboy také představil nejvíce výdělečnou sérii her společnosti Nintendo: *Pokemon*. Do roku 2003 prodal skoro 120 milionů kusů [36] a byl tak nejprodávanější konzolí zatím.
- **Sony PlayStation** (1994) – první pokus o vstup Sony do herního průmyslu zažil velký úspěch (~102 milionu prodaných kusů [36]) díky výkonnému čipu, kvalitním 3D hrám (*Final Fantasy VII*, *Gran Turismo*, *Metal Gear Solid*, *Crash Bandicoot*) a rozšíření CD formátu.
- **Sony PlayStation 2** (2000) – nejprodávanější konzole historie (~159 milionu prodaných kusů [36]) si zpočátku získala pozornost díky svému procesoru „Emotion Engine“. Konzole PS2 měla díky svým možnostem DVD-rom větší výkon a herní paměť než její předchůdce a přenesla své úspěšné herní série do další generace (*Gran Turismo* a *Tekken*). Díky titulům první strany, jako byly *Jak & Daxter*, *Sly Cooper*, *Ico* a *Shadow of the Colossus*, spolu s velkou podporou exkluzivních titulů třetích stran (*Tekken Tag* a *Final Fantasy X-XII*) se PS2 stala konzolí, kterou si hráči vybrali pro nejruznější tituly.
- **Microsoft Xbox** (2001) – ve své době nejvýkonnější konzolí na trhu. Také standardizoval jedinečné funkce, jež se staly základními prvky budoucích generací, jako je vestavěný pevný disk a možnost širokopásmového připojení. Sloužil i jako multimediální centrum. Hlavním úspěchem byla herní série *Halo*.

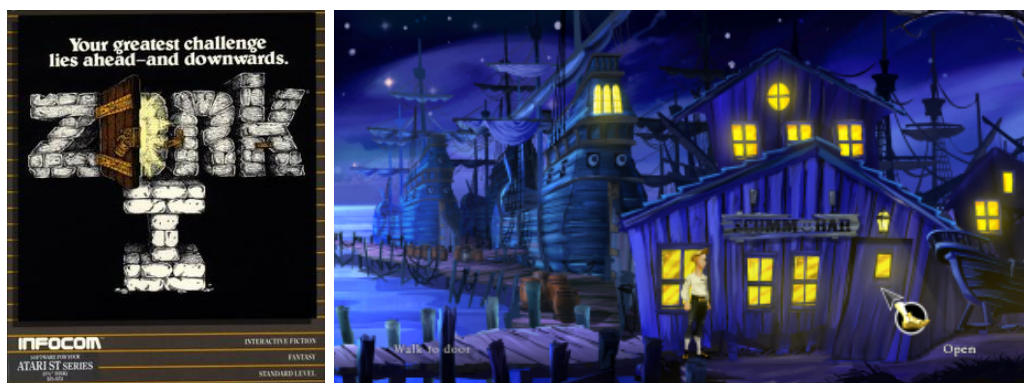
V moderní době existují jen tři velcí výrobci konzolí, a to:

- **SONY** – se svým podílem 45% [35] na trhu se jedná o zdaleka největšího výrobce konzolí na světě. Nejnovější konzolí je **Playstation 5** a jeho **Slim** nebo **Pro** verze mají celkem ~60 milionu prodaných kusů [36].
- **Nintendo** – 27.7% [35]. Na rozdíl od svých konkurentů nevyrábí domácí konzole, ale stále se drží handheld modelů. Poslední konzolí je **Nintendo Switch**, které se pomalu blíží první příčce v nejprodávanějších konzolích se ~142 miliony prodaných kusů [36].
- **Microsoft** – 27.3% [35]. Nejnovější konzolí je pak **Xbox Series** a jeho **S/X** modely, které mají dohromady necelých ~30 milionu prodaných kusů [36], což je jen lehce nad původním XBOXem.

### 2.5.3 Počítače

V roce 1952 vytvořil Alexander S. Douglas hru *OXO*, známou také jako „křížky a kolečka“. Hra byla navržena na univerzitě v Cambridge pro počítač EDSAC, jeden z prvních plně

funkčních počítačů s uloženým programem. V roce 1962 se objevil další důležitý počín — hra *Spacewar!*, kterou vyvinul Steve Russell a jeho tým na počítači PDP-1 [12] od společnosti Digital Equipment Corporation.



Obrázek 2.9: Zork je jedna z prvních textových adventur, která vznikla koncem 70. let, původně běžela na mainframech a později byla převedena na domácí počítače — její parser rozuměl složitějším větám než většina tehdejších her. *The Secret of Monkey Island* (TSOMI) je hra z roku 1990 od Lucasfilm Games (později LucasArts) a byla průkopnická tím, že na rozdíl od jiných adventur neumožňovala smrt postavy nebo slepou uličku, což podporovalo bezstresové hraní a experimentování. Vlevo: obálka hry Zork. Vpravo: obrazovka ze hry TSOMI.<sup>10</sup>

V 70. letech započal nástup osobních počítačů, jelikož tato léta byla klíčová pro vznik osobních počítačů, které přiblížily digitální technologie širší veřejnosti, kde průkopníkem byl Altair 8800, vydaný v roce 1975, který i když nebyl herním zařízením, ukázal potenciál pro vývoj softwaru [40]. Na konci této dekády se na trhu objevily počítače jako Apple II (1977), které umožňovaly nejen pracovní, ale také herní aplikace, jelikož právě na něm vznikla jedna z prvních textových her, *Zork*, která hráče vtahovala do interaktivního příběhu. Apple II byl také cenově přístupnější, což podnítilo vznik herní komunity [39].

Jak píše v článku [33]: „Osmdesátá léta minulého století znamenala zlomový okamžik v technologické historii.“. Tehdy se herní počítače staly běžnou součástí domácností. Ikonické stroje jako Commodore 64 (obrázek 2.10), ZX Spectrum, nebo Atari ST dominovaly trhu. První zmíněný vyšel v roce 1982 a byl nejen cenově dostupný, ale také technologicky pokročilý. Nabízel pokročilou grafiku a zvuk, což ho předurčilo k masivnímu úspěchu na poli her. Mezi populární hry patřily *The Last Ninja* a *Elite*. O tři roky později Atari ST a jeho rival Amiga 500 nastavily novou laťku v grafice a zvuku. Hry jako *Lemmings* a *The Secret of Monkey Island* (lze vidět na obrázku 2.9) předznamenalý posun k narativním a komplexnějším herním zážitkům. V roce 1984 debutoval Apple Macintosh (obrázek 2.10), který sice nebyl primárně herním počítačem, ale jeho grafické rozhraní a revoluční ovládání myši otevřely nové možnosti pro tvorbu her a interaktivních aplikací. Díky svému intuitivnímu uživatelskému prostředí přispěl k rozšíření používání osobních počítačů i mezi širší veřejnost. Hry jako *Dark Castle* a další experimentální tituly ukázaly, že počítače mohou nabízet nejen produktivní, ale i zábavné a vizuálně bohaté zážitky.

V 90. letech nastala éra počítačové dominance, ta přinesla zásadní proměnu trhu. Herní počítače se stávaly standardem díky nástupu IBM kompatibilních PC, které nabízely stále

<sup>10</sup>Obrázek 2.9 Zorku převzat z <https://en.wikipedia.org/wiki/Zork> a Monkey Islandu z [https://en.wikipedia.org/wiki/The\\_Secret\\_of\\_Monkey\\_Island](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Secret_of_Monkey_Island).



Obrázek 2.10: Commodore 64 je zapsán v Guinnessově knize rekordů jako nejprodávanější počítač všech dob. Celkově se prodalo více než 17 milionů kusů. Jedním z důvodů byla dostupnost tisíců her na tento počítač. Macintosh byl průkopníkem grafického uživatelského rozhraní (GUI), které nahradilo tehdy běžné příkazové řádky a ovládání pomocí myši se stalo standardem pro osobní počítače. Nalevo: Commodore 64. Vpravo: Macintosh.<sup>11</sup>

lepší výkon za přijatelnou cenu. Společnosti jako Microsoft s operačním systémem MS-DOS a později Windows umožnily rozšíření platformy PC mezi širokou veřejnost. Grafické karty jako 3dfx Voodoo přinesly revoluci ve 3D grafice, což umožnilo vznik her jako *Quake* (1996) nebo *Tomb Raider* (1996). Tyto hry definovaly počátek moderního hraní. PC se také stalo ideální platformou pro strategické a simulační hry díky klávesnici a myši. Tituly jako *StarCraft*, *Civilization*, nebo *SimCity* byly na této platformě nejúspěšnější.

Po roce 2000 se počítače staly modulárními a přizpůsobitelnými sestavami, což vedlo ke vzniku standardů pro rozlišení, konektory či velikosti komponent. Služba Steam (2003) zásadně proměnila distribuci her, když umožnila digitální prodej. Tituly jako *Grand Theft Auto V* (2013) a *The Witcher 3* (2015) nastavily nové standardy v otevřených světech, grafice a multiplayeru.

Současný vývoj směřuje k cloudovému hraní (GeForce NOW, Xbox Cloud Gaming) a využití AI v generování herních světů a chování postav [25].

## 2.6 Videoherní krach roku 1983

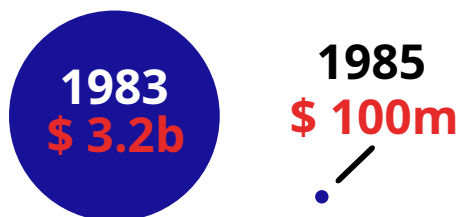
„Historie se neopakuje, ale často se rýmuje.“

*Mark Twain*

Již několikrát byl v textu výše zmíněn krach v herním průmyslu a zaměřuje se na něj článek [28]. Na počátku 80. let videoherní průmysl v Severní Americe rychle rostl, ale v roce 1983 zasáhla odvětví hluboká recese známá jako Velký severoamerický krach videoher. Trh se mezi lety 1983–1985 propadl o 97% (graficky na obrázku 2.11), mnoho

<sup>11</sup>Obrázek 2.10 Commodore byl převzat ze stránky [12] a Macintosh byl převzat z <https://www.homecomputermuseum.nl/en/collectie/apple/macintosh-128k/>. Odkaz na Guinnessův rekord: <https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/72695-most-computer-sales>

společností zkrachovalo a kritici předpovídali konec domácích videoher. Obchody přestaly videohry prodávat a růst odvětví se na tři roky prakticky zastavil.



Obrázek 2.11: Porovnání velikosti trhu s videohrami před a po krachu. Během dvou let se zmenšil o 97% a mnozí předpovídali jeho konec.<sup>12</sup>

Hlavní příčinou krachu v roce 1983 bylo přesycení trhu konzolemi — desítky zařízení s nekompatibilními hrami komplikovaly sdílené hraní. Dalším problémem byla nekontrolovaná produkce her, kdy výrobci ztratili vliv na vývoj třetích stran. Na počátku 80. let se společnost Atari neúspěšně soudila o právo regulovat vývoj třetích stran pro svá zařízení. Tento neúspěch vytvořil precedens, který umožnil jakékoli společnosti vyvíjet hry pro jakékoli zařízení. Trh tak zaplavily nekvalitní tituly. Tento trend špatných her vyvrcholil několika výraznými propadáky, které finančně ochromily videoherní společnosti a vyvolaly odpor proti konzolovým hrám. z nichž nejznámějšími propadáky byly Pac-Man (Atari) a E.T., často označovaný za nejhorší hru historie. Miliony kopií skončily neprodané na skládce v Novém Mexiku. Konec urychlila i konkurence osobních počítačů, jejichž cena výrazně klesla. Počítače nabízely širší využití než konzole, což vedlo ke změně preferencí spotřebitelů.

„Atari se zhroutilo, protože dalo příliš velkou volnost vývojářům třetích stran a trh byl zaplaven odpadními hrami.“

*Hiroshi Yamauchi, prezident Nintendo [28]*

Aby se společnost Nintendo vyhnula stejné chybě, vyráběla méně videoher, ale více kvalitní a přísně kontrolovala vývoj třetích stran. Udělalo to tak, že poprvé zavedlo kontrolní integrovaný obvod (CIC), aby zabránilo neautorizovaným vývojářům vytvářet hry na své platformě. Nintendo si také dokázalo získat zpět důvěru spotřebitelů videoher tím, že zavedlo „oficiální pečeť Nintendo“ pro své videoherní tituly. Žádná hra pro Nintendo se neprodávala v obchodech bez této pečeti – tento trend pokračuje u videoher dodnes. Krach měl za následek tři velké věci [28]:

1. **Dominance Nintendo** na poli videoher se 70% podílem na trhu.
2. Kontrola nad vývojem videoher třetími stranami vedla ke **zlepšení kvality videoher**.
3. Větší důraz na **vývoj a testování před vydáním**.

Ačkoli krach herního průmyslu proběhl před více než 40 lety, mnoho podobností lze vidět i dnes. Přestože je herní průmysl příliš velký na úplný kolaps, zažívá masivní propouštění, neúspěšné tituly a miliardové ztráty. Příkladem je *Concord* (2024), který stál až 400 milionů dolarů, ale byl stažen z prodeje jen 13 dní po vydání [38]. Jeden z největších vydavatelů, Ubisoft, ztratil za posledních 5 let přes 80 % své hodnoty a čelí hrozbě bankrotu [37].

<sup>12</sup>Obrázek 2.11 převzat a upraven z článku [28].

## 2.7 Vývoj her

„Opožděná hra je nakonec dobrá, ale uspěchaná hra je navždy špatná.“

*Shigeru Miyamoto, vedoucí vývoje The Legend Of Zelda [29]*

Dle článku *What is game development?* [1] je herní vývoj: „... umění vytvářet hry a popisuje návrh, vývoj a vydání hry.“ a dále uvádí, že se může skládat i z dalších neméně důležitých aktivit jako tvorba konceptu, návrh, sestavení a testování hry. Při vytváření hry je důležité myslet na herní mechaniky, odměny, zapojení hráčů, návrh úrovní, uživatelského rozhraní, hudby, zvuků a ovládání. Pod pojmem herní vývojář si většina lidí představí programátora, který sepisuje kód hry a sestavuje tak danou hru. Ovšem herním vývojářem jsou i umělci, zvukaři, designéři, modeláři nebo testeři a další role z tohoto průmyslu. Všechny jsou stejně důležité a nepřítomnost jakékoliv z nich by výrazně poznamenala výslednou hru. Vývojářským týmem může být obrovské studio čítající stovky lidí, ale klidně i jednotlivci.

Velká herní studia pak nejčastěji vyvíjejí takzvané triple-A (AAA) hry, jejichž vývoj je profesionální a považují se za ty největší a nejkvalitnější, častokrát s cenovkou 60 a více eur [18]. Jasným příkladem je *Red Dead Redemption 2* (2018), *Resident Evil 4* (2023), *Elden Ring* (2022) nebo nadcházející *Kingdom Come: Deliverance 2* (2025). Tyto studia jsou pak pod vydavatelskou společností, pro které hry přímo dělají (mezi ně patří Take Two, THQ Nordic nebo Paradox Interactive). Také mohou vyvíjet double-A (AA) hry, ty jsou pořád profesionálně vyvinuty a velmi kvalitní, ale mají střední rozpočet a méně vývojářů [18]. To je například *Senua's Saga: Hellblade II* (2024). Poslední hlavní kategorií jsou indie hry (z anglického independent = nezávislý), kde se jedná o nezávislé vývojáře, často i bez vydavatelské firmy, kteří pracují za sebe a velikost studia je tak nejčastěji v jednotkách lidí, ale mohou to být i desítky [18]. Pod pojmem indie jsou schovány jednoduché hry jako *Turmoil* (2016) nebo *Papers, please* (2013). Indie titulem může být označena i hra, která by jinak odpovídala AAA standardu, ale pochází od neznámého studia bez vydavatele. Takovou hrou je bez pochyby *Kingdom Come: Deliverance* od prvně neznámého studia Warhorse a jednalo se o jejich prvotinu. Takové tituly by se daly nazvat indie AAA.

### 2.7.1 Vývojové etapy

Bez ohledu na žánr hry nebo vývojářské studio, všechny hry mají jednu společnou vlastnost. Prošly si stejným vývojovým cyklem. Cyklus se dá rozdělit na několik etap, jejichž počet se může lišit v závislosti na zdroji. Podle Rosse Brambla [15] jich je sedm a to – plánování, předprodukce, produkce, testování, předvydání, vydání a podpora (přehledně na obrázku 2.12), a teoreticky existují pouze tři etapy – předprodukce, produkce a podpora. V podstatě naplánovat, vytvořit a vydat, což by pro jednoduché programy mohlo stačit, ale pro vývoj hry je to přílišné zjednodušení. Jednotlivé etapy pak popisuje následovně.



Obrázek 2.12: Podle Rosse Brambla je sedm vývojových etap, kde každá je stejně důležitá.<sup>13</sup>

<sup>13</sup>Obrázek 2.12 byl převzat a upraven z blogu [15]

## Plánování

Je nejdůležitější etapou, jelikož z ní vycházejí všechny ostatní. Bez pořádného plánu bude vývoj hry zmatený a pomalý, jelikož měnit části hry v průběhu vývoje může způsobit obrovské problémy. Při vytváření plánu by si měl vývojář položit tyto základní otázky:

- **Jaký bude mít hra žánr?** – definice žánru je nesmírně důležitá. Od výběru se odvíjí odpověď na ostatní otázky.
- **Bude hra ve 2D nebo 3D?** – 2D prostor je jednodušší z mnoha ohledů (modely, osvětlení, kolize, výkon), ale může působit zastarale oproti 3D.
- **Jaký Engine bude pro vývoj použit?** – výběr herního enginu je nutný, jen přechod během vývoje mezi verzemi může způsobit problémy. Proto je lepší po celý vývoj zůstat u jednoho enginu a verze.
- **Jaký styl bude hra mít?** – výběr stylu je něco, co se dá odložit, jelikož grafická část hry se vytváří až v druhé půli produkce. Vývojář by ale měl mít představu o stylu, jestli bude realistický nebo stylizovaný jelikož modely do hry se mohou vytvářet průběžně.
- **Jaké mechaniky bude obsahovat?** – výběr mechanik se odvíjí převážně od vybraného žánru. FPS hry budou mít kameru z první osoby, pohyb v prostoru založený na kolizích, zatímco RTS bude mít volnou kameru, často z ptačí perspektivy a bez kolizí.
- **Jaký bude rozsah?** – vývojář by si měl předem stanovit rozsah hry a nezvětšovat ho v produkci nebo hru nikdy nedokončit.

Poslední částí plánovací etapy by mělo být ověření konceptu (proof of concept), které určuje, jaké prostředky budou potřeba, aby hra vznikla. Proof of concept by měl odpovědět na následující otázky:

- Kolik bude stát vývoj této hry?
- Jak se získají potřebné peníze?
- Jak dlouho bude vývoj hry trvat?
- Má vývojář všechny dovednosti, které k vytvoření hry potřebuje, nebo si bude muset najmout tým?
- Pokud si bude muset najmout tým, kolik lidí bude potřebovat? Jak velký bude tým a jaké role bude mít?
- Jak bude hru zpeněžovat?
- Na jakých platformách ji bude publikovat?

## Předprodukce

Ve druhé, předprodukční etapě vývoje hry, už dochází k reálnému vývoji. Také je důležité se zaměřit na práci, vytvořit koncepty příběhu a prototypy. Na jejich základě se pak rozhodnout, které nápady jsou dobré a fungují a které jsou určeny k vyřazení. Je nutné zvážit každý aspekt hry, ať už jako samotný celek nebo malou část celé hry. Jednotlivé role v týmu pak musí postupy sjednotit:

- **Umělci** se musí ujistit, že výtvarný styl a barevná paleta odpovídají tématu a žánru hry.
- **Vývojáři** musí pevně stanovit mechaniku a fyziku hry a způsob zpracování modelů a objektů. Na některých z těchto rozhodnutí se budou muset podílet umělci, scénáristé a inženýři v závislosti na tom, jak tato rozhodnutí ovlivní scénář nebo hratelnost.
- **Inženýři** budou muset týmu sdělit, jaká jsou jejich omezení. Tým scénáristů může chtít velké filmové finále, které herní engine nedokáže vykreslit. Vývojáři mohou chtít mechaniku, která by mohla způsobit problémy s výkonem.
- **Scenáristé** se musí dohodnout na scénáři, postavách a světě, ve kterém žijí. Scénář ovlivní výtvarnou stránku, mechaniku a prostředí, které je nutné vytvořit.
- **Vedoucí** projektu jsou tou rozhodující částí, která vyvažuje požadavky jednotlivých týmů, činí konečná rozhodnutí, odstraňuje překážky a udržuje všechny ve stejném prostředí.

Nezávislí vývojáři, kteří pracují na projektu sami, jsou pak zodpovědní za všechny tyto oblasti. Je toho hodně, co se musí vybalancovat, ale na druhou stranu čím méně lidí ve vývoji je, tím jednodušší je komunikace a vývoj výsledné hry (samozřejmě pomalejší). V této etapě nacházejí nápady svoji formu. Málokdy se stane, že by nějaká hra prošla plánováním a předprodukcí bez menších změn. Ať už mohou v ostatních etapách vývoje vzniknout jakékoliv problémy, tak rozhodnutí učiněná v předprodukcii udrží projekt při zemi.

## Produkce

Je nejdělsí a nejdůležitější etapou vývoje hry. V této etapě můžou vývojáři strávit i roky a stojí nejvíce peněz. Když jsou hry v produkci:

- Vývojáři a designéři vytvářejí svět hry, vytvářejí dynamické prostředí, které doplňuje příběh, výtvarné řešení a herní mechaniky.
- Navrhují se, renderují a animují modely hlavních postav a nehratelných postav (NPC).
- Dabéři nahrávají dialogy do hry. Často se jedná od spousty herců s tisíci replik.
- Zvukoví designéři vytvářejí zvukové stopy a herní efekty, od zvuků pohybu v menu až po zvuky pozadí v herním světě.
- Scenáristé upravují scénáře a starají se o všechny drobné popisné úkoly, které se objeví, jako je pojmenování NPC a psaní popisů předmětů.

Produkce je místem, kde se skrývá hlavní zábava, ale také místo, kde se všechny nápady podrobí testu a kde je nutné učinit těžká rozhodnutí. Někdy se musí během produkce provést malé změny, například změna modelu nebo úprava mechaniky. Jindy se ale pro dobro projektu musí odstranit celé segmenty a herní prvky. Protože plánování je sice nutné, ale pokud někdo plánuje hru poprvé, nikdy přesně neodhadne délku vývoje a buď tak musí odložit datum vydání nebo nějaké části vyloučit. V poslední době je bohužel oblíbené udělat všechno na polovinu a produkt vydat. Takže výsledná hra je plná chyb, není optimalizovaná a práce na ní zdaleka neskončila, ovšem prodává se za plnou cenu a její reputace je navždy poškozena.

## Testování

Jedna z nejdůležitějších etap ve vývoji. Podle typu hry závisí její časová náročnost, například se RPG bude testovat jinak než lineární FPS hra. V této fázi je nezbytné otestovat každý jednotlivý prvek hry, zjistit a hlavně opravit co nejvíce chyb, kritických závad, benefičních chyb (exploitů) nebo postupových zámků (softlocků). V rámci testování je téměř nemožné nalézt všechny chyby. Testerů může být jen omezené množství a vždy se najde hráč, který uvažuje jinak. Mezi nejčastější problémy, které se musí otestovat, patří:

- **Pevná prostředí** – je nutné se ujistit, že žádný z objektů, který nemá být, není průchozí. Hra obvykle obsahuje tisíce modelů a vývojáři zkrátka zapomenou všechny zkontrolovat. To pak hráčům umožní vstoupit tam, kam by neměli. Někdy je to propadnutí pod mapu, vstup do budovy bez interiéru nebo dokonce přístup do jiné části hry, kde nemá zatím co pohledávat.
- **Vykreslování a výkon** – musí se ověřit, že se všechny objekty vykreslují jak mají. Jestli se neztrácejí nebo nepřekáží jiným. Také by mělo dojít ke kontrole optimalizace jestli v některých částech hry neklesá výkon. Špatně optimalizované funkce nebo mechaniky mohou vést k nízké snímkové frekvenci ze strany procesoru. Příliš mnoho kvalitních objektů může zase vést na pokles výkonu ze strany grafické karty.
- **Exploity** – je nutné zajistit, že hráč nemůže využít nějakou z herních mechanik tak, jak nebyla zamýšlena. Většinou toto zneužití vede ku prospěchu hráče.
- **Softlocky** – jedna z věcí, které by ve hře měly být minimálně. Hráč se nesmí bez svého přičinění zaseknout ve hře. Například potřebuje li klíč, aby postoupil do další sekce, tento klíč se nesmí hráčovi dostat z inventáře.

Cílem testovací etapy není jen výše zmíněné, ale testování „zábavy“. Hra může být graficky krásná, výkonově vyladěná, ale když nebude zábavná, tak se nebude prodávat a hlavně z ní vyprchá ten hlavní smysl, že jde o hru. Proto je nutné otestovat, zda je zábavná na hraní, že je dostatečně odměňující a má hráč motivaci hrát dál.

## Předvydání

V této etapě se nejčastěji rozjíždí marketing a detailní propagace hry. Hra by měla být ve stabilní betaverzi a připravena pro veřejnou prezentaci. Pro marketing se tvoří upoutávky, demoverze (v dnešní době velmi vzácně) nebo se hra přímo vydá do takzvaného předběžného přístupu. Tato verze často obsahuje hlavní mechaniky, grafiku a zvuky, ale často chybí příběh nebo vedlejší mechaniky a optimalizace.

Tato fáze je nejkritičtější, protože doteď probíhal vývoj bez znalosti veřejnosti. Při plánování se vychází z průzkumů trhu, ale od něj mohou uplynout roky a trh se pořád mění. Je proto velmi důležité, jak hráči hru přijmou, protože už není čas a ani nejsou prostředky na měnění jádra hry. Ohlasy, ať už pozitivní nebo negativní, lze využít. Hra pořád není vydána a spousta věcí se tak může dodělat nebo pozměnit k zalíbení hráčů. Také je nutné připomenout, že vše, co v této fázi hráči vidí, není úplně finální. Spousta studií to ale značně přehání s tím, že ukázaná hra neprezentuje výslednou podobu. Když je hra pár měsíců od vydání, tak se v ní moc změnit nemůže a už vůbec ne základní mechaniky.

## Vydání

Předposlední etapa, samotné vydání hry. Jakmile je hra vydaná, nejde ji vymazat z internetu. Krátce před vydáním je ještě možné vyladit poslední věci, dodělat modely nebo udělat něco navíc, co zlepší hráčův zážitek. Pokud hra vychází i na fyzickém médiu, tak se tyto poslední změny do ní nepromítnou. Fyzické médium je v dnešní době jen na konzole, a i ty začínají přecházet na kompletní online model. Hra se ale musí na fyzické nosiče uložit zavčasu, takže verze, která vyjde na blu-ray discích, není úplně stejná jako ta online. Proto má spousta vývojářů na den spuštění připravenou záplatu (**day one patch**) jenž je online a dorovná fyzickou verzi na tu finální. Taktéž může obsahovat opravy chyb, optimalizaci a vše, co se nestihlo dát do hry při vydání.

## Podpora

Vydáním hry vývoj zdaleka nekončí. Poslední etapa vývoje je velmi rozlišná dle typu hry a také plánu vývojářů. Hry se mohou dočkat podpory v několika formách:

- **Obsahové aktualizace** – hry typu „hra jako služba“ (**game as a service**) stráví podstatnou část v etapě podpory, jelikož není vydána finální hra, ale jen základ s minimem obsahu. Další pak bude v intervalech následovat. V dnešní době se vžil termín sezón, kdy každá sezóna přinese do hry nový obsah ve formě map, postav a zbraní. Nejznámější hrou tohoto typu je *Fortnite*.
- **Oprava chyb** – aktualizace, které mají za cíl opravit chyby, exploity nebo softlocky. Všechno, co nebylo zachyceno v rámci testování a bylo odhaleno hráči.
- **Oprava balancu** – většinou pro kompetitivní hry více hráčů. Opravují věci jako poškození zbraní, rychlost pohybu nebo ceny v obchodech, aby byl herní zážitek vyvážený.
- **Přídavný obsah (DLC)** – jedná se o velké rozšíření her. Někdy může být samostatně spustitelné nebo vyžadovat základní hru. Jedná se o příběhové dodatky nebo nějaké minihry. Vývoj DLC často začíná až po vydání hry jako reakce na pozitivní přijetí a chutě hráčů na nějaký přídavek.

## 2.8 Herní enginy

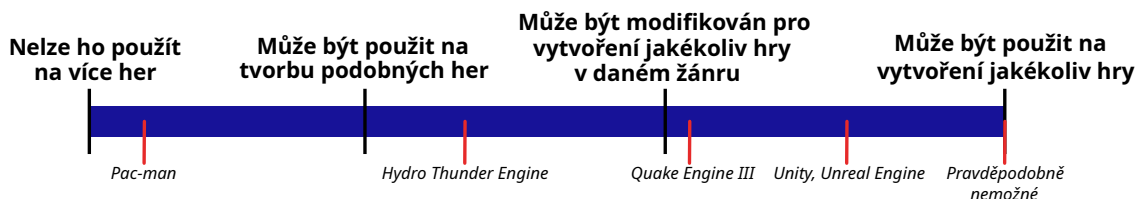
Z knihy *Game Engines Architecture* [17] se lze dozvědět, že první herní enginy vznikly v polovině 90. let, zejména díky FPS hrám jako byl *Doom* od studia id Software a byly navrženy tak, aby jasně oddělovaly základní softwarové komponenty (renderování grafiky, detekce kolizí nebo zvukový systém) a obsah her (umělecké prvky, herní světy a mechaniky). Toto oddělení pak umožnilo vývojářům snadno upravovat hry a vytvářet nové produkty pouze změnou modelů, textur nebo herních mechanik, zatímco samotný engine zůstal téměř beze změny. Tento přístup vedl ke vzniku komunity zaměřující se na modifikace, která hrála klíčovou roli ve vývoji herního průmyslu.

Na konci 90. let se herní enginy, jako *Quake III Arena* a *Unreal*, začaly navrhovat s ohledem na znovupoužitelnost a snadnou modifikaci. Díky integraci skriptovacích jazyků, například *Quake C*, mohli vývojáři i hráči upravovat hru bez nutnosti zásahu do základního kódu enginu. Tento přístup rovněž umožnil licencování enginů jako další zdroj příjmů.

Herní studia tak mohla využít hotové enginey a znovu použít velkou část jejich softwarových komponentů, což bylo výhodnější než tvorba vlastního engineu. Tato praktika funguje dodnes.

Hranice mezi hrou a engineem nebyla nikdy zcela jasná. Některé enginey poskytují jen obecné nástroje, zatímco jiné mají pevně zakódované funkce pro konkrétní objekty nebo herní mechaniky. Klíčovou vlastností herního engineu je však jeho datově řízená architektura, která umožňuje rozšiřitelnost a přizpůsobení pro různé hry. Pokud má engine pevně zakódovanou logiku, jeho použití pro jinou hru je značně omezené. Univerzální herní engine, který by mohl být použit pro jakýkoliv žánr na libovolné platformě, zatím neexistuje, ale vývoj technologií tento rozdíl postupně stírá (škála na obrázku 2.13). Moderní hardwarové možnosti a efektivní algoritmy umožňují, aby například engine určený pro FPS hry mohl být použit i pro strategické hry. Přesto však platí, že čím obecnější je engine, tím méně je optimalizovaný pro konkrétní hru nebo platformu. Vývojáři tak často čelí kompromisu mezi obecností engineu a jeho výkonností pro konkrétní aplikaci.

Herní enginey se od svého vzniku staly klíčovou součástí herního průmyslu. Umožňují znovupoužitelnost softwarových komponent, podporují kreativitu komunit a poskytují ekonomicky výhodné řešení pro vývoj her. I když univerzální engine pravděpodobně zůstane nedosažitelným ideálem, současné technologie nabízejí široké možnosti a podporují vznik nových herních zážitků.



Obrázek 2.13: Škála znovupoužitelnosti herních engineů. Vytvoření herního engineu, který by byl použitelný na vytvoření jakékoliv hry, je téměř nemožné.<sup>14</sup>

### 2.8.1 Proprietární herní enginey

Mnoho společností vytváří a spravuje vlastní herní enginey. Vytvořit takový engine stojí spoustu času a prostředků, ale má několik výhod [24]:

- **Na míru** – herní engine je vytvořen na míru pro konkrétní žánr her. Je tak s ním jednodušší práce a má lepší optimalizaci. Například Id Tech engine pro FPS hry nebo Decima pro otevřené světy.
- **Zkušenosti** – většinou daný engine vyvíjí stejní vývojáři, kteří pak pracují na hře na něm postavené. Takže mají mnohem více zkušeností, znají ho do detailů a produkce je tak rychlejší a efektivnější.
- **Kontrola** – studio má nad engineem kompletní kontrolu. Může upravovat jeho části a dále ho vyvíjet.
- **Zpeněžení** – vlastnictvím engineu nemusí platit třetí straně podíl ze zisku. Naopak může svůj engine prodat jiným studiím a ještě na tom vydělat.

<sup>14</sup>Obrázek 2.13 byl převzat a upraven z knihy [17].

Mezi nejznámější proprietární enginy patří:

- **RE Engine** – jedná se o vlastní engine společnosti Capcom. Podporuje fotorealistickou grafiku a vizuální efekty, skvělou optimalizaci pro PC i konzole a zaměřuje se na detaily prostředí a postav. V tomto enginu byla vytvořena hlavně *Resident Evil* série od sedmého dílu. Jinak jsou na něm založeny všechny nové hry od společnosti Capcom. Tento engine čeká brzo přetvoření do REX Engine, nové propracovanější verzi [19].
- **Frostbite** – vlastní engine společnosti Electronic Arts, používaný hlavně pro jejich tituly. Vyniká realistickou fyzikou a vizuálními efekty, integrovanou podporou pro destrukci prostředí a optimalizací pro FPS hry. Byly v něm vytvořeny hry jako *Battlefield* nebo *Star Wars Battlefront* [17].
- **Decima** – používán studiem Guerrilla Games a dalšími partnery Sony. Realistická grafika, osvětlení, fyzika a animace. Optimalizován hlavně pro konzole od Sony. Hlavní hry na tomto enginu jsou *Horizon Zero Dawn* (2017), *Horizon Forbidden West* (2022) nebo *Death Stranding* (2019) [20].
- **Rockstar Advanced Game Engine (RAGE)** – engine společnosti Rockstar Games. Pokročilé animace postav (například s využitím Euphoria physics engine). Velké otevřené světy s realistickým chováním NPC postav. Optimalizace pro příběhové hry a rozsáhlé simulace. V tomto enginu byla vytvořena série *GTA* od čtvrtého dílu nebo oba díly *Red Dead Redemption* a patří mezi nejmodernější [17].
- **Creation Engine** – engine společnosti Bethesda. Navržený pro velké otevřené světy a rozsáhlé možnosti modifikace (velmi populární v modérské komunitě). V dnešní době již hodně zastaralý, je na něm postavena série *Fallout* nebo *Elder Scrolls*. Verze 2, která pohání hru *Starfield*, není velkým zlepšením. Engine je špatně optimalizovaný a postrádá realistickou grafiku [14].

### 2.8.2 Volně dostupné herní enginy

Ty jsou dostupné pro kohokoliv. Byly vytvořeny buď za tímto účelem, nebo se tak staly z proprietárních. Často mají uživatelsky přívětivé prostředí, aby je dokázal ovládat každý. Jejich použití není nijak omezeno a pokud se vývojář rozhodne svoji hru zpeněžit, pak musí odvádět malý podíl ze zisku společnosti vlastníci daný engine. Nemá ovšem přístup ke zdrojovým souborům a nemůže tak upravovat samotný engine, musí využívat pouze jeho nástroje. Mezi nejpoužívanější enginy patří:

- **Unreal Engine (UE)** – velmi rozšířený a moderní herní engine nabízející realistickou grafiku a osvětlení. Detailní popis je v sekci 2.9.
- **Unity** – jedná se o jeden z nejrozšířenějších herních enginů, používaný pro 2D i 3D hry různých žánrů. Díky svému uživatelsky přívětivému prostředí se stal častou volbou mnoha indie vývojářů. Podporuje široké spektrum platforem (PC, konzole, mobilní zařízení, web, VR/AR). Je zdarma pro kohokoliv k použití. Nejznámější hry, které na Unity vznikly, jsou *Cuphead* (2017) nebo *Hollow Knight* (2017) [17].
- **CryEngine** – dříve se jednalo o proprietární engine společnosti Crytek na kterém běží celá série *Crysis*. Dnes je již engine volně dostupný a dokonce open source. CryEngine

je hlavně zaměřen na velmi realistickou grafiku a osvětlení. Má tak i větší nároky na hardware a zkušenosti vývojářů. Kromě *Crysis* běží na CryEnginu i *Prey* (2016) nebo *Kingdom Come: Deliverance* (2018) [17].

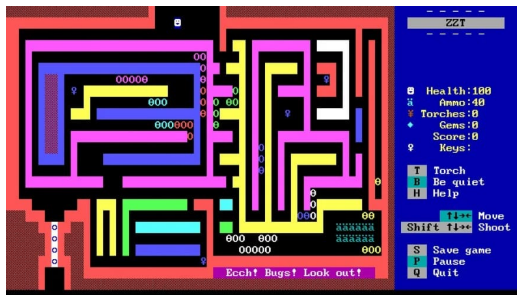
## 2.9 Unreal Engine

Vytvořený společností Epic MegaGames (dále jako Epic Games) se poprvé objevil na scéně v roce 1998 s revoluční hrou *Unreal*. Od té doby se stal významným konkurentem technologie Quake a základem pro řadu projektů, včetně modifikací, univerzitních výzkumů a komerčních her. Nejnovější verze, Unreal Engine 5, představuje špičku v herní technologii díky svým pokročilým nástrojům, jako je grafické rozhraní pro tvorbu shaderů a vizuální programovací systém Blueprints, který zjednodušuje tvorbu herní logiky.

UE je také ceněn pro svou univerzálnost a uživatelsky přívětivé nástroje. Přestože je často upravován pro optimalizaci na konkrétních platformách, nabízí robustní základnu pro vývoj her různých žánrů, nejen FPS a TPS. Mezi úspěšné hry vytvořené na UE 5 patří například *Robocop: Rogue city* (2023), *Frostpunk 2* (2024), *S.T.A.L.K.E.R 2* (2024).

### 2.9.1 Historie vývoje

Dle článku [13] v roce 1991 začal Tim Sweeney vytvářet editační nástroje pro své hry, z nichž první byla ZTZ – jednoduchá akční logická hra s možností úprav (obrázek 2.14). Přestože nebyla revoluční, její objektově orientovaný přístup položil základy moderních herních technologií. Následná hra *Jill of the Jungle* Sweeneymu ukázala význam herního enginu, což vedlo ke vzniku koncepce Unreal Enginu, který později zásadně ovlivnil herní průmysl.



Obrázek 2.14: Tim Sweeney, co by student strojíního inženýrství, se rozhodl vytvořit textový editor poté, co se mu nelíbily programovací jazyky, které zkoušel na svém počítači. Přes den se učil a v noci pracoval na své hře. Celkem vývoj hry *ZTZ* trval devět měsíců a její dokončení trvalo přibližně 1 000 hodin.<sup>15</sup>

### Unreal Engine 1

Dle článku [22] v roce 1995 začal Tim Sweeney pracovat na první generaci Unreal Enginu, který se zpočátku spoléhal na vykreslování procesorem, ale později začal využívat i grafické karty.

Hra *Unreal* (1998) zaujala detailní grafikou, barevným osvětlením, kolizní detekcí a integrovaným editorem úrovní (lze vidět na obrázku 2.15). Prodalo se jí přes 1,5 milionu

<sup>15</sup>Obrázek 2.14 byl převzat z <https://www.rockpapershotgun.com/have-you-played-ztz>



Obrázek 2.15: *Unreal* byl první 3D hrou od Epic Games, zaznamenal obrovský úspěch a stal se průkopníkem FPS žánru. Nalevo: přední strana obálky hry *Unreal*. Napravo: snímek obrazovky ze hry.<sup>16</sup>

kopií [13]. *Unreal Tournament* (1999) navázal s vylepšeným výkonem, podporou 24bitových textur a lepšími možnostmi pro více hráčů, čímž překonal předchůdce i v prodeji. Podle Thora Jensena byla technologie enginu výrazně napřed oproti konkurenci. Epic Games jej začali licencovat ještě před vydáním *Unrealu*, což vedlo ke vzniku her jako *Deus Ex*, *Harry Potter* či *Rune*. Unreal Engine nabídl vývojářům silný editor a skriptovací jazyk UnrealScript, čímž zpřístupnil profesionální vývoj her širší veřejnosti.

## Unreal Engine 2

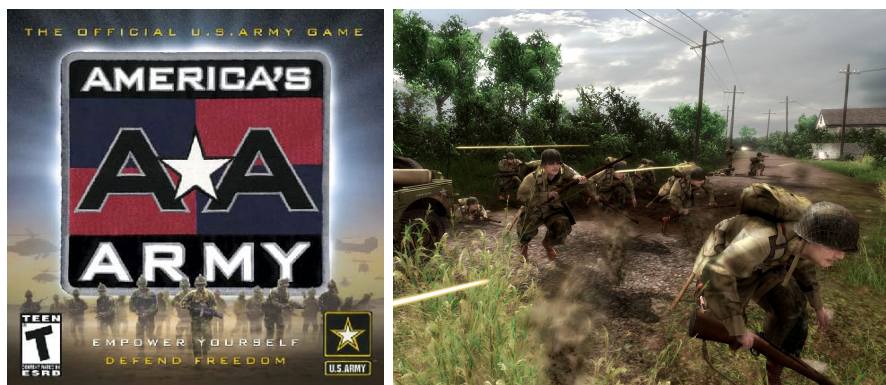
Druhá verze Unreal Enginu debutovala v roce 2002 hrou *America's Army*, bezplatnou multiplayerovou střílečkou vytvořenou ve spolupráci s americkou armádou pro nábor a vzdělávání. Hra získala ocenění za inovativní využití herní technologie. UE2 přinesl výrazná vylepšení, včetně pokročilé AI, systémů částic, filmových scén a skeletální animace. Engine zvládal až 100× více detailů než jeho předchůdce. V *Unreal Tournament 2004* byly poprvé implementovány herní prvky s vozidly. Na UE2 vznikly tituly jako *Spider-Man 2*, *Star Wars: Republic Commando*, *BioShock 1 a 2* nebo *Brothers in Arms* (lze vidět na obrázku 2.16).

## Unreal Engine 3

Unreal Engine 3 byl uveden v roce 2006 spolu s hrou *Gears of War*, která vynikla vizuály, zvukem a novými grafickými funkcemi, jako fyzikální a zvukový systém, HDR renderování a výpočty na úrovni pixelů. V roce 2010 se engine rozšířil i na iOS a Android. Postupně byly přidány funkce jako destruktivní prostředí, simulace davů či stereoskopické 3D, což vedlo k jeho širokému využití – vzniklo na něm asi 300 her. Mezi nejvýraznější tituly patří *Batman: Arkham Asylum* (2009), oceňovaný za technické zpracování a detaily, včetně realisticky animovaného pláště, který dostal Guinnessův rekord za nejlépe hodnocenou hru se superhrdiny všech dob<sup>17</sup>.

<sup>16</sup>Obrázky 2.15 byly převzaty z <https://archive.org/details/gt-unreal-1998/01-unreal-windows-front-cover.jpg>.

<sup>17</sup><https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/most-critically-acclaimed-superhero-videogame>



Obrázek 2.16: *America's Army* byla hrou financovanou a publikovanou Armádou Spojených států a při vydání byla volně dostupná ke stažení. *Brothers in arms: Road to Hill 30* je mnohými považována za jednu z nejlepších videoher s tematikou druhé světové války a taktických stříleček, které kdy vznikly. Hry se prodalo přes 1,7 milionu kusů. Nalevo: přední strana obálky hry *America's Army*. Napravo: snímek obrazovky ze hry *Brothers in arms: Road to Hill 30*.<sup>18</sup>

## Unreal Engine 4

Unreal Engine 4 vyšel 19. března 2014 po 11 letech vývoje, na jehož počátku pracoval pouze Tim Sweeney. Mezi hlavní novinky patřilo globální osvětlení v reálném čase pomocí voxelového sledování a zavedení blueprintů, které umožnily tvorbu herních prvků bez programování. UE4 podporoval širokou škálu platform a vzniklo na něm přes 400 her. Výrazně přispěl k úspěchu her jako *PUBG* (rekord na Steamu přes 3,2 milionu hráčů<sup>19</sup>) a *Fortnite*, který během roku získal přes 125 milionů hráčů<sup>20</sup> a vydělal 9 miliard dolarů [13]. Unreal Script byl nahrazen plně C++ kvůli vyšší efektivitě a lepším možnostem ladění.

## Unreal Engine 5

V roce 2018 začal jeho vývoj a oficiálně byl uveden 5. dubna 2022. Jeho hlavním cílem bylo usnadnit vývojářům tvorbu detailních herních světů bez nutnosti vytvářet množství nových detailních assetů. Jak uvádí [13] tak UE verze 5 přinesla průlomové technologie, které významně zjednodušují práci vývojářů a zároveň posouvají kvalitu herní grafiky na dosud nevídanou úroveň. Jednou z hlavních novinek je technologie Nanite, která umožňuje importovat do her velmi detailní naskenované zdroje. Nanite automaticky upravuje úroveň detailu objektů podle cílové platformy a vzdálenosti, což výrazně snižuje množství ruční práce umělců. Další významnou funkcí je Lumen, dynamické globální osvětlení, které okamžitě reaguje na změny scény a světelných podmínek. Lumen umožňuje realistické odrazy světla a vytváří působivě osvětlené scény s dynamickým osvětlením, což přispívá k větší vizuální působivosti her.

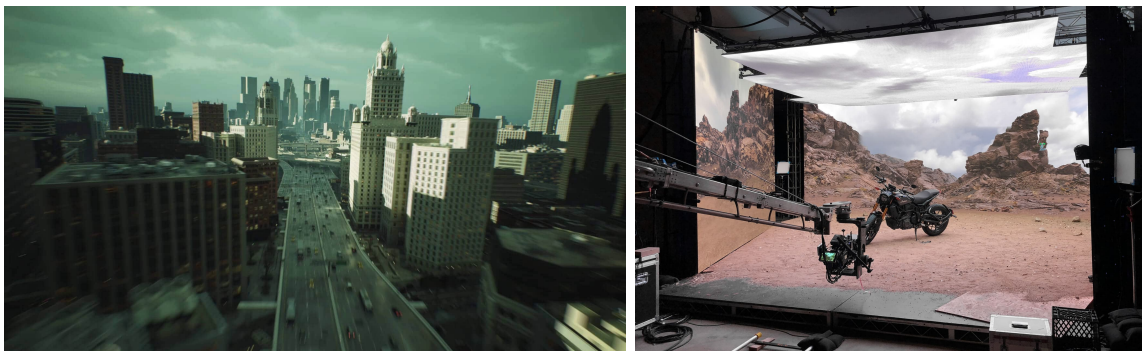
Engine podporuje konzole nové generace, jako jsou PlayStation 5 a Xbox Series X/S, a využívá jejich vysokorychlostní úložné technologie. Epic Games úzce spolupracoval se společností Sony na optimalizaci enginu pro PlayStation 5, což bylo představeno prostřed-

<sup>18</sup>Obrázek 2.16 pro *America's Army* byl převzat z [https://en.wikipedia.org/wiki/America%27s\\_Army](https://en.wikipedia.org/wiki/America%27s_Army) a *Brothers in arms* [https://store.steampowered.com/app/15190/Brothers\\_in\\_Arms\\_Road\\_to\\_Hill\\_30/](https://store.steampowered.com/app/15190/Brothers_in_Arms_Road_to_Hill_30/)

<sup>19</sup>Žebříček k dispozici na <https://steamdb.info/charts/?sort=peak>

<sup>20</sup>Statistiky počtu hráčů jsou k dispozici na <https://fortnite.gg/player-count>

nictvím reálného dema<sup>21</sup> v květnu 2020. Další demo<sup>22</sup> s názvem *The Matrix: Awakens* bylo vydáno na konci roku 2021 a lze vidět na obrázku 2.17. Toto technické demo obsahovalo husté městské prostředí vytvořené z miliard polygonů, což ukázalo možnosti enginu při vytváření velmi detailních a realistických herních světů.



Obrázek 2.17: Demo *Matrix* mělo za cíl ukázat, jak je nyní možné vytvářet fotorealistické simulované světy zobrazené v původních filmech *Matrix*. Unreal Engine dokáže vytvářet tak realistické prostředí, že se začal používat na pozadí při natáčení filmů a seriálů. Používají se k tomu virtuální produkční sety, takzvané LED stěny. Na ně se zobrazuje svět vykreslovaný přes Unreal. Také je možné snímat pozici kamery a živě ji přenášet do hry, takže se pozadí dynamicky mění. Seriál, který tohoto využívá je například seriál *Mandalorian*.<sup>23</sup>

První hrou, která tento engine využila, byl *Fortnite*, kde byl testován a předveden. V současnosti je v něm vyvíjeno mnoho her, včetně titulů jako *Marvel 1943: Rise Of Hydra* nebo *Subnautica 2* [30]. UE 5 nastavuje nový standard pro herní průmysl, který nabízí nevídané možnosti detailů, výkonu pro tvorbu budoucích her a je považován za budoucnost herního vývoje [16].

## 2.10 Hlavní součásti Unreal Engine 5

UE obsahuje mnoho jednotlivých částí. Proto jsou zde zmíněny jen ty nejdůležitější a nej-používanější. Jelikož blueprint neobsahuje všechny věci, které jsou v C++ dostupné, je následující výčet kombinací obojího.

### 2.10.1 Blueprint systém

UE 5 je postaven na jazyce C++, ve kterém jde naprogramovat celá hra, ovšem Unreal má i vizuální skriptování. **Systém vizuálního skriptování blueprint** (blueprint) je kompletní systém skriptování hry založený na koncepci používání rozhraní založeného na uzlech k vytváření herních prvků v editoru Unreal. Stejně jako mnoho jiných běžných skriptovacích jazyků slouží k definování objektově orientovaných tříd nebo objektů v enginu [5].

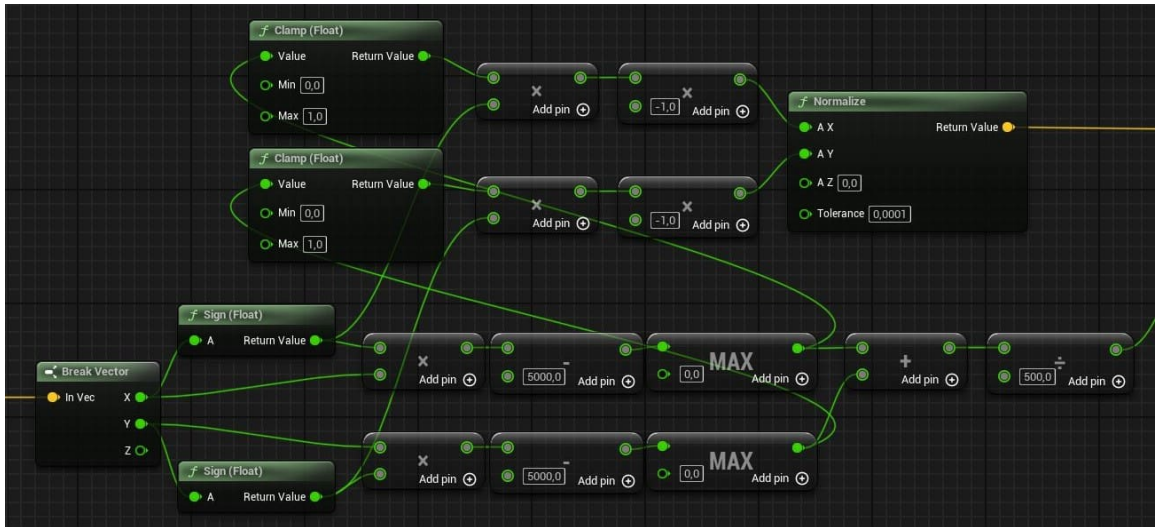
Tento systém je mimořádně flexibilní a výkonný, protože poskytuje návrhářům možnost využívat prakticky všechny koncepty a nástroje, které jsou obvykle k dispozici pouze

<sup>21</sup>Demo pro PS5 dostupné na platformě YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=qC5KtatMcUw>

<sup>22</sup>Demo Matrix dostupné na platformě YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=WU0gvPcc3jQ>

<sup>23</sup>Obrázek 2.17 Matrix dema byl převzat z <https://www.unrealengine.com/en-US/spotlights/behind-the-scenes-on-the-matrix-awakens-an-unreal-engine-5-experience> a pro LED stěnu z <https://www.fxguide.com/ffeatured/art-of-led-wall-virtual-production-sets-part-two-how-you-make-one/>. Odkaz na Mandaloriana: <https://www.unit-led.com/mandalorian-led-wall>

programátorům, a kromě toho značení specifické pro blueprint, které je k dispozici v implementaci UE v jazyce C++, umožňuje programátorům vytvářet základní systémy, které mohou návrháři rozšiřovat [5].



Obrázek 2.18: Příklad funkce v blueprintu, která počítá jestli objekt není mimo dané hranice. I takto jednoduchý výpočet začne být rychle nepřehledný díky použití mnoha uzlů. V C++ by takováto funkce byla na pár řádků díky možnosti řadit operace za sebe.

Pomocí **blueprintů** tak lze udělat i celou hru a vývojář nemusí ani znát jazyk C++. Vytváření hry jen pomocí tohoto je však v některých ohledech omezené, jelikož **blueprinty** zatím nenabízejí ani zdaleka všechny věci a funkce z C++, ale obsahují základní konstrukce jako smyčky `for`, `while`, podmínky `if`, `switch`, mají matematické operace, operace nad seznamy a mnoho dalšího, ale nemají například manipulaci se soubory, což je pro načítání uložených her klíčové, nebo nemají jeden ze základních prvků programování, frontu (v C++ `TQueue`).

Dobrým postupem je pracovat s uživatelským rozhraním a jednoduchými funkcemi v **blueprintech** a pokročilé funkce, složité matematické operace a podobné v C++ (lepší optimalizace a hlavně přehlednost, příklad nepřehlednosti na obrázku 2.18). Obě programovací metody jsou samozřejmě propojeny, a tak lze v C++ implementovat funkci a následně ji zavolat z **blueprintu**. Taktéž je lepší si veškeré struktury (`struct`) a výčty (`enum`) deklarovat v C++, jelikož pokud jsou deklarovány jinde, tak k nim není v C++ přístup.

## 2.10.2 Ukládací kontejnery

Unreal Engine nabízí několik kontejnerových tříd pro efektivní správu dat [6]:

- **TArray** – dynamické pole pro prvky stejného typu. Umožňuje operace přidávání (`Add`, `Emplace`), mazání, třídění, vyhledávání a iteraci. Hodí se pro neunikátní data s libovolným pořadím.
- **TMap** – mapa s dvojicemi `<klíč, hodnota>`. Rychlý hashovací kontejner, vhodný pro ukládání unikátních objektů. Klíče musí mít `GetTypeInfoHash` a operátor `==`.
- **TSet** – množina, kde je samotná hodnota zároveň klíčem. Rychlá operace přidání, vyhledávání a mazání. Ve výchozím nastavení nepovoluje duplicitu.

- **TQueue** – fronta pro FIFO přístup. Nepodporuje indexaci ani třídění, ale umožňuje operace jako `Enqueue`, `Dequeue`, `Peek`. Vhodná pro data zpracovávaná ve specifickém pořadí.

### 2.10.3 Blueprint třídy

Jsou vizuální nástroje pro tvorbu herních objektů bez nutnosti psát kód. Umožňují snadno vytvářet nové typy aktérů a jejich chování. Hlavní typy [3]:

- **Herec (Actor)** – základní objekt ve světě, například budovy, světla, dveře. Také může mít různé komponenty jako jsou různě tvarované kolize, světla, text a spoustu dalšího.
- **Pěšec (Pawn)** – objekt, který může být ovládán (hráčem nebo AI), například postava, vozidlo.. Obsahuje komponentu ovladače (**Controller**), která umožňuje ovládání.
- **Charakter (Character)** – rozšířený Pawn s podporou pohybu (běh, skok) a animací díky komponentě pohybu charakteru (**Character Movement Component**). Optimalizováno pro lidské postavy.
- **Hráčův ovladač (Player controller)** – zpracovává vstup hráče a řídí jeho Pawn. Přijímá vstupy z klávesnice, myši nebo gamepadu.
- **Základ herního módu (Game mode base)** – definuje herní pravidla (výběr postavy, HUD, podmínky výhry).
- **Komponenta herce (Actor component)** – logická komponenta pro chování (například AI, inventář).
- **Komponenta scény (Scene component)** – komponenta určující pozici/rotaci, základ pro vizuální prvky.

Všechny tyto třídy mají společné základní klíčové funkce (events), které jsou důležité pro jejich fungování. Mezi tyto funkce patří:

- **BeginPlay** – spustí se při startu objektu ve hře, vhodné pro inicializaci.
- **Tick** – volá se každý snímek, používá se pro pohyb nebo časové změny. V každém volání předává proměnnou `DeltaTime` s časem od minulého snímku. Jelikož se volá každý snímek, je třeba se dívat na výkon.
- **Event Construct** – spouští se při vytvoření herce. Slouží pro nastavení vzhledu nebo konfiguraci objektů před spuštěním hry.
- **Event Destroyed** – spustí se při zničení objektu, například pro efekty či uvolnění zdrojů. Je nezbytné brát na vědomí, že při volání této funkce je již objekt zničen a čeká v kolektoru (garbage collector) na uvolnění z paměti, takže veškeré přístupy k němu skončí chybou.

## 2.10.4 Úrovně

Jedná se o celý „svět“ hry nebo jeho část. Úrovně obsahují vše, co hráč může vidět a s čím může interagovat, jako je prostředí, použitelné předměty, jiné postavy a podobné. Hra může mít jednu úroveň pro celý herní svět nebo ho mít rozložený na několik a mít přechody mezi nimi. Základním prvkem úrovně je terén (**Landscape**) což je geometrie, která reprezentuje herní prostředí, například kopce, údolí, nebo rovné plochy a nabízí možnost přidání textur, vegetace nebo vodních ploch. Úroveň taktéž obsahuje všechny potřebné objekty jako herce, pěšce, osvětlení, zvuky a další. Nahrávat úrovně je možné trojím způsobem [10]:

1. **Napřímo** – jednoduché a přímé načtení celé úrovně. Používá se například při načtení hlavního menu nebo nové scény pomocí funkce `OpenLevel`.
2. **Po částech** – nahrávání a vykládání částí úrovně podle potřeby. Výhodné pro otevřené světy nebo rozsáhlé mapy. Jsou dva typy úrovní: **Streamed Levels** – dílčí úrovně se načítají podle vzdálenosti hráče a **Always Loaded Levels** – tyto úrovně jsou vždy načtené. Umožňuje například vykreslovat vzdálené objekty pouze při jejich přiblížení.
3. **Asynchronně** – úroveň se nahrává na pozadí, zatímco hráč zůstává ve stávající scéně. Používá se pro minimalizaci zpoždění a zlepšení plynulosti hry. Ovšem během načítání se hra může sekát, proto je toto využito pro tvorbu nahrávacích obrazovek.

## 2.10.5 Blueprint rozhraní

Neboli **Blueprint Interface** je speciální nástroj v Unreal Engine, který umožňuje vytvořit standardizovanou sadu funkcí, které mohou implementovat různé blueprints (nebo třídy v C++) [4]. Používá se k usnadnění komunikace mezi různými objekty bez potřeby přímého odkazu na konkrétní typ třídy. Tím se zvyšuje modularita a znovupoužitelnost kódu. Rozhraní obsahuje pouze hlavičky funkcí (názvy, parametry a návratové hodnoty), ale neobsahuje žádnou implementaci. Funkce v rozhraní jsou vždy veřejné. Libovolná třída nebo blueprint, který implementuje rozhraní, musí definovat jeho funkce. Umožňuje různým objektům reagovat na stejné požadavky různými způsoby. Využití může být mnoho, typické je pro ukládací systém.

## 2.10.6 Widget blueprint

Slouží k tvorbě herního uživatelského rozhraní pomocí nástroje UMG (Unreal Motion Graphics). Skládá se ze dvou částí:

1. **Designér** – vizuální návrh UI pomocí widgetů (tlačítka, texty, obrázky).
2. **Graf událostí** – logika a funkce widgetů (reakce na kliknutí, animace a podobné).

Nejčastější widgety:

- **Canvas panel** – volné umístění prvků; vhodný pro ruční rozvržení; může mít libovolně potomků.
- **Image** – zobrazuje obrázek nebo barvu; nemá potomky.
- **Text** – statický text s možností úpravy vzhledu.

- **Button** – klikací prvek s událostmi (**OnHover**, **OnPressed**); může mít jednoho potomka.
- **Horizontal/Vertical Box** – řazení widgetů do řady nebo sloupce; může mít libovolně potomků.
- **Scroll Box** – zobrazení více prvků s posouváním; může mít libovolně potomků.
- **Combo Box** – rozbalovací nabídka s výběrem jedné možnosti; nemá potomky.
- **Slider** – posuvník pro hodnoty v rozsahu 0–1; nemá potomky.
- **Progress Bar** – vizuální indikátor průběhu (0–1); vhodný například pro zdraví nebo odpočet; nemá potomky.

Veškeré informace o uživatelském rozhraní, jeho tvorbě a nejlepších praktikách lze nalézt v UE dokumentaci [7].

### 2.10.7 Materiály

Materiálový systém je nástroj, který umožňuje vytvářet realistické a vizuálně rozlišné povrchy objektů [11]. Hlavní funkcí materiálu je definovat, jak budou objekty ve hře vypadat a jak budou reagovat na světlo. Systém je založen na uzlovém editoru (podobném event grafu), který poskytuje flexibilní prostředí pro tvorbu jednoduchých i velmi složitých materiálů. Každý je pak tvořen kombinací textur a uzlů, které spolupracují na definování vlastností, jako je barva, lesk, průhlednost či odrazivost. Textury, které se aplikují na povrchy, mohou simulovat různé materiály, například dřevo, kov nebo kámen. UE využívá fyzikálně založené vykreslování (PBR), což znamená, že materiály vypadají realisticky za různých světelných podmínek díky přesné simulaci interakce světla s povrchem.

Materiály obsahují vstupy, které určují jejich vlastnosti. Mezi klíčové vstupy patří například **Base Color**, což je základní barva povrchu, **Roughness**, která určuje drsnost a lesk, **Metallic** pro simulaci kovových povrchů, nebo **Emissive Color**, která umožňuje materiálu vyzařovat světlo. Pro detaily povrchů, jako jsou reliéfy nebo nerovnosti, se často využívají **Normal Maps**, které přidávají iluzi hloubky bez nutnosti zvyšovat geometrickou složitost objektů.

Pro zjednodušení práce a zvýšení efektivity systém podporuje **Material functions**, což jsou opakovaně použitelné skupiny uzlů, a **Material instances**, tedy instance základního materiálu, které umožňují rychlé úpravy parametrů bez potřeby vytvářet nový materiál. Díky parametrizaci lze snadno měnit vlastnosti materiálů dynamicky během hry, například upravit barvu nebo intenzitu lesku pomocí blueprintů nebo C++. Materiály lze aplikovat na objekty přímo v editoru jednoduchým přetažením nebo skriptováním. UE navíc podporuje různé typy materiálů, včetně povrchových materiálů, obtiskových materiálů pro aplikaci efektů jako špína nebo graffiti, a volumetrických materiálů pro simulaci mlhy či objemového osvětlení.

## Kapitola 3

# Návrh hry

Tato kapitola se zaměřuje na detailní návrh hry *Bohemia 1899* a to primárně na části jako hlavní herní smyčka, hlavní menu, uživatelské rozhraní a hlavní herní mechaniky. Celková hra je žánru budovatelských strategií a má historické zasazení na přelomu 19. a 20. století v tehdejším Rakousku-Uhersku. Toto zasazení reflektují ve výběru a provedení herních mechanik.

### 3.1 Herní smyčka

Primárním cílem hry je vytvořit a spravovat plně soběstačné město. Hru dohrát prakticky nejde, jelikož neobsahuje žádné podmínky pro vítězství, ani žádnou výherní obrazovku. Ovšem může skončit, pokud hráč bude delší dobu v peněžním dluhu nebo bude trpět nedostatkem politické síly. To obojí vede ke konci hry. Hráč má tak za úkol vybudovat město, má k tomu mnoho prostředků a je jen na něm, jak toho dosáhne.

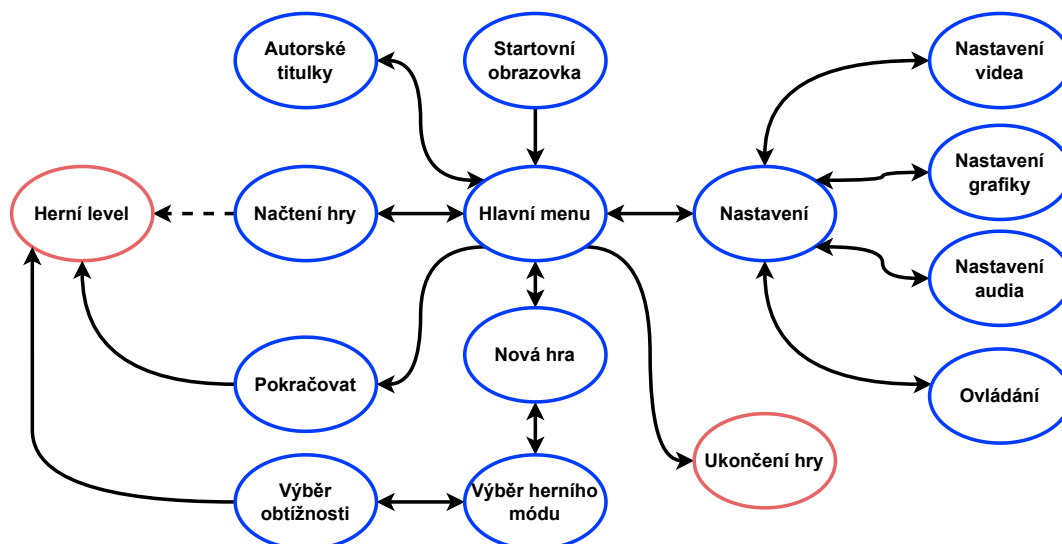
Hráč začíná hru s omezenými stavebními zdroji. Pokud je využije špatně, to jest nezařídí si výrobu dalších, musí hru restartovat. Jako první si postaví **radnici**, která slouží jednak jako srdce celého města, ale také jako místo pro zobrazení přehledu o městu. Radnice je jedna z mála budov, která nejde zničit, pouze přemístit. S postavenou radnicí je vpuštěn do herního světa a má volnou ruku pro hraní. Stavebních materiálů je sedm: **peníze, dřevo, kámen, cihly, ocel, okna a beton**. Ze začátku má odemčené pouze první dva. Tyto materiály jsou nezbytné pro postavení čehokoliv. Čím pokročilejší budovy, tím více jich potřebují a více typů.

Hlavní náplní hry je **budování residencí** a **plnění potřeb** jejich obyvatel. Residence jsou trojího typu rozdělené podle společenské vrstvy: **farmáři, dělníci a inženýři**. Plnění potřeb je vyrobení požadovaného produktu a jeho naskladnění na centrální trh. K vyrábění těchto produktů pak slouží výrobní budovy. Ty vyžadují pracovní sílu, aby fungovaly. Takže čím více residencí, tím více pracovní síly, tím větší produkce a produktů a takhle stále dokola. Aby byl hráč odměňován za rozšiřování města, hra obsahuje systém postupu. Ten je navázaný na počet obyvatel jednotlivých vrstev, takže čím více obyvatel má, tím většího levelu dosáhne a tím i více odemčených budov a mechanik celkově. Pomyslným cílem tedy může být dosáhnout maximálního levelu, ale hra tehdy nekončí a hráč může hrát dál.

## 3.2 Hlavní a vedlejší menu

Obě jsou centrálním bodem pro interakci se hrou (kompletní graf interakcí lze vidět na obrázku 3.1). Po spuštění hry se hráč dostane do hlavního menu, odkud se může dostat do všech částí hry a to pomocí těchto tlačítek:

- **Pokračovat** (Continue) – načte poslední uloženou hru.
- **Nová hra** (New game) – po výběru herního módu a obtížnosti je zahájena nová hra.
- **Načíst hru** (Load game) – umožňuje hráči načíst svoje uložené hry.
- **Nastavení** (Settings) – obsahuje specificky nastavení obrazu, grafiky, audia a zobrazení ovládání.
- **Autoři** (Credits) – zobrazí jednoduché vypsaní autorů hry a všech co se na ní podíleli.
- **Konec hry** (Quit) – ukončí okamžitě hru.



Obrázek 3.1: Graf znázorňující možné interakce v hlavním menu. Ze startovní obrazovky se dostane do hlavního menu kliknutím myši. V něm může hráč jít do nastavení, podívat se na autory hry, spustit novou hru nebo pokračovat v již rozehrané hře. Modré stavy ukazují obrazovky v menu, lososové pak nevratný přechod mimo menu.

Do vedlejšího menu se hráč dostane při hraní. To obsahuje stejné hlavní funkce a navíc obsahuje obrazovku pro uložení hry. Kromě tlačítka pro ukončení hry má návrat do menu a pokračovat.

### 3.2.1 Nastavení

V něm si hráč může přizpůsobit hru dle svých potřeb a svého hardwaru. Obsahuje tři základní kategorie nastavení her a to:

- **Nastavení videa** – v něm lze nastavit rozlišení hry. Podporované poměry stran jsou jen 16:9 a 21:9 a rozlišení od 720p po 2160p. Dále pak lze nastavit rozlišení vykreslování od 50 do 100 %. Zvolit režim zobrazení a nastavit si limit počtu snímků za sekundu, na výběr je 30, 60, 120 nebo neomezeně. A poslední zapnutí či vypnutí V-Sync.
- **Nastavení grafiky** – lze nastavit veškeré základní hodnoty, které Unreal engine nabízí. Mezi ně patří stíny, textury, efekty, vzdálenost vykreslování a další. Taktéž obsahuje možnost provedení srovnávacího testu pro nastavení optimální konfigurace.
- **Nastavení zvuku** – lze nastavit celkovou hlasitost, hlasitost hudby, efektů a zvuků prostředí od 0 do 100.

### 3.2.2 Načtení a uložení hry

Abych co nejvíce zamezil zneužívání ukládání pro obejití pravidel her, tak počet uložených her bude pevný a to pět pozic. Hra obsahuje separátní pozici pro automatické ukládání (z ní může jen načítat). Interval ukládání je 5 minut. Každá pozice obsahuje: **herní režim**, **obtížnost**, **čas uložení hry**, **level** v postupu, celkový počet **populace** (rozdělený na vrstvy), **peníze** a **politickou sílu**. Díky tomu bude mít tak hráč větší přehled, jaká herní pozice odpovídá jaké hře. Uložené pozice lze manuálně vymazat. Pro příjemnější zážitek se během načítání zobrazí nahrávací obrazovka s pohyblivými efekty, aby bylo vidět, že se hra nezasekla. Taktéž obsahuje náhodné herní tipy pro zabavení a poučení hráče.

Když hráč ukládá do prázdné pozice, je jen obeznámen s úspěšným uložením hry. Když se pokusí uložit hru do plné pozice, je na to upozorněn a dotázán, zda chce danou pozici přepsat. Pokud tak udělá, původní uložená data jsou nenávratně ztracena a nahrazena novými. Při pokusu o nahrání uložené pozice či odchodu z rozehrané hry je hráč upozorněn, že veškerý neuložený postup bude ztracen, a dotázán, zda chce pokračovat.

## 3.3 Hlavní uživatelské rozhraní (HUD) a kamera

Téměř u všech her je nesmírně důležité hlavní uživatelské rozhraní (Heads-up-display – HUD) a budovatelské strategie nejsou výjimkou, neboť informují hráče o stavu jeho města a umožňují mu s ním manipulovat. V *Bohemia 1899* je rozdělen na čtyři větší celky:

- **Pravý horní roh** – obsahuje tlačítka pro vedlejšího menu a pozastavení hry. Dále obsahuje vedlejší tlačítka pro rychlý přístup k herním mechanikám, například do radnice nebo výzkumného střediska. Také dvě tlačítka na ovládání rádia (zastavení a přeskočení skladby).
- **Levý horní roh** – ukazuje aktuální čas. Také je tam ovládání pro zrychlení herního času (1x, 1.5x, 2x). Taktéž obsahuje ukazatel počasí a ročního období.
- **Střední horní část** – ukazuje aktuální počet stavebních materiálů a volnou pracovní sílu. Také informace o příjmu peněz a politické síly.
- **Střední spodní část** – zde je umístěno kompletní rozhraní pro budování města. Lišta obsahuje tlačítka pro budování budov. Když na ně hráč klikne spustí se stavební režim. Každá vrstva obyvatel má různé lišty a lze mezi nimi přepínat na vrchní levé straně. Zatímco na pravé jsou umístěny upravovací režimy a to: destrukce, přemístění, kopie

a vylepšení. Uprostřed se pak objevují případné produkční větve, ze kterých může hráč vybírat specifické budovy.

Pro interakci s budovami slouží vyskakovací okna. Tyto okna jsou pevně umístěna v HUD a nejde je přemístit. Existují dva typy oken: kompaktní a plná. Kompaktní jsou zobrazeny na pravé straně a obsahují základní informace o budově. Nijak neomezuují hráče a jeho pohyb ve hře, pokud klikne na jinou budovu, tak se okno zavře a otevře nové. Pokud je budova komplikovanější a má více informací, tak z kompaktního okna lze přejít na plné okno. To obsahuje veškeré informace o budově a slouží pro interakci s ní (nastavení výroby a podobně). Toto okno nelze zavřít překliknutím a hráčův vstup do hry je také omezen. Jediný způsob, jak se dostat z tohoto okna, je jeho zavření příslušným tlačítkem. Veškeré uživatelské rozhraní je plně dynamické a tak funguje jak v poměru stran 16:9, tak i 21:9. Jestliže je budova interaktivní, tak při najetí kurzoru na ni dojde k jejímu zvýraznění.

Kamera je typu z ptačí perspektivy a dá se s ní přibližovat a oddalovat pomocí kolečka myši. Pohyb kamery je možný několika způsoby: pomocí kláves WASD, když se kurzor přiblíží kraji obrazovky, a pomocí metody „grab & move“ neboli chytit a přesunout. Při držení levého tlačítka se může hráč pohybovat po mapě jen pohybem myši. Aby se hráč nedostal mimo hrací plochu, je jeho pohyb hlídán a v případě překročení mezí je vrácen zpět.

### 3.4 Budovatelský režim

Svět je rozdělen do mřížky, na které může hráč stavět. Mřížku si může zobrazit nebo schovat dle libosti. Po výběru budovy, kterou chce stavět, se přepne do stavebního režimu. V něm je jeho vstup přepnut z obecného na stavební. Budova, kterou si vybral, teď následuje jeho kurzor myši. Budovy mají zarovnaný půdorys na celé buňky. Pravé tlačítko budovu zničí a hráč opouští stavební režim. Klávesa R rotuje budovu o 90°. Levé tlačítko danou budovu postaví v případě, že bude stavět na volné buňky a bude mít dostatek stavebních materiálů. Při úspěšném postavení budovy jsou odečteny materiály, zasažené buňky označeny jako plné a je vytvořena další stejná budova, aby hráč mohl bez přerušení stavět dále.

Destruktivní režim zničí postavené budovy. Otevře se kliknutím na příslušné tlačítko. Pravé tlačítko jej ukončí. Levé tlačítko vyše signál pro zničení budovy, na kterou ukazuje kurzor. Při úspěšné destrukci jsou buňky uvolněny a část materiálů vrácena. V režimu přemístění může hráč za poplatek přemístit již postavenou budovu na novou pozici. V režimu kopie stisknutím levého tlačítka zjistí, na jakou budovu hráč ukazuje, a spustí se budovatelský režim pro tuto budovu. Poslední režim, vylepšení, slouží pro rychlé vylepšování residencí. Jak režim pro destrukci, tak vylepšení podporuje možnost vybrat více budov naráz podržením levého tlačítka a potažením myši. Pro větší přehlednost je i vykreslena plocha znázorňující zasaženou oblast.

### 3.5 Systém potřeb a produktů

K rozšiřování města je třeba zásobovat obyvatele produkty. Ty jsou dvojího typu: potřeby a luxusnosti. Každá vrstva společnosti má své unikátní, ale i sdílené. Potřeby zvyšují počet obyvatel residence, jsou tak nezbytné pro rozšiřování města. Luxusnosti zvedají výnos a úroveň spokojenosti obyvatel. Obyvatelstvo nepotřebuje ovšem jen tyto produkty, ale i přístup k určitým typům budov a ty mají stejný efekt jak výše zmíněné produkty. Budovy i produkty byly vybrány na základě zasažení hry a lze je vidět v tabulce 3.1.

Vrstva	Typ	Budovy a Produkty
Farmáři	Potřeby	<b>Budovy:</b> market, škola <b>Produkty:</b> brambory, farmářské oblečení, mléko, chleba
	Luxusnosti	<b>Budovy:</b> hospoda, kostel <b>Produkty:</b> vajíčka, šnaps, hudební nástroje, párky, pivo
Dělníci	Potřeby	<b>Budovy:</b> market, kostel, střední škola <b>Produkty:</b> chleba, párky, pracovní oblečení, polévka, nástroje
	Luxusnosti	<b>Budovy:</b> kabaret, divadlo, lázně <b>Produkty:</b> pivo, cukr, mýdlo, cigarety, vybavení, víno, bicykl
Inženýři	Potřeby	<b>Budovy:</b> market, banka, univerzita <b>Produkty:</b> mýdlo, párky, obleky, víno, steaky, nábytek, telefony
	Luxusnosti	<b>Budovy:</b> divadlo, lázně, salón, galerie, opera <b>Produkty:</b> čokoláda, šperky, kamera, automobil

Tabulka 3.1: Přehled potřeb a luxusností podle společenské vrstvy.

Produkty jsou vyráběny v tunách a při dělení mezi residence se snažím vycházet z reality. Každý produkt má dvě hlavní hodnoty: nasytitelnost a čas. Dohromady to znamená, kolik lidí se dokáže naráz nasytit z jedné tuny na určitý čas. Každý produkt má svůj unikátní výrobní řetězec. Pro jednoduché produkty (brambory) to může být jen jedna budova (farma), pro komplikovanější (automobil) až desítky budov. Jednotlivé řetězce pak vycházejí z reality, ale jsou značně zjednodušené. Pro distribuci produktů pak slouží market, bez něj žádná residence nemá přístup k vyrobeným produktům.

## 3.6 Stavby

Hra obsahuje desítky unikátních staveb řadících se do jedné ze 6 hlavních typů. Typy se liší na základě funkčnosti a jejího účelu.

### Cesty

Jsou klíčové pro propojení celého města, jelikož slouží pro napojení veřejných budov na ostatní budovy. Umožňují také přeprávcům zboží převážet produkty mezi jednotlivými budovami. Pro stavění cest slouží separátní stavební režim, který umožňuje stavět cesty z místa A do místa B. Pokud tato místa nejsou v rovině, tak se cesta zalomí. Existují dva druhy cest: prašné a kamenné. Prašné stojí pouze peníze, ovšem poskytují malý dosah pro budovy a žádný modifikátor rychlosti pro přepravce. Kamenné navyšují jak dosah, tak rychlost. Elektrifikace cest umožňuje napojení budov na elektrickou síť.

### Residence

Slouží jako ubytování pro pracovní sílu a jsou tři podtypy residencí, rozdělené dle vrstvy obyvatelstva. Residence má omezený počet obyvatel a to **farmářská 15**, **dělnická 30** a **inženýrská 45**. Každá residence má svoji spokojenost a výdělek a také mají svůj sklad na produkty, aby si je mohli nabrat do zásoby. Sklad má omezenou velikost a při jeho naplnění

z poloviny dojde k aplikaci efektu daného produktu (zvýšení počtu obyvatel nebo peněz a spokojenosti). Pokud ovšem daný produkt pod polovinu spadne, pak se tento efekt odebere.

Základní a jedinou postavitelnou residencí je farmářská. Dělnická a inženýrská se dá pouze vylepšit z předcházející úrovně (tedy farmářská → dělnická → inženýrská). Vylepšení stojí stavební materiály a vylepšit budovu lze pouze při naplnění obyvatel, takže se musí splnit všechny jejich potřeby. Vylepšením na další úroveň nahradí kompletně úroveň předchozí, hráč tedy přijde o obyvatele z této residence, ale dostane stejný počet z té nové. Vylepšené residence již nejde vrátit na předchozí úroveň. Residence je nutné napojit skrze cesty k radnici, jinak budou opuštěné a zhroutí se. Taktéž aby residence mohla přijímat produkty, musí být napojená na market.

## Výrobní budovy

Jsou jádrem celého výrobního procesu produktů. Existují tři typy produkčních budov a to:

- **Produkční** – pouze produkují produkty. Nepotřebují k tomu žádný vstup. Jedná se například o producenty dřeva, kamení, písku.
- **Konzumně produkční** – k produkci potřebují nutné produkty. Pokud mají dostatek, tak je zkonsumují a započnou výrobu.
- **Konzumní** – tyto budovy pouze konzumují a neprodukují žádný fyzický produkt. Budovy tohoto typu jsou pouze elektrárny, jelikož potřebují palivo a generují tak elektřinu.

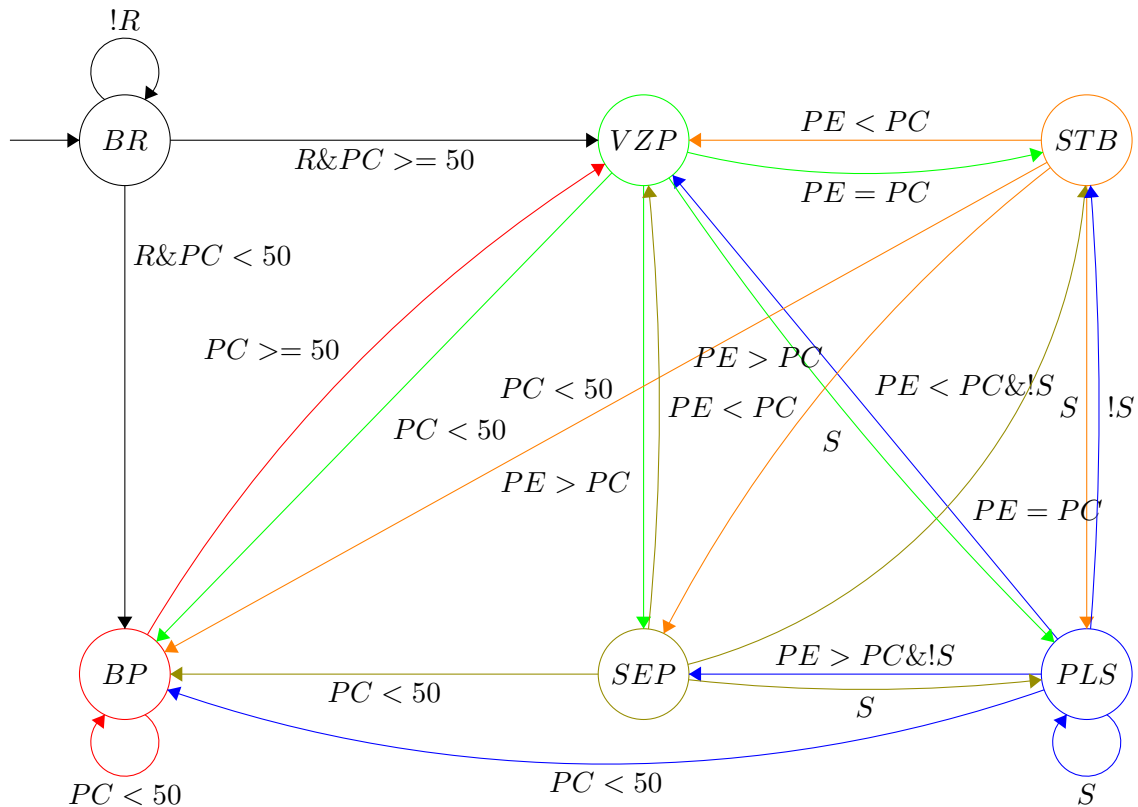
Veškeré výrobní budovy fungují na principu stavového automatu (lze vidět na obrázku 3.2) s celkem 6 stavy: bez radnice, žádná produkce, zvyšování produkce, snižování produkce, stabilní produkce a plný sklad. Když je budova postavena, tak je ve stavu bez radnice.

Vytvořené produkty jsou pak umístěny na sklad dané budovy (ten má omezenou velikost) a tam čekají, dokud nejsou odvezeny jinam přepravci zboží.

## Centrální budovy

V základu produkční budovy, ale s možností volby vyráběného produktu. Při přepnutí produktu je výroba resetována na nulu. Existuje pět druhů těchto budov:

- **Farma** – produkuje zemědělské produkty jako brambory, obilí, vinnou révu, chmel a cukrovou řepu. Aby farma fungovala, potřebuje taktéž postavit pole. Jejich počet je omezen a pro dosažení maximální efektivity výroby je potřeba postavit všechny pole.
- **Zvířecí farma** – produkuje hospodářská zvířata jako ovce, prasata, krávy a kuřata. Pro chov pak potřebuje ohrady.
- **Jatka** – produkuje produkty z poražených zvířat jako vnitřnosti, hovězí, telecí a kuřecí maso.
- **Doly** – produkuje surové materiály jako železná ruda, uhlí, solný kámen, pískovec, měděná ruda, zinková ruda a zlatá ruda.



Obrázek 3.2: Znázornění deterministického konečného automatu produkční budovy. Jelikož může docházet ke spoustě vnějších vlivů (ztráta radnice, pracovní síly, vylepšení), tak se dá téměř z každého stavu dostat do jiného. Vysvětlivky: **BR** – Bez radnice, **BP** – Bez produkce, **VZP** – Vzestup produkce, **SEP** – Sestup produkce, **STB** – Stabilní produkce, **PLS** – Plný sklad, **R** – přístup k radnici, **S** – plný sklad, **PC** – Produkční strop, **PE** – Produkční efektivita. Pokud by v jakémkoliv stavu ztratil radnici, okamžitě se přesouvá do stavu BR a automat se prakticky resetuje.

- **Import** – je unikátní produkční budova, jelikož nevyžaduje žádnou pracovní sílu. Hráč pouze zřizuje importní linky a ty pravidelně generují produkty. Těchto linek je omezený počet na importní centrum.

Vzhledem k tomu, že tyto budovy mohou produkovat více druhů produktů, tak jejich přepravci zboží jsou rozšířeni o možnost volby vykládacího režimu. Buď se snaží vyložit veškeré produkty u sebe a přebytek si nechat, nebo jej zahodí. To se hodí v případech, kdy je plný centrální sklad, produkt není kam dát a daná budova již produkuje produkt jiný. Nedojde tak k zahlcení přepravce.

### Veřejné budovy

Nebo také budovy poskytující veřejné služby. Tyto budovy pro svoji funkčnost nepotřebují být napojeny na radnici, jelikož poskytují služby residencím a ty bez připojení na radnici tyto služby nepřijmou. Stejně jako radnice se tyto budovy rozšiřují skrze cesty, takže musí být napojeny na cestu. Na rozdíl od radnice mají omezený dosah a je tak třeba jich stavět více. Taktéž pravidelně kontrolují všechny na ně napojené residence, aby měly jejich efekt.

Při stavění se ukazuje jejich dosah a taktéž při interakci s nimi. Navíc je možnost je zavírat a otevírat. Mezi tyto budovy patří i hlavní elektrická rozvodna. Ta skrze elektrifikované cesty zaznamenává veškeré připojené budovy.

## Pasivní budovy

Jedná se o budovy, které aktivně nic nedělají. Mezi ně patří: skladiště (slouží pro propojení přepravečů a centrálního skladu), skladové haly (slouží pro rozšíření kapacity centrálního skladu), výzkumné centrum (slouží pro přístup k výzkumům), trosky (zničené residence, které jen zabírají prostor) a daly by se zde zařadit i cesty, jelikož samy o sobě nic nedělají.

## 3.7 Herní mechaniky

Hra *Bohemia 1899* obsahuje mnoho herních mechanik. S některými může hráč interagovat napřímo, jiné jsou čistě na pozadí, ale jejich role je i tak důležitá. Zde jsou rozebrány ty největší a nejdůležitější, nikoli všechny.

### Ukládací systém

Aby si hráč nemohl ukládat každý krok nebo rozhodnutí, tak je omezený počet pozic pro ukládání. Hra se dá ukládat pouze ve vedlejším menu během rozehrané hry. Hráč může ukládat svůj postup dle libosti, kdykoliv bude chtít. Uložením hry se uloží nejen veškeré budovy, ale i stav skladu a dalších nefyzických věcí. Ovšem ukládají se pouze potřebné informace, nikoliv informace, které lze odvodit od již uložených. Například je zbytečné ukládat jednotlivá vylepšení budov, stačí pouze hotové výzkumy, z nichž již tato vylepšení lze odvodit.

### Pracovní síla

Veškeré výrobní budovy potřebují pro svoji funkčnost pracovní sílu. Tato síla se získává z residencí. Každá budova potřebuje určitý počet a typ pracovníků, přičemž je třeba dodat alespoň polovinu požadované síly, aby budova začala vůbec pracovat. Existuje centrální místo pro správu pracovní síly, do něj se přidávají veškeré budovy, které pracovníky požadují nebo poskytují. Zde pak dochází k přerozdělování dané pracovní síly. K tomu bude docházet dynamicky, takže když síly ubyde, tak se z budov pracovníci ztratí. Naopak přibyde-li, tak budovy s nedostatkem dostanou další.

### Produkce

Čtyři hlavní faktory produkce jsou: **produkční strop**, **produkční efektivita**, **produkční krok** nahoru a dolů. Produkční strop značí maximální hodnotu produkční efektivity. Hodnota pouze z pracovní síly je 100% a minimálně 50%. Pokud má budova nedostatek pracovní síly, tak je produkční strop 0%. Produkční efektivita je aktuální hodnota produkce. Vytvořit produkt trvá určitý čas a tento čas platí pro 100%. Pokud je tedy efektivita jen 50%, tak vyrobit produkt trvá dvojnásobek času. Aktuální čas pro vyrobení je počítán podle rovnice 3.1.

$$t = \frac{100 \cdot t_b}{E} \quad (3.1)$$

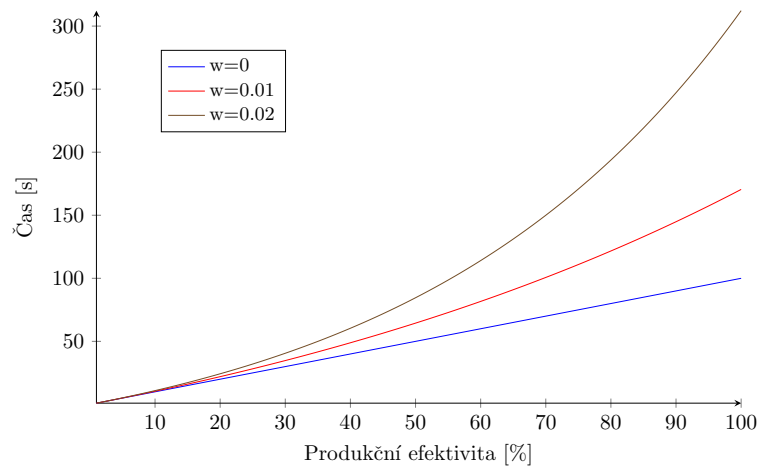
kde  $t$  je aktuální čas produkce,  $t_b$  je základní čas produkce a  $E$  je aktuální efektivita produkce. Při malé efektivitě bude trvat vyrobit produkt velmi dlouho, ovšem přesáhne-li efektivita 100 %, tak se produkce zrychlí. Samotné zvyšování produkce pak probíhá v čase a zde je třeba produkční krok, ten určuje kolik času v základu trvá, aby se efektivita zvedla či klesla o 1%. Čas potřebný pro zvýšení efektivity je odvozen i z předchozí hodnoty času a to podle rovnice 3.2.

$$t_n = t_{n-1} + s + w \cdot t_{n-1} \Rightarrow t_n = t_{n-1} \cdot (1 + w) + s \quad (3.2)$$

kde  $t_n$  je uplynulý čas potřebný pro dosažení  $E + 1$ ,  $t_{n-1}$  je čas pro předchozí hodnotu efektivity,  $n$  je aktuální krok,  $s$  je základní čas kroku a  $w$  je váha ovlivňující velikost kroků. Výsledkem je tedy celkový potřebný čas pro dosažení dané úrovně efektivity od předchozí, což vede k nutnosti si ukládat předchozí čas nebo v každém kroku počítat  $n$  výpočtů. Jelikož se jedná o rekurentní posloupnost, tak lze vyjádřit její obecný člen. Ten je znázorněn v rovnici 3.3 po zjednodušení.

$$t_n = \frac{s}{w} \cdot (1 + w)^n + \frac{s}{-w} \quad (3.3)$$

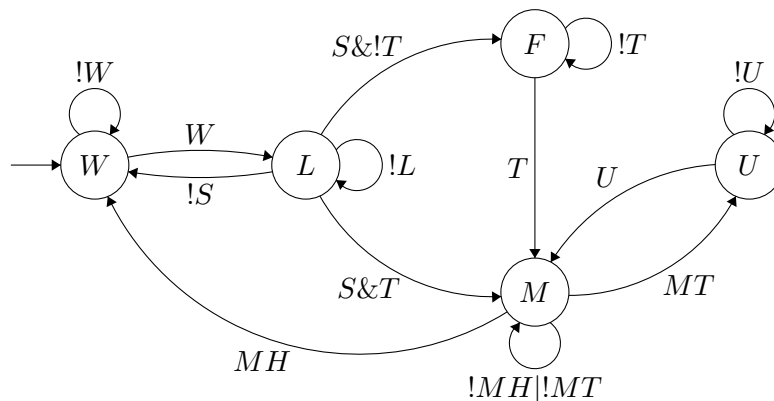
Díky obecné rovnici tedy lze vypočítat ihned jakýkoliv člen posloupnosti, tedy čas pro dosažení konkrétní efektivity. Vypočítáním  $t_{n+1} - t_n$  získám tak potřebný čas pro inkrementaci efektivity. Pro snižování efektivity nelze jen rovnice otočit na  $t_n - t_{n-1}$ , jelikož by klesání efektivity zrychlovalo. Naopak chci rychlý sestup a následně zpomalování k nule. Výpočet časů bude stejný, akorát se při snižování bude brát efektivita jako inverzní, neboli produkční strop - produkční efektivita.



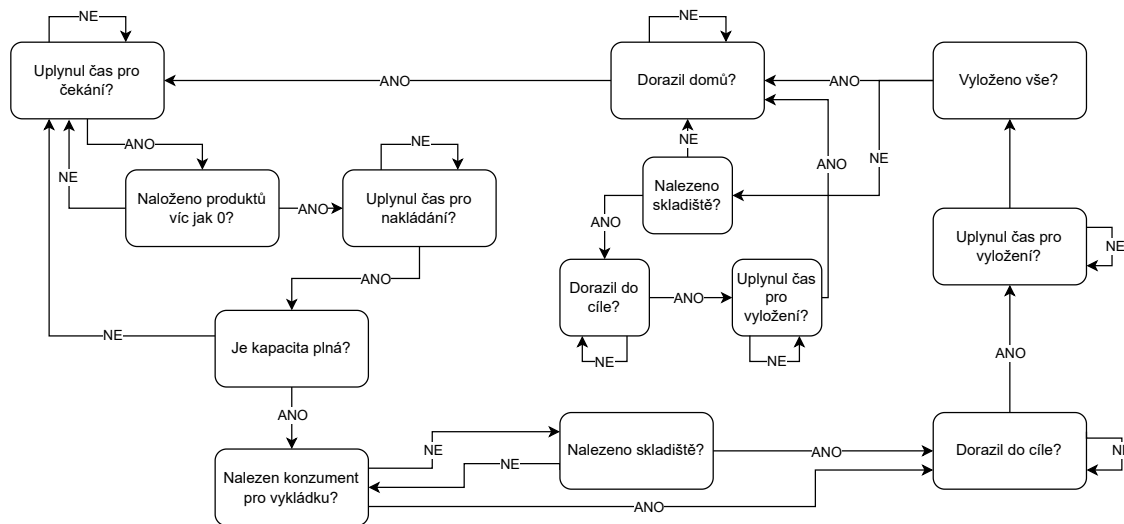
Obrázek 3.3: Graf produkční křivky pro rozdílné hodnoty váhy  $w$ . Pokud je  $w = 0$ , tak je funkce lineární a dosáhnout 100% efektivity trvá 100 s. Pro  $w = 0,01$  to trvá přibližně 170 s a při  $w = 0,02$  pak 312 s. S hodnotou 0 je vzrůstání efektivity příliš rychlé a s 0,02 až moc pomalé, proto je 0,01 ideální.

## Převranci zboží

Slouží k převážení produktů z jedné budovy do jiné podle potřeby. Jsou dvě varianty těchto přepraveců a to podle směru přepravy: dovnitř a ven. Převranci dovnitř jsou jen u konzumních budov a zajišťují, že daná budova má dostatek produktů pro výrobu. Jezdí pravidelně mezi skladištěm a výrobní budovou. Pokud nemá co naložit, tak čeká, dokud nebude moct. To stejné platí, pokud je plný a nemá kam svůj náklad vyložit.



Obrázek 3.4: Převravec zboží funguje na principu deterministického konečného automatu, který je složen ze stavů: **W** – Čekání, **L** – Nakládání produktů, **F** – Plná kapacita bez možnosti vyložení, **M** – Pohyb k cíli a **U** – Vykládání produktů. Jednotlivé hrany pak znamenají: **W** – Uplynul pevně daný čas pro čekání, **L** – Uplynul pevně daný čas pro nakládání, **S** – Plná kapacita, **T** – Nalezen cíl pro vyložení, **M** – Pohyb dokončen, **U** – Uplynul pevně daný čas pro vykládku.



Obrázek 3.5: Rozhodovací strom pro transportér zboží. Pokud vyloží zboží a nevyprázdní svoji kapacitu, tak zkusí ještě najít sklad a zbytek odvézt tam. Bez ohledu na úspěch pak jede zpět domů a vše začíná znovu. Pokud by byl plný a nenašel žádné místo pro vyložení, je v podstatě uzavřen v cyklu neustálého hledání, protože stejně nemůže nic jiného dělat.

Druhý typ je komplexnější, jelikož vyváží produkty do jiných budov. Na počátku setravává ve stavu **Wait** a periodicky zkouší naložit produkty ze své mateřské výrobní budovy. Jakmile je plný, zkusí najít cíl pro vykládku na trhu (obsahuje záznamy o všech budovách a stavu jejich skladů a potřeb). Jestliže tam žádný cíl není, hledá skladiště. Pokud cíl najde, zjistí, jestli k němu vede cesta (jsou-li propojení) a pokud ano, tak se pohybuje po nalezené cestě k cíli. Pokud by nenašel cíl nebo cestu, zkouší periodicky hledat znovu. Kvůli tomuto má tento přepravce možnost nastavení jednoho ze tří operačních režimů: **Neomezená vzdálenost** (přepravce může doručovat klidně přes celou mapu, vede-li tam cesta), **omezená vzdálenost** (počítá se jako přímá délka od mateřské budovy) a **pouze skladiště** (hledá nejbližší skladiště, vzdálenost nehraje roli). Všichni přepravci fungují podle jednoduchého stavového automatu (obrázek 3.4) a rozhodovacích stromů (obrázek 3.5).

Přepravce zboží má také omezenou kapacitu a produkty doručuje, až se naplní. Pokud produkty odveze do skladiště, tak se umístí do centrálního skladu, odkud jsou dostupné pro další přepravce nebo rovnou residence.

## Elektřina

Ohromný rozvoj elektřiny na počátku 20. století je reflektován i ve hře a místo jen čistého bonusu, jak to má například *Anno 1800*, je nutná pro pozdější rozvoj města. Z pohledu elektřiny jsou budovy rozděleny do tří skupin podle toho, jak ji potřebují, a to:

- **Nepotřebná** – tyto budovy nejdou napojit na elektrickou síť jelikož by z elektřiny neměli žádné benefity.
- **Bonusová** – tyto budovy elektřinu nepotřebují, ale lze je napojit na elektrickou síť a tím získají bonus k produkci.
- **Potřebná** – tyto budovy naopak elektřinu vyžadují a bez ní produkci nezačnou.

Každá budova má svoji spotřebu a na elektrickou síť se připojí skrze elektrifikované cesty. Všechny tyto cesty musí být napojené na hlavní elektrickou stanici, ta vyhledává a připojuje dané budovy. Stejně tak to funguje s elektrárnami. Existují tři druhy (úrovně) elektráren podle jejich paliva a tím množství produkované energie: **dřevěná**, **uhelná** a **ropná**. Pro zjednodušení se jak konzumenti energie, tak producenti sčítají a až s jejich součty se pracuje. Poměrem těchto dvou skupin lze zjistit celkové pokrytí sítě. Pokrytí může být od 0 do 100% a je rozděleno do tří úrovní:

- **Nedostatečné** – rozsah  $< 0,69 > \%$ , nedostatek energie pro všechny budovy, žádná budova tedy nemá efekt z elektřiny.
- **Téměř dostatečné** – rozsah  $< 70,94 > \%$ , energie je tolik, že budovy mají efekt z elektřiny. Ovšem na této úrovni hrozí riziko výpadků elektřiny (blackouty).
- **Dostatečné** – rozsah  $< 95,100 > \%$ , energie je naprostý dostatek pro všechny budovy a nehrozí žádné vedlejší efekty.

O změnách úrovně bude všechny konzumenty informovat hlavní elektrická stanice. Ta periodicky obnovuje elektrickou síť, pokud je ovšem úroveň pokrytí téměř dostatečná, při každém tomto obnovení je i šance, že nastane blackout. Pokud se tak stane, stanice přestane obnovovat síť a tím se všechny budovy odpojí. Délka blackoutu je také náhodná, takže může trvat chvíli nebo kriticky dlouhou dobu.

## Region

Herní svět je rozdělen na 9 čtvercových parcel. Hráč začíná v levé dolní parcelce, jako jedinou odemčenou. Další parcely může získat pomocí „parcel tokenů“ získaných za levelování města. Lze však odemknout jen sousední parcely, aby zůstaly napojené na radnici.

Každá parcela obsahuje náhodně generovaná ložiska surovin (7 typů: les, kámen, úrodná půda, hlína, kov, mramor, písek). Čím dále je parcela, tím více zdrojů má. Ložiska jsou tvořena propojenými buňkami a některé budovy vyžadují specifická ložiska, což omezuje jejich stavbu a zvyšuje strategii při rozvoji.

## Politická síla

Ukazuje spokojenost obyvatel a slouží ke jmenování členů městské rady. Její zisk je ze spokojeného obyvatelstva. Základní spokojenost residence je 25 ze 100. Tuto spokojenost lze zvednout až na 75 jen díky luxusním produktům. Zvednout ji více lze jen vylepšeními a městskou radou. Politická síla může jít i do záporu, protože střed generování je na spokojenosti 50. Menší spokojenost odečítá politickou sílu a naopak. Generování politické síly probíhá následovně:

1. **Průměr spokojenosti** – vypočítá se průměr spokojenosti obyvatel přes všechny residence, výsledkem jsou tedy tři čísla pro každý typ residence jedno.
2. **Aplikace daní** – pokud jsou aplikovány daně, jsou započteny zde.
3. **Vycentrování osy** – toto číslo je posunuto o -50, aby se vycentrovala osa.
4. **Aplikace koeficientu** – výsledek je vynásoben koeficientem residence. Farmáři mají 0,1, dělníci 0,25 a inženýři 0,5. To kvůli tomu, že vyšší vrstva obyvatel měla větší vliv na politiku.
5. **Násobení residencemi** – tento upravený výsledek je ještě vynásoben počtem residencí. Tím je získán celkový přírůstek politické síly pro daný typ residence.
6. **Bonusy** – lze upravit dané hodnoty bonusy z městské rady.
7. **Výsledek** – sečtením všech typů residencí dosáhnou celkové hodnoty politické síly.

Tímto výpočtem se získá jednodenní přírůstek politické síly. Pokud by hráč byl delší dobu v mínusu politické síly, končí tím hra.

## Příjem a daně

Provoz všech budov stojí peníze. Peníze lze získat pouze z residencí a to poskytováním luxusních předmětů a budov obyvatelům. Výpočet příjmu města je následující:

1. **Sečtení residencí** – vypočítají se součty pro všechny residence, tentokrát se nedělá žádný průměr, ale bere se přesná hodnota příjmu.
2. **Aplikace daní a bonusů** – na tyto součty lze teď aplikovat daně a bonusy.
3. **Sečtení** – upravené hodnoty se následně sečtou a výsledkem je příjem celého města.

Peníze a politická síla jsou přičteny jednou za herní den, který trvá 3 minuty reálného času. Před přičtením peněz jsou ještě odečteny celkové náklady na provoz města. Aby se zamezilo skokovému přepočítávání příjmu a politické síly, je zavedena metoda jedno denního klouzavého průměru (MA). To znamená, že reálná hodnota jak peněz, tak politické síly je průměr za celý den.

Daně umožňují hráči volit mezi příjmem a spokojeností obyvatel. Nastavení daní se pohybuje od -25% do +25%, přičemž každé procento snižuje příjem o 1% a zvyšuje spokojenost o +1, nebo naopak. Například -25% daně znamená o 25% nižší příjem, ale +25 spokojenosti. Residence začínají na spokojenosti 25, takže hráč může snížením daní vyrovnat spokojenost na neutrální úroveň za cenu nižšího výdělku.

## Přehled města

Uživatelské rozhraní se skládá ze dvou částí: přehledu pracovní síly a přehledu příjmů. Přehled pracovní síly zobrazuje počet obyvatel dle vrstev, počet zaměstnaných a nezaměstnaných. Obsahuje také seznamy residencí a výrobních budov s jejich zaplněním, což hráči poskytuje přehled o chodu města. Přehled příjmů zahrnuje počet residencí podle vrstev, základní příjem, výdaje a součet všech modifikátorů s možností zobrazit jejich detail. A také průměrnou spokojenost vrstev a jejich přínos (modifikátory jsou zahrnuty v hodnotách a lze je rozkliknout). Na závěr jsou zde tři posuvníky pro nastavení daní jednotlivým vrstvám, které ovlivňují příjem a spokojenost podle předchozí mechaniky.

## Městská rada

Jedná se o komplexní herní mechaniku, která slouží k urychlení budování města, ale také k historické expozici hry. Rada je rozdělena na 5 rozdílných institutů dle svého zaměření: **zemědělství, průmysl, politika, výzkum a kultura**. Každý institut má 5 křesel, které lze obsadit významnými osobnostmi. Tyto osobnosti jsou reální lidé, kteří jsou českého původu a žili na přelomu 19. a 20. století. Osobností je celkem 85<sup>1</sup> (jejich seznam lze nalézt v příloze D):

Každá osobnost má svoje detaily jako její plné jméno, jedno větný popis jejího působení a pak výpis všech modifikátorů, co poskytuje. Jednotlivé osobnosti jsou rozděleny do tří úrovní podle toho, jak významní v historii byly (hodnoceny byly dle jejich věhlasu a zaměření). Úroveň ovlivňuje cenu jmenování a také množství a sílu jejich modifikátorů.

- **Nízká Úroveň** – cena 150 politické síly. V této úrovni má osobnost často pouze jeden modifikátor s nízkou až střední silou.
- **Střední Úroveň** – cena 300 politické síly. V této úrovni má osobnost často dva až tři modifikátory se střední silou.
- **Vysoká Úroveň** – cena 500 politické síly. V této úrovni má osobnost od jednoho po čtyři modifikátory s vysokou až extrémní silou.

Jednotlivé modifikátory odpovídají poli působení dané osobnosti. Hodnoty těchto modifikátorů jsou voleny tak, aby měly značný dopad na hru, ale aby ji zase neudělaly příliš jednoduchou. Osobnost vysoké úrovně nemusí mít automaticky hodně modifikátorů, ale

<sup>1</sup>Veškeré osobnosti byly nalezeny ve slovníku [21]

může mít jeden velmi silný. Některé osobnosti mají jak pozitivní, tak negativní modifikátory, a proto si hráč musí pečlivě rozmyslet, jestli se mu jmenování těchto osobností vyplatí. Modifikátor má u sebe také seznam budov, které ovlivňuje.

Hráč může jmenovat osobnost kliknutím na ni, pokud má dostatek politické síly. Poté si vybere, do kterého křesla ji umístí — nezáleží na konkrétní pozici. Pokud je místo již obsazené, hra se zeptá, zda chce stávající osobnost nahradit. Jmenované osobnosti lze kdykoli odvolat, ale bez náhrady. Všechny osobnosti jsou dostupné od začátku hry a lze je jmenovat ihned, jakmile na to má hráč politickou sílu.

## Výzkumné středisko

Výzkum umožňuje hráči zrychlit rozvoj města, ale vyžaduje výzkumné středisko, které se odemkne s dělnickou třídou. Středisko lze vylepšovat až na úroveň V, čímž se odemknou až 4 další výzkumné pozice (celkem 5). Výzkumy jsou rozděleny do šesti úrovní: I–V a speciální S, kterou lze získat po dokončení celé větve. Hráč může zkoumat pouze výzkumy odpovídající úrovni střediska nebo nižší. Čím dále ve větvi, tím silnější modifikátory výzkum poskytuje. Ne každé výzkumy mají jen pozitivní efekty. Výzkumy úrovně S vždy přinášejí pouze pozitivní efekty. Rozdělení výzkumů dle úrovně lze vidět v tabulce 3.2.

Úroveň	Cena	Čas
I.	5 000	30
II.	10 000	60
III.	20 000	90
IV.	40 000	120
V.	80 000	150
S	100 000	180

Tabulka 3.2: Přehled cen a časů výzkumů jednotlivých úrovní výzkumného centra.

Cena je v penězích a čas je reálný v minutách, ale výzkum je navázán na rychlost hry, takže na dvojnásobnou rychlost výzkumy trvají pouze půlku času. Jejich zkoumání lze ještě zrychlit výzkoumáním speciálních výzkumů nebo jmenováním osobností do vědeckého institutu. Každý výzkum je formou malého čtverečku obsahujícího pouze obrázek a úroveň výzkumu. Při najetí na něj se zobrazí detail. Ten obsahuje:

- **Název** – název je čistě kosmetický a slouží hlavně pro orientaci hráče mezi výzkumy.
- **Úroveň** – ukazuje hráči potřebnou úroveň výzkumného střediska.
- **Potřebné výzkumy** – kromě počátečních výzkumů potřebují pokročilejší výzkumy předcházející, aby šli vyzkoumat. Ty jsou dvojího typu, dle binárních operací AND a OR. Typu AND jsou potřeba všechny. Typu OR stačí jeden z uvedených.
- **Exkluzivní výzkumy** – některé výzkumné větve jsou exkluzivní s jinými. Je to snaha o zvětšení znovu hrátelnosti a také přidání volby hráči. Pokud je exkluzivní výzkum splněn, je jeho navázaný výzkum uzamčen do konce hry.
- **Modifikátory** – stejný seznam modifikátorů jako u osobností.
- **Cena a čas** – a poslední je cena a čas pro výzkum.

Po kliknutí na výzkum se zobrazí okno s detaily a tlačítkem pro zahájení. Pokud má hráč dostatek peněz a volný slot, výzkum se spustí. Není-li slot volný, zobrazí se upozornění. Výzkum lze kdykoliv zrušit, ale hráč ztratí veškeré investované zdroje a postup. Dokončené výzkumy jsou trvale aktivní, nelze je vrátit zpět. Středisko obsahuje sedm různých výzkumných stromů a to:

- **Zemědělství** – zaměřené na farmy, zvířecí farmy a jatka. Upravuje především produkční strop, velikost produkčního kroku, počet polí, velikost skladiště a další.
- **Průmysl** – zaměřené na těžbu a nejrůznější výrobní budovy. Upravuje především produkční strop, velikost produkčního kroku, velikost skladiště a další.
- **Veřejné služby** – zaměřené na veřejné budovy a residence. Upravuje dosah budov, jejich vliv na populaci, cenu pro stavění. U residencí pak konzumaci produktů.
- **Infrastruktura** – zaměřené na cesty a přepravce. Upravuje vliv cest na dosah budov a rychlost přepraveců. Přepravecům pak jejich kapacitu a rychlost.
- **Producenti** – zaměřené na produkční budovy a jednotlivé větve výroby stavebních materiálů. Upravuje především produkční strop, velikost produkčního kroku, velikost skladiště a další.
- **Elektřina** – zaměřené na generování, spotřebu a efekty elektřiny. Upravuje generovanou energii všech elektráren, spotřebu různých budov, bonusové efekty elektřiny nebo snižuje negativní efekty blackoutů.
- **Výzkum** – zaměřené na zrychlení a zlevnění výzkumu jak globálně, tak pro specifické stromy.

## Historické události

Menší mechanika převážně pro expozici historie do hry, ale také pro ovlivnění samotného hraní. Jedná se o reálné události, které se staly mezi lety 1900 a 1914. Tyto události se budou dít během hraní a nemohou se opakovat. Jejich výskyt je časově náhodný, ale vždy v historickém sledu. Tyto události přinášejí také modifikátory, jejichž síla závisí na důležitosti události. Na rozdíl od osobností a výzkumného stromu, mnoho modifikátorů z události je časově omezených, a tak je musí hráč dobře využít. Událostí je 16, jaké jsou lze vidět v příloze **D**.

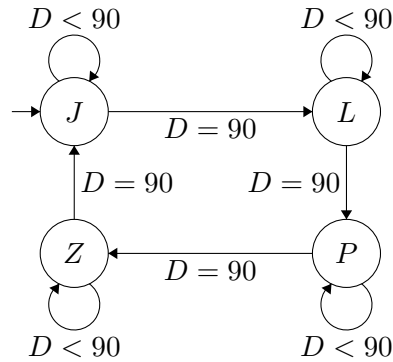
Většina těchto událostí bude mít negativní efekty na hru, aby tedy měl hráč nějakou možnost jim zabránit, může na každou událost reagovat předem danými volbami. Některé volby nic nestojí, ale mohou mít silné negativní efekty. Nebo může zvolit jinou možnost. Těch bude různé množství podle události. Každá událost bude mít kromě voleb i dobovou fotku ukazující danou událost a také stručný popis<sup>2</sup>.

## System ročních období a počasí

Hra bude mít dynamický systém měnících se ročních období. Každé toto období nebude mít vliv samo o sobě, ale přinese sebou specifické počasí, které již hru bude ovlivňovat. Jednoduchý stavový automat lze vidět na obrázku **3.6**.

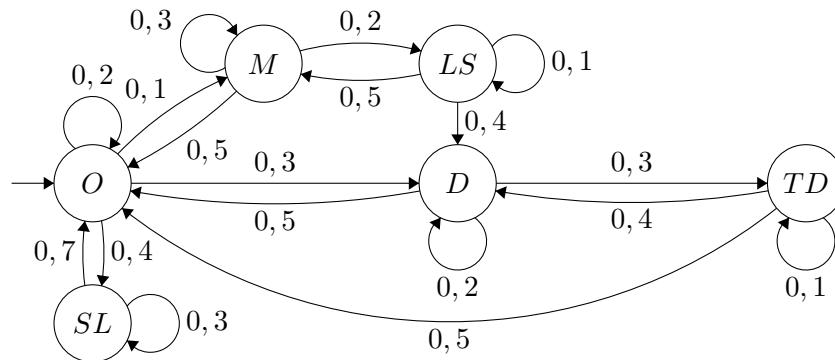
---

<sup>2</sup>Obrázky byly převzaty z Wikipedie a popisky vygenerovány pomocí nástroje ChatGPT.



Obrázek 3.6: Jednoduchý stavový automat pro roční období. Každé období bude trvat herních 90 dnů. To je 270 minut v realitě při rychlosti hry 1x. Každé roční období sebou přinese unikátní počasí a nové výzvy.

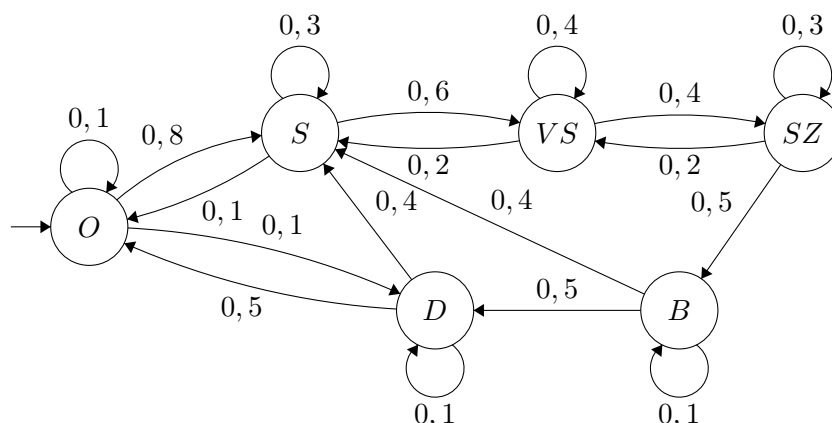
Počasí jednotlivých období se dá modelovat jako Markovův řetězec, jelikož zde hrají roli pravděpodobnosti a také záleží pouze na posledním stavu, jaký bude další následovat. Řetězec pro jaro lze vidět na 3.7, pro léto na 3.8, pro podzim na 3.9 a pro zimu na 3.10. Každé počasí bude trvat náhodný čas, aby tak bylo více dynamické.



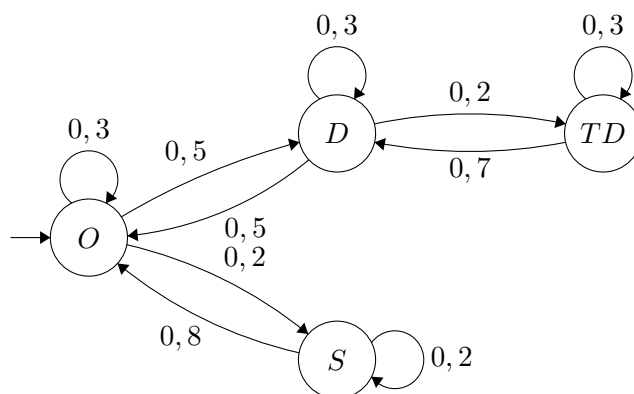
Obrázek 3.7: Markovův řetězec modelující počasí během jara. Vysvětlení stavů: **O** – oblačno, **SL** – slunečno, **M** – mráz, **LS** – lehké sněžení, **D** – děšť, **TD** – těžký děšť.

Typy počasí jsou následující:

- **Slunečno** – nejčastější pro jaro a léto, bude mít malé pozitivní efekty na farmy a zvířecí farmy.
- **Velmi slunečno** – pouze pro léto, bude mít malé negativní efekty na farmy a zvířecí farmy a také na konzumaci produktů.
- **Spálená země** – pouze pro léto, bude mít obrovské negativní efekty na farmy a zvířecí farmy a také na konzumaci produktů. Během extrémních veder klesne spokojenost obyvatel a celkový příjem, jelikož lidé nechtějí v tomto vedru nic dělat.
- **Oblačno** – pro všechna období, nemá žádné efekty.
- **Děšť** – pro jaro, léto a podzim. Má menší pozitivní efekty na farmy a zvířecí farmy. Malý negativní efekt na rychlost přepravců.

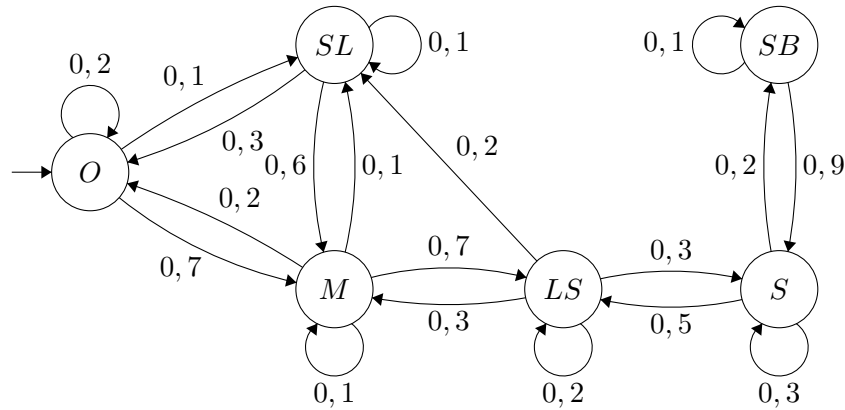


Obrázek 3.8: Markovův řetězec modelující počasí během léta. Vysvětlení stavů: **O** – oblačno, **S** – slunečno, **VS** – velmi slunečno, **SZ** – spálená země, **D** – déšť, **B** – bouřka.



Obrázek 3.9: Markovův řetězec modelující počasí během podzimu. Vysvětlení stavů: **O** – oblačno, **S** – slunečno, **D** – déšť, **TD** – těžký déšť. Řetězec je malý, jelikož podzim bývá na počasí velmi slabý a konzistentní.

- **Těžký déšť** – pro jaro a podzim. Má menší negativní efekty na farmy a zvířecí farmy. Větší negativní efekt na rychlost přepravců.
- **Bouřka** – pouze pro léto. Má velké negativní efekty na farmy a zvířecí farmy a na rychlost přepravců. Násobně zvyšuje riziko blackoutu a ten může nastat kdykoliv během ní.
- **Mráz** – pouze pro zimu. Má střední negativní efekty na farmy a zvířecí farmy.
- **Lehké sněžení** – pouze pro zimu a jaro. Má střední negativní efekty na farmy a zvířecí farmy. A lehký efekt na rychlost přepravců. Má ovšem pozitivní vliv na spokojenost obyvatel, protože kdo by si nechtěl hrát se sněhem.
- **Sněžení** – pouze pro zimu. Má velké negativní efekty na farmy a zvířecí farmy. A střední na rychlost přepravců. Taktéž má pozitivní vliv na spokojenost obyvatel.
- **Sněhová bouře** – pouze pro zimu. Má obrovské negativní efekty na farmy a zvířecí farmy a prakticky zastavuje veškerou dopravu. Velmi snižuje spokojenost a snižuje znatelně příjmy.



Obrázek 3.10: Markovův řetězec modelující počasí během zimy. Vysvětlení stavů: **O** – oblačno, **SL** – slunečno, **M** – mráz, **LS** – lehké sněžení, **S** – sněžení, **SB** – sněhová bouře. Sněhová bouře je velmi ojedinělá, ovšem pokud se stane, tak ochromí celé město.

Ke střídání jednotlivých počasí dochází přirozeně, například musí nejprve mrznout, aby začalo sněžit, intenzita sněžení se stupňuje a podobně.

### Systém postupu

Slouží pro odměňování hráče a také postupné dávkování obsahu hry, aby nebyl příliš zahlcen. Jednotlivé levely odemykají nové produkční větve, budovy, mechaniky a materiály. Levely se získávají zvyšováním populace a každý level má svůj záchytný bod. Tento bod stačí dosáhnout a není třeba jej udržet. Farmáři mají 4 levely, dělníci 5 levelů a inženýři pak 7. Celkem je tedy 16 levelů. Tyto levely jsou:

1. **Farmářský kemp** – nutno dosáhnout postavení radnice. Odemyká dřevo, residence, cesty, skladiště a market.
2. **Malá vesnička** – nutno dosáhnout 20 farmářů. Odemyká obě farmy a s tím brambory a vejce.
3. **Rostoucí vesnice** – nutno dosáhnout 150 farmářů. Odemyká kámen, hospodu, šnaps a farmářské oblečení.
4. **Zemědělská obec** – nutno dosáhnout 300 farmářů. Odemyká školu, mléko a chleba.
5. **Dělnická obec** – nutno dosáhnout 1 dělníka. Odemyká dělníky, cihly, parcel token, kostel, výzkumné středisko a další.
6. **Tovární město** – nutno dosáhnout 200 dělníků. Odemyká krávy, prasata, salon a další.
7. **Ocelová čtvrť** – nutno dosáhnout 500 dělníků. Odemyká ocel, doly, elektřinu, parcel token a další.
8. **Dělnický uzel** – nutno dosáhnout 900 dělníků. Odemyká divadlo, střední školu, pivo a další.
9. **Industriální město** – nutno dosáhnout 1400 dělníků. Odemyká import, parcel token a další.

10. **Město inovací** – nutno dosáhnout 1 inženýra. Odemyká inženýry, parcel token, okna, víno a další.
11. **Město luxusu** – nutno dosáhnout 300 inženýrů. Odemyká univerzitu, luxusní obleky a další.
12. **Moderní město** – nutno dosáhnout 750 inženýrů. Odemyká beton, banku, parcel token a další.
13. **Hlavní industriální uzel** – nutno dosáhnout 1200 inženýrů. Odemyká galerii, pokročilé budovy na výrobu a další.
14. **Metropolitní město** – nutno dosáhnout 1600 inženýrů. Odemyká šperky, luxusní nábytek a další.
15. **Habsburské velkoměsto** – nutno dosáhnout 2200 inženýrů. Odemyká telefony, kameru, parcel token, operu a další.
16. **Imperiální metropole** – nutno dosáhnout 3000 inženýrů. Odemyká automobily a parcel token.

### Obtížnost hry

Hráč si bude moct vybrat jednu z předvytvořených úrovní obtížnosti nebo si bude moct vytvořit svou vlastní. Základních bude 5 a to: **lehká, střední, příběhová, těžká a nemožná**. Obtížnost hry bude upravovat následující parametry:

- **Příjem** – s lehčí obtížností bude hráč dostávat mnohem více peněz, s těžší naopak o dost méně a tak bude muset dávat pozor na bankrot.
- **Spokojenost** – na nejlehčí obtížnost se nemusí starat o spokojenost obyvatel, ta bude vždy v plusu. Na nejtěžší bude počáteční hodnota na nule, tudíž se bude muset velmi rychle postarat o její navýšení jinak prohraje.
- **Destrukce** – od obtížnosti se bude odvíjet procento vrácených materiálů.
- **Přemístění** – od obtížnosti se bude odvíjet cena pro přemístění budov.
- **Efekty počasí** – na lehčí obtížnost nebudou mít velký vliv. Na nejtěžší bude mít i sebemenší déšť velký vliv na svět.
- **Počáteční zdroje** – na lehkou obtížnost dostane plné sklady materiálu. Na nejtěžší bude muset počítat každou třísku.

Obtížnost hry nepůjde změnit po spuštění hry, takže je nutné si volbu pořádně promyslet.

# Kapitola 4

## Realizace

Tato kapitola se zaměřuje na popis samotné realizace hry, rozdělení systému do jednotlivých funkčních celků a způsob jejich vzájemné komunikace. Jsou zde popsány jak jednotlivé herní mechaniky, tak komplexní systémy, které je zastřešují. Implementace hry probíhala postupně – od základních funkcionalit až po pokročilé systémy. Pořadí, ve kterém byly mechaniky implementovány, bylo určováno jejich důležitostmi pro základní chod hry, a zároveň i jejich návazností na dříve vytvořené části systému. Přehledný vývojový diagram s vizualizací jednotlivých verzí a jejich návazností je uveden na obrázku 4.1.

### 4.1 Architektura hry

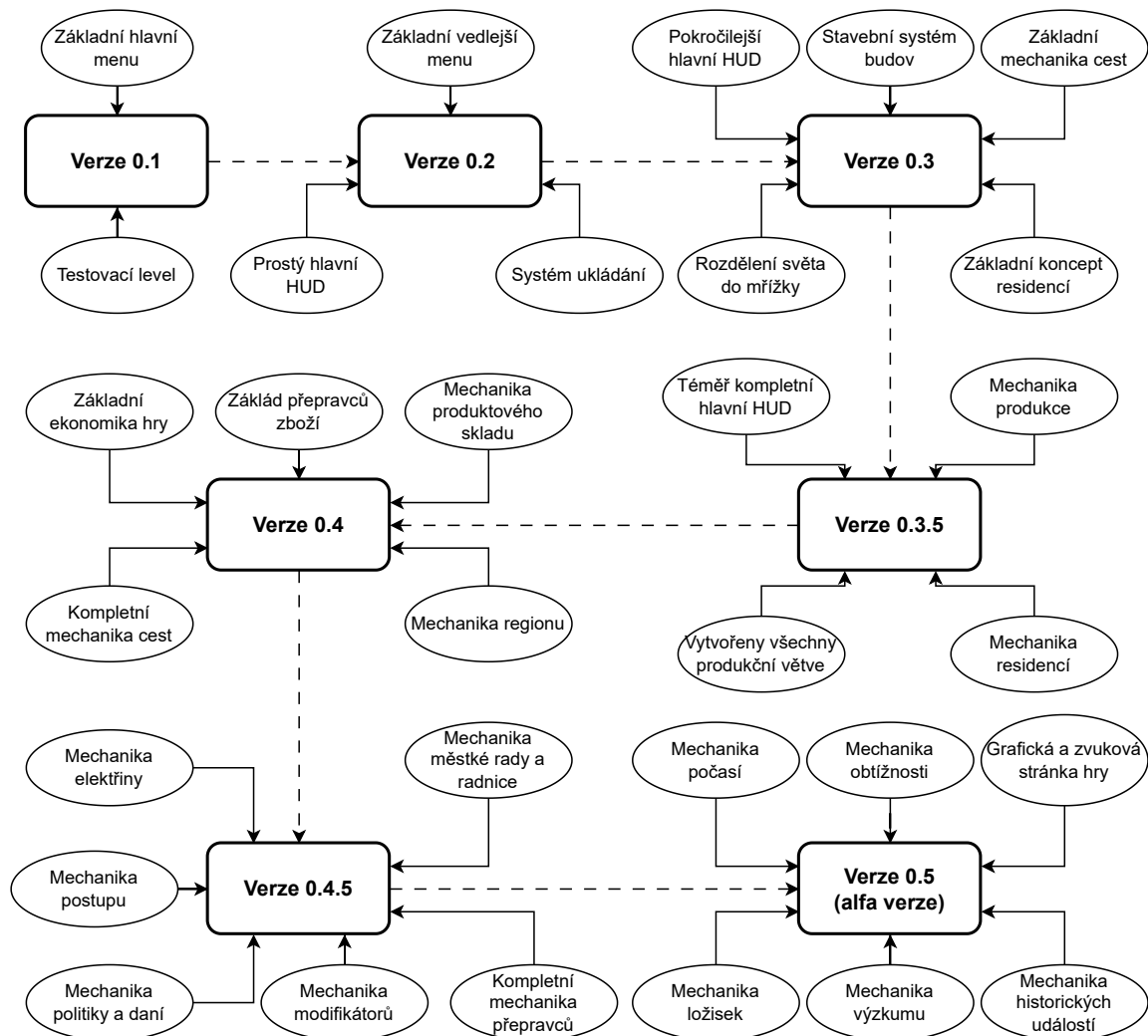
Celková architektura hry je navržena modulárně a hierarchicky tak, aby umožňovala rozšiřování a snadnou údržbu jednotlivých subsystémů. Do hry tak lze přidat další budovy, produkty a mechaniky, aniž by bylo třeba strukturu systémů jakkoliv ztlačně měnit. Herní svět je rozdělen do mřížky, kde každá buňka představuje samostatného herce ve scéně. Tyto buňky slouží jako základ pro umístění budov, cest a dalších herních objektů. Hra se dá rozdělit do několika samostatných částí:

- **Uživatelské rozhraní** – veškeré panely, které hráč vidí nebo s nimi interaguje. Jsou vytvářeny a ničeny kompletně dynamicky v průběhu hry.
- **Ukládací systém** – kompletní systém, který umožňuje ukládat postup ve hře. Implementovaný tak, že se dá snadno rozšířit, či rovnou použít v jiném projektu.
- **Typy budov** – každý typ je postaven na stejném základu, takže rozšiřovat hru v tomto ohledu je velmi jednoduché.
- **Budovatelský systém** – klíčová mechanika hry, která je realizována jako samostatný systém, který lze libovolně měnit a upravovat.
- **Jednotlivé herní mechaniky** – většina jich je nezávislá na sobě, některé jsou propojené a jiné stojí na stejném základu.
- **Grafika a zvuk** – jednotlivé ikony, modely či zvuky se dají jednoduše a rychle vyměnit za jiné.

Datové centrum hry tvoří několik objektů, které reprezentují globální systémy a uchovávají stavové informace o herní relaci. Tyto objekty mají vždy pouze jednu instanci a slouží

jako centrální úložiště pro jednotlivé mechaniky. Při spuštění nové hry dochází k jejich ručnímu resetování, aby se zamezilo přenášení dat mezi herními relacemi.

Skripty v jazyce C++ jsou využívány především pro výkonově náročné operace (například hledání cest, prohledávání mřížky, výpočet efektivity), zatímco blueprinty se používají pro vizuální komponenty, animace a přehledné definice chování jednotlivých UI prvků.



Obrázek 4.1: Vývoj hry probíhal iterativním způsobem, přičemž výsledkem každé významné etapy implementace byla samostatně spustitelná verze hry. Některé herní systémy byly implementovány postupně napříč více verzemi, přičemž každá verze přinášela jejich rozšíření či vylepšení. Na závěr každé vývojové etapy byla provedena důkladná kontrola funkčnosti všech nově přidaných nebo upravených mechanik. Součástí tohoto procesu bylo rovněž ověření, že nově implementované změny nijak negativně neovlivnily již existující herní systémy.

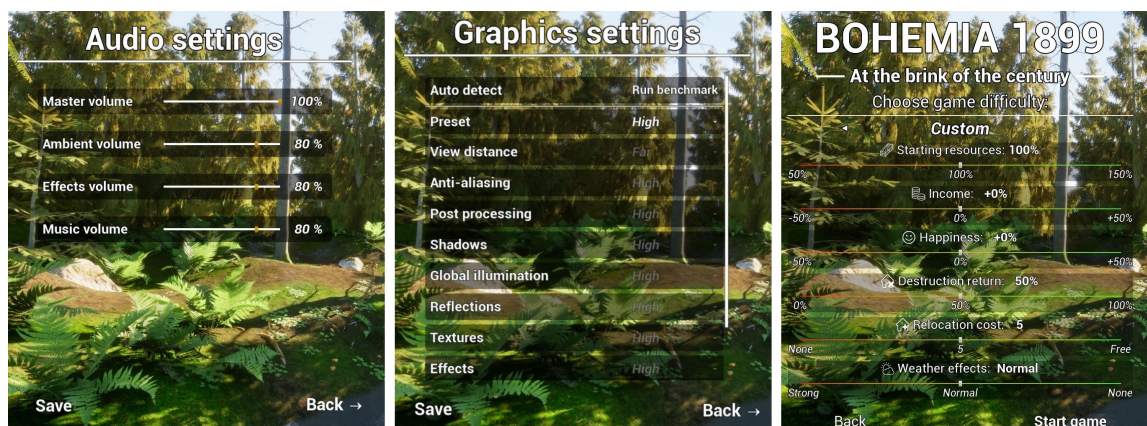
Hra je rozdělena na tři UE levely. První je prázdný a slouží pouze pro zobrazení úvodní obrazovky mezitím, co se načítá hlavní menu. Druhý level má vymodelované prostředí a slouží jako hlavní křižovatka hry, jelikož obsahuje hlavní menu. Třetí a poslední level je herní, který obsahuje herní svět pro režim volného hraní. Součástí jsou i další levely, které nejsou přístupné a sloužily k testování mechanik.

## 4.2 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní bylo kompletně vytvořeno pomocí systému UMG. Každá část rozhraní (hlavní menu, HUD, nastavení, výběrové panely a další) je samostatný widget, což umožňuje snadnou správu, přehlednost a rychlou reakci na uživatelské vstupy. Pokud bylo třeba manipulovat s prvky rozhraní z C++ kódu, dělo se tak skrze blueprint implementované funkce.

### Hlavní a vedlejší menu

Struktura menu je modulární – každá obrazovka (hlavní menu, nastavení, výběr režimu) je tvořena samostatným widgetem, který je dynamicky načítán podle potřeb hráče (příklad jednotlivých widgetů lze vidět na obrázku 4.2). Přechody mezi jednotlivými obrazovkami jsou doplněny o animace pro zvýšení plynulosti a estetického dojmu. U vedlejšího menu byla zohledněna i výkonnost: při jeho otevření dochází k pozastavení hry a vypnutí renderování herního světa, čímž se velmi snižuje zatížení systému během navigace v rozhraní.



Obrázek 4.2: Hlavní menu je zasazené do lesního prostředí. To je renderováno v reálném čase a slouží tak i jako ukazatel při grafickém nastavení. Interaktivní elementy mají černé pozadí, aby více vynikly.

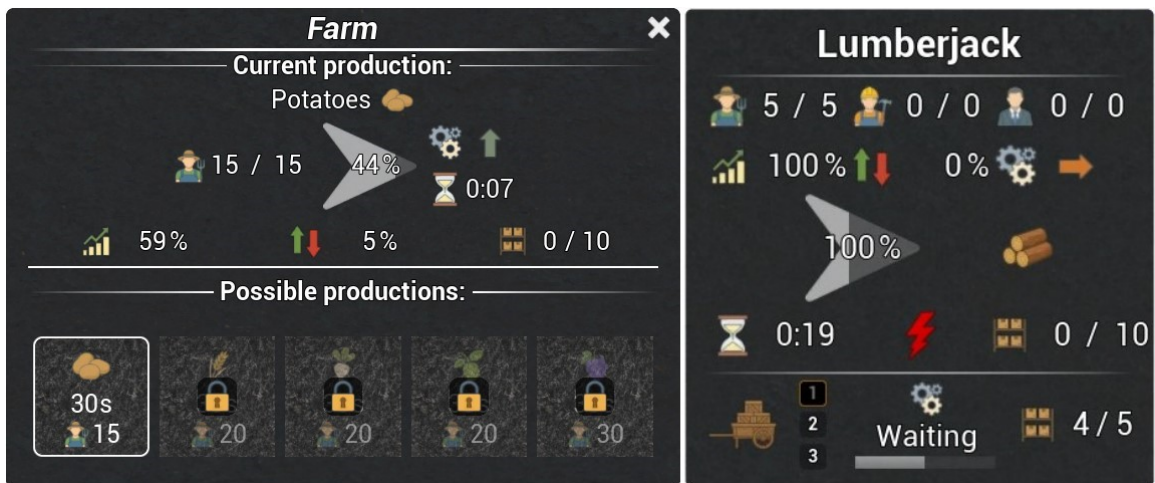
### Herní HUD

Herní HUD je rozdělen do několika panelů: horní panel s informacemi o zásobách a čase, levý informační panel, spodní stavební nabídka pro jednotlivé typy budov, pravý panel s navigačními tlačítky a neviditelný panel pro zobrazení notifikací (kompletní HUD lze vidět na obrázku 4.3). Ty jsou zobrazovány jako widgety s omezenou dobou života, s limitem na maximální počet aktivních hlášení. Hodnoty na panelech jsou propojeny pomocí funkcí typu Bind, takže se automaticky aktualizují při změně sledovaných proměnných. Veškeré interaktivní prvky využívají konzistentní grafiku včetně pozadí s rustikální texturou, která podporuje atmosféru hry.

Možnost komunikace s budovami je skrze jejich informační panely. Ty jsou dvojího typu: malé postranní nebo velké hlavní (příklad obou lze vidět na obrázku 4.4). Tyto panely jsou vytvářeny dynamicky a automaticky zničeny, když nejsou potřeba, aby nezpomalovaly chod hry.



Obrázek 4.3: Hlavní HUD obsahuje veškeré nutné informace a zkratky do důležitých menu. Jakožto podklad pro všechny widgety je využit materiál štukové omítky, který vytváří industriální dojem ze hry.



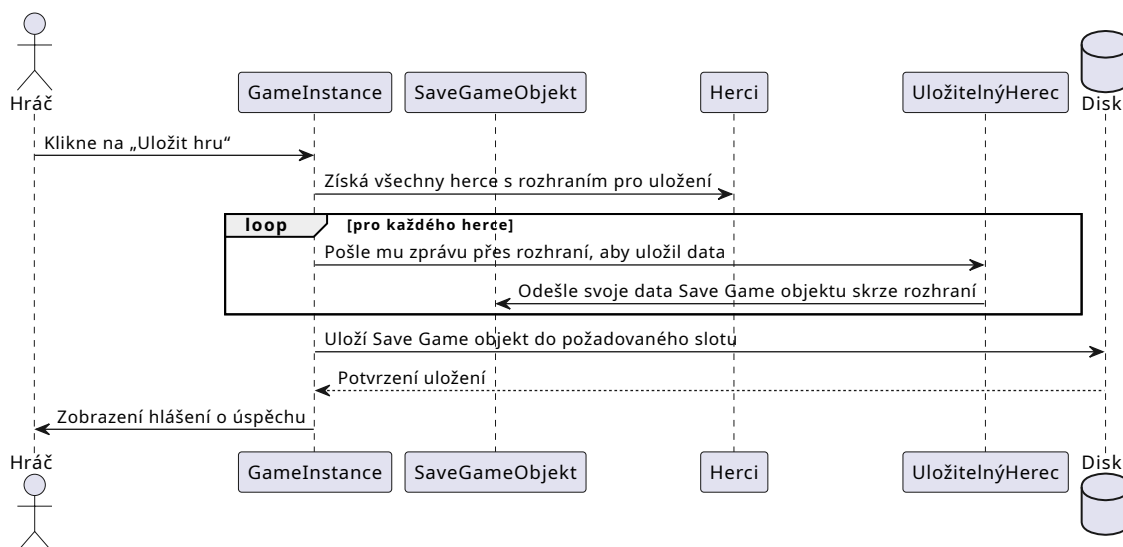
Obrázek 4.4: Velké menu obsahuje veškeré potřebné informace o produkci a umožňuje ji změnit. Informační panel pro producenty obsahuje všechny potřebné informace o produkci. Nalevo: plné menu farmy. Napravo: postranní menu producenta.

## Kamera

Ovládání kamery bylo implementováno pomocí vlastního blueprintu typu **Pawn**. Tento přístup umožňuje plynulý pohyb kamery i její snadné přizpůsobení hráčským vstupům. Způsob ovládání kombinuje několik vstupních metod, zejména posouvací pohyb využívá převod obrazovkových souřadnic na světové a následné výpočty průsečíku se světovou rovinou. Výsledkem je intuitivní manipulace s pohledem, při které se hráči zdá, že posouvá samotný herní svět, nikoli kameru.

## Ukládací systém

Systém ukládání a načítání herního postupu je realizován pomocí blueprint třídy `SaveGame`, rozšířené o vlastní struktury dat a rozhraní. Hlavním cílem bylo umožnit modulární ukládání stavů jednotlivých herců, a zároveň zachovat přehlednost při načítání. Každý herec, který má být uložen, implementuje předdefinované rozhraní, které definuje potřebné funkce pro uložení svého stavu. Při požadavku na uložení se herní instance dotáže všech aktivních herců, kteří toto rozhraní implementují, a ti následně uloží svá data do centrálního objektu typu `SaveGame`. Díky tomuto přístupu je možné rozlišit mezi herci, kteří ukládají pouze svůj stav, a těmi, kteří ukládají i další závislé objekty. Přehledně lze vidět proces ukládání na diagramu 4.5.



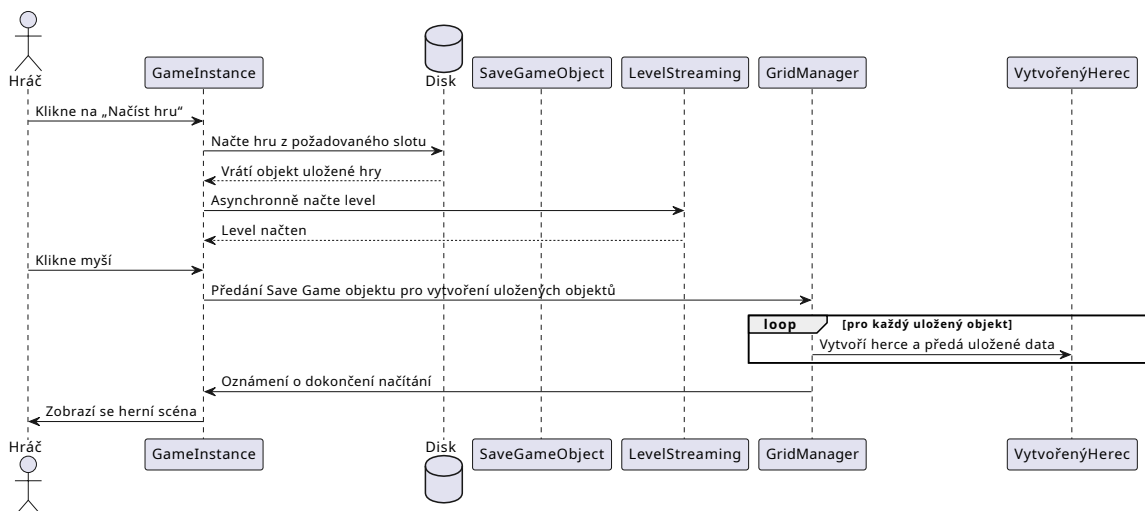
Obrázek 4.5: Sekvenční diagram pro uložení hry. Při zápisu dat na disk jsou data přepsána a nenávratně ztracena. Celý proces ukládání je velmi rychlý i při stovkách objektů.

Na rozdíl od ukládání, při načítání objekty ještě neexistují. Načítání je proto centralizováno přes herce pro správu mřížky, který vytvoří uložené objekty a poskytne jim uložená data. Pořadí načítání je velmi důležité. Celý proces probíhá synchronně, vzhledem k nízkému objemu dat. Pouze samotné načítání levelu probíhá asynchronně pro zajištění plynulého přechodu bez zatuhnutí hry. Kompletní proces načítání lze vidět na diagramu 4.6.

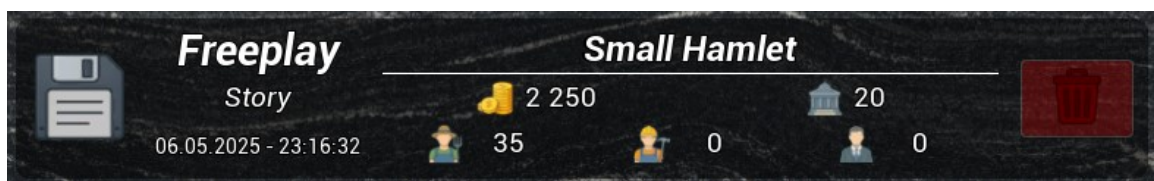
Nahrávací obrazovka je řešena pomocí dynamicky generovaných widgetů. Každá uložená pozice má svou instanci widgetu (ten lze vidět na obrázku 4.7), která ověřuje existenci uložené hry a v případě potřeby zobrazuje dostupné informace o ní. Zajištěna je i možnost mazání uložených pozic. Pro zobrazení průběhu načítání slouží speciální obrazovka s animovanými prvky, která poskytuje hráči zpětnou vazbu během nahrávání.

## 4.3 Typy budov

Budov každého typu je mnoho a každá budova má svého herce. Ovšem logika za tímto hercem je stejná pro všechny typy. Proto je využita možnost dát každému herci jeho „rodičovský“ skript. Každý typ budovy má svůj a je kompletně implementovaný v C++, jelikož



Obrázek 4.6: Sekvenční digram pro uložení hry. Při načítání se prvně načtou data uložené hry z disku a následně se načte herní level. Jakmile je načtený, otevře se a po jeho otevření je vytvořen i správce mřížky, který si z herní instance přebere načtená herní data a vytvoří z nich uloženou hru.



Obrázek 4.7: Slot pro načtení hry obsahuje základní údaje o hře pro větší přehlednost.

je tak funkčnost přehlednější a efektivnější. Systém pro upozornění hráče byl realizován pomocí komponenty, která je formou rotujícího disku, upozorňujícího na nejaktuálnější problém.

Veřejné budovy ovlivňují residence tím, že jim poskytují přístup. To bylo realizováno pomocí prohledávání stavového prostoru (mřížky) pomocí algoritmu BFS a hledáním cesty od budovy k residencím. Budova tak pomocí něj najde residence, které má v dosahu, a aplikuje na ně svůj účinek. Aby se zamezilo zbytečným výpočtům a vytěžování procesoru, tak toto hledání probíhá v pevném intervalu 10 sekund. Zvýraznění dosahu budov je také realizováno pomocí algoritmu BFS. Na cesty, které najde, se pak aplikují overlay materiály pro zvýraznění.

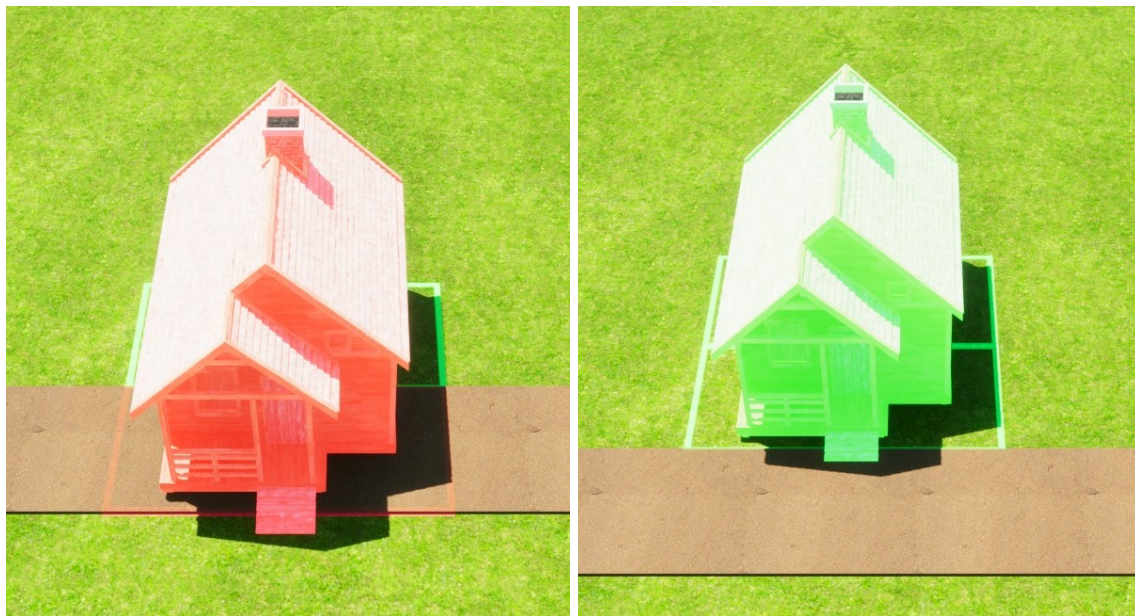
Některé budovy ve hře vyžadují pracovní sílu pro svůj provoz, zatímco jiné ji naopak poskytují. Mechanika pracovní síly je centralizována v rámci jednoho specializovaného herce, který slouží jako správce tohoto systému. Tento herec uchovává veškeré potřebné informace a implementuje všechny funkce potřebné pro správu a aktualizaci těchto údajů. Rozdělování pracovní síly mezi budovy je realizováno pomocí fronty, což znamená, že budova, která byla postavena dříve, obdrží volnou pracovní sílu dříve, než budovy následující. Tento přístup zajišťuje předvídatelnost a spravedlivé rozdělení dostupné pracovní síly podle pořadí výstavby.

## 4.4 Stavění budov a cest

Herní mapa je rozdělena do pravidelné čtvercové mřížky, kde každá buňka je samostatným hercem. Buňky obsahují základní informace o svém stavu — zda jsou obsazeny, jaký typ objektu se na nich nachází, případně referenci na daný objekt. Mřížka buněk slouží jako základní struktura pro umísťování budov, cest, výpočty dosahů i vyhledávání cest. Každá buňka má při inicializaci uloženy své sousední buňky, což umožňuje použití grafových algoritmů při prohledávání a připojování budov k ostatním objektům, jako jsou veřejné budovy či přepravní síť.

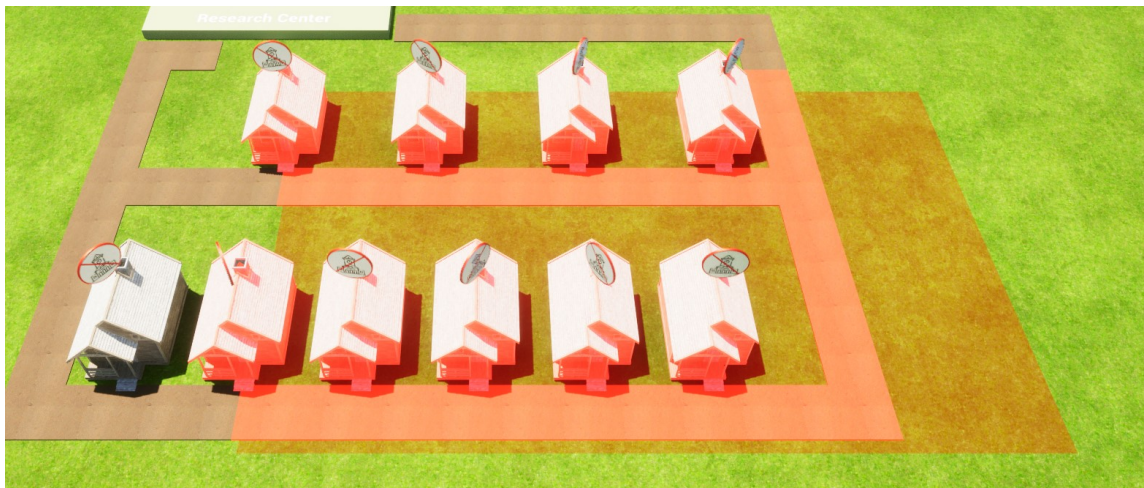
Režim stavění je realizován jako samostatný skript, který zajišťuje stavění objektů ve světě, vizualizuje pohyb vybrané budovy na mřížce a ověřuje možnost umístění na základě kolizí a pravidel. Jelikož má každá budova shodné podmínky pro stavění, je proto vytvořena speciální komponenta obsahující veškeré funkce pro manipulaci s mřížkou, kterou má každá stavitelná budova. Rozdíl mezi postavitelnou a nepostavitelnou budovou lze vidět na obrázku 4.8. Aby skript věděl, kam budovu umístit, tak využívá možnosti vrhání paprsků pro zjištění kolizí v jeho směru. Paprsek, vržený od kurzoru hráče, koliduje s buňkou, a tak skript zná polohu, kam hráč ukazuje.

Pro realizaci efektu zvýraznění budovy při najetí kurzorem (indikace interaktivity) byl využit systém kolizí vestavěný v UE. Tento mechanismus automaticky detekuje kolize mezi objektem a kurzorem a umožňuje vyvolání příslušných událostí (v tomto případě změny barvy modelu). Aby mohl systém korektně fungovat, musí mít každý model povolené kolize. Tento požadavek však zpětně způsobil problémy v režimu stavění – při vrhání paprsku pro detekci umístění se totiž tento paprsek zastavil právě o kolizní model budovy. Z tohoto důvodu bylo vrhání paprsku upraveno tak, aby ignorovalo všechny kolize kromě těch, které odpovídají buňkám herní mřížky.



Obrázek 4.8: Obarvení modelu dle jeho stavitelnosti je pomocí `overlay` materiálu, který lze modelům přiřadit. Aby hráč viděl přesně na které buňky lze stavět a které ne, tak i ty jsou jednotlivě obarvené. Nalevo budova nepostavitelná kvůli cestě. Napravo budova postavitelná.

Každá budova má v modelu umístěné navigační šipky, jejichž pozice slouží jako referenční body pro kontrolu, nad kterými buňkami se budova nachází. Toto řešení je výpočetně efektivní a flexibilní, protože šipky lze libovolně rozmístit podle velikosti konkrétní budovy. Při potvrzení umístění budovy se aktualizují informace v odpovídajících buňkách, aby se na ně nedalo znovu stavět. Režimy jako relokace, kopie, vylepšení nebo demolice používají obdobnou logiku, liší se pouze způsobem zacházení s původními daty a případnou modifikací objektu.



Obrázek 4.9: Pro jednodušší výběr budov je implementováno zónové označení. Na obrázku lze vidět destruktivní režim, ve kterém je vybráno několik budov a cest najednou.

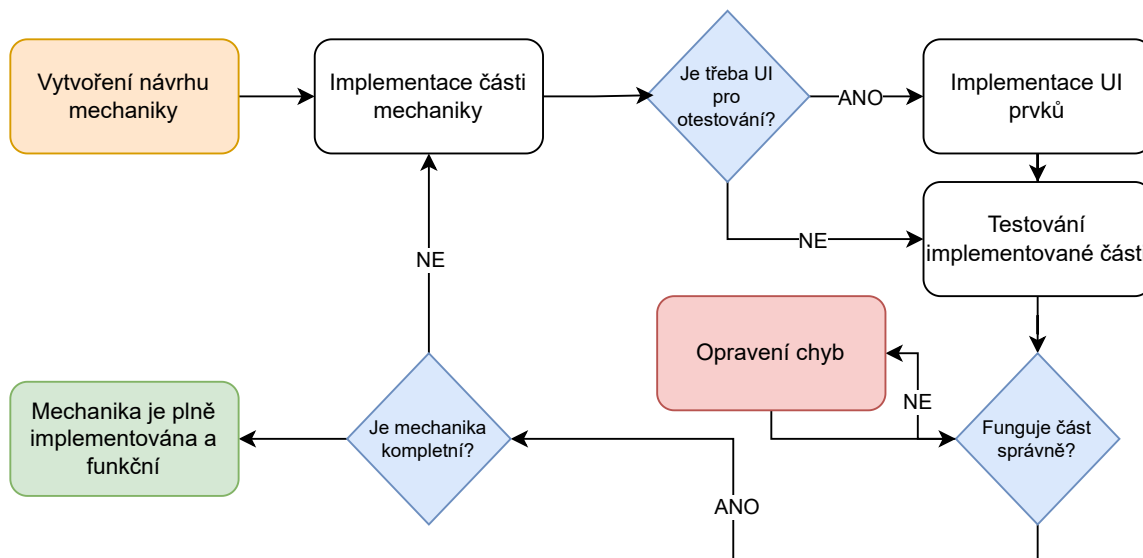
Možné je také označit více budov najednou tažením myši. Výběr je proveden tak, aby byly zahrnuty i objekty částečně uvnitř vybrané oblasti. Pro vizualizaci výběrové oblasti je použita jednoduchá dynamicky generovaná síť trojúhelníků (dva trojúhelníky), která tvoří obdélník ohraničující výběr (lze vidět na obrázku 4.9). Stavění cest vychází ze stejného systému jako budovy. Cena cesty je určena dynamicky dle její délky, a je zobrazena hráči pomocí malého widgetu pohybujícího se s kurzorem. K zajištění toho, aby cena zůstala přehledná a widget nepřekážel, je využit tooltip systém — neviditelný prvek pod kurzorem zobrazuje widget s aktuální hodnotou. Různé typy cest jsou řešeny tím, že existuje jeden herec cesty, který obsahuje informace o svém typu.

## 4.5 Herní mechaniky

Hra jich obsahuje velké množství a i když je většina odlišná, tak následovaly stejný vývojový diagram (lze jej vidět na obrázku 4.10).

### Přepřavci produktů a market

Market produktů slouží ke správě veškeré produkce a přepravců. Byl implementován jakožto unikátní objekt, který obsahuje veškeré funkce a kontejnery pro správu přepravy. Přepřavci jsou realizováni jako herci, kteří mají možnost se pohybovat po herní ploše. Tento pohyb byl implementován pomocí AI systému UE. Ten umožňuje vložit do herního levelu hranice, ve kterých si sám namapuje, kam se může daný herec dostat. Pomocí pohybových funkcí se pak herec pohybuje skrze cesty.



Obrázek 4.10: Implementování mechanik probíhalo postupně po menších částech. Ty byly řádně testovány než se implementovala část další.

Přepravce ale potřebuje najít cestu k budově než k ní vyrazí. K tomu slouží algoritmus  $A^*$ , jež byl implementovaný kompletně v C++. Jeho heuristika je přímá vzdálenost od aktuální pozice k cíli. Díky tomu je algoritmu úplný a optimální, jestliže jsou dvě budovy spojeny cestou, přepravce k ní zaručeně najde nejkratší cestu. Při implementaci systému vyhledávání cesty se vyskytl technický problém související s orientací herních objektů vůči herní mřížce. Všichni herci mají svůj model zarovnaný k pravému spodnímu rohu modelu, což způsobuje, že jejich pozice ve světě neodpovídá skutečnému středu, na kterém se fyzicky nachází. Pokud by byla při hledání cesty použita tato výchozí pozice, došlo by ke zkreslení výpočtů a nesprávnému vyhodnocení vzdáleností. Z tohoto důvodu byl v každém relevantním herci vytvořen pomocný referenční bod ve středu objektu. Tento bod je nadále používán pro účely hledání cesty a výpočtu vzdáleností, čímž je zajištěna správná prostorová orientace v rámci mřížky.

## Residence

Při implementaci residencí se vyskytl problém s jednotkami. Produkty se vyrábí v tunách, což je ale pro residence příliš mnoho. Proto byl vymyšlen systém pro převod tun na časové jednotky a k tomu rovnice 4.1.

$$t = \frac{t_b \cdot k_b}{1000 \cdot p_{max}} \quad (4.1)$$

kde  $t$  je časový inkrement pro jeden kilogram,  $t_b$  je základní celkový čas spotřeby,  $k_b$  je základní počet obyvatel a  $p_{max}$  je maximální počet obyvatel v dané residenci. Příklad: jedna tuna brambor užíví 600 obyvatel na 30 sekund. Potom časový inkrement pro jedno kilo je 1,2 sekundy. Takže z centrálního skladu si residence bere po kilech. Residence si mohou vzít tolik kilogramů, aby sečtený čas se rovnal času základnímu. Tedy pro brambory by to bylo 25 kilogramů ( $25 \cdot 1,2 = 30$ ).

## Region

Při realizaci mechaniky regionálního odemykání území nastala potřeba rozdělit herní mřížku na menší celky, které by bylo možné samostatně aktivovat. Dosavadní řešení však předpokládalo generování mřížky jako jednoho celistvého objektu, což by jakékoli následné dělení výrazně komplikovalo. Z tohoto důvodu byla struktura mřížky přepracována tak, že celá herní plocha je nyní tvořena devíti samostatnými podmřížkami. Každou z nich lze samostatně generovat, aktivovat či deaktivovat, a tím naplňovat logiku mechaniky regionu.

Pro generování ložisek surovin byla navržena a implementována vlastní procedura, která náhodně vybírá počáteční pozici ložiska a následně pomocí definovaných pravidel rozšiřuje jeho tvar do okolních buněk. Výsledkem je přirozeně působící distribuce ložisek různých velikostí a tvarů. Pseudokód algoritmu je uveden v algoritmu 1.

---

**Algorithm 1:** Generování ložiska na parcele

---

**Input:** *Typ* – typ ložiska,  
*P* – počáteční šance,  
*D* – dekrement šance  
**Result:** Rozšíření ložiska přes buňky mřížky

```
1 vstup ← náhodná buňka z rozsahu 0..2499
2 aktualniBunky ← {vstup}
3 while aktualniBunky ≠ ∅ a P > 0 do
4   dalsiBunky ← ∅
5   foreach bunka ∈ aktualniBunky do
6     r ← náhodné číslo z intervalu [0, 1]
7     if r ≤ P a bunka není obsazen then
8       nastav typ bunka ← Typ
9       aktualizuj vizuální obtisk buňky
10      P ← P − D
11      přidej všechny sousedy bunka do dalsiBunky
12 aktualniBunky ← dalsiBunky
```

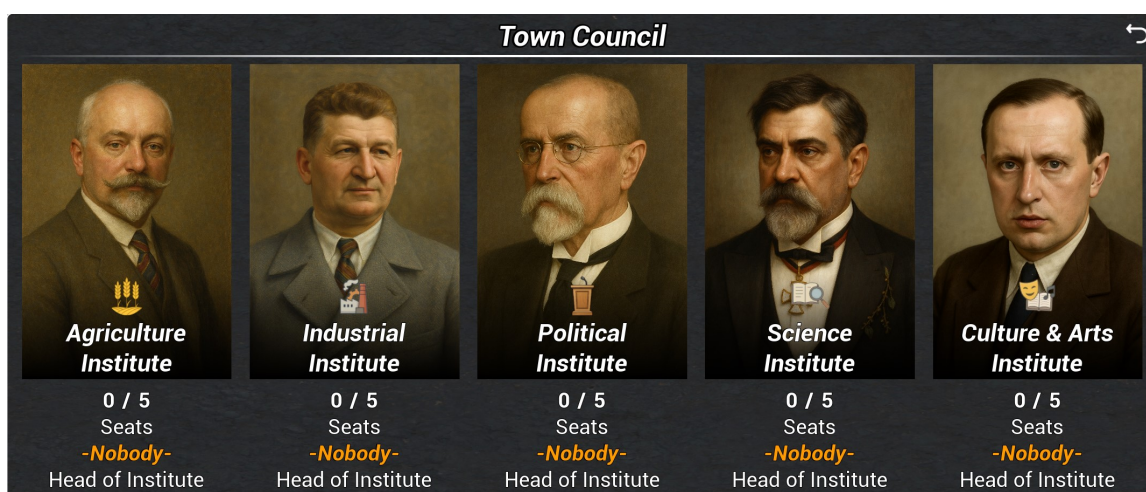
---

## System modifikátorů

Je nejobsáhlejší mechanikou ve hře a celá je umístěna v jednom skriptu, který obsahuje veškeré modifikátory a funkce pro jejich aplikaci či deaplikaci. Ve hře existuje několik desítek různých typů modifikátorů, které ovlivňují nejrůznější herní mechaniky – od produkce a příjmu až po dosah veřejných budov či rychlost přepravníků. Jelikož je tento systém velmi flexibilní, tak je na něm založeno hned několik herních mechanik a to přesně:

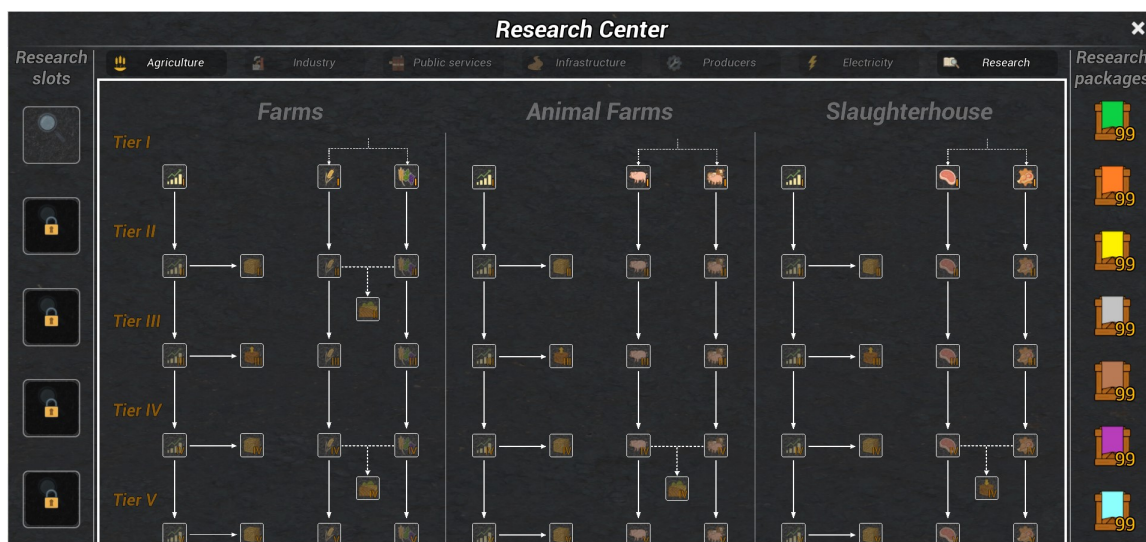
- **Městská rada** – každá osobnost má svoje modifikátory. Menu městské rady lze vidět na obrázku 4.11.
- **Výzkumný strom** – funguje podobně jako městská rada, akorát s tím rozdílem, že již vyzkoumané modifikátory jsou permanentní. Menu výzkumného centra lze vidět na obrázku 4.12.
- **System počasí** – každé počasí má své modifikátory.
- **Obtížnost hry** – ta využívá modifikátory pouze na ovlivnění spokojenosti a příjmu.

- **Historické události** – každá událost má možnost reakce a tato reakce má modifikátory.



Obrázek 4.11: Hlavní menu městské rady. Ta je rozdělena do pěti institutů podle zaměření. Každý institut má k dispozici pět křesel do kterých může hráč jmenovat historické osobnosti z té doby. Ty poskytují různé modifikátory dle svého zaměření či oboru.

Vzhledem k jejich množství a variabilitě budov, na které mohou být aplikovány, je možné vytvořit tisíce unikátních kombinací modifikátorů. Tato rozsáhlá variabilita přispívá k vysoké znovuhratelnosti a udržení hráčovy pozornosti, neboť zajišťuje, že se jednotlivé efekty modifikátorů jen zřídka opakují.



Obrázek 4.12: Výzkumné centrum je postavené na mechanice modifikátorů. Výzkumy lze zkoumat libovolně v daném pořadí. Jsou vytvořeny tak, aby pokryly všechny možné modifikátory daných budov. Pro zkoumání výzkumů z jiných úrovní centra je třeba jej nejprve vylepšit na danou úroveň.

Vzhledem k tomu, že modifikátory mohou být aplikovány zcela dynamicky a v libovolném pořadí (jejich aktivace závisí na rozhodnutí hráče), bylo nezbytné navrhnout systém,

který umožní jejich flexibilní a okamžitou aplikaci napříč celou hrou. Tento systém po aktivaci modifikátoru automaticky identifikuje všechny budovy, kterých se daný efekt týká, a ty následně informuje o nutnosti aktualizace svých parametrů pomocí specifického rozhraní. Dotčené budovy si následně samy přepočítají své aktuální vlastnosti tak, aby reflektovaly nově přidané modifikátory.

## System postupu

Byl implementován v rámci hlavního herního manažera, který zároveň zajišťuje správu herního času a výpočty příjmů. Tento manažer v pravidelných intervalech kontroluje aktuální hodnotu populace města a porovnává ji s definovanými prahovými hodnotami pro jednotlivé úrovně postupu. Pokud je těchto hodnot dosaženo, dojde k odemknutí nových herních prvků, typicky produktů nebo budov, které jsou navázány na příslušnou úroveň. Tímto způsobem je zajištěn plynulý vývoj hratelnosti a motivace hráče k dalšímu rozvoji.

## 4.6 Grafika a ozvučení

I když není hlavním cílem této práce, tak je nutné hru obalit do základního grafického a zvukového kabátku. K vytvoření grafiky jsou využity materiály a objekty (assets) z platformy Fab, která je napojená přímo na UE. Veškeré tyto assets byly v době vytváření hry k dispozici zadarmo, volně ke stažení a použití. Jedná se hlavně o objekty stromů, rostlin, textur a materiálů. Hlavní materiál pro vytvoření krajiny byl převzat od Unreal Sensei<sup>1</sup>. Obrázky pro konec hry byly vygenerovány pomocí umělé inteligence od společnosti DeepAI<sup>2</sup>. Veškeré ikony pro hru a portréty byly vytvořeny pomocí nástroje ChatGPT<sup>3</sup>. Zvuky byly též převzaty z platformy Fab nebo přímo ze startovního obsahu samotného enginu. Hudba je pak typu volné licence a to ze stránky Pixabay<sup>4</sup>. Veškeré prostředí je vymodelováno ručně.

---

<sup>1</sup>Odkaz na stránku: <https://www.unrealsensei.com/asset/ue5landscape>

<sup>2</sup>Odkaz na AI: <https://deepai.org/machine-learning-model/neo-noir-generator>

<sup>3</sup>Odkaz na ChatGPT: <https://chatgpt.com/>

<sup>4</sup>Odkaz na hudbu: <https://pixabay.com/music/>

## Kapitola 5

# Testování

Byla zvolena metoda individuálního kontrolovaného testování. Testovací subjekty obdržely jednotný seznam úkolů, následně jim byla zaslána hra a jejich průběh při plnění úkolů byl pozorován. Během tohoto pozorování byly pořizovány poznámky, jejichž vyhodnocení je uvedeno v této kapitole.

Celkem bylo vytvořeno deset úkolů, které byly navrženy tak, aby pokrývaly nejdůležitější části hry. Kompletní seznam úkolů je uveden v příloze C. Obsah jednotlivých úkolů lze rozdělit do následujících oblastí:

- Technická stabilita a spouštění hry (úkoly 1, 2, 10),
- Správné fungování nastavení a jejich ukládání (grafika, zvuk – úkoly 3, 4),
- Plynulý průběh začátku hry a tutoriálu (úkoly 5, 6),
- Základní herní mechaniky jako stavba, produkce a hospodaření se surovinami (úkol 7),
- Přehlednost a správnost informací v uživatelském rozhraní (úkol 8),
- Funkčnost systému ukládání a načítání hry (úkoly 9, 10).

Během pozorování bylo sledováno nejen samotné plnění úkolů, ale také celkové chování hráče při interakci s hrou – jakým způsobem ji ovládá, kde očekává určité informace a s jakými problémy se případně setkává. Testování se zúčastnili tři uživatelé vybraní na základě svých zkušeností s hraním videoher s cílem pokrýt různé typy hráčů. Žádný z účastníků hru předtím nehrál a ani ji neviděl. Těmito účastníky byli:

- **Lucie** – velmi zkušená hráčka, která hraje pravidelně různé herní žánry. Oblíbená strategická hra: *Cities: Skylines*.
- **Tomáš** – méně zkušený hráč, s omezenými zkušenostmi v oblasti budovatelských strategií. Oblíbená strategická hra: *Stronghold*.
- **Honza** – obecně zkušenější hráč, ale bez výrazné zkušenosti se strategickými hrami. Ze strategií hrál pouze *SimCity*.

Účastníci byli vybráni také na základě své herní praxe, aby bylo možné zachytit různé přístupy potenciálních hráčů cílové skupiny.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lucie	✓	✓	~	✓	✓	✓	✓	~	✓	✓
Tomáš	✓	~	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓
Honza	✓	✓	✓	✓	~	✓	×	✓	✓	✓

Obrázek 5.1: Přehled splněných úkolů jednotlivými účastníky. Nesplnění úkolu nemusí znamenat chybu na straně testujícího, ale může jít o nedostatek nebo nepřehlednost samotné hry. ✓ – úkol byl splněn ihned bez pomoci. ~ – úkol byl splněn po chvíli, bez pomoci. × – úkol byl splněn s pomocí.

**Lucie** omylem spustila hru dvakrát, což vedlo ke špatnému výkonu. Po odhalení příčiny byl problém odstraněn. V hlavním menu se orientovala bez problémů, kromě grafického nastavení, kde očekávala automatické uložení změn. Jako vhodné řešení se nabízí implementace vizuálního upozornění na neuložené změny. Úvodní část hry zvládla velmi dobře a intuitivně vyzkoušela ovládání. Mírné zmatení nastalo při přechodu na jinou parcelu během testování pohybu, což ovlivnilo možnost výstavby radnice, nicméně rychle se zorientovala a pokračovala. Při stavbě produkčních budov je intuitivně umisťovala otočené směrem k cestě. Umožnila tak přepravicům zboží cestovat mezi budovami. Věnovala se také uživatelskému rozhraní radnice a měla menší nejasnosti v prezentaci počtu obyvatel, jelikož si myslela, že se do daných residencí nejprve musí obyvatelé nastěhovat. Všechny úkoly úspěšně splnila a o hru projevila výrazný zájem. Vyjádřila ochotu zúčastnit se i dalších fází testování.

**Tomáš**, ač méně zkušený hráč, si vedl velmi dobře. Po spuštění hry okamžitě upravil hlasitost, aby slyšel zadání. Při druhém úkolu omylem zvolil nastavení grafiky místo videa, ale následně se opravil. Po absolvování tutoriálu se pustil do stavby budov a cest. Problémy nastaly při sedmém úkolu, kde nevěděl, že budovy musí být spojeny s radnicí. Uvítal by i textové upozornění v menu budovy, jaký má konkrétní problém. Také zmínil nedostatek v podobě chybějícího modelu radnice a vhodnější výběr některých modelů budov (radnice byla následně dodělána). Během hraní se objevilo několik drobných chyb, především v oblasti uživatelského rozhraní. Potíže nastaly i při pochopení produkční logiky — například nutnost dodávky vstupních materiálů. I přesto hodnotil hru velmi pozitivně a projevila zájem o její plnou verzi.

**Honza**, přestože nemá zkušenosti se strategickými hrami, úkoly zvládl téměř bez problémů. Menu hry ovládal intuitivně, avšak u nastavení obtížnosti zaznamenal horší viditelnost tlačítek. Tutoriálem prošel rychle, avšak některé prvky (například absence interaktivity) vyvolaly dotazy. Sedmý úkol byl náročnější – nebylo mu jasné, že budovy musí být propojeny s radnicí a že obyvatelé se nastěhují okamžitě. Také nerozuměl propojení budov v rámci produkčních řetězců. Během hraní opakovaně zkoušel zavírat okna klávesou ESC, ovšem ta slouží pro otevření menu. Upozornil rovněž na absenci některých modelů budov, což je u rané verze očekávatelné. Hru hodnotil kladně, ale jako nehráč strategií nemá zájem o její plnou verzi.

Zpětná vazba od všech účastníků potvrdila, že hra působí zajímavě, avšak vykazuje určité chyby a nedostatky. Tyto nedostatky byly zaznamenány a některé přímo zapracovány do hry (model radnice, opravy chyb), případně budou řešeny v rámci dalšího vývoje. Shrnutí testování lze rozdělit do těchto kategorií:

- **Optimalizace** – výkon hry nebyl ideální na slabších počítačích (GTX 1660 a 1060), což je však vzhledem k vývojové fázi pochopitelné. Na silnějším hardwaru běží hra

bez problémů. Na nižším grafickém nastavení se objevovaly grafické chyby (například zbytky stínů), což vyžaduje další ladění.

- **Chyby** – během testování byly odhaleny převážně chyby v uživatelském rozhraní. Funkční (mechanické) chyby se objevovaly minimálně. I přes svoji ranou verzi hra nikomu nespadla.
- **Návod** – ukázalo se, že nezkušení hráči mají problémy se základními principy hry. Do plné verze by bylo vhodné vytvořit podrobnější, interaktivní tutoriál.
- **Balanc** – ekonomika hry nebyla nijak důkladně otestována a některé budovy jsou příliš drahé a jiné zase příliš levné. Také se ukázalo, že počátečních materiálů nebylo mnoho a rychle hráčům došli.

Testování bylo přínosné a poskytlo nejen množství užitečných podnětů pro další vývoj a vylepšování hry, ale také potvrdilo, že hra je zábavná, dobře navržená a nachází se na správné cestě k naplnění svého herního potenciálu.

# Kapitola 6

## Závěr

Výsledná hra se nachází ve fázi plně hratelné alfa verze, což byl cíl práce. Obsahuje desítky herních mechanik, pokročilou vizuální stránku a základní zvukový doprovod. Přestože hra není dosud plně optimalizována, díky možnosti upravit grafická nastavení je možné ji plynule hrát i na výkonnostně slabších počítačových sestavách. Hráč může v rámci hry budovat rozsáhlé město a spravovat jeho provoz pomocí řady dostupných nástrojů a mechanik, které mu situaci buď usnadňují, nebo naopak komplikují. Díky možnosti nastavit obtížnost dle vlastních preferencí je titul přístupný širokému spektru hráčů. Hra také obsahuje úvodní tutoriál, který uživatele provede základním ovládním. Velikost výsledné hry se díky efektivnímu využívání optimalizovaných objektů a materiálů pohybuje pod 3 GB, což se pozitivně odráží také na rychlosti načítání jednotlivých uložených her, jež probíhá téměř okamžitě.

Z uživatelského testování vyplynulo, že hra je intuitivní, zábavná a u testujících vzbudila pozitivní odezvu. Někteří z účastníků testování projevili zájem o možnost hraní budoucí plné verze. Ačkoliv je titul po stránce jádra funkční, stále postrádá řadu klíčových prvků. Mezi oblastmi vhodné pro další rozvoj patří zejména následující:

- **Kampaň** – vytvoření strukturovaného herního režimu s příběhovým pozadím, který by hráči nabídl ucelenější zážitek a lépe reflektoval historické zasazení hry.
- **Nové herní mechaniky** – rozšíření systému o nové prvky, jako je například teplota, úkolový systém, náhodné události (požáry, pandemie, nepokoje), obchodování a další.
- **Modely budov** – v aktuální verzi má vlastní 3D model pouze omezený počet budov, přičemž některé z nich neodpovídají historickému kontextu. V plné verzi by všechny modely měly být vytvořeny na míru období, ve kterém se hra odehrává.
- **Zvuková stránka** – rozšíření audia tak, aby jednotlivé akce byly doprovázeny odpovídajícími zvukovými efekty, čímž by se zvýšila míra zpětné vazby.
- **Optimalizace** – přestože byly herní mechaniky navrženy s ohledem na výpočetní efektivitu, je nezbytné provést podrobnější testování a optimalizaci zejména grafických prvků.
- **Herní svět** – do budoucna by bylo vhodné implementovat systém procedurálně generovaného světa, který by zajišťoval variabilitu a znovuhratelnost.

Možnosti dalšího rozšíření a zdokonalování hry jsou značné, a to jak po technické, tak i obsahové stránce.

# Literatura

- [1] *What Is Game Development?* online. freeCodeCamp, 2019. Dostupné z: <https://www.freecodecamp.org/news/what-is-game-development/>. [cit. 2024-12-16].
- [2] *History of Coin-Operated Arcade Games* online. Betson, 2023. Dostupné z: <https://www.betson.com/the-history-of-arcade-games/>. [cit. 2024-12-15].
- [3] *Blueprint Class* online. Epic Games, 2024. Dostupné z: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/blueprint-class-assets-in-unreal-engine>. [cit. 2024-12-20].
- [4] *Blueprint Interface* online. Epic Games, 2024. Dostupné z: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/blueprint-interface-in-unreal-engine>. [cit. 2024-12-20].
- [5] *Blueprints Visual Scripting* online. Epic Games, 2024. Dostupné z: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/blueprints-visual-scripting-in-unreal-engine>. [cit. 2024-12-20].
- [6] *Containers in Unreal Engine* online. Epic Games, 2024. Dostupné z: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/containers-in-unreal-engine>. [cit. 2024-12-20].
- [7] *Creating User Interfaces* online. Epic Games, 2024. Dostupné z: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/creating-user-interfaces-with-umg-and-slate-in-unreal-engine>. [cit. 2024-12-20].
- [8] *The First Video Game?* online. 2024. Dostupné z: <https://www.bnl.gov/about/history/firstvideo.php>. [cit. 2024-12-12].
- [9] *The Gaming Console Timeline* online. Long Island Retro Gaming Expo, 2024. Dostupné z: <https://liretro.com/console-timeline/>. [cit. 2024-12-20].
- [10] *Levels* online. Epic Games, 2024. Dostupné z: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/levels-in-unreal-engine>. [cit. 2024-12-20].
- [11] *Materials* online. Epic Games, 2024. Dostupné z: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/unreal-engine-materials>. [cit. 2024-12-20].
- [12] *Timeline of Computer History* online. Computer History Museum, 2024. Dostupné z: <https://www.computerhistory.org/timeline/computers/>. [cit. 2024-12-15].

- [13] AGARWAL, A. *Unreal Engine and its Evolution* online. Extren labs, 2023. Dostupné z: <https://externlabs.com/blogs/unreal-engine-and-its-evolution/>. [cit. 2024-12-20].
- [14] BORMAN, M. *Starfield's Creation Engine Will Have to Face the Reaper Sooner or Later* online. Gamerant, 2024. Dostupné z: <https://gamerant.com/starfield-creation-engine-bugs-physics-bethesda/>. [cit. 2024-12-30].
- [15] BRAMBLE, R. *The Seven Stages Of Game Development* online. GameMaker, 2023. Dostupné z: <https://gamemaker.io/en/blog/stages-of-game-development>. [cit. 2024-12-16].
- [16] BÁRTA, A. *Důkladný rozbor Unreal Engine 5. Proč tento engine změní navždy herní průmysl?* online. Indian, 2022. Dostupné z: <https://indian-tv.cz/clanek/dukladny-rozbor-unreal-engine-5-proc-tento-engine-zmeni-b26jst>. [cit. 2024-12-30].
- [17] GREGORY, J. *Game engine architecture*. 3. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2019. ISBN 978-1-1380-3545-4.
- [18] INLINGO. *Indie, AAA, vs. AA Games: What They Are and What Sets Them Apart* online. Inlingo, 2024. Dostupné z: <https://inlingogames.com/blog/indie-vs-aaa-vs-aa-games/>. [cit. 2024-12-30].
- [19] ISHIDA, T. *RE ENGINE's Past and Future* online. Capcom, 2023. Dostupné z: <https://www.capcom-games.com/coc/2023/en/session/10/>. [cit. 2024-12-20].
- [20] JACIK, A. *Decima Engine je využíván hned několika vývojáři v rámci PlayStation Studios* online. Game Press, 2022. Dostupné z: <https://gamepress.cz/decima-engine-je-vyuzivan-hned-nekolika-vyvojari-v-ramci-playstation-studios/>. [cit. 2024-12-30].
- [21] JAN ADAM, J. A. *Ottův slovník: Osobnosti česko*. Ottovo nakladatelství, 2008. ISBN 978-80-7360-796-8.
- [22] JENSEN, K. T. *25 Years Later: The History of Unreal and an Epic Dynasty* online. PC Mag, 2023. Dostupné z: <https://www.pcmag.com/news/25-years-later-the-history-of-unreal-and-an-epic-dynasty>. [cit. 2024-12-30].
- [23] KENT, S. *The Ultimate History of Video Games: From Pong to Pokémon and Beyond : the Story Behind the Craze that Touched Our Lives and Changed the World*. Prima, 2001. The ultimate history of video games. ISBN 9780761536437. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=Y7KfAAAAAAAJ>.
- [24] KISELEV, M. *Real reasons (not) to build custom game engines in 2024* online. Game Developer, 2024. Dostupné z: <https://www.gamedeveloper.com/programming/real-reasons-not-to-build-custom-game-engines-in-2024>. [cit. 2024-12-30].
- [25] KOSS, H. *What Does the Future of Gaming Look Like?* online. BuiltIn, 2024. Dostupné z: <https://builtin.com/articles/future-of-gaming>. [cit. 2024-12-31].

- [26] LEWIN, B. *The First Gaming Console* online. Computer museum of America, 2020. Dostupné z: <https://www.computermuseumofamerica.org/2020/06/22/the-first-gaming-console/>. [cit. 2024-12-15].
- [27] NĚMEC, V. *Společnost před první světovou válkou* online. Dějepis.com, 2024. Dostupné z: <https://www.dejepis.com/ucebnice/spolecnost-pred-prvni-svetovou-valkou/>. [cit. 2025-01-16].
- [28] P, J. *What was the Great Video Game Crash of 1983?* online. BugSplat, 2021. Dostupné z: <https://blog.bugsplat.com/great-video-game-crash-1983/>. [cit. 2024-12-15].
- [29] PARKIN, S. *Shigeru Miyamoto: A rushed game is forever bad* online. The Guardian, 2012. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/technology/gamesblog/2012/apr/27/shigeru-miyamoto-rushed-game-forever-bad>. [cit. 2024-12-18].
- [30] PAUL MASON, M. S. *Major Games Confirmed to Be Using Unreal Engine 5* online. Gamerant, 2024. Dostupné z: <https://gamerant.com/all-confirmed-unreal-engine-5-games/>. [cit. 2024-12-30].
- [31] PEACOCK, E. *The Evolution of Building Materials* online. MLDG, 2024. Dostupné z: <https://www.mldg.com.au/blog/the-evolution-of-building-materials>. [cit. 2025-01-16].
- [32] PLUTTE, J. a LONNQUIST, J. *Story of SpaceWar!* online. Computer History Museum, 2011. Dostupné z: <https://www.computerhistory.org/revolution/computer-games/16/189/2213>. [cit. 2024-12-12].
- [33] RETRO, N. *Retro Tech: 80s Computers and Their Software* online. New Retro, 2024. Dostupné z: <https://newretro.net/blogs/main/retro-tech-80s-computers-and-their-software>. [cit. 2024-12-31].
- [34] SAVAGE, J. *What are the most popular video game characters in the UK?* online. NewsLetter, 2023. Dostupné z: <https://www.newsletter.co.uk/lifestyle/tech/what-are-the-most-popular-video-game-characters-in-the-uk-4010907>. [cit. 2024-12-15].
- [35] SHERIF, A. *Market share of console gaming market worldwide in 2021 and 2022* online. Statista, 2023. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1422309/console-gaming-market-share-worldwide/>. [cit. 2024-12-15].
- [36] SHERIF, A. *Lifetime sales of video game consoles worldwide as of October 2024* online. Statista, 2024. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1101872/unit-sales-video-game-consoles/>. [cit. 2024-12-15].
- [37] SOLBAKK, F. *Exclusive: Ubisoft Financial Turmoil Points Toward Imminent Bankruptcy in 2025* online. That Park Place, 2024. Dostupné z: <https://thatparkplace.com/ubisoft-bankruptcy/>. [cit. 2024-12-18].

- [38] SULKOVÁ, K. *Concord byl stažen z prodeje a po dvou týdnech se vypíná* online. Vortex, 2024. Dostupné z: <https://www.vortex.cz/concord-byl-stazen-z-prodeje-a-po-dvou-tydnech-se-vypina/>. [cit. 2024-12-15].
- [39] TOMANOVÁ, A. *Z historie Applu: Přichází Apple II* online. Jablíčkář.cz, 2021. Dostupné z: <https://jablickar.cz/z-historie-applu-prichazi-apple-ii/>. [cit. 2024-12-31].
- [40] TRONNER, P. *Altair 8800: o zrodu „prvního“ komerčního mikropočítače* online. PC Tuning, 2015. Dostupné z: <https://pctuning.cz/article/altair-8800-o-zrodu-prvniho-komercniho-mikropocitace>. [cit. 2024-12-31].

# Příloha A

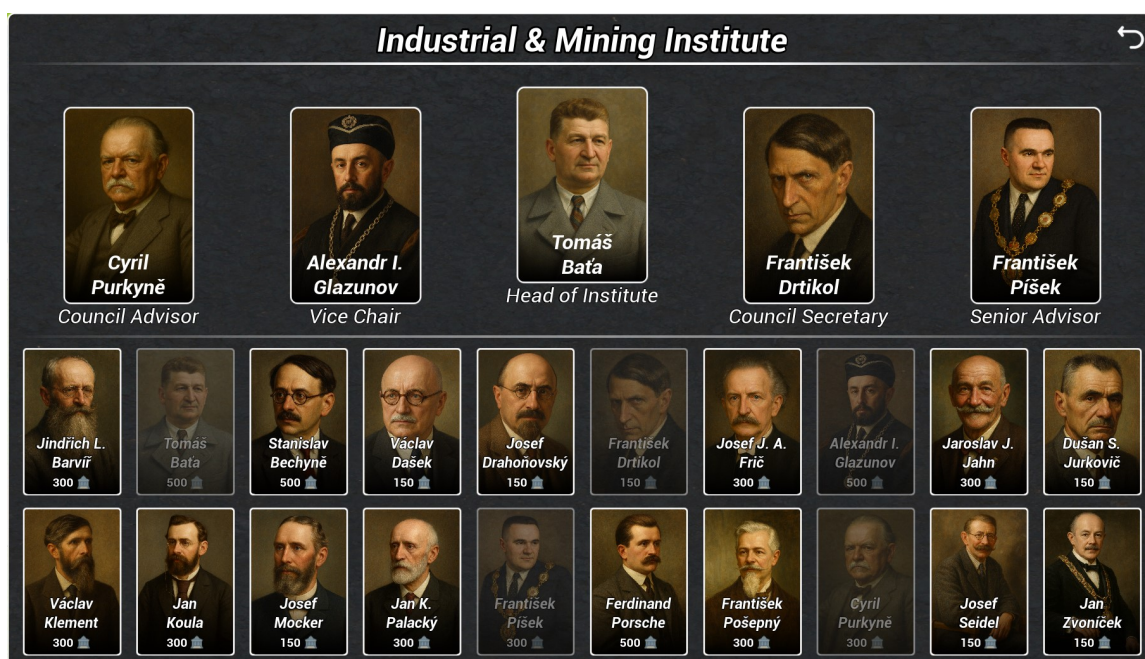
## Obsah odevzdaného adresáře

V odevzdaném archívu se nachází následující soubory:

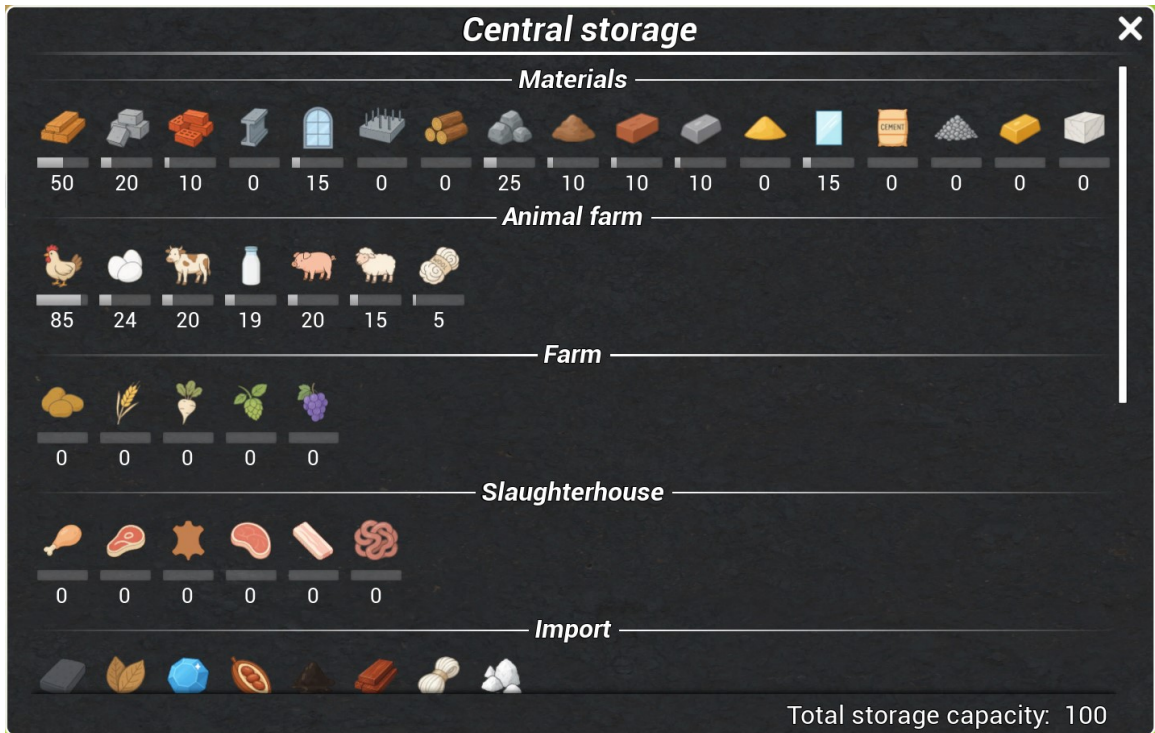
- **AlfaVerze** – sestavená a hratelná alfa verze hry
- **TexProjekt** – kompletní L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X projekt textu práce
- **UnrealProjekt** – kompletní Unreal projekt s celou hrou
- **DemonstracniVideo.mp4** – krátké video demonstrující možnosti hry
- **Prohlaseni.md** – obsahuje detaily o využití umělé inteligence při tvoření hry
- **README.md** – návod na otevření Unreal projektu a spuštění samotné hry
- **TextPrace.pdf** – barevná verze textu práce
- **TextPraceTisk.pdf** – verze textu určená k tisku

## Příloha B

### Obrázky ze hry



Obrázek B.1: Plně obsazená rada.



Obrázek B.2: Uživatelské rozhraní pro sklad.



Obrázek B.3: Příklad historické události.

## Příloha C

# Úkoly pro testování

1. Úkol – spustit hru a dostat se do hlavního menu.
2. Úkol – zkontrolovat, zda je aktuální rozlišení hry nativní a zámek FPS na 60.
3. Úkol – změnit grafické nastavení na medium.
4. Úkol – snížit úroveň hlavního audia na 50%.
5. Úkol – spustit novou hru v režimu freeplay a na střední obtížnost.
6. Úkol – následovat a úspěšně splnit intro hry.
7. Úkol – postavit stabilní produkci dřevěných prken.
8. Úkol – zkontrolovat přehled města a sklad.
9. Úkol – uložit si hru.
10. Úkol – ukončit hru a znovu jí spustit načtení příslušné uložené pozice.

## Příloha D

# Další informace o hře

Seznam všech historických osobností:

- **Zemědělství** (11) – K. Amerling, L. Čelakovský, K. Domin, J. Kafka, B. Němec, J. Podpěra, F. Schustler, J. Stoklasa, F. Vejdovský, J. Velenovský, E. Votoček.
- **Průmysl** (20) – J. L. Barvíř, T. Baťa, S. Bechyně, V. Dašek, J. Drahonovský, F. Drtikol, J. J. Frič, A. I. Glazunov, J. J. Jahn, D. Jurkovič, V. Klement, J. Koula, J. Mocker, J. K. Palacký, F. Píšek, F. Porsche, F. Pošepný, C. Purkyně, J. Seidel, J. Zvoníček.
- **Politika** (15) – K. F. Bademi, K. Baxa, A. Čermák, V. Donát, E. Franke, E. Hácha, J. Hybeš, F. Ježek, J. Koloušek, K. Kramář, T. G. Masaryk, K. Matuš, K. Prášek, A. Rašín, A. Švehla.
- **Výzkum** (18) – K. Absolon, E. Babák, J. Bidlo, E. Boříčský, B. Brauner, B. Bydžovský, J. Diviš, J. Formánek, S. Hanzlík, J. Heirovský, J. Jánský, R. Jedlička, V. Kaplan, F. Klokner, F. Koláček, F. Křížík, Č. Strouhal, J. Thomayer.
- **Kultura** (20) – F. Anyz, J. Arbes, E. Bass, B. Benoni, P. Bezruč, J. Burda, J. Čapek, K. Čapek, A. Čech, A. Dvořák, V. Dyk, Z. Fibich, F. Futurista, J. Hašek, L. Janáček, A. Jirásek, F. Kafka, A. Mucha, F. Šalda, J. Vrchlický.

Seznam historických událostí:

- 1900 – Pařížské světové EXPO
- 1901 – Smrt královny Viktorie a první udílení Nobelových cen
- 1903 – Let bratří Wrightů a vznik firmy Ford
- 1904 – Rusko Japonská válka
- 1905 – Einsteinova teorie relativity
- 1906 – Důlní neštěstí ve Francii
- 1907 – Vytvoření Trojdhody
- 1911 – Expedice na jižní pól a požár továrny Triangle Shirtwaist

- 1912 – Potopení Titaniku a první balkánská válka
- 1913 – Zavedení produkční linky ve Fordu a druhá balkánská válka
- 1914 – Atentát na Františka Ferdinanda D'Este