

MASARYKOVA UNIVERZITA
FAKULTA INFORMATIKY



Vizualizácia interiérov

Diplomová práca

Bc. Dávid Hlbocký

Brno, 2012

Prehlásenie

Prehlasujem, že táto práca je mojím pôvodným autorským dielom, ktoré som vypracoval samostatne. Všetky zdroje, pramene a literatúru, ktoré som pri vypracovávaní používal alebo z nich čerpal, v práci riadne citujem s uvedením úplného odkazu na príslušný zdroj.

Vedúci práce: doc. Ing. Jiří Sochor, CSc.

PodĎakovanie

Za pomoc pri písaní práce by som sa chcel poďakovať doc. Ing. Jiřímu Sochorovi, CSc., ktorý moju prácu usmerňoval a viedol. Zároveň ďakujem Ing. Mikulášovi Agárdymu, Ing. arch. Jánovi Morongovi, Mgr. Art. Petrovi Hodbodovi, Ing. arch. Radomírovi Krkošovi, Ing. arch. Martine Mrkvicovej a Ing. Tomášovi Holému za poskytnutie odborných názorov, ktoré sú s ich súhlasom uvedené v texte práce.

Zhrnutie

Predmetom mojej diplomovej práce bolo popísať hlavné etapy tvorby vizualizácie interiérov. Práca sa zameriava na softvérové možnosti tvorby vizualizácií, farebnú kompozíciu scény a teóriu farieb, osvetlenie scény, tvorbu materiálov a najväčší dôraz kladie na vykreslenie grafického výstupu a na optimalizáciu parametrov renderovacieho mechanizmu. Výsledky optimalizovaných parametrov boli posúdené niekoľkými odborníkmi a ich posudky sú uvedené v texte tejto práce.

Návrh a tvorba technického výkresu interiéru nebude súčasťou tejto práce, nakoľko sa jedná o vedomosť, ktorá je predmetom štúdia stavebnej alebo architektonickej vysokej školy.

Kľúčové slová

vizualizácia, interiér, teória farieb, psychológia farieb, osvetlenie, materiály, rendering, optimalizácia, 3ds Max, V-Ray.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. MOŽNOSTI TVORBY VIZUALIZÁCIÍ	3
2.1. NÁVRH A TVORBA VÝKRESOV	4
2.1.1. Autodesk AutoCAD	4
2.1.2. ArchiCAD	5
2.2. TVORBA 3D SCÉNY	6
2.2.1. Autodesk 3ds Max	7
2.2.2. Rhinoceros.....	8
2.2.3. MicroStation	10
2.2.4. Google SketchUp	11
2.3. RENDEROVANIE.....	13
2.3.1. V-Ray	13
2.3.2. Mental Ray	15
2.4. POSTPRODUKCIA.....	16
2.5. ZÁVER KAPITOLY.....	16
3. KOMPOZÍCIA SCÉNY	17
3.1. FARBA.....	17
3.1.1. Teória farieb.....	17
3.1.2. Metodika zladenia farieb	19
3.1.3. Psychológia a obľúbenosť farieb.....	19
3.2. SVETLO.....	21
3.2.1. Svetelné zdroje	22
3.2.2. Prirodzené osvetlenie	23
3.2.3. Simulácia umelého osvetlenia.....	25
3.3. ZÁVER KAPITOLY.....	26
4. TVORBA MATERIÁLOV	27
4.1. ZÁKLADNÉ PARAMETRE MATERIÁLU V-RAY	27
4.2. KOVY.....	32
4.3. SKLO.....	35
4.4. DREVO.....	37
4.5. ČALÚNENÝ MATERIÁL	37
4.6. ZÁVER KAPITOLY.....	40
5. RENDERING VO V-RAY	41
5.1. TECHNICKÝ POPIS TESTOVACEJ SCÉNY	42
5.1.1. Geometria a kompozícia scény	42

5.1.2.	Materiály	42
5.1.3.	Osvetlenie.....	43
5.1.4.	Technický popis počítača.....	43
5.2.	IMAGE SAMPLER (ANTIALIASING)	44
5.2.1.	Fixed (fixné vzorkovanie).....	45
5.2.2.	Adaptive DMC (Deterministický Monte Carlo).....	46
5.2.3.	Adaptive subdivision	46
5.3.	GLOBAL ILLUMINATION (GLOBÁLNE OSVETLENIE)	48
5.3.1.	Brute Force (metóda hrubej sily)	49
5.3.2.	Irradiance map (radiačná mapa)	51
5.3.3.	Photon Map (fotónová mapa)	53
5.3.4.	Light Cache	55
5.4.	APLIKÁCIA NASTAVENÍ NA HOTOVÉ SCÉNY.....	57
5.4.1.	Kúpeľňa	57
5.4.2.	Obývačka a kuchyňa	59
5.5.	POSÚDENIE OPTIMALIZÁCIE ODBORNÍKMI	59
5.6.	ZÁVER KAPITOLY.....	62
6.	ZÁVER	63

1. Úvod

Grafické návrhy interiéru vznikajú kombináciou predstavy klienta a zvládnutím požiadaviek na bývanie zo strany architekta, resp. návrhára. Hlavným rozdielom medzi vizualizáciou a fotografiou je ten, že vizualizácia sprostredkováva grafickú predstavu subjektu, ktorý ešte nebol reálne vytvorený. Preto nachádzajú vizualizácie popredné uplatnenie pri územnom plánovaní budov, komerčných alebo nekomerčných stavieb, návrhoch interiérov, tvorbe animácií a 3d pohľadov, prototypov výrobkov a pod. Vizualizácia interiéru slúži predovšetkým k lepšej predstave zákazníka o konečnom produkte a býva súčasťou návrhového balíka spolu s technickými výkresmi a technickou dokumentáciou.

Diplomová práca je rozdelená na dve časti, na architektonickú a technickú. Úvodom architektonickej časti v druhej kapitole popisujeme dostupné softvérové riešenia pre jednotlivé etapy tvorby vizualizácií. Súčasťou kapitoly sú odborné referencie na slovo vzatých architektov a odborníkov, ktorí majú so zvoleným softvérom profesionálne skúsenosti a pre účely tejto práce boli ochotní sa so svojimi skúsenosťami podeliť. V nasledovnej kapitole sa zameriame na farebnú kompozíciu a farebnú zladenosť elementov použitých v scéne, psychológiu farieb a spôsoby prirodzeného a umelého osvetlenia. Zrakové vnímanie je rozhodne prvotným ľudským vnemom vo väčšine situácií a z toho hľadiska je dôležité vedieť, ktoré farby dokážu ľudské oko upokojiť a aké pocity je možné pomocou farieb v ľuďoch navodiť. V kapitole si tiež popíšeme základné typy svetelných zdrojov a predstavíme ich digitálny ekvivalent v rámci zvoleného 3d programu. Architektonickú časť ukončíme štvrtou kapitolou. Prostredníctvom nej bude čitateľ oboznámený s digitálnou reprodukciou najpoužívanějších materiálov v interiérových scénach. Kapitola popisuje tvorbu materiálov na základe ich fyzikálnych, resp. vizuálnych vlastností a prostredníctvom nich ponúka čitateľovi návod na vytvorenie alternatív daného materiálu. Aj napriek tomu, že je na internete k dispozícii mnoho hotových materiálov, ktoré sú užívateľovi k dispozícii zadarmo, s poľutovaním musím konštatovať, že moja doterajšia skúsenosť s mnohými týmito materiálmi nie je príliš dobrá. Mnoho materiálov bolo vytvorených príliš prvoplánovo a veľmi často dochádzalo k tomu, že materiál bol použiteľný v rámci jedného, maximálne dvoch typov scény, resp. osvetlenia.

Technická časť práce sa venuje optimalizácii vykresľovania obrazu v rámci zvoleného renderovacieho mechanizmu V-Ray. Tejto časti bola vyčlenená piata kapitola. V nej sa venujeme analýze jednotlivých parametrov V-Ray a pomocou nich sa snažíme dospieť k takej kombinácii nastavení, ktorá by bez ujmy na kvalite výstupu dokázala výpočet scény urýchliť. Nastavenie číselných hodnôt týchto parametrov je uvedené vo forme

Presetu na priloženom CD a dovoľím si tvrdiť, že z hľadiska rýchlosti a efektivity prevyšuje nastavenia, ktoré pri svojej práci používajú niektoré profesionálne firmy.

V texte práce sú použité pôvodné anglické termíny a pri väčšine z nich je uvedený tiež slovenský preklad. Nakoľko niektoré oblasti tejto práce nedisponujú početným výskytom slovenskej alebo českej literatúry, sú tieto slovenské ekvivalenty v niektorých prípadoch len približné a môžu sa v závislosti od inej literatúry líšiť. Pre lepšiu orientáciu a čitateľnosť textu sme pri písaní týchto pojmov zvolili *kurzívou*. Taktiež chceme čitateľa upozorniť na to, že časy, ktoré sú na niektorých snímkach v tejto práci uvedené, predstavujú dobu, ktorá bola potrebná pre vykreslenie snímky.

Celkovo sa v práci snažíme limitovať okruh čitateľov čo najmenším spôsobom. Hoci sme kvôli názornosti museli zvoliť konkrétnu cestu softvérových riešení, po ktorej sme museli ísť, na prácu sme zvolili tie najznámejšie programy, ktoré sa na realizáciu vizualizácií interiérov používajú (Autodesk 3ds Max a V-Ray) a text sme sa snažili koncipovať tak, aby bol aplikovateľný aj v rámci ďaleko širšieho rozsahu. V texte sú popísané algoritmy a techniky, ktoré sú známe aj z použitia iných programov.

2. Možnosti tvorby vizualizácií

Súčasný trh ponúka skutočne širokú škálu programov na tvorbu počítačových vizualizácií od návrhu výkresov až po finálnu verziu výstupu, ktorá je odovzdávaná klientovi. Pod pojmom vizualizácia sa myslí zobrazenie istej skutočnosti, ktorá je vnímaná zrakom. Jej účelom je hlavne názornosť a prehľadnosť. Tvorba vizualizácií je predmetom počítačovej grafiky a vizualizácie sú využívané predovšetkým v stavebnom priemysle, strojárskom priemysle a geografii [1]. Pre vypracovanie kompletnej 3d vizualizácie je potrebné realizovať nasledovné etapy:

- Návrh a tvorba výkresov
- Tvorba 3d scény
- Vykreslenie 3d scény
- Postprodukcia (voliteľné)

Na pokrytie spomenutých okruhov bolo potrebné vyvíjať užšie špecializovaný softvér. Návrh a tvorba výkresov je samostatná kategória. Realizuje sa ručne alebo pomocou špecializovaného softvéru a nie je predmetom tejto práce. Väčšina programov, ktoré slúžia na tvorbu 3d scén, disponuje možnosťou vykreslenia grafického výstupu programu, tzv. renderovania. Výnimkou boli napr. staršie verzie programu MicroStation, v ktorom bolo potrebné realizovať renderovanie mimo prostredia programu. Na druhej strane napr. 3ds Max umožňuje zároveň tvorbu 3d scény, renderovanie a od verzie 3ds Max 2011 taktiež prípadnú postprodukciiu.

V nasledovných odsekoch budú bližšie popísané jednotlivé etapy tvorby vizualizácií interiérov. Predstavíme si niektoré programy používané v praxi a pre lepšiu názornosť bude pri každom programe uvedený názor odborníka alebo architekta, ktorý s daným softvérom reálne pracuje.

Zároveň budú hodnotiacou tabuľkou ohodnotené najdôležitejšie aspekty programu so zreteľom na tvorbu vizualizácií. Hodnotenie týchto aspektov má slovný charakter a jeho hodnoty sú zoradené v nasledovnom poradí: *Slabá, Stredná, Dobrá, Veľmi dobrá, Výborná*.

2.1. Návrh a tvorba výkresov

Hoci tvorba projektových a architektonických výkresov je mimo rozsah tejto práce, uvedieme si aspoň stručný prehľad najrozšírenejších programov, ktoré sa na realizáciu tejto etapy používajú. Popri stručnom popise jednotlivých programov sa čitateľ dozvie taktiež názor odborníka, ktorý daný program profesionálne využíva. Zároveň si uvedieme hodnotiacu tabuľku, ktorá sumarizuje posúdenie najrelevantnejších aspektov daného softvéru.

Pri výbere softvéru na návrh a tvorbu výkresov nás zaujíma predovšetkým ako sa s programom, ako celkom pracuje (celkový workflow), ako program zvláda načítanie a uloženie údajov z/do externých súborov, ako sú napr. pdf súbory (podpora importu a exportu dát), ako program dokáže správne predvídať a automatizovať kroky užívateľa (intuitívnosť programu v dokončení akcie), do akej miery podporuje program generovanie legend, výmery a pod. (podpora automatických procesov) a ako program podporuje tlačový výstup výkresov. Posúdenie týchto kritérií je zohľadnené v hodnotiacej tabuľke uvedenej vždy pod osobným pohľadom odborníka.

2.1.1. Autodesk AutoCAD

Tento program¹ je určený na tvorbu výkresov bez špecifického zamerania. Jeho najväčšou výhodou je jeho nesmierna všestrannosť. Jedná sa o jeden z najrozšírenejších softvérov v tejto oblasti na trhu a jeho formáty súborov DWG a DXF sú nepísaným štandardom pre 2d výkresovú dokumentáciu v mnohých technických odboroch [2]. To zabezpečuje stabilitu a kompatibilitu pri komunikácii s inými programami zo strany kolegov alebo klienta. Vďaka otvorenému API je možné pracovať s nadstavbovými aplikáciami tretích strán [2]. Malou nevýhodou je, že niekedy prácu zdržuje zbytočným potvrdzovaním príkazov.

Najväčšie zmeny priniesol program vo svojej verzii AutoCAD 2011. Bola to prvá verzia, ktorá bola okrem platformy MS Windows kompatibilná aj s platformou Mac OS. Popri návrhu a tvorbe výkresov je pomocou programu možné vytvárať taktiež 3d modely. V súčasnosti sa najväčší dôraz kladie na podporu a zdokonalenie 3d modelovania, podporu 3d tlače a zjednodušenie tvorby výkresovej dokumentácie [3]. Všetky tieto prvky budú zohľadnené v prichádzajúcej verzii Autocad 2013.

Osobný pohľad odborníka

„Tento program používam od verzie R14. Jeho schopnosti v plošnej aj priestorovej rovine pre strojársku účely sú skutočne dobré. Ponúka širokú škálu súborov pre import či export, čo

¹ <http://usa.autodesk.com/autocad/>



znamená dobrú spoluprácu s ďalšími programami. Pracuje sa v ňom pomerne jednoducho. Na rozdiel od iných kresliacich programov tu automatické kótovanie nenájdete a ani technický výkres za Vás program nenakreslí. Na druhej strane môžete v programe vytvoriť takmer všetko od jednoduchého kreslenia až po zložité výkresy vo viacerých hladinách, makrá, symboly a ďalšie funkcie, pre ktoré tento program radi využívajú aj mnohí profesionálni architekti.“

Ing. Mikuláš Agárdy,
živnostník

Názov položky	Známka
Celkový workflow	Výborná
Podpora importu a exportu dát	Výborná
Intuitívnosť programu v dokončení akcie	Slabá
Podpora automatických procesov	Stredná
Podpora tlačového výstupu výkresov	Výborná
Celková spokojnosť	Veľmi dobrá

Tabuľka 2.1: Hodnotiaca tabuľka programu Autodesk AutoCAD

2.1.2. ArchiCAD

Program ArchiCAD² bol vyvinutý spoločnosťou Graphisoft a zameriava sa na tvorbu stavebných výkresov a vizualizácií. Jeho špecifikom je, že kreslenie neprebíha na základe čiarového modelu, ale pomocou využívania vstavaných nástrojov, ako sú stena, okno, strecha a pod. Každý z týchto nástrojov má množstvo parametrov, ktoré definujú, ako bude prvok v rámci užívateľského prostredia vyzeráť [4]. Počas rysovania je k dispozícii aktualizovaný náhľad prvku v stavanom 3d okne, ktorý prácu uľahčuje.

Vizualizačné schopnosti programu dokážu uspokojiť len menej náročných užívateľov. Pre náročnejších sa ponúka program Atlantis, vyvinutý tiež spoločnosťou Graphisoft, ktorý slúži hlavne na rendering vymodelovanej 3d geometrie.

V ArchiCADE chýbajú nástroje pre návrh a výpočty konštrukcií. Výhodou je využitie funkcie na automatické generovanie výpisov, výkazov, výmer, legend a pod. Vo všeobecnosti sa avšak jedná o akýsi kompromis medzi špecializáciou na tvorbu výkresov a tvorbu vizualizácií.

² <http://www.graphisoft.com/products/archicad/>

Osobný pohľad odborníka



„S ArchiCADom som začal prvýkrát pracovať už na strednej škole (verzia ArchiCAD 6.5), kde som si osvojil spôsob tvorby v tomto programe. Maximálne pozitívne hodnotím práve celkovú koncepciu softvéru, ktorá umožňuje pracovať s virtuálnym modelom budovy (BIM). Veľkou výhodou je náhľad v 3d okne počas celého procesu navrhovania, čo podstatne pomáha pri tvorbe architektúry.

Z celkového virtuálneho modelu budovy je možné veľmi pohodlne vygenerovať pohľady a rezy – extrémne ušetrenie času v porovnaní s bežným kreslením v 2d. Spolupráca s rôznymi vizualizačnými softvérmi je taktiež bezproblémová. Jedinou vecou, na ktorú musím upozorniť je fakt, že pre spôsob práce v zmysle BIM (virtuálny model budovy, z ktorého je možné generovať požadované výstupy) je potrebné naučiť sa vytvárať model budovy korektne – aby sa minimalizovalo množstvo práce potrebnej k prípadnej úprave rezov v 2d a pod.

Program predstavuje z môjho pohľadu moderný nástroj podporujúci tvorbu architekta.“

Ing. Arch. Ján Morong,
architekt

Názov položky	Známka
Celkový workflow	Výborná
Podpora importu a exportu dát	Veľmi dobrá
Intuitívnosť programu v dokončení akcie	Výborná
Podpora automatických procesov	Výborná
Podpora tlačového výstupu výkresov	Výborná
Celková spokojnosť	Výborná

Tabuľka 2.2: Hodnotiaca tabuľka programu ArchiCAD

2.2. Tvorba 3d scény

Po vytvorení výkresu nasleduje tvorba celkovej kompozície scény. Táto etapa zahŕňa tvorbu objektov, materiálov, textúr a osvetlenie scény. Pri výbere softvéru na účely tvorby 3d scény vizualizácií je dôležité predovšetkým to, ako je program schopný uľahčovať užívateľovi prácu (celkový workflow), do akej miery dokáže načítať externé dáta z programov na tvorbu výkresov (podpora importu z 2d), ako zvláda modelova-

nie pomocou techniky NURBS³ (Non-uniform racional basis spline) a polygónov, ako efektívne vie program narábať s procedurálnymi mapami a textúrami (podpora mapovania) a v neposlednom rade, na akej úrovni sa pohybuje kvalita vypracovaného výstupu (spokojnosť s kvalitou výstupu). Posúdenie týchto kritérií je zohľadnené v hodnotiacej tabuľke uvedenej vždy pod osobným pohľadom odborníka. V tejto kapitole bude uvedených niekoľko algoritmov určených na výpočet osvetlenia v scéne. Popisy ich funkcionality možno ich nájsť napríklad v tejto knihe [5].

Mimo programov spomenutých v tejto kapitole sa na tvorbu vizualizácií používajú taktiež programy ako Autodesk Maya, Cinema 4D, Blender, LightWave 3D a iné.

2.2.1. Autodesk 3ds Max



3ds Max⁴ je pravdepodobne najznámejším 3d modelovacím softvérom na svete a licencia tohto programu patrí spoločnosti Autodesk. Program je naozaj všestranný, hoci jeho pole pôsobnosti primárne nezahŕňa tvorbu architektonických výkresov. Napriek tomu nachádza popredné využitie pri tvorbe vizualizácií a to vďaka rozsiahlej podpore importu a exportu súborov, početnej kompatibilite renderovacích programov a vstavaniu architektonických komponentov, ako sú okná, dvere, steny a pod. Samotný program podporuje rádiozitu, globálne osvetlenie a ray tracing. Neodmysliteľnou súčasťou programu je renderovací mechanizmus Mental Ray, ktorý si popíšeme v oddiele 2.3.2.

Program 3ds Max obsahuje nástroj na distribuované renderovanie s názvom Backburner a od roku 2011 taktiež 3ds Max Composite, ktorý umožňuje postprodukcii snímok a videa v takej miere, že konkuruje mnohým iným popredným svetovým programom používaných primárne na tento účel. Veľkou výhodou programu je obrovská škála pomocných tutoriálov, pluginov, seminárov a certifikovaných školení.

Osobný pohľad odborníka



„S týmto modelovacím programom som sa stretol už na vysokej škole a ostal som mu verný práve vďaka jednoduchosti ovládania a dobrým schopnostiam v modelovaní, mapovaní a tvorbe vizualizácií. 3ds Max má širokú škálu podporných programov, ktoré umožňujú ďalšie modelovacie techniky alebo fotorealistické vizualizácie.

Na programe hodnotím veľmi pozitívne aj to, že jeho vývoj pokračuje a vždy prinesie prekvapujúce vylepšenia. Jediná oblasť, v ktorej má

³ <http://www.rhino3d.com/nurbs.htm>

⁴ <http://usa.autodesk.com/3ds-max/>

3ds Max nedostatky je modelovanie s NURBS krivkami. Táto funkcia by mohla urýchliť proces celkovej tvorby vizualizácie. Čo by som ešte privítal, je možnosť vytvárať technické výkresy, pohľady a rezy vrátane kótovania. Napriek tomu túto chýbajúcu funkciu nepovažujem za nedostatok programu, vzhľadom na jeho zameranie. Program je skutočne vhodný na modelovanie produktov, interiérových aj exteriérových scén. Podporné programy umožnia napr. modelovať zarastené stavby popínavými rastlinami (Ivy Generator), modelovanie ochlpenia, vlasov (Hair-Trix), modelovanie terénov a iné.

S programom 3ds Max dosiahnete skutočne realistické výstupy, ktoré dokážu zmiasť aj tých najlepších v našej profesii. Je to program mnohých svetových architektov a dizajnérov.“

Ing. Mikuláš Agárdy,
živnostník

Názov položky	Známka
Celkový workflow	Veľmi dobrá
Podpora importu z 2-D	Výborná
Podpora modelovania pomocou NURBS	Slabá
Podpora modelovania pomocou polygónov	Výborná
Spokojnosť s mapovaním a aplikovaním textúr	Výborná
Spokojnosť s kvalitou výstupu	Výborná
Celková spokojnosť	Veľmi dobrá

Tabuľka 2.3: Hodnotiaca tabuľka programu Autodesk 3ds Max

2.2.2. Rhinoceros



Rhinoceros⁵ je určený na 3d modelovanie a koncepčný dizajn. Ako svoj kľúčový nástroj na tvorbu 3d modelov využíva geometriu NURBS (Non-uniform racional basis spline). Pri modelovaní poskytuje Rhinoceros užívateľovi veľký výber konštrukčných pomôcok: uchopenie geometrických častí objektov, mriežky, konštrukčné roviny atď. Program podporuje operácie pri tvorbe výkresovej dokumentácie a jednotlivé časti obrazovky je možné preniesť do programov rodiny Microsoft Office.

Rhinoceros má základné možnosti renderovania. Podporuje rýchle tieňovanie v reálnom čase a to vrátane materiálov, tieňov a textúr. Na fotorealistické zobrazenie je potrebné nainštalovať renderovací plugin, ako napr. V-Ray, príp. Brasil alebo exportovať

⁵ <http://www.rhino3d.com/>

model do externého vizualizačného programu Flamingo, ktorý podporuje ray tracing a rádiozitu alebo do programu Maxwell Render. Prenos dát disponuje širokou podporou formátov (dwg, dxf, 3ds, lwo, iges, obj, sat, ai, pov, vrml, bmp, tga, jpg) [6].

Rhinoceros si pre svoju nenáročnosť našiel miesto v malých dizajnerských štúdiách, architektúre, záhradnej architektúre, tvorbe reklamy a ako prvý krok k výučbe veľkých modelovacích programov. Uplatnenie nachádza aj vo väčších firmách ako doplnok k základným veľkým modelovacím, vizualizačným a konštrukčným systémom.

Osobný pohľad odborníka



„Rhinova silná stránka je modelovanie pomocou NURBS, ale pomohlo by mu, keby sme po zmene tvaru kriviek videli okamžité zmeny na Surface alebo Polysurface, ako je tomu napr. v Cineme 4D. Ušetrilo by to množstvo času pri modelovaní. Má podporu importu a exportu veľkého množstva 2d a 3d formátov a dokonca v novších verziách je možné vygenerovať priamo z Rhina technické výkresy.

Nedostatkom tohto programu bolo vždy neohrabané polygónové modelovanie. To sa však zlepšilo po uvedení T-splines pluginu na trh. Tento prídavný modulačný program nám umožňuje polygónové modelovanie, na aké sme zvyknutí z programov 3ds Max a Cinema 4D.

Rhinoceros je neustále sa vyvíjajúci program, pluginy ako je Bongo, FurGen, Grasshopper, Penguin, V-Ray, Flamingo, Brazil a množstvo ďalších ho zdokonaľujú a de facto vylepšujú. Vďaka týmto upgradom a pluginom si z Rhinocera môžeme vyskladať 3d program, ktorý nám bude vyhovovať a spĺňať požiadavky pri našom navrhovaní a tvorbe.”

Mgr. Art. Peter Hodbod,
živnostník

Názov položky	Známka
<i>Celkový workflow</i>	Veľmi dobrá
<i>Podpora importu z 2-D</i>	Veľmi dobrá
<i>Podpora modelovania pomocou NURBS</i>	Výborná
<i>Podpora modelovania pomocou polygónov</i>	Stredná
<i>Spokojnosť s mapovaním a aplikovaním textúr</i>	Dobrá
<i>Spokojnosť s kvalitou výstupu</i>	Veľmi dobrá
<i>Celková spokojnosť</i>	Veľmi dobrá

Tabuľka 2.4: Hodnotiaca tabuľka programu Rhinoceros

2.2.3. MicroStation

V8i

Program MicroStation⁶ veľmi dobre zvláda tvorbu 2d výkresov a prevedenie do 3d vizualizácie. Konceptuálne modelovanie tým pádom umožňuje užívateľom realizovať všetky fázy vývoja projektu bez potrebnej migrácie na iné softvérové prostredie. Najnovšia verzia V8i disponuje technológiou Luxology Rendering, ktorá je určená na vytváranie fotorealistických výstupov, vďaka čomu už nie je potrebné použiť na renderovanie výstupu dodatočný softvér [7].

Medzi možnosti tieňovania patrí Phongové tieňovanie, ray tracing a sledovanie častíc. Program disponuje prvkami ako sú digitálny podpis, história výkresu, Trust licensing, šablóny elementov, editácia referenčných výkresov a pod. Vďaka spolupráci s Google Earth alebo zariadeniami GPS umožňuje program spracovať dáta priamo v geografických súradnicových systémoch. Prácu s vizualizáciami uľahčujú početné knižnice materiálov a svetiel [8].

Osobný pohľad odborníka



„Program MicroStation sa rozhodne nedá posudzovať čisto ako 3d softvér a v porovnaní s výlučne 3d programami má určité rezervy. Na druhej strane je tvorba vizualizácií od 3d modelovania až po finálny výstup pomerne jednoduchá a časovo menej náročná.

Na programe ma oslovilo najmä intuitívne užívateľské rozhranie tak v 2d ako aj v 3d prostredí a vizualizácie vyššej kvality ako pri iných CAD programoch.

Experimentoval som aj s ďalšími možnosťami (3ds Max), ale postupne sa ukázalo, že jeden program na všetku prácu je najúspornejšou možnosťou a to najmä z časového hľadiska. K finálnemu návrhu tak často vedú súčasné zmeny 2d návrhu a 3d modelu.

Ak je možné vyhnúť sa exportom a otváraním dvoch programov, tvorba 3d konceptu je oveľa rýchlejšia a najmä prechod z 2d do 3d prostredia pri nekonečných modifikáciách je bezproblémový. Komplexnosť softvérového riešenia pre úlohy architekta sa tak stáva mimoriadne dôležitým faktorom.

Z mnohých funkcií spomeniem aspoň zopár, ktoré jednoznačne rozhodli pre výber programu MicroStation:

- podpora DGN aj DWG (plnohodnotne sa dá pracovať v oboch formátoch),
- doplnok Luxology pre vytváranie finálneho renderingu,

⁶ <http://www.bentley.com/en-US/Products/>

- nástroj AccuDraw pre rýchle zadávanie rozmerov a zmeny pracovných rovín,
- jednoduchá práca s referenčnými výkresmi v 2d aj 3d prostredí (prepínanie hladín, orezávanie, atď.),
- rýchle znázorňovanie rezov počas zmien na 3d modely a následné vytváranie 2d výstupov.“

Ing. arch. Radomír Krkoš,
architekt

Názov položky	Známka
Celkový workflow	Výborná
Podpora importu z 2-D	Výborná
Podpora modelovania pomocou NURBS	Veľmi dobrá
Podpora modelovania pomocou polygónov	Veľmi dobrá
Spokojnosť s mapovaním a aplikovaním textúr	Veľmi dobrá
Spokojnosť s kvalitou výstupu	Veľmi dobrá
Celková spokojnosť	Výborná

Tabuľka 2.5: Hodnotiaca tabuľka programu MicroStation

2.2.4. Google SketchUp



Program Google SketchUp⁷ je ďalší CAD softvér určený na tvorbu 3d modelov. Zrejme najväčšou výhodou softvéru je jeho potenciál, nakoľko produkt pochádza priamo z dielne spoločnosti Google. Program umožňuje modelovanie pomocou náčrtu hlavných rysov objektu prostredníctvom dvojrozmerného zobrazenia, ktorý môže byť následne jednoducho prevedený do 3d zobrazenia a späť. Celkové ovládanie v prostredí programu je veľmi intuitívne.

Za zmienku stojí prepojenie programu s Google Earth pre umiestnenie modelov do reálneho prostredia kdekoľvek na zemi alebo 3D Warehouse, ktorý súži na zdieľanie a vyhľadávanie hotových modelov a stavieb ako sú napr. stromy, dopravné značky, kostoly, záhrady a pod. Dostupná je voľne stiahnuteľná a platená verzia programu.

⁷ <http://sketchup.google.com>

V platenej verzii je k dispozícii export do formátov ako sú dwg, dxf, fbx, obj, xsi, wrl, pdf, eps a epx [9].

O vykresľovanie tieňov sa stará interný Shadow Engine, ktorý dokáže simulovať jednoduché tieň v reálnom čase. Do programu je možné zakomponovať renderovacie mechanizmy, ako sú Indigo Renderer, SU Podium, Maxwell Render a V-Ray [10].

Osobný pohľad architekta



„So SketchUpom som sa prvý krát stretla na vysokej škole. Bol to prvý 3d softvér, v ktorom som začala pracovať a sprevádza ma pri mojej tvorbe dodnes. Pri navrhovaní som sa stretla aj s inými 3d softvérmi (Blender, Rhinoceros, 3ds Max), no SketchUp používam najčastejšie vďaka jeho jednoduchosti a prehľadnosti. Má veľkú podporu importu a exportu 2d a 3d (dwg, obj, pdf) formátov, ktoré pri svojej práci používam.“

Jeho nevýhodou je menšia presnosť, ale to mi nevadí, pretože ho používam hlavne keď potrebujem klientovi ukázať nejaký jednoduchý 3d model, aby si danú vec vedel ľahšie predstaviť.

SketchUp, tak ako iné programy, je neustále sa vyvíjajúci program. Na rýchle a jednoduché vizualizácie je ideálny.“

*Ing.arch. Martina Mrkvicová,
živnostník*

Názov položky	Známka
Celkový workflow	Veľmi dobrá
Podpora importu z 2-D	Veľmi dobrá
Podpora modelovania pomocou NURBS	Výborná
Podpora modelovania pomocou polygónov	Stredná
Spokojnosť s mapovaním a aplikovaním textúr	Dobrá
Spokojnosť s kvalitou výstupu	Veľmi dobrá
Celková spokojnosť	Veľmi dobrá

Tabuľka 2.6: Hodnotiaca tabuľka programu Google SketchUp

2.3. Renderovanie

Pojem renderovanie označuje tvorbu obrazu, ktorý je vypočítaný na základe nastavení parametrov grafického programu (prevažne 3d) a renderovacieho mechanizmu. Jedná sa o spôsob vizualizácie dát. Tento proces je realizovateľný aj v reálnom čase, ako je tomu v prípade počítačových hier, avšak pri tvorbe vizualizácií sa jedná o pomerne zdĺhavú záležitosť. Do procesu renderovania 3d scény patrí napr. výpočet svetla, tieňov, vzhľad materiálov a vzájomná interakcia všetkých elementov v scéne. Realizácia tohto výpočtu je záležitosťou renderovacieho mechanizmu, resp. renderovacieho programu.

Medzi najznámejšie renderovacie programy patria V-Ray, Mental Ray, Brazil, final-Render, Maxwell Render, Lightwave, Gelato atď. Všetky tieto mechanizmy majú v podstate spoločný cieľ - dosiahnuť maximálne realistické zobrazenie v minimálnom čase. Rozdiely v týchto programoch spočívajú v tom, akým spôsobom, resp. pomocou ktorých renderovacích algoritmov sa snaží mechanizmus tento výsledok dosiahnuť. Obecne by nebolo objektívne označiť jeden konkrétny mechanizmus za najlepší alebo najrýchlejší. Každý z nich má veľké množstvo nastavení a správa sa pri rozličných typoch scény inak. V nasledovných odsekoch si charakterizujeme a porovnáme V-Ray a Mental Ray, ako dva najznámejšie renderovacie algoritmy.

Pri voľbe renderovacieho mechanizmu na tvorbu interiérov by sme mali zvážiť nasledujúce aspekty. Zaujíma nás, na akej úrovni dokáže mechanizmus vytvoriť fotorealistický výstup, v akej miere je možné meniť kvalitu výstupu za účelom urýchlenia renderovacieho výpočtu (rozsah možností v konfigurácii výstupov), rýchlosť výpočtu použitých renderovacích algoritmov (renderovací čas) a podpora školiacich materiálov. Posúdenie týchto kritérií je zohľadnené v hodnotiacej tabuľke uvedenej vždy pod názorom odborníka.

2.3.1. V-Ray

V-Ray⁸ bol pôvodne navrhnutý bulharskou spoločnosťou Chaos Group ako plugin pre 3ds Max so špeciálnym zameraním na fotorealistické zobrazenie architektonických priestorov. Svoje výpočty realizuje simuláciou fyzikálnych zákonov a prírodných javov, čím dosahuje fyzikálne korektné grafické výstupy. Podporuje globálne osvetlenie, path tracing, fotónové mapy, radiačné mapy a Light Cache [11].

Veľkou výhodou je funkcia V-Ray proxy⁹, ktorá je silným nástrojom pri práci s inštaniami tej istej geometrie. Pomocou nej možno vykresliť aj externe uloženú geometriu, ktorá tým pádom nie je priamo umiestnená v prostredí programu a nezaťažuje tým

⁸ <http://www.chaosgroup.com/en/2/vray.html>

⁹ http://www.spot3d.com/vray/help/150SP1/vrayproxy_params.htm

systém. Na internete je voľne k dispozícii mnoho vytvorených organických aj anorganických materiálov a veľká podpora školiacich kurzov. V-Ray je možné použiť spolu s programami ako sú 3ds Max, Cinema 4D, Maya, Rhinoceros, SketchUp, Blender a k dispozícii je 32 aj 64 bitová verzia.

Názor odborníka

Prečo používate práve tento renderovací program?

„V-Ray umožňuje fotorealistické vizualizácie, ktoré sú ťažko rozoznateľné od skutočných fotografií. Princíp výpočtu vizualizácie je realizovaný na základe fyzikálnych vlastností svetla. Je to podrobne prepracovaný mechanizmus so širokou škálou funkcií a úrovni výstupov. Na V-Ray som migroval po predošlých skúsenostiach s Mental Ray.“

Čo považujete za jeho najsilnejšie stránky?

„Pri V-Ray ma najviac upútala kvalita a realnosť vizualizácie. Má veľmi zjednodušený konfiguratívny materiál (reflection, refraction) a prídavné materiály ako VrayLight mat a iné. Novšie verzie obsahujú renderovací režim RT (Realtime – renderovanie v reálnom čase). Veľké plus pri práci s V-Ray je aj obrovské množstvo video tutoriálov, ktoré sú ľahko dostupné na internete.“

Čo považujete za jeho najslabšie stránky?

„Jedinou nevýhodou V-Ray je hardvérové zaťaženie pri kvalitných výstupoch. Pri maximálnych hodnotách renderovacej konfigurácie sa dĺžka renderovania jednej snímky v rozlíšení 1600x1100 pohybuje okolo 10-20 hodín.“

*Odpovedal- Ing. Mikuláš Agárdy,
živnostník*

Názov položky	Známka
Fotorealita výstupu	Výborná
Rozsah možností v konfigurácii výstupov	Výborná
Renderovací čas	Slabá
Podpora školiacich materiálov	Veľmi dobrá
Celková spokojnosť	Dobrá

Tabuľka 2.7: Hodnotiaca tabuľka programu V-Ray

2.3.2. Mental Ray

Mental Ray je vyvinutý nemeckou spoločnosťou Mental images a je veľmi preferovaný veľkými firmami so zameraním na tvorbu vizualizácií a filmov. Podporuje fyzikálne korektný výpočet globálneho osvetlenia, rýchly ray tracing a fotónové mapy. Program disponuje veľkou podporou vopred vytvorených shaderov, pričom pomocou programu C alebo C++ je možné skompilovať ďalšie. Mental Ray je bezplatne integrovaný do softvéru 3ds Max a okrem toho je kompatibilný s programami ako sú Autodesk Maya, AutoCAD, Cinema 4D atď. [12].

Podobne ako pri V-Ray, aj pre Mental Ray existuje celá rada podporných materiálov, certifikovaných kurzov a školení.

Názor odborníka

Prečo používate práve tento renderovací program?

„Mental Ray som používal pre pokročilú akceleráciu a rekurzívne vzorkovacie techniky pre rýchlejší rendering na pomalších, jednojadrových procesoroch, na ktorých som dávnejšie pracoval. Jeho všeobecnosť umožňuje široký rozsah aplikácií, vrátane vytvárania vizuálnych animácií, samohybných vizualizácií a iných virtuálnych modelov s precíznym osvetlením, fyzikou a korektnou simuláciou architektúry.“

Čo považujete za jeho najsilnejšie stránky?

„Jeho hlavnou výhodou je to, že dokáže pracovať s viacerými procesormi zároveň. Navyše obsahuje aj pokročilejšie nastavenia svetla a tieňa a má dostupné vlastné typy svetiel. Unikátna implementácia hardware renderingu do Mental Ray je jediná, ktorá má plnú podporu nasledujúcich komponentov:

- vysoko kvalitný antialiasing,*
- motion blur (rozmazanie pohybu),*
- soft shadows (jemné tieň)*

Čo považujete za jeho najslabšie stránky?

„Komplikované a neprehľadné užívateľské nastavenie.“

Odpovedal - Ing. Tomáš Holý, PhD.,
projektový inžinier

Názov položky	Známka
<i>Fotorealita výstupu</i>	Dobrá
<i>Rozsah možností v konfigurácii výstupov</i>	Stredná
<i>Renderovací čas</i>	Výborná
<i>Podpora školiacich materiálov</i>	Veľmi dobrá
<i>Celková spokojnosť</i>	Dobrá

Tabuľka 2.8: Hodnotiaci tabuľka programu Mental Ray

2.4. Postprodukcia

Pojem postprodukcia označuje finálne doladenie vyrenderovaných snímok, ako je napríklad úprava kontrastu alebo farebná korekcia a jedná sa o záverečnú etapu práce. Pomocou postprodukcie je možné zmeniť, resp. doplniť mnoho elementov, ktoré by pomocou 3d programov bolo veľmi zložité vytvoriť, prípadne by to dramaticky natiahlo čas potrebný na renderovanie. Do vykreslených snímok je tým pádom pomocou postprodukčných programov možné zaviesť mnoho zmien, na ktoré nie je potrebné realizovať opätovný rendering. Na postprodukcii možno použiť Photoshop, Lightroom, After Effects, The Gimp, 3ds Max Composite, Looks Builder a mnoho ďalších programov.

2.5. Záver kapitoly

V predošlých odsekoch sme si stručne popísali niekoľko programov na realizáciu jednotlivých etáp životného cyklu tvorby vizualizácií. V Prílohe 2 je uvedená prehľadná porovnávací tabuľka jednotlivých 3d programov spolu s uvedením ich aktuálnej verzie a jej oficiálnej ceny.

Pre účely tejto práce bol zvolený program Autodesk 3ds Max 2012 a renderovací mechanizmus V-Ray Adv 2.10.01. Prostredie 3ds Max má veľmi ľahko pochopiteľný a demonštrovateľný koncept a V-Ray je kompatibilný takmer s každým programom na tvorbu 3d scény, disponuje nezávislosťou na platforme, univerzálnosťou nastavení pre jednotlivé aplikácie a rozsiahlou podporou pomocných zdrojov.

Hoci je vedomosť obsiahnutá v texte tejto práce všeobecne aplikovateľná a uľahčí prácu v ktoromkoľvek programe, ktorý s vizualizáciami pracuje, v nasledovných odsekoch budú všetky príklady demonštrované práve v prostredí 3ds Max a V-Ray.

3. Kompozícia scény

Hlavným predmetom tejto kapitoly je farba a svetlo použité v interiéroch. Voľba farebnej kompozície interiéru je dôležitá preto, lebo je niekoľko emócií, pre ktoré sú určité skupiny farieb inšpirujúce. Výskyt a intenzitu týchto emócií ovplyvňuje farebný odtieň a kombinácia použitých farieb. Preto by pri voľbe farebnosti interiéru mal byť kladený dostatočný dôraz na to, na aké účely a kým sa bude daná miestnosť využívať.

Okrem psychológie farieb a spôsobu ich zladenia sa budeme venovať aj svetlu a možnostiam osvetľovania interiéru. Použitím prirodzeného, resp. umelého osvetlenia dokážeme scénam dodať život, zvýrazniť priestor a kontrast použitých architektonických a doplnkových prvkov. Popíšeme si základné typy svetelných zdrojov z reálneho sveta a zároveň vytvoríme ich obraz v prostredí programov 3ds Max a V-Ray.

3.1. Farba

Spôsob, akým každý z nás vníma farby je jedinečný. Naš pohľad je veľmi komplexný a citlivý. Mnohé vonkajšie prvky, ako svetlo, susediaca farba a štruktúra povrchu ovplyvňujú náš pohľad na farby [13].

Farbu je možné definovať ako vnem, ktorý vytvára viditeľné svetlo dopadajúce na sieťnicu oka. Rôzni ľudia vnímajú tú istú farbu odlišne. Okrem vnímania pozorovateľa záleží farba objektu od jeho fyzikálnych vlastností. Tie určujú, ktoré zložky svetelného spektra budú objektom pohltené, ktoré budú odrazené a v akej intenzite oba javy prebehnú. Odrazené svetlo od objektu v konečnom dôsledku vnímame ako jeho farbu. Základné atribúty, ktoré charakterizujú farbu sú tón, sýtosť a jas.

Aby bolo možné vymieňať informácie o farbách, je potrebné vedieť farby exaktne kvantifikovať. Farby je preto možné merať a číselne vyjadriť. Farbu je možné určiť pomocou vlnovej dĺžky elektromagnetického žiarenia. Na meranie farieb sa používajú špeciálne prístroje, ako spektrofotometre alebo kolorimetre a farby je možné určovať aj pomocou vzorkovníkov, hoci sa v tomto prípade nejedná o meranie [15].

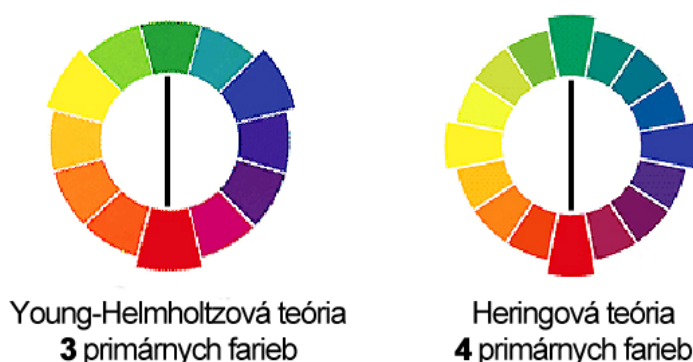
3.1.1. Teória farieb

Prvý človek, ktorý ozrejmlil teóriu farieb, bol Isaac Newton (1642-1727). Ten vysvetlil, že farba pochádza zo svetla a to sa skladá z niekoľkých rôznych farieb. Keď zalomil svetlo cez optický hranol, objavil sedem odlišných druhov farieb: červenú, oranžovú, žltú, zelenú, azúrovú, indigo a tmavo modrú [13].

Newtonovu teóriu rozšíril Thomas Young (1773-1829), ktorý si uvedomil, že sú len tri farby dúhy, ktoré tvoria biele svetlo - červená, zelená a modrá. Tieto farby prehlásil za pôvodné primárne farby. Systém týchto troch farieb je označovaný ako RGB system (red, green, blue) a je používaný dodnes. Nemecký fyzik Herman Von Helmholtz (1821-1894) na tomto pozorovaní založil ďalšiu teóriu, v ktorej tvrdil, že ľudské oko vníma farbu na základe svetla a že farba každého predmetu je mozgom rozložená na percento červenej, zelenej a modrej farby. To v konečnom dôsledku určuje, ako farbu vidíme [13].

V roku 1892 prišiel Ewald Hering s teóriou, ktorá je dodnes známa ako teória opozičných procesov. Jej podstatou je tvrdenie, že receptory v ľudskom oku odovzdávajú mozgu tri signály – intenzitu farby (pomer bielej a čiernej), pomer toho, ako je farba žltá, resp. modrá a pomer toho, ako je farba zelená, resp. červená. Táto teória považuje žltú za štvrtú primárnu farbu [13].

Obrázok 3.1 znázorňuje pohľad na spárovanie komplementárnych (opačných) farieb podľa Young-Helmholtzovej a Heringovej teórie. Kruh naľavo vychádza z existencie troch primárnych farieb a kruh napravo zo štyroch. Farba, ktorá sa v kruhu nachádza oproti je vždy považovaná za jej komplementárnu (opačnú) farbu. Z obrázkov je jasné, do akej miery ponímajú komplementárnosť farieb obe teórie rozdielne. Jedinou výnimkou je komplementárnosť červenej a zelenej farby, ktoré sú na oboch kruhoch spárované rovnako.

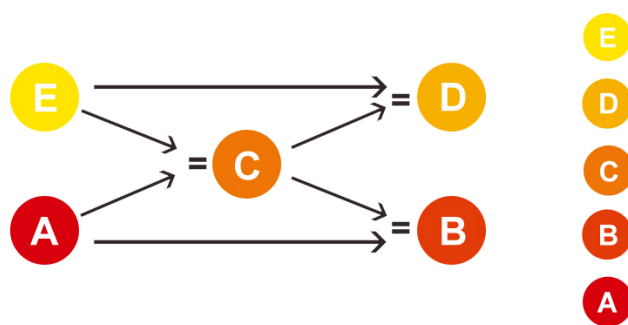


Obrázok 3.1: Porovnanie kruhov komplementárnych farieb. Prevzaté z [14]

Na tomto mieste sa ponúka otázka, či je niektorá z teórii lepšia ako druhá, resp. či má väčšie využitie alebo uplatnenie. Odpoveď je nie. Young-Helmholtzová teória s tromi základnými farbami slúži skôr ako pomôcka pri vzájomnom miešaní farieb. Heringová teória so štyrmi základnými farbami má väčšiu využiteľnosť pri návrhu interiérov a jej kruh komplementárnych farieb sa používa ako základ Systému prírodných farieb, čo je celosvetová pomôcka pre určovanie farieb [13]. Okrem toho má ešte tú vlastnosť, že jasne rozdeľuje farby na teplé a studené.

3.1.2. Metodika zladenia farieb

Zladienie farieb je spôsob, pomocou ktorého sa snažíme docieľiť farebnú skladbu určitých farebných tónov. Postupov, ktoré je možné pri zladení farieb použiť, je viac a ako príklad jedného z nich si uvedieme patent akademického maliara Fridricha Moravčíka. Podstatou tohto algoritmu je, že máme vždy jednu kmeňovú a jednu sekundárnu farbu a pomocou týchto dvoch farieb sme schopní vytvoriť ďalšie tri odtiene, ktoré budú so zvolenými farbami harmonicky zladené. Vzájomne miešame vždy len dve farby. Predstavme si päť farieb označených písmenami A, B, C, D, E. Farba s označením A je kmeňová farba, farba s označením E je ľubovoľná iná sekundárna farba a farby B, C a D sú neznáme farby, ktoré musíme odvodiť. Ako príklad si zvolíme jahodovo červenú ako kmeňovú a citrónovo žltú ako voliteľnú farbu [15].



Obrázok 3.2: Miešanie farieb podľa patentu Fridricha Moravčíka

Postup zladenia farieb je znázornený na obrázku 3.2. Subtraktívnym miešaním kmeňovej farby (A) a sekundárnej farby (E) v rovnakom pomere ich farebnej intenzity dostaneme tretiu farbu (C). Tú následne zmiešame s kmeňovou farbou (A), čím vznikne nová farba (B) a sekundárnou farbou (E), čím vznikne ďalšia farba (D). Farby B, C a D vytvárajú harmóniu medzi farbami A a E. Ak kmeňovú farbu (A) ponecháme tú istú a za sekundárnu farbu (E) zvolíme postupne 12 odlišných farieb, opakovaním postupu zladenia farieb môžeme vytvoriť celú metodickú farebnú tabuľku, z ktorej môžeme následne vyberať farebné kombinácie dvoch alebo viacerých farieb, ktoré budú v scéne použiteľné [15].

3.1.3. Psychológia a obľúbenosť farieb

Približne v období po druhej svetovej vojne sa stala farba, predovšetkým v Európe, luxusom. Práve v tomto období sa objavili pravidlá, ktoré vysvetľovali, aké farby vyzerajú vedľa seba najlepšie. Výber obľúbenej farby je vec vkusu, kultúry, veku, spoločenského postavenia a temperamentu. Mnohé výskumy potvrdili, že najobľúbenejšia farba na svete u dospelých jedincov je modrá.



Obrázok 3.3: Najobľúbenejšia farba dospelých jedincov – modrá. Prevzaté z [16]

V nasledujúcich odsekoch si stručne popíšeme zladenie, vlastnosti a vplyvy najobľúbenejších farieb na človeka [13], [15].

Červená. Všetky červené farby spolu ladia, tak isto ako všetky ružové. Určité odtiene červenej farby spolu vytvárajú vhodnú farbu pre luxusnú obývaciu halu. Celkovo je červená farba považovaná za vášnivú, odvážnu a intímnu. Je to farba, ktorá vyvoláva u ľudí asi najviac emócií, čo sa môže prejaviť až zvýšením frekvencie srdcového tepu alebo dýchania. Dekorácie v červenej farbe dobre slúžia na upútanie pozornosti.

Oranžová. Svetlá oranžová farba je veľmi teplá a miestnosť oranžovej farby vzbudzuje v ľuďoch pocit vrátiť sa do tejto miestnosti. Preto je oranžová pomerne častou farbou interiérov kaviarní. Farba vytvára u ľudí pocit radosti, útulnosti, spokojnosti a dokonca kreativity. Zaujímavé je, že obľúbenosť oranžovej farby medzi ľuďmi vekom klesá. Tmavšiu oranžovú treba užívať viac umiernené. Vhodnými doplnkovými farbami k oranžovej sú hnedá, tyrkysová a studené šedé farby.

Ružová. Ružová je považovaná za zábavnú, živú, pozitívnu a ženskú. Je to farba, ktorá zmierňuje pocity hnevu a má upokojujúci účinok na nervy. Aj dôsledkom toho, že je to obľúbená farba detskej izby, predstavuje táto farba detskosť alebo môže navodiť spomienky z detstva. Ružová výborne ladiť, okrem bielej aj s tmavými farbami, ako napr. s tmavomodrou, tmavozelenou, čiernou alebo šedou.

Žltá. Žltá je veselá vítiacia a slnečná farba a navyše je to farba vznešenosti, radosti a smiechu. Tmavožlté farby zvyšujú schopnosť koncentrácie. Táto farba vyzerá veľmi dobre vedľa zelenej a oranžovej. Voľba modrej, ako doplnkovej farby, v kombinácii so žltou, vytvára klasickú interiérovú kombináciu pre optimistické a svieže prostredie. Zaujímavé je, že mnohé psychologické štúdie uvádzajú, že ľudia a predovšetkým ženy v miestnostiach so žltou farbou viacej plačú.

Zelená. Zelená sa často používa ako neutrálna farba na vytvorenie rovnováhy v miestnosti. Je to typická farba prírody a na ľudský organizmus má relaxačné účinky. Zelené farby sú stimulujúce a osviežujúce. Na ľudskom správaní sa to prejavuje tak, že človek má v zelenej miestnosti lepšiu schopnosť učenia. Väčšina jej odtieňov vytvára harmóniu takmer so všetkými ostatnými farbami.

Modrá. Všetky odtiene modrej medzi sebou ladia na všetkých úrovniach svojej farebnej intenzity - od svetlej farby neba až po atramentovú modrú. Studené modré farby vyzerajú dobre vedľa modrofialovej. Modrá je farbou neba a vody, podporuje čistotu myslenia a vytvára meditačné prostredie, pokoj a zvyšuje produktivitu práce. Podľa mnohých výskumov je to najpopulárnejšia farba dospelých jedincov mužov aj žien.

Šedá a neutrálne farby. Farby z tohto spektra sa medzi sebou veľmi dobre kombinujú a spoločne vytvárajú klasický horizont nenápadných odtieňov. Nefarebné palety boli veľmi populárne v minulosti a s veľkou obľubou sa používajú dodnes. S neutrálnymi a šedými farbami môže byť skombinovaná takmer každá farba. Samotné použitie sivej farby v kombinácii s neutrálnymi farbami vplýva na človeka pochmúrne, na druhej strane kombinácia bielej a čiernej farby vytvára dojem prestíže a vkusu.

Farby majú okrem citových taktiež chuťové alebo váhové asociácie. Napríklad červená a ružová vyvolávajú pocit sladkosti, žltá u ľudí vyvoláva pocit kyslosti a fialová horakosti. Výskumy taktiež ukázali, že ten istý predmet sa javí byť ťažší, ak je čiernej alebo modrej farby, ako keby bol namiesto toho žltý.

3.2. Svetlo

Svetlo je elektromagnetické vlnenie, ktoré umožňuje vyvolať v oku zrakový vnem. V závislosti od toho, akým konkrétnym problémom sa zaoberáme, môžeme svetlo považovať za:

- lúč,
- vlnenie,
- časticu.

Svetlo, ktoré je viditeľné ľudským okom, má vlnovú dĺžku približne 380-730 nm. Svetlo s nižšou vlnovou dĺžkou sa označuje ako ultrafialové a s vyššou vlnovou dĺžkou ako infračervené. Počiatočným bodom pre šírenie svetla je svetelný zdroj. Z hľadiska architektúry zohrávalo svetlo vždy podstatnú úlohu. Pomocou svetla je možné v priestore vytvoriť atmosféru, svetlo dokáže priestor izby zväčšiť, resp. zmenšiť alebo zvýrazniť požadovaný detail.

Prirodzené svetlo udržuje svet živým a farebným. Tento fakt sa dá využiť tým, že sa pokúsime maximalizovať množstvo denného svetla čo najväčším množstvom okien, príp. používaním záclon. Ak je miestnosť príliš tmavá, riešením sú sklenené dvere alebo svetlé farby, ktoré pozdvihujú atmosféru v priestore [13]. Súčasťou našich životov je okrem prirodzeného aj umelé osvetlenie. Zdrojmi umelého svetla sú svetelné zdroje ako napr. žiarivky, žiarovky, svietiace diódy a pod. Tie sú umiestnené vo svietidlách. Pri vytváraní umelého osvetlenia v miestnosti je dobré počítať s niekoľkými alternatívami osvetlenia, v opačnom prípade sa môže stať, že svetlo bude príliš ostré a nepríjemné, respektíve slabé a nepostačujúce.

3.2.1. Svetelné zdroje

Svetlo zo svetelného zdroja v 3d scéne sa šíri vo forme častíc, ktoré sa nazývajú fotóny. Tieto fotóny cestujú zo zdroja až pokým nenarazia na nejaký povrch. V závislosti od materiálu tohto povrchu sa tieto fotóny od materiálu buď odrazia alebo sú materiálom pohltené. Odraz fotónov od materiálu je závislý od rovnosti povrchu objektu. Finálne osvetlenie scény je určené na základe interakcie medzi farbou, povrchom a miliónom fotónov, ktoré boli vyžiarené zo svetelných zdrojov alebo odrazené od okolitých objektov [17]. Výpočet a vykreslenie takéhoto osvetlenia majú za úlohu algoritmy globálneho osvetlenia, ktoré si popíšeme v kapitole 5. Z hľadiska šírenia vyžarovaného svetla môžeme svetelné zdroje rozdeliť do štyroch kategórií. Rozdiely medzi nimi sú graficky znázornené na obrázku 3.4 a sú popísané nižšie [17].



Obrázok 3.4: Rozdelenie svetelných zdrojov z hľadiska šírenia vyžarovaného svetla

1) Omni light (zdroj mnohosmerného svetla). Jedná sa o svetelný zdroj, ktorý vyžaruje svetlo do všetkých strán rovnomerne. Príkladom takého zdroja je klasická žiarovka bez tienidla. Svetelné lúče sú vyžarované radiálne z malého bodu. Tie vytvorené týmto svetelným zdrojom sú pravidelné a radiálne rozložené. Pri osvetlení rovnej plo-

chy intenzita svetla, v závislosti od vzdialenosti od svetelného zdroja, klesá podľa zákona, ktorý je v anglickej terminológii označovaný ako Inverse Square Law¹⁰.

2) Spotlight (zdroj sústreďeného svetla). Príkladom zdroja sústreďeného svetla je klasický reflektor. V podstate sa jedná taktiež o zdroj mnohosmerného svetla s tým rozdielom, že zdroj je čiastočne zakrytý parabolickým krytom. Tým pádom osvetľuje svetelný zdroj len časť priestoru v jeho okolí. Podobne, ako pri zdrojoch mnohosmerného svetla, nie sú lúče vyžarované paralelne, ale radiálne. V prípade osvetlenia rovnej plochy je celá plocha osvetlená rovnomerne a nedochádza k poklesu intenzity svetla.

3) Direct light (zdroj priameho svetla). Zreteľným príkladom tohto svetelného zdroja je slnko. Je totiž tak veľmi vzdialené od zeme, že jeho lúče dopadajú na zem v podstate paralelne, dôsledkom čoho sú počas jasnej oblohy tieň objektov vrhané pod tým istým uhlom. Taktiež všetky objekty, na ktoré dopadajú lúče tohto svetelného zdroja, sú osvetlené homogénne a nedochádza k poklesu intenzity svetla.

4) Area lights (priestorový svetelný zdroj). Priestorové svetelné zdroje sú zdroje, pri ktorých nie je svetlo vyžarované z jedného svetelného bodu, ale z istého povrchu objektu, ktorý je definovaný svojím rozmerom. Lúče z tohto svetelného zdroja sa šíria radiálne. Plocha, na ktorú dopadá najväčšia intenzita svetla, sa tiahne pozdĺž celého tvaru objektu a so stúpajúcou vzdialenosťou od zdroja intenzita svetla klesá.

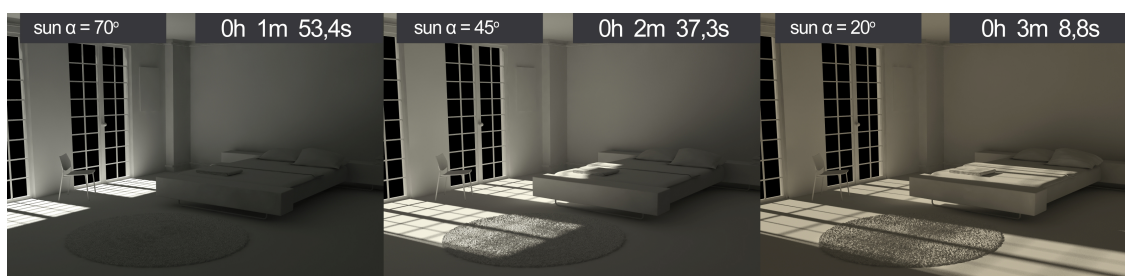
V-Ray zavádza svetelné zdroje typu *VRayLight* a správanie týchto svetiel bolo naprogramované na základe prírodných zákonov. Použitie týchto svetiel v kombinácii s V-Ray má za následok nižší renderovací čas, realistické osvetlenie a tieň. Za pomoci týchto svetiel je možné simulovať prirodzené aj umelé osvetlenie scény.

3.2.2. Prirodzené osvetlenie

Simuláciu prirodzeného osvetlenia scény je v rámci programu V-Ray možné realizovať pomocou svetiel *VRaySun* a *VRaySky*.

Ako názov napovedá, *VRaySun* predstavuje slnko. Jedná o špecifický svetelný zdroj, ktorý sa svojimi nastaveniami diametrálne odlišuje od ostatných. *VRaySun* generuje správanie slnka v závislosti od uhla, pod ktorým v scéne dopadajú svetelné lúče. To znamená, že ak umiestnime *VRaySun* vysoko nad horizont, bude scéna obsahovať ostré tieň, vysokú intenzitu svetla a biele zafarbenie svetla. Ak umiestnime slnko nízko, intenzita svetla sa zníži, tieň budú jemnejšie a farba sa začne meniť na oranžovú. Tento jav je znázornený na obrázku 3.5. Sun α na obrázkoch predstavuje uhol, pod ktorým svetlo v scéne dopadá. V praxi sa často používa *VRaySun* práve v kombinácii s *VRaySky*.

¹⁰ <http://photo.tutsplus.com/articles/lighting-articles/rules-for-perfect-lighting-understanding-the-inverse-square-law/>

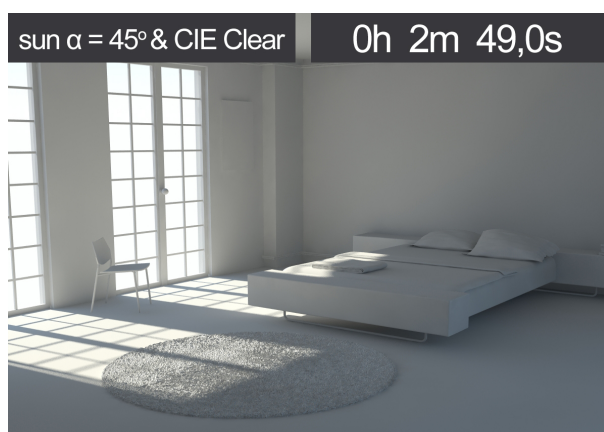


Obrázok 3.5: Osvetlenie scény pomocou *V-RaySun*

Po vytvorení *V-RaySun* sa v scéne automaticky vytvorí aj *V-RaySky*, ktorá predstavuje oblohu. Technicky sa jedná o generovanú textúru, ktorá je použitá ako environmentálna HDRI mapa. Vzhľad tejto oblohy sa mení automaticky, na základe polohy slnka a v prípade potreby je možné nastavenie oblohy upraviť aj v manuálnom móde. Na výber sú tri základné algoritmy generovania oblohy. Pomocou nich je možné jednoducho simulovať oblohu jasného (*CIE Clear*) alebo zamračeného (*CIE Overcast*) dňa. Ako je na obrázku 3.6 vidieť, difúzne osvetlenie scény vytvorilo jemné tieň, rovnomernú distribúciu svetla a uveriteľný vzhľad scény.



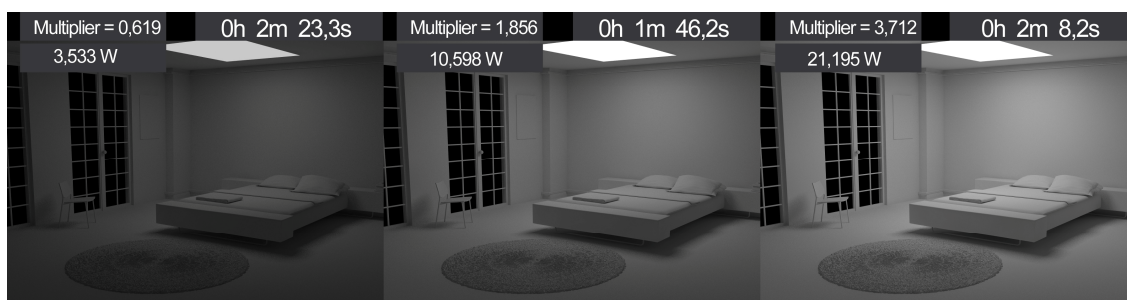
Obrázok 3.6: Osvetlenie scény pomocou *V-RaySky*



Obrázok 3.7: Kombinované osvetlenie pomocou *V-RaySun* a *V-RaySky*

3.2.3. Simulácia umelého osvetlenia

Zdrojom umelého osvetlenia vo V-Ray je vždy trojdimenzionálny objekt. Tento objekt môže byť 2d plocha (*Plane*), guľa (*Sphere*) alebo ktorýkoľvek vymodelovaný *Mesh*. V závislosti od voľby merných jednotiek intenzity svetla platí, že čím je plocha svetelného zdroja väčšia, tým viac svetla vyžaruje a tým väčšie tieň v dôsledku tohto svetla vznikajú. Na obrázku 3.8 a obrázku 3.9 si môžeme všimnúť, ako sa mení intenzita svetla v závislosti na rozmere a tvare svetelného zdroja a merného svetelného výkonu svetelného zdroja.



Obrázok 3.8: Osvetlenie scény pomocou *V-RayLight* typu *Plane*



Obrázok 3.9: Osvetlenie scény pomocou *V-RayLight* typu *Sphere*

Pracovať s intenzitou svetiel typu *V-RayLight* je možné pomocou niekoľkých fyzikálnych jednotiek, ktoré sa nachádzajú v nastaveniach svetelného zdroja. Výber základnej jednotky je v programe označovaný ako *Default (image)*. Táto jednotka nemá reálny fyzikálny základ a intenzita svetla je založená na internom svetelnom multiplikátore programu. Okrem nej je možné manipulovať so svetlom na základe jeho svetelného toku, svietivosti a merného svetelného výkonu [18].

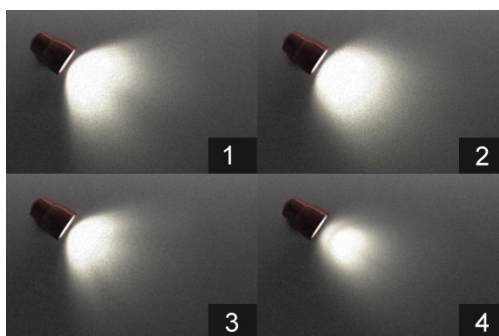
Svetelný tok je veličina, ktorá sa uvádza v Lumenoch. Označuje energiu, ktorú vyžiari svetelný zdroj za časovú jednotku. Svetelný tok je posudzovaný z hľadiska citlivosti

oka na jednotlivé vlnové dĺžky svetla [19]. Je to fyzikálne korektná jednotka a veľkosť svetelného zdroja nemá na intenzitu svetla vplyv.

Fyzikálne korektné hodnoty svietivosti jednotlivých reálnych svetelných zdrojov je možné dohľadať v mnohých katalógoch, ktoré poskytujú výrobcovia svietidiel. Jednotka určuje množstvo svetelného toku vyslaného do priestorového uhla [20]. Veľkosť svetelného zdroja má v tomto prípade značný vplyv na intenzitu svetla.

Merný svetelný výkon udáva celkovú energiu, ktorá je vyžarovaná zo svetelného zdroja. Jej mernou jednotou je Watt. Veľkosť svetelného zdroja nemá vplyv na intenzitu vyžarovaného svetla.

Výhodou V-Ray je podpora tzv. IES (Illuminating Engineering Society) svetiel. Súbor typu IES predstavuje digitálny profil distribúcie svetla, ktoré vychádza zo svetelného zdroja. Tento súbor je uložený v ASCII formáte [21]. Pomocou týchto profilov je možné simulovať priestorový tvar vyžarovaného svetla. Svetlo tak vyzerá omnoho realistickejšie a niekoľko príkladov týchto svetelných profilov je vidieť na obrázku 3.10.



Obrázok 3.10: Použitie niekoľkých IES svetiel. Prevzaté z [21]

3.3. Záver kapitoly

Voľba farebného odtieňa interiéru dokáže stimulovať myseľ k aktivitám, pre ktoré bol priestor v miestnosti navrhnutý. Neodmysliteľným prvkom v kontexte farieb je svetlo. Pomocou svetelných zdrojov môžeme scéne dodať kontrast a život. V zásade existuje niekoľko spôsobov, ktorými môžeme simulovať denné osvetlenie v prostredí interiéru. Jedným je použitie kombinácie *VRaySun* a *VRaySky*. Prichádzajúce svetlo je možné taktiež vytvoriť umiestnením *VRay Plane Light* do priestoru otvoru alebo okna. Ďalším spôsobom je využitie okolia scény ako vonkajšieho svetelného zdroja, či už za použitia jednofarebného difúzneho osvetlenia alebo za pomoci HDRI mapy. Pri simulácii umeleckého osvetlenia stačí v scéne na pozíciu žiarovky v svietidle umiestniť svetlo *VRayLight* adekvátnych rozmerov a svetelnej intenzity.

4. Tvorba materiálov

Pod digitálnou tvorbou materiálu sa rozumie simulácia vizuálnych vlastností materiálu za pomoci dát a algoritmov. Táto simulácia by mala byť vierohodná a nezávislá od uhla pohľadu alebo prostredia, v ktorom sa materiál nachádza. Na základe pozorovania materiálu vieme konštatovať, ako sa nám daný objekt javí. Vieme tým pádom povedať, že objekt je napr. lesklo modrý, priesvitný, nerovný, vráskavý a pod. Zároveň dokážeme všetky tieto vlastnosti od seba separovať a vnímať ich individuálne a nezávisle od seba. Tieto vizuálne vlastnosti materiálov sú v programe V-Ray digitálne reprodukované a práve pomocou úpravy ich parametrov budeme môcť nové materiály vytvárať. Na vytváranie a editovanie materiálov používa 3ds Max interaktívne rozhranie, ktoré sa nazýva *Material Editor* (*Materiálový editor*).

Účelom tejto kapitoly je poskytnúť stručnú charakteristiku a know-how pre tvorbu najčastejšie používaných materiálov v oblasti interiérov. Tieto materiály môžeme využiť na vizualizáciu nábytku a interiérových doplnkov. Na úvod kapitoly sú vysvetlené základné parametre V-Ray materiálu a na obrázkoch je znázornený vplyv týchto nastavení na konečný vyrenderovaný snímok.

V druhej časti kapitoly sú priblížené fyzikálne a vizuálne vlastnosti týchto materiálov a vysvetlenie toho, ako je možné v materiálovom editore uvedené materiály vytvoriť. Jednotlivé sekcie zvyrazňujú parametre, ktoré sú pre tvorbu daného materiálu dôležité a ako je možné tieto parametre v materiálovom editore meniť a kombinovať tak, aby sa stále jednalo o ten istý druh materiálu. Dodržaním stanovených kritérií možno vytvoriť nespočetné množstvo alternatív daného materiálu a to so zreteľom na jeho fyzikálne a vizuálne vlastnosti.

4.1. Základné parametre materiálu V-Ray

Program V-Ray obsahuje špeciálny druh materiálu, ktorý sa označuje ako *VRayMtl*. Jedná sa o generický shader, pomocou ktorého je možné vytvoriť fotorealistickú podobu väčšiny existujúcich materiálov. Jeho používanie je v kombinácii s V-Ray odporúčané taktiež preto, lebo výrazne urýchľuje výpočet grafického výstupu scény. Jeho základné parametre si popíšeme v nasledovných odsekoch.

Diffuse (Zafarbenie). Tento pojem definuje farebné zloženie materiálu. Každý materiál má svoje zafarbenie a práve hodnota parametra *Diffuse* ho najviac charakterizuje. Hodnotu parametra definuje zvolená farba alebo textúra, príp. procedurálna mapa. Všimnime si rozdielnosť renderovacích časov jednotlivých snímok na obrázku 4.1.

Tým, že svetlejší objekt od seba odráža viac svetla a distribuuje tak do okolia väčšie množstvo energie, trvá výpočet snímky o niečo dlhšie.



Obrázok 4.1: Vplyv parametra *Diffuse* (Zafarbenie)

Reflection (Odrazivost'). Pri kontakte materiálu a svetla môžu nastať tri javy. Svetlo môže byť daným materiálom absorbované, odrazené alebo môže materiálom prejsť. Farebná hodnota parametra *Reflection* určuje, v akej miere sa bude okolité svetlo od materiálu odrážať a v akom rozsahu bude materiálom absorbované. Čím svetlejšia farba bude do parametra zvolená, tým viac bude materiál dopadajúce svetlo odrážať.



Obrázok 4.2: Vplyv parametra *Reflection* (Odrazivost')

Na základe povrchovej úpravy materiálu, veku a iných činiteľov dosahuje každý materiál istý rozsah odrazivosti dopadnutého svetla. Prehľad minimálnych a maximálnych hodnôt odrazivosti niektorých bežných materiálov je uvedený v tabuľke nižšie.

Názov materiálu	Minimálna odrazivosť	Maximálna odrazivosť
<i>Kov</i>	30%	90%
<i>Plast</i>	20%	80%
<i>Drevo</i>	20%	50%
<i>Koža</i>	20%	70%
<i>Keramika</i>	20%	70%

Tabuľka 4.1: Porovnanie odrazivosti materiálov [18]

Highlight glossiness. Tento parameter upravuje intenzitu zrkadlového odrazu a slúži na vytvorenie “falošného” odrazu svetla. Modifikácia parametra vedie k nepresným fyzikálnym výpočtom. Úpravu číselnej hodnoty parametra možno využiť práve vtedy, ak chceme objektu umelo pridať viac lesku, napríklad, ak chceme z obyčajného dreva urobiť jednoduchým spôsobom lakované drevo.



Obrázok 4.3: Vplyv parametra *Highlight glossiness*

Refl. glossiness (Odrasový lesk). Jedná sa o číselnú hodnotu, ktorá určuje úroveň rozmazania odrazu. Hodnota 1.0 udáva dokonalý odraz. Akékoľvek číslo menšie ako 1.0 odraz svetla od materiálu rozostruje. Výpočtová náročnosť dosahuje svoje maximum okolo hodnoty 0.3. Nižšie hodnoty generujú odraz tak rozostrený, že nie je pri výpočte potrebné pracovať s takým veľkým počtom farebných vzoriek. Atribút *Subdivs* udáva kvalitu vzorkovania a nízke hodnoty sa vo vyrenderovanom snímku prejavujú ako šum. Zvyšovaním tejto hodnoty sa tento šum odstraňuje, čím rastie kvalita rozostrenia, ale aj čas potrebný na renderovanie snímky.



Obrázok 4.4: Vplyv parametra *Refl. glossiness (Odrasový lesk)*

Fresnel reflection (Odras podľa Fresnelových rovníc). Aktivovaním tejto voľby sa stáva odraz svetla závislý na pozorovanom uhle a indexu lomu prostredia. Výpočet odrazu svetla prebieha za použitia tzv. Fresnelových rovníc¹¹, pomocou ktorých je možné určiť pomer dopadajúceho a odrážaného svetla. Efekt možno pozorovať pri pohľade na rovné sklo alebo kapotu auta, kde je markantnejší odraz, ktorý je pozorovaný pod väčším uhlom. Parametru *Fresnel reflection* možno určiť číselnú hodnotu indexu lomu odrazu, definovanú ako *Fresnel IOR* (Fresnel Index of Reflection). Lesklé materiá-

¹¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Fresnel_equations

ly, ako sú porcelán alebo metalíza majú veľký rozdiel intenzity odrazu v závislosti na pozorovacom uhle, preto je potrebné nastaviť hodnotu tohto atribútu na 3-5. Kovy s vysokým stupňom leštenia ako chróm alebo striebro dosahujú hodnoty 10 až 20 [18].

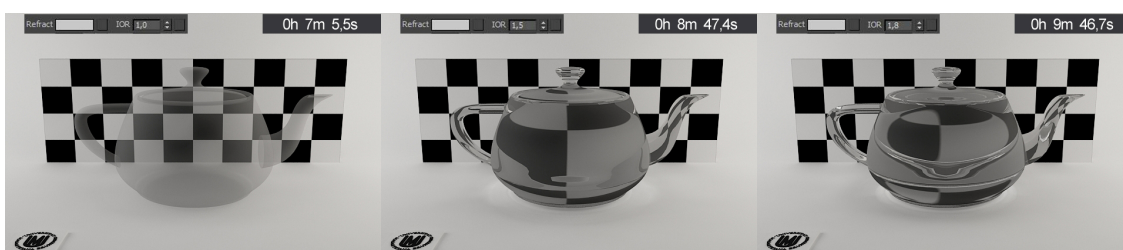


Obrázok 4.5: Vplyv parametra *Fresnel reflection* (odraz podľa Fresnelových rovníc)

Refraction (Priepustnosť svetla). Lom svetla je jav, ktorý nastáva v prípade, že sa vlnenie svetla dostane do dvoch heterogénnych prostredí, v ktorých má vlnenie rozličnú fázovú rýchlosť. V dôsledku toho môžeme pozorovať, že sa predmety javia v kontexte iných materiálov na inom mieste ako v skutočnosti sú [17]. Miera tohto skreslenia je definovaná hodnotou *Index of Refraction* (*Index lomu svetla*) a jedná sa o hodnotu, ktorá je pre jednotlivé materiály unikátna. Vzduch má index lomu svetla rovný 1, voda 1.33 a diamant 2.42 [18]. Parameter *Refraction* je definovaný farebnou hodnotou, pričom čisto čierna farba určuje absolútne nepriehľadný materiál a čisto biela farba plne priehľadný materiál. Všetky ostatné farebné odtiene definujú úroveň priehľadnosti materiálu a jeho zafarbenie.



Obrázok 4.6: Vplyv parametra *Refraction* (Priepustnosť svetla)

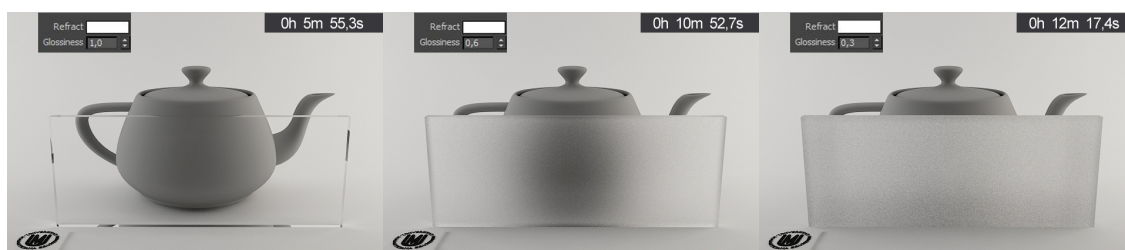


Obrázok 4.7: Vplyv parametra *Index of Refraction* (*Index lomu svetla*)

Ak označíme indexy lomu dvoch heterogénnych prostredí ako n_1 a n_2 a uhly dopadajúceho, resp. lomeného lúča vzhľadom ku kolmici rozhraní ako α_1 a α_2 , môžeme podľa Snellovho vzorca vypočítať uhol, pod ktorým bude dopadajúci lúč po prechode týmto prostredím zalomený [5]. Vzorec tohto výpočtu vyzerá nasledovne:

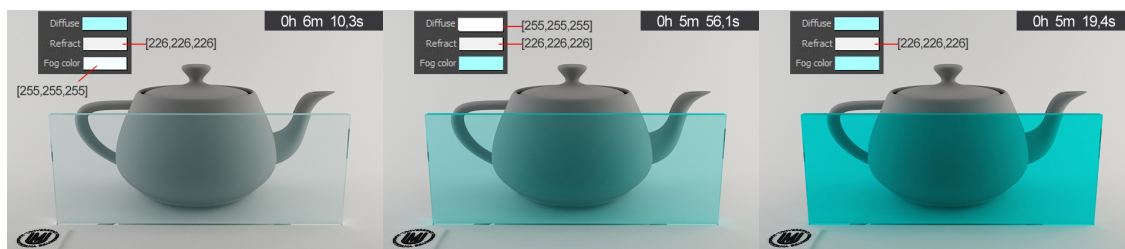
$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Glossiness (Pomer odrazeného a pohlteneho svetla). Tento parameter určuje do akej miery bude priehľadný objekt rozmazávať objekty za ním. Znižovaním číselnej hodnoty parametra sa priehľadnosť materiálu stráca. Podobne, ako pri *Refl. glossiness*, číselná hodnota 1.0 stanovuje jasne zreteľný obraz a hodnoty blížiac sa k 0 tento obraz rozostávajú. Aktuálny je taktiež atribút *Subdivs*, ktorý definuje kvalitu rozostrenia.



Obrázok 4.8: Vplyv parametra *Glossiness* (Pomer odrazeného a pohlteneho svetla)

Fog color (Zafarbenie prechodu svetla). Pomocou tohto parametra je možné simulovať prechod a útlm svetla cez materiál. Parameter predstavuje možnosť určiť intenzívnejšie zafarbenie a menšiu priehľadnosť hrubších častí priehľadného objektu, v porovnaní s jeho tenšími časťami. Tento jav je pozorovateľný napr. pri pohľade na pohár s hrubším dnom. Farba zvolená do parametra taktiež ovplyvní farbu tieňa, ktorý objekt vrhá a tento efekt nie je možné dosiahnuť farebnou modifikáciou parametra *Diffuse*. Intenzitu zvoleného zafarbenia je možné regulovať pomocou koeficientu *Fog multiplier*.



Obrázok 4.9: Vplyv parametra *Fog color* (Zafarbenie prechodu svetla)

Bump (Simulácia nerovnosti povrchu). Mapovanie *Bump* je technika, ktorá slúži na simuláciu nerovností, škár a vrások materiálu bez toho, aby bola pre daný účel deformovaná samotná geometria objektu. Tento efekt je dosiahnutý modifikáciou povrchových normál objektu. Na základe kombinácie povrchovej normály a skutočnej geometrie objektu dochádza k výpočtu odrazu svetla, ktorý simuluje reliéf povrchu materiálu. Za pomoci *Bump* mapy možno dosiahnuť väčšiu realitu zobrazenia povrchu materiálu, nakoľko dokáže jemne odbúrať symetriu a dokonalosť zobrazenia. Číselná hodnota *Bump* mapy predstavuje mieru ovplyvnenia deformácie povrchových normál.



Obrázok 4.10: Vplyv parametra *Bump* (Simulácia nerovnosti povrchu)

V nasledovných odsekoch sa stručne pozrieme na tvorbu konkrétnych materiálov, ktoré sa v oblasti interiérov vyskytujú najčastejšie. Tvorba každého materiálu vychádza zo základného nastavenia materiálu *VRayMtl* a postupnou modifikáciou parametrov dosiahneme požadovaný vizuálny výsledok. Pri tvorbe materiálov sme sa snažili obmedziť použitie textúr, aby bol vizuálny výsledok čitateľnejší. Predstavené budú materiály kovu, skla, dreva a čalúneného materiálu. Každý vytvorený materiál je názorne aplikovaný na 3d objekt a prezentovaný na vyrenderovanej snímke, ktorá je na konci každého odseku. Všetky tieto snímky a knižnica 20 často používaných V-Ray materiálov v interiéroch sú súčasťou CD, uvedeného ako príloha k tejto práci.

4.2. Kovy

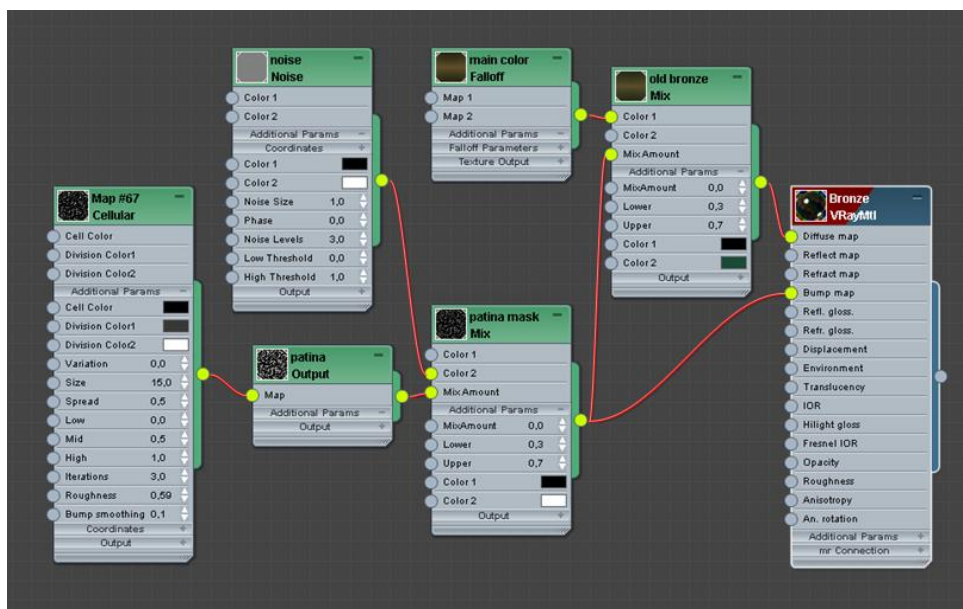
Kov je pevný, farebný a nepriehľadný materiál, ktorý má širokú škálu lesklosti od matných až po lesklé kovy. Odraz svetla od kovu závisí od drsnosti jeho povrchu, ktorú je možné znížiť leštením. Široká škála povrchovej úpravy výrazne ovplyvňuje celkové vnímanie materiálu a jeho životnosť v korozívnom prostredí. V tomto odseku si popíšeme 3 druhy kovových materiálov:

- Matný kov (Obrázok 4.12 hore)
- Nerezová oceľ (Obrázok 4.12 v strede)
- Bronz (Obrázok 4.12 dole)

Simulácia materiálu matného kovu pomocou V-Ray je pomerne ľahká. Stačí zvoliť jeho primárne zafarbenie (*Diffuse*), nastaviť farbu parametra *Reflection* a číselnú hodnotu *Refl. Glossiness*. Matnosť materiálu dosiahneme práve tým, že hodnota *Refl. Glossiness* bude menšia ako 80%, v našom prípade menšia ako číslo 0.8. Pre farebné kovy a zliatiny je typické, že pri kontakte povrchu materiálu so svetlom dochádza k zafarbeniu jeho odrazu, čo je spôsobené absorpciou časti farebného spektra kovom [22]. To znamená, že aby boli zachované fyzikálne vlastnosti kovu je možné do farebnej hodnoty *Reflection* zvoliť aj iné farby ako odtiene šedej.

Globálne pre všetky kovy platí, že odraz svetla je závislý od pozorovacieho uhla. Tento prírodný jav simulujeme aktiváciou voľby *Fresnel reflections* a zvyšovaním hodnoty *Fresnel IOR*. Obrázok 4.12 v strede znázorňuje jedálenský príbor vyrobený z nerezovej ocele, pričom fotorealita odrazu príboru je spôsobená práve zvolením vyššej číselnej hodnoty parametra *Fresnel IOR*. Pre simuláciu všetkých leštených alebo brúsených kovov platí, že hodnota *Refl. Glossiness* by mala byť väčšia ako 0.9.

Kovy ako bronz a mosadz strácajú časom svoje originálne zafarbenie a vplyvom korózie spôsobenej vplyvom vzduchu získavajú čoraz väčší nádych zelenej farby. Jedna z možností tvorby materiálu bronzu je znázornená na obrázku 4.11. Efekt starého kovu sme simulovali procedurálnou mapou *Noise*, do ktorej sme zakomponovali zelenú farbu. Pre realistickejší vzhľad bronzu sme aplikovali na materiál *Bump* mapu. Model madony s dieťaťom na obrázku 4.12 dole bol prevzatý z uvedeného odkazu¹².



Obrázok 4.11: Vytvorenie zafarbenia bronzu pomocou procedurálnych máp

¹² http://artist-3d.com/free_3d_models/dnm/model_disp.php?uid=591&count=count



Obrázok 4.12: Materiály kovu (zhora: Matný kov, Nerezová oceľ, Bronz)

4.3. Sklo

Sklo je priehľadný, krehký materiál s vysokým modulom pružnosti, ktorého vlastnosti sú závislé od výrobného postupu a použitých prísad. V nábytkárstve má využitie vo forme tabuľkového skla, ktoré sa na požadované formáty delí rezaním [23]. V tomto odseku budú vysvetlené postupy tvorby materiálu 3 typov skla:

- Číre sklo (Obrázok 4.13 hore)
- Pieskované sklo (Obrázok 4.13 v strede)
- Farebné sklo (Obrázok 4.13 dole)

Sklo je príkladom materiálu, cez ktoré prechádza svetlo prevažne pravidelne. Väčšina svetla sklom prejde a časť z neho je zrkadlovo odrazená. Na hranici medzi sklom a okolitým vzduchom dochádza k svetelnému lomu. Pri odraze okolitých farieb je zachovaná farebnosť pôvodných objektov [22]. Všetky tieto aspekty je potrebné pri tvorbe materiálu zohľadniť a preto budú modifikované práve parametre *Reflection*, *Refraction*, *Index of Refraction* a *Fog color*. Renderovanie materiálu skla je pomerne zdĺhavé, nakoľko lom svetla je z hľadiska výpočtu časovo náročná operácia. Podobne, ako pre kovy, aj pre sklo platí závislosť odrazu svetla od pozorovacieho uhla, preto je potrebné navyše aktivovať voľbu *Fresnel reflections*.

Pre tvorbu jednoduchého materiálu číreho skla stačí upraviť hodnoty parametrov *Reflection* a *Refraction*. Hodnotu *Refraction* nie je dobré určiť ako čisto bielu, nakoľko absorpcia svetla prebieha do istej miery v každom priehľadnom materiáli. Hodnota *Reflection* môže byť čisto biela. Pre zvýšenie intenzity odrazu pri okrajoch objektu je potrebné aktivovať voľbu *Fresnel reflections*. Vplyv tohto prírodného javu môžeme pozorovať na obrázku pohárov s vodou a vínom na obrázku 4.13 hore, kde vidíme rozdiel medzi intenzitou odrazu okolia zo strany pozorovateľa a z bočnej strany skla.

Pri pieskovanom skle sme nahradili farebnú hodnotu *Refraction* za viacej sivú, v našom prípade približne o 5%. Tým sme dosiahli nižšiu priehľadnosť materiálu. Okrem toho musíme znížiť hodnotu *Refl. Glossiness*, čím simulujeme drsný reliéf a odstránime ostrosť odrazu materiálu. Hodnota 0.6 sa ukázala ako ideálna, napriek tomu je možné túto hodnotu nastaviť aj ako omnoho nižšiu. Hodnota *Index of Refraction* závisí od konkrétneho druhu skla. Obecné sa však pohybuje približne medzi 1,5 - 1,9.

Materiál farebného skla vytvoríme použitím vyššie uvedených znalostí a modifikáciou parametra *Fog color*. Ten určuje farebný nádych skla a aby nevyzeral materiál príliš umelo, mal by byť v prípade tohto parametra použitý len bledý odtieň požadovanej farby.



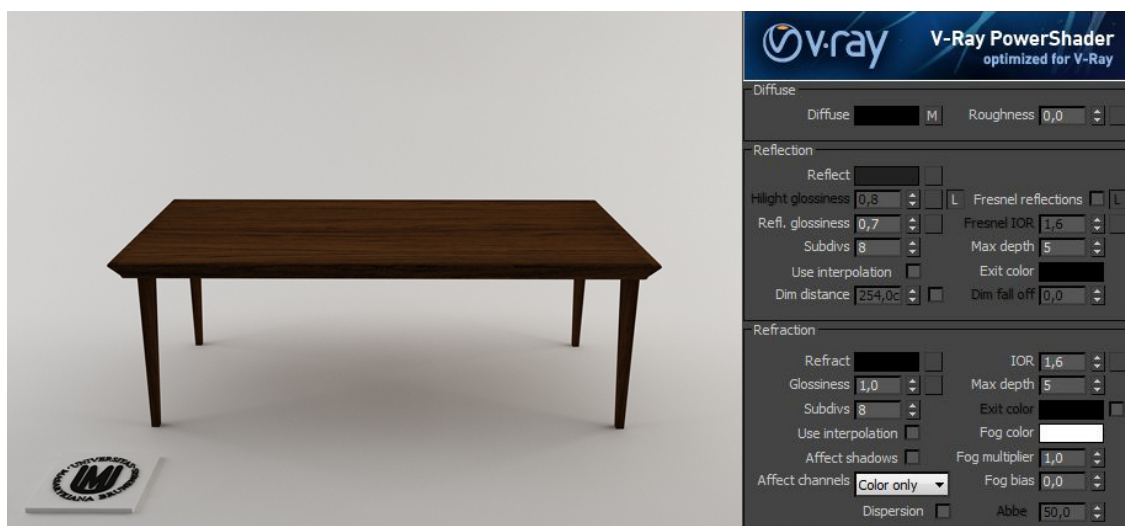
Obrázok 4.13: Materiály skla (zhora: Číre sklo, Pieskované sklo, Farebné sklo)

4.4. Drevo

Drevo predstavuje pružný, pevný a pritom prevažne ľahký materiál, ktorý má estetické vlastnosti a tvorí väčšinu nábytku v interiéroch [23]. Na svete existuje množstvo drevín, ktoré sa v nábytkárskom priemysle využívajú. Z pohľadu tvorby digitálneho materiálu dreva sa jedná o veľmi jednoduchú záležitosť.

Pomocou *VRayMtl* vytvoríme drevo tak, že určíme jeho odraz farebnou hodnotou *Reflection*, číselnou hodnotou *Refl. glossiness* a aplikujeme požadovanú textúru do slotu *Diffuse*. Práve zvolená textúra vo väčšine prípadov určí, o ktorý typ dreveniny sa bude v konečnom dôsledku jednať. Ak chceme na drevo aplikovať náter, ktorý zakrýva jeho štruktúru, stačí do parametra *Diffuse* zvoliť požadovanú farbu náteru. Hodnoty parametra *Refl. glossiness* sa môžu líšiť v závislosti od toho, či chceme na dreve simulovať lak. V prípade lakovaného dreva by hodnota *Refl. glossiness* mala byť okolo 0.9. Nerovnosti povrchu môžeme simulovať textúrou, ktorú priradíme parametru *Bump*.

Na obrázku 4.14 je predstavený materiál tíkového dreva, ktorý bol vytvorený modifikáciou vyššie uvedených parametrov.



Obrázok 4.14: Materiál dreva (tíkové drevo)

4.5. Čalúnený materiál

Materiály živočíšneho pôvodu sú jednými z najstarších, ktoré sa od počiatku ľudstva využívali. V nábytkárstve sa čalúnený materiál používa na sedací nábytok, plochy skrinkového nábytku, úchytky a iné [23]. Usne sa používa vo veľkom v odevnom priemysle na výrobu odevov, obuvi atď. V tomto odseku sme zvolili tieto tri materiály:

- Anilínová koža (Obrázok 4.15 hore)
- Semiš (Obrázok 4.15 v strede)
- Poťahový textil (Obrázok 4.15 dole)

Pri tvorbe čalúnených materiálov nás budú zaujímať predovšetkým parametre *Diffuse*, *Reflection*, *Bump*, *Refl. glossiness* a *Highlight glossiness*.

Anilínová koža je výberová koža najväčšej kvality. Jedná sa o najvrchnejšiu vrstvu kože, ktorá nebola lisovaná. Vyznačuje sa drobnými pórmí, nepravidelnosťou a prirodzenou štruktúrou [24]. Farebný základ kože vytvoríme pomocou parametra *Diffuse*, mieru odrazu svetla stanovíme prostredníctvom *Reflection* (20-70%), ktorý je možné doladiť parametrom *Highlight glossiness*.

Mapovať povrch kože je možné dvoma spôsobmi a to pomocou procedurálnej mapy *Noise* typu *Fractal* a pomocou textúry. V oboch prípadoch je potrebné mapu, resp. textúru priradiť tiež parametru *Bump*, čo vytvorí reliéf kože. Pri pohľade na materiál z diaľky je postačujúce, ak budeme simulovať nerovnosť kože pomocou procedurálnej mapy *Noise*. Je to jednoduchý a rýchly spôsob, nerovnosť vytvorená týmto spôsobom bude však pôsobiť umelo a nevytvorí dojem skutočnej kože, čo je však pri pohľade z diaľky zanedbateľné. Použitím textúry bude reliéf kože vyzeráť omnoho reálnejšie, čo avšak vedie k dlhšiemu renderovaciemu času a spotrebe pamäte počítača. Pri skúmaní odrazu svetla od drsného koženého materiálu zistíme, že odraz je najzreteľnejší práve v jeho ryhách a vráskach, pričom na póroch materiálu je omnoho slabší. Preto by sme potrebovali program určiť, od ktorých miest očakávame, že bude odraz markantnejší. To je možné dosiahnuť použitím monochromatického prevedenia použitej procedurálnej mapy, resp. textúry do parametra *Reflection*. Ak nevyzerá efekt odrazu kože ešte stále uspokojivo, tú istú mapu možno umiestniť ešte do parametra *Refl. Glossiness*. Výsledok môžeme vidieť na obrázku 4.15 hore. Model gauča, na ktorý sme aplikovali materiál anilínovej kože, vypracovala spoločnosť Albert&Shtein¹³.

Semiš je veľmi príjemný na dotyk a oproti anilínovej koži má len veľmi málo výrazný reliéf. Pomocou parametrov *Highlight glossiness* a *Refl. glossiness* sa budeme snažiť dosiahnuť matný lesk, takže určíme hodnotu parametrov približne na 80%. Pre jemnú simuláciu drsného povrchu je možné použiť mapu alebo textúru do parametra *Diffuse* alebo *Bump*, ostatné nastavenia môžu ostať bez zmeny.

V prípade poťahového textilu stačí simulovať vzor poťahu pomocou textúry a nastaviť jemný odraz svetla parametrom *Reflection*. Ostatné parametre môžu opäť ostať nezmenené.

¹³ <http://www.albertshtein.ru/en/design/project/>



Obrázok 4.15: Čalúnený mat. (zhora: Anilínová koža, Semiš, Poťahový textil)

4.6. Záver kapitoly

Jednou z najväčších výhod V-Ray je jeho fyzikálna korektnosť. Tá zaručuje, že všetky odrazy, prechod svetla, lom svetla, interakcia so svetlom a pod. sú simulované takým spôsobom, ako to ľudské oko očakáva. Práve vďaka tomu je skutočne jednoduché vytvoriť v prostredí programu materiál, ktorý bude vyzeráť dobre a reálne.

Je niekoľko globálnych zásad, ktoré by mali byť z hľadiska fyzikálnej korektnosti pri tvorbe materiálov dodržané. V bežnom živote nenarazíme na materiály, na ktorých dochádza k pohlteniu dopadajúceho svetla bez toho, aby bolo aspoň v malej miere odrazené späť. To znamená, že každý vytvorený materiál by mal aspoň v minimálnej miere odrážať svetlo späť do okolia. Preto by farebná hodnota parametra *Reflection* nemala ostať čisto čierna. Tak isto neexistuje materiál, ktorý by bol čisto biely, takže ani voľba farby do parametra *Diffuse* by nemala byť čisto biela.

V tejto kapitole sme si popísali kľúčové parametre V-Ray a pomocou nich sme vytvorili niektoré základné materiály. V CD prílohe práce je možné nájsť kompletnú knižnicu 20 najrozšírenejších materiálov používaných v interiérových scénach a to vrátane tých, ktoré boli uvedené v tejto kapitole. Zoznam všetkých uvedených materiálov sa nachádza v Prílohe 3.

5. Rendering vo V-Ray

Pri vykresľovaní grafického výstupu (renderingu) scény nám ide o to, aby sme mohli dosiahnuť čo najväčšiu mieru fotorealistického zobrazenia, ideálne za čo najkratší čas. Kvalita vykresľovaného výstupu je v podstate priamo úmerná času, ktorý je na výpočet takéhoto zobrazenia potrebný. Preto je viac než opodstatnené venovať voľbe nastavení mechanizmu V-Ray zvýšenú pozornosť.

Renderovací mechanizmus V-Ray ponúka širokú škálu parametrov, ktorých modifikácia dokáže niekoľkonásobne predĺžiť, resp. skrátiť čas potrebný na vykreslenie scény. V tejto kapitole si popíšeme kľúčové parametre, ktoré v najväčšej miere ovplyvňujú časovú náročnosť vykresľovania výstupu a dopad týchto parametrov budeme individuálne prezentovať na príkladoch testovacej scény. Na základe pozorovania časovej náročnosti jednotlivých renderovacích algoritmov vyvodíme niekoľko záverov, pomocou ktorých sa pokúsime nájsť čo najglobálnejšie riešenie pre výrazné urýchlenie renderingu, bez výrazného vplyvu na kvalitu grafického výstupu. Výsledkom pozorovaní bude kombinácia nastavení, pomocou ktorých docielime v niektorých prípadoch až niekoľkonásobné zrýchlenie výpočtu scény, ako je vidieť na obrázku 5.1.



Obrázok 5.1: Porovnanie renderovacích časov a kvality pred a po optimalizácii

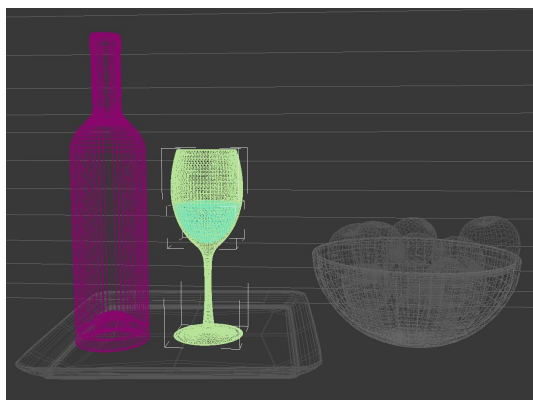
Nakoľko základné nastavenia parametrov V-Ray po nainštalovaní programu nie sú ani zďaleka optimalizované a navyše sú tieto hodnoty pre jednotlivé verzie programu odlišné, budeme vychádzať z finálnych nastavení nemenovanej profesionálnej grafickej firmy, ktoré nám pre účely tejto práce bola ochotná poskytnúť. Ich náhľad je uvedený v Prílohe 4. Použitím týchto nastavení sme vyrenderovali snímok, ktorý je vidieť na obrázku 5.1 vľavo. Postupnou optimalizáciou parametrov sme dosiahli výsledok,

ktorý je viditeľný na obrázku 5.1 vpravo. Ako je na obrázku vidieť, optimalizácia nemala zásadný vplyv na kvalitu výstupu.

Náhľady vyrenderovaných snímok uvedených v tejto kapitole majú skôr prezentačný charakter a pre podrobnejšie preskúmanie kvality výstupu odporúčame pozrieť obsah priloženého CD, kde sú všetky snímky uložené v pôvodnom rozlíšení.

5.1. Technický popis testovacej scény

Aby sa nám optimalizačné kroky prezentovali jednoduchšie, navrhli sme pre ich demonštráciu jednoduchú scénu. Jedná sa o scénu zátišia tvoreného fľašou vína a miskou s ovocím. Náhľad scény v prostredí 3d programu je znázornený na obrázku 5.2. Výpočet scény bol realizovaný použitím rozlíšenia 1200x900px a kompresia výstupu má formát jpg. Scéna sa nachádza taktiež na priloženom CD.



Obrázok 5.2: Náhľad testovacej scény v rozhraní programu 3ds Max

5.1.1. Geometria a kompozícia scény

V našej testovacej scéne sa nachádza 69579 polygónov a 78676 trojuholníkov. Objekty v scéne sú rozmiestnené podľa pravidla tretín [25].

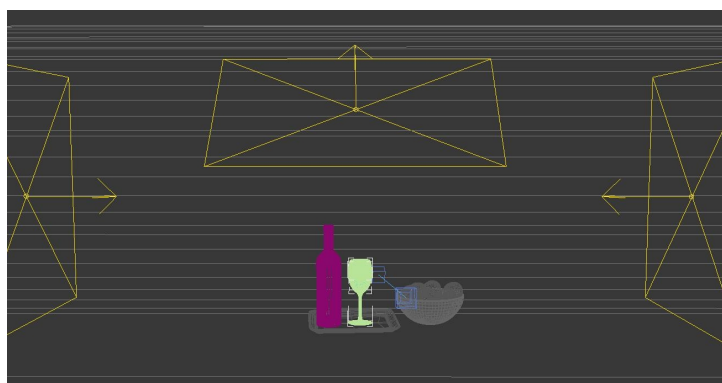
5.1.2. Materiály

Testovacia scéna obsahuje 7 odlišných materiálov typu *VRayMtl*. Jedná sa o materiály, ktoré majú niekoľko úrovní priehľadnosti a odrazivosti svetla. Materiál nerezového podnosu sme prezentovali v oddiele 4.2, materiál skleneného pohára v oddiele 4.3. Materiál jablka pokrýva textúra formátu jpg s rozlíšením 1000x1200px, materiál má

nastavený odraz svetla (*Reflection*) na 70% a odrazový lesk (*Refl. Glossiness*) na 78%. Fľašu vína tvorí farebné sklo, ktoré sme popisali v oddiele 4.3 a na časť jeho povrchu sme aplikovali textúru etikety formátu jpg a s rozlíšením 1060x1374px. Medzi materiálom pohára a sklenenej misky je zanedbateľný rozdiel.

5.1.3. Osvetlenie

Osvetlenie testovacej scény bolo realizované na základe trojbodového modelu osvetlenia [25], ako je vidieť na obrázku 5.3. Scéna bola osvetlená pomocou troch priestorových svetelných zdrojov typu *VRay Plane Light*.



Obrázok 5.3: Rozmiestnenie svetiel testovacej scény

5.1.4. Technický popis počítača

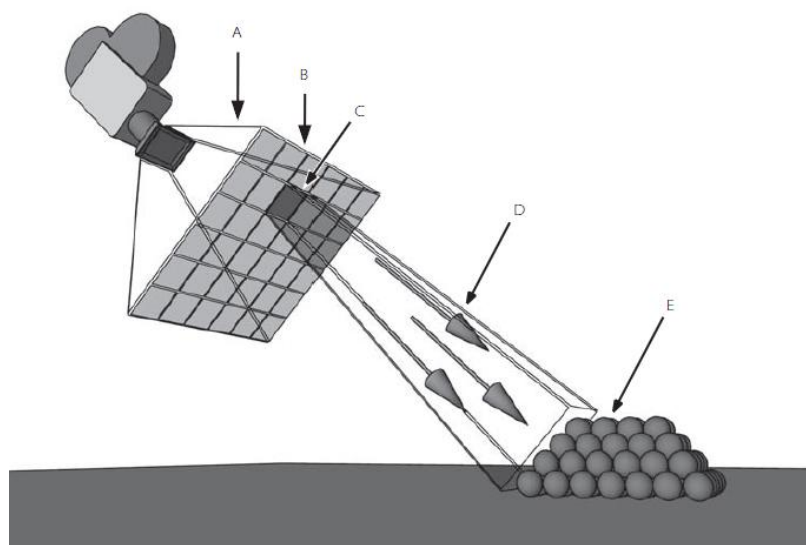
Všetok rendering obsiahnutý v tejto kapitole bol realizovaný na mojom osobnom počítači. Parametre počítača, operačný systém a verzie použitého softvéru sú nasledovné:

- Procesor Intel(R) Core(TM)2 Quad CPU Q9550 @2.83Ghz 2.83GHz,
- 8.00 GB RAM,
- grafická karty NVIDIA GeForce GTX 460,
- 64-bitový operačný systém Windows Vista,
- Autodesk 3ds Max 2012 x64,
- V-Ray Adv 2.10.01 x64.

5.2. Image sampler (Antialiasing)

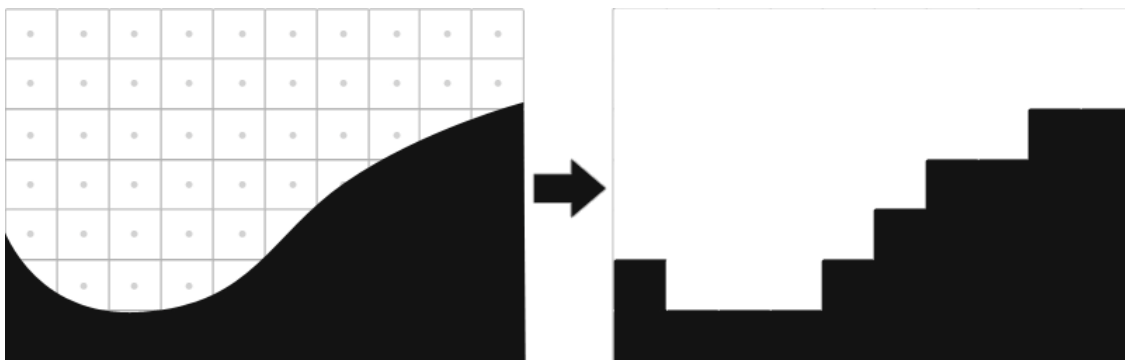
Tento parameter sa nachádza pod *Render Setup>>V-Ray:: Image sampler (Antialiasing)*. Predstavuje voľbu vzorkovacieho algoritmu (*Image sampler*) a algoritmu na výpočet antialiasingu.

Vzorkovanie je proces, počas ktorého sa vektorový náhľad prepočítava do rastrového prevedenia, ktoré je limitované svojim rozlíšením. Tento proces je znázornený na obrázku 5.4. Na základe uhla pohľadu (A) je pôvodná 3d scéna (E) pomocou jednej alebo niekoľkých vzoriek (D) prevedená do farebnej hodnoty jednotlivých pixlov (C), ktoré sú uložené do zásobníka a prezentované ako finálny snímok (B) [26].



Obrázok 5.4: Proces vzorkovania. Prevzaté z [26]

Štvorce s bodkou na obrázku 5.5 predstavujú mriežku pixlov, do ktorej sa bude vektorový obraz konvertovať. Ľavá časť obrázku 5.5 predstavuje vektorové zobrazenie, ktoré definuje frekvenčne neobmedzená funkcia. Pri konverzii tejto funkcie do rastrovej podoby dochádza k strate informácií a detailu. Túto stratu možno obmedziť zvolením vysokého rozlíšenia rastrového výstupu, no v žiadnom prípade sa nejedná o riešenie problému ako takého. Prevod do rastrovej podoby je v tomto prípade realizovaný podľa jednoduchého algoritmu. Farba jednotlivých pixlov bola určená na základe farby vektorového obrazu, ktorý stredom pixla prechádzal. Pre výpočet farebnosti každého pixla bola tým pádom použitá iba jedna farebná vzorka. V prípade obrázka 5.5 to znamená, že ak objekt stredom pixla prechádzal, bola pre farbu pixla zvolená čisto čierna farba, v opačnom prípade to bola biela. Ako je na obrázku 5.5 vidieť, výstupný rastrový obraz má príliš ostré okraje, zubaté hrany a obraz je možné vnímať ako nekvalitný.



Obrázok 5.5: Prevod vektorového obrazu (vľavo) do rastrového (vpravo)

Na tomto mieste je potrebné uviesť pojmy ako *oversampling* (prevzorkovanie) (taktiež nazývané *supersampling*) a *undersampling* (podvzorkovanie). Vzorkovanie vo V-Ray prebieha pomocou tzv. vzorkovacích matic. Jedná sa o maticu pixlov istého rozmeru, ktorá v konečnom dôsledku určuje, koľko vzoriek bude použitých na výpočet farebnosti pixla. V prípade, že na výpočet farebnosti pixla bola použitá viac ako jedna vzorka, jedná sa o *oversampling*. Opakom toho je *undersampling*, čo znamená, že pre výpočet niekoľkých pixlov bola použitá jedna a tá istá vzorka. Obe metódy do značnej miery ovplyvňujú vizuálnu kvalitu výstupu a dopad na časovú náročnosť výpočtu. Vo V-Ray sú k dispozícii tri vzorkovacie algoritmy.

5.2.1. Fixed (fixné vzorkovanie)

V prípade algoritmu *Fixed* sa jedná o najjednoduchší spôsob vzorkovania. Výpočet každého pixla prebieha na základe fixne nastaveného počtu vzoriek bez ohľadu na akékoľvek ďalšie okolnosti scény. Jediný parameter, ktorý tento výpočet ovplyvňuje je parameter *Subdivs* (Subdivisions) a jeho hodnota definuje rozmer vzorkovacej matice pre každý pixel. To znamená, že v prípade, ak *Subdivs* nastavíme na číselnú hodnotu 2, bude pre každý pixel použitá matica vzorkovania o veľkosti 2x2, takže výpočet zafarbenia pixla bude realizovaný na základe 4 vzoriek.

Posúdenie algoritmu. Algoritmus vzorkovania metódy fixného vzorkovania je obecné najpresnejší, hoci neobratný, preto je považovaný za najpomalší. Nakoľko sa v rámci vizualizácii interiérov pomerne často stáva, že značnú časť snímky tvoria steny alebo iné jednotvárne plochy, výber tejto metódy má za následok častokrát zbytočne zdĺhavý renderovací čas. Na druhej strane je algoritmus pomerne vhodný pri detailných zobrazeniach veľmi komplexných scén, v ktorých sa vyskytujú malé objekty a kvalitné textúry alebo v prípade opakovaného výskytu vzorkovacích nepresností, ktoré nebolo možné odstrániť inak. Na obrázku 5.6 je vidieť grafický výstup algoritmu pre hodnoty *Subdivs* 1 a 4.

5.2.2. Adaptive DMC (Deterministický Monte Carlo)

Jedná sa o V-Ray modifikáciu vzorkovania pomocou algoritmu Monte Carlo¹⁴. V prípade deterministického Monte Carlo prebieha určenie veľkosti matice vzorkovania prostredníctvom exaktného výpočtu, teda nie náhodne, ako je tomu v prípade klasického algoritmu Monte Carlo. Rozmer matice je určený na základe porovnania rozdielu farebnej intenzity susediacich pixlov [27]. Predstavme si, že vykresľujeme jednofarebnú stenu. Algoritmus pomocou výpočtu zistí, že susediace pixle majú veľmi podobnú farebnú intenzitu a preto použije na ich vzorkovanie maticu menšieho rozmeru, čím počas vykresľovania celej steny ušetrí renderovací čas. Naopak, ak by sme v scéne mali tenkú škáru, algoritmus zistí, že susediace pixle majú príliš odlišnú farebnú intenzitu a tak použije pri výpočte väčší rozmer vzorkovacej matice. Hodnoty parametrov *Min Subdivs* a *Max Subdivs* určujú minimálny a maximálny rozmer matice vzorkovania.

Posúdenie algoritmu. Výhodou tohto algoritmu je schopnosť adaptovať sa vykresľovanej geometrii a tým disponovať kratšími renderovacími časmi a menšou spotrebou RAM. V porovnaní s algoritmom fixného vzorkovania dokáže ušetriť na jednoliatych plochách veľa času. Nastavenie algoritmu ponúka, okrem vyššie uvedených parametrov, manipuláciu s číselným atribútom *Color Threshold*. V prípade, že číselnú hodnotu znížime, značne predĺžime renderovací čas a výsledkom bude slabo pozorovateľná zmena v úrovni šumu a ostrosti. Na obrázku 5.6 je znázornený grafický výstup niekoľkých nastavení algoritmu. Voľbou algoritmu *Adaptive DMC* sme dosiahli najlepšie výsledky, čo sa týka pomeru kvality a výpočtového času.

5.2.3. Adaptive subdivision

Tento algoritmus, ako jediný, používa pri vykresľovaní *undersampling*, čo znamená, že pre viacero pixlov môže byť použitá tá istá farebná vzorka. Použitie *undersamplingu* predstavuje možné riziko nesprávneho vykreslenia a logickú chybovosť snímky. Výskyt a frekvenciu tejto chybovosti je možné zredukovať manipuláciou s parametrami *Threshold* alebo *Rand*, ktoré určujú farebnú senzitivitu alebo náhodnosť odberu vzorky [17]. Ostatné parametre algoritmu sa správajú podobne ako pri *Adaptive DMC*.

Posúdenie algoritmu. Na základe mnohých pokusov sa ukázalo, že hoci renderovací čas je pri voľbe algoritmu *Adaptive subdivision* o niečo kratší (no v prípade detailných scén to neplatí), možné riziko výskytu nepresností a nežiaducich grafických artefaktov v dôsledku *undersamplingu* za to nakoniec nestojí. Hoci sme s výsledkami algoritmu v rámci testovacej scény na obrázku 5.6 pomerne spokojní, pre ďalšiu prácu volíme algoritmus *Adaptive DMC*.

¹⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/Monte_Carlo_method

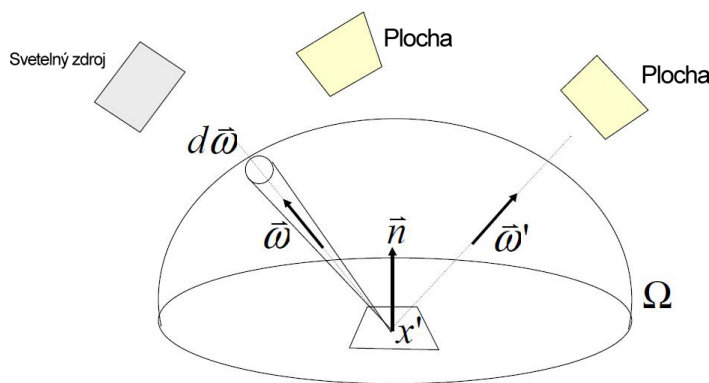


Obrázok 5.6: Porovnanie hodnôt a renderovacích časov algoritmov vzorkovania

5.3. Global Illumination (Globálne osvetlenie)

Pojem globálneho osvetlenia predstavuje spôsob, ktorým svetlo prichádza do kontaktu s geometrickým povrchom a akým sa svetlo od materiálov odráža ďalej. Pri každom odraze je istý zlomok svetelnej energie pohltенý a odraz svetla prebieha dovtedy, pokiaľ sa táto energia nestratí úplne. Jedným z najdôležitejších aspektov z hľadiska dovŕšenia vysoko fotorealistického vykreslenia snímku je určiť, ako sa má v prostredí scény táto energia šíriť a kedy sa má stratiť [17]. V zásade existuje rovnica, pomocou ktorej sa realizuje výpočet globálneho osvetlenia.

$$L_o(x', \vec{\omega}') = L_e(x', \vec{\omega}') + \int_{\Omega} f_r(x', \vec{\omega}, \vec{\omega}') L_i(x', \vec{\omega}) (\vec{\omega} \cdot \vec{n}) d\vec{\omega}$$



Obrázok 5.7: Grafické znázornenie výpočtu globálneho osvetlenia. Prevzaté z [28]

V prostredí renderovacieho mechanizmu V-Ray prebieha výpočet globálneho osvetlenia v dvoch hlavných krokoch:

1) Primary bounces (dopad priameho svetla). Jedná sa o výpočet priameho svetla, ktoré je vysielané zo svetelného zdroja. Nastaviteľný parameter *Multiplier* definuje mieru tohto osvetlenia. Pre prácu s fyzikálne korektným výpočtom je potrebné ponechať hodnotu parametra bez zmeny, tj. na hodnote 1.0. Okrem tejto hodnoty je možné určiť, ktorý algoritmus bude na tento výpočet použitý. K dispozícii sú algoritmy ako *Brute Force* (algoritmus hrubej sily), *Irradiance Map* (radiačná mapa), *Photon Map* (fotonová mapa) a *Light Cache* [18].

2) Secondary bounces (dopad odrazeného svetla). Táto etapa zahŕňa výpočet odrazeného svetla v scéne a počiatočným bodom pre výpočet je miesto, na ktoré dopadli lúče priameho svetla. Takisto, ako pri priamom svetle, hodnota parametra *Multiplier* určuje koeficient intenzity odrazeného svetla a číselná hodnota 1.0 predstavuje fyzikálne ko-

rektný výpočet osvetlenia. Pre výpočet odrazeného svetla ponúka V-Ray algoritmy, ako *Brute Force* (algoritmus hrubej sily), *Photon Map* (fotonová mapa) a *Light Cache* [18].

Na základe vlastnej praxe a praxe komerčných firiem môžeme konštatovať, že len niektoré kombinácie algoritmov sú pre výpočet globálneho osvetlenia reálne použiteľné. Dôvodom je skutočnosť, že niektoré algoritmy vo vzájomnej kombinácii (napr. *Light Cache* + *Light Cache*) nedokážu správne vykresliť niektoré grafické elementy ako napríklad kontrast alebo detail. Zmysluplné kombinácie algoritmov pre výpočet globálneho osvetlenia sú:

- *Primary bounces: Brute Force, Secondary bounces: Brute Force,*
- *Primary bounces: Brute Force, Secondary bounces: Light Cache,*
- *Primary bounces: Irradiance Map, Secondary bounces: Brute Force,*
- *Primary bounces: Irradiance Map, Secondary bounces: Photon Map,*
- *Primary bounces: Irradiance Map, Secondary bounces: Light Cache.*

Voľba kombinácie algoritmov pre výpočet globálneho osvetlenia sa líši v závislosti od niekoľkých faktorov. Napr. kombinácia *Irradiance Map* + *Photon map* je veľmi vhodná pre animáciu a kombinácia *Brute Force* + *Brute Force* dokáže byť rýchla a presná pri vykresľovaní exteriérov. V našej práci sa venujeme statickým snímkam interiérových scén a preto si správanie uvedených kombinácií algoritmov popíšeme práve s ohľadom na interiéry.

5.3.1. Brute Force (metóda hrubej sily)

Z hľadiska funkcionality sa jedná o jednoduchý algoritmus, ktorý realizuje výpočet globálneho osvetlenia zvlášť pre každý pixel na obrázku, tj. nezávisle od všetkých ostatných pixlov. Výstup algoritmu je tým pádom veľmi presný. Jediným parametrom algoritmu je číselná hodnota *Subdivs*, ktorej kvadratická hodnota určuje počet svetelných lúčov, ktoré budú vyslané z kamery, resp. z miesta dopadu primárneho svetla.

Posúdenie algoritmu. Výpočet globálneho osvetlenia pomocou algoritmu brutálnej sily generuje bezpochyby najkvalitnejšie a najpresnejšie výsledky, avšak na úkor nesmierne dlhých renderovacích časov. Táto skutočnosť je spôsobená takmer nulovou adaptabilitou algoritmu, resp. tým, že užívateľ môže ovládať algoritmus len prostredníctvom jediného parametra. Najprv sme skúsili použiť algoritmus pre výpočet priameho aj odrazeného svetla. Ako je na obrázku 5.8 vidieť, nízke hodnoty parametra *Subdivs* generujú príliš veľký šum, ktorý by bolo veľmi ťažké odstrániť postproduk-

ciou. Úroveň výskytu a redukcie šumu je priamoúmerná rozlíšeniu. Pri zvolenom rozlíšení 1200x900 mizne tento šum od hodnoty 30, čo je nesmierne veľa. Ďalšou nevýhodou algoritmu je, že výpočet osvetlenia nie je možné uložiť a opätovne použiť. Na obrázku 5.8 sú predstavené grafické výstupy algoritmu pre niektoré hodnoty parametru *Subdivs* v intervale medzi 1 až 30.



Obrázok 5.8: Globálne osvetlenie pomocou kombinácie *Brute Force* + *Brute Force*

Pri kombinácii s algoritmom *Light Cache* je výpočet podstatne rýchlejší, no stále zaostáva za výsledkami ostatných kombinácií, ktoré si popíšeme neskôr. Oveľa rozumnejšie znie použitie algoritmu v kontexte exteriérov, pri ktorých dochádza k podstatne väčšej strate slnečnej energie, nakoľko pri výpočte nie je potrebné brať do úvahy taký veľký počet fotónových odrazov. Na základe porovnania grafických výstupov na obrázku 5.8 a 5.9, zváženia renderovacích časov a kvality výstupu budeme pre budúcu prácu s algoritmom hrubej sily voliť hodnotu *Subdivs* rovnú 15.



Obrázok 5.9: Globálne osvetlenie pomocou kombinácie *Brute Force* + *Light Cache*

5.3.2. Irradiance map (radiačná mapa)

Pomocou tohto algoritmu je vytvorená trojdimenzionálna radiačná mapa zložená z bodov, ktoré sú rozmiestnené na povrchu objektov scény. Každý bod slúži ako koreňový prvok, pomocou ktorého algoritmus vypočíta hodnotu osvetlenia v jeho najbližšom okolí. Rozmiestnenie týchto bodov nie je náhodné, body sú úmerne rozmiestnené na základe komplexnosti geometrie, farebného kontrastu alebo rozdielnosti osvetlenia. Tieto aspekty je možné nastaviť pomocou parametrov *Clr. thresh*, *Nrm. thresh* a *Dist. thresh*. Z každého bodu radiačnej mapy sú následne vyslané svetelné lúče. Vyslanie lúčov prebieha na základe algoritmu quasi-Monte Carlo [17] a prostredníctvom nich dochádza k farebnému vykresleniu jednotlivých pixlov scény. Výhodou algoritmu je, že výpočet globálneho osvetlenia je možné uložiť a zakaiaľ nedôjde k modifikácii scény, nie je potrebné výpočet radiačnej mapy pri opakovanom renderingu realizovať viackrát. Algoritmus je závislý na pohľade a body radiačnej mapy sú rozmiestnené len na viditeľných miestach z bodu pozorovania.

Na základe rozdielu parametrov *Min rate* a *Max rate* určíme počet prechodov, počas ktorých bude algoritmus scénu “spoznávať”. Tento prechod je v prostredí V-Ray

označovaný anglickým termínom *Prepass*. Prvý prechod začína na nízkom rozlíšení scény. Postupným násobením rozlíšenia sa algoritmus blíži k pôvodnému rozlíšeniu, pričom každý prechod predstavuje detailnejší rozbor scény. Na základe týchto rozborov a postupných výpočtov algoritmus určí, kde sa v scéne budú jednotlivé body radiačnej mapy nachádzať. V nastaveniach tohto algoritmu môžeme nájsť prednastavené hodnoty jednotlivých atribútov algoritmu, tzv. *Presets*. Jedná sa o hodnoty, ktoré pomôžu menej skúseným užívateľom uľahčiť si prácu. Do parametrov je taktiež možné vkladať vlastné hodnoty. Význam týchto parametrov si popíšeme v nasledovných odsekoch.

Hemispheric subdivisions (HSph Subdivs). Pomocou tohto parametra je možné stanoviť počet vyslaných lúčov pre každý bod radiačnej mapy. Presný počet vyslaných lúčov z každého bodu predstavuje kvadratická hodnota zvoleného čísla, tj. pri hodnote *HSph Subdivs* rovnej 25 bude z každého bodu vyslaných 625 lúčov. Počet vyslaných lúčov je priamoúmerný výpočtovej náročnosti scény.

Interpladoin samples (Interp. Samples). Hodnota tohto parametra udáva, koľko okolitých bodov radiačnej mapy bude zohľadnených pri výpočte farebnej hodnoty pixlov v jeho okolí. Parameter zavádza vzájomnú interpoláciu jednotlivých bodov. Keďže zo správania algoritmu radiačnej mapy vyplýva, že tmavšie oblasti s menej komplexnou geometriou nepokrýva mnoho bodov, môže sa stať, že tieto oblasti budú chybné alebo nekvalitne vykreslené. Práve tento nedostatok sa snaží parameter odstrániť.

Clr thresh (Color threshold), Nrm thresh (Normal threshold) a Dist. thresh (Distance threshold). Tieto parametre ovplyvňujú rozmiestnenie bodov radiačnej mapy. Ich správanie je veľmi podobné, vysoká číselná hodnota každého z parametrov znižuje citlivosť algoritmu a vytvára tým mapu zloženú z menšieho počtu bodov. Nízka hodnota predstavuje vysokú citlivosť algoritmu a vytvára tým viac bodov.

Blur GI. Tento parameter je užitočný pri tvorbe animácií. Jedná sa o rozostrenie osvetlenia za účelom odstránenia nežiaducich artefaktov, ktoré by mohli pri tvorbe animácií vzniknúť. Nakoľko sa v tejto práci venujeme hlavne statickým snímkam a vplyv parametra na výpočtovú náročnosť je minimálny, nebudeme sa ním ďalej zaoberať.

Posúdenie algoritmu. Algoritmus radiačnej mapy je možné použiť len na výpočet priameho osvetlenia. Jeho výpočet sa správa pomerne rýchlo, algoritmus disponuje dostatočným množstvom parametrov, čo presne v rámci optimalizácie vyhľadávame. Ako je na obrázku 5.10 vidieť, renderovací čas je dokonca pri vysokých hodnotách nastavení na snímke č.3 (*Preset = HIGH*) veľmi nízky, výsledok neobsahuje šum a obrázok nemá zásadné grafické chyby alebo nedostatky. Kombinácia algoritmov *Irradiance Map* a *Brute Force* výborne zvládla tvorbu tieňov a odrazov. Pre ďalšiu prácu budeme pri nastaveniach *Irradiance Map* voliť *Preset = HIGH*, nakoľko sú z hľadiska kvality a renderovacieho času najbližšie našim očakávaniam.



Obrázok 5.10: Globálne osvetlenie pomocou kombinácie *Irradiance Map* + *Brute Force*

5.3.3. Photon Map (fotónová mapa)

Medzi základné charakteristiky fotónu patrí jeho farba a energia. Obe hodnoty sú určené na základe vlastností svetelného zdroja. Po tom, ako fotón narazí na nejaký objekt, dochádza k čiastočnej absorpcii farby objektu fotónom, ktorý sa od objektu odrazí a zároveň príde o časť svojej energie. Tento proces sa opakuje dovtedy, pokiaľ ostáva fotónu ešte nejaká energia. V prípade, že nastane kontakt fotónu s absolútne čiernym objektom, všetko svetlo a energia budú takýmto objektom pohltené.

Výpočet osvetlenia pomocou fotónových máp prebieha v dvoch fázach. V prvej fáze dochádza k vyslaniu svetla zo všetkých svetelných zdrojov v scéne a tie sú následne uložené do trojrozmernej dátovej štruktúry, tzv. fotónovej mapy [5]. V druhej fáze dochádza k odrazom týchto fotónov pokiaľ im ostáva nejaká energia, prípadne je možné počet týchto odrazov limitovať aj manuálne. Základné nastavenia fotónových máp v programe V-Ray je možné upravovať nasledovnými parametrami.

Bounces (Počet odrazov). Tento parameter reguluje počet odrazov fotónov. Pri zvolení hodnoty 0 v podstate nedochádza k výpočtu globálneho osvetlenia a oblasti, ktoré neboli priamo osvetlené zostávajú tmavé. Časy potrebné na vykreslenie snímku so zvyšovaním hodnoty jemne stúpajú, nejedná sa však o drastické natiahnutie výpočtu, nakoľko každým odrazom značne klesá energia každého fotónu. Hodnoty vyššie ako 10 na vizuálnu kvalitu scény prakticky nemajú vplyv a renderovací čas taktiež veľmi neovplyvňujú.

Auto search dist, Search dist (Automatické hľadanie vzdialenosti, Nastavenie vzdialenosti). Na základe týchto parametrov je možné nastaviť automatické, resp. manuálne interpolačné vzdialenosti medzi fotónmi, ktoré v podstate definujú polomer oblasti, ktorá bude pre výpočet osvetlenia samostatne použitá. Pre parameter *Search dist.* platí, že čím vyššia hodnota bude použitá, tým väčšia vzdialenosť a tým pádom viac fotónov bude pri vykresľovaní danej oblasti zohľadnených, čo sa prejavuje stratou detailu a väčšou výpočtovou náročnosťou [17]. Menšie hodnoty vykresľujú väčšie detaily za rýchlejší čas, no ich použitím hrozí vznik nechcených artefaktov. Parameter *Auto search dist* sa snaží tento problém riešiť automaticky, no hľadanie optimálnej vzdialenosti podstatne spomaľuje výpočet.

Max Photons (Maximálny počet fotónov). Ako názov napovedá, parameter stanovuje maximálny počet fotónov použitých na vykreslenie danej oblasti. Väčší počet fotónov zvyšuje jemnosť scény, čo je na úkor detailu. Rast výpočtovej náročnosti sa pri vyšších hodnotách nie je veľký.

Multiplier (Koeficient intenzity osvetlenia). Tento parameter globálne stanovuje koeficient svetelnej intenzity fotónov. V rámci programu V-Ray je možné nastaviť počet a intenzitu fotónov pre každý svetelný zdroj zvlášť. Po individuálnom nastavení intenzity sa jej hodnota vynásobí číselnou hodnotou tohto parametra. Nakoľko sa jedná o lineárny výpočet, ktorý postihuje všetky oblasti scény rovnako, číselné hodnoty parametra prakticky neovplyvňujú renderovací čas.

Max Density (Maximálna hustota fotónovej mapy). Úlohou parametra je limitovať rozlíšenie fotónovej mapy a tým množstvo použitej pamäte. Jeho hodnota určí, či bude do fotónovej mapy pridaný nový fotón alebo či bude energia svetla v danom bode pripočítaná už existujúcemu fotónu v jeho blízkosti. Použitím vysokej hodnoty algoritmu je možné použiť na výpočet veľa fotónov bez vplyvu na veľkosť fotónovej mapy.

Posúdenie algoritmu. Algoritmus fotónových máp je vhodný pri renderovaní interiérových scén v úlohe algoritmu pre výpočet odrazeného svetla a to predovšetkým v kombinácii so spomenutým *Irradiance Map*. Vďaka možnému uloženiu fotónovej mapy nie je potrebné vypočítavať mapovanie fotónov pri opätovnom renderovaní odznova. Nevýhodou je, že algoritmus stále nedokáže generovať fotóny z oblohy alebo okolia, čo zapríčiňuje prakticky nepoužiteľnosť pri exteriérových scénach a veľmi ob-

medzuje prácu s interiérom. Ďalšiu vec, ktorú je možné v rámci optimalizácie považovať za veľký problém je, že algoritmus spracováva fotóny zo všetkých svetelných zdrojov scény, tj. aj z tých, ktoré nie sú momentálne viditeľné. Týmto razantne spomaľuje výpočet predovšetkým pri veľkých scénach a vizualizáciách, v ktorých sa v jednom súbore nachádzajú modely niekoľkých izieb.



Obrázok 5.11: Globálne osvetlenie pomocou kombinácie *Irradiance Map* + *Photon Map*

5.3.4. Light Cache

Tento algoritmus bol vyvinutý autormi programu V-Ray a jeho návrh vychádza z konceptu fotónovej mapy. Hlavným rozdielom je, že fotóny nie sú vysielané zo svetelných zdrojov, ale z kamery. Vďaka tomu je algoritmus vhodný aj pre interiéry aj exteriéry. Táto vlastnosť taktiež znamená podstatné urýchlenie efektivity výpočtu, nakoľko vykreslené sú len tie oblasti, ktoré sú z daného miesta viditeľné. Podobne ako *Irradiance Map*, aj *Light Cache* závisí od pozorovacieho bodu. Príbuznosť s metódou fotónových máp možno nájsť aj vo formovaní zhluku bodov, tj. vzoriek, v ktorých sa

zbierajú informácie, ktoré budú použité pre výpočet osvetlenia danej oblasti. Uvedieme si stručný popis hlavných parametrov algoritmu.

Subdivs (Počet subdivízií). Tento parameter určuje počet lúčov, ktoré budú vyslané z kamery. Skutočný počet týchto lúčov je rovný kvadratickej hodnote zvoleného čísla. V rámci tohto algoritmu sa jedná o parameter s najväčším vplyvom na renderovací čas. Počet týchto lúčov je priamo úmerný kvalite globálneho osvetlenia.

Sample size (Veľkosť vzorky). Parameter slúži na určenie veľkosti oblasti vzoriek, ktoré budú algoritmom použité pre čiastočné výpočty. Vysoké hodnoty parametra majú za následok vytvorenie veľkých oblastí a väčšiu úsporu RAM. Malé hodnoty sú náročnejšie na výpočet a taktiež vyžadujú väčšie množstvo pamäte.



Obrázok 5.12: Globálne osvetlenie pomocou kombinácie *Irradiance Map* + *Light Cache*

Posúdenie algoritmu. Použitie algoritmu *Light Cache* má pri práci s vizualizáciou interiérov niekoľko výhod a dalo by sa konštatovať, že algoritmus veľmi elegantne vylepšuje metódu fotónových máp. Pri vykresľovaní scény dochádza k veľkému ušetreniu renderovacieho času tým, že výpočet je sústredený len na aktuálny pohľad kamery.

Algoritmus dokáže pracovať s každým svetelným zdrojom, vrátane *skylight*, HDRI máp a pod. Zároveň dokáže dosiahnuť ostré detaily pri vykresľovaní rohov a hrán. Počas procesu vypočítavania globálneho osvetlenia sa zobrazuje užívateľovi náhľad renderovanej scény a takmer po pár sekundách je vidieť približný náhľad osvetlenia celej scény, čo je nesmierne výhodné pri testovacích náhľadoch. Za nevýhodu možno považovať akurát závislosť od pohľadu kamery, čo je menej výhodné pri tvorbe animácií. Ako najefektívnejšiu alternatívu kombinácie algoritmov pre výpočet globálneho osvetlenia hodnotíme na základe výsledkov kombináciu algoritmov *Irradiance Map* + *Light Cache*.

5.4. Aplikácia nastavení na hotové scény

Účelom vyššie uvedených vedomostí bolo vytvorenie predstavy čitateľa o funkcionalite kľúčových nastavení a algoritmov, ktoré ovplyvňujú náročnosť vykresľovania snímky a zároveň o vplyve ich nastavení na grafický výstup scény. Na základe týchto vedomostí a posúdení jednotlivých algoritmov uvádzame Preset optimalizovaných nastavení, ktorý aplikujeme na dvojicu profesionálne vytvorených scén¹⁵. Pre porovnanie vykreslíme tie isté scény použitím profesionálneho Presetu, ktorý nám ponúkla profesionálna grafická firma. Náhľad číselných hodnôt oboch Presetov je uvedený v Prílohe 4. Grafické vykreslenie týchto scén necháme posúdiť trom nezávislým odborníkom a až po ich schválení budeme môcť globálne konštatovať, či daná optimalizácia mala zmysel a či nedošlo k výraznému zníženiu kvality nastavení.

5.4.1. Kúpeľňa

Autorom scény je firma Neopolis. s.r.o - Ing. Mikuláš Agárdy a Mgr. art. Tomáš Augustín. Scénu kúpeľne tvorí 503 objektov, 1 255 851 polygónov a 2 272 403 trojuholníkov. V scéne sa nachádzajú 3 svetlá typu *VRayLight*, a primárne osvetlenie vytvára *VRaySun*, *VRaySky* a *skylight*.

Pri použití pôvodného Presetu profesionálnej firmy bolo potrebné pre výpočet scény zohľadniť 1 745 060 lúčov z kamery (*Camera Rays*) a 697 203 727 lúčov globálneho osvetlenia (*GI Rays*). Celkový čas potrebný na vyrenderovanie scény bol 1h 31m 13s. Náhľad tejto snímky je uvedený na obrázku 5.13 hore.

Po vykreslení tej istej scény použitím optimalizovaného Presetu bolo z kamery vyslaných 882 568 lúčov (*Camera Rays*) a 81 854 214 lúčov globálneho osvetlenia (*GI Rays*). Čas potrebný na vykreslenie snímky bol 56m 8s. Náhľad tejto snímky je uvedený na obrázku 5.13 dole.

¹⁵ Preset nastavení bol na kompletne interiérové scény samozrejme použitý aj v štádiu svojho vývoja. Demonstrácia všetkých parametrov len na testovacej scéne bola zvolená čisto za účelom jednoduchosti.



Obrázok 5.13: Porovnanie snímok kúpeľne pred a po optimalizácii nastavení

5.4.2. Obývačka a kuchyňa

Autorom scény je firma Neopolis. s.r.o - Ing. Mikuláš Agárdy a Mgr. art. Tomáš Augustín. Scénu obývačky s kuchyňou tvorí dohromady 2752 objektov, 3 126 808 polygónov a 4 739 213 trojuholníkov. V scéne sa nachádza 15 svetiel typu *VRayLight*, nakoľko boli do všetkých okien scény vložené svetlá a primárne osvetlenie vytvára *VRaySun*, *VRaySky* a *skylight*.

Pri použití pôvodného Presetu profesionálnej firmy bolo potrebné pre výpočet scény zohľadniť 8 486 322 lúčov z kamery (*Camera Rays*) a 788 956 348 lúčov globálneho osvetlenia (*GI Rays*). Celkový čas potrebný na vyrenderovanie scény bol 4h 26m 1s. Náhľad tejto snímky je uvedený na obrázku 5.14 hore.

Po vykreslení tej istej scény použitím optimalizovaného Presetu bolo z kamery vyslaných 2 948 661 lúčov (*Camera Rays*) a 152 684 145 lúčov globálneho osvetlenia (*GI Rays*). Čas potrebný na vykreslenie snímky bol 1h 32m 14s. Náhľad tejto snímky je uvedený na obrázku 5.14 dole.

5.5. Posúdenie optimalizácie odborníkmi

Na obrázkoch 5.13 a 5.14 sme demonštrovali vyrenderované snímky scény kúpeľne a obývačky s kuchyňou. Jeden snímok bol vykreslený použitím Presetu profesionálnej firmy, druhý bol vyrenderovaný použitím optimalizovaných nastavení. Aby sme zbytočne nenaťahovali počet strán tejto práce, sú v jej texte na obrázkoch uvedené len niektoré snímky, ktoré boli odborníkom predložené na posúdenie. Pre náhľad všetkých predložených snímok v pôvodnom rozlíšení, taktiež ako rozdielových snímok jednotlivých výstupov, odporúčam pozrieť obsah priloženého CD.

Názor odborníka č.1.



„Všetky snímky už na prvý pohľad vykazujú len nepatrné rozdiely. Je dôležité povedať, že až po identifikovaní údajov o čase spracovania je zrejme, ktorý snímok by mal byť kvalitnejší. Je dokonca možné, že človek bez skúseností v oblasti tvorby vizualizácií, pre ktorého je v konečnom dôsledku výstup určený, by ako lepší určil snímok spracovaný za kratší čas.

Jednou z viditeľných odlišností rýchlejšie spracovanej verzie sú menej výrazné ostré odlesky kovových a sklenených prvkov, ktoré však môžu pôsobiť mierne rušivo. Aj z tohto dôvodu by bolo objektívnejšie porovnať oba výstupy s reálnym, rovnakým interiérom na fotke.



Obrázok 5.14: Porovnanie snímok obývačky pred a po optimalizácii nastavení

Ďalším dôležitým rozdielom, nie však závažným, sú plochy s nerovnomerne rozloženým svetlom, ktoré pôsobia ako „flakaté“. Zo skúsenosti však viem, že jediným riešením je zvýšenie kvality parametrov renderovaného snímku, čo je však priamoúmerné celkovému času jeho spracovania a v tomto prípade nie až tak viditeľné.

Všetky porovnávané snímky dokazujú, že práca s nastaveniami mala zmysel, keďže čas potrebný na spracovanie sa výrazne skrátil a kvalitatívne rozdiely finálnych výstupov sú minimálne.

Ing. arch. Radomír Krkoš,
architekt

Názor odborníka č.2



„Napriek tomu, že mám s renderingom vo V-Ray nemalé skúsenosti, výsledky tejto optimalizácie ma nesmierne prekvapili. Na snímkach je síce vidieť istý rozdiel, no skôr sa jedná len o rozdielne rozmiestnenie grafických elementov, ako sú šum alebo vzorky globálneho osvetlenia. Osobne ma najviac prekvapilo, ako veľmi sa podarilo výpočet scény urýchliť, nakoľko som sa touto problematikou tiež zaoberal a musím konštatovať, že optimalizované nastavenia prevýšili moje vlastné výsledky.

Viem si predstaviť, že by som vedel optimalizovaný Preset pri svojej práci využiť, nakoľko sa z môjho pohľadu jedná o úspešné vykonanie optimalizácie, ktoré nemá výrazný vplyv na kvalitu výstupu.”

Ing. Arch. Ján Morong,
architekt

Názor odborníka č.3



„Som veľmi spokojný s výsledkami. Ukázalo sa, že je možné nájsť optimalizované nastavenie, ktoré radikálne zníži čas na vygenerovanie snímku. Pre nás je najlepšie, ak dokážeme rýchlo a dobre vyhotoviť snímok pre klienta. V tomto prípade sa to podarilo, aj keď pri malej strate kvality, ktorá je avšak vo väčšine prípadov zanedbateľná. Podľa predpokladov s malým časovým navýšením pri upravenom Presete by sme dokázali odstrániť aj vzniknuté flaky, čo pre nás stále znamená obrovský zisk času voči pôvodným 4h 26m.”

Ing. Mikuláš Agárdy,
živnostník

5.6. Záver kapitoly

Na základe kvalifikovaných referencií vyššie uvedených odborníkov môžeme prehlásiť, že Preset optimalizovaných nastavení spĺňa požiadavky na kvalitu výstupu scény a je preto použiteľný v kontexte vizualizácií. Príjemným faktom je, že optimalizované nastavenia majú pomerne globálny charakter a Preset je možné aplikovať aj na exteriérové scény. Pri optimalizácii parametrov V-Ray sme prišli k nasledovným záverom:

- Ideálna voľba vzorkovacieho algoritmu je *Adaptive DMC*. Hodnotu *Min subdivs* stačí ponechať na 1 a *Max subdivs* na 5 alebo 6. Vyššie hodnoty predstavujú väčšiu kvalitu snímky. Rýchlosť výpočtu v najväčšej miere ovplyvňuje parameter *Clr thresh* a aby sa nejavil snímok málo ostrý, mala by sa jeho hodnota pohybovať približne pod 0.01.
- Pri výpočte globálneho osvetlenia sme najlepšie výsledky dosiahli použitím kombinácie *Irradiance map* + *Light Cache*.
- Rýchlosť výpočtu algoritmu *Irradiance map* najviac ovplyvňujú hodnoty parametrov *HSh. subdivs* a *Interp. samples*. Voľbu *Detail enhancement* je lepšie vypnúť, pretože zbytočne spomaľuje výpočet. Jedná sa o metódu, ktorá pomocou algoritmu hrubej sily vykreslí detailné miesta v scéne a má zmysel jedine pri snímkach s veľmi veľkým rozlíšením alebo veľmi kvalitných vizualizáciách.
- Najdôležitejšie parametre algoritmu *Light Cache* z hľadiska optimalizácie sú *Subdivs* a *Sample size*. Hodnoty vyššie ako 1000 pre parameter *Subdivs* a menšie ako 0.015 pre *Sample size* postačujú pre zachovanie kvality výstupu.
- Pod *V-Ray:: DMC Sampler* sa nachádzajú nastavenia, ktoré globálnym spôsobom ovplyvňujú správanie použitých algoritmov. Veľkou výhodou je, že parametre je možné meniť bez toho, aby došlo k modifikácii nastavených hodnôt jednotlivých algoritmov.
- Parameter *Subdivs* sa taktiež vyskytuje pri tvorbe materiálov a svetiel. Keďže materiálov a svetiel sa v každej kompletnej interiérovej scéne nachádza niekoľko, vysoké hodnoty tohto parametru drasticky spomaľujú vykreslenie scény. Preto je potrebné pri vytváraní optimalizovaných nastavení zohľadniť aj tento parameter. Pri materiáloch nie je potrebné nastaviť hodnotu *Subdivs* vyššiu ako 8, zakiaľ sa nejedná o detailné zobrazenia. Pri svetlách je postačujúce nastaviť túto hodnotu na 5.

V tejto kapitole sme si predstavili väčšinu algoritmov renderovacieho mechanizmu V-Ray a porovnali sme si grafický výstup a renderovacie časy algoritmov vzorkovania a kombinácie algoritmov globálneho osvetlenia. Preset optimalizovaných nastavení je možné nájsť na priloženom CD.

6. Záver

Cieľom diplomovej práce bolo prezentovať čitateľovi životný cyklus vizualizácie interiérov so zameraním na tvorbu materiálov, farebnú kompozíciu, osvetlenie scény a vykreslenie jej grafického výstupu. V texte práce sú taktiež popísané súčasné možnosti užívateľa vo voľbe softvéru na návrh výkresov, vytvorenie kompletnej 3d scény, finálneho renderingu a prípadnej postprodukcie. Práca sa primárne nezaobrá etapou tvorby a návrhu technického výkresu, no ponúka čitateľovi prehľad najznámejších programov na realizáciu tohto štádia a to spolu s názorom odborníka, ktorý s daným programom profesionálne pracuje.

Súčasťou práce je priložené CD, na ktorom je možné nájsť hotové V-Ray materiály, mnoho vyrenderovaných snímok vo vysokom rozlíšení, pomocou ktorých sme analyzovali jednotlivé nastavenia renderovacieho mechanizmu V-Ray a optimalizovaný Preset, pomocou ktorého je možné renderovať vo V-Ray niekoľkonásobne rýchlejšie. Postup tejto optimalizácie sme si popísali v Kapitole 5.

Osobne verím, že by práca našla svoje uplatnenie u ľudí, ktorí disponujú čiastočným alebo ukončeným architektonickým vzdelaním a tvorbe vizualizácií sa plánujú venovať profesionálne. Práca je koncipovaná tak, aby bola prínosná pre menej aj viac skúsených užívateľov a nesnaží sa zaťažovať čitateľa technickými podrobnosťami. Najväčší dôraz je totiž kladený na jej aplikovateľnosť v dizajnerskej praxi. Dôkazom toho sú hotové materiály uložené na CD spolu s optimalizovaným Presetom nastavením parametrov V-Ray, ktorý výrazným spôsobom pomohol nemenovanej profesioneľnej firme, jej zamestnancom ušetriť hodiny renderovacieho času a tí ho pri svojej práci používajú dodnes.

K motívu písania tejto práce som prišiel počas vykonávania svojej povinnej praxe v spoločnosti UniNet-CsI v rámci študijného oboru SSME, počas ktorej som spoznal ľudí, ktorí sa v danej oblasti profesionálne pohybujú. Práca s 3d ma fascinovala už od čias strednej školy, preto som veľmi rád, že mi bolo umožnené sa tejto oblasti venovať aj vo svojej záverečnej práci. Napriek pomerne veľkému rozsahu práce som si vedomý toho, že práca nerieši jednotlivé etapy realizácie interiérov dopodrobna a preto je určite možné na prácu nadviazať hneď niekoľkými spôsobmi.

Literatúra

- [1] *Vizualizace* [online]. 2012. Dostupné z WWW:
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Vizualizace> >.
- [2] *Autodesk AutoCAD 2011* [online]. 2011. Dostupné z WWW:
<<http://www.digzip.com/software/sk/featured/autodesk-autocad-2011/>>.
- [3] *AutoCAD 2013* [online]. 2012. Dostupné z WWW:
<http://images.autodesk.com/adsk/files/autocad_2013_product_brochure_us.pdf>.
- [4] *ArchiCAD 16 Brochure* [online]. 2012. Dostupné z WWW:
<http://download.graphisoft.com/ftp/marketing/ac16/pdf/archicad16_brochure.pdf>.
- [5] ŽÁRA, J., BENEŠ, B., SOCHOR, J. a FELKEL, P. *Moderní počítačová grafika*. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0454-0
- [6] *Rhinoceros v4.0 SR8* [online]. Dostupné z WWW:
<<http://tahaj.sme.sk/software/24#>>.
- [7] *MicroStation - Product Data Sheet* [online]. 2010. Dostupné z WWW:
<http://ftp2.bentley.com/dist/collateral/docs/microstation/microstation_product_data_sheet.pdf>.
- [8] *MicroStation v8i – 10 duvodu* [online]. Dostupné z WWW:
<www.hsi.cz/file/492>.
- [9] *What makes SketchUp great?* [online]. 2008. Dostupné z WWW:
<<http://sketchup.google.com/intl/en/product/features.html>>.
- [10] *Google SketchUp Plugins* [online]. 2008, aktualizované v marci 2012. Dostupné z WWW: <<http://sketchup.google.com/intl/en/download/plugins.html>>.
- [11] *V-Ray Features* [online]. 2010. Dostupné z WWW:
<<http://www.spot3d.com/vray/help/150SP1/features.htm>>.
- [12] *Mental Ray* [online]. 2012, aktualizované 16. apríla 2012. Dostupné z WWW:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Mental_ray>.

- [13] STARMER, A. *Barevná harmonie*. Praha: Slovart, s. r. o., 2007. ISBN 978-80-7391-610-7
- [14] *4-Primary Color Wheel – Ewald Hering's Color Chart* [online]. 2012. Dostupné z WWW: <<http://www.dreamhomedecorating.com/primary-color-wheel.html>>.
- [15] KUBOVSKÝ, I. a URGELA, S. *Farba a svetlo*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2004. ISBN 80-228-1399-0
- [16] *Blue Most Popular Colour Worldwide, Finds Dulux Paints Survey* [online]. 2011. Dostupné z WWW: <<http://kakonged.wordpress.com/2011/09/23/blue-most-popular-colour-worldwide-finds-dulux-paints-survey/>>.
- [17] LEGRENZI, F. *Vray - THE COMPLETE GUIDE*. Borgosatollo: Industrie Grafiche Stilgraf, 2008. ISBN 888813723-8
- [18] KUHLO, M. a EGGERT, E. *Architectural Rendering with 3ds Max and V-Ray*. New York: Focal Press, 2010. ISBN 978-0-240-81477-3
- [19] *Luminous Flux* [online]. 2012. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Luminous_flux>.
- [20] *Luminance* [online]. 2012. Dostupné z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Luminance>>.
- [21] *Understanding IES Lights* [online]. 2011. Dostupné z WWW: <<http://www.cgarena.com/freestuff/tutorials/max/ieslights/>>.
- [22] DORSEY, J., RUSHMEIER, H. a SILLION, F. *Modeling of Material Appearance*. Čína: Elsevier Inc., 2008. ISBN 978-0-12-221181-2
- [23] KOTRADYOVÁ, V. a kol. *Dizajn Nábytku*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2009. ISBN 978-80-227-3006-8
- [24] PROKOPOVÁ, H. a ŠTORK, V. *Čalounený nábytek*. Brno: ERA group spol. s.r.o., 2006. ISBN 80-7366-053-9
- [25] BROOKER, D. *Essential CG Lighting Techniques with 3ds Max*. London: Elsevier Ltd., 2006. ISBN 978-0-2405-2022-3
- [26] LIVNY, B. *mental ray for Maya, 3ds Max and XSI*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., 2008. ISBN 978-0-470-00854-6

- [27] *Image Sampler (Antialiasing)* [online]. Dostupné z WWW:
<http://www.spot3d.com/vray/help/150SP1/render_params_imagesampler.htm>.
- [28] *Global Illumination* [online]. 2002. Dostupné z WWW:
<<http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall02/cs526/lectures/global.pdf>>.

Príloha 1: CD médium

Priložené CD médium obsahuje nasledovné informácie a súbory:

- Diplomovú prácu v elektronickej podobe vo formátoch DOC a PDF (adresár `text_thesis`)
- Knižnicu 20 najčastejšie používaných materiálov v interiérových scénach. Textový prehľad týchto materiálov spolu s ich grafickým náhľadom je uvedený v Prílohe 3.
- Mnoho vyrenderovaných snímok testovacej scény vo vysokom rozlíšení, ktoré z pochopiteľných dôvodov neboli uvedené v plnej veľkosti v texte práce.
- Optimalizovaný súbor nastavení (Preset) renderovacieho mechanizmu V-Ray a Preset nastavení profesionálnej grafickej firmy.

Príloha 2: Porovnávacia tabuľka SW

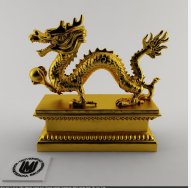
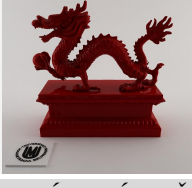
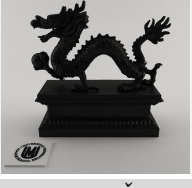
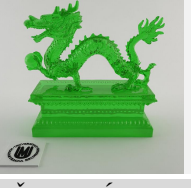
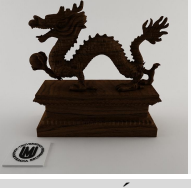
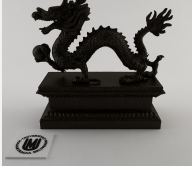
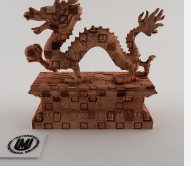
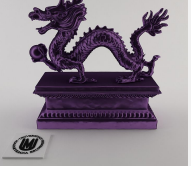
Nasledovná tabuľka sumarizuje porovnávacie atribúty najznámejších programov na tvorbu 3d scény. Podobne ako v druhej kapitole, hodnotenie niektorých týchto aspektov má slovný charakter a jeho hodnoty sú zoradené v nasledovnom poradí: *Slabá, Stredná, Dobrá, Veľmi dobrá, Výborná*.

	<i>Autodesk 3ds Max</i>	<i>Autodesk Maya</i>	<i>Cinema 4D</i>	<i>Rhinoceros</i>	<i>MicroStation</i>	<i>Google SketchUp</i>
Aktuálna verzia	Autodesk 3ds Max 2012	Autodesk Maya 2012	Cinema 4D Release 13	Rhino 4.0	MicroStation V8i	Google SketchUp 8.0
Aktuálna Cena	\$3,495	\$3,495	\$959 - \$3,695	\$995	\$6,290	\$580
Vývojová platforma	Windows	Windows, Mac OS, Linux	Windows, Mac OS	Windows	Windows	Windows, Mac OS
Intuitívnosť rozhrania	Stredná	Veľmi dobrá	Výborná	Dobrá	Veľmi dobrá	Výborná
Podpora školiacich materiálov	Výborná	Veľmi dobrá	Stredná	Stredná	Slabá	Dobrá
Primárny renderovací mechanizmus	Scanline, Mental Ray, Light Tracer, Quicksilver	Interný, Mental Ray, Vector Renderer, OpenGL	Advanced Renderer, Sketch and toon	-	Luxology Rendering	-
Renderovací mechanizmus ako plugin	V-Ray, Maxwell, Brazil r/s, Arion Renderer, Illustrate!, Gelato	V-Ray, Mental Ray, Maxwell, Renderman, finalRender, Gelato	V-Ray, Mental Ray, Arion Renderer, finalRender, Renderman, Maxwell	V-Ray, Brasil, Flamingo, Maxwell, Auxpexker, Badger, Bongo	Maxwell	V-Ray, Maxwell, Indigo, LumenRT, Carravaggio
Použiteľnosť na vizualizácie interiérov	Výborná	Dobrá	Výborná	Veľmi dobrá	Dobrá	Slabá

Tabuľka P2: Porovnávacia tabuľka najznámejších SW na tvorbu vizualizácií

Príloha 3: Zoznam materiálov

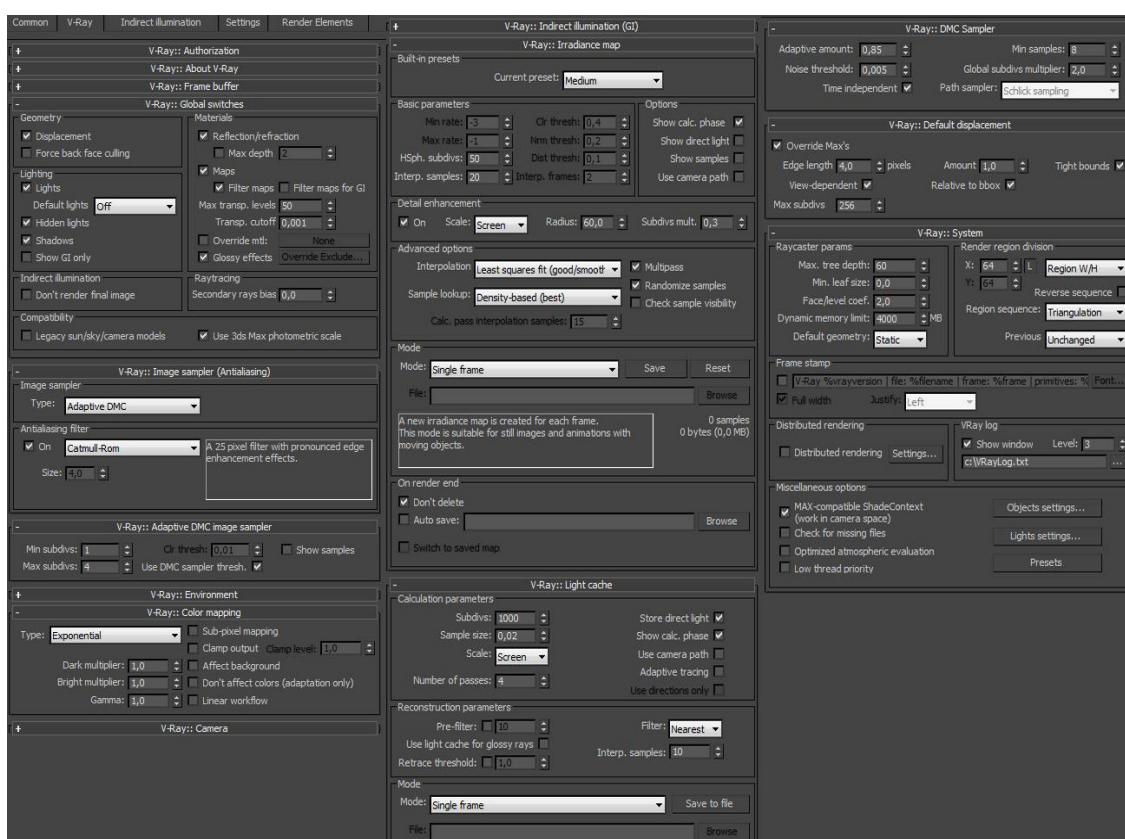
V tejto prílohe sa nachádza textový a obrazový zoznam všetkých vytvorených materiálov. V Kapitole 4 sme si popísali tvorbu niektorých materiálov, ktoré sa v interiéroch vyskytujú najčastejšie a mimo nich sme vytvorili niekoľko ďalších. Knižnica všetkých uvedených materiálov sa nachádza na priloženom CD.

MATNÝ KOV	BRONZ	NEREZOVÁ OCEĽ	ZLATO
			
HLINÍK	MEĎ	MRAMOR	PORCELÁN
			
ČÍRE SKLO	PIESKOVANÉ SKLO	FAREBNÉ SKLO	KERAMIKA
			
LESKLÝ PLAST	MATNÝ PLAST	PRIEHĽADNÝ PLAST	TÍKOVÉ DREVO
			
ANILÍNOVÁ KOŽA	SEMIŠ	POŤAHOVÝ TEXTIL	HODVÁB
			

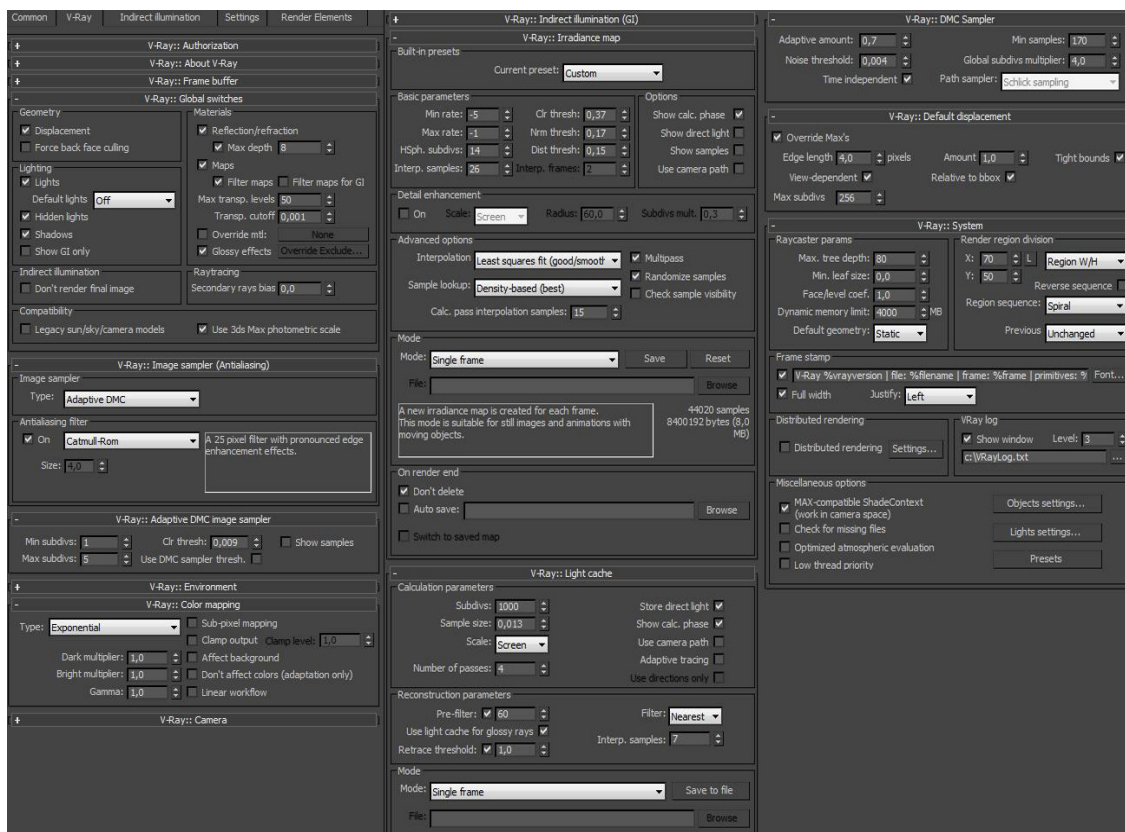
Obrázok P3: Zoznam a grafický náhľad vytvorených materiálov

Príloha 4: Preset nastavení

Na obrázku P4.1 je uvedený náhľad číselných hodnôt parametrov V-Ray, ktoré pri vykresľovaní interiérových scén používa profesionálna dizajnerska firma. Zároveň je na obrázku P4.2 uvedený náhľad optimalizovaných nastavení týchto parametrov. Všetky okná, ktoré na obrázkoch nie sú zobrazené (ako napríklad *V-Ray::Camera* a iné) ostali vo svojich pôvodných nastaveniach. Oba Presety sa nachádzajú v elektronickej forme na priloženom CD.



Obrázok P4.1: Preset nastavení V-Ray profesionálnej grafickej firmy



Obrázok P4.2: Preset optimalizovaných nastavení V-Ray