



Středoškolská technika 2025

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Bunkr NS82 ve virtuální realitě

Jan Rylich

Střední průmyslová škola,
Mladá Boleslav, Havlíčkova 456, 293 80

STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA MLADÁ BOLESLAV

Bunkr NS82 ve virtuální realitě

Autor: Jan Rylich

Studijní obor: 18-20-M/01 Informační technologie

Vedoucí práce: Jan Till

Mladá Boleslav 2025

Obsah

Obsah	3
1 Úvod	6
2 Technologie a softwarové nástroje.....	7
2.1 Unreal Engie	7
2.2 Blender.....	7
2.3 FAB.....	7
2.4 Arma Tools	7
3 Vývoj a příprava materiálů	9
3.1 Koncept a inspirace	9
3.2 Využití historických dokumentů a zdrojů	9
3.3 Návrh a modelování prostředí	10
3.4 Materiály a texturování	11
3.5 Práce s převodem a importem modelů	12
3.6 Stylizace a odklon od reality	13

3.7	Technická úskalí	14
3.8	Závěrečné doladění a testování	14
3.9	Uživatelská zkušenost a testovací scénáře	15
3.10	Možnosti budoucího rozšíření	15
4	Závěr	17
5	Přílohy	18
5.1	Seznam obrázků	18
5.2	Zdroje	18

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou ročníkovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této ročníkové práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Mladé Boleslavi dne podpis:



1 Úvod

Ročníkový projekt N-S 82 „Březinka“ se zaměřuje na digitální rekonstrukci vojenského objektu, pěchotního srubu N-S 82. Cílem projektu bylo vytvořit realistické prostředí bunkru, včetně historických detailů a technického uspořádání. Projekt využívá Unreal Engine¹ k modelování interiéru, nasvícení a texturování, a staví na historických dokumentech a podkladech.

Práce se soustředí na prostorovou věrnost dispozičního řešení a detailní zpracování materiálového řešení, přičemž byl kladen důraz na věrnost dobových norem pohraničního opevnění.

¹ Unreal Engine. Online. C2025. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US>. [cit. 2025-04-26].



2 Technologie a softwarové nástroje

2.1 Unreal Engine

Unreal Engine² je herní engine, který je vysoce využíván pro vývoj 3D her a interaktivních aplikací. Poskytuje nástroje pro modelování, texturování, nasvícení a animaci. Unreal Engine² je známý pro svoji flexibilitu a použití při tvorbě realistických virtuálních prostředí, a to jak pro herní, tak i pro vizualizační účely.

2.2 Blender

Blender³ je open-source 3D software, který umožňuje tvorbu a úpravu 3D modelů, animací, textur a renderování. Je široce používán pro modelování postav, prostředí a různých objektů, stejně jako pro tvorbu animovaných scén. Blender³ je známý svou všestranností, nabízí širokou paletu nástrojů pro tvorbu detailních 3D objektů, animací, simulací, fyzikálních efektů a pro úpravu textur.

2.3 FAB

FAB⁴ je online knihovna 3D modelů a objektů, které jsou k dispozici zdarma pro použití ve 3D projektech. Tato knihovna zahrnuje různé modely z oblasti architektury, přírody, techniky a dalších oblastí. FAB⁴ poskytuje uživatelům rychlý přístup k širokému spektru 3D assetů, které mohou být použity pro tvorbu her, vizualizací a dalších digitálních projektů.

2.4 Arma Tools

Arma Tools je sada nástrojů vyvinutých pro úpravy a modifikace herního obsahu pro hru Arma 3⁵, je jeho nedílnou součástí a nelze jej samostatně stáhnout. Umožňuje uživatelům

² Unreal Engine. Online. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US>. [cit. 2025-04-26].

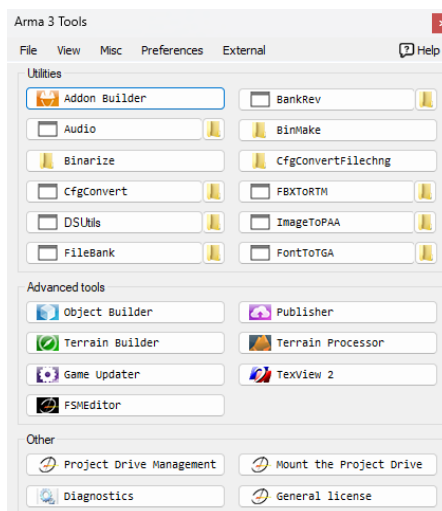
³ Blender. Online. Dostupné z: <https://www.blender.org/>. [cit. 2025-04-26].

⁴ FAB. Online. Dostupné z: <https://www.fab.com/>. [cit. 2025-04-26].

⁵ ARMA 3. Online. Dostupné z: <https://arma3.com/>. [cit. 2025-04-26].



extrahovat modely a textury z PBO souborů (formát používaný v Arma 3⁵), upravit je a importovat do jiných herních enginů. Arma Tools zahrnuje nástroje pro práci s herními daty a pro import a export modelů, což usnadňuje vytváření a úpravy vlastních herních objektů a scénářů.



Obrázek 1: Náhled hlavní menu z aplikace Arma Tools [součást programu ARMA3]



3 Vývoj a příprava materiálů

3.1 Koncept a inspirace

Projekt pěchotního srubu N-S 82 „Březinka“, byl od začátku koncipován jako snaha o digitální rekonstrukci konkrétního objektu, který byl součástí pevnostního systému předválečné Československé republiky. Srub se nachází v blízkosti dělostřelecké tvrze Dobrošov na Náchodsku.

Scéna objektu je zasazena do období, kdy ještě probíhají poslední dokončovací práce za současného nastěhování vojenské posádky. Toto specifické načasování umožňuje kombinovat ještě částečně prázdný interiér s náznaky začínajícího provozu.

Hlavním cílem bylo vytvořit prostředí, které bude věrné dobově, prostorově, tak i funkčně, a zároveň bude působit uvěřitelně z pohledu hráče. Do návrhu se promítla jak historická přesnost, tak herní hlediska jako prostorová orientace, průchodnost a atmosféra. Vizuálně prostředí odkazuje na surový beton, masivní konstrukce a funkční rozmístění vybavení, odpovídající tehdejší konstrukci bunkrů z tohoto meziválečného období.

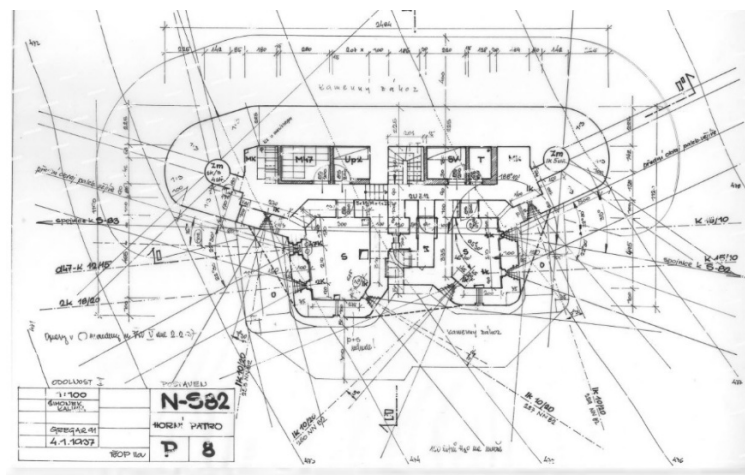
Podněty pro práci se světlem, barvami a celkovým vyladěním atmosféry, byly v tomto projektu čerpány z osobní návštěvy objektu a herních, filmových zpracování vojenských a postapokalyptických interiérů (např. Fallout, Metro 2033, Uloupená hranice). Zásadní však bylo držet se reálných proporcí a dispozic srubu N-S 82 „Březinka“, aby byl výsledek nejen uvěřitelný, ale i konstrukčně a dobově věrný.

3.2 Využití historických dokumentů a zdrojů

Důležitou součástí projektu byla práce s dobovými technickými podklady, které sloužily jako základ pro určení proporcí místností, tloušťky stěn nebo rozmístění vybavení, posádky a technických prvků. Všechny zdroje byly čerpány z online dostupné literatury a archivních materiálů, zejména od autorů specializujících se na československé pohraniční opevnění z

období první republiky. Jednalo se především o stavební výkresy, fotografie a publikace zachycující strukturu a technické řešení objektů jako je srub N-S 82 „Březinka“.

Pro přesnější práci s měřítkem byl použit software Allplan⁶, který umožňuje digitálně analyzovat rastrové plány a převádět rozměry do 3D prostoru. Například tloušťka obvodových stěn byla stanovena na 90 cm, což odpovídá konstrukci skutečných objektů této kategorie. Výška stropů ve všech hlavních místnostech byla nastavena na 240 cm – tato hodnota vychází z dobových podkladů a zároveň poskytuje dostatečný prostor pro plynulý pohyb hráče.



Obrázek 2: Dobový plán horního patra bunkru N-S 82 [<https://www.opevneni.cz/asp/vykres.asp?id=7945>]

3.3 Návrh a modelování prostředí

Prostorová struktura bunkru byla navržena tak, aby odpovídala reálným vojenským konceptům a logickému rozmístění jednotlivých sekcí. Celek je rozdělen na vstupní část, technické zázemí, ubikace pro posádku a bojové sekce, mezi kterými se hráč může volně pohybovat. Rozvržení bylo sestaveno tak, aby působilo smysluplně a zároveň umožnilo snadnou orientaci v prostoru.

⁶ Allplan. Online. Dostupné z: <https://www.allplan.com/cz/>. [cit. 2025-04-26].



Pro vymodelování okolního terénu byl využit Landscape systém v Unreal Engine⁷, který umožňuje generovat a tvarovat terén přímo v rámci enginu. Je schopen pracovat s výškovými mapami, umožňuje použití více vrstev materiálu pro různé typy půdy (např. hlína, tráva, štěrk) a podporuje aplikaci textur dle sklonu terénu.

K samotné tvorbě interiéru byl použit Modeling Tool v Unreal Engine⁸, který nabízí základní možnosti modelování přímo v enginu. Umožňuje vytvářet a tvarovat 3D objekty přímo z ploch a hran. V rámci projektu byly pomocí tohoto nástroje vymodelovány pouze některé části prostředí, jako obvodové stěny, prostory skladiště munice pro kanón a vzduchotechnická místnost. Zbytek interiéru byl složen z volně dostupných nebo upravených assetů, které byly staženy z platformy FAB⁹.

Původní návrh měl využívat vlastní UV mapy, nicméně tento postup negativně ovlivňoval kvalitu textur, zejména na větších plochách stěn. Proto nebylo použito vlastní UV mapy, ale nasvícení prostředí výhradně pomocí movable světél, která zajišťují plynulé nasvícení bez nutnosti generování statických světelných map.

Přechod mezi dvěma úrovněmi bunkru je řešen klasickými schody, které propojují spodní týlové patro od horního bojového patra. Tento jednoduchý způsob řešení mezistupně prostoru odpovídá stylu dobové architektury a zároveň zachovává plynulý pohyb hráče.

3.4 Materiály a texturování

Významnou část vizuální věrnosti prostředí tvoří použití realistických materiálů. V objektu N-S 82 byly převážně použity materiály z knihovny FAB¹⁰, které poskytují vysoce kvalitní skeny betonu, kovu, rzi, špíny a dalších povrchů. Pro různé části bunkru byly zvoleny materiály podle jejich funkce, například hrubší šedé betonové textury pro nosné stěny, zatímco hladké ocelové plechy byly použity pro technická zařízení a dvířka.

⁷ Unreal Engine. Online. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US>. [cit. 2025-04-26].

⁸ Unreal Engine. Online. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US>. [cit. 2025-04-26].

⁹ FAB. Online. Dostupné z: <https://www.fab.com/>. [cit. 2025-04-26].

¹⁰ FAB. Online. Dostupné z: <https://www.fab.com/>. [cit. 2025-04-26].



V některých případech bylo nutné vytvořit vlastní materiály, a to zejména u specifických prvků, které v databázi chyběly. Například nápisy na stěnách, výstražné značky nebo opotřebované panely byly vytvořeny v externím grafickém editoru a následně převedeny do formátu vhodného pro použití v Unreal Engine¹¹. Důraz byl kladen na správné UV mapování, aby textury nebyly deformované a dávaly smysl při bližším pohledu.

3.5 Práce s převodem a importem modelů

Při výběru materiálů pro bunkr byl kladen důraz na věrnost a funkčnost, přičemž byly využity dostupné textury z knihoven. Betonové plochy a podlahy byly zakoupeny jako hotové assety z online tržišť, což ušetřilo čas při hledání správných materiálů a zajistilo vysokou kvalitu. Původně byly textury skládány z obrázků přímo v Unreal Engine¹¹, což umožnilo vyzkoušet různé kombinace, ale tento proces se ukázal jako časově náročný, a ne vždy přinášel očekávaný výsledek.

Soubory GLTF již obsahoval všechny potřebné textury a modely, proto bylo rozhodnuto o jejich využití. Tento soubor umožnil rychlé nahrání kompletních materiálů do projektu, aniž by bylo nutné textury manuálně sestavovat. Výhodou bylo, že soubor obsahoval všechny potřebné detaily a správné mapování, což zajistilo okamžité použití textur v Unreal Engine¹².

Při aplikování těchto materiálů byl kladen důraz na realistické nasvícení a stínování, aby betonové plochy a podlahy vypadaly věrohodně a nepůsobily příliš hladce nebo uměle. Tento postup výrazně zjednodušil texturování a zlepšil vizuální výsledky.

Převod modelů z jiných herních prostředí do Unreal Engine¹² přinesl řadu technických výzev. V prvotním návrhu byl plánován import kanónu vz. 36 ráže 47 mm, který měl být součástí výzbroje bunkru. Tento model pocházel z fanouškovského módu CSA38¹³ pro

¹¹ Unreal Engine. Online. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US>. [cit. 2025-04-26].

¹² Unreal Engine. Online. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US>. [cit. 2025-04-26].

¹³ CSA38. Online. Dostupné z: <https://www.moddb.com/mods/csa38-czechoslovak-army-1938>. [cit. 2025-04-26].



Arma 3¹⁴, kde byly k dispozici historické modely československé vojenské techniky. Model kanónu byl uložen v PBO souboru, který byl rozbalen pomocí Arma Tools, čímž se získal model ve formátu P3D.

Pro práci s tímto modelem byl použit Blender¹⁵ s rozšířením pro Arma 3¹⁴ modely. Nicméně při pokusu o načtení modelu do Blenderu¹⁵ se objevil problém. Blender¹⁵ totiž nepodporuje načítání ODOL souborů, což je formát, ve kterém byl model původně uložen. Blender¹⁵ zobrazuje chybu „Wrong MDL version“, což znamená, že model nelze načíst.

Vzhledem k těmto technickým problémům nebylo možné celý kanón vz. 36 jako prvek zakomponovat do projektu pouze jeho část a to lafetu. Tento neúspěch ukázal výzvy spojené s prací s modely v komprimovaných formátech, které nejsou kompatibilní s běžnými nástroji pro práci s 3D objekty, jako je Blender¹⁶.

3.6 Stylizace a odklon od reality

Při tvorbě prostředí bylo nutné najít rovnováhu mezi technickou věrností a herní estetikou. Některé prvky bunkru byly záměrně poupraveny nebo zjednodušeny tak, aby působily vizuálně čitelněji, nebo aby lépe zapadly do herního prostředí. To se týkalo především materiálů, nasvícení a práce s opakováním prvků. Zatímco reálné bunkry často používají jednotné materiály bez zřetelné struktury, v projektu N-S 82 byly zvoleny kontrastnější textury a stylizovanější stíny, aby hráč snadno rozeznal funkční zóny prostoru.

I když je v herním průmyslu běžné, využívat barevné světelné zvýraznění, například červené nouzové světlo nebo modré ambientní podsvícení pro zdůraznění napětí a orientačních bodů, v tomto projektu byla použita jednodušší varianta. Místo výrazných barevných efektů bylo zvoleno tlumené bílé světlo, které podporuje přirozený dojem prostředí a usnadňuje hráčovu orientaci v prostoru. Tento přístup byl zvolen kvůli autentičnosti a realistickému pojetí prostředí bunkru.

¹⁴ ARMA 3. Online. Dostupné z: <https://arma3.com/>. [cit. 2025-04-26].

¹⁵ Blender. Online. Dostupné z: <https://www.blender.org/>. [cit. 2025-04-26].

¹⁶ Blender. Online. Dostupné z: <https://www.blender.org/>. [cit. 2025-04-26].



3.7 Technická úskalí

Během vývoje se objevily různé technické výzvy, které bylo nutné vyřešit. Mezi nejvýznamnější patřila optimalizace výkonu scény, zejména kvůli kombinaci složitější geometrie a náročnějších materiálů. Rovněž byla provedena optimalizace kolizí. Původně detailní kolizní modely byly zjednodušeny na základní boxy, čímž se výrazně snížilo zatížení fyziky.

3.8 Závěrečné doladění a testování

Po sestavení kompletní scény následovalo důkladné testování prostředí. Pro testování byla použito zařízení Valve Index¹⁷.

Hlavními kritérii byla smysluplná navigace, absence kolizních chyb a celkový vizuální dojem. Pro testování byly využity různé pohledy (z pohledu hráče, z volné kamery), aby bylo možné vyhodnotit jak funkčnost prostoru, tak estetickou stránku. Zjištěné chyby zahrnovaly např. špatně nasměrované kolizní boxy, nevhodně umístěné světelné zdroje nebo naopak přesvícení v některých oblastech, které způsobovalo nechtěné záblesky, nebo naopak příliš tmavá místa, kde se detaily ztrácely.

Testování rovněž odhalilo některé technické nedostatky, například nadbytečné polygony v některých importovaných modelech nebo chybně nastavené kolizní zóny. Tyto chyby byly odstraněny pomocí nástrojů přímo v Unreal Engine¹⁸, např. přenastavením LOD (Level of Detail), který zajišťuje, že modely na větší vzdálenost budou zjednodušené, čímž se výrazně zvýší výkon. Výsledkem je funkční realistické prostředí, které lze v budoucnu dále rozšiřovat.

¹⁷ Valve Index. Online. Dostupné z: <https://www.valvesoftware.com/cs/index/headset>. [cit. 2025-04-26].

¹⁸ Unreal Engine. Online. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US>. [cit. 2025-04-26].



3.9 Uživatelská zkušenost a testovací scénáře

Při návrhu prostředí nebyla opomenuta ani hráčská zkušenost. Celý prostor bunkru byl testován z pohledu běžného uživatele, například při průchodu různými částmi objektu byly sledovány ukazatele, jako orientace v prostoru a plynulost pohybu. Bylo testováno, zda je hráč schopen bez nápovědy pochopit, kam může jít, kde se nachází, klíčové prvky objektu nebo jakým způsobem se pohybovat v rámci úzkých chodeb a místností.

Součástí testování byly i tzv. slepé průchody, kdy testující osoby neznaly mapu dopředu a procházely scénou bez předchozích informací. Tento přístup pomohl identifikovat místa, která působila matoucím dojmem, nebo naopak příliš prázdně. Z těchto výsledků pak vyplynuly drobné úpravy v nasvícení, přidání značení a zřetelnější umístění interaktivních objektů. Důraz byl kladen na intuitivní vedení hráče prostorem bez nutnosti zobrazovat UI navigaci.

3.10 Možnosti budoucího rozšíření

Projekt N-S 82 byl navržen modulárně, což umožňuje jeho budoucí rozšíření bez nutnosti zásahu do základní struktury. Jedním z plánovaných rozšíření je přidání interaktivních prvků a to např. ovladatelné terminály, jednoduché puzzle mechaniky nebo interaktivní a multimediální prvky příběhu jako jsou záznamy, mapy, audio logy a textové poznámky.

Další možností je přidání jednoduché umělé inteligence, která by mohla reagovat na pohyb hráče nebo simulovat údržbový dron. Do budoucna lze prostředí rozšířit také o nadzemní část, vstupní kryt, pozorovací stanoviště nebo systémy větrání, granátové skluzy, vrtanou studnu a únikové chodby. Z hlediska technického vývoje by bylo možné do projektu přidat například podporu ray tracingu nebo vylepšit světelný systém pro noční režimy.



Obrázek 3: Finální podoba bunkru N-S 82 [moje práce v Unreal Engine]



4 Závěr

Projekt N-S 82 „Březinka“ prokázal schopnost kombinovat historickou přesnost s moderními nástroji pro tvorbu 3D prostředí. Ačkoliv se nepodařilo implementovat kanón vz. 36 z důvodu technických problémů s formátem, projekt přinesl cenné zkušenosti v oblasti práce s historickými modely a texturami. Výsledek je funkční, realistické a vizuálně přesvědčivé prostředí.

Další rozšíření projektu, včetně přidání herních mechanik nebo příběhových prvků, by bylo realizovatelné na základě vytvořené struktury.



5 Přílohy

5.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: Náhled hlavní menu z aplikace Arma Tools [součást programu ARMA3]	8
Obrázek 2: Dobový plán horního patra bunkru N-S 82 [https://www.opevneni.cz/asp/vykres.asp?id=7945].....	10
Obrázek 3: Finální podoba bunkru N-S 82 [moje práce v Unreal Engine]	16

5.2 Zdroje

Unreal Engine. Online. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US>. [cit. 2025-04-26].

Blender. Online. Dostupné z: <https://www.blender.org/>. [cit. 2025-04-26].

FAB. Online. Dostupné z: <https://www.fab.com/>. [cit. 2025-04-26].

ARMA 3. Online. Dostupné z: <https://arma3.com/>. [cit. 2025-04-26].

Allplan. Online. Dostupné z: <https://www.allplan.com/cz/>. [cit. 2025-04-26].

CSA38. Online. Dostupné z: <https://www.moddb.com/mods/csa38-czechoslovak-army-1938>. [cit. 2025-04-26].

Valve Index. Online. Dostupné z: <https://www.valvesoftware.com/cs/index/headset>. [cit. 2025-04-26].