



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

POKROČILÉ CAD VIZUALIZACE

ADVANCED CAD VISUALIZATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Šváb

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Miroslav Palán

BRNO 2026

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování
Student: **Vojtěch Šváb**
Studijní program: Základy strojního inženýrství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Miroslav Palán**
Akademický rok: 2025/26

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Pokročilé CAD vizualizace

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Tvorba kvalitních vizualizací je jedním z předpokladů úspěšné prezentace vlastního návrhu. K vytvoření fotorealistických vizualizací dnes existuje mnoho softwarů, některé z nich jsou dostupné pod školní licencí i studentům.

Typ práce: řešeršně syntetická

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je vytvořit výukové podklady pro předmět 3CC, které zajistí zlepšení schopností studentů vytvořit fotorealistickou vizualizaci produktu.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- přehled dostupných animačních softwarů, metod,
- volba jednoho ze softwarů a popis jeho možností,
- tvorba výukových podkladů pro dosažení kvalitních výstupů.

Požadované výstupy: průvodní zpráva.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<https://www.ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske-studium-ukoncení/>

Seznam doporučené literatury:

SCOTT, L., Hansen. Autodesk Inventor 2022: A Tutorial Introduction. 1. United States: SDC Publications, 2021. ISBN 9781630574055

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2025/26

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou vizualizace CAD dat se zaměřením na využití specializovaného softwaru pro tvorbu fotorealistických výstupů. Hlavním cílem práce je analyzovat dostupné vizualizační nástroje, porovnat jejich vlastnosti a na základě stanovených kritérií vybrat vhodný software pro praktické využití.

V teoretické části je provedena rešerše současných nástrojů pro CAD vizualizaci a jejich hodnocení podle vybraných parametrů. Na základě této analýzy byl zvolen software Autodesk VRED, který je dále podrobně popsán z hlediska jeho funkcí a možností využití.

Praktická část práce se zaměřuje na aplikaci tohoto softwaru při tvorbě vizualizace konkrétního strojírenského výrobku. Je zde popsán kompletní pracovní postup od importu dat po finální rendering. Součástí výstupu je také vytvoření výukové prezentace, která shrnuje jednotlivé kroky procesu.

Výsledkem práce je ověření vhodnosti zvoleného softwaru pro tvorbu kvalitních vizualizací v oblasti strojírenství a vytvoření výukového materiálu, který může být využit ve vzdělávacím procesu. Práce přispívá k lepšímu pochopení problematiky vizualizace CAD dat a poskytuje praktický návod pro práci s vybraným nástrojem.

KLÍČOVÁ SLOVA

vizualizace CAD dat, Autodesk VRED, fotorealistický rendering, počítačová grafika, 3D vizualizace

ABSTRACT

This bachelor's thesis addresses the issue of CAD data visualization, with a focus on the use of specialized software for creating photorealistic outputs. The main objective of the thesis is to analyze available visualization tools, compare their features, and select suitable software for practical use based on established criteria.

The theoretical section reviews current tools for CAD visualization and evaluates them according to selected parameters. Based on this analysis, Autodesk VRED software was selected and is described in detail in terms of its functions and potential applications.

The practical part of the thesis focuses on the application of this software in the creation of a visualization of a specific engineering product. It describes the complete workflow from data import to final rendering. The output also includes the creation of an instructional presentation that summarizes the individual steps of the process.

The result of this thesis is the verification of the suitability of the selected software for creating high-quality visualizations in the field of engineering and the creation of instructional material that can be used in the educational process. The thesis contributes to a better understanding of the issues surrounding CAD data visualization and provides practical guidance for working with the selected tool.

KEYWORDS

CAD data visualization, Autodesk VRED, photorealistic rendering, computer graphics, 3D visualization

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠVÁB, Vojtěch. *Pokročilé CAD vizualizace*. Online, bakalářská práce. Miroslav PALÁN (vedoucí práce). Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2026. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/170687>. [cit. 2026-04-18].

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Miroslavu Palánovi za vstřícné vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat za podporu své rodině.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením Ing. Miroslava Palána. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora

OBSAH

1	ÚVOD	13
2	ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	15
2.1	Analýza problému	15
2.2	Cíl práce	15
3	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	17
3.1	Kritéria pro hodnocení softwarových nástrojů	17
3.1.1	Technologie softwaru	17
3.1.2	Podpora CAD formátů	18
3.1.3	Kvalita výstupů	18
3.1.4	Hardwarové nároky	19
3.1.5	Cena	20
3.1.6	Oblast použití	20
3.2	Přehled dostupných nástrojů pro CAD vizualizaci	21
3.3	Vyhodnocení a interpretace tabulky	24
3.4	Výběr vhodného softwaru pro vizualizaci	25
3.5	Popis programu Autodesk VRED	26
3.5.1	Charakteristika softwaru	26
3.5.2	Uživatelské prostředí	26
3.5.3	Import CAD dat	28
3.5.4	Práce s materiály	28
3.5.5	Osvětlení, kamera a rendering	29
3.5.6	Animace a prezentace	29
3.5.7	Shrnutí možností programu	30
4	PRAKTICKÁ ČÁST	31
4.1	Tvorba vizualizace v programu Autodesk VRED	31
4.1.1	Úvod do praktické části	31
4.1.2	Popis vstupního modelu	31
4.1.3	Import modelu	33
4.1.4	Úprava scény	34
4.1.5	Práce s materiály	35
4.1.6	Osvětlení a kamera	37
4.1.7	Rendering	38
5	DISKUSE	41

6	ZÁVĚR	43
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	44
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	45
8.1	Použité zkratky	45
9	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	46
10	SEZNAM TABULEK	47
11	SEZNAM PŘÍLOH	48

1 ÚVOD

V současné době dochází k rychlému rozvoji digitálních technologií, které zásadním způsobem ovlivňují proces navrhování a prezentace technických produktů. Jednou z oblastí, která zaznamenává výrazný pokrok, je počítačová vizualizace. Ta umožňuje převádět konstrukční návrhy do realistické obrazové podoby a usnadňuje tak jejich prezentaci, analýzu i celkové pochopení. Vizualizace nachází uplatnění nejen v průmyslové praxi, ale i ve vzdělávání, kde slouží jako efektivní nástroj pro demonstraci technických principů a postupů.

Tato práce se zabývá problematikou vizualizace CAD dat se zaměřením na využití specializovaného softwaru pro tvorbu fotorealistických výstupů. Téma je aktuální zejména s ohledem na rostoucí požadavky na kvalitu prezentace technických návrhů, a to jak v oblasti strojírenství, tak například v produktovém designu nebo marketingu. Moderní vizualizační nástroje umožňují vytvářet výstupy na velmi vysoké úrovni realističnosti, které mohou v některých případech nahradit fyzické prototypy. To přináší nejen úsporu nákladů, ale také zrychlení celého vývojového procesu.

Důležitost této problematiky spočívá také v její mezioborové povaze. Vizualizace propojuje technické znalosti z oblasti konstrukce s estetickými a prezentačními principy. Kvalitní vizualizace tak nevyžaduje pouze správně vytvořený model, ale i vhodné nastavení materiálů, osvětlení, kamery a dalších parametrů, které ovlivňují výsledný vzhled scény. Schopnost efektivně pracovat s těmito nástroji se proto stává důležitou součástí dovedností moderního technika.

Současně existuje velké množství softwarů určených pro tvorbu vizualizací, které se vzájemně liší mnoha parametry. Orientace v těchto nástrojích a výběr vhodného řešení pro konkrétní použití je proto poměrně složitý. Tato práce tento problém řeší vytvořením přehledu a porovnáním vybraných vizualizačních softwarů na základě stanovených technických a praktických kritérií.

Jedním z cílů této práce je seznámit se s možnostmi zvoleného softwaru Autodesk VRED, který je využíván především v oblasti průmyslového a automobilového designu. Mezi hlavní problémy při práci s tímto softwarem patří správné nastavení importu dat, kde dochází k převodu CAD geometrie do polygonální podoby, kterou VRED využívá. V práci je proto popsán postup optimalizace importu CAD dat a nastavení parametrů ovlivňujících výslednou kvalitu vizualizace.

Praktická část práce je zaměřena na vytvoření uceleného pracovního postupu tvorby vizualizace v prostředí Autodesk VRED. Součástí je podrobný popis jednotlivých kroků procesu od importu CAD dat až po finální rendering.

Motivací pro zpracování tohoto tématu je snaha lépe porozumět procesu vizualizace a osvojit si praktické dovednosti spojené s prací v profesionálním vizualizačním prostředí. Získané znalosti lze následně využít nejen při studiu, ale i v budoucí praxi, kde vizualizace hraje stále významnější roli při prezentaci technických řešení.

Výsledkem práce je nejen samotná vizualizace zvoleného modelu, ale také vytvoření výukové prezentace (příloha 1), která shrnuje jednotlivé kroky postupu tvorby vizualizace. Práce tak přispívá nejen k pochopení dané problematiky, ale i k jejímu dalšímu využití ve vzdělávacím procesu.

2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

2.1 Analýza problému

Oblast vizualizace CAD dat je charakteristická širokou nabídkou softwarových nástrojů, které se liší svými vlastnostmi, zaměřením i způsobem použití. Tato rozmanitost však může představovat významný problém, zejména z hlediska orientace v dostupných řešeních. Uživatel je často konfrontován s velkým množstvím programů, přičemž není vždy zřejmé, jaké jsou mezi nimi zásadní rozdíly a pro jaké konkrétní účely jsou jednotlivé nástroje vhodné.

S tím úzce souvisí i problematika porozumění jednotlivým parametrům, podle kterých lze tyto nástroje hodnotit a porovnávat. Mezi tyto parametry patří například technologie softwaru, kvalita výstupů či hardwarové nároky. Bez dostatečného pochopení těchto kritérií je obtížné objektivně posoudit výhody a nevýhody jednotlivých řešení a následně zvolit vhodný software pro konkrétní použití.

Dalším významným problémem je samotný proces tvorby vizualizace. Ten zahrnuje několik na sebe navazujících kroků, které je nutné správně pochopit a aplikovat. Neznalost pracovního postupu může vést k neefektivní práci, chybám při zpracování modelu nebo ke snížení kvality výsledné vizualizace. Problematické může být například nastavení materiálů, práce s osvětlením nebo volba vhodné kompozice scény.

S pracovním postupem jsou spojeny i další praktické obtíže, zejména při práci s importovanými CAD daty. Uživatel se může setkat s problémy, jako je nesprávné měřítko modelu, nepřehledná struktura scény nebo nedostatečná kvalita geometrie. Tyto nedostatky je nutné v průběhu práce identifikovat a vhodným způsobem řešit, aby bylo možné dosáhnout kvalitního výsledku.

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že pro úspěšné zvládnutí problematiky vizualizace CAD dat je nezbytné nejen zorientovat se v dostupných softwarových nástrojích a porozumět jejich parametrům, ale také osvojit si správný pracovní postup a vyvarovat se typických chyb, které mohou negativně ovlivnit výslednou kvalitu vizualizace.

2.2 Cíl práce

Hlavním cílem této práce je zpracovat přehled dostupných vizualizačních nástrojů určených pro práci s CAD daty a na základě stanovených parametrů provést jejich vzájemné porovnání. Důraz je kladen zejména na porozumění rozdílům mezi jednotlivými nástroji a jejich vhodnosti pro konkrétní oblasti použití.

Dalším cílem práce je podrobně popsat vybraný vizualizační software Autodesk VRED a charakterizovat jeho možnosti z hlediska využití při tvorbě fotorealistických vizualizací. Součástí tohoto cíle je seznámení se s prostředím programu a jeho základními funkcemi.

V praktické části práce je cílem zpracovat pracovní postup tvorby vizualizace ve vybraném softwaru, a to od importu CAD dat až po finální rendering. Tento postup je aplikován na konkrétním modelu strojírenského výrobku a slouží k demonstraci využití jednotlivých nástrojů programu v praxi.

Nedílnou součástí práce je rovněž vytvoření výukové prezentace (příloha 1), která shrnuje jednotlivé kroky pracovního postupu a slouží jako přehledný studijní materiál.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

3.1 Kritéria pro hodnocení softwarových nástrojů

Vzhledem k široké nabídce nástrojů určených k tvorbě vizualizací bylo nutné stanovit jednotná kritéria, na jejichž základě budou jednotlivé programy porovnávány. Tato kritéria byla zvolena s ohledem na požadavky praxe i potřeby výuky, zejména s důrazem na dostupnost, kvalitu výstupů a uživatelskou přívětivost.

Mezi hlavní hodnocená kritéria patří technologie softwaru, podpora CAD formátů, kvalita výstupů, hardwarové nároky, cena a oblast použití. Tato kritéria umožňují komplexní posouzení jednotlivých nástrojů z hlediska jejich využitelnosti pro tvorbu fotorealistických vizualizací i jejich vhodnosti pro výukové účely.

3.1.1 Technologie softwaru

Jedním z klíčových kritérií hodnocení je technologie softwaru, která určuje jeho zaměření a rozsah dostupných funkcí. Z tohoto hlediska lze nástroje rozdělit na jednoúčelové a víceúčelové [1].

Jednoúčelové nástroje jsou primárně zaměřeny na tvorbu vizualizací a renderování. Tyto programy neobsahují pokročilé modelovací nástroje, ale poskytují optimalizované prostředí pro dosažení vysoce kvalitních výstupů. Využívají specializovaná renderovací jádra, která umožňují efektivní simulaci světelných jevů a dosažení realistického zobrazení materiálů a osvětlení [2][3][4]. Typickým příkladem jsou specializované renderovací nástroje využívané v průmyslové praxi.

Naopak víceúčelové nástroje kombinují více funkcí, jako je modelování, animace a rendering. Jedná se zejména o CAD modelovací programy doplněné o vizualizační modul nebo univerzální 3D grafické aplikace [5]. Jejich výhodou je možnost práce v jednom prostředí bez nutnosti exportu dat mezi různými aplikacemi. Nevýhodou může být nižší míra specializace vizualizačních nástrojů, což se může projevit zejména v omezených možnostech nastavení renderingu nebo nižší kvalitě výstupů ve srovnání se specializovanými nástroji [4].

3.1.2 Podpora CAD formátů

Dalším důležitým kritériem je podpora CAD formátů, která zásadně ovlivňuje možnost využití daného nástroje v návaznosti na konstrukční software. Schopnost importovat nativní CAD data nebo univerzální 3D formáty je klíčová pro zajištění plynulého pracovního postupu při tvorbě vizualizací [1][5].

Některé nástroje podporují široké spektrum standardních CAD formátů, včetně nativních formátů konstrukčních systémů. Mezi tyto formáty patří například soubory vytvořené v CAD aplikacích, které obsahují nejen geometrická data, ale také informace o materiálech, sestavách nebo metadatech modelu [5]. Jiné nástroje pracují pouze s univerzálními formáty, jako jsou například OBJ, FBX nebo STEP, které slouží k přenosu geometrie mezi různými softwarovými prostředími [1][6].

Použití univerzálních formátů však může vést ke ztrátě některých doplňujících informací, například parametrických vazeb, historie modelu nebo detailního nastavení materiálů. Tento problém souvisí s rozdílným způsobem reprezentace geometrie a dat v jednotlivých systémech počítačové grafiky a CAD aplikacích [4]. V některých případech je proto podpora CAD formátů rozšířena pomocí doplňkových modulů nebo pluginů, které umožňují přesnější import dat a zachování většího množství informací z původního modelu [5].

3.1.3 Kvalita výstupů

Kvalita výstupů představuje jedno z nejdůležitějších kritérií hodnocení, jelikož hlavním cílem vizualizačních nástrojů je tvorba realistických obrazů. Kvalita vizualizace je ovlivněna zejména použitou renderovací technologií, úrovní simulace fyzikálních jevů, nastavením materiálových vlastností, osvětlení a parametrů kamery [1][2][4].

Moderní vizualizační nástroje využívají pokročilé metody renderování, jako je například fyzikálně založené renderování (PBR), které umožňuje realistickou simulaci interakce světla s materiálem [2][4]. Díky tomu lze dosahovat fotorealistických výstupů, které lze využít například v oblasti produktového designu, marketingu nebo architektury [3].

Fotorealistický výstup představuje vizualizaci, jejímž cílem je co nejvěrnější simulace vzhledu reálného objektu [4]. Charakteristickými vlastnostmi jsou realistické zobrazení materiálů, přesné stíny, odrazy a lomy světla, správná simulace osvětlení a minimální úroveň obrazového šumu [7].

Rozdíly mezi jednotlivými nástroji se projevují zejména v dosažitelné míře realismu, rychlosti renderování a náročnosti nastavení scény. Specializované renderovací nástroje jsou optimalizovány pro tvorbu vysoce kvalitních vizualizací a často poskytují detailnější možnosti nastavení materiálů a osvětlení. Naopak víceúčelové nástroje obvykle nabízejí základní vizualizační funkce, které jsou vhodné například pro technickou kontrolu návrhů nebo rychlou prezentaci modelu, avšak nemusí dosahovat stejné úrovně kvality jako specializované nástroje [5].

Kvalita výstupu vizualizačního softwaru je hodnocena zejména podle úrovně fotorealismu a technické přesnosti renderovaného obrazu. Mezi hodnocené vlastnosti patří kvalita stínů, přesnost odrazů a lomů světla, realistické zobrazení materiálů, úroveň obrazového šumu, ostrost hran a celková věrnost simulace fyzikálního chování světla [2][4]. Významnou roli hraje také schopnost renderovacího systému správně pracovat s globální iluminací, HDRI osvětlením a fyzikálně založenými materiály [2].

Kvalitu vizualizace lze hodnotit rovněž pomocí technických parametrů. Mezi sledované parametry patří zejména rozlišení renderu, počet vzorků použitých při renderování nebo přesnost polygonální reprezentace modelu po procesu teselace [2][4]. Vyšší hodnoty těchto parametrů zpravidla vedou ke kvalitnějšímu výstupu, avšak zároveň zvyšují čas renderování a hardwarové nároky systému.

Za kvalitní výstup lze považovat render s vysokou úrovní detailu, realistickými materiály a minimální úrovní obrazového šumu. Z technického hlediska je pro kvalitní výstupy běžně využíváno rozlišení minimálně 1920×1080 px, zatímco profesionální vizualizace často využívají rozlišení 3840×2160 px. Počet vzorků se obvykle pohybuje v rozmezí 256 až 1024 [2]. U přesnosti teselace CAD geometrie se zpravidla využívá chord tolerance, tedy přesnost převodu CAD geometrie na polygonální síť, v rozmezí 0,1 až 0,5 mm [6][8].

3.1.4 Hardwarové nároky

Hardwarové nároky softwaru významně ovlivňují jeho dostupnost a praktickou použitelnost, a to jak pro jednotlivé uživatele, tak i pro vzdělávací instituce. Náročnost vizualizačních nástrojů je dána především použitou renderovací technologií a způsobem zpracování výpočtů [1][4].

Z hlediska výpočetního výkonu lze rozlišit nástroje využívající především procesor (CPU) a nástroje optimalizované pro grafické karty (GPU). CPU rendering je obecně univerzálnější a umožňuje zpracování složitějších scén, zatímco GPU rendering nabízí výrazně vyšší rychlost výpočtu díky paralelnímu zpracování velkého množství operací [2][4].

Nástroje s vysokými hardwarovými nároky mohou poskytovat kvalitnější nebo rychlejší výsledky, avšak jejich využití je omezeno dostupností výkonného hardwaru. Tento faktor je významný zejména ve výukovém prostředí, kde nemusejí být k dispozici specializované pracovní stanice. Naopak méně náročné programy jsou dostupnější širšímu spektru uživatelů, avšak mohou vyžadovat delší dobu renderování nebo poskytovat omezené možnosti nastavení vizualizace [5].

3.1.5 Cena

Cena softwaru představuje významný faktor, který ovlivňuje jeho dostupnost pro jednotlivé uživatele i vzdělávací instituce. Na trhu se vyskytují jak komerční nástroje s vyšší pořizovací cenou, tak i bezplatné alternativy nebo programy nabízející zvýhodněné studentské licence [1][5].

Komerční software často nabízí pokročilé funkce, vyšší stabilitu a profesionální technickou podporu. Tyto nástroje jsou proto běžně využívány v průmyslové praxi, kde je kladen důraz na kvalitu výstupů a efektivitu práce [5]. Naopak bezplatné nástroje mohou být v některých oblastech omezené, avšak v současnosti často poskytují dostatečnou funkcionalitu i pro pokročilejší vizualizační úlohy [1].

Pro účely výuky je klíčová zejména dostupnost licencí pro studenty, finanční nenáročnost a jednoduchost použití ve školním prostředí. Vhodně zvolený software by měl umožnit studentům osvojit si základní principy vizualizace bez nutnosti vysokých finančních nákladů [5].

3.1.6 Oblast použití

Posledním sledovaným kritériem je oblast použití jednotlivých nástrojů. Různé softwarové nástroje jsou optimalizovány pro specifické oblasti, jako je strojírenství, architektura, produktový design nebo herní průmysl, což se odráží v jejich funkcionalitě i způsobu práce s daty [5][3].

CAD systémy jsou primárně určeny pro konstrukční činnost, kde je kladen důraz na přesnost, parametrizaci a správu technické dokumentace. Naproti tomu specializované renderovací nástroje se zaměřují na tvorbu fotorealistických vizualizací s důrazem na materiály, osvětlení a výslednou kvalitu obrazu [3].

Specifickou skupinu tvoří herní engines, které umožňují real-time rendering a interaktivní prezentaci scén. Tyto nástroje jsou využívány nejen v herním průmyslu, ale také například pro virtuální prezentace produktů nebo architektonických návrhů [2].

Při výběru vhodného nástroje je proto nutné zohlednit zamýšlené využití, požadovanou úroveň kvality výstupů a cílovou skupinu uživatelů. Správná volba softwaru může výrazně ovlivnit efektivitu práce i výslednou úroveň vizualizace [1].

3.2 Přehled dostupných nástrojů pro CAD vizualizaci

Na základě kritérií uvedených v předchozí kapitole byly jednotlivé softwarové nástroje porovnány v následujících tabulkách.

Tab. 3-1 Legenda k tabulce dostupných nástrojů pro CAD vizualizaci

Kategorie	Symbol	Význam
Podpora CAD formátů	 Všechny	Podpora všech standardních CAD a 3D formátů
	 Univerzální	Podpora pouze univerzálních 3D formátů
	 Vybrané univerzální	Podpora pouze některých univerzálních 3D formátů
Kvalita výstupů		Velmi vysoká kvalita
		Vysoká kvalita
		Střední kvalita
Cena		Vyšší cena
		Středně drahé
		Zdarma / *nižší cena

Tab. 3-2 Přehled dostupných nástrojů pro CAD vizualizaci část 1

Software	Výrobce	Technologie SW	Podpora CAD formátů	Kvalita výstupů	HW nároky	Cena	Použití
Vred	Autodesk	 Jednouúčelový	 Všechny	☆☆☆☆	 Vysoké	\$ \$ \$	Specializovaný rendering
3DS Max	Autodesk	 Víceúčelový	 Všechny	☆☆☆☆	 Vysoké	\$ \$ \$	Zábavní průmysl
Maya	Autodesk	 Víceúčelový	 Vybrané univerzální	☆☆☆☆	 Vysoké	\$ \$	Zábavní průmysl
Keyshot Studio	Keyshot	 Jednouúčelový	 Všechny	☆☆☆☆	 Střední	\$ \$	Specializovaný rendering
Blender	Blender Foundation	 Víceúčelový	 Vybrané univerzální	☆☆☆☆	 Střední	\$	Architektura, filmový a herní průmysl
Catia	Dassault Systèmes	 Víceúčelový	 Všechny	☆☆	 Vysoké	\$ \$ \$	Konstrukce, výroba, strojírenství
Creo	PTC	 Víceúčelový	 Všechny	☆☆	 Vysoké	\$ \$ \$	Konstrukce, výroba, strojírenství
Siemens NX	Siemens	 Víceúčelový	 Všechny	☆☆☆☆	 Vysoké	\$ \$ \$	Konstrukce, výroba, strojírenství
SolidWorks Visualize	Dassault Systèmes	 Jednouúčelový	 Všechny	☆☆	 Střední	\$ \$	Specializovaný rendering

Tab. 3-3 Přehled dostupných nástrojů pro CAD vizualizaci část 2

Software	Výrobce	Technologie SW	Podpora CAD formátů	Kvalita výstupů	HW nároky	Cena	Použití
Solid Edge	Siemens	 Víceúčelový	 Všechny	★	 Nízké	\$ \$	Konstrukce, výroba, strojírenství
Inventor	Autodesk	 Víceúčelový	 Všechny	★	 Střední	\$ \$	Konstrukce, výroba, strojírenství
Solidworks	Dassault Systèmes	 Víceúčelový	 Všechny	★	 Střední	\$ \$	Konstrukce, výroba, strojírenství
Fusion	Autodesk	 Víceúčelový	 Všechny	★	 Nízké	\$ *	Hobby uživatelé
Vray	Chaos	 Jednouúčelový	 Univerzální	★ ★ ★	 Vysoké	\$ \$ \$	Specializovaný rendering - Architektura
Thea Render	Altair	 Jednouúčelový	 Všechny	★ ★ ★	 Vysoké	\$ \$	Specializovaný rendering - Architektura
Sketchup studio	Trimble	 Víceúčelový	 Všechny	★	 Střední	\$ \$	Architektura
Arch line XP	GS Soft	 Víceúčelový	 Všechny	★	 Střední	\$ \$	Architektura, interiérový design
Unreal engine	Epic Games	 Víceúčelový	 Univerzální	★ ★ ★	 Vysoké	\$	Tvorba her, vizualizace v reálném čase

3.3 Vyhodnocení a interpretace tabulky

Na základě dat uvedených v tabulkách 3-2 a 3-3 lze jednotlivé nástroje pro CAD vizualizaci porovnat z hlediska zvolených kritérií a identifikovat jejich hlavní výhody a omezení.

Z hlediska technologie softwaru je patrné, že většina analyzovaných nástrojů spadá do kategorie víceúčelových programů. Tyto nástroje kombinují modelovací a vizualizační funkce, což je výhodné zejména pro konstrukční praxi, kde je kladen důraz na práci v jednom prostředí. Naproti tomu jednoúčelové nástroje, jako jsou například VRED, KeyShot Studio nebo V-Ray, jsou zaměřeny primárně na tvorbu vizualizací a obecně dosahují vyšší kvality výstupů.

V oblasti podpory CAD formátů většina nástrojů nabízí širokou kompatibilitu se standardními formáty, což umožňuje jejich snadné začlenění do existujících pracovních postupů. Výjimku tvoří především některé vizualizační nástroje a herní enginy, které pracují pouze s univerzálními 3D formáty. V těchto případech může docházet ke ztrátě některých informací při převodu dat, což může negativně ovlivnit kvalitu následné vizualizace.

Kvalita výstupů je obecně na vysoké úrovni u většiny sledovaných nástrojů, přičemž nejlepších výsledků dosahují specializované renderovací programy. Tyto nástroje jsou optimalizovány pro tvorbu fotorealistických vizualizací a poskytují širší možnosti nastavení materiálů, osvětlení a renderovacích parametrů. Víceúčelové CAD systémy dosahují zpravidla nižší úrovně realismu, která je však dostatečná pro technickou prezentaci a kontrolu návrhů.

Z hlediska hardwarových nároků je patrné, že nástroje poskytující nejvyšší kvalitu výstupů jsou zároveň nejnáročnější na výpočetní výkon. To se týká zejména specializovaných renderovacích nástrojů a pokročilých vizualizačních systémů. Naopak některé CAD nástroje nebo jednodušší programy mají nižší nároky na hardware, což zvyšuje jejich dostupnost pro širší okruh uživatelů.

Cena softwaru se mezi jednotlivými nástroji výrazně liší. Komerční profesionální nástroje jsou zpravidla finančně náročnější, avšak nabízejí pokročilé funkce a vyšší úroveň podpory. Na druhé straně existují i bezplatné alternativy, jako je například Blender nebo Unreal Engine, které poskytují velmi dobré výsledky bez nutnosti finanční investice. Významnou roli hrají také studentské licence, které umožňují využití profesionálních nástrojů ve výukovém procesu.

Z hlediska oblasti použití lze nástroje rozdělit do několika hlavních skupin. CAD systémy jsou využívány především ve strojírenství a konstrukci, zatímco specializované renderovací nástroje nacházejí uplatnění v produktovém designu a marketingu. Nástroje jako 3ds Max nebo Maya jsou typické pro zábavní průmysl a tvorbu animací. Herní enginy, například Unreal Engine, umožňují real-time vizualizaci a interaktivní prezentaci scén.

Na základě provedené analýzy lze konstatovat, že volba vhodného nástroje závisí především na požadované kvalitě výstupů, dostupném hardwaru a konkrétní oblasti použití. Pro účely tvorby vysoce kvalitních vizualizací jsou nejvhodnější specializované renderovací nástroje, zatímco pro konstrukční praxi a výuku mohou být vhodnější víceúčelové CAD systémy.

3.4 Výběr vhodného softwaru pro vizualizaci

Na základě provedené analýzy dostupných nástrojů byl pro účely této práce zvolen software Autodesk VRED. Výběr konkrétního nástroje byl proveden s ohledem na požadovanou kvalitu výstupů, dostupnost softwaru a jeho vhodnost pro oblast strojírenství.

Jedním z hlavních důvodů volby je skutečnost, že Autodesk VRED představuje specializovaný nástroj určený primárně pro tvorbu vizualizací [5]. Ve srovnání s víceúčelovými CAD systémy nabízí detailní nastavení renderovacích parametrů, jako jsou ray tracing, globální iluminace a odstranění šumu. Dále umožňuje realistické zobrazení materiálů a osvětlení, což umožňuje dosahovat kvalitnějších výstupů. Tento aspekt je důležitý při tvorbě výukových materiálů zaměřených na vizualizaci.

Dalším významným faktorem je dostupnost softwaru v rámci studentských licencí společnosti Autodesk. Díky tomu je možné nástroj využívat bez finančních nákladů, což je výhodné jak pro individuální práci studenta, tak i pro případné využití ve výukovém procesu.

Výhodou zvoleného řešení je také návaznost na ekosystém Autodesk, který je široce využíván nejen ve školním prostředí. Prostředí softwaru a práce s daty je tak částečně kompatibilní s dalšími nástroji, jako jsou například Autodesk Inventor nebo další CAD systémy této společnosti. Tato skutečnost usnadňuje import modelů a zefektivňuje pracovní postup při tvorbě vizualizací.

Neméně důležitým hlediskem je oblast použití. Autodesk VRED je využíván především v průmyslové praxi, zejména v oblasti produktového designu a strojírenství, kde slouží k tvorbě realistických vizualizací výrobků. Tento fakt potvrzuje vhodnost jeho použití pro řešení problematiku bakalářské práce.

Nevýhodou tohoto nástroje mohou být vyšší hardwarové nároky, které mohou omezit jeho využití na méně výkonných zařízeních.

Na základě uvedených skutečností lze konstatovat, že Autodesk VRED představuje vhodný nástroj pro tvorbu kvalitních vizualizací v oblasti strojírenství a splňuje požadavky stanovené v rámci této práce.

3.5 Popis programu Autodesk VRED

3.5.1 Charakteristika softwaru

Software Autodesk VRED 2026 představuje profesionální nástroj určený pro tvorbu fotorealistických vizualizací CAD dat, zejména v oblasti automobilového a průmyslového designu. Program je vyvíjen společností Autodesk a je navržen tak, aby poskytoval vysokou kvalitu výstupů a zároveň umožňoval efektivní návaznost na konstrukční procesy [9].

VRED je zaměřen především na oblast vizualizace a prezentace produktů, přičemž nabízí pokročilé nástroje pro práci s materiály, osvětlením a renderováním. Díky tomu je schopen dosahovat fotorealistických výsledků, které jsou požadovány v průmyslové praxi [4][9].

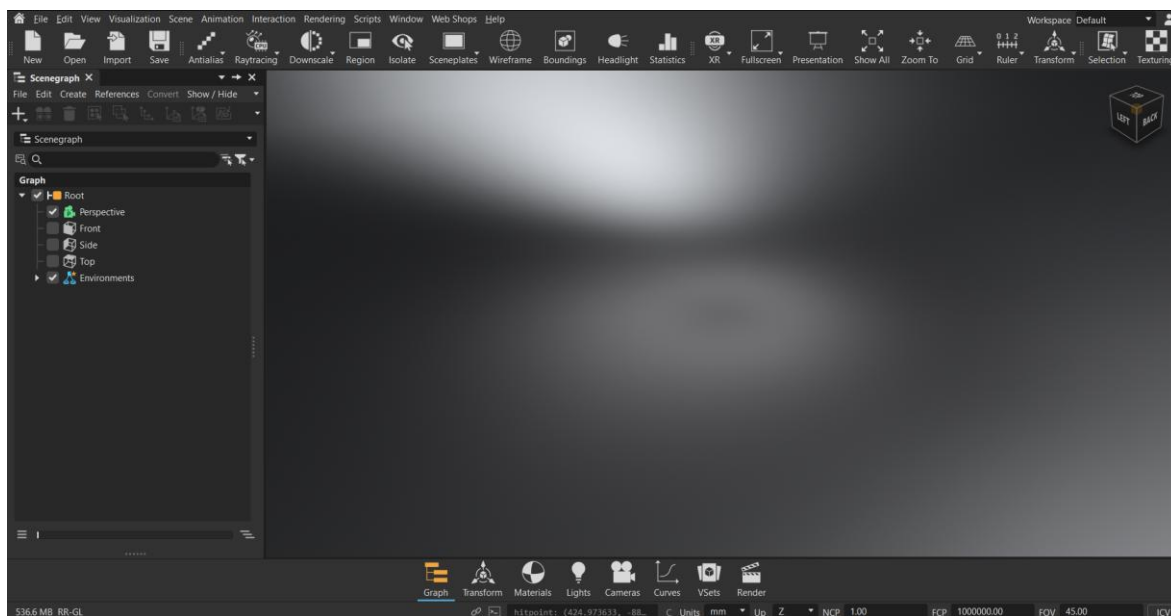
Na základě těchto vlastností lze Autodesk VRED zařadit mezi specializované vizualizační nástroje určené pro profesionální využití, kde je kladen důraz na kvalitu výstupů a realistickou prezentaci navržených produktů.

3.5.2 Uživatelské prostředí

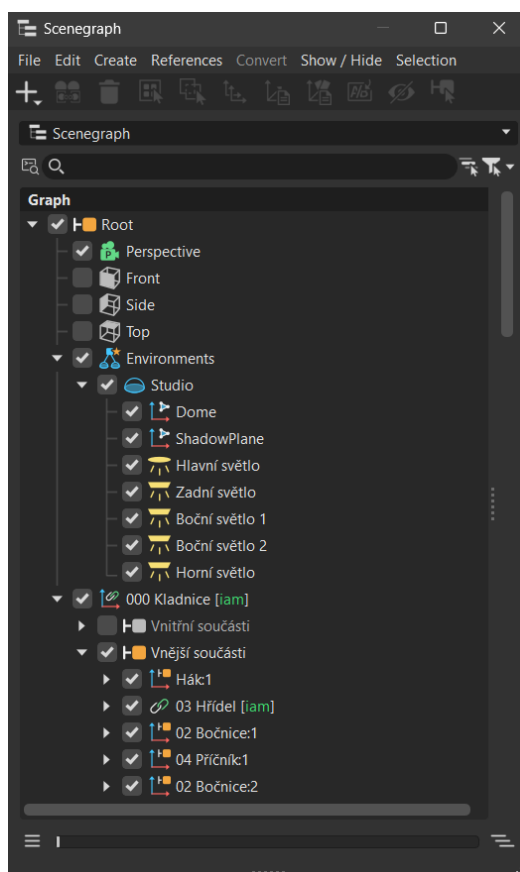
VRED nabízí komplexní pracovní prostředí navržené pro profesionální využití. Uživatelské rozhraní je rozsáhlé a zahrnuje řadu specializovaných panelů, nástrojů a konfiguračních možností. Z tohoto důvodu může být program pro začínající uživatele méně intuitivní, naopak pokročilým uživatelům poskytuje vysokou míru kontroly nad výslednou vizualizací [9].

Základní rozložení pracovního prostředí odpovídá standardům moderních grafických aplikací. Dominantním prvkem je pracovní okno (viewport), ve kterém je zobrazována scéna. Dále jsou k dispozici panely nástrojů a panel rychlého přístupu, které umožňují efektivní ovládání základních funkcí. V horní části rozhraní se nachází hlavní menu obsahující pokročilé nástroje a nastavení. Uživatelské prostředí je možné přizpůsobit individuálním potřebám uživatele.

Součástí prostředí je také panel pro správu scény (Scene Graph), který umožňuje přehlednou organizaci jednotlivých objektů a jejich hierarchii. Nechybí ani doplňkové prvky, jako je navigační kostka pro orientaci v prostoru, stavový řádek nebo panel nastavení pracovního prostředí.



Obr. 3-1 Uživatelské prostředí Autodesk VRED.



Obr. 3-2 Panel pro správu scény (Scene Graph).

3.5.3 Import CAD dat

Jednou z hlavních předností softwaru je rozsáhlá podpora průmyslových CAD formátů. Program umožňuje import dat z běžně používaných konstrukčních systémů v automobilovém a strojírenském průmyslu, jako jsou CATIA V5, Siemens NX, Creo, SolidWorks či Autodesk Inventor. Podporovány jsou rovněž standardizované výměnné formáty, například STEP, IGES nebo Parasolid, stejně jako formáty využívané pro vizualizaci, například FBX a OBJ [9].

Důležitou vlastností je zachování struktury sestavy a geometrických informací při importu, což umožňuje efektivní práci s komplexními modely. V některých případech je možné využít pokročilé importní nastavení pro optimalizaci geometrie, redukci polygonů nebo úpravu normál, což přispívá ke zlepšení výkonu při následné práci se scénou.

Významnou součástí importu CAD dat je proces teselace, při kterém dochází k převodu matematicky definovaných CAD ploch na polygonální síť využívanou pro rendering. Správné nastavení parametrů teselace představuje jeden z hlavních problémů při práci s CAD vizualizací, protože přímo ovlivňuje kvalitu zobrazení modelu i hardwarovou náročnost celé scény. Při příliš nízké přesnosti teselace mohou být zakřivené plochy zobrazeny hranatě a na modelu mohou vznikat viditelné přechody mezi jednotlivými polygony. Naopak příliš vysoká přesnost vede k výraznému zvýšení počtu polygonů, což může způsobit zpomalení práce se scénou a prodloužení času renderování.

Široká kompatibilita je zásadní zejména v prostředí průmyslových podniků, kde jsou CAD data vytvářena v různých systémech a následně využívána pro vizualizaci nebo prezentaci produktů. Díky této vlastnosti je Autodesk VRED vhodným nástrojem pro integraci do existujících konstrukčních a vývojových procesů.

3.5.4 Práce s materiály

Práce s materiály v programu Autodesk VRED představuje jeden z klíčových kroků při tvorbě fotorealistické vizualizace. Materiály určují výsledný vzhled povrchů jednotlivých objektů a zásadně ovlivňují celkovou kvalitu renderovaného obrazu. VRED využívá fyzikálně založený model renderování (*Physically Based Rendering*), který umožňuje realistickou simulaci vlastností materiálů, jako jsou odrazivost, drsnost, průhlednost nebo lom světla [4][8].

Uživatel má k dispozici rozsáhlou knihovnu předdefinovaných materiálů, které lze dále upravovat podle konkrétních požadavků. Kromě toho je možné využít také import materiálů z externích knihoven třetích stran. Materiály lze přiřazovat k jednotlivým částem modelu jednotlivě nebo hromadně, například na základě struktury importovaného CAD modelu, což výrazně urychluje práci při zpracování složitějších sestav.

Důležitou součástí práce s materiály je využití textur, které umožňují detailnější reprezentaci povrchů. Jedná se například o mapy drsnosti (*roughness*), odrazivosti (*specular*) nebo normálové mapy (*normal maps*), které simulují jemné geometrické detaily bez nutnosti zvyšování polygonové náročnosti modelu. Správné nastavení materiálů je nezbytné pro dosažení realistického vzhledu a věrného zobrazení vizualizovaného produktu [7][8].

3.5.5 Osvětlení, kamera a rendering

Osvětlení, kamera a rendering patří mezi nejdůležitější části procesu tvorby vizualizace, neboť zásadně ovlivňují výslednou kvalitu a míru realismu výsledného obrazu [4]. VRED umožňuje využití různých typů světelných zdrojů, jako jsou HDRI mapy, bodová, plošná nebo směrová světla, která lze vzájemně kombinovat pro dosažení požadovaného vizuálního efektu. Často využívané HDRI osvětlení zajišťuje přirozené nasvícení scény a realistické odrazy na površích materiálů [8].

Nastavení kamery slouží k definování kompozice a perspektivy vizualizace. Kamera simuluje chování reálného fotografického zařízení, což umožňuje realistickou kompozici výsledné vizualizace [7]. Lze nastavovat parametry jako jsou ohnisková vzdálenost, hloubka ostroty, expozice nebo vyvážení bílé. Správné nastavení kamery má zásadní vliv na výsledné vnímání scény a její vizuální kvalitu.

Proces renderingu je založen na metodě ray tracingu, která simuluje fyzikální chování světla [4]. Uživatel může nastavovat parametry, jako jsou rozlišení, počet vzorků (*samples*), kvalita stínů a odrazů nebo využívat nástroje pro redukci šumu (*denoising*) [8].

Software VRED podporuje jak interaktivní rendering v reálném čase, který slouží pro rychlé ladění scény, tak finální rendering ve vysoké kvalitě určený pro prezentaci nebo marketingové výstupy. Kombinace těchto přístupů umožňuje efektivní pracovní postup a dosažení kvalitních výsledků.

3.5.6 Animace a prezentace

Program umožňuje kromě tvorby statických vizualizací také vytváření animací a interaktivních prezentací. Uživatel může realizovat jednoduché i komplexní animace, zahrnující pohyb objektů, změny materiálů, osvětlení nebo kamerových trajektorií, a to prostřednictvím časové osy (*timeline*) [8]. Tyto animace slouží především k dynamické prezentaci produktu a přispívají k lepšímu pochopení jeho tvaru, funkce a konstrukčního řešení.

V oblasti prezentace nabízí VRED nástroje pro tvorbu interaktivních scén, které lze využít například při technických prezentacích, kontrole návrhů nebo marketingových výstupech. Uživatel má možnost interaktivně procházet scénu, měnit zobrazení nebo prezentovat různé varianty produktu v reálném čase.

Významnou funkcionalitou je také podpora virtuální reality (VR), která umožňuje prohlížení modelu v reálném měřítku. Tato technologie zvyšuje úroveň vizuální komunikace návrhu a nachází uplatnění zejména v průmyslové praxi při hodnocení ergonomie, designu nebo prostorového uspořádání produktu [8].

3.5.7 Shrnutí možností programu

Software Autodesk VRED patří mezi specializované nástroje pro vizualizaci CAD dat a nabízí realistické zobrazení vizualizované součásti. Mezi jeho hlavní přednosti patří zejména kvalitní ray tracing, rozsáhlá podpora průmyslových formátů, detailní nastavení parametrů materiálů a osvětlení, a také nástroje pro interaktivní prezentaci, včetně podpory virtuální reality. Díky těmto vlastnostem je software široce využíván v automobilovém a produktovém designu.

Na druhou stranu má tento nástroj i určitá omezení. Mezi hlavní nevýhody patří zejména absence modelovacích funkcí, jelikož se jedná o specializovaný vizualizační software. Dále je nutné počítat s vyššími hardwarovými nároky a složitějším uživatelským prostředím, které může být méně přehledné pro začínající uživatele. Nevýhodou může být také vyšší cena komerční licence, která omezuje dostupnost programu pro menší projekty nebo jednotlivce.

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Tvorba vizualizace v programu Autodesk VRED

4.1.1 Úvod do praktické části

Praktická část práce navazuje na teoretické poznatky uvedené v předchozích kapitolách a zaměřuje se na aplikaci vybraného vizualizačního softwaru Autodesk VRED při tvorbě fotorealistické vizualizace konkrétní technické součásti. Cílem této části je demonstrovat pracovní postup vedoucí k vytvoření kvalitního výstupu, a to od importu CAD dat až po finální rendering.

Jako modelový příklad byla zvolena jeřábová kladnice, která byla navrhována a modelována v předmětu 4KD. Představuje strojírenský výrobek s různorodými materiály, tvary a konstrukčními prvky. Tento model je vhodný pro demonstraci práce s materiály, osvětlením i nastavením kamery, a umožňuje tak komplexní využití funkcí programu VRED.

V rámci praktické části budou postupně popsány jednotlivé kroky tvorby vizualizace, včetně přípravy dat, jejich importu, úpravy scény, nastavení materiálů, osvětlení a kamery. Nedílnou součástí výstupu praktické části je rovněž vytvoření výukové prezentace, která shrnuje jednotlivé kroky postupu a slouží jako názorný studijní materiál. Závěrem bude provedeno vyhodnocení výsledné vizualizace z hlediska kvality a dosažené realističnosti.

4.1.2 Popis vstupního modelu

Vstupním modelem pro tvorbu vizualizace je jeřábová kladnice, která představuje typický konstrukční celek ze strojírenské praxe. Model byl vytvořen v programu Autodesk Inventor a obsahuje jednotlivé konstrukční prvky, jako jsou kladky, hák, osu kladnice, spojovací prvky a další funkční části.

Z hlediska geometrie se jedná o sestavu složenou z více komponent, které se liší tvarem, velikostí i materiálovým provedením. Model obsahuje jak jednoduché geometrické tvary, tak i složitější detaily, což umožňuje ověřit schopnosti vizualizačního softwaru při práci s různě komplexními objekty.

Důležitým aspektem vstupních dat je jejich struktura, která je zachována i po importu do programu VRED ve formě tzv. *scene graphu*. Tato struktura umožňuje přehlednou orientaci v jednotlivých částech modelu a usnadňuje následnou práci s materiály, přiřazování vlastností nebo organizací scény.

Model je zpracován bez přiřazených vizualizačních materiálů, což znamená, že veškeré materiálové vlastnosti, osvětlení a vizuální charakteristiky budou definovány až v rámci prostředí VRED. Tento přístup umožňuje plně využít možnosti vizualizačního softwaru a dosáhnout vyšší kvality výsledného zobrazení.



Obr. 4-1 Obrázek vstupního modelu.

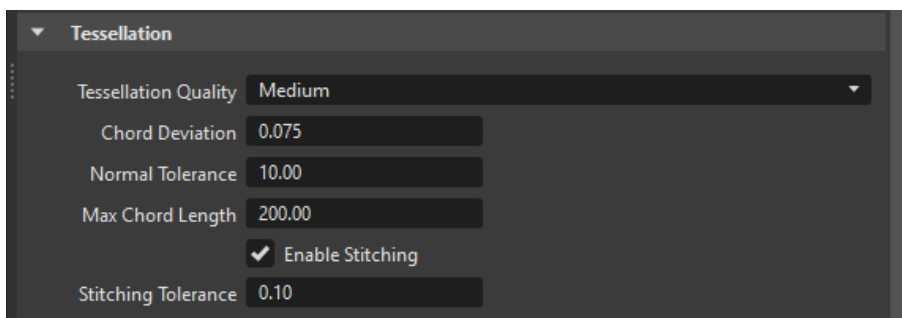


Obr. 4-2 Obrázek finální vizualizace vstupního modelu.

4.1.3 Import modelu

Import CAD dat představuje první krok praktické práce ve vizualizačním softwaru VRED. V rámci této práce byl model jeřábové kladnice importován z CAD prostředí ve formátu IAM, který je standardní pro sestavy v Inventoru.

Samotný import probíhá prostřednictvím nástroje *File Import*, kde má uživatel možnost nastavit základní parametry převodu geometrie. Mezi důležité volby patří nastavení přesnosti teselace (proces převodu geometrie popsané matematickými plochami) [4]. Hlavním určujícím parametrem je chord tolerance, který určuje maximální povolenou odchylku mezi původní CAD plochou a výslednou polygonální sítí po procesu teselace. Nižší hodnota tolerance vede k přesnějšímu zobrazení zakřivených ploch, avšak zároveň zvyšuje polygonální náročnost modelu. V rámci praktické části práce bylo nutné nalézt kompromis mezi kvalitou zobrazení a výkonem systému. Konkrétně byla použita střední kvalita teselace s hodnotou chord tolerance 0,075 mm. Tato hodnota eliminovala viditelné zjednodušení geometrie a zachovala přijatelnou hardwarovou náročnost.



Obr. 4-3 Nastavení přesnosti teselace při importu modelu.

Dalším důležitým aspektem importu je zachování struktury modelu, která se v prostředí VRED projeví ve formě *scene graphu*. Ten umožňuje přehlednou organizaci jednotlivých komponent a usnadňuje následnou práci s objekty, například při přiřazování materiálů nebo nastavování viditelnosti. Zároveň můžeme umístit model do středu souřadného systému a také položit na rovinu představující podlahu.

Po dokončení importu je vhodné provést základní kontrolu modelu, která zahrnuje ověření správného načtení geometrie, měřítka a orientace objektu ve scéně. V případě potřeby lze model upravit, například změnit jeho polohu, natočení nebo velikost tak, aby odpovídal požadované scéně.

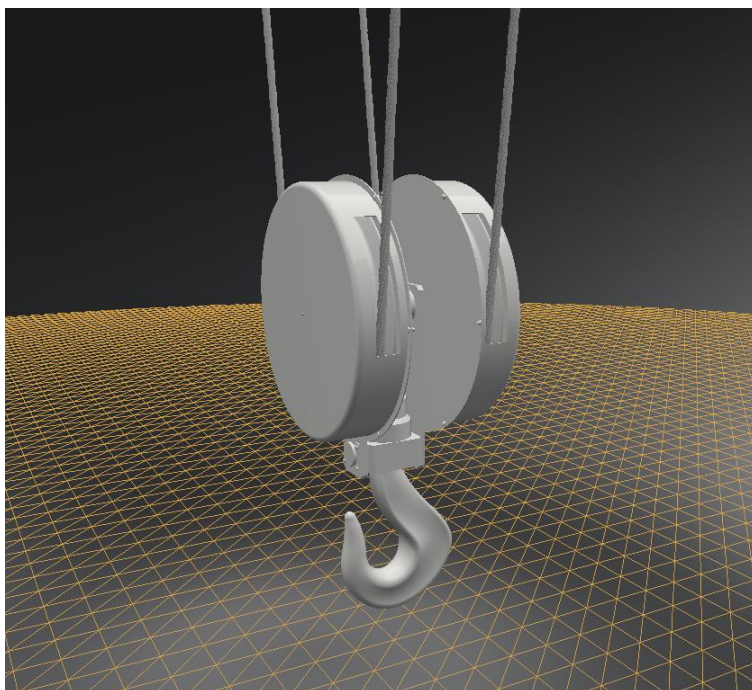
Správně provedený import dat je klíčovým předpokladem pro další kroky tvorby vizualizace, neboť ovlivňuje nejen kvalitu zobrazení, ale i efektivitu následné práce v prostředí programu.

4.1.4 Úprava scény

Po úspěšném importu modelu následuje úprava scény, která zahrnuje organizaci jednotlivých objektů, nastavení polohy modelu a kontrolu měřítka. Tento krok je důležitý pro zajištění správného zobrazení modelu a efektivní práci v dalších fázích tvorby vizualizace.

Nejprve je provedena organizace scény pomocí struktury *scene graphu*, která obsahuje jednotlivé části modelu. Pro lepší přehlednost je vhodné komponenty logicky uspořádat, případně je seskupit do složek podle jejich funkce (např. uložení osy, spojovací prvky, ochranné kryty). Tímto způsobem lze výrazně zjednodušit orientaci ve scéně a usnadnit následnou práci s materiály nebo viditelností objektů. V našem případě byly komponenty rozděleny na vnější (viditelné) a vnitřní (neviditelné). Jelikož vnitřní součásti nijak neovlivňují vzhled modelu, byly následně skryty pro zjednodušení modelu.

Dalším krokem je nastavení polohy modelu ve scéně. Model je obvykle umístěn do středu souřadnicového systému a orientován tak, aby odpovídal standardnímu pohledu (hlavní osa modelu je zarovnána s osou Z). Polohu nastavujeme vzhledem k *Shadow plane*, což je rovina podlahy, na které se vykresluje stín. Model kladnice byl otočen o 90 stupňů a posunut směrem vzhůru, tak aby byl ve vzduchu mírně nad rovinou podlahy. Správné umístění modelu je důležité zejména pro práci s kamerou, osvětlením a případné animace.



Obr. 4-4 Model kladnice po úpravě polohy vzhledem k rovině podlahy.

Součástí úpravy scény je také kontrola a případné nastavení měřítka modelu. Při importu CAD dat může dojít k nesprávné interpretaci jednotek, což vede k nepřesnému zobrazení velikosti objektu. Proto je nutné ověřit, zda model odpovídá reálným rozměrům, a v případě potřeby upravit jeho měřítko pomocí transformačních nástrojů. U modelu kladnice nebylo zapotřebí měřítko měnit.

Správná organizace scény, vhodné umístění modelu a přesné nastavení měřítka představují základní předpoklady pro další kroky tvorby vizualizace a mají přímý vliv na kvalitu výsledného výstupu.

4.1.5 Práce s materiály

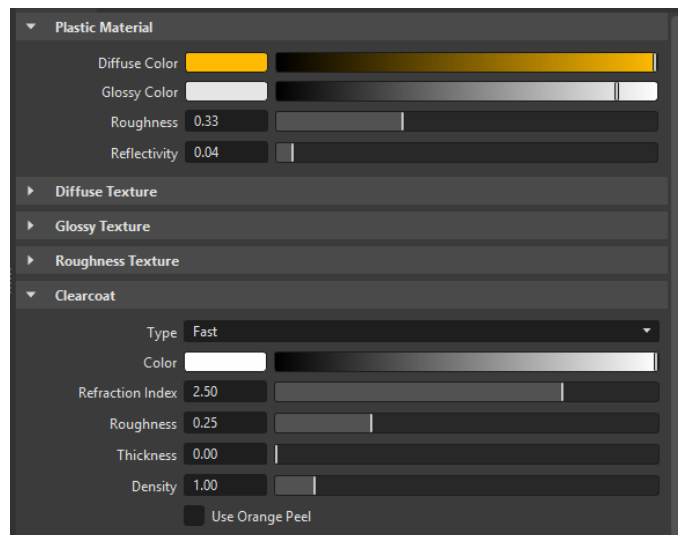
Práce s materiály představuje zásadní krok při tvorbě fotorealistické vizualizace v prostředí programu VRED, neboť materiálové vlastnosti přímo ovlivňují výsledný vzhled jednotlivých objektů. V této fázi dochází k definování vizuální charakteristiky povrchů, jako jsou barva, odrazivost, drsnost nebo průhlednost.

Základním nástrojem pro správu materiálů je *Asset Manager*, který obsahuje knihovnu předdefinovaných materiálů. Tyto materiály jsou rozděleny do kategorií, například kovy, plasty, lakované povrchy nebo sklo. Uživatel může jednotlivé materiály jednoduše aplikovat na objekty metodou *drag and drop* přímo ze seznamu na vybranou část modelu. Materiály lze přiřazovat jak jednotlivým komponentám, tak i hromadně na základě struktury modelu ve *scene graphu*.

Kromě využití předdefinovaných materiálů je možné vytvářet i vlastní materiály. Při jejich tvorbě má uživatel k dispozici široké spektrum parametrů, jako jsou difuzní barva, odrazivost (*reflection*), drsnost (*roughness*), index lomu (*IOR*) nebo průhlednost. Pro dosažení vyšší míry detailu lze využít také textury, například mapy drsnosti, normálové mapy nebo mapy odrazivosti.

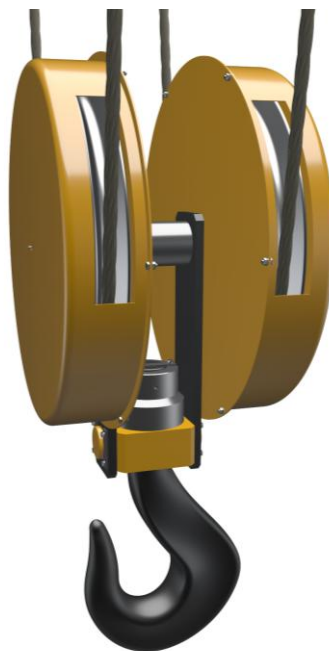
Úprava materiálových vlastností probíhá prostřednictvím editoru materiálů, který umožňuje detailní nastavení jednotlivých parametrů a jejich okamžité zobrazení v náhledu. Díky interaktivnímu renderingu je možné sledovat změny v reálném čase a optimalizovat vzhled materiálů podle požadovaného výsledku.

Na modelu kladnice byly použity jak předdefinované materiály z *Asset Manageru*, tak i ty vlastnoručně vytvořené. Největším problémem byla odrazivost materiálů, při výchozím nastavení materiálů se komponenty až příliš navzájem odrážely a vytvářely nerealistický vzhled. Tento jev se zmenšil nastavením nižší hodnoty odrazivosti (*Reflectivity*), zvýšení hodnoty drsnosti (*Roughness*) také přispělo k realističtějšímu výsledku. Pro žlutě lakované součásti byl vytvořen materiál typu *Plastic*, u něho byla snaha hlavně o nalezení ideálního nastavení parametru *Clearcoat*, který simuluje průhlednou vrstvu laku na povrchu materiálu.



Obr. 4-5 Nastavení parametrů vytvořeného materiálu typu Plastic.

Správné nastavení materiálů je klíčové pro dosažení realistického vzhledu vizualizace, neboť právě materiály určují, jakým způsobem se bude světlo na površích objektů odrážet a jak bude výsledná scéna vizuálně působit.



Obr. 4-6 Vzhled modelu po přiřazení všech materiálů.

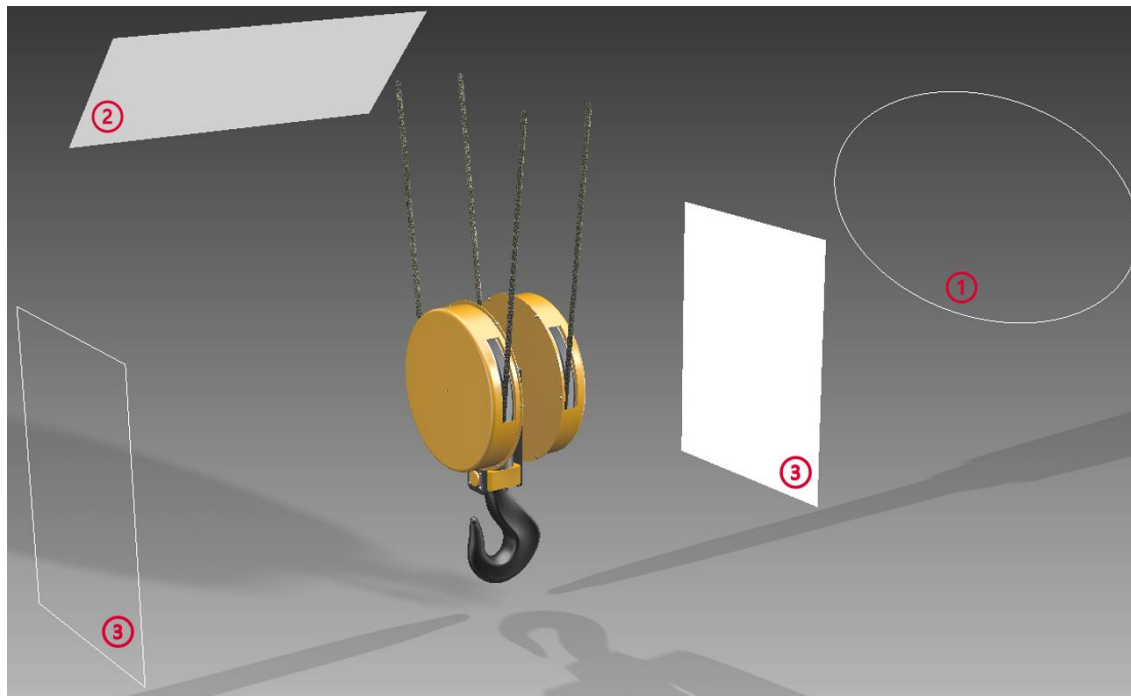
4.1.6 Osvětlení a kamera

Nastavení osvětlení a kamery patří k důležitým krokům při tvorbě vizualizace, neboť zásadně ovlivňuje výslednou kvalitu, realističnost a celkovou vizuální působivost scény.

Základním prvkem osvětlení je využití HDRI mapy (*High Dynamic Range Imaging*), která slouží jako zdroj okolního světla a zároveň vytváří realistické odrazy na površích materiálů [7]. HDRI osvětlení umožňuje rychlé a přirozené nasvícení scény bez nutnosti složitého nastavování jednotlivých světelných zdrojů. Pro dosažení požadovaného efektu lze upravovat intenzitu osvětlení, jeho barevnost nebo orientaci HDRI mapy vůči modelu.

Kromě HDRI osvětlení lze ve scéně využít také doplňkové světelné zdroje, jako jsou plošná, bodová nebo směrová světla. Tato světla slouží zejména ke zvýraznění detailů, potlačení nežádoucích stínů nebo vytvoření kontrastu mezi jednotlivými částmi modelu. Při jejich použití je důležité dbát na to, aby nebyla přímo viditelná ve scéně ani v odrazech materiálů, čímž se zamezí rušivým vizuálním artefaktům.

Pro nasvícení modelu byla využita základní HDRI mapa *Studio*, doplněna o čtyři lokální světelné zdroje. Lokální světelné zdroje byly rozděleny na hlavní světlo, zadní světlo a dvě boční světla. Hlavní světlo je umístěné zepředu a má nejvyšší intenzitu, slouží k nasvícení modelu z pohledové strany a vytváří hlavní stín na rovině podlahy. Zadní a boční světla mají nižší intenzitu, slouží zejména pro zvýraznění obrysů modelu a dodávají mu prostorový efekt.



Obr. 4-7 Rozložení lokálních světél – 1) hlavní světlo, 2) zadní světlo, 3) boční světla.

Nastavení kamery určuje výslednou kompozici scény a způsob prezentace modelu. Kamera simuluje chování reálného fotografického zařízení, což umožňuje nastavovat parametry, jako jsou ohnisková vzdálenost, hloubka ostrosti, expozice nebo balance teploty barev. Ohnisková vzdálenost (*Focal Length*) a také zorné pole (*Field of View*), které spolu přímo souvisejí, ovlivňují úhel záběru a míru perspektivního zkreslení [7]. Při nižších hodnotách ohniskové vzdálenosti vzniká širší úhel záběru a objekty blízko kamery vypadají proporčně větší. Větší hodnoty vytvářejí užší záběr s realističtějším podáním proporcí objektu. Pro model kladnice byla zvolena ohnisková vzdálenost 70 mm, z toho vyplývá zorné pole necelých 20 stupňů. Při základní ohniskové vzdálenosti 40 mm působily kryty kladek neproporčně. Pro efektivní práci s různými pohledy slouží nástroj *Viewpoint*, který umožňuje ukládání jednotlivých nastavení kamery. Uživatel tak může snadno přepínat mezi různými úhly pohledu nebo vytvářet prezentace a animace založené na předem definovaných scénách.

Součástí vizualizace je také nastavení pozadí scény, které má významný vliv na celkový dojem z výsledného obrazu. VRED umožňuje využít přímo HDRI mapu jako pozadí, čímž je dosaženo realistického prostředí odpovídajícího nasvícení scény. Tento způsob vyžaduje přesné nastavení měřítka a geometrie HDRI prostředí, tak aby pozadí působilo přirozeně a co nejvíce realisticky. Alternativně lze použít statický obraz (*backplate*), který slouží jako podkladová fotografie. Tento přístup se využívá například při zasazení modelu do reálného prostředí, například do výrobní haly nebo exteriéru. Vyžaduje pouze správné zasazení modelu k podkladové fotografii, čehož se dosahuje nastavením ohniskové vzdálenosti. Ideální je použití stejné ohniskové vzdálenosti, s jakou byla focena podkladová fotografie.

Pro dosažení kvalitního výsledku je vhodné kombinovat různé typy osvětlení, vhodně nastavit kameru a zvolit odpovídající pozadí scény. Správná kompozice a nasvícení výrazně přispívají k celkové realističnosti a vizuální kvalitě výsledné vizualizace.

4.1.7 Rendering

Rendering představuje závěrečnou fázi tvorby vizualizace při které dochází k výpočtu výsledného obrazu na základě nastavené scény, materiálů, osvětlení a kamery. Cílem této fáze je vytvořit realisticky vypadající finální výstup.

VRED využívá metodu ray tracingu, která simuluje fyzikální chování světla, včetně odrazů, lomů a stínů. Díky tomu je možné dosáhnout realistického zobrazení materiálů a celkové scény. Uživatel má možnost volby mezi interaktivním renderingem v reálném čase, který slouží především pro ladění scény, a finálním renderingem s vyšší kvalitou určeným pro výstup.

Při nastavení renderingu je nutné definovat několik hlavních parametrů. Mezi nejdůležitější patří rozlišení výsledného obrazu, počet vzorků (*samples*), kvalita stínů a odrazů nebo využití nástrojů pro redukci šumu (*denoising*). Vyšší počet vzorků vede ke kvalitnějšímu obrazu s menším množstvím šumu, avšak zároveň prodlužuje dobu výpočtu.

Důležitou součástí procesu je také volba výstupního formátu a případné postprodukční úpravy. Výsledný obraz lze exportovat například ve formátech PNG nebo JPEG, případně ve formátech podporujících vyšší dynamický rozsah. V závislosti na účelu vizualizace může být výstup dále upraven v grafických editorech.

Pro dosažení optimálního výsledku je nutné nalézt kompromis mezi kvalitou renderu a časovou náročností výpočtu. Správně nastavený rendering umožňuje vytvořit vizualizaci, která splňuje požadavky na realismus i efektivitu práce a je vhodná pro technickou prezentaci i marketingové využití.

Jako nastavení pro renderování modelu jeřábové kladnice bylo použito rozlišení 4096×2160 px, počet vzorků byl nastaven na 512. Jako renderovací mód byl zvolen *Full Global Illumination*, který představuje nejpokročilejší způsob výpočtu osvětlení.

Při využití GPU renderingu se doba renderování pohybovala pouze okolo jedné minuty, proto bylo možné pro finální výstupy zvýšit počet vzorků na 1024. Zvýšení počtu vzorků však nemělo výrazný vliv na kvalitu vizualizace a rozdíl byl téměř nepostřehnutelný.

Při použití CPU renderingu a počtu vzorků 512, se čas renderování prodloužil na 15 minut. Vizualizace se pak mírně lišila od verze renderované pomocí GPU, konkrétně ve vykreslení stínu. CPU rendering vykreslil výrazněji stín od hlavního světla, zatímco u GPU renderingu byl tento stín více potlačen vlivem okolních světél.



Obr. 4-8 Vizualizace jeřábové kladnice na bílém pozadí.



Obr. 4-9 Vizualizace jeřábové kladnice se statickým pozadím, GPU rendering.



Obr. 4-10 Vizualizace jeřábové kladnice se statickým pozadím, CPU rendering.

5 DISKUSE

Na základě provedené analýzy dostupných vizualizačních nástrojů bylo zjištěno, že jednotlivé softwary se výrazně liší zejména z hlediska jejich technologie, kvality renderingu, hardwarových nároků a také ceny. Výběr vhodného nástroje proto závisí především na konkrétním způsobu využití a požadavcích uživatele.

Výsledky rešeršní části ukázaly, že neexistuje univerzální nástroj, který by byl optimální pro všechny typy použití. Specializované vizualizační nástroje dosahují vyšší kvality výstupů a nabízejí detailnější možnosti nastavení, zatímco víceúčelové programy poskytují širší funkcionalitu na úkor míry specializace. Tento rozdíl se projevil i při výběru vhodného softwaru pro praktickou část práce, kde byl zvolen Autodesk VRED jako reprezentant profesionálního vizualizačního nástroje využívaného v průmyslové praxi.

V rámci praktické části byl ověřen pracovní postup vedoucí k vytvoření fotorealistické vizualizace. Bylo potvrzeno, že kvalita výsledného obrazu je výrazně závislá na správném nastavení materiálů, osvětlení a kamery, nikoliv pouze na samotném softwaru. Při importu CAD dat se jako problematické ukázalo zejména nastavení teselace zakřivených ploch, kde příliš vysoká chord tolerance způsobovala viditelné zjednodušení geometrie. Nesprávné nastavení drsnosti materiálů pak vedlo k nerealistickým odrazům a ztrátě věrohodnosti povrchů. Bylo rovněž ověřeno, že GPU rendering poskytuje výrazně kratší renderovací časy než CPU rendering, přičemž rozdíly ve výsledné kvalitě obrazu byly pouze minimální.

Při práci se softwarem Autodesk VRED byly identifikovány jak jeho silné stránky, tak i určitá omezení. Mezi hlavní výhody patří zejména realistické zobrazení materiálů a osvětlení, široká podpora CAD formátů a tvorba interaktivních scén a VR prezentací. Naopak jako nevýhodu lze označit vyšší hardwarové nároky a složitější uživatelské prostředí, které může být pro začínající uživatele obtížněji zvládnutelné.

Dalším důležitým zjištěním je význam správné organizace pracovního postupu. Neefektivní práce se scénou, nevhodné nastavení měřítko nebo nedostatečná optimalizace modelu mohou vést ke zhoršení výkonu a prodloužení času renderování. Z tohoto důvodu je nezbytné věnovat dostatečnou pozornost nejen samotnému renderingu, ale i přípravě vstupních dat a organizaci scény.

Za přínos práce lze považovat vytvoření výukové prezentace, která systematicky shrnuje jednotlivé kroky procesu tvorby vizualizace. Tento materiál může sloužit jako praktická pomůcka pro studenty, kteří se s problematikou vizualizace CAD dat teprve seznamují. Zároveň představuje zjednodušený a strukturovaný návod, který reflektuje reálný pracovní postup používaný v praxi.

Omezením práce je zaměření pouze na jeden vybraný software a jeden konkrétní model. Výsledky proto nelze plně zobecnit na všechny vizualizační nástroje nebo typy projektů. Dalším omezením je absence přímého srovnání jednotlivých nástrojů, například z hlediska výkonu nebo kvality výstupů. Budoucí práce by se mohla zaměřit na detailnější experimentální porovnání více nástrojů nebo na rozšíření metodiky o další typy modelů a scén.

6 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo analyzovat dostupné nástroje pro vizualizaci CAD dat, porovnat jejich vlastnosti a na základě poznatků vybrat vhodný software pro praktické využití. V rešeršní části byly jednotlivé nástroje porovnány z hlediska technologie, podpory formátů, kvality výstupů, hardwarových nároků, ceny a oblasti použití.

Na základě provedené analýzy byl pro praktickou část zvolen software Autodesk VRED, který byl následně podrobně popsán a využit při tvorbě vizualizace vybraného modelu. V rámci praktické části bylo ověřeno, že výsledná kvalita vizualizace není závislá pouze na použitém softwaru, ale především na správném nastavení teselace, materiálů, osvětlení a renderovacích parametrů. Významný vliv na efektivitu práce měla rovněž optimalizace scény a vhodné nastavení importu CAD dat.

Součástí práce bylo také vytvoření výukové prezentace, která shrnuje jednotlivé kroky procesu vizualizace a může sloužit jako podpůrný materiál pro výuku. Tento výstup přispívá k lepšímu pochopení problematiky a usnadňuje orientaci v pracovním postupu.

Celkově lze konstatovat, že stanovené cíle práce byly splněny a zvolený přístup umožnil jak teoretické pochopení problematiky, tak její praktické ověření. Práce shrnuje základní principy CAD vizualizace a současně popisuje praktický postup tvorby vizualizace v prostředí Autodesk VRED. Popsané postupy mohou být využity při výuce i při tvorbě technických vizualizací v průmyslové praxi.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BLENDER FOUNDATION. Blender 5.1 Reference Manual. *Blender Foundation* [online]. 2026. Dostupné také z: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/index.html>
- [2] PHARR, Matt, Wenzel JAKOB a Greg HUMPREYS. *Physically based rendering*. Third edition. Cambridge, MA : Morgan Kaufmann, 2017. ISBN 978-0-12-800645-0.
- [3] LUXION. KeyShot Rendering Overview. *KeyShot* [online]. 2024. Dostupné také z: <https://www.keyshot.com/>
- [4] ŽÁRA, Jiří. ŽÁRA JIŘÍ. *Moderní počítačová grafika*. Brno: Computer Press, 2004, 609 s. ISBN 80-251-0454-0.
- [5] AUTODESK. 3D VISUALISATION SOFTWARE. *Autodesk* [online]. 2026. Dostupné také z: <https://www.autodesk.com/uk/solutions/3d-visualization-software>
- [6] AUTODESK. CAD interoperability. *Autodesk* [online]. 2024 [cit. 2026-03-22]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/industry/manufacturing/cad-interoperability>
- [7] BIRN, Jeremy. *Digital lighting and rendering*. 3rd ed. New Riders, 2014, ix, 453 s. : obr. (některé barev.). ISBN 978-0-321-92898-6.
- [8] AUTODESK. Key features of VRED Design and Professional. *Autodesk* [online]. 2025 [cit. 2026-03-28]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/products/vred/features>
- [9] AUTODESK. Autodesk VRED: Stunning visuals for digital prototyping. *Autodesk* [online]. 2025 [cit. 2026-03-26]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/products/vred/overview>
- [10] OPENAI. *ChatGPT* [online]. 2026 [cit. 2026-05-20]. Dostupné z: <https://chat.openai.com>. Využito při jazykové korektuře a stylistické úpravě textu.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

8.1 Použité zkratky

CAD	Computer Aided Design
CPU	Central Processing Unit
FBX	Filmbox – formát souboru
GPU	Graphics Processing Unit
HDRI	High Dynamic Range Image – formát souboru
IAM	Inventor Assembly – formát souboru
IGES	Initial Graphics Exchange Specification – formát souboru
IOR	Index of Refraction
JPEG	Joint Photographic Experts Group – formát souboru
OBJ	Wavefront Object – formát souboru
PBR	Physically Based Rendering
PNG	Portable Network Graphic – formát souboru
PX	Pixel
STEP	Standard for the Exchange of Product Data – formát souboru
VR	Virtual Reality
3D	Trojrozměrný
4KD	Konstruování a CAD – pokročilý

9 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 3-1	Uživatelské prostředí Autodesk VRED.	27
Obr. 3-2	Panel pro správu scény (Scene Graph).	27
Obr. 4-1	Obrázek vstupního modelu.....	32
Obr. 4-2	Obrázek finální vizualizace vstupního modelu.	32
Obr. 4-3	Nastavení přesnosti teselace při importu modelu.	33
Obr. 4-4	Model kladnice po úpravě polohy vzhledem k rovině podlahy.	34
Obr. 4-5	Nastavení parametrů vytvořeného materiálu typu Plastic.	36
Obr. 4-6	Vzhled modelu po přiřazení všech materiálů.	36
Obr. 4-7	Rozložení lokálních světél – 1) hlavní světlo, 2) zadní světlo, 3) boční světla.	37
Obr. 4-8	Vizualizace jeřábové kladnice na bílém pozadí.	39
Obr. 4-9	Vizualizace jeřábové kladnice se statickým pozadím, GPU rendering.	40
Obr. 4-10	Vizualizace jeřábové kladnice se statickým pozadím, CPU rendering.....	40

10 SEZNAM TABULEK

Tab. 3-1	Legenda k tabulce dostupných nástrojů pro CAD vizualizaci	21
Tab. 3-2	Přehled dostupných nástrojů pro CAD vizualizaci část 1	22
Tab. 3-3	Přehled dostupných nástrojů pro CAD vizualizaci část 2	23

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Vizualizace v programu Vred