

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA EKONOMICKO-SPRÁVNÍ

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2023

Tomáš Valášek

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní

Návrh 3D modelu objektu

Bakalářská práce

2023

Tomáš Valášek

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní  
Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Tomáš Valášek**  
Osobní číslo: **E20093**  
Studijní program: **B0688A050001 Aplikovaná informatika**  
Specializace: **Multimédia ve firemní praxi**  
Téma práce: **Návrh 3D modelu objektu**  
Zadávající katedra: **Ústav systémového inženýrství a informatiky**

## Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce je vytvoření studijního materiálu k problematice tvorby pokročilejšího 3D modelu objektu. Objekt bude vytvořen ve zvoleném programovém prostředí a bude obsahovat i texturované prvky.

Osnova:

- Základní pojmy z oblasti 3D modelování
- Charakteristika nástrojů pro 3D modelování
- Fáze tvorby modelu a používané techniky
- Metodický postup tvorby zvoleného 3D modelu
- Doporučení a závěr

Rozsah pracovní zprávy: **30 až 40 stran**  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

The art of Maya: an introduction to 3D computer graphicskur. 4th ed. San Rafael: Autodesk, c2007. ISBN 978-1-8971-7747-1.

PALAMAR, Todd. Mastering Autodesk Maya 2016. Indianapolis, Indiana: Sybex, a Wiley brand, [2016]. ISBN 1119059828.

Autodesk, Inc. 3DS Max 2020 Help [online]. Dostupné z:  
<https://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2020/ENU/>

Autodesk, Inc. Maya 2020 Help [online]. Dostupné z: <http://help.autodesk.com/view/MAYAUL/2020/ENU/>

ATT, Alan.3D computer graphics.New York: Pearson Education, c2000. ISBN 0-201-39855-9.

POKORNÝ, Pavel. Blender: naučte se 3D grafiku. Praha: BEN – technická literatura, 2006. blender. ISBN 80-7300-203-5.

LOOSE, Duane. 3DS MAX 4: uživatelská příručka. Praha: Computer Press, 2001. DTP & grafika. Pro každého uživatele. ISBN 80-7226-587-3.

The art of Maya: an introduction to 3D computer graphics. 4th ed. San Rafael: Autodesk, c2007. ISBN 978-1-8971-7747-1.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Pavel Petr, Ph.D.**  
Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **1. září 2022**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2023**

L.S.

**prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D.** v.r.  
děkan

**RNDr. Ing. Oldřich Horák, Ph.D.** v.r.  
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 1. září 2022

## PROHLÁŠENÍ AUTORA

Práci s názvem Návrh 3D modelu objektu jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnici Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 4. 2023

Tomáš Valášek v. r.

## **PODĚKOVÁNÍ:**

Rád bych tímto poděkoval panu doc. Ing. Pavlu Petrovi, PhD. za odborné konzultace, ochotu a trpělivost v průběhu zpracování této bakalářské práce.

## **ANOTACE**

*Práce je věnována podrobnému postupu při modelování objektů v trojrozměrném prostoru, jeho následnému texturování, přípravě scény a vykreslení statického snímku za pomoci programu Autodesk 3DS Max. Zabývá se tak celým základním procesem v tvorbě 3D modelu.*

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*3D grafika, 3D modelování, texturování, vykreslování, Autodesk 3DS Max*

## **TITLE**

*Modeling of 3D object*

## **ANNOTATION**

*The work is devoted to the detailed procedure of polygon modeling of objects in three-dimensional space, its subsequent texturing, scene preparation and rendering of a static image using Autodesk 3DS Max. It deals with the whole basic process in 3D creation.*

## **KEYWORDS**

*3D graphic, 3D modeling, texturing, rendering, Autodesk 3DS Max*

# OBSAH

ÚVOD.....	13
<b>1 ZÁKLADNÍ POJMY V 3D GRAFICE .....</b>	<b>14</b>
1.1 Historie v kostce .....	14
1.2 Profesní využití.....	14
1.3 Prostředí ve 3D .....	15
1.3.1 Kartézská soustava souřadnic v prostoru .....	15
1.3.2 Základní typy projekce .....	16
1.4 Modelovací techniky.....	17
1.4.1 Geometrická primitiva .....	17
1.4.2 Constructive Solid Geometry (CSG) .....	17
1.4.3 NURBS křivky a povrchy .....	18
1.4.4 Polygonové modelování .....	19
1.4.5 Ostatní techniky .....	21
1.5 Materiály a textury .....	23
1.5.1 Texturování.....	24
1.5.2 Základní typy textur.....	25
1.5.3 UV mapa a unwrap .....	27
1.6 Animování.....	28
1.7 Osvětlení.....	30
1.8 Rendering .....	33
<b>2 SOFTWARE A JEHO NÁSTROJE.....</b>	<b>35</b>
2.1 Vybraný software – Autodesk 3ds Max.....	35
2.1.1 Historie Autodesk 3ds Max.....	35
2.1.2 Výhody, nevýhody a alternativy .....	36
2.2 Rozhraní a nástroje Autodesk 3ds Max .....	37
2.2.1 Horní panel .....	38
2.2.2 Viewport.....	40



2.2.3	Scene & Layer Explorer .....	42
2.2.4	Command panel .....	43
2.2.5	Nástroje polygonového modelování.....	44
2.2.6	Slate Material Editor .....	47
2.2.7	Render Setup .....	48
2.3	Klávesové zkratky .....	50
<b>3</b>	<b>FÁZE TVORBY MODELU .....</b>	<b>51</b>
3.1	Předprodukce .....	51
3.1.1	Výběr předlohy .....	51
3.1.2	Shromáždění referenčních materiálů .....	51
3.1.3	Zpracování technického výkresu.....	52
3.2	Produkce.....	53
3.2.1	Nastavení scény.....	53
3.2.2	Modelování.....	58
3.2.3	Materiály a texturování.....	85
3.2.4	Osvětlení.....	87
3.3	Postprodukce .....	90
3.3.1	Vykreslení (Rendering) .....	90
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>92</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>93</b>
	<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>98</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1: Levotočivá a pravotočivá kartézská soustava souřadnic .....	15
Obrázek 2: Tři typy použití úběžníků v perspektivě .....	16
Obrázek 3: Typy boolean operací .....	17
Obrázek 4: Ukázka metody NURBS .....	18
Obrázek 5: Polygonová síť a její části .....	19
Obrázek 6: Nízký, střední a vysoký počet polygonů .....	19
Obrázek 7: Tris, quad a N-gon .....	20
Obrázek 8: Postup digitálního sochařství .....	21
Obrázek 9: Vizualizace principu fotogrammetrie .....	21
Obrázek 10: Simulace textilu na objektu .....	22
Obrázek 11: Modulární modelování .....	22
Obrázek 12: Příklady materiálů .....	23
Obrázek 13: Příklady textur .....	23
Obrázek 14: Model bez textur a s texturami .....	24
Obrázek 15: Bump, Normal a Displacement mapa .....	25
Obrázek 16: Specular mapa .....	26
Obrázek 17: Použití Occlusion mapy .....	26
Obrázek 18: 3D model kostky a její UV mapa .....	27
Obrázek 19: Nefunkční a funkční UV mapa .....	27
Obrázek 20: Náhledový snímek z animovaného filmu Shrek .....	28
Obrázek 21: Kosterní soustava v lidském těle .....	29
Obrázek 22: Motion Capture v praxi (film: Planeta Opic) .....	29
Obrázek 23: Osvětlení 3D modelu ve studiovém setupu .....	30
Obrázek 24: Žádné, přímé a nepřímé světlo .....	31
Obrázek 25: Osvětlení pomocí bodového světla (Spotlight) .....	32
Obrázek 26: Vizualizace kamery ve scéně .....	33
Obrázek 27: Porovnání původní verze Mafia 1 (2001) s předělanou verzí (2019) .....	34
Obrázek 28: Fotorealistické vykreslení 3D modelů .....	34
Obrázek 29: Aktuální logo Autodesk 3ds Max 2023 .....	35
Obrázek 30: Rozhraní 3ds Max po spuštění .....	37
Obrázek 31: Popsání horního panelu .....	38
Obrázek 32: Nastavení Snap Toggles .....	39
Obrázek 33: Viewport s aktivní mřížkou .....	40
Obrázek 34: Popsání částí viewportu .....	41

<b>Obrázek 35:</b> Scene Explorer .....	42
<b>Obrázek 36:</b> Layer Explorer .....	42
<b>Obrázek 37:</b> Create panel a Modify panel v Command Panelu .....	43
<b>Obrázek 38:</b> Selection, Edit Edges a Edit Geometry.....	44
<b>Obrázek 39:</b> Funkce Connect a Cut.....	45
<b>Obrázek 40:</b> Inset, Extrude a Chamfer .....	46
<b>Obrázek 41:</b> Funkce Loop.....	46
<b>Obrázek 42:</b> Slate Material Editor a jeho popis .....	47
<b>Obrázek 43:</b> Render setup .....	48
<b>Obrázek 44:</b> Common a Renderer panel.....	49
<b>Obrázek 45:</b> Referenční materiály: Lego panáček .....	51
<b>Obrázek 46:</b> Zpracování technického nákresu pro 3ds Max.....	52
<b>Obrázek 47:</b> Nastavení metriky .....	53
<b>Obrázek 48:</b> Nastavení scény: Tvorba plošiny .....	54
<b>Obrázek 49:</b> Nastavení scény: Centrování plošiny .....	54
<b>Obrázek 50:</b> Nastavení scény: Rotace plošin .....	55
<b>Obrázek 51:</b> Nastavení scény: Finální pozice plošin .....	55
<b>Obrázek 52:</b> Nastavení scény: Tvorba materiálu s texturou .....	56
<b>Obrázek 53:</b> Nastavení scény: Výsledek .....	57
<b>Obrázek 54:</b> Hlava: Vytvoření ChamferCyl .....	58
<b>Obrázek 55:</b> Hlava: Nastavení parametrů ChamferCyl .....	59
<b>Obrázek 56:</b> Hlava: Polygon Mode, Backface a Výběr.....	59
<b>Obrázek 57:</b> Hlava: Použitý Inset.....	60
<b>Obrázek 58:</b> Hlava: Extrude a Chamfer .....	60
<b>Obrázek 59:</b> Hlava: Hard Edges.....	61
<b>Obrázek 60:</b> Hlava: Finální High Poly.....	62
<b>Obrázek 61:</b> Tělo a torzo: Offset Mode.....	63
<b>Obrázek 62:</b> Tělo a torzo: Základní tvar těla .....	63
<b>Obrázek 63:</b> Tělo a torzo: Connect .....	64
<b>Obrázek 64:</b> Tělo a torzo: Dolní část těla.....	64
<b>Obrázek 65:</b> Tělo a torzo: Řešení čisté topologie .....	65
<b>Obrázek 66:</b> Tělo a torzo: Použití Align .....	66
<b>Obrázek 67:</b> Tělo a torzo: ProBoolean .....	67
<b>Obrázek 68:</b> Tělo a torzo: Použití ProBoolean.....	67
<b>Obrázek 69:</b> Tělo a torzo: Topologie torza.....	68
<b>Obrázek 70:</b> Tělo a torzo: Finalizace torza.....	68

<b>Obrázek 71:</b> Nohy: Spojnice a kloub nohy.....	69
<b>Obrázek 72:</b> Nohy: Zarovnání vertexů v kloubu.....	70
<b>Obrázek 73:</b> Nohy: Modelování pomocí Extrude.....	71
<b>Obrázek 74:</b> Nohy: Rotace bočních vertexů.....	71
<b>Obrázek 75:</b> Nohy: Chamfer, Hard Edges a TurboSmooth.....	72
<b>Obrázek 76:</b> Nohy: Manipulace s Pivot pointem.....	73
<b>Obrázek 77:</b> Nohy: Nastavení Mirror a hotové nohy .....	73
<b>Obrázek 78:</b> Ruce: Tvorba předloktí pomocí Cylinderu .....	74
<b>Obrázek 79:</b> Ruce: Tvorba ramene pomocí Sphere .....	75
<b>Obrázek 80:</b> Ruce: Make Planar .....	75
<b>Obrázek 81:</b> Ruce: Práce na Sphere + Attach a Bridge .....	76
<b>Obrázek 82:</b> Ruce: Inset, Extrude, Chamfer.....	77
<b>Obrázek 83:</b> Ruce: Pozice, Hard Edges a TurboSmooth.....	77
<b>Obrázek 84:</b> Ruce: Tvorba druhé části.....	78
<b>Obrázek 85:</b> Ruce: Tvarování vertexů .....	79
<b>Obrázek 86:</b> Ruce: Extrude a Flip Normals .....	79
<b>Obrázek 87:</b> Ruce: Výběr hran a funkce Bridge .....	80
<b>Obrázek 88:</b> Ruce: Funkce Connect .....	81
<b>Obrázek 89:</b> Ruce: Zarovnání tvarů + Otvor .....	82
<b>Obrázek 90:</b> Ruce: Spojení dlaně a zápěstí.....	82
<b>Obrázek 91:</b> Ruce: Hard Edges + TurboSmooth .....	83
<b>Obrázek 92:</b> Ruce: Group .....	83
<b>Obrázek 93:</b> Modelování: Finální model Lego panáčka .....	84
<b>Obrázek 94:</b> Materiály: Vytvoření materiálů.....	85
<b>Obrázek 95:</b> Materiály: Tvorba textury a výběr polygonů.....	86
<b>Obrázek 96:</b> Materiály: UVW Map .....	86
<b>Obrázek 97:</b> Osvětlení: Vytvoření plátna.....	87
<b>Obrázek 98:</b> Osvětlení: Pozice panáčka na plátně .....	88
<b>Obrázek 99:</b> Osvětlení: Vytvoření světelného zdroje.....	88
<b>Obrázek 100:</b> Osvětlení: Targeted Light .....	89
<b>Obrázek 101:</b> Osvětlení: Finální rozložení světla.....	89
<b>Obrázek 102:</b> Vykreslení: Nastavení renderingu.....	90
<b>Obrázek 103:</b> Finální výsledek 3D modelu.....	91
<b>Tabulka 1:</b> Klávesové zkratky .....	50

## SEZNAM ZKRATEK

2D	Two-dimensional
3D	Three-dimensional
atd.	a tak dále
CSG	Constructive Solid Geometry
JPEG	Joint Photographic Experts Group
NURBS	Non-Uniform Rational B-Splines
PNG	Portable Network Graphics

# ÚVOD

3D grafika je v současné digitální době hojně využívána v několika odvětvích. Setkáváme se s ní například v počítačových hrách, kinematografii nebo 3D tisku. Existuje hned několik způsobů, jak může být 3D model vytvořen, ovšem zde bude zaměřeno především na polygonové modelování.

Cílem této bakalářské práce je seznámení se základními pojmy 3D modelování a celkovým procesem tvorby 3D objektu v programu Autodesk 3ds Max. Výsledkem bude popis celého procesu tvorby a sada vykreslených snímků.

K vytvoření modelu jsou využity základní postupy v 3D grafice. Projde se modelování objektu, jeho obarvení pomocí materiálu a textury, příprava studiového osvětlení, vytvoření fyzické kamery a následné vykreslení obrazu.

Všechny zmíněné postupy jsou vysvětleny v bakalářské práci tak, aby i začátečník v 3D grafice zvládl docílit velmi podobného výsledku a dokázal přenést zjištěné informace i do jiných prací obsahujících tvorbu ve 3D.

# 1 ZÁKLADNÍ POJMY V 3D GRAFICE

Počítačová grafika, která pracuje s trojrozměrnými objekty. Funguje na základě vektorové 2D grafiky, která je ukládána jako geometrická data do kartézské prostorové soustavy souřadnic. [1]

Tvorba v trojrozměrném prostředí je komplexním tématem, proto je potřeba si říct základní pojmy z tohoto oboru, abychom byli schopni ve 3D sami pracovat.

## 1.1 Historie v kostce

Výzkum a vývoj 3D grafiky se datuje od roku 1960 převážně ve Spojených státech amerických. Pojem zavedl William Fetter během jeho pracovního nasazení ve firmě Boeing, kdy vytvořil první model lidské postavy pro testování ergonomie kokpitů. [2]

Od té doby se na vývoji podílelo hned několik míst současně, ovšem nejvíce se činila Univerzita v Utahu, která založila samotný projekt, který se staral o rozvíjení trojrozměrné počítačové grafiky a byl úspěšný. 3D grafika začala být velkou věcí v 80. letech, kdy ji díky pokročilejším technologiím bylo možné začít naplno využívat i v zábavním průmyslu. Ve filmu Futureworld z roku 1976 se poprvé objevily počítačem vygenerované obrázky za pomoci 3D grafiky. První 3D-animovaný film je Příběh hraček (Toy Story) vytvořený v roce 1995. V roce 1993 vznikla i první počítačová hra využívající 3D grafiku, a to Wolfenstein 3D společností ID software. [3]

## 1.2 Profesní využití

Využití 3D grafiky je možné sledovat především v zábavním průmyslu, ale i ve vědeckých a vývojových programech. Využívá se především v počítačových hrách a kinematografii za účelem speciálních efektů, počítačem vytvořených postav nebo celých scénérií, najdeme ji tedy v různých filmech, seriálech nebo reklamách.

Využívána je prakticky neustále v architektuře. Za pomoci 3D grafiky jsou vytvořeny návrhy interiérů nebo exteriérů, které se mohou předložit investorovi a nechat potvrdit dříve, než se s projektem vůbec začne. To stejné platí i v navrhování např. zahrad nebo celých měst. Využití se najde i v lékařství při modelaci orgánů, archeologům umožňuje vytvářet 3D kopie nalezených předmětů, v technickém průmyslu lze vytvářet návrhy součástek nebo celých produktů, využití 3D grafiky je v dnešní době velmi rozsáhlé. Velmi oblíbeným využitím v posledních letech je i 3D tisk za pomoci speciálních tiskáren.

### 1.3 Prostředí ve 3D

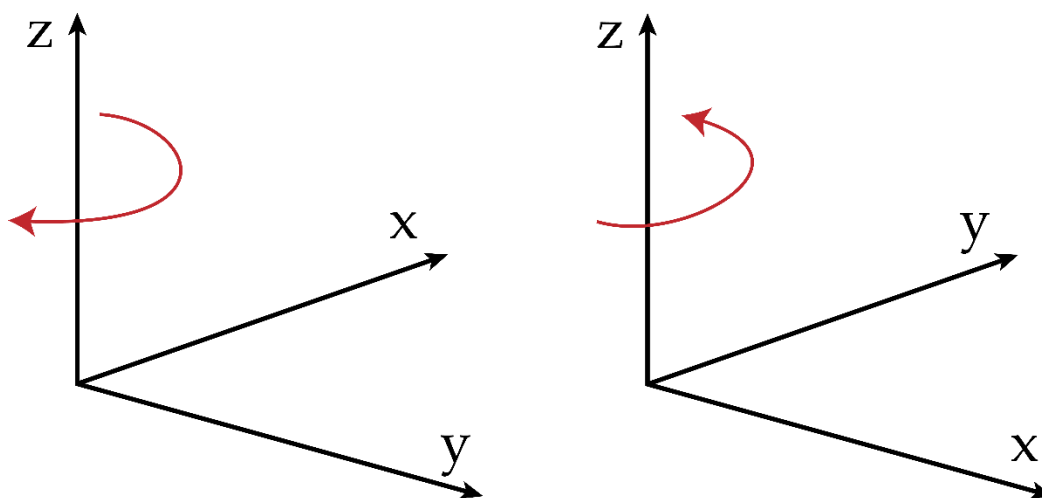
Geometrická data jsou prezentována na prostorové Kartézské soustavě souřadnic. Tyto data jsou následně vyobrazeny pomocí několika typů projekcí, které zpracovávají trojrozměrný prostor do 2D obrazu.

#### 1.3.1 Kartézská soustava souřadnic v prostoru

Kartézská soustava souřadnic se skládá z vzájemně kolmých přímk protínajících se v jednom bodě, který se nazývá počátek. V rovině, tedy dvojrozměrném prostoru, se využívá dvou číselných os, a to X a Y. Pro reprezentaci trojrozměrného prostoru bylo potřeba přidat ještě jednu číselnou osu Z. Osy se X a Y zobrazují horizontálně, mezitím co osa Z vertikálně. Z tohoto důvodu je osa Z často definována jako výška/nadmořská výška. [1]

Body jsou zapisovány za pomoci klasických nebo hranatých závorek, a to ve formátu  $A[X, Y, Z]$ , kde písmeno A je názvem bodu a hodnoty v závorkách určují, kde na soustavě souřadnic se daný bod nachází. Počátek soustavy souřadnic má hodnoty  $[0, 0, 0]$  a čísla přibývají směrem od počátku, to je vyobrazeno graficky pomocí šipek na každé ose zvlášť. [1]

Prostorová soustava kartézského systému souřadnic má své dva typy, a to levotočivý a pravotočivý. Pokud bychom se objevili v počátku kartézské soustavy, osa X by směřovala směrem vpřed od nás, Osa Z směřovala vzhůru a osa Y do pravé nebo levé strany. Směr osy Y určuje, zdali se jedná o soustavu souřadnic levotočivou nebo pravotočivou (Obrázek 1). [1]



Obrázek 1: Levotočivá a pravotočivá kartézská soustava souřadnic

Zdroj: Vlastní tvorba



### 1.3.2 Základní typy projekce

Objekty v trojrozměrném prostoru je potřeba kvůli práci na monitoru vyobrazit ve dvojrozměrné rovině, toto vyobrazení se nazývá projekce. Existuje více technik projekcí, které se využívají při práci v 3D prostoru Tyto projekce jsou zpracovávány automaticky v 3D softwaru, pouze je mezi nimi přepínáno podle potřeby.

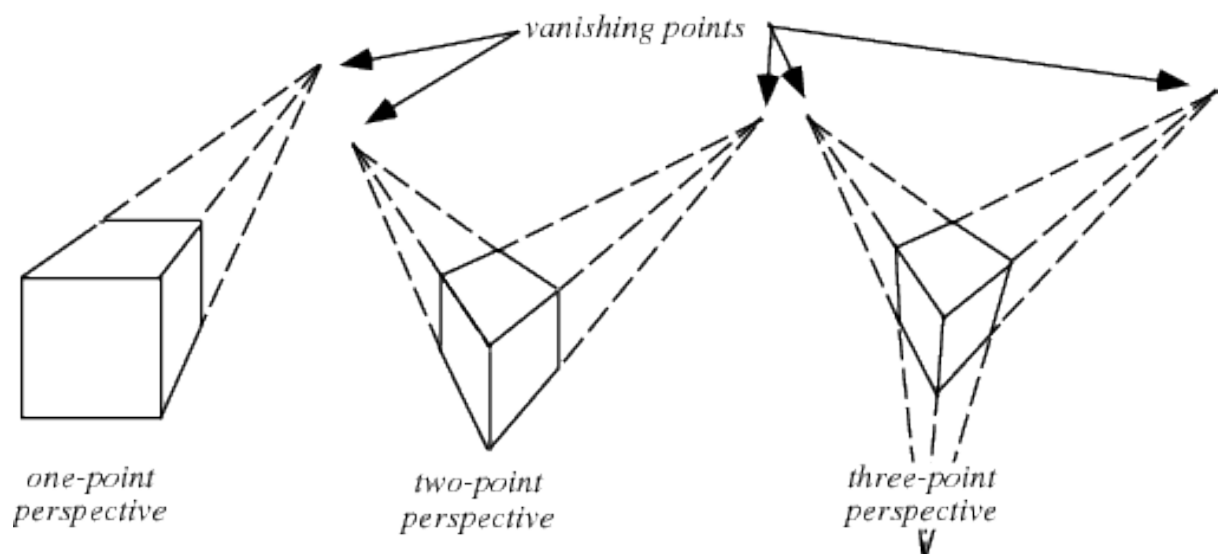
#### Paralelní projekce

Jedná se o vyobrazení objektu s jeho skutečným tvarem a velikostí. Jako finální způsob projekce je využíváno zejména architektky a techniky, kteří potřebují z modelu vytvořit technický náčrtek. Zároveň je této projekce využíváno při modelování 3D objektu podle technického náčrtesu Paralelní projekce je využívána především v procesu modelování právě kvůli možnosti sledování objektu z různých směrů. [4]

#### Perspektivní projekce

V této projekci je scéna simulována tak, jak by ji člověk viděl svým vlastním okem. K tomu je využíván princip tzv. „perspektivy“, který je velmi aktivně využíván v uměleckém průmyslu.

Perspektiva je optický jev, při kterém se objekty jeví menší čím více vzdálené jsou našemu zraku, v takový moment dochází k tzv. „sbíhání linií“, kterého je dosaženo při umělém vytváření perspektivy pomocí linií a úběžníků. Úběžník (Vanishing Point) je bod, ve kterém se všechny linie sbíhají. Při práci s perspektivou se nejčastěji pracuje s jedním až třemi úběžníky (Obrázek 2). Tento typ projekce je při modelování objektu i při výsledném vykreslení využíván nejvíce. [5]



Obrázek 2: Tři typy použití úběžníků v perspektivě

Zdroj: [6]

## 1.4 Modelovací techniky

Veškerý proces, kdy je v příslušném softwaru manuálně nebo simulací vytvářen objekt, je nazýván modelováním. Modelovacích technik je hned několik, ovšem některé již nejsou moc využívány. Objekt se prezentuje pouze dvěma způsoby, a to plošně nebo objemově.

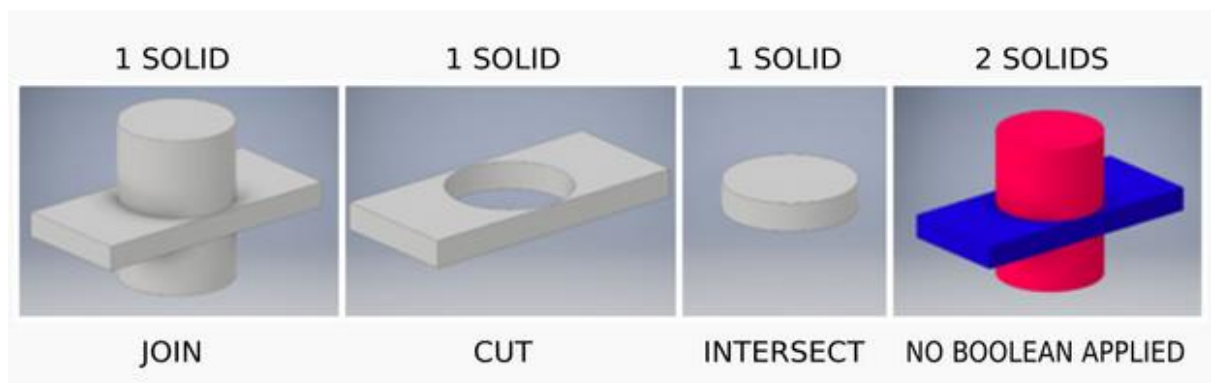
Těleso popsané plošně se popisuje jako dutý mnohostěn, tedy je tvořen pouze svojí skořápkou, tohoto využívá metoda polygonového modelování nebo NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines). Pokud je těleso popsáno objemově, počítá se s informací o jeho objemu, tohoto využívá metoda „Constructive Solid Geometry“. [7]

### 1.4.1 Geometrická primitiva

Každý software obsahuje základní tvary, které se nazývají geometrickými primitivami, mezi tyto tvary patří především kostka, válec, koule nebo rovina. Tyto tvary mají své vlastní parametrické vlastnosti, které lze v programu upravovat dle libosti. Například kostka má nastavitelnou svoji výšku, šířku a hloubku. Lze vytvářet i dvojrozměrná geometrická primitiva jako například jednoduché křivky, mnohoúhelníky nebo kružnice. Geometrická primitiva se využívají často jako startovní bod při tvorbě komplexnějších objektů pomocí různých modelovacích technik. [7]

### 1.4.2 Constructive Solid Geometry (CSG)

Tato technika používá kombinování geometrických primitiv a booleovských operací k vytváření komplexnějších modelů. Boolean operace nám dávají možnost přidávat (JOIN), odebírat (CUT) či protnout (INTERSECT) dvě různá tělesa a vytvořit tím tvar nový (Obrázek 3). Mnoho objektů může být vytvořeno zkombinováním několika elementárních tvarů, například kus kovu s otvorem lze vytvořit pomocí dvou jednoduchých tvarů a operací CUT. [7]



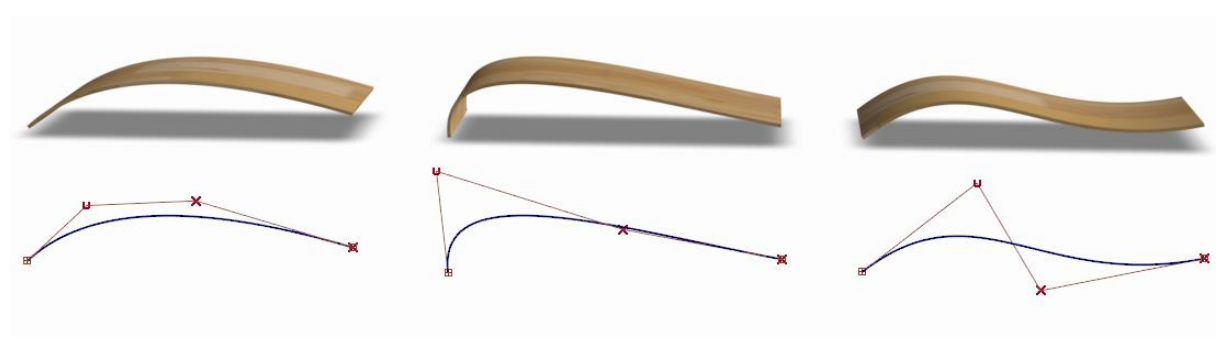
Obrázek 3: Typy boolean operací

Zdroj: [8]

### 1.4.3 NURBS křivky a povrchy

„Non-Uniform Rational B-Splines“ jsou matematickou reprezentací 3D geometrie, která dokáže velmi kvalitně a přesně ztvárnit jak jednoduché 2D tvary, tak velmi komplexní 3D objekty. Flexibilita a přesnost jsou vlastnosti, díky kterým jsou NURBS objekty užívány hned v několika odvětvích. NURBS křivek je využíváno především na tvorbu objektů, které mají oblé tvary (odborně nazýváno „Free Form“ geometrie). Takovými tvary jsou například automobily, letadla, lodě, ale i některá architektura nebo povrch lidského těla. [9]

NURBS využívá racionální Bézierovou parametrickou křivku, která je využívána i na tvorbu 2D vektorové grafiky jako jsou loga a vektorové ilustrace (Obrázek 4). Tato křivka obsahuje libovolný počet řídicích bodů, které obsahují údaj o váze. Váhou je myšleno reálné číslo, které udává, jak se v jeho pozici bude křivka chovat. Výhodou toho celého je možnost manipulace s křivkou pomocí změny hodnot řídicích bodů bez potřeby změny jejich polohy. Počet informací potřebných k NURBS reprezentaci geometrie je mnohem menší než například u polygonového modelování. [9]



Obrázek 4: Ukázka metody NURBS

Zdroj: [10]

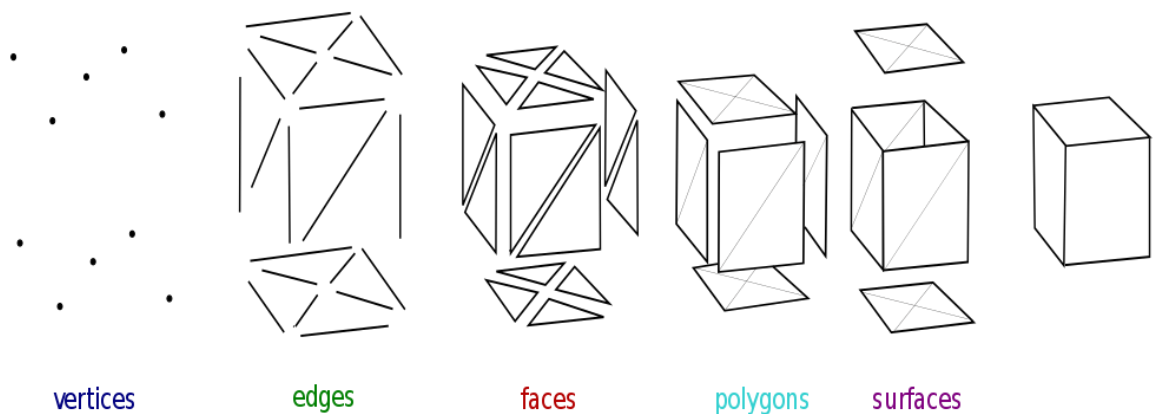
Technika NURBS je velmi známá, většina univerzit zabývajících se více matematikou a počítačovými technologiemi vyučuje geometrii NURBS, najde se proto velké množství lidí, kteří jsou schopni s touto metodou pracovat. [9]

Množství informací potřebných pro vytvoření geometrie pomocí NURBS je mnohem menší než množství informací, které vyžadují běžné modelování pracující s ploškami (polygony). Ve zkratce jsou křivky NURBS méně informačně náročné. [9]

Geometrie NURBS je aktivně používána v několika standardních průmyslových softwarech pro 3D. Zákazníci tak mohou své geometrické modely přesouvat mezi různými programy pro modelování, vykreslování, animaci a inženýrskou analýzu. [9]

## 1.4.4 Polygonové modelování

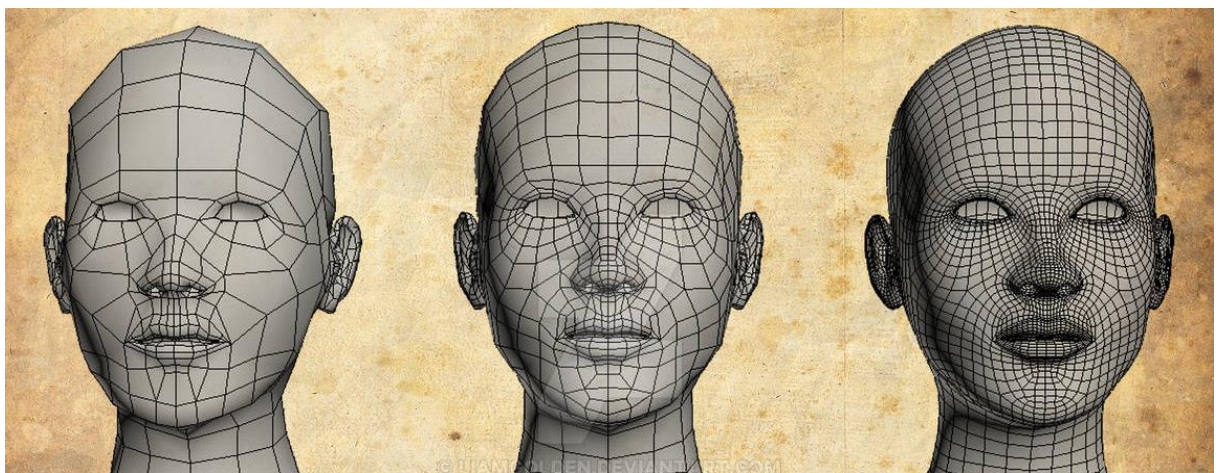
V polygonovém modelování jsou modely prezentovány jako dutý objekt složený z množiny ploch. Tato plocha se odborně nazývá polygon a je skládána z bodů, kterým se říká vertex. Mezi vertexy vznikají úsečky, které tvoří hrany polygonu. Každý polygon musí být uzavřený, proto je k vytvoření jedné plochy potřeba minimálně 3 vertexů, aby každá hrana měla dva vertexy. Objekt vytvořen polygony je nazýván polygonovou sítí. (Obrázek 5). [7]



Obrázek 5: Polygonová síť a její části

Zdroj: [11]

Čím více je použito polygonů na objekt, tím detailnějším se stává. Pokud je například modelována hlava ženy a využíváno malé množství polygonů, výsledný model bude mít velmi jasně viditelné ostré hrany, takový stav je nazýván jako „Low Poly“. Po postupném přidávání polygonů se model stává mnohem jemnějším (Obrázek 6). O počtu polygonů v modelu rozhoduje úmysl, složitost a použití objektu v praxi. Při tvorbě objektu za účelem realistického vykreslení je počet polygonů libovolný. [7]



Obrázek 6: Nízký, střední a vysoký počet polygonů

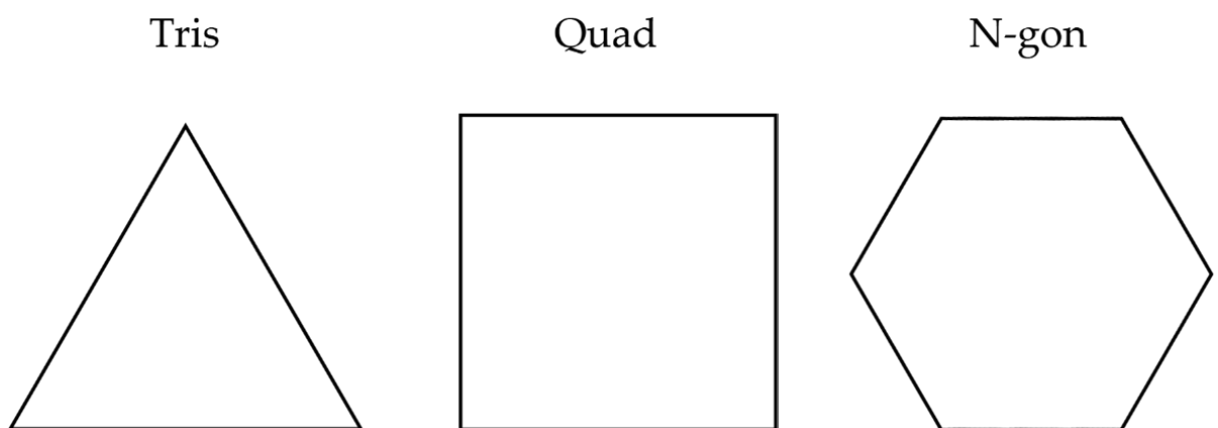
Zdroj: [12]

Počet polygonů v síti rozhoduje o náročnosti objektu na hardware. Důležitost počtu polygonů se mění individuálně podle využití modelu. Počet polygonů hraje důležitou roli, pokud je model využíván například v počítačové hře, kde je vše vypočítáváno v reálném čase uživatelským hardwarem. Z tohoto důvodu je důležité snížit počet polygonů na co nejmenší možný, ale ovšem takový, aby stále dodržoval požadované tvary a kvalitu.

Nejzákladnější a zároveň nejoblíbenější způsob, jak začít modelovat objekt pomocí polygonů je takzvaný „Box modeling“, kdy je za pomoci základního tělesa (např. kostka) a nástrojů, které nám programy na modelování nabízí, vytvořen požadovaný komplexní objekt. [7]

### Trisy, Quady a N-gony

V topologii jsou polygony rozděleny podle počtu jejich hran. Trojhranný polygon je nazýván tris, polygon se čtyřmi hranami je nazýván quad a polygon s více jak čtyřmi hranami N-gon (Obrázek 7).



Obrázek 7: Tris, quad a N-gon

Zdroj: Vlastní tvorba

V první řadě je důležité zbavit se N-gonových polygonů, jelikož nejsou optimální při práci s 3D modelem. Z těchto polygonů lze zpravidla vytvořit pomocí vytváření nových hran mezi vertexy trisy nebo quady.

Vymodelovaný objekt má ideálně všechny polygony se stejným počtem hran. Polygonovou síť tvořenou quady nazýváme čistou topologií. Pokud je topologie vytvořena trisy, je označena za špinavou. Obě topologie mají své využití, tedy nelze říct, že je pravidlem používat pouze quadovou strukturu, ovšem je to ve většině případů doporučeno. [7]



### 1.4.5 Ostatní techniky

Ve světě 3D modelování je využíváno několika dalších užitečných technik, které mají svými schopnostmi ve specifických pracích navrch oproti již zmíněným technikám.

#### Digitální 3D sochařství

Technika simulující reálnou práci s hlinou pomocí složitých matematických výpočtů na polygonové síti. Práce v 3D sochařství probíhá pomocí několika nástrojů, které fungují jako štětce, které dokážou různými způsoby upravovat polygonovou síť, na které je pracováno. Tuto funkci obsahují jen některé programy (např. Blender nebo ZBrush) a je využívána při modelování lidské i zvířecí anatomie (Obrázek 8). [7]

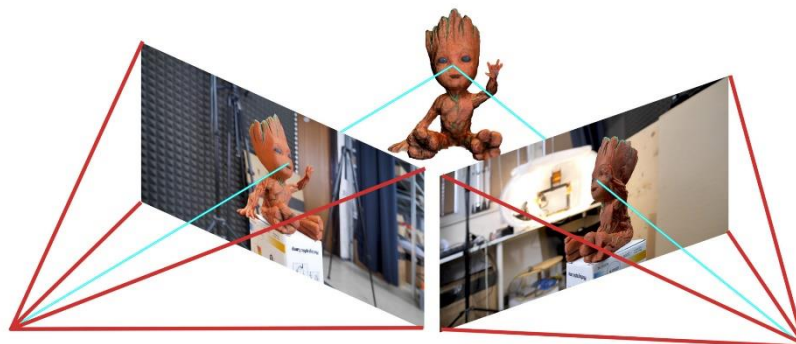


Obrázek 8: Postup digitálního sochařství

Zdroj: [13]

#### Fotogrammetrie

Jedná se o naprosto jiný způsob vytváření trojrozměrných objektů. Název vznikl z tří řeckých slov, a to photos (světlo), gramma (záznam), metron (měření) a nazývá se tak činnost prokládání fotografických snímků. Funguje na principu vyfocení objektu z co nejvíce úhlů za dobrých světelných podmínek. Doporučený počet snímků na jeden objekt je kolem 50 až 80 fotek. Tyto snímky jsou nahrány do speciálního softwaru, který provede porovnávací výpočty a vygeneruje výsledný 3D model (Obrázek 9). [14]

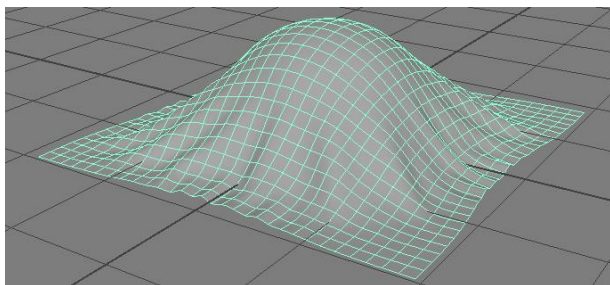


Obrázek 9: Vizualizace principu fotogrammetrie

Zdroj: [14]

## Simulace

Software využívá speciálních výpočtů k vytvoření digitálních simulací, mezi ty nejznámější patří například oheň nebo voda. Simulace jsou používány především při tvorbě speciálních efektů, ovšem dají se využít i při modelování objektů, jelikož za pomoci simulací jsou objekty deformovány nebo vytvářeny. Perfektní příklad je simulace pádu rovné polygonové sítě na těleso. Při správném nastavení simulace se polygonová síť zdeformuje a působí jako textil (Obrázek 10).

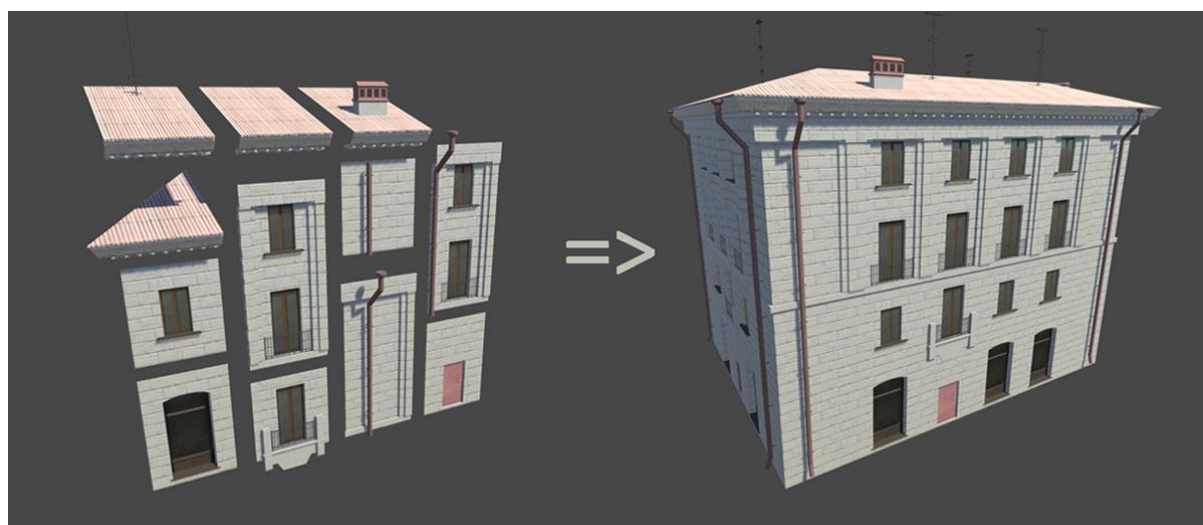


Obrázek 10: Simulace textilu na objektu

Zdroj: [15]

## Modulární modelování

Nejedná se o speciální techniku tvorby modelu, ale o zjednodušení celého procesu. Modulární modelování funguje na principu vytvoření modelů, které se v dané scéně budou opakovat. Tyto modely jsou poté kopírovány podle potřeby a spojovány do komplexních objektů. Této techniky je využíváno například při vytváření scénérie velmi podobných budov, které mají stejný typ exteriéru jako například zeď s oknem, typ střechy atd. (Obrázek 11).



Obrázek 11: Modulární modelování

Zdroj: [16]

## 1.5 Materiály a textury

**Materiál** je ve 3D softwaru popisován jako složka optických vlastností aplikovaných na vymodelovaný objekt. Těmito optickými vlastnostmi se rozumí například barva, světelná odrazivost povrchu, průhlednost nebo zářivost.

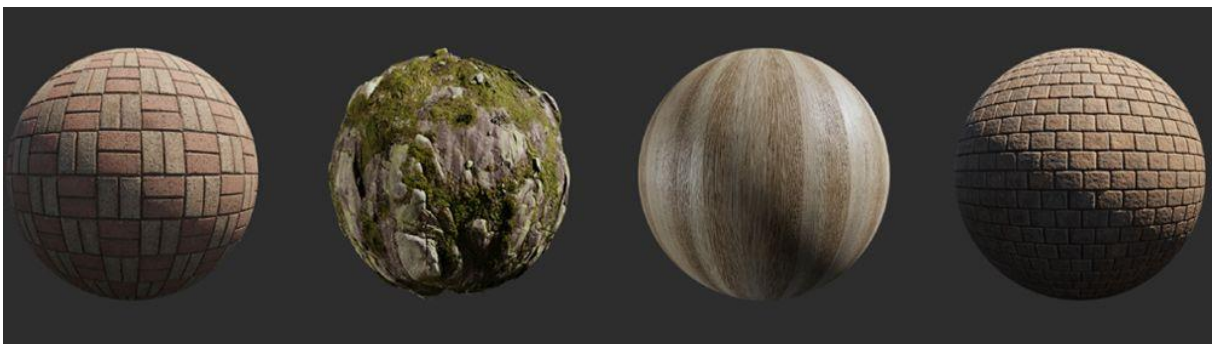
Nastavením správných hodnot u jednotlivých vlastností jsou získávány materiály simulující povrchy z reálného prostředí. Mezi ty nejzákladnější patří například plast, kovy nebo různé typy skla (Obrázek 12). Ačkoliv využití základních vlastností materiálu je široké, často bývají nedostačující k realistickému ztvárnění vzhledu daného objektu. Z tohoto důvodu jsou na materiál aplikovány tzv. textury. [17]



Obrázek 12: Příklady materiálů

Zdroj: Vlastní tvorba

**Textura** je 2D bitmapovým souborem ve formátu PNG nebo JPEG vytvářena v 2D softwarech (například Adobe Photoshop nebo GIMP) nebo klasickými fotografiemi (Obrázek 13). V 2D softwarech jsou textury malovány pomocí dostupných nástrojů jako jsou například štětce a další efekty. Fotografiemi získáme naprosto realistické textury, ovšem je potřeba daný povrch vyfotit kvalitně, jinak to na modelu je vždy znát. Internet je plný webových stránek, na kterých lidé nabízí textury zdarma k dispozici nebo k prodeji. To je pro 3D umělce zabývajících se převážně modelováním objektů nejjednodušším způsobem, jak si textury pro svůj model obstarat.



Obrázek 13: Příklady textur

Zdroj: [18]



### 1.5.1 Texturování

Texturování je technika nanesení 2D obrazce na povrch 3D tělesa využívaná v případě, kdy vymodelovaný 3D objekt nemá jednoduchý jednotný povrch a nepostačí základní materiálové nastavení. Vzhledem k tomu, že jen málokterý objekt v realitě má jednoduchý povrch, setkáme se s texturováním ve většině procesů vytváření 3D modelu. Pro představu lze vyjmenovat objekty jako je kus dřeva, textilní oblečení nebo cihelnou stěnu.

Textury jsou nanесeny na objekt bez jakékoliv deformace geometrie tělesa. Z toho velmi profituje vývoj počítačových her, který za účelem optimalizace vytváří co nejméně složitou geometrii a kompenzuje to kvalitními texturami (například zmíněná cihelná stěna). [19]

Cihelnou stěnu je díky textuře možné reprezentovat jako jeden polygon, na který je aplikován rastrový obrázek. Ačkoliv je tímto stěna obrána o svůj autentický trojrozměrný vzhled, bude tímto způsobem vykreslení několikanásobně rychlejší a uživatelův hardware nebude mít v počítačové hře problém plynule vykreslovat tuto plochu v reálném čase. [19]

Každý bod na ploše tělesa má mimo souřadnic  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  (které určují polohu bodu v prostoru) ještě další 2 souřadnice, které jsou označovány jako  $U$  a  $V$ . Ty určují umístění textury na daném místě. Z tohoto důvodu je umísťování textury na povrch tělesa nazýváno „UV mapování“. [20]



Obrázek 14: Model bez textur a s texturami

Zdroj: [21]

## 1.5.2 Základní typy textur

Existuje několik typů textur (nazýváno také „texturové mapy“), které se kombinují a vrství uvnitř materiálu a jako zhotovený celek vytváří efekt potřebný k co nejlepšímu finálnímu výtvaru. [22]

### Diffuse mapa

Diffuse mapa je základním kamenem pro vzhled materiálu, předává informaci o rovnoměrném nasvíceném povrchu, určuje jeho barvy a vzor. Aplikace diffuse mapy je většinu času nedostatečná k dosažení dobrého výsledku, proto bývá použita v kombinaci s dalšími mapami.

### Bump, Normálová a Displacement mapa

Bump mapa je černobílou texturou, kterou je dodávána materiálu hrubost, tedy plocha objektu, na který je materiál vložen, není zcela plochá a má potřebné výstupky. Jen po vložení této mapy k diffuse mapě je získáno mnohem realističtějších výsledků. [23]

Normálová mapa je typem bump mapy, která ale nenes informace v černobílých barvách, ale v barevném profilu RGB. Normálová mapa v sobě zvládá nést vícero informací, proto je používanější než bump mapa, která se stává zastaralou. [23]

Displacement je hardwarově náročnější typ mapy, která oproti předešlým dvěma mapám přidává materiálu reálnou hloubku a viditelně deformuje povrch materiálu. Rozdíl mezi iluzí deformovaného povrchu a reálně deformovaným je vidět především v jeho záhybech (Obrázek 15). [23]

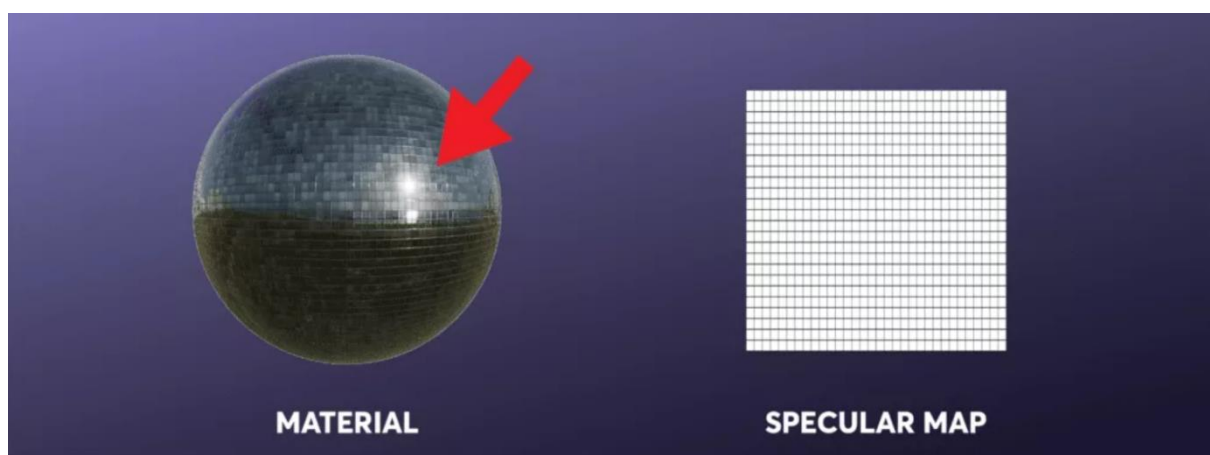


Obrázek 15: Bump, Normal a Displacement mapa

Zdroj: [23]

## Specular a Occlusion mapa

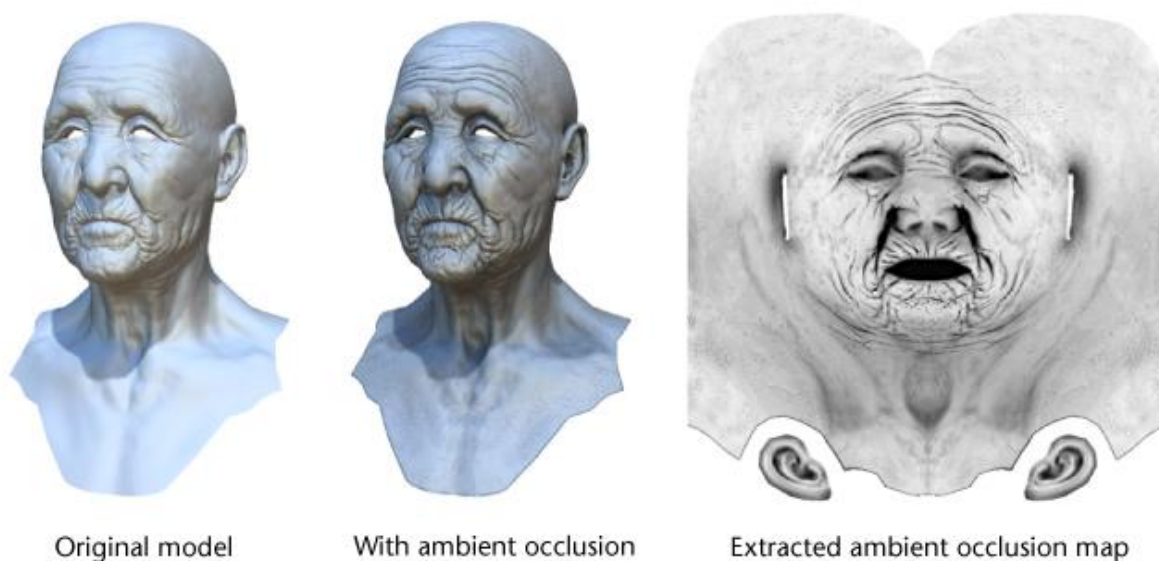
Specular mapa určuje důležitou vlastností materiálu, a to odrazivost světla, proto je důležitou součástí texturování. Tato též černobílá textura určuje jak a na jakých částech materiálu bude objekt reagovat na světelný zdroj. Jako příklad lze zmínit kachličkové obložení zdi, které se skládá z dvou různě odrazivých povrchů, které je potřeba v softwaru určit (Obrázek 16).



Obrázek 16: Specular mapa

Zdroj: [24]

Occlusion mapa je texturou ve stupních šedi sloužící k určení v které části modelu budou silně nebo slabě nepřímo osvětleny. Nepřímé osvětlení pochází z okolního osvětlení a odrazů, a proto by strmé části modelu, jako jsou například trhliny nebo záhyby, neměly přijímat mnoho nepřímého světla. To napomáhá k získání lepšího a reálnější kontrastu mezi světlem a stíny (Obrázek 17).

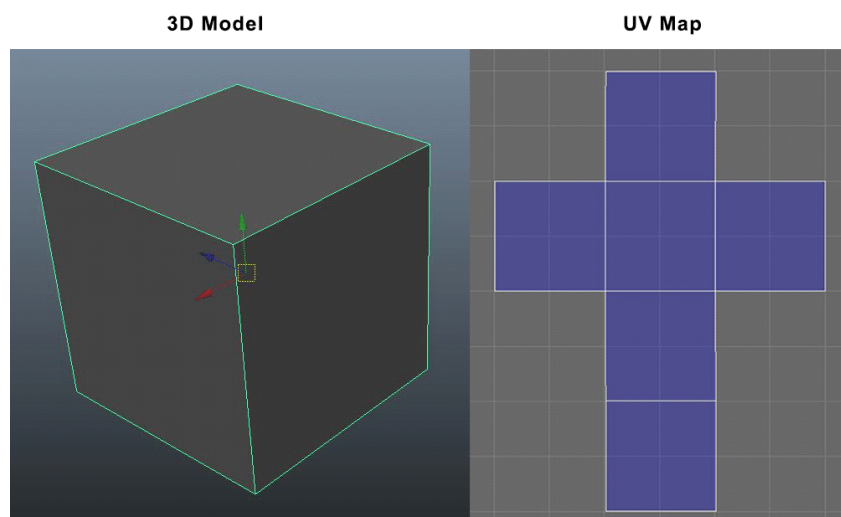


Obrázek 17: Použití Occlusion mapy

Zdroj: [26]

### 1.5.3 UV mapa a unwrap

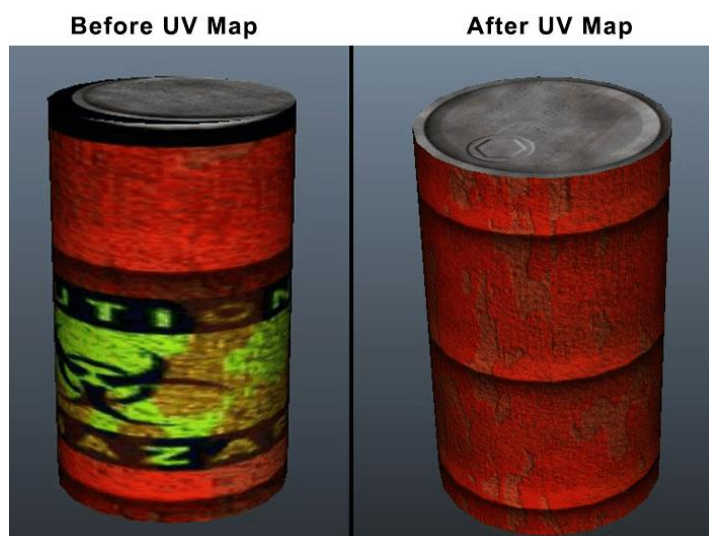
Pokud je aplikován materiál na jakýkoliv 3D objekt, je potřeba si uvědomovat a měřit, jak na vybraných polygonech bude textura velká, jakou má rotaci nebo orientaci. K tomu je využíváno UV mapy, jenž je nástrojem k aplikování textur na polygony. Ve stručnosti je tento proces popisován jako kolmé promítnutí 2D textury s velikostí UV (délka, šířka) na plochu 3D objektu (Obrázek 18). [22]



Obrázek 18: 3D model kostky a její UV mapa

Zdroj: [27]

UV mapa všechny polygony vybraného modelu rozprostírá na 2D plochu, tomuto procesu se říká UV unwrap. Vložená textura se na každém polygonu zobrazuje podle toho, jak je UV mapa nastavena. Špatné nastavení UV mapy na objektu vede k deformaci vložené textury (Obrázek 19), proto musí být manuálně nebo pomocí čím dál chytřejších nástrojů narovnána.



Obrázek 19: Nefunkční a funkční UV mapa

Zdroj: [27]



## 1.6 Animování

Animace je průlom v zábavním i vědeckém průmyslu. Z počátku šlo o využívání speciálních trikových kamer na záznam kreslených obrázků nebo loutek. Od 20. století se masivně rozvíjí 2D i 3D počítačová animace (Obrázek 20) a klasická animace jde více do pozadí. Počítačové animace se využívá především na počítačové hry, animované filmy a seriály, reklamní spoty nebo vědecké návody.



Obrázek 20: Náhledový snímek z animovaného filmu Shrek

Zdroj: [28]

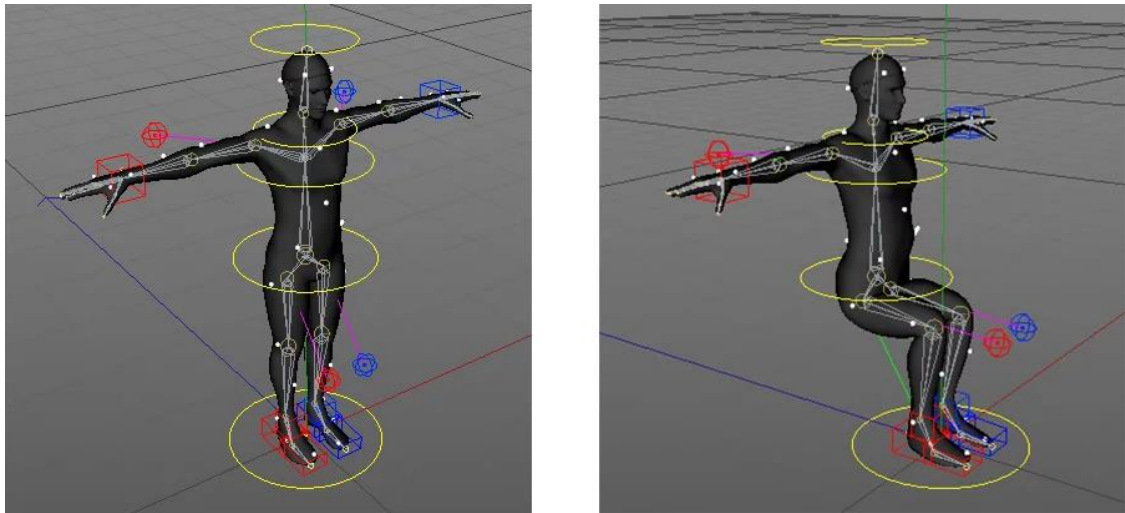
Počítačová animace objektů je tvořena hned několika způsoby, ovšem základem digitálního animování v 2D i 3D je klíčování. Klíčové snímky (Keyframes) jsou body na časové ose, které určují startovní a konečnou pozici, mezi kterou proběhne změna na animovaném objektu.

Animovány jsou nejrůznější vlastnosti objektu, nejběžněji dochází ke změnám v základních parametrech jako je například rotace, pozice, tvar nebo velikost modelu, ale animovat je možné i specifické parametry i různých speciálních efektů.

Rychlost animace mezi dvěma klíčovými snímky se mění podle jejich vzájemné vzdálenosti na časové ose, čím blíže k sobě jsou, tím rychleji animace proběhne. Proměnlivost rychlosti animace je nastavována pomocí bézierových křivek. Mezi klíčovými snímky je přednastavena lineární křivka, tedy rychlost animace mezi dvěma body probíhá rovnoměrně. Tuto rychlost lze libovolně měnit jinými přednastavenými křivkami nebo ručně v editoru křivek.

## Rigging a Motion Capture

Nejobtížnějším objektem k animaci jsou lidské a zvířecí postavy. K tomu je využíváno vytvoření kosterní soustavy (Rigging) spočívající v simulaci funkční kostry těla nebo obličeje. Při správném nastavení kloubů je možné simulovat reálné pohyby těla (Obrázek 21). Tato kostra je rozpořívána manuálně, nebo je využíváno metody Motion Capture. [29]



Obrázek 21: Kosterní soustava v lidském těle

Zdroj: [29]

Technikou Motion Capture je uskutečněno snímání pohybů těla a obličeje. Existuje více způsobů použití této techniky, ovšem nejčastěji je několika kamerami snímán člověk nebo zvíře se speciálním oblekem (Obrázek 22), který na sobě má speciální body. Tyto body se synchronizují s kosterní soustavou 3D modelu a tím vytvoří realistický pohyb lidské nebo zvířecí postavy.



Obrázek 22: Motion Capture v praxi (film: Planeta Opic)

Zdroj: [30]

## 1.7 Osvětlení

Osvětlení scény je komponentem, který nesmí v připravované scéně chybět a jeho nastavení silně rozhoduje nad kvalitou výsledného obrazu. Z toho důvodu se stává, že i kvalitně vymodelovaný a otexturovaný model vypadá díky špatně udělanému světlu neatraktivně, z druhé strany skvělé osvětlení dokáže výrazně zlepšit a zahladit chyby na modelu.

Jedná se o softwarové algoritmy simulující reálné osvětlení v trojrozměrném prostředí. Vytvořit realistickou simulaci světla je složité, je zapotřebí rozumět různým typům světelných zdrojů a také materiálům, které reagují na světlo rozlišnými způsoby. Naštěstí jsou již tyto techniky dostatečně vyvinuté, že pro běžného umělce není zapotřebí sahat do matematických a fyzických výpočtů. [31]

Pokud jsou modely správně zpracovány a softwarově je vše dobře nastaveno, práce se světly je totožné té v realitě. Se světly může být díky tomu jednáno stejně jako při natáčení filmů nebo fotografování. Dosáhnuto může být například za pomoci menších světelných zdrojů studiového osvětlení (Obrázek 23), klasického osvětlení interiéru nebo exteriéru, ale i osvětlení celé scenerie simulací slunce, kterému lze nastavit jeho pozici na obloze, intenzitu světelnosti atd.

Ve standartních programech na 3D grafiku je hned několik možných typů světelných zdrojů, technik osvětlení a světelných efektů, kterými je možné získat vyžádaný zjev a náladu celé scény.



Obrázek 23: Osvětlení 3D modelu ve studiovém setupu

Zdroj: [32]

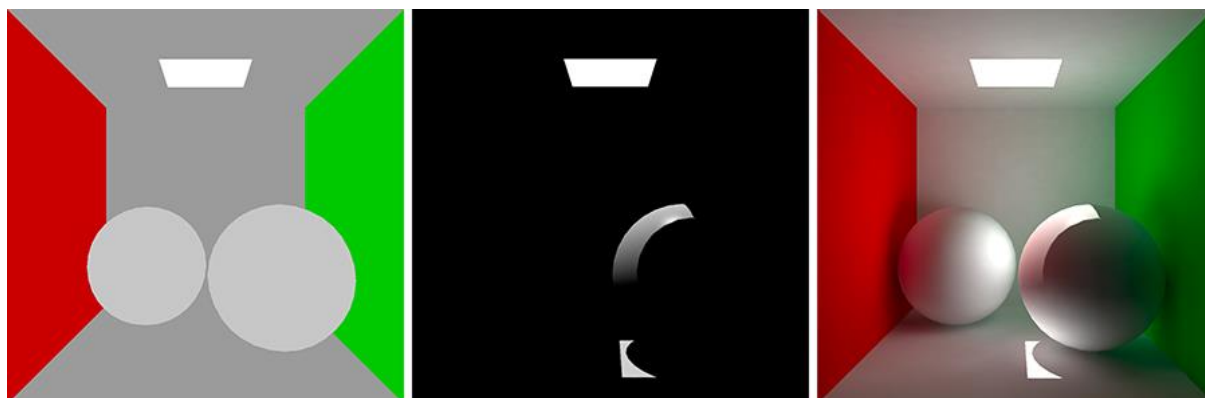
## Přímé a nepřímé světlo

Přímé světlo je světlo, které má nulový nebo jeden odraz od okolního prostředí. Přímé osvětlení je většinou pozorováno při přímém pohledu na zdroj světla nebo při pohledu na předmět, který přímo přijímá zdroj světla.

Na druhou stranu nepřímé osvětlení je světlo, které má alespoň dva nebo více odrazů od okolního prostředí, než zasáhne oči pozorovatele. nepřímé světlo se čtyřmi odrazy a výše je známé jako globální osvětlení. [33]

Globální osvětlení (Global illumination, GI) je termín, který se používá k popisu řady technik a matematických modelů, které se snaží simulovat komplexní chování světla při jeho odrazu a interakci se světem. Přesná simulace globálního osvětlení je náročná a může být výpočetně nákladná. Z tohoto důvodu se například ve hrách používá řada přístupů, které tyto výpočty zpracovávají předem, nikoli během hraní. [34]

V následujícím obrázku je na levé straně vidět scéna bez osvětlení, uprostřed přímé světlo a na pravé straně nepřímé světlo, tedy globální osvětlení (Obrázek 24).



Obrázek 24: Žádné, přímé a nepřímé světlo

Zdroj: [34]



## Typy světelných zdrojů

V každém softwaru jsou světelné zdroje rozdělovány jinak, ovšem v programu Autodesk 3ds Max, ve kterém bude pracováno, se dělí na dva typy světel: fotometrické a standardní. Všechny typy jsou zobrazeny uvnitř pracovního prostředí jako světelné zdroje a sdílí spolu několik parametrů včetně generátoru stínů.

**Fotometrická světla** používají fotometrické hodnoty (světelná energie), které umožňují přesněji definovat světla takové, jaké jsou v reálném světě. Je možné nastavovat jejich rozložení, intenzitu, teplotu barev a další charakteristické vlastnosti reálných světel. Je možné importovat i specifické fotometrické soubory dostupné od výrobců osvětlení a navrhovat osvětlení na základě komerčně dostupných světel. [35]

**Standardní světla** jsou počítačové objekty, které simulují světla, jako jsou domácí nebo kancelářské lampy, světelné nástroje používané při filmové práci (viz Obrázek 25) nebo samotné slunce. Rozdílné druhy světelných objektů vrhají světlo různými způsoby a simulují různé druhy světelných zdrojů. Na rozdíl od fotometrických světel nemají standardní světla fyzikálně založené hodnoty intenzity. Standardní světla se dělí na několik typů, mezi které patří například bodové světlo (Spotlight), bod vyzařující světlo do všech směrů (Omnidirectional), přímé světlo (Direct) nebo simulace venkovního světla (Skylight) [35]



Obrázek 25: Osvětlení pomocí bodového světla (Spotlight)

Zdroj: [36]

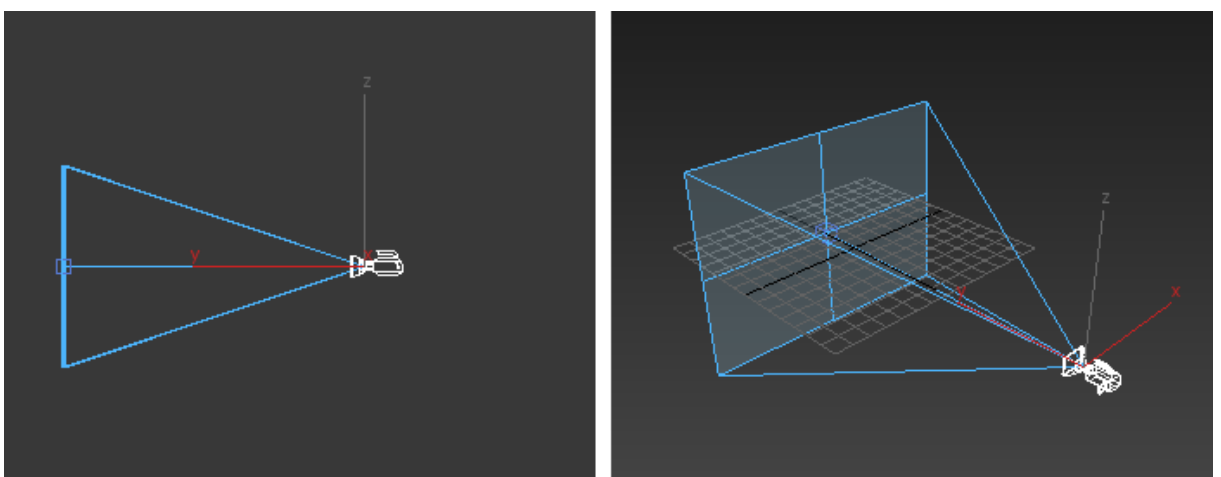
## 1.8 Rendering

Rendering (vykreslování) je finální proces, při kterém dochází k vytvoření 2D snímku nebo animace z trojrozměrného prostředí. Lze to přirovnat k fotografování nebo natáčení poté, co je dokončena příprava kompozice v reálném životě. Za několik let vývoje vzniklo několik různých specializovaných metod renderování, které se hodí buď na fotorealistický render nebo na render v reálném čase.

Renderovací software (Renderer) v sobě nosí širokou škálu nastavitelných prvků, se kterými je potřeba umět manipulovat. Nastavitelné jsou základy jako formát a rozlišení výstupu, kolik snímků vykreslit (pokud se jedná o animaci nebo vykreslení objektu z více stran), ale i specifické možnosti, které zabraňují například vznikajícímu šumu při vykreslování kvůli složitosti výpočtů světel a stínů. Důležitým aspektem je například vzorkování (Sampling), které se dá stručně popsat jako sbírání dat ze scény, která je právě vykreslována. Nastavený počet vzorků odpovídá za výslednou kvalitu obrazu. Více vzorků = větší kvalita, ale delší čas vykreslování.

### Fyzická kamera

Renderer využívá fyzických kamer, které přebírají nastavení kamer z reálného světa, tedy je možné nastavit například rychlost uzávěrky, ISO, clonové číslo, ohniskovou vzdálenost atd. Tyto kamery lze libovolně vložit do scény (viz Obrázek 26) a správně napozicovat k zachycení správného úhlu. Při animacích mohou být fyzické kamery také animovány, tedy fungují stejně jako kameramani při natáčení filmů. Kamer může být do scény přidáno nespočet a lze nimi ulehčit práci i během modelování a texturování modelu, nikoliv jen na finální vykreslení scény. [37]



Obrázek 26: Vizualizace kamery ve scéně

Zdroj: [37]

## Real-time a fotorealistický rendering

Simulace a počítačové hry potřebují zajistit vykreslování obrazu v reálném čase, a to minimálně v 24 snímcích za sekundu (minimální počet snímků, které lidské oko potřebuje k vytvoření relativně plynulé iluze pohybu). Při renderingu v reálném čase je cílem získání co nejvyšší stupeň fotorealismu zároveň s rychlým časem vykreslení minimálně již zmíněných 24 snímků za sekundu. Dnešní standard v herním průmyslu je ovšem docílit mnohem vyšších čísel, a to alespoň 60 až 144. Každým rokem se zlepšuje výkon hardwaru a kvalita 3D modelů zpracovatelných dobrou rychlostí (Obrázek 27), ale stále se nepovedlo dohnat fotorealistické vykreslení.



Obrázek 27: Porovnání původní verze Mafia 1 (2001) s předělanou verzí (2019)

Zdroj: [38]

Jednotlivé snímky a animace, které nepotřebují být vykresleny ihned, využívají fotorealistického renderingu. Ten je schopen na úkor delšího času vykreslování v dnešní době vytvořit hyperrealistická díla (Obrázek 28). Rendering jednoho snímku může trvat zlomek sekundy, ale i hodiny až dny, záleží na složitosti scény, nastavení složitosti vykreslení a cíli, kterého má být dosaženo. Velkou roli hraje například rozlišení obrazu (4K bude trvat mnohem déle než 1080p) nebo samplování.



Obrázek 28: Fotorealistické vykreslení 3D modelů

Zdroj: [39]

## 2 SOFTWARE A JEHO NÁSTROJE

V této kapitole je řešen program na 3D modelování, který jsem si vybral k zhotovení modelu, jeho historie, výhody i nevýhody a také jeho alternativy. Dále se bude zabývat jeho konkrétními základními nástroji, které je důležité znát, aby byl uživatel schopen projít celým procesem tvorby 3D modelu. V mém případě jsem si vybral program Autodesk 3DS Max ve verzi 2023.

### 2.1 Vybraný software – Autodesk 3ds Max

„3D Studio Max“ je jeden z nejvíce používaných programů při tvorbě 3D grafiky vytvořený firmou Autodesk, Inc. pro systémy Microsoft Windows, jedná se o tzv. „Industry standard“ tedy grafický program, který je používán jako standard ve velkých i malých firmách. [40]

#### 2.1.1 Historie Autodesk 3ds Max

Produkt započal svůj vývoj v roce 1988 a byl pojmenován „3D Studio“, byl vytvořen pro systém MS-DOS od společnosti Yost Group a publikován společností Autodesk. Po verzi 4D Studio DOS Release 4 byl produkt přepsán pro Windows NT a přejmenován na 3D Studio MAX. Tato verze byla také vytvořena od Yost Group a vydána společností Kinetix, která v tu dobu patřila pod Autodesk.

Autodesk tento produkt odkoupil v roce 1997 hned po druhém updatu verze 3D Studio Max a začal na něm plně pracovat. Později bylo jméno změněno na „3ds max“ (všechna písmena malá), aby splňovala konvence, které má společnost Discreet, která patřila pod Autodesk a pracovala na vývoji programu. V tuto dobu šlo o produkt „Discreet 3ds max“. Po sedmém vydání (Discreet 3ds max 7) byl program označen logem firmy Autodesk a začal i nést její jméno. Jméno bylo pozměněno na „3ds Max“ a jako celek jméno programu dodnes zní „Autodesk 3ds Max“ a dnes se pyšní moderním logem (Obrázek 29). [40]



Obrázek 29: Aktuální logo Autodesk 3ds Max

Zdroj: [41]

### 2.1.2 Výhody, nevýhody a alternativy

Na začátku měl MAX skvělou pověst především pro svůj poměr cena/výkon, který poskytoval uživatelům velkou škálu nástrojů pro tvorbu obrazů a animací srovnatelný se softwary v ceně 3000 \$. Díky otevřené architektuře dovoloval vytvářet technicky zdatným výtvarníkům zásuvné moduly, které aktivně dopomáhaly práci v programu. Otevřenost kódu je jedna z nejvíce ceněných vlastností. Díky širokému spektru možností, co v programu vytvořit, ceně a vývoje zásuvných modulů se postupně Autodesk 3ds Max stal první programovou volbou pro velkou škálu filmových, multimediálních a herních studií. [42]

**Výhody** jsou z pohledu 3D výtvarníka především v univerzálnosti celého programu. Lze vytvářet pomocí polygonálního, CSG i NURBS modelování. Není problém tvořit simulace různých druhů, texturování objektů, animování, osvětlení i rendering v jednom jediném programu. Ačkoliv je program složitý pro nové uživatele, ve srovnání s alternativami se jedná stále o celkem jednoduché prostředí k zorientování. Díky ohlasu programu a jeho frekventovanosti v průmyslu jsou schopnosti v programu 3ds Max skvělou cestou a zvyšují šanci k nalezení práce. Velké plus je i fakt, že tento program nabízí zdarma licenci pro studenty.

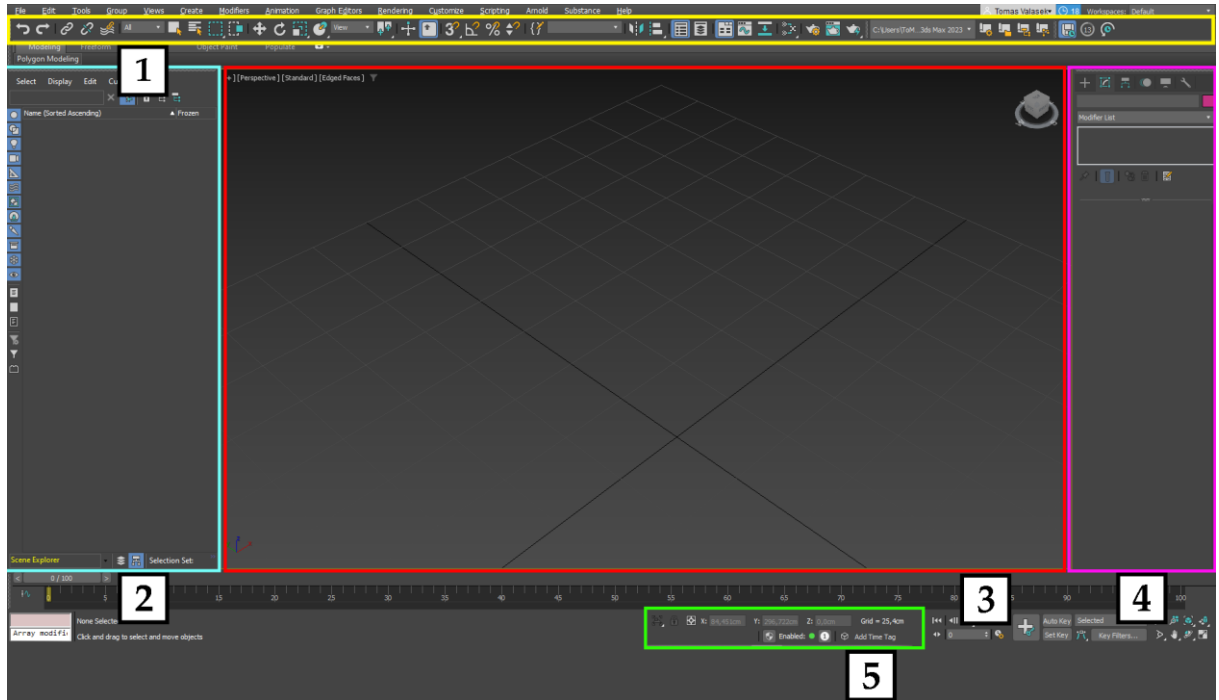
**Nevýhodou** je především cena tohoto softwaru, která už několik let funguje na bázi měsíčního předplatného. Aktuální cena se pohybuje za měsíční licenci 3ds Max kolem 210 dolarů, a proto není nejlepší volbou pro začínající umělce, kteří již nestudují. Další problém vzniká pro vlastníky jiných operačních systémů jako Mac nebo Linux, protože je 3ds Max vytvořen pouze pro Windows.

**Alternativou** pro 3ds Max je v první řadě **Maya**, která je též vytvořena společností Autodesk. Na první pohled se od sebe jejich prostředí moc neliší, ovšem práce v nich se v různých sférách liší. Mezitím, co 3ds Max je využíván především na interiérový a exteriérový design, modely do virtuální reality nebo videoher, Maya je preferována především na tvorbu kinematografie a animovaných snímků, potažmo tvorbu fiktivních charakterů. [43]

Nejsilnějším konkurentem pro tyto dva softwary od Autodesku je v dnešní době čím dál více používaný **Blender**, a to především kvůli ceně. Blender je totiž open-source program volně ke stažení na internetu bez jakýchkoliv povinných poplatků. Tím se stal perfektní volbou pro začínající 3D umělce, kteří již nejsou studenty nebo si obecně nemohou dovolit platit peníze za 3ds Max nebo Mayu. Jako další konkurenty patří například **Unity**, **Cinema 4D** nebo **ZBrush**.

## 2.2 Rozhraní a nástroje Autodesk 3ds Max

3ds Max má komplexní rozhraní a obsahuje velké množství různorodých nástrojů. I pokročilí uživatelé tohoto softwaru nevyužívají a ani neznají jeho 100% potenciál. Z tohoto důvodu jsou zde adekvátně popsány pouze nástroje, které budou využívány k práci na modelu. Základní rozhraní je popsáno v následujícím textu (Obrázek 30).



Obrázek 30: Rozhraní 3ds Max po spuštění

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

**1. Horní panel** – zde je k nalezení několik užitečných tlačítek, které jsou využívány k práci během celého procesu tvorby 3D modelu.

**2. Scene Explorer** – vypisuje veškeré objekty, které jsou ve scéně. Lze zde najít všechny tělesa, světla nebo kamery. Kvůli organizaci je doporučeno řádně objekty pojmenovávat. Objekty se často rozdělují do skupin za cílem lepší organizace.

**3. Viewport** – prostor, ve kterém je vizualizována veškerá práce na modelech. Při spuštění je v základním nastavení tento prostor rozdělen na 4 viewпорty (pohled shora, zepředu, zleva a v perspektivním módu).

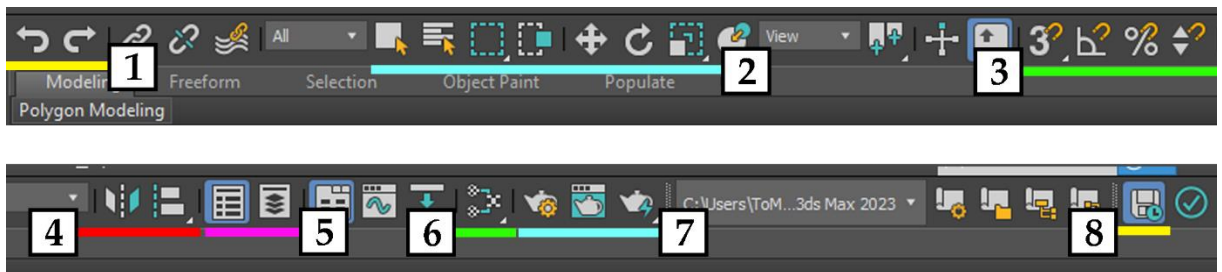
**4. Command Panel** – panel, ve kterém probíhá vytváření a upravování objektů. Zde jsou například vytvářena geometrická primitiva, pracováno s jednotlivými částmi polygonů nebo aplikovány modifikace na polygonovou síť.

**5. Souřadnice** – popisují pozici vybraného objektu v souřadnicích X, Y, Z. Přepisem těchto údajů je možné například přemístění nebo rotace.



## 2.2.1 Horní panel

Bez porozumění hornímu panelu se uživatel neobejde. Většinu základních nástrojů najde člověk především v tomto panelu. Čísly popsané části panelu jsou zobrazeny zde (Obrázek 31) a popsány v následujícím textu.







Obrázek 31: Popsání horního panelu



Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023


**1. Tlačítka na vracení se zpět** – využíváno ve chvíli, kdy uživatel například udělá chybu a potřebuje se vrátit o jeden či více úkonů nazpátek (tlačítko s šipkou doleva). Pokud se člověk vrátí zpět, ale zjistí, že to nebyl dobrý nápad, je možné provést znovu provedení úkonu. (tlačítko s šipkou doprava).


**2. Výběr, přesun, rotace a změna měřítka** – základní ovládací prvky, kterými je aktivně manipulováno s objekty ve viewportu. Ty jsou rozděleny následovně:


-  **Select** – vybrání objektu pomocí kliknutí nebo přetažením výběrového regionu přes objekt, s kterým je v plánu manipulovat (**klávesa Q**). Má další tři dodatečná tlačítka. První je výběr objektů pomocí Scene Exploreru, druhé ukazuje aktivní tvar regionu výběru a třetí rozhoduje, zdali musí být objekt v regionu výběru celý nebo stačí jeho část, aby byl vybrán.
-  **Move** – pohyb po XYZ souřadnicích (**klávesa W**).
-  **Rotation** – rotace po směru XYZ souřadnic (**klávesa E**).
-  **Scale** – změna měřítka vybraného objektu (**klávesa R**).

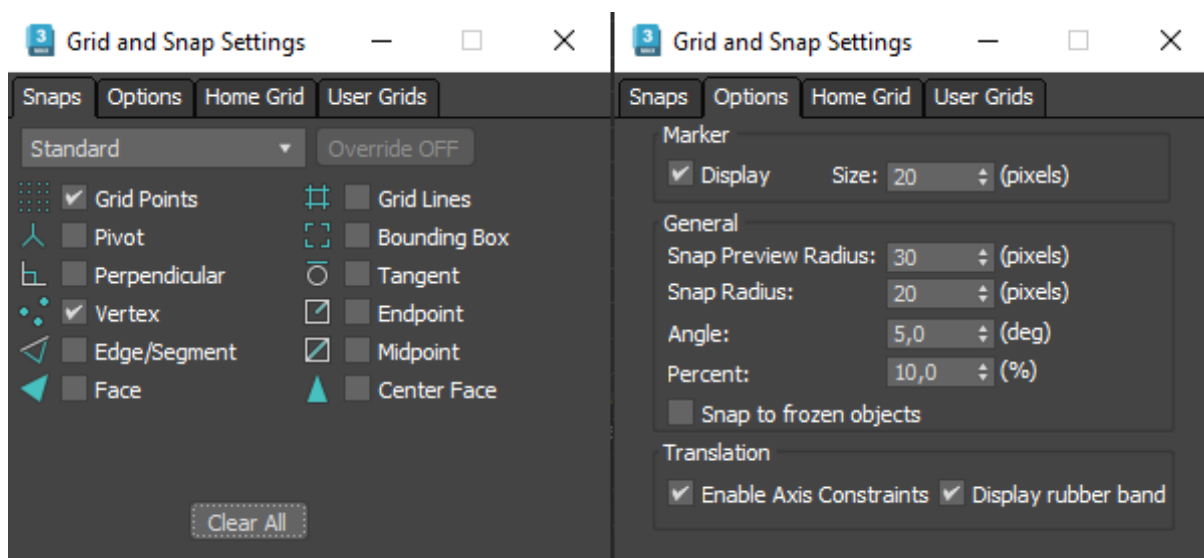
**3. Zrcadlení a zarovnání** – dvě důležité funkce, které zjednodušují proces tvorby:

-  **Mirror (Zrcadlení)** – funkce, která vybraný objekt zrcadlí po libovolně zvolených souřadnicích. Objekt přesouvá, vytváří kopii nebo instanci.
-  **Align (Zarovnání)** – funkce, která zarovnává vybraný objekt k dalšímu zvolenému objektu. Nastavení zarovnání probíhá v dialogovém okně.

4. **Přichytávání** – prvním tlačítkem je  **Snap Toggle**. Pokud je aktivní, přichytává objekt nebo jeho části například k částem polygonové sítě nebo jednotlivým bodům na mřížce (vyobrazená pomyslná síť bodů, která napomáhá při různých operacích ve viewportu. Je zmíněná v následující podkapitole „Viewport“). K čemu přichytit lze určit v nastavení po nakliknutí pravým tlačítkem. (Obrázek 32).

Druhé tlačítko  **Angle Snap Toggle** je využíváno při rotaci objektu. Pokud je aktivován, rotace probíhá v nastaveném rozpětí například po 5 stupních. Při rotaci bude nabývat po 5 stupních. Využívá se pro zvýšení přesnosti rotace.

Třetím tlačítkem je  **Percent Snap Toggle**, který je používán při změnách měřítka. Aktivní tlačítko znamená, že se měřítko bude měnit po přednastavených procentech v nastavení „Grid and Snap“ (Obrázek 32) po nakliknutí pravým tlačítkem myši.



Obrázek 32: Nastavení Snap Toggles

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

5. **Scene Explorer a Layer Explorer** – panely, které se využívají pro organizování všech objektů v projektu.

6. **Slate Material Editor** – panel na nastavování materiálů a texturování. Jsou zde vytvářeny tzv. uzly. Díky nim je možné různě kombinovat a vrstvit texturové mapy v materiálu a vytvářet tak komplexní a realistický vzhled. Vše je přehledné, jelikož jsou tyto uzly graficky vizualizovány.

7. **Nastavení renderingu a vyrenderování aktivního viewportu**, tlačítka, které budou využívány především ve finální fázi procesu k náhledům a vykreslování snímků.

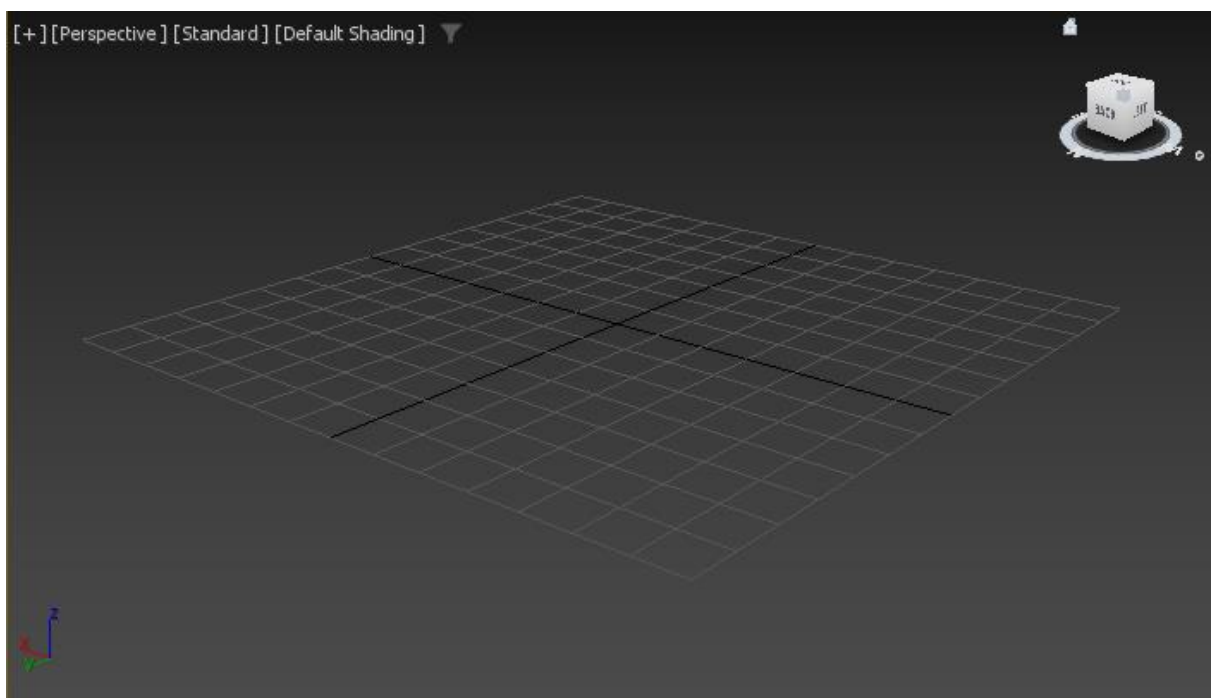


**8. Automatické ukládání záloh**, které je zrovna při práci s 3D softwarem důležité mít vždy aktivní. Autodesk 3ds Max má tendenci padat při větším přetížení, a to zejména na uživatelských PC, kterým chybí výkon. Pokud program padne, je možné si otevřít poslední uloženou zálohu a předejít tak zbytečným ztrátám.

## 2.2.2 Viewport

Vizualizace trojrozměrného prostoru vybrané scény s různými možnostmi vykreslení i úhly náhledu. Vše je jednoduše konfigurovatelné. V tomto prostředí je odváděna veškerá viditelná práce na projektu. Ve většině případů je využíváno více než jednoho viewportu, každý s jinak nastavenou orientací, za účelem ulehčení práce a možností sledovat model z více úhlů.

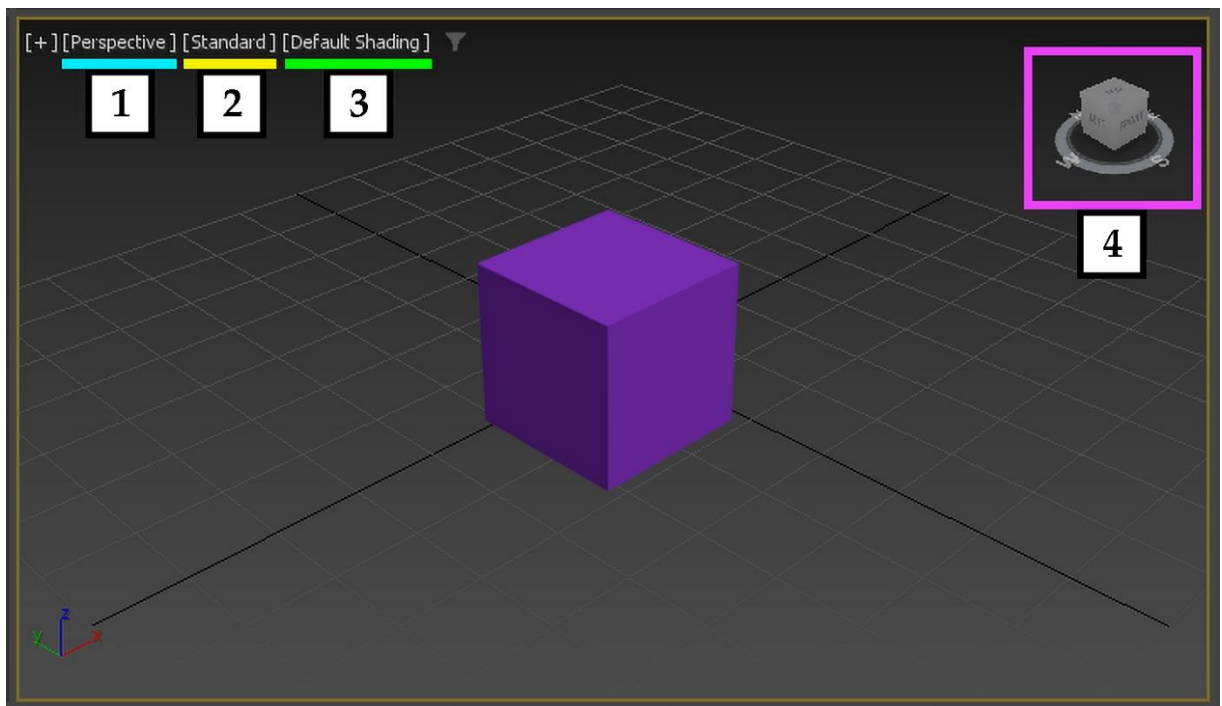
Viewport obsahuje tzv. Home Grid (Obrázek 33). Jedná se o dvojrozměrné pole čar a slouží jako konstrukční rovina, na které jsou vytvářeny a zarovnávány objekty ve scéně. Funguje jako referenční systém při používání přichytávání (Snap Toggles). [44]



Obrázek 33: Viewport s aktivní mřížkou

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

Viewport se dá nastavit hned několika způsoby. K tomu obsahuje několik malých menu (Obrázek 34). Ačkoliv většina tohoto nastavení je využitelná spíše až pro pokročilejší uživatele se speciálními požadavky, je dobré tyto menu znát.



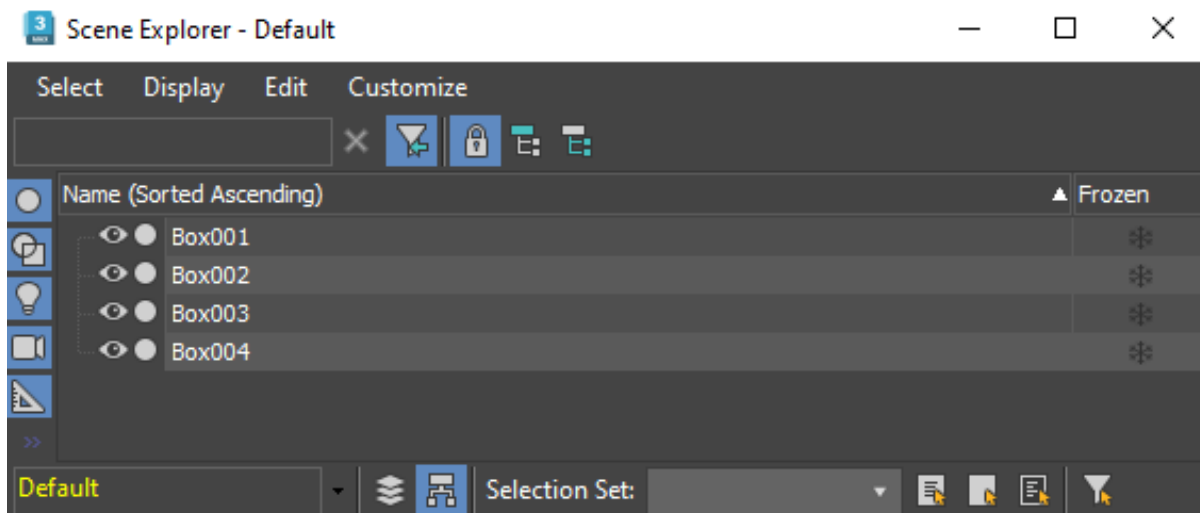
Obrázek 34: Popsání částí viewportu

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

1. **Menu přednastavených typů zobrazení** – mezi možnostmi je perspektivní projekce i paralelní projekce (bokorys, půdorys atd.). Speciální možností je i tzv. ortografická projekce využívaná na specifický typy práce.
2. **Nastavení kvality zobrazení** – možnost nastavení vysoké kvality až po vysoký výkon, záleží na preferenci nebo výkonu PC. Lze spustit funkci ActiveShade, která v reálném čase vykresluje uvnitř viewportu obraz pomocí rendereru.
3. **Výběr metody vykreslení** – jako základní stínování (default shading), zobrazení linek nebo stylizace jako například náčrt tužkou nebo akryl. Jednou z oblíbených metod vykreslení je Wireframe, který zobrazuje hrany objektů.
4. **Vizualizace úhlu zobrazení** – určuje pod jakým úhlem je zrovna nahlíženo na objekt ve viewportu. Pokud je v této oblasti drženo levé tlačítko myši a pohybováno s myší, dochází ke změně úhlu zobrazení.

### 2.2.3 Scene & Layer Explorer

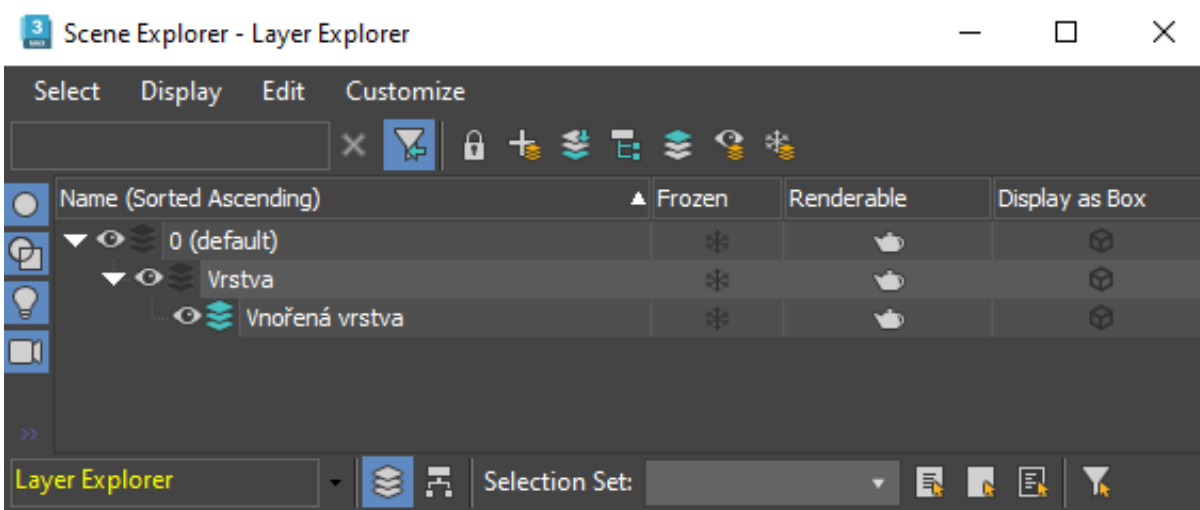
**Scene Explorer** (Průzkumník scény) je dialogové okno bez modelů pro prohlížení, třídění, filtrování a výběr objektů (Obrázek 35). Mezi další funkce patří možnost přejmenování, odstranění, skrytí nebo zmrazení objektů, vytváření a úprava hierarchií objektů a hromadná úprava vlastností objektů. [44]



Obrázek 35: Scene Explorer

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max

**Layer Explorer** (Průzkumník vrstev) je rozšířený režim Scene Exploreru, ve kterém jsou zobrazovány vrstvy a k nim přiřazené objekty a vlastnosti (Obrázek 36). Je v něm umožněno vytvářet, mazat a vnořovat vrstvy. Také lze přesouvat objekty mezi vrstvami. Velkým plusem je možnost zobrazit a upravit nastavení všech vrstev ve scéně a s nimi spojených objektů. [44]

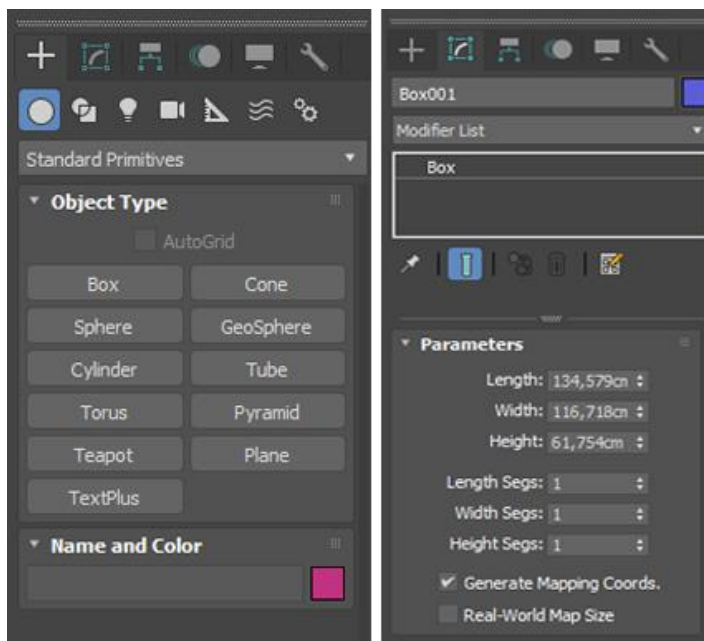


Obrázek 36: Layer Explorer

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max

## 2.2.4 Command panel

**Command panel** (Příkazový panel) se skládá ze šesti panelů uživatelského rozhraní, které umožňují přístup k většině modelovacích funkcí aplikace 3ds Max a také k některým animačním funkcím, volbám zobrazení a různým nástrojům. V daném okamžiku je viditelný pouze jeden panel. Přepínat mezi nimi lze v horní části panelu. Ačkoliv je zde šest panelů, pro nás budou důležité první dva, a to právě panely Create a Modify (Obrázek 37). [44]



**Obrázek 37:** Create panel a Modify panel v Command Panelu      **Zdroj:** Snímek z Autodesk 3ds Max

**Create Panel** obsahuje ovládací prvky pro vytváření objektů. Jedná se o první místo, kam se podívat při vytváření nové scény za cílem modelovat. Lze zde vytvářet 3D i 2D geometrická primitiva, světla, kamery nebo nápomocné objekty.

Objekt se vytváří nakliknutím tlačítka vybraného objektu a následné kliknutí do viewportu. Velikost objektu je možné nastavit manuálně taháním myši. Po základním nastavení velikosti myši se automaticky otevře Modify panel.



**Modify Panel** obsahuje veškeré nastavitelné prvky objektů. Tyto prvky jsou různé podle typu objektu. Pokud vytvoříme například kostku (Box) v Create panelu, zde jsme schopni číselně nastavit jeho délku, šířku, výšku i jeho segmentaci.

Panel obsahuje „Modifier list“, do kterého lze vložit širokou škálu modifikací objektu. Výhodou tohoto okna je, že jsou na objekt aplikovány tyto modifikace nedestruktivně, tedy není problém modifikaci smazat, protože se objekt vrátí do původního stavu.

## 2.2.5 Nástroje polygonového modelování

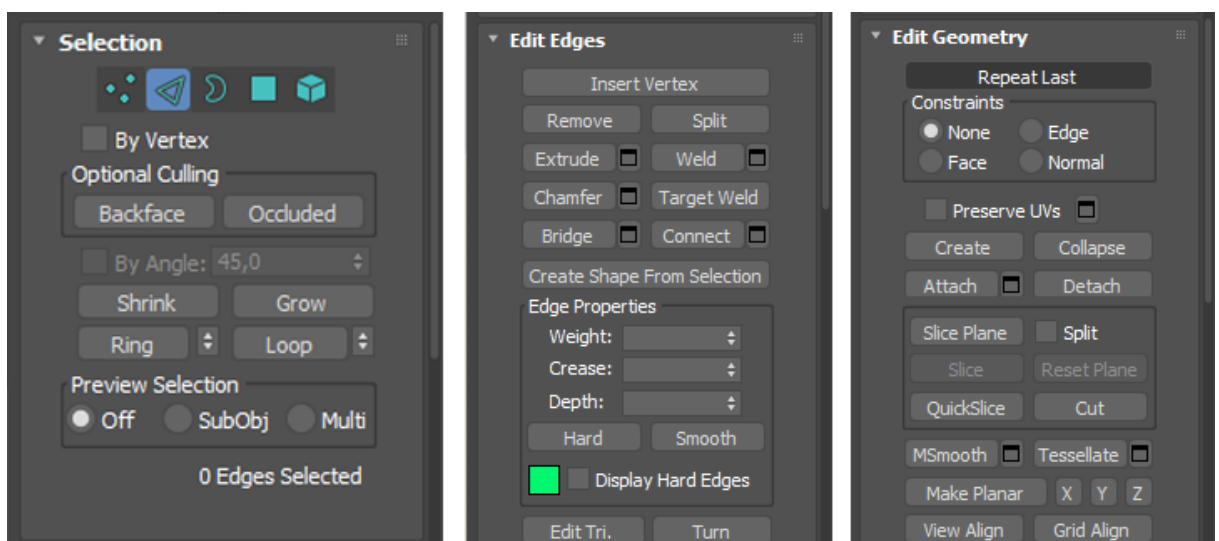
Jakmile je pracováno v polygonové síti, v Modify panelu je vyobrazeno hned několik ovládacích prvků rozdělených do malých rozvinutelných panelů. Pro základní práci s polygony ovšem postačí jen hlavní tři.

Prvním panelem je „**Selection**“, ve kterém je vybíráno mezi pěti režimy modelování. Tyto režimy jsou pojmenovány podle částí polygonové sítě a rozhodují s kterou částí polygonu bude člověk moct manipulovat. Režimy se dělí na:

-  **Vertex** (Body)
-  **Edge** (Hrana)
-  **Border** (Ohraničení)
-  **Polygon** (Plocha)
-  **Element** (Celý objekt)

Vybraný režim rozhoduje o obsahu možností, co dělat, v druhém panelu. Tento panel se také jmenuje podle vybraného módu, tedy pokud je vybrán například mód Edge, nese název „**Edit Edges**“. Pokud je přepnuto na Vertex, ponese název „**Edit Vertices**“.

Třetí panel „**Edit Geometry**“ obsahuje další funkce, které mohou být využity při práci s polygonovou sítí. Mezi ty hlavní patří například funkce Cut nebo Attach. Všechny tři panely jsou na následujícím obrázku (Obrázek 38):



Obrázek 38: Selection, Edit Edges a Edit Geometry

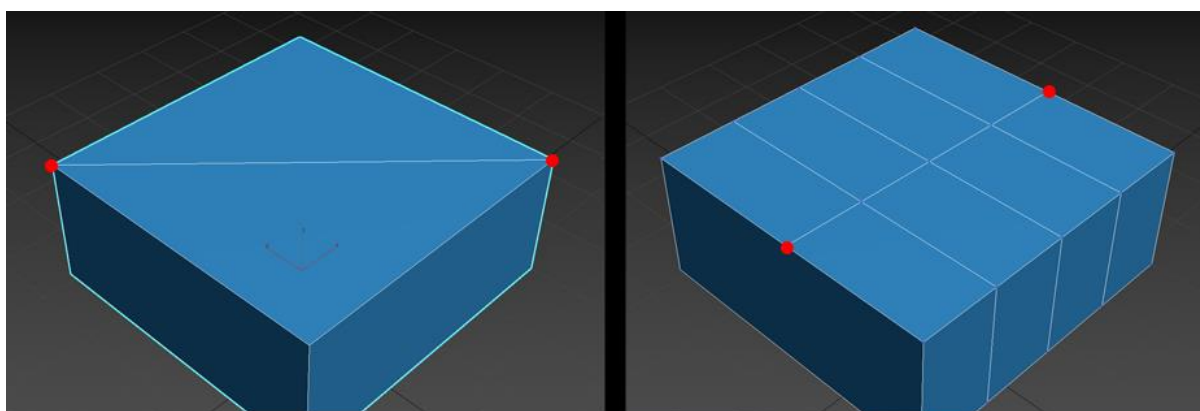
Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

## Connect a Cut

V režimu Vertex jsou funkcí **Connect** vytvářeny nové hrany mezi sousedními dvojicemi vertexů, které jsou vybrány. V režimu Edge vytváří Connect kolmě novou hranu mezi vybranými hranami a dovoluje nastavit, jaký počet hran má vzniknout, vzdálenost mezi nimi a jejich obecné umístění.

Funkce **Cut** se nachází v panelu „Edit Geometry“ a umožňuje libovolně vytvářet řezy po celém objektu vybráním počátečního a konečného bodu. Počáteční i konečný bod může být v libovolné části hrany nebo polygonu. Pokud mezi těmito body jsou hrany, průřez vytvoří nové vertexy v pozici jejich protnutí.

Na následujícím obrázku jsou ukázány funkce. Červené body zde vyobrazují vybrané body, mezi kterými vznikne propojení pomocí hran (Obrázek 39).



Funkce Connect

Funkce Cut

Obrázek 39: Funkce Connect a Cut

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

## Smooth a Hard Edges

**Smooth** je hrana, která se zobrazí a vykreslí jako vyhlazená. Díky tomu nejsou vidět hrany mezi polygony a působí jako jednotný jemný povrch. **Hard** je naopak hrana, která se zobrazí a vykreslí jako nevyhlazená. Tím způsobem je dosaženo znatelné viditelnosti hran polygonů.

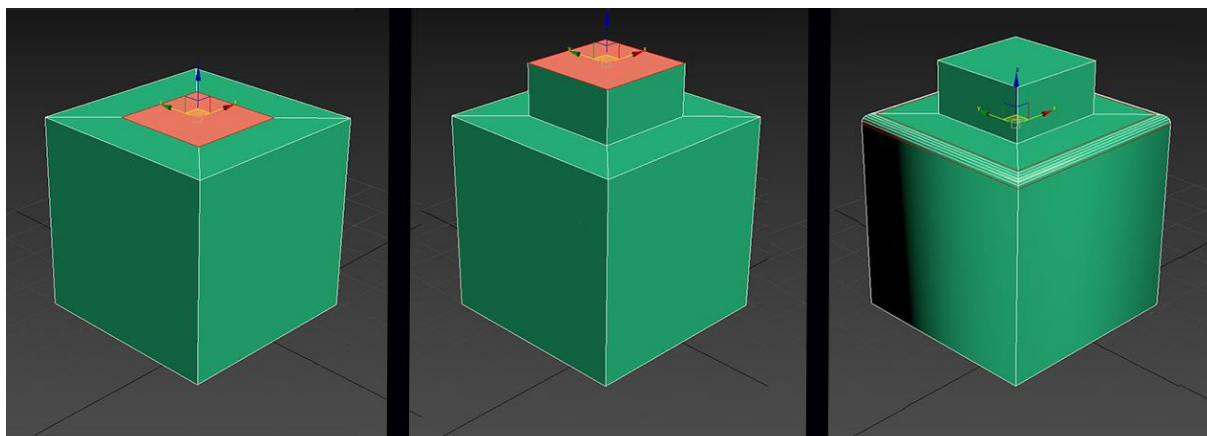
Ruční nastavování Hard Edges je využíváno například při používání modifikace **TurboSmooth**, která přidává počet polygonů v modelovaném objektu. Účelem této modifikace je zjemnění povrchu celého modelu.

Pokud by se v některých místech hrany na modelu nenastavily na Hard, objekt by se mohl zdeformovat. K tomu, aby TurboSmooth dokázal vnímat toto nastavení hran, musí být aktivován „Smoothing Groups“ v nastavení „Surface Parameters“.



## Inset, Extrude a Chamfer

**Inset** vytvoří vnitřní polygon s čtyřmi hranami, které spojují vertexy původního a nově vytvořeného polygonu. **Extrude** vytahuje vybrané polygony a vytváří tím nový tvar napojený na objekt. **Chamfer** zaobluje vybrané hrany polygonu (Obrázek 40).



Inset

Extrude

Chamfer

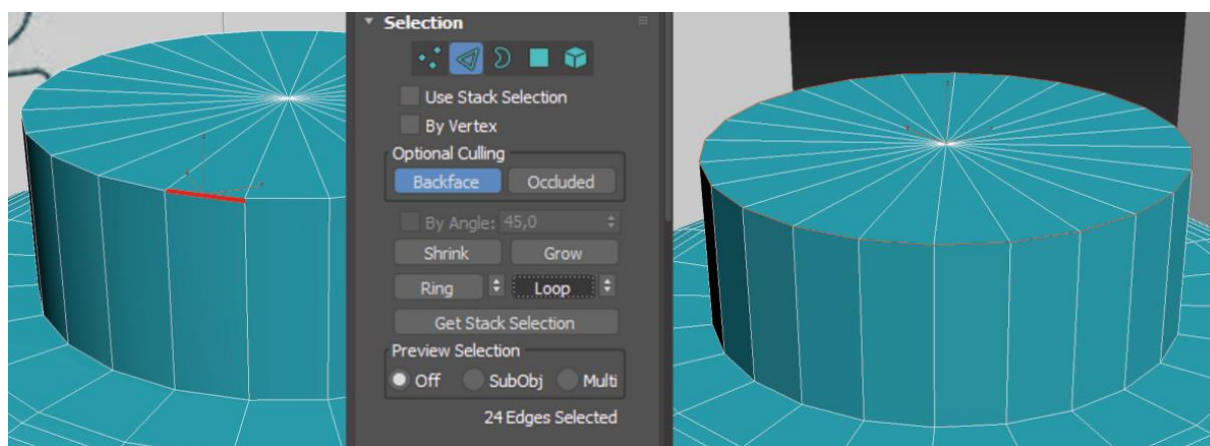
Obrázek 40: Inset, Extrude a Chamfer

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

## Backface a Loop

**Backface** se vyskytuje v Selection panelu a při aktivaci zamezuje například vybírání polygonů, které se vyskytují z druhé strany objektu.

**Loop** urychluje výběr polygonů, hran a vertexů. Pokud je nakliknuta jedna hrana polygonu, po použití funkce Loop bude označen celý okruh. Pro nejlepší představu se lze podívat na následující snímek, kde je vybrána jedna hrana, použit Loop a vzniklo označení kolem dokola (Obrázek 41).

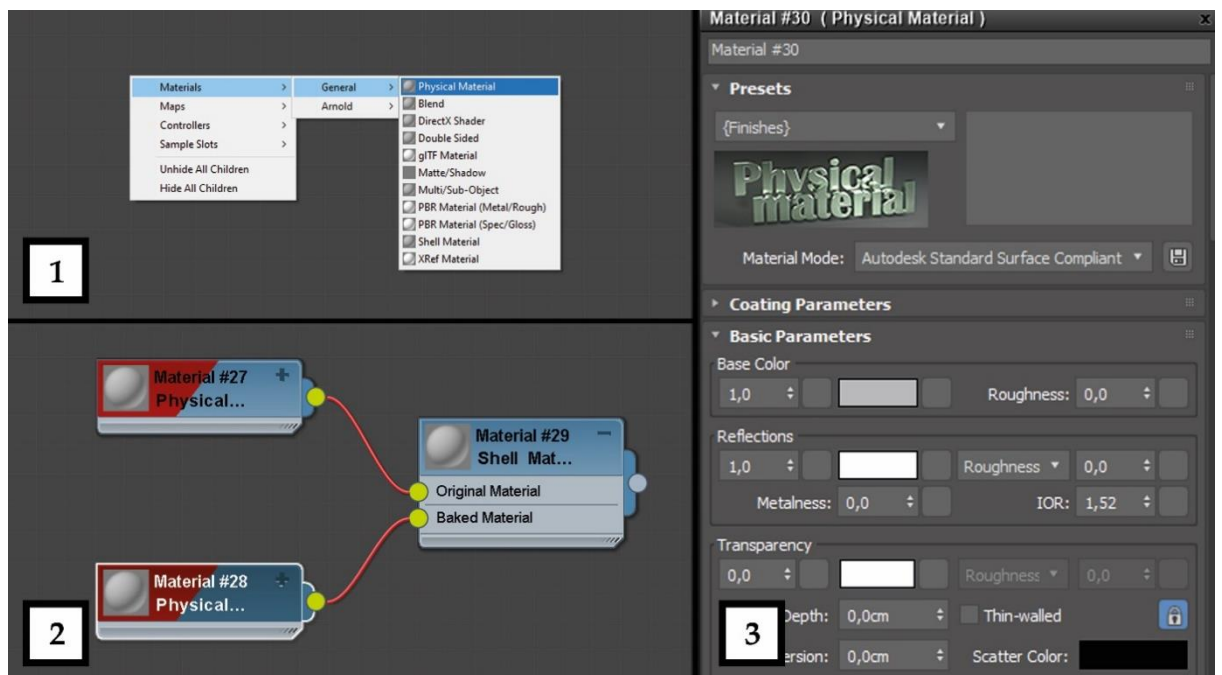


Obrázek 41: Funkce Loop

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max

## 2.2.6 Slate Material Editor

Slate Material Editor je obsáhlejší dialogové okno, ve kterém jsou materiály a mapy zobrazeny jako uzly (nodes). Ty jsou mezi sebou propojovány a tím vytvářeny stromy materiálů. Pokud jsou navrhovány nové materiály, je editor materiálů Slate Material Editor obzvláště výkonný a obsahuje nástroje pro vyhledávání, které pomáhají spravovat scény s velkým počtem materiálů (Obrázek 42). [44]



Obrázek 42: Slate Material Editor a jeho popis

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

**1. Vytváření nového materiálu** pomocí kliknutí pravého tlačítka myši do prostoru uvnitř Material editoru. Na výběr je široká škála možností, ovšem pro vytvoření základního materiálu postačí postup vyobrazený na obrázku. Pokud výsledek bude vykreslován skrze Arnold (Renderer, který využívá 3ds Max), je potřeba pracovat s jeho vlastním základním materiálem Standard Surface, nikoliv s Physical Material (**Materials > Arnold > Surface > Standard Surface**).

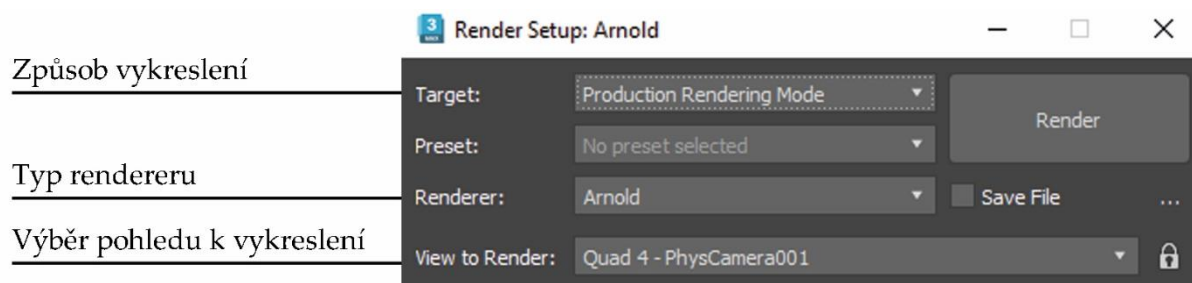
**2. Příklad stromu materiálů** složený z dvou základních fyzických materiálů spojený do jednoho Shell materiálu. Tento strom vznikl pouze jako názorný příklad a není založený na něčem z praxe.

**3. Nastavení materiálu**, zde je manipulováno se všemi proměnnými, které materiál má. U fyzického materiálu lze libovolně měnit barvu povrchu, průhlednost nebo odlesk. Je možné si tak vytvořit po svém materiál, který simuluje například plast, sklo nebo kov.



## 2.2.7 Render Setup

Render Setup je dialogové okno, ve kterém jsou nastavovány veškeré vlastnosti pro finální rendering. V první řadě je vybírán způsob vykreslování, typ rendereru a z jakého pohledu či kamery bude snímek nebo animace pořízena (Obrázek 43).



Obrázek 43: Render setup

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max

Způsobů na vykreslení je hned několik, a to ty, které jsou vypočítávány hardwarem, na kterém je právě pracováno nebo po internetu pomocí jiného zařízení. Tomuto online způsobu se říká Cloud based rendering.

**Production Rendering Mode** může využívat libovolný renderer, který je aktuálně nainstalovaný v aplikaci 3ds Max, je nastavený jako výchozí a využíván pro finální vykreslení. [44]

**Iterative Rendering Mode** je Production mode s tím rozdílem, že vynechává výstup do souboru, síťové vykreslování, vykreslování více snímků, export do souborů MI a upozornění e-mailem. Tato možnost může být užitečná, pokud chcete provést rychlé několikrát opakované testy vykreslování.

**ActiveShade Rendering Mode** vykresluje náhledový snímek, který pomůže zjistit účinky změny osvětlení nebo materiálů. Vykreslování se interaktivně aktualizuje podle toho, jak měníte scénu. Vykreslování pomocí této funkce je obecně méně přesné než Production rendering.

**4A360 Cloud Rendering Mode** je využíván za cílem nezatěžovat vlastní zařízení a pokračování s prací na PC bez přetížení. Vybrané nastavení snímku je posláno na cloud, kde je následně vykreslen jiným zařízením a poslán zpět. Tento způsob renderu nepodporuje vykreslení animací, tedy pokud je scéna animována, A360 vykreslí pouze jeden snímek vybraný na časové ose. [44]

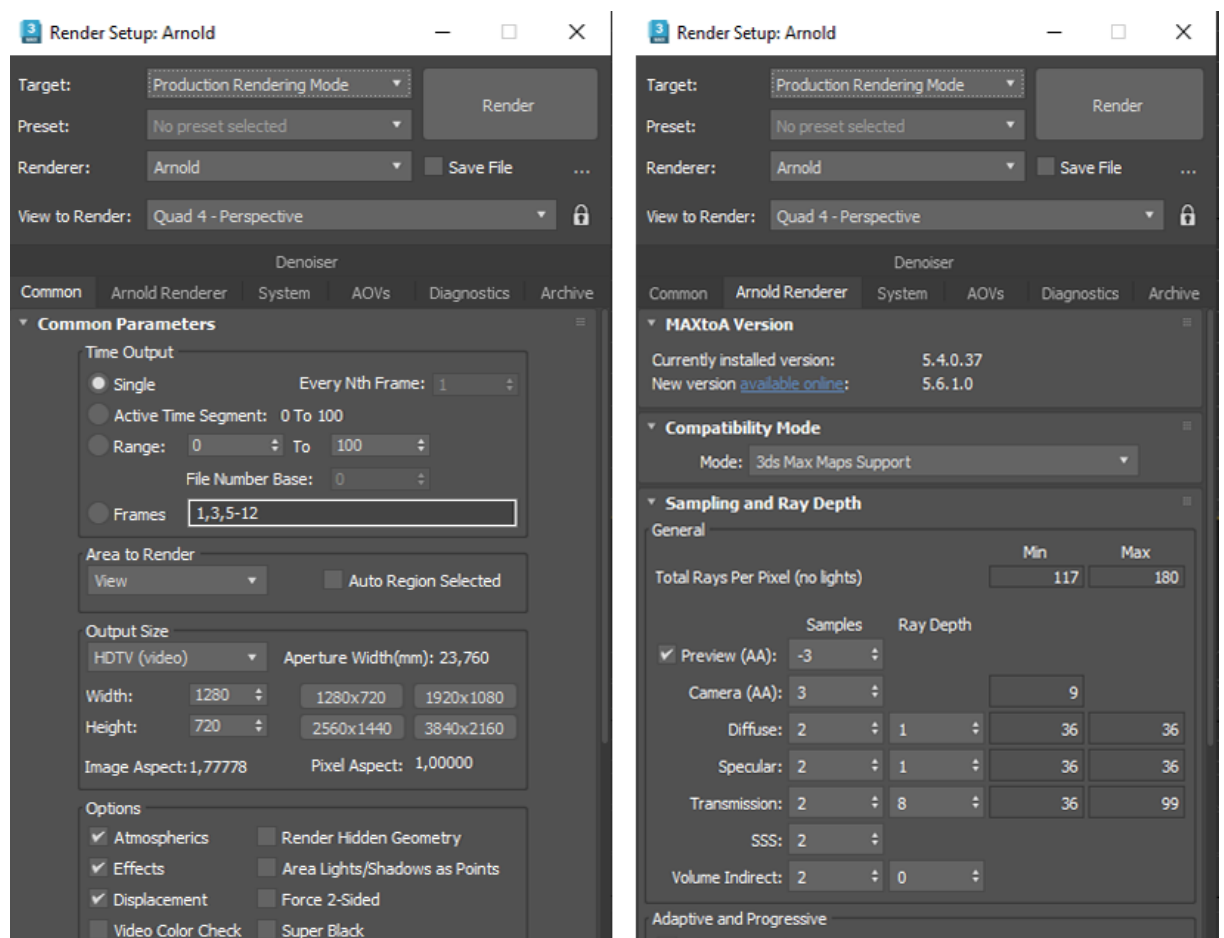
Rendererů, které Autodesk 3ds Max v sobě od základu nabízí, je hned několik, ovšem nejvyužívanějšími pro účely vytváření modelu nám postačí znát Scanline a Arnold.

**Scanline** je univerzální renderer, který vykresluje celou scénu jako sérii skenovacích čar generovaných shora dolů. **Arnold** je pokročilý realistický Monte Carlo renderer vytvořený pro potřeby celovečerní animace a vizuálních efektů.

Dialogové okno Render Setupu má hned několik panelů. Počet a názvy panelů se mohou měnit v závislosti na aktivním rendereru. Dva panely jsou ale přítomny vždy, a to Common panel a Renderer panel (Obrázek 44).

**Common panel** obsahuje obecné ovládací prvky pro vykreslování, například zda se má vykreslovat statický obrázek nebo animace, nastavení rozlišení vykreslovaného výstupu, jeho formát atd.

**Renderer panel** obsahuje hlavní ovládací prvky aktivního renderu. Každý renderer má jiné a jedinečné možnosti. Na jejich základě je rozhodováno, který bude na scénu použit. Je dobré navrhovat materiály s ohledem na vybraný renderer. [44]



Obrázek 44: Common a Renderer panel

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

## 2.3 Klávesové zkratky

Pro zvýšení efektivity práce v programu je důležité mít naučené klávesové zkratky. Uživatel, který si osvojí ovládání programu pomocí klávesových zkratk, je hned několikanásobně rychlejší v tvorbě 3D modelů.

Klávesových zkratk je v programu Autodesk 3ds Max nespočet, důležité je si ovšem osvojit hlavně ty, které jsou používány velmi aktivně.

Základní klávesové zkratky jsou vypsány v následující tabulce (Tabulka 1).

Tabulka 1: Klávesové zkratky

Zdroj: Vlastní tvorba

Originální název	Popis	Klávesová zkratka
Undo	Vrácení se dozadu	<b>Ctrl + Z</b>
Redo	Vrácení se dopředu	<b>Ctrl + Y</b>
Copy	Kopie manipulací s objektem	<b>Shift + manipulace</b>
Select	Výběr objektu	<b>Q</b>
Move	Pohyb s objektem	<b>W</b>
Rotation	Rotace s objektem	<b>E</b>
Scale	Změna měřítka objektu	<b>R</b>
Add to	Přidání do výběru	<b>Ctrl + kliknutí myši</b>
Remove from	Odebrání z výběru	<b>Alt + kliknutí myši</b>
Snap Toggle	Přichytávání	<b>S</b>
Angle Snap Toggle	Přichytávání při rotaci	<b>A</b>
Xray View	Průhledné plochy objektu	<b>Alt + X</b>
Align	Zarovnání dvou objektů	<b>Alt + A</b>
Isolation	Izolace vybraného objektu	<b>Alt + Q</b>
Maximize Viewport	Maximalizace viewportu	<b>Alt + W</b>
Pan movement	Pohyb do boku	<b>Kolečko myši</b>
Orbit movement	Rotace kolem orbitu objektu	<b>Kolečko myši + Alt</b>
Zoom movement	Přiblížení a oddálení	<b>Rotace kolečka myši</b>
Front View	Pohled zepředu	<b>F</b>
Left View	Pohled zleva	<b>L</b>
Top View	Pohled shora	<b>T</b>
Perspective View	Perspektivní pohled	<b>P</b>

## 3 FÁZE TVORBY MODELU

Každé 3D modelování si během kompletace musí projít několika fázemi, aby vznikl skvěle vypadající a funkční výsledek. Jeden takový 3D objekt bude vymodelován i zde.

### 3.1 Předprodukce

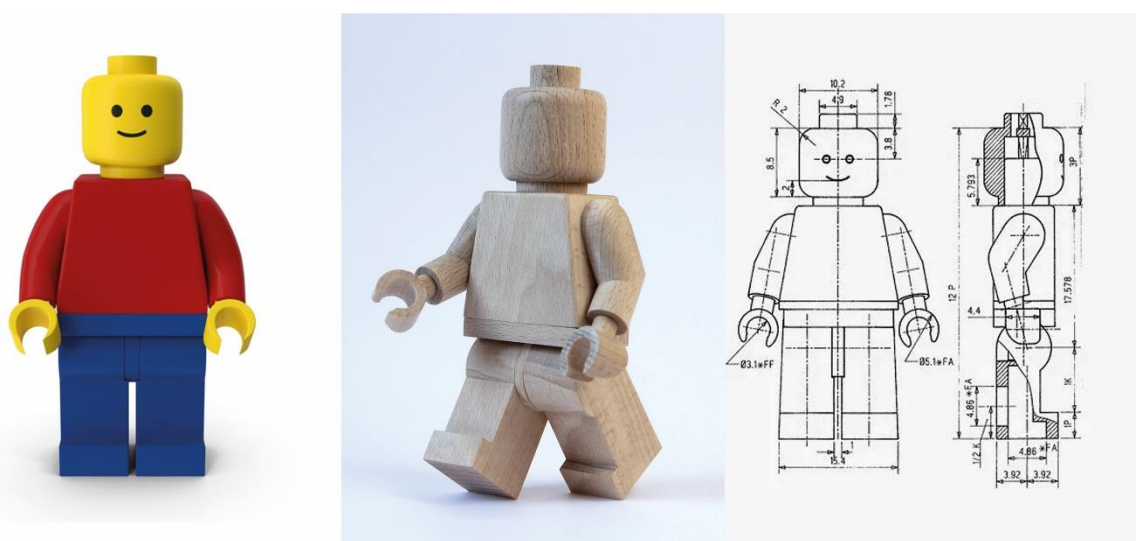
První fází je výběr předlohy, která bude modelována. Poté je na čase shromažďování informací a materiálů, které budou užitečné pro kompletaci.

#### 3.1.1 Výběr předlohy

Pro začátky s 3D grafikou je důležité nejt hned do pokročilých objektů. Najít si předlohu, která je realizovatelná i pro nového uživatele, je proto klíčové. Z tohoto důvodu je v této kapitole modelován model základního Lego panáčka. Tento panáček je vytvořen za účelem učení se s nástroji v programu Autodesk 3ds Max a využít pouze k digitální prezentaci, nikoliv například k 3D tisku. Z tohoto důvodu není dáván zřetel na některé detaily a nebude dodržovat přesné míry.

#### 3.1.2 Shromáždění referenčních materiálů

Lego panáček je symetrický objekt. Díky tomu by stačilo sehnat jeho obrázek minimálně z přední strany, aby byl člověk schopen vytvořit model. Na internetu se vyskytují technické nákresy z přední a boční strany, ty jsou pro vymodelování perfektní. Je doporučeno sehnat několik dalších referenčních snímků, které mohou pomoci v procesu. Na přiloženém CD (Příloha A) jsou k nalezení 3 obrázky, a to fotografie z přední strany, fotografie z boku a technický výkres (Obrázek 45).



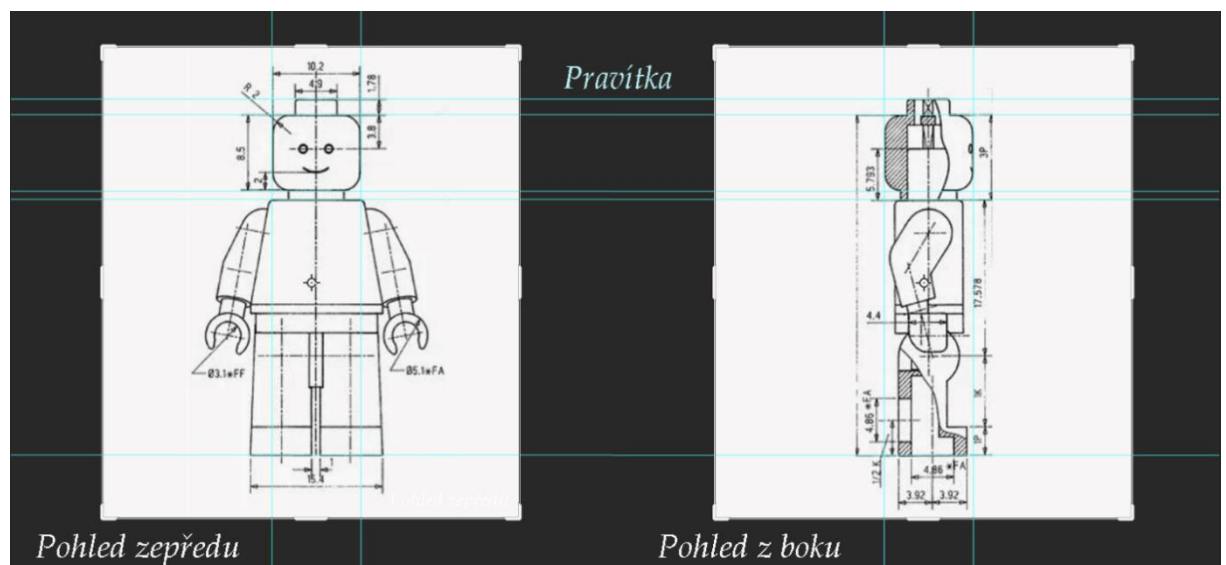
Obrázek 45: Referenční materiály: Lego panáček

Zdroj: [45], [46], [47]

### 3.1.3 Zpracování technického výkresu

Vlastnit technický výkres tvaru, který bude modelován, je velkou výhodou. Výkres je potřeba mít zpracovaný externím programem na 2D grafiku. Technický výkres se musí rozdělit na počet snímků roven počtu pohledů na objekt. V tomto případě jsou vytvořeny dva snímky, které musí mít stejný formát, ideálně 1 : 1.

Také je potřeba dávat zřetel na zarovnání těchto snímků na střed a dodržení velikostí výkresu. K tomu lze využít pravítka, pokud je externí software nabízí. Vzhledem k tomu, že nejde o práci v programu Autodesk 3ds Max, tak tyto dva snímky budou také v příloženém CD (Příloha A).



Obrázek 46: Zpracování technického nákresu pro 3ds Max Zdroj: Snímek z Adobe Photoshop 2021

Technický výkres je možné nahrát i v původní verzi bez tohoto ošetření a rozdělení na dva snímky, ovšem bude se muset správně nastavit v 3ds Maxu. Tím bude mnohem těžší dostat pohledy na správné pozice a není to doporučeno.

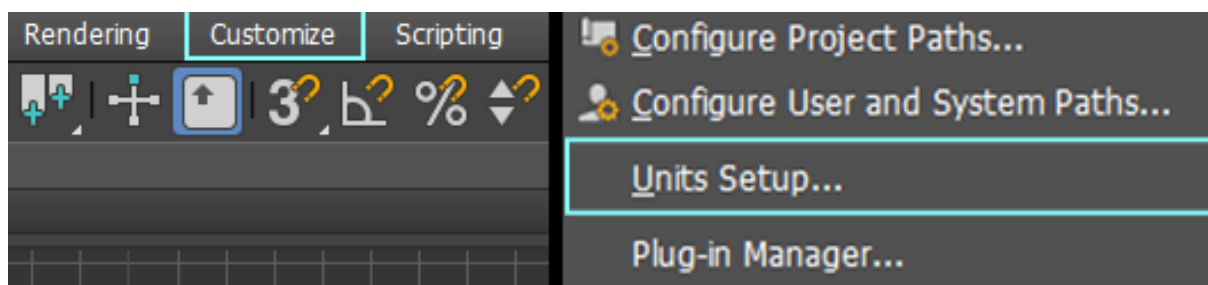
Nastavení by muselo probíhat aplikováním modifikace UVW Map a manipulací s souřadnicemi, orientací atd., proto je tento postup vhodný spíše pro pokročilejší uživatele, kteří vědí, co dělají. Ačkoliv je potřeba dalšího programu, je jednodušší a přesnější si snímky připravit v jiném programu.

## 3.2 Produkce

Další fází je samotná produkce. Pod tu v tomto případě spadá téměř veškerá práce v programu Autodesk 3ds Max, a to modelování objektu, nanesení materiálů i textur a vytvoření adekvátního osvětlení.

### 3.2.1 Nastavení scény

Základní krok, který se dělá před samotným začátkem modelování, je kontrola jednotek, ve kterých program v tu chvíli přijímá parametry. V případě modelu Lego panáčka je pracováno s centimetry. Do nastavení jednotek měření se dá dostat skrze horní lištu, a to v záložce „Customize“, kde se nachází „Unit Setup“. Zde lze vybírat mezi metrickým systémem i americkým standardem (Obrázek 47).



Obrázek 47: Nastavení metriky

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

Autodesk 3ds Max je v případě klasického 3D modelování nastaven správně od jeho spuštění, proto není potřeba více zasahovat do jeho nastavení a je možné se vrhnout na přípravu samotné scény ve viewportu.

Ve scéně je potřeba vytvořit objekty, které zobrazují zpracované snímky z technického výkresu. To velmi ulehčuje práci během modelování a je špatně této možnosti nevyužít. K tomu se využije geometrického primitiva **Plane** (plošina).

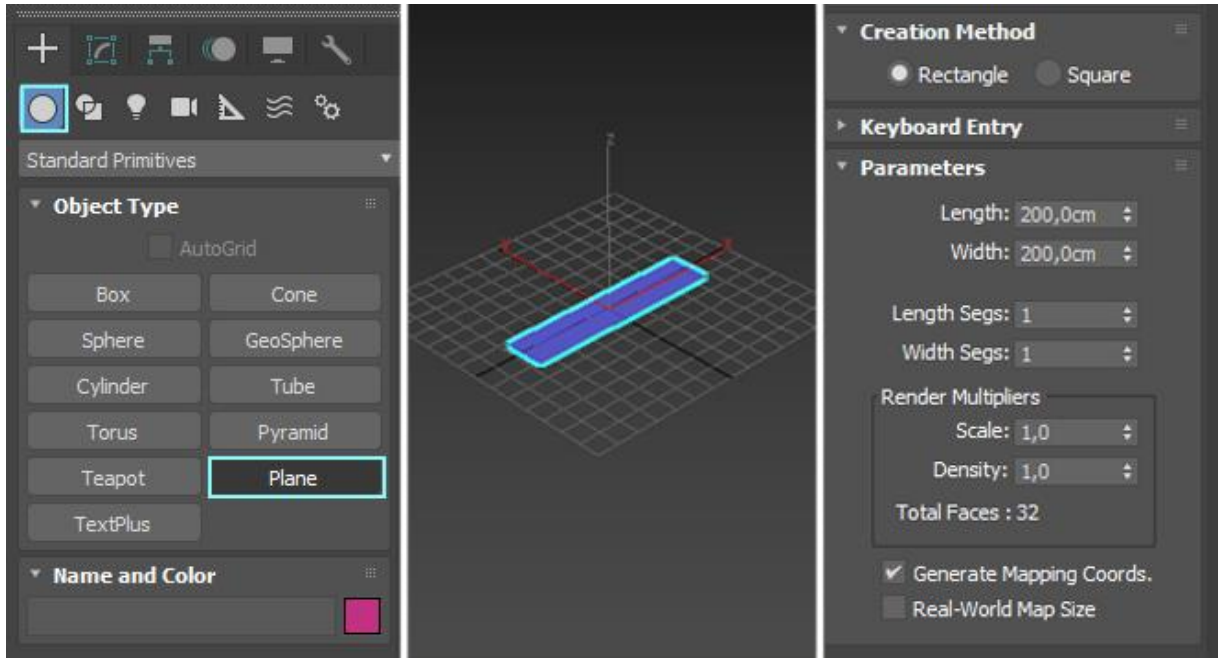
Plane je geometrické primitivum, které má nulový objem. Tvoří ho pouze jedna stěna, kterou lze rozdělit na více polygonů. To ovšem není pro nastavení scény důležitým faktorem.

Geometrická primitiva jsou vytvářena v **Create panelu** po pravé straně rozhraní. Po nakliknutí vybraného tvaru se musí kliknout levým tlačítkem myši do viewportu a takem nastavit jeho velikost.

Každý tvar má svoje hlavní rozměrové parametry, které se nastavují již během tahu myši. Každý parametr se postupně zvlášť nastavuje pokaždé, co je při tvorbě kliknuto levým tlačítkem myši.



Tato velikost nemusí být 100% přesná, jelikož je možné ji pak ručně číselně nastavit. Velikost této plochy musí mít stejný formát jako zpracované snímky, tedy 1 : 1. V tomto případě je ploše nastaven rozměr 200×200 cm. Postup vytvoření plošiny je zobrazen zde (Obrázek 48):



**Obrázek 48:** Nastavení scény: Tvorba plošiny

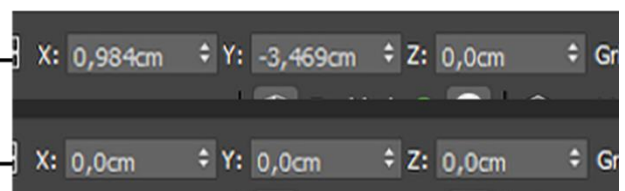
**Zdroj:** Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

Vytvořená plošina musí být zarovnána ve všech souřadnicích na střed viewportové mřížky. Zarovnání musí proběhnout kvůli práci s plošinou v následujících krocích. Bez zarovnání na nulovou pozici by bylo téměř nemožné plošinu správně umístit a celé nastavení předlohy by nesplňovalo svůj účel.

Zarovnání plošiny je relativně jednoduchý proces. Jelikož je plošina stále vybraná, stačí stisknout tlačítko **Move (W)** a přepsat souřadnice **X, Y, Z** v dolní liště na nulové hodnoty (Obrázek 49). Tímto je v pár krocích docíleno přesného zarovnání na střed viewportové mřížky.

Původní hodnoty

Přepsané hodnoty



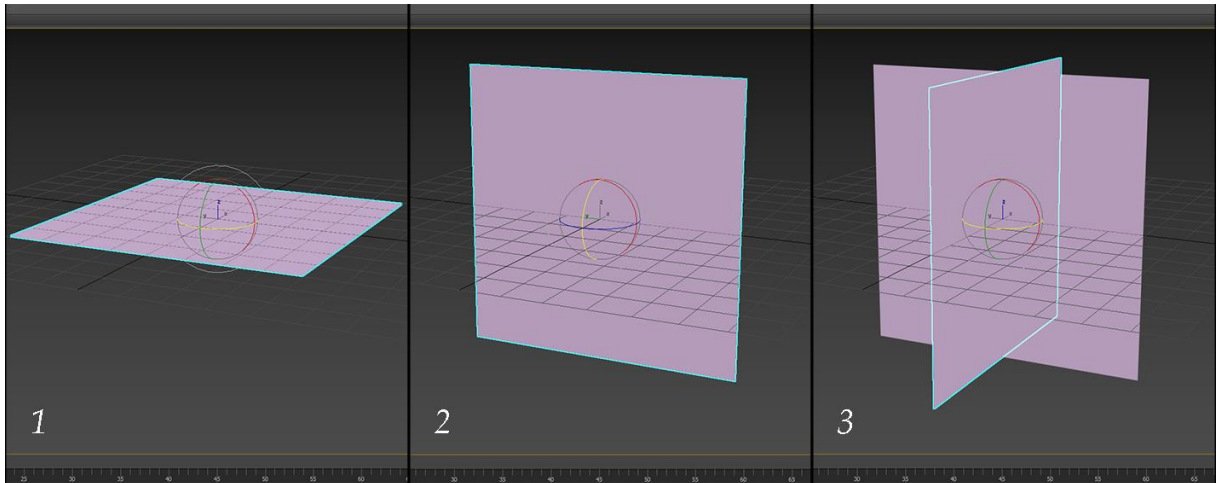
**Obrázek 49:** Nastavení scény: Centrování plošiny

**Zdroj:** Snímky z Autodesk 3ds Max 2023



Dalším krokem je dostání plošiny do vertikální pozice pomocí tlačítka **Rotation (E)**. Pro správný postup musí být aktivován **Angle Snap Toggle**. Tím je docíleno přesného otočení plošiny do mínusových  $90^\circ$  v souřadnici **Y**.

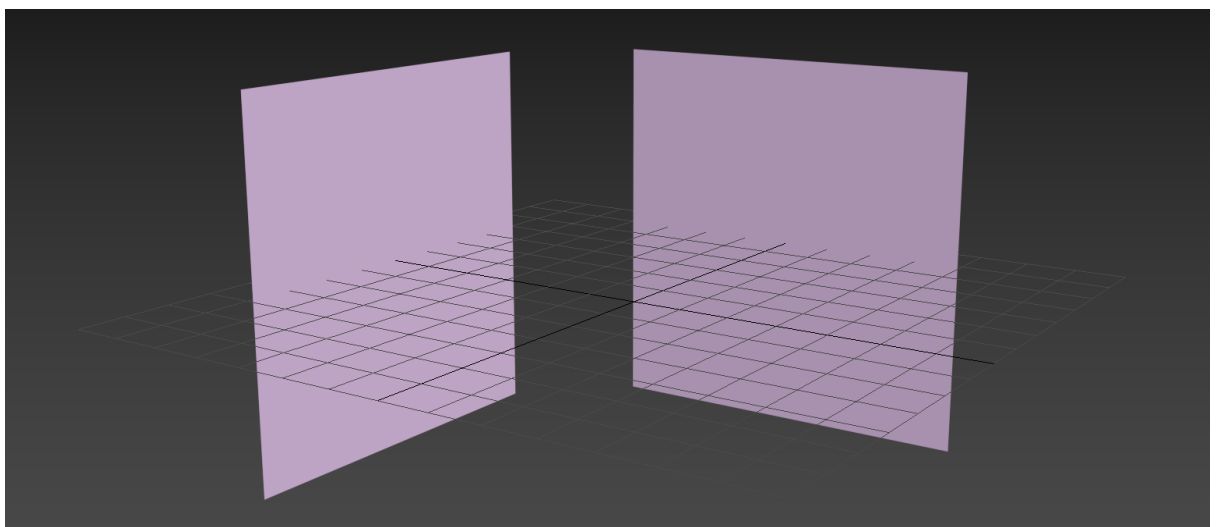
K prezentaci dvou snímků je potřeba dvou plošin. Místo vytváření nové postačí zkopírovat existující. Tato plošina musí být v pravém úhlu, tedy se musí podržet **klávesa Shift** a otočit plošinu o  $90^\circ$  po souřadnici **Z**. V zobrazeném dialogovém okně se zaklikne „OK“. Tím se vytvoří kopie plošiny. Postup vypadal takto (Obrázek 50):



**Obrázek 50:** Nastavení scény: Rotace plošin

**Zdroj:** Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Plošiny se musí posunout o dostatečný počet centimetrů, aby se neprotínaly. Nově vytvořená plošina se posune o 150 cm po souřadnici **Y**. To samé se provede s původní plošinou, ovšem ta je posunuta o 150 cm po souřadnici **X**. Tím se docílilo, že se plošiny již vůbec neprotínají a jsou v přijatelné vzdálenosti od sebe (Obrázek 51).

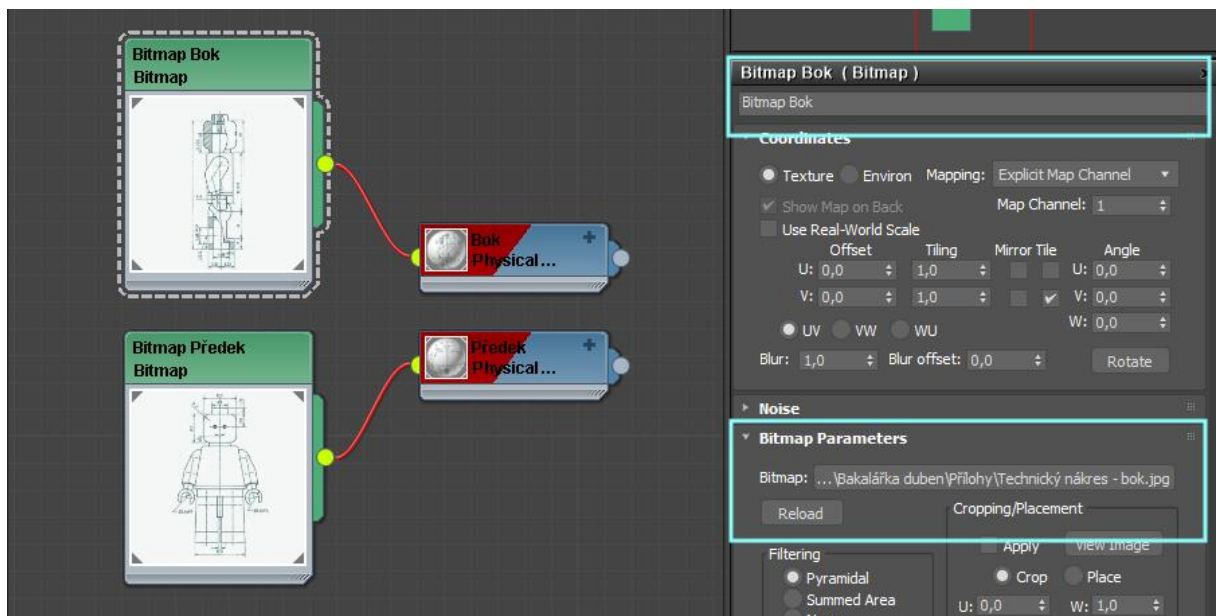


**Obrázek 51:** Nastavení scény: Finální pozice plošin

**Zdroj:** Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

Dalším krokem je otevření dialogového okna **Slate Material Editoru** a vytvoření dvou základních materiálů pod názvem **Physical Material** (Materials > General > Physical Material). Ke každému je vytvořena **Bitmap mapa** (Maps > General > Bitmap).

Do bitmapy se nahrají zpracované snímky z technického nákresu a následně se nakliknutím kroužku po pravé straně bitmapy a táhnutím do materiálu vytvoří uzel. Uzel musí být napojen do „**Base Color Map**“ uvnitř materiálu. Pro přehlednost je materiál i bitmapa přejmenována na „Bok“ a „Předek“ Lego panáčka. Snímky se do bitmapy vloží po pravé straně v „**Bitmap Parameters**“ (Obrázek 52).



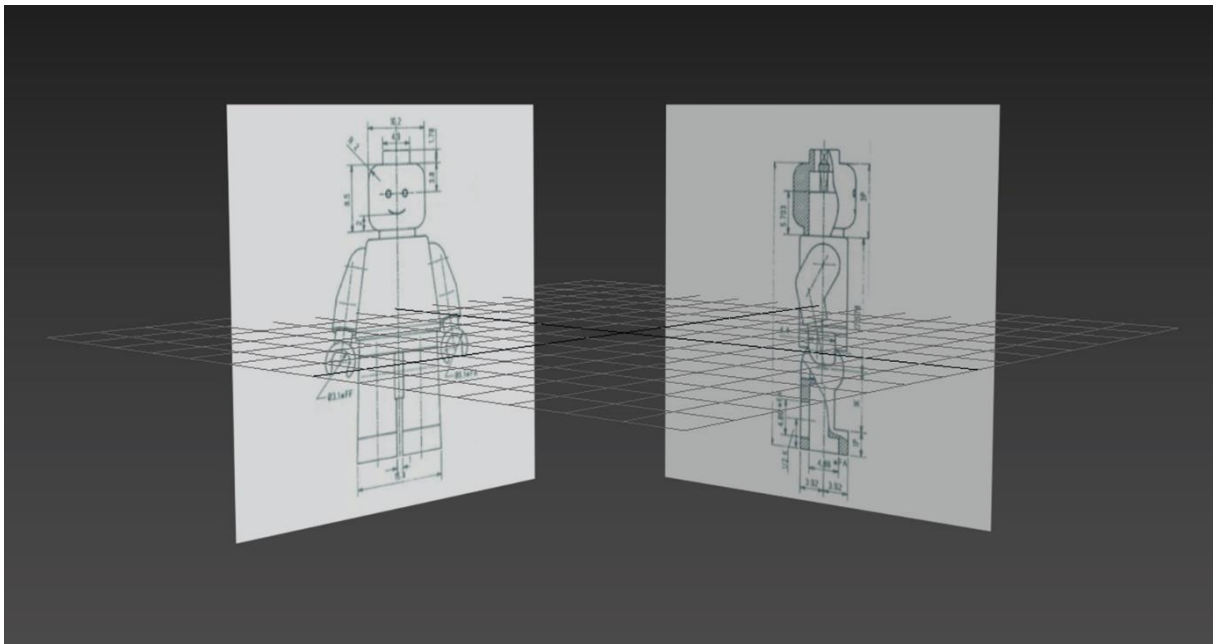
**Obrázek 52:** Nastavení scény: Tvorba materiálu s texturou **Zdroj:** Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

Pro orientaci při modelování tohoto modelu se využívá především dvou pohledů viewportu, a to **Front (F)** a **Left (L)**. Po nakliknutí viewportu a dostání se do pohledu Front je aplikován na plošinu, která se zobrazí, materiál obsahující pohled zepředu. Na plošinu zobrazenou v pohledu Left je aplikován materiál s bokorysem. Aplikovat materiál lze nakliknutím materiálu a tahem na vybraný objekt.

Díky tomu, že je plošinám i snímkům nastaven 1 : 1 formát, bylo docíleno ulehčení práce a nedošlo po aplikaci materiálu na plošiny k deformaci. Pokud bude špatně otočená plošina (například bude panáček o 90° jinak), stačí ho rotací s aktivním **Angle Snap** otočit do správné pozice.

Pokud se plošiny nezobrazují správně, je možné, že je pohled nastaven na režim Wireframe, kdy jsou viditelné pouze linie objektů. V tu chvíli je potřeba ve **Výběru metody vykreslení** přepnout z Wireframe na Default Shading.

Po přepnutí do perspektivní projekce a umístění pohledu do libovolné pozice, kdy jsou přehledně vidět obě plošiny, je vidět **plně připravená** scéna, podle které se bude Lego panáček modelovat (Obrázek 53).



**Obrázek 53:** Nastavení scény: Výsledek

**Zdroj:** Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

Posledním krokem, který je důležitý provést, je zamrazení těchto plošin, aby s nimi nešlo nadále jakkoliv manipulovat a nepřekážely při modelování. Nejjednodušším způsobem je **Výběr (Q)** plošin táhnutím přes oba snímky a kliknutím na pravé tlačítko myši. Zde ve vrchní části bíle svítí možnost **Freeze Selection**, která oba tvary zmrazí.

V případě tohoto modelu nebude využívána mřížka (Home Grid), kterou je možné vidět na předešlém obrázku. Home Grid je možné jednoduše v aktivním viewportu skrýt nebo zobrazit pomocí **klávesy G**.

Tento proces nastavení scény lze aplikovat kdykoliv je k dispozici technický náčrt nebo alespoň jeden normální snímek objektu, který je kolmě vyfocen. Pokud jde o technický náčrt nějakého složitějšího objektu, ke kterému je potřeba znát více pohledů (například zadní, spodní nebo horní stranu), bude se postupovat úplně stejným způsobem. Plošiny se budou muset umístit tak, aby mířily správným směrem k pohledu viewportu (například technický náčrt dolní strany bude směřovat protějším směrem k pohledu „Top“).

Soubor programu 3ds Max s vytvořenou scénou je v příloženém CD (Příloha A).

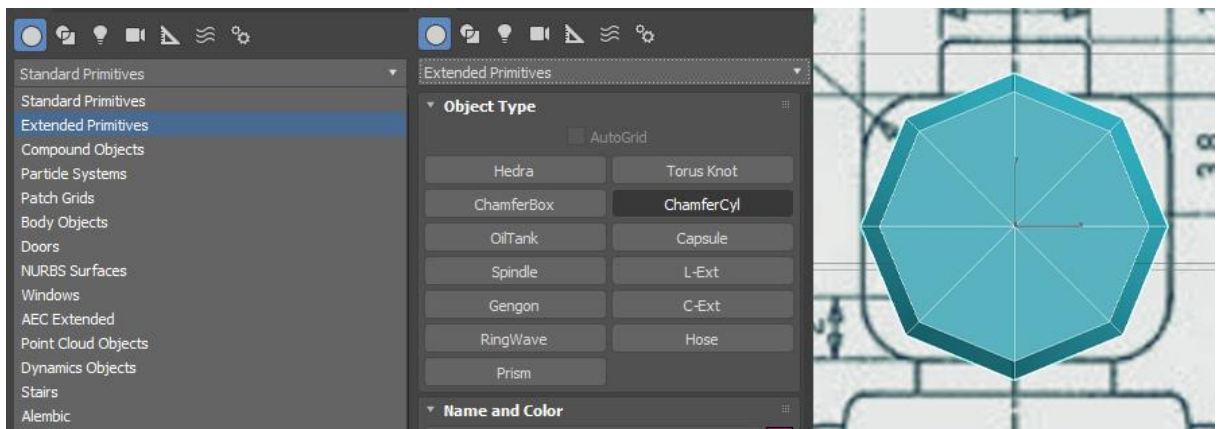
### 3.2.2 Modelování

Nejběžnějším způsobem, jak se začíná s polygonovým modelováním, je vytvoření geometrického primitiva. To se po nakliknutí pravým tlačítkem myši změně pomocí **Convert to Poly** na polygonovou síť. Druhým způsobem je aplikování modifikace **Edit Poly** v Modifier listu. Rozdíl je pouze ten, že modifikaci lze jednoduše zvrátit pomocí smazání nebo skrytí v Modifier Listu. Na začátku je prakticky jedno, jakým způsobem začít, ovšem je vhodné aplikovat Edit Poly pokaždé, kdy se budou dělat radikální změny na polygonové síti modelu.

#### Hlava

První částí modelu, která se bude modelovat, je hlava. Ve **Front (F)** pohledu se vytvoří pokročilé geometrické primitivum **ChamferCyl**. Jedná se o válec, kterému lze oproti klasickému válci hned nastavit zaoblení hran, které model hlavy má. Je k nalezení pod **Extended Primitives** ve vysouvacím okně v horní části **Create Panelu**.

Toto primitivum se skládá z hlavních tří segmentů, a to Radius, Height a Fillet. Radius určuje poloměr válce, Height výšku a Fillet velikost zaoblení hran. Válec je tedy tvořen pomocí tří kliků myši (každé kliknutí a táhnutí myši nastavuje jiný segment primitiva). V tuto chvíli stačí nastavit Radius od oka a další dva segmenty odklikat, jelikož se přesněji nastaví až v dalších krocích. Tvorba primitiva je vyobrazena zde (Obrázek 54):

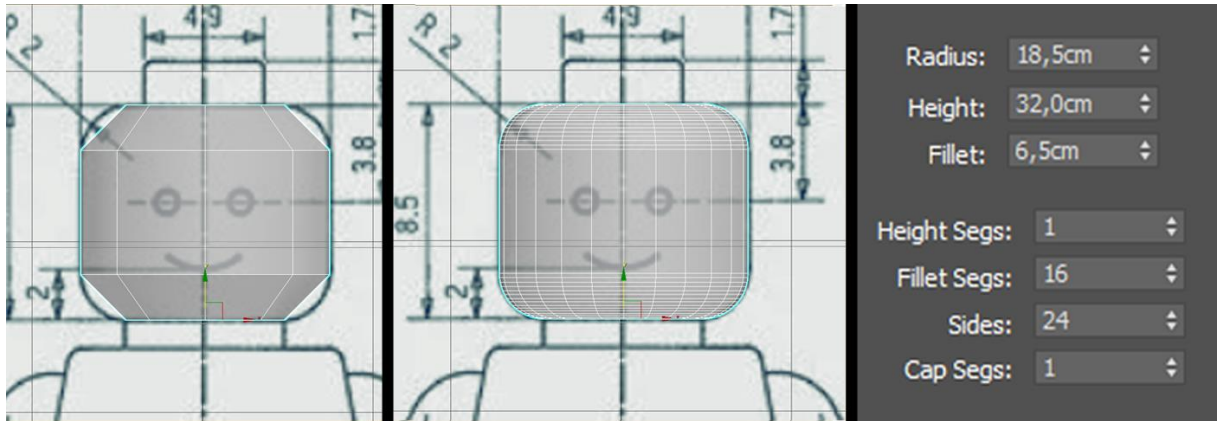


Obrázek 54: Hlava: Vytvoření ChamferCyl

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Válec se vytvoří ve špatné orientaci. Je tomu tak, protože paralelní projekce (Front) používá jako vertikální souřadnici **Y**, nikoliv souřadnici **Z**. Válec se proto musí otočit o 90° po souřadnici **X** s aktivním **Angle Snap**. Jakmile je ve správné pozici, použije se **Xray režim (Alt + X)**, který částečně zneviditelný polygony vybraného tvaru. Díky tomu lze válec zarovnat a nastavit jeho parametry podle technického nákresu za ním.

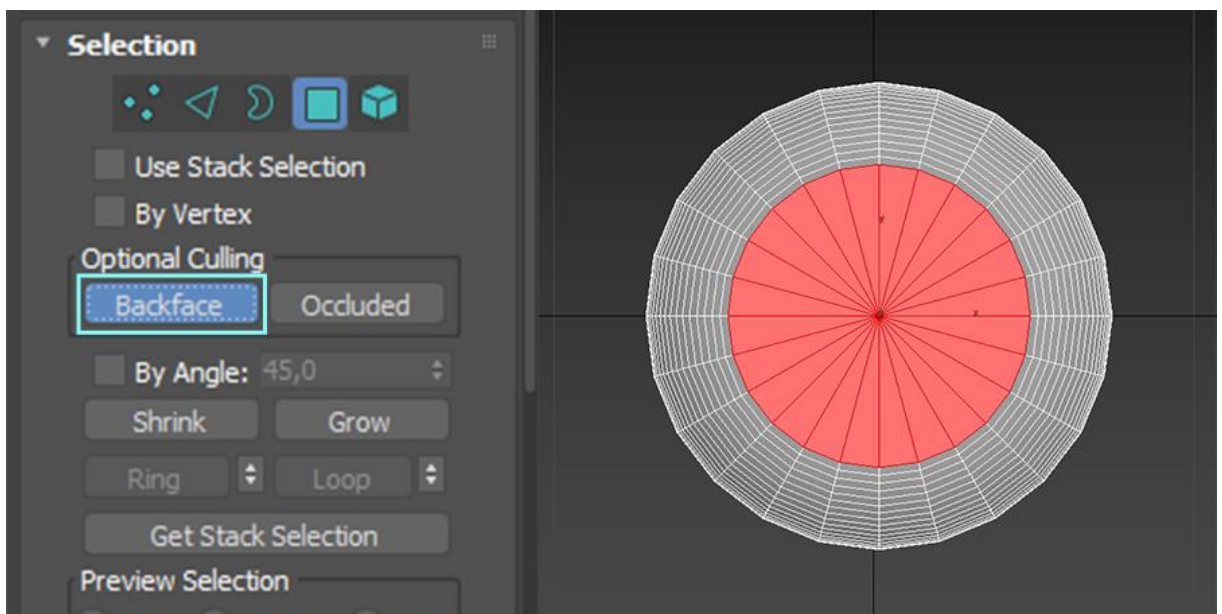
Model bude mít vysoký počet polygonů, Fillet se proto nastaví na 16 segmentů v parametru **Fillet Segs** a počet stran v parametru **Sides** na 24. Tento počet stran na začátek stačí pro relativně hladce vypadající povrch, ovšem bude ještě navýšen ve finálním kroku. (Obrázek 55)



Obrázek 55: Hlava: Nastavení parametrů ChamferCyl

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Hlavní část hlavy zhotovena a je možné začít vytvářet pro Lego panáčky ikonický výběžek na hlavě a jeho krk. Nejdříve je potřeba tvar konvertovat do polygonů. V **Modify Panelu** se nachází **Modifier List**, kde je k vyhledání modifikace **Edit Poly**, který se o tuto konverzi postará. K vytvoření výběžku na hlavě je možné přejít do pohledu **Top (T)**, aby bylo pořádně vidět na celý vršek hlavy. V **Selection** panelu je vybrán režim **Polygon** a aktivován **Backface**, aby se předešlo označení spodní strany a vybrány pouze polygony uprostřed hlavy (Obrázek 56).

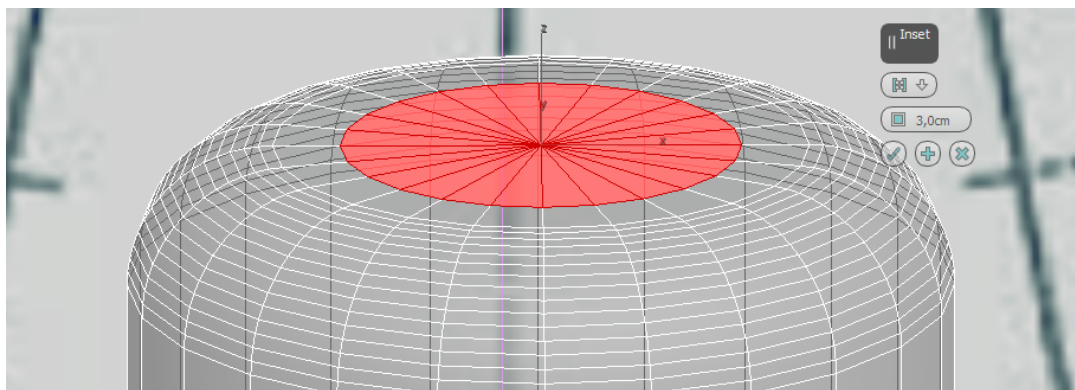


Obrázek 56: Hlava: Polygon Mode, Backface a Výběr

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023



Dále se aplikují funkce z panelu **Edit Polygons**. První funkcí je **Inset**, která vytvoří menší oblast uvnitř vybraných polygonů. Vzhledem k tomu, že je potřeba vytvořit tuto oblast podle technického výkresu, je doporučeno se vrátit do **Front (F)** pohledu. Kvůli blbě viditelnosti výběru je důležité si nahnout pohled viewportu, aby bylo vidět na vybrané polygonu a technický výkres zároveň. Až poté se začne nastavovat **Inset** parametr, který vychází na 3 cm (Obrázek 57).



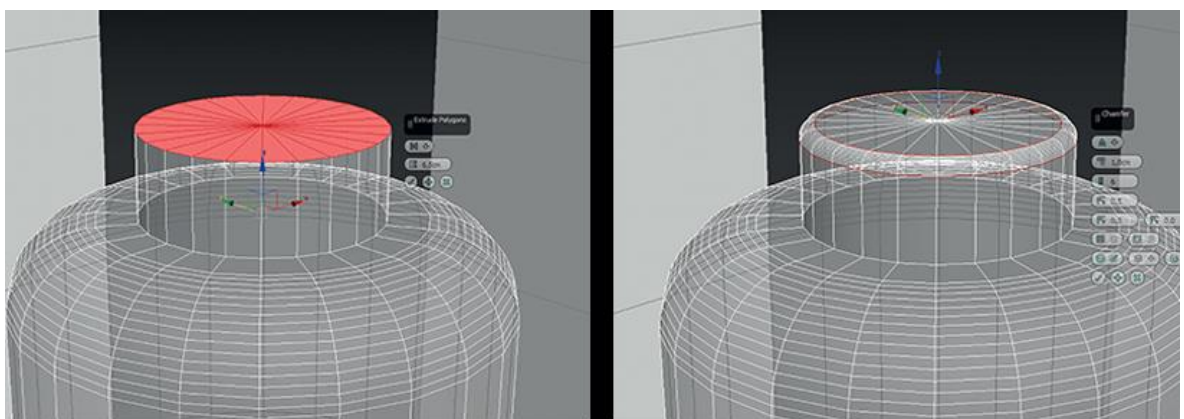
Obrázek 57: Hlava: Použitý Inset

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

Vzniklou oblast je potřeba ponechat vybranou, vrátit se do **Front (F)** pohledu a použít funkci **Extrude**. Touto funkcí se vytvoří výběžek a nastaví jeho výška.

Tento výběžek nemá automaticky zaoblené hrany, tudíž se musí udělat výběr hran polygonů pomocí nakliknutí jedné hrany polygonu a použití funkce **Loop**. Tím budou vybrány všechny hrany, které lemují nově vytvořený výběžek.

Na vybrané hrany se aplikuje funkce **Chamfer**, která hrany zaoblí. Funguje stejným způsobem, jako nastavení u ChamferCyl. Vzhledem k tomu, že jde o menší velikost zaoblených hran, je použit i menší počet segmentů, a to 3.



Extrude

Chamfer

Obrázek 58: Hlava: Extrude a Chamfer

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

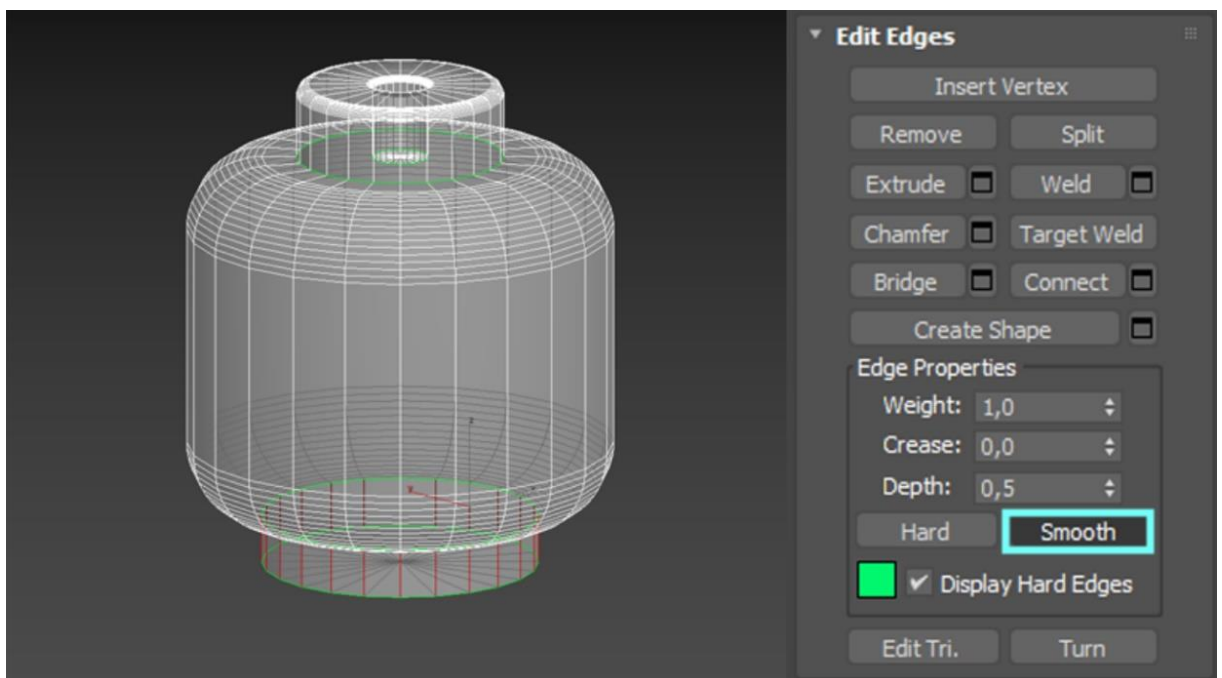
Stejný proces se provede na vrchu výběžku, aby byla vytvořena prohlubeň, kterou výběžek má. Jediný rozdíl bude ve funkci **Extrude**, která půjde do záporných čísel, aby vytvořila díru do objektu. Na dně prohlubně již nebude zaoblený roh.

Po doděláním horní části zbývá vytvoření krku. Pohled **Bottom** nemá přiřazenou klávesovou zkratku. Z toho důvodu se do této pozice lze dostat pouze ručně z perspektivního pohledu nebo v levém horním rohu Viewportu otevřením **menu pohledů** a vybrat možnost **Bottom**. Vzhledem k tomu, že krk se táhne dolů hned po zaoblení a v dolní části nemá zaoblené hrany, stačí použít funkci **Extrude**.

Posledním krokem je zjemnění celého objektu. K tomuto se v **Modifier listu** vyskytuje modifikace **TurboSmooth**. Tato modifikace zvyšuje počet polygonů ve vybraném modelu. Než bude použit, je potřeba zjistit stav takzvaných „Hard Edges“.

**Hard Edges** jsou hrany, které jsou od TurboSmooth ignorovány. Z pravidla se jedná o ostré záhyby, které nemají být zjemněny. Barevně zviditelnit je lze v režimu **Edge** v Selection panelu odškrtnutím **Display Hard Edges**.

Hard Edges se označují zelenou barvou a jsou již přednastaveny. Naneštěstí jsou nastaveny i na místě, které je nevyhovující. Tímto místem jsou vertikální hrany polygonů na krku. Tyto hrany se musí hromadně označit (**vypnutý Backface**) a poté aplikovat **Smooth**. Na obrázku je zobrazen objekt s viditelnými zelenými Hard Edges a červeně označené hrany, kterým musí být Hard Edge odebrán (Obrázek 59).



Obrázek 59: Hlava: Hard Edges

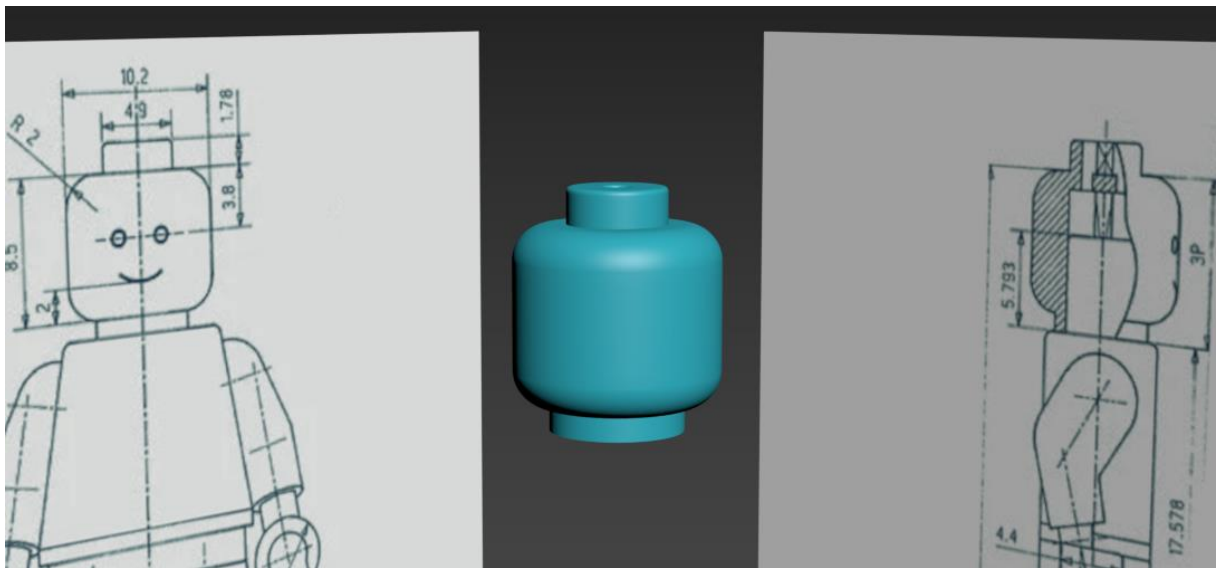
Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023



Jakmile jsou **Hard Edges** správně nastaveny, lze aplikovat **TurboSmooth**. Ten z začátku nebude fungovat správně, jelikož je potřeba v sekci „Surface parameters“ zaškrtnout možnost **Smoothing Groups**.

Počet navýšení polygonů se mění pomocí **Iterations**. V případě tohoto modelu postačí jedna iterace. Je doporučeno nepsat příliš vysoká čísla a pohybovat se v rozmezí 1–3. **Přehnaně vysoké číslo může způsobit přehřátí PC a spadnutí softwaru.**

V tuto chvíli je hlava dokončena, má vysoký počet polygonů a topologii, která v sobě měla původně několik trisů, TurboSmooth opravil. (Obrázek 60).



Obrázek 60: Hlava: Finální High Poly

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

## Tělo a torzo

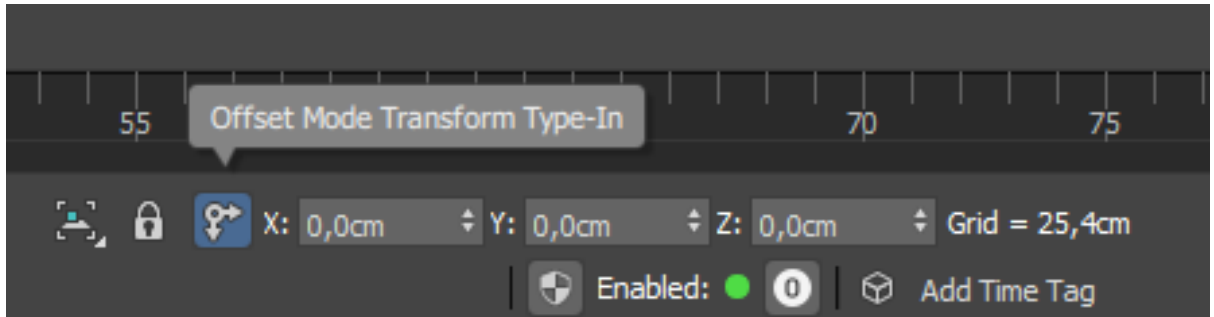
Další částí, na které se bude pracovat, je tělo a torzo. V první řadě je doporučeno vybrat hlavu, kliknout pravým tlačítkem myši a vybrat možnost **Freeze Selection**, která těleso zamrazí. Tím nebude moct jakkoliv překážet při tvorbě těla a torza.

Tělo se je rozděleno na dvě tvarem rozdílné části. Od krku dolů se rozšiřuje pod mírným úhlem až po malou oblast, kde začíná směřovat dolů čistou vertikální čarou. Díky tomuto záhybu je tvorba trochu komplikovanější, ale dá se lehce vyřešit.

Prvním krokem je přesun do **Front (F)** pohledu a vytvoření geometrického primitiva **Box**, které bude sloužit jako tělo. Tělesu se nastaví parametry podle technického výkresu, a to až po spodní hranu kolmé části. V **Left (L)** pohledu je potřeba také nastavit tvar z boční strany.

Soubor programu 3ds Max s vytvořenou hlavou je v příloženém CD (Příloha A).

Následuje aplikování modifikace **Edit Poly**. V režimu **Vertex** se z **Front (F)** pohledu vyberou vertexy v levém dolním rohu za účelem vytvoření rozšíření těla. Pro zachování symetrie je důležité nemanipulovat s vertexy ručně, proto se změjí hodnoty v souřadnicích s aktivním tlačítkem funkce **Offset**. (Obrázek 61).

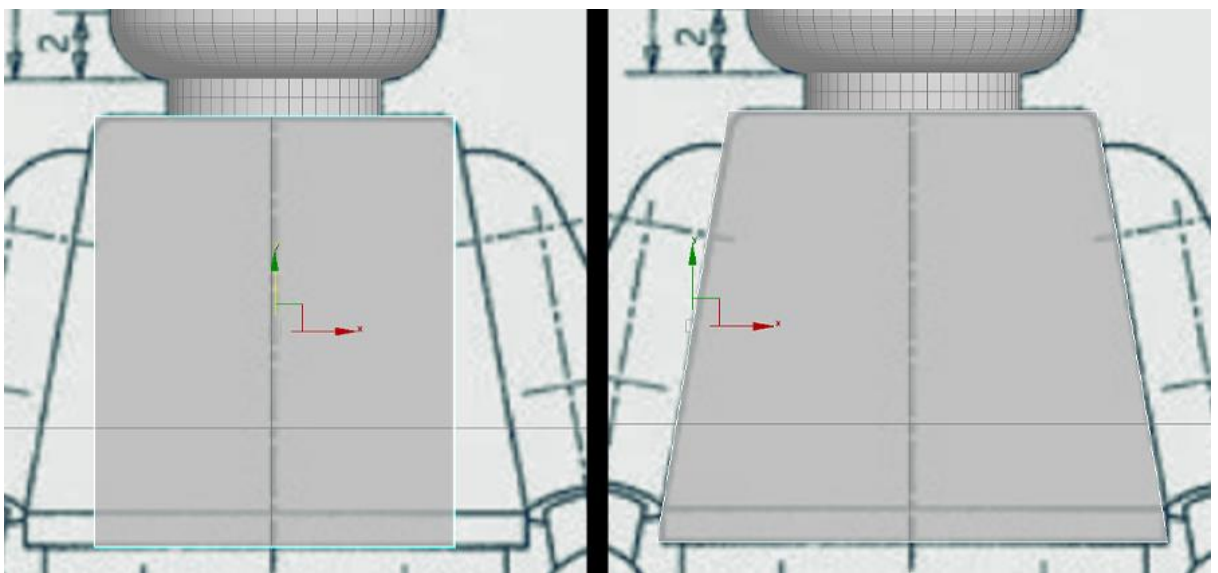


Obrázek 61: Tělo a torzo: Offset Mode

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

Tento režim pomyslně vynuluje hodnoty v souřadnicích a umožní zapisovat hodnoty, o které bude daná věc posunuta bez jakékoliv potřeby dělat matematické dopočty.

S označenými vertexy a aktivním **Move (W)** se přepíše souřadnice **X** na hodnotu  $-8$  cm. Poté se označí i pravý roh a udělá to samé, ovšem tentokrát se přepíše souřadnici **X** do pozitivních hodnot 8 cm, protože tato strana nabývá sklonu opačném směru. Tímto způsobem bylo docíleno potřebného tvaru. (Obrázek 62).

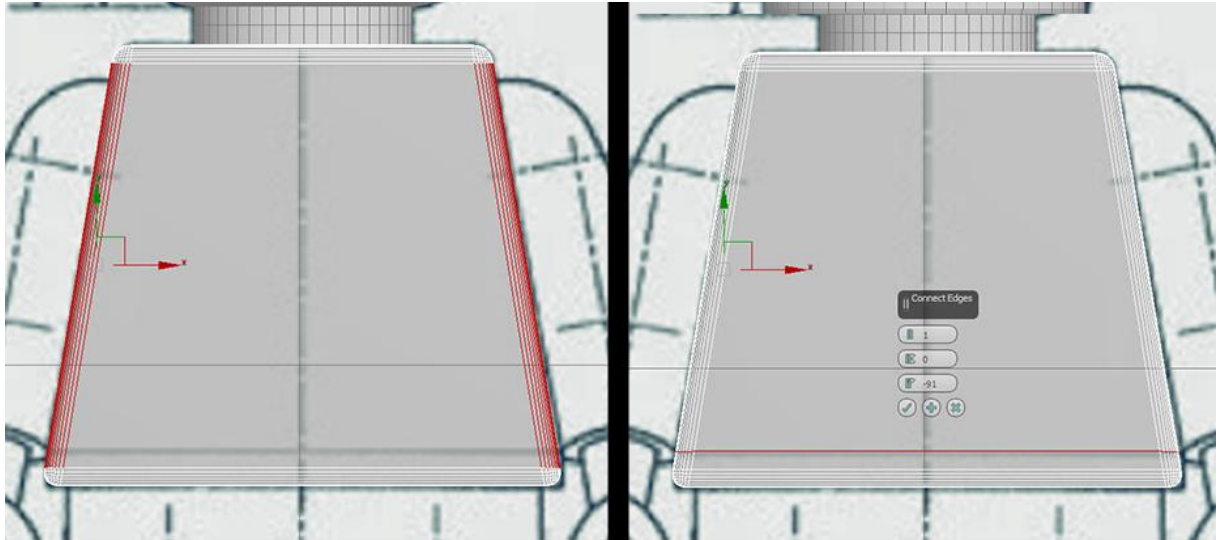


Obrázek 62: Tělo a torzo: Základní tvar těla

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

Po vytvoření tvaru se označí všechny hrany polygonů a aktivuje funkce **Chamfer**, které se nastaví podle zaoblení horní části těla na technickém výkresu. V tomto případě bude nastavena velikost zaoblení 2 cm a rozdělena do 6 segmentů.

Dále je potřeba vytvořit spodní část. Označí se hrany polygonů bez aktivního Backface, aby byly označeny i hrany schované v zadní části. Musí být vytvořena nová hrana napříč objektem, která bude rozdělovat tělo na dvě části, a to pomocí funkce **Connect**. V té se nastaví jeden řez, který se vloží do pozice přechodu. (Obrázek 63).



Označené polygony

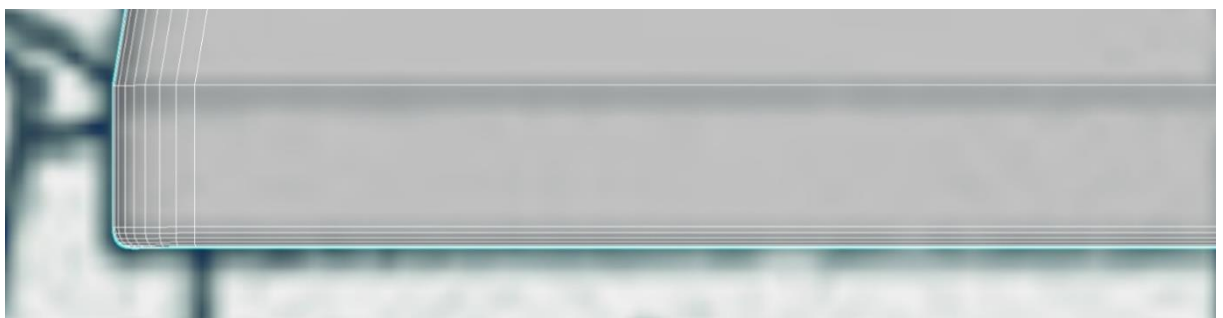
Pozice Connect

Obrázek 63: Tělo a torzo: Connect

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Všechny hrany pod řezem se musí vybrat a smazat klávesou **Delete**. Tímto vznikne otvor ve spodní části těla. Hrany tohoto otvoru lze vybrat pomocí režimu **Border** v Selection panelu.

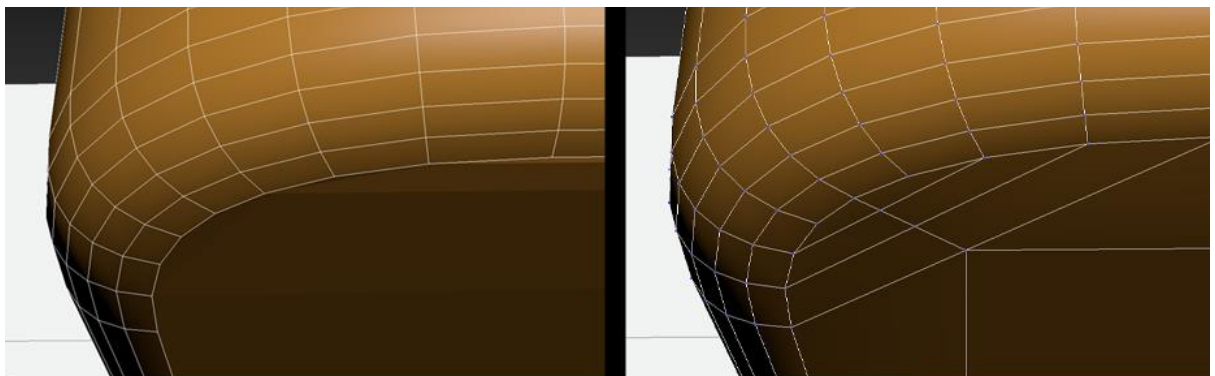
Vybrané hrany se následně držením klávesy **Shift + Move (W)** přemístí dolů po souřadnici **Z**. Tímto se vytvoří nové polygony (rychlá alternativa funkce Extrude). Jakmile je pozice správně nastavena, použije se funkce **Cap** a zaplní vzniklý otvor. Hrany jsou stále označené, tedy stačí aktivovat funkci **Chamfer** a nastavit zaoblení hran. V této oblasti je zaoblení o něco menší, proto stačí nastavit velikost na 0,5 cm a rozdělit na 3 segmenty (Obrázek 64).



Obrázek 64: Tělo a torzo: Dolní část těla

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

Posledním krokem před dokončením této části a použitím modifikátoru TurboSmooth je vyřešení topologie. Díky zaobleným rohům vznikne ze spodního polygonu N-Gon, který by po použití TurboSmooth udělal potíže a vznikl poničený model. Z toho důvodu je potřeba v režimu **Vertex** použít funkci **Connect** a **Cut**. Vybráním dvou vertexů a zmáčknutím funkce Connect se spojí vertexy hranou. Následně se s aktivní funkcí **Cut** vybere vertex uprostřed hrany a nakliknutím středu nejvzdálenější vzniklé hrany. Tento proces se zopakuje ve všech čtyřech rozích. Nově vytvořené vertexy se poté spojí se stejnými vertexy v ostatních rozích pomocí funkce **Connect**. Řešení k vytvoření quadů je vyobrazeno zde (Obrázek 65):



Před úpravou topologie

Použití funkcí Connect a Cut

**Obrázek 65:** Tělo a torzo: Řešení čisté topologie

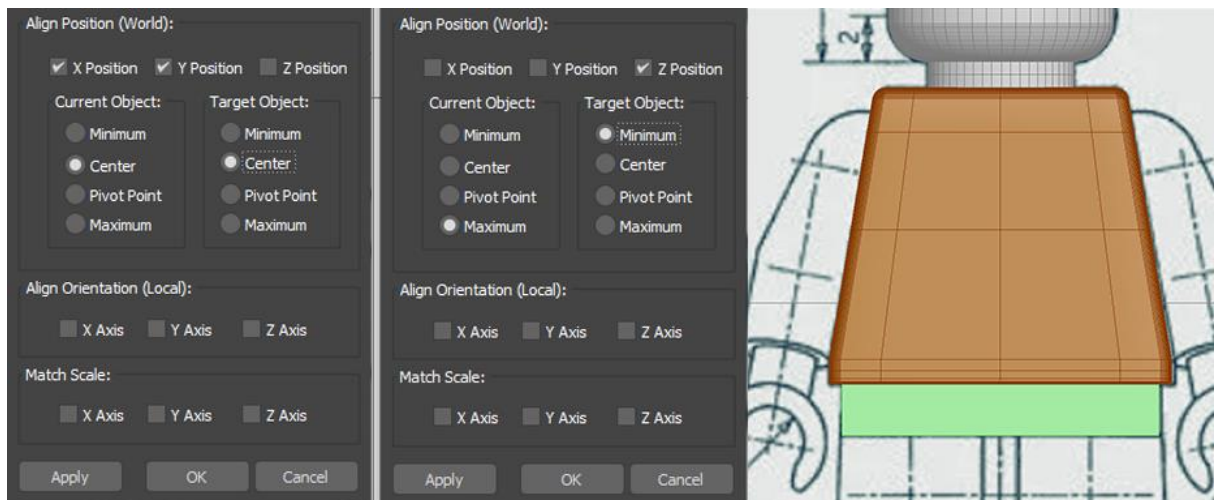
**Zdroj:** Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

V poslední řadě se musí zobrazit Hard Edges a nastavit hraně, která rozděluje části těla, aby fungovala jako Hard Edge. Pokud se tak neučiní, po použití TurboSmooth tato hrana nebude téměř znatelná a naruší se i tvar objektu. Jakmile je tato hrana nastavena na **Hard**, je možné aplikovat **TurboSmooth**, ve kterém se znova zaškrtnou možnost **Smoothing Groups**.

Soubor programu 3ds Max s vytvořeným tělem je v příloženém CD (Příloha A).

Na torzo bude vytvořeno další geometrické primitivum **Box** přímo pod tělem. Po nastavení velikosti je potřeba zarovnat torzo pod tělo, na to se použije funkce **Align** (**Alt + A**). Tato funkce zarovnává prvně vybraný objekt na následně vybraný. Torzo je vybráno od začátku, tudíž stačí spustit funkci Align a poté nakliknout na tělo. V tu chvíli se objeví dialogové okno, kde je nastavitelné, ve kterých souřadnicích se má objekt zarovnat a pomocí čeho se zarovná. V prvním sloupci **Current Object** se nastavuje prvně vybraný objekt, tedy ten, který bude zarovnán. V druhém sloupci **Target Object** se nastavuje následně vybraný objekt.

Dále se přepne do perspektivního pohledu (v paralelní projekci jsou jinak rozložené souřadnice a to, co je zde napsáno, by neplatilo). Na oba objekty se nastaví zarovnání pomocí **Center** na souřadnicích **X** a **Y**, Následně se zmáčkne tlačítko **Apply** a aplikuje ještě jedno zarovnání. Toto zarovnání bude nastaveno Current Object na **Maximum** a Target Object na **Minimum** a zmáčkne tlačítko **OK**. Tím se docílí dokonalého dotyku mezi horní strany torza a spodní strany těla (Obrázek 66).



Obrázek 66: Tělo a torzo: Použití Align

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Po zarovnání se aplikuje modifikace **Edit Poly**, kde se v režimu **Vertex** zarovná torzo ještě z boční strany. K tomu je využit **Snap Toggle**. Z **Left (L)** pohledu se vyberou hrany po levé straně a tahem myši se po souřadnici **X** naklikne na nejvíce boční vertex na tvaru těla. To samé se provede i na pravé straně. Tímto způsobem se docílí naprosto stejné šířky torza s tělem.

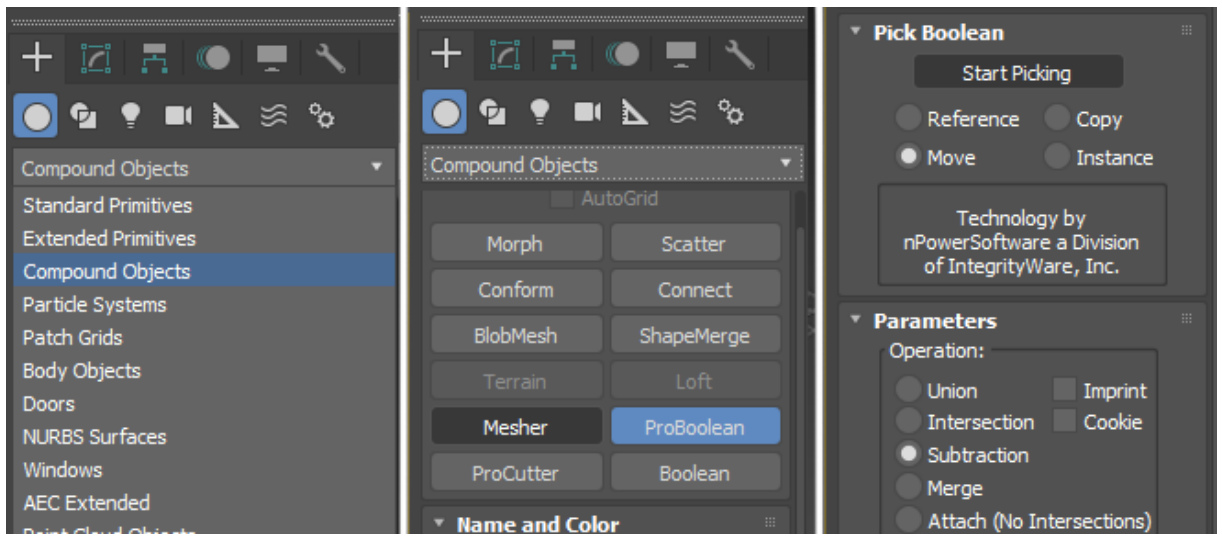
Na technickém výkresu je vidět, že nohy panáčka zasahují dovnitř torza, tedy je v torzu vykrojená část, ve které se nachází hlavní kloub nohou. K tomuto vykrojení se využije metoda **CFG**. Vytvoří se nové geometrické primitivum **Cylinder** s 20 stranami a z pohledu **Left (L)** se nastaví jeho poloměr tak, abych trefil velikost kloubu nohu. Velikost poloměru vyšla na 13 cm.

Cylinder je potřeba zarovnat pod torzo. Po spuštění perspektivního pohledu a pomocí funkce **Align (Alt + A)** se zarovná Cylinder do středu torza v souřadnicích **X** a **Y**. Délka Cylinderu se nastaví tak, aby přesahoval z obou stran torza. Mezi kloubem a torzem je neznatelná, ale přece jen malá mezera, proto je do poloměru Cylinderu důležité přidat alespoň 0,3 cm, tedy poloměr Cylinderu bude 13,3 cm.



Jakmile je vše nastaveno, může se přejít na metodu **CFG**. K tomu se využije funkce **ProBoolean**, která se vyskytuje v **Create Panelu**. Je k nalezení ve vysouvacím menu pod záložkou „**Compound Objects**“.

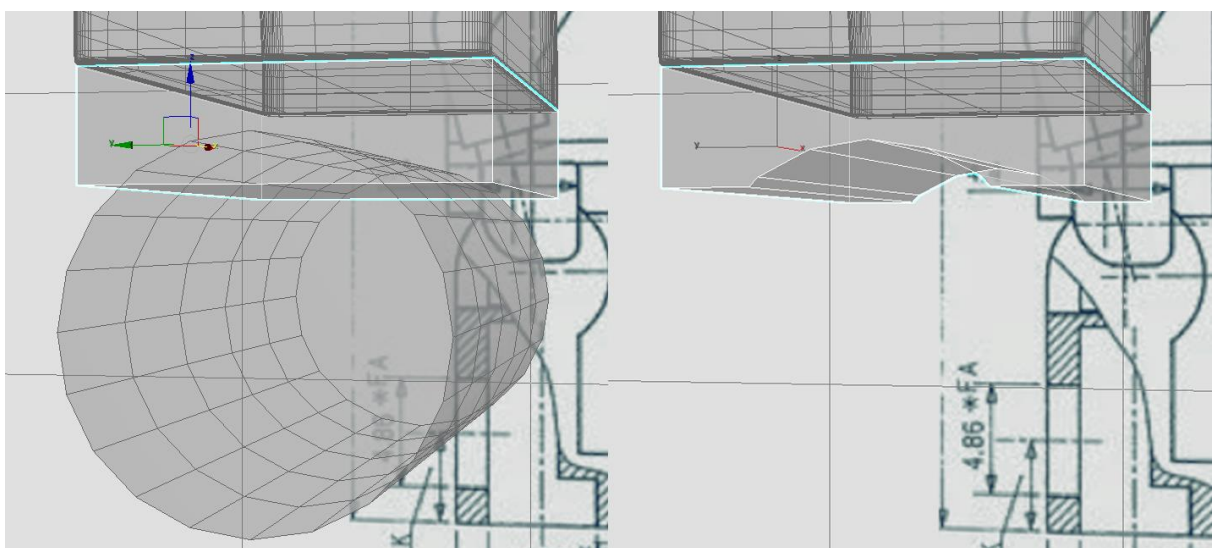
ProBoolean je od základu správně nastavený, ale doporučuji si zkontrolovat, aby v **Pick Boolean** byla nastavená možnost **Move** a v **Parameters** byla aktivní operace **Subtraction**. Tímto nastavením dojde k vyseknutí otvoru ve tvaru **Cylinderu**. Celé cesta k funkci ProBoolean a jeho nastavení je na následujícím obrázku (Obrázek 67).



**Obrázek 67:** Tělo a torzo: ProBoolean

**Zdroj:** Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

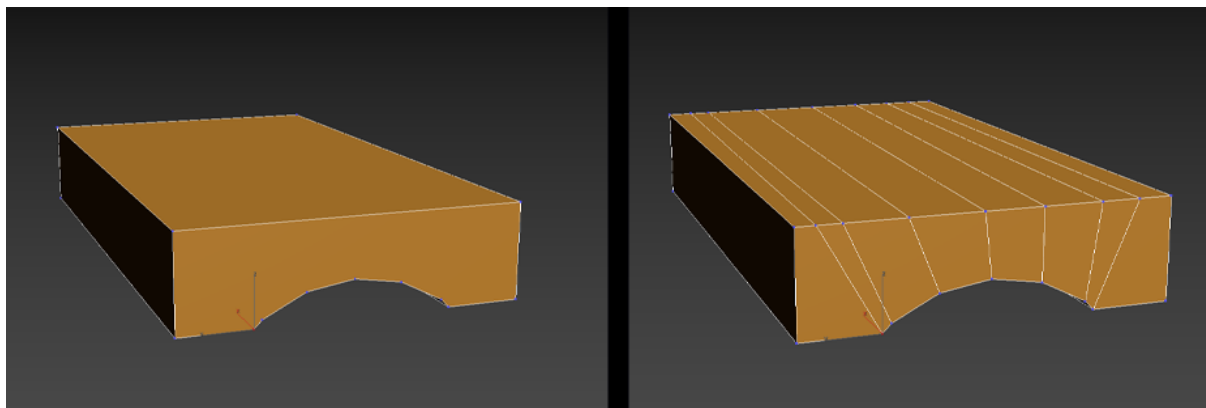
Po kontrole stačí ve stejném panelu stisknout **Start Picking** a nakliknul na **Cylinder**. Vybraný objekt zmizí a zůstane pouze torzo, které v sobě již bude mít správný výřez. Uvnitř výřezu se vytvořil i stejný počet stran, kolik měl **Cylinder** (Obrázek 68).



**Obrázek 68:** Tělo a torzo: Použití ProBoolean

**Zdroj:** Autodesk 3ds Max 2023

Výřez pro nohy naruší topologii, protože po výřezu vzniknou po bočních stranách N-gony. V tuto chvíli je vhodné použít funkci **Isolation (Alt + Q)**, aby byl vidět pouze vybraný objekt. Aplikuje se modifikace **Edit Poly** a pomocí funkce **Cut** se topologie opraví. Příklad jak vyřešit topologii na následujícím obrázku (Obrázek 69).



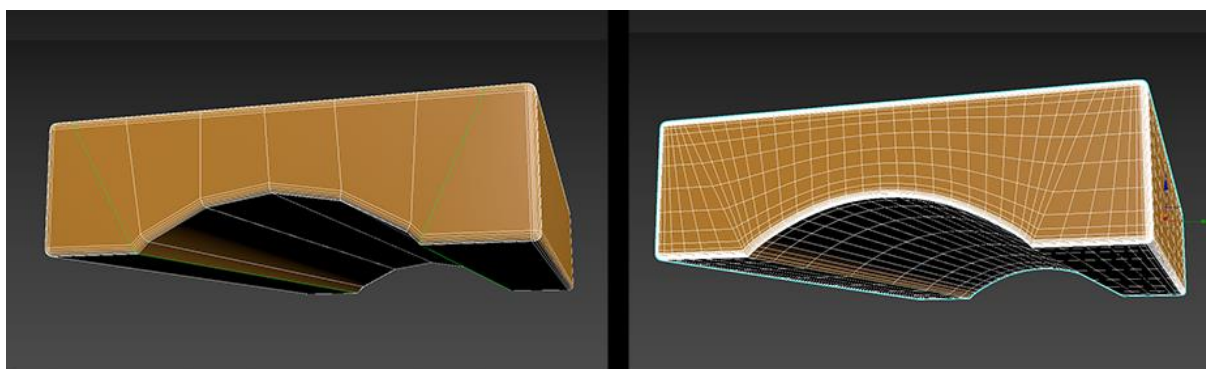
Před úpravou topologie

Použití funkcí Cut

Obrázek 70: Tělo a torzo: Finalizace torza

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Kombinací manuálního výběru a funkce **Loop se** vyberou všechny hrany torza, na které se aplikuje funkce **Chamfer** o velikosti 0,5 cm a rozdělení na 3 segmenty. Dále se vyberou hrany, ve kterých začíná výřez za pomoci funkce **Loop**. Těmto hranám se nastaví **Hard Edges**. Následně se použije modifikace **TurboSmooth**, ve které je zase potřeba zaškrtnout **Smoothing Groups** a nastavit iteraci na hodnotu 2 (Obrázek 70).



Použití Chamfer + Hard Edges

TurboSmooth na 2 iterace

V místě, kde jsou nastavené **Hard Edges**, je výrazně ostré, proto je možné tyto hrany pomocí funkce **Loop** znova vybrat a použít funkci **Chamfer**, ve které se nastaví podle oka nízké hodnoty, aby došlo k vyhlazení ostřejší hrany. Tímto je zhotoveno celé torzo.

Soubor programu 3ds Max s vytvořeným torzem je v příloženém CD (Příloha A).



## Nohy

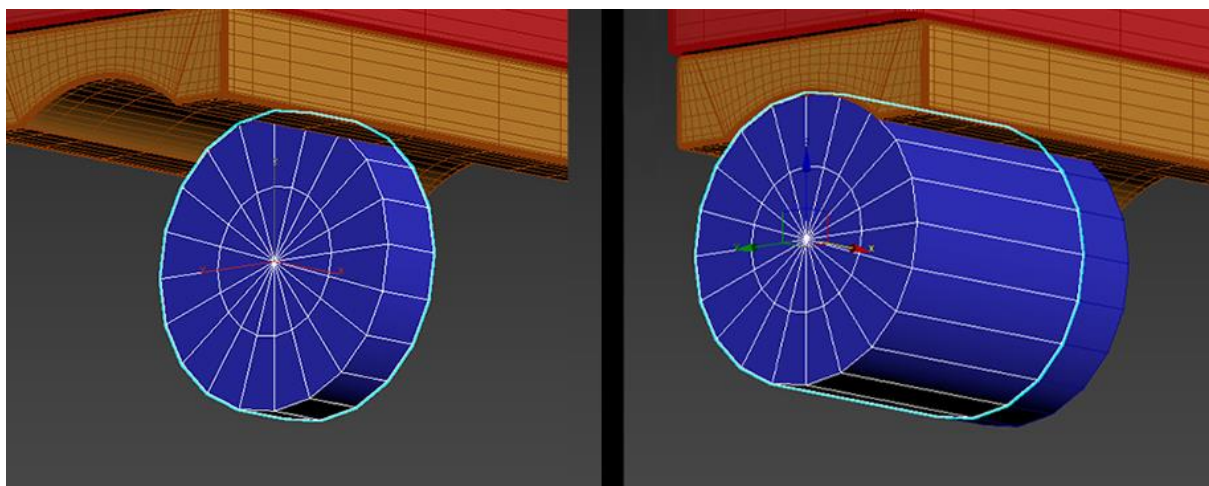
Stejným způsobem, jako se vytvářel Cylinder pro vytvoření výřezu, se vytvoří spojnice mezi nohama. Cylinder bude mít poloměr 13 cm, 20 stran a hodnotu „**Cap Segments**“ nastavenou na číslo 2. Tím se rozdělí obě strany Cylinderu na několik polygonů. Tím se vyřeší problém s N-Gony, které by bez zásahu vznikly (Obrázek 71).

Po správném nastavení velikosti se Cylinder zarovná pomocí funkce **Align (Alt + A)** po souřadnicích **X** a **Y** na střed torza. Následně se spustí **Move (W)** a při držení klávesy **Shift** se táhne myší po souřadnici **X**. Tímto způsobem se vytvoří kopie, z které bude nakonec vytvořena celá končetina.

Vždy, jakmile je součástí modelu kruhovitý tvar, je doporučeno začínat právě od takto tvarované části. K tomu se většinou vytváří geometrická primitiva jako je například Cone nebo Cylinder. Z tohoto důvodu je i v tomto případě zkopírovaný Cylinder základním stavebním kamenem při tvorbě nohou.

Vytvořené kopii se nastaví délka podle technického výkresu. Hned poté se aplikuje modifikace **Edit Poly**. V režimu **Vertex** se pomocí **Výběru (Q)** vyberou všechny vertexy na vnější straně nohy a s aktivním **Snap Toggle** se zarovnají s vertexy na okraji torza (Obrázek 71).

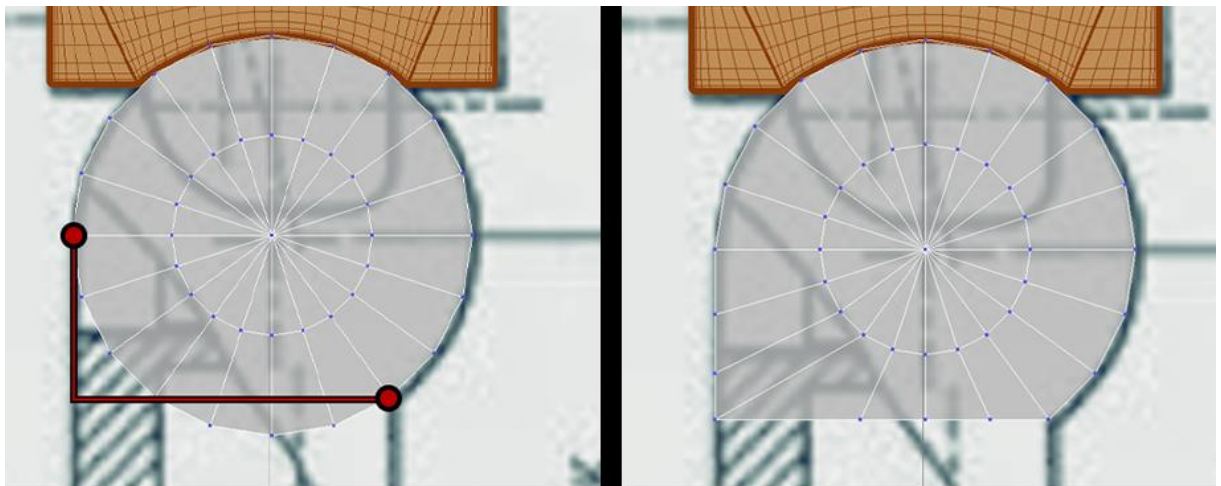
Spojnice nohou v tuto chvíli překáží, proto je potřeba ji vybrat a po nakliknutí pravým tlačítkem myši se použije **Hide Selection**. Vrátit ji lze v Layer nebo Scene Exploreru pomocí ikonky s piktogramem oka.



Spojnice nohou

Kloub nohy

Následujícím krokem je přizpůsobení tvaru Cylinderu technickému výkresu. V pohledu **Left (L)** je vidět, v jaké oblasti se začíná kruhovitý tvar měnit na rovinu znázorňující končetinu. Pomocí aktivního **Snap Toggle** se v režimu **Vertex** potřebné vertexy zarovnají po souřadnicích podle vertexů, které se nachází v přelomu mezi kruhovitým tvarem a rovinou. Tyto 2 vertexy jsou vyznačené červenými body na obrázku pod tímto odstavcem (Obrázek 72). Vertexy se musí vybírat přetáhnutím, nikoliv normálním klikem, jelikož je potřeba vybrat ten samý vertex i z druhé strany.



Cíl zarovnání

Výsledek zarovnání

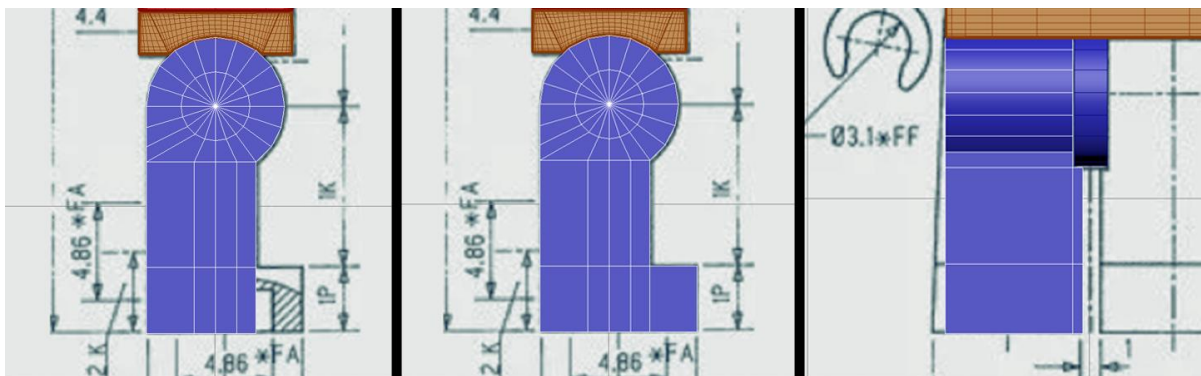
Obrázek 72: Nohy: Zarovnání vertexů v kloubu

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Nejdůležitější krok při tvorbě nohy je v tuto chvíli dokončen. Následně se vyberou polygony ve spodní zarovnané části kloubu a pomocí funkce **Extrude** nebo táhnutím při stisknutí klávese **Shift** se podle technického výkresu vytvoří druhá část končetiny.

Následně se vyberou vertikální hrany této části a použije funkce **Connect**. Touto funkcí se vytvoří jedna nová hrana, která se zarovná do úrovně, kde začíná chodidlo. Díky tomu se vytvoří polygon o výšce chodidla, na který se zase použije funkce **Extrude** a vytvoří tak třetí část nohy.

Poslední částí je vnitřní bok nohy, který je pod spojnici nohou zvětšený. Z tohoto důvodu se v Layer Exploreru znovu zobrazí spojnice nohou a ve **Front (F)** pohledu se na noze pomocí funkce **Connect** znova vytvoří hrana pod ní. Na nově vytvořený polygon se poté znova použije funkce **Extrude**. Celý proces je v rychlosti ukázán na následujícím obrázku (Obrázek 73).



Extrude druhé části

Extrude chodidla

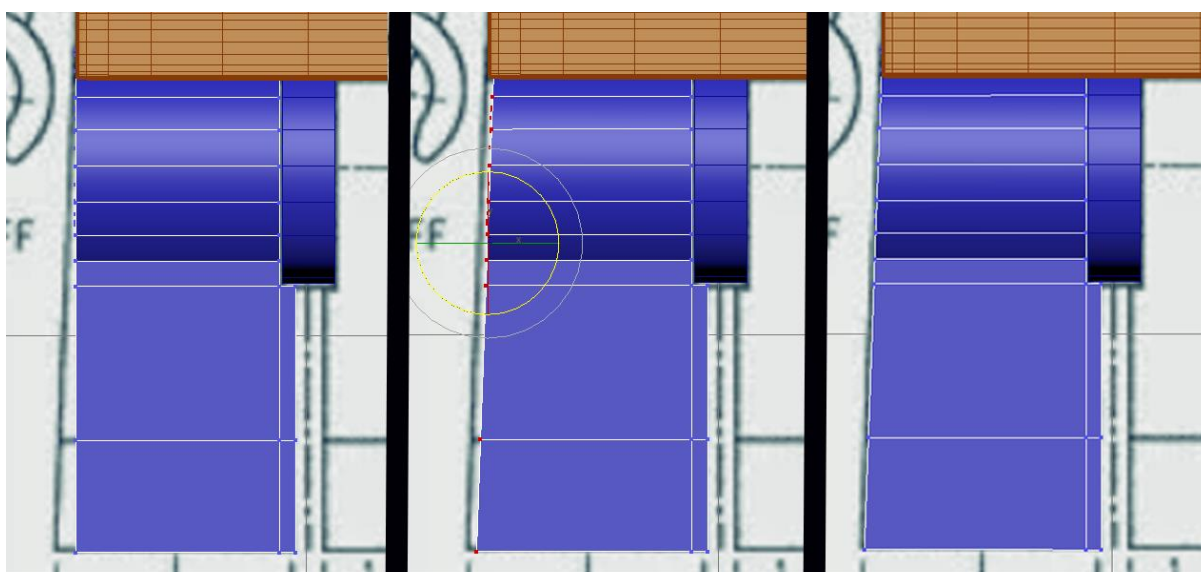
Extrude do boku

Obrázek 73: Nohy: Modelování pomocí Extrude

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Posledním krokem, který zbývá k získání základního tvaru celé nohy, je podle technického výkresu mírné nahnutí levého boku nohy. To se dá vyřešit označením všech vertexů na levé straně a použitím **Rotation (E)**.

Rotace narušila zarovnání nohy její horní části pod torzem, proto jsem s aktivním **Snap Toggle** zarovnal celý levý bok s torzem kliknutím na nejvýš postavený vertex a tahem na vertexy torza také po levém boku (Obrázek 74).



Původní tvar

Rotace vertexů

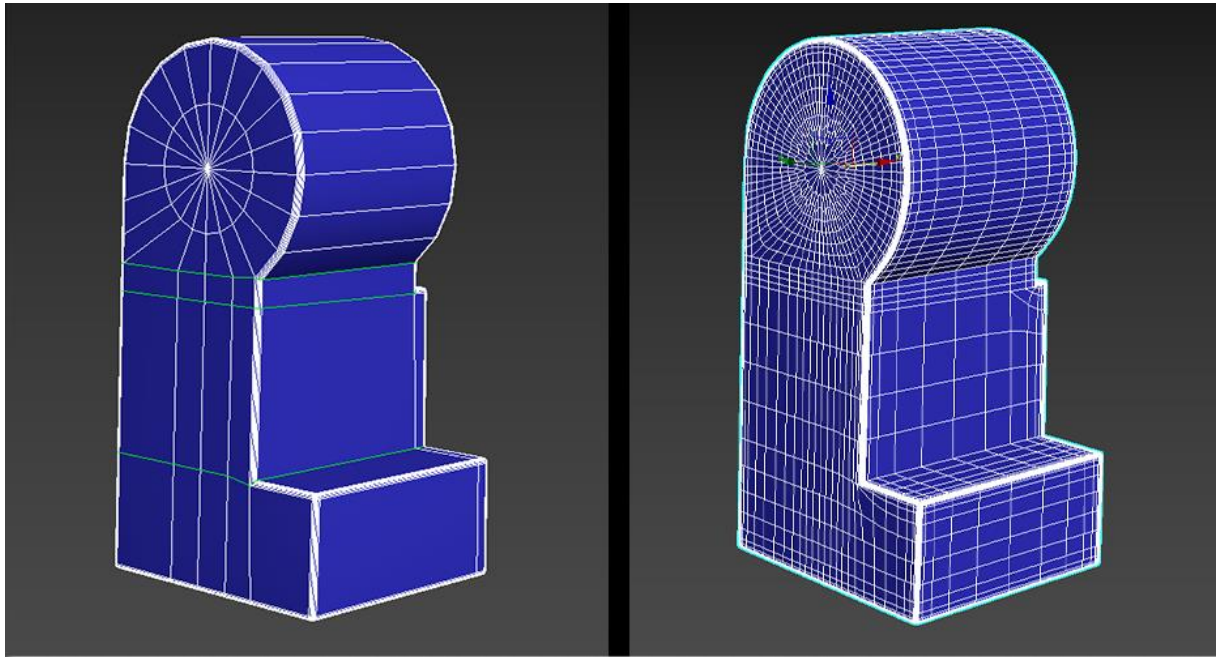
Zarovnání

Obrázek 74: Nohy: Rotace bočních vertexů

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Vzhledem k zaoblenosti celého modelu se ručním výběrem a pomocí funkce **Loop** vyberou hrany, které mají být zaobleny. Následně se aplikuje funkce **Chamfer** na vybrané hrany, a to o velikosti 0,5 cm a rozdělením na 3 segmenty.

Noha se zaizoluje pomocí **Isolation (Alt + Q)**, Kolem dokola se označí obě linie hran, které původně vznikly použitím funkce Connect. Stejně tak se označí hrany rozdělující původní Cylinder od druhé části nohy. Vybraným hranám se poté nastavily **Hard Edges**. Posledním krokem je aplikace modifikace **TurboSmooth**, ve které bude zaškrtnuté Smoothing Groups a nastavené 2 iterace (Obrázek 75).



Použití Chamfer + Hard Edges

TurboSmooth na 2 iterace

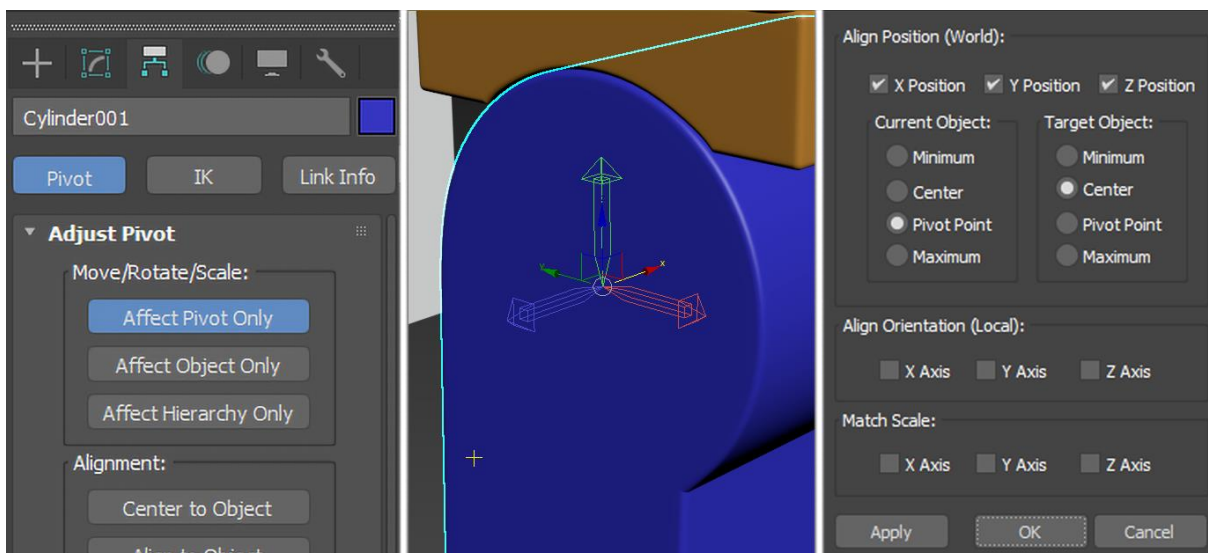
**Obrázek 75:** Nohy: Chamfer, Hard Edges a TurboSmooth      **Zdroj:** Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Izolaci se pak stejným způsobem vypne, aby bylo možné aplikovat TurboSmooth se stejným nastavením i na spojnici nohou. V tuto chvíli je již noha i spojnice zcela hotová. Posledním krokem bylo vytvoření druhé nohy.

Nejjednodušším způsobem, jak správně a symetricky vytvořit kopii nohy, je využití funkce **Mirror**, která se nachází v horním panelu. Tato funkce se orientuje podle pivot pointu daného objektu a symetricky kopíruje objekt po vybraných souřadnicích. Vzhledem k tomu, že je cílem, aby se noha zrcadlila na druhou stranu spojnice, musel jsem pivot point nohy přemístit do středu spojnice.

Přemístění pivot pointu nohy je jednoduché. V Command Panelu se otevře třetí panel, který se v něm nachází, a to **Hierarchy Panel**. Zde se naklikne tlačítko **Affect Pivot Only**. Pivot point je potřeba zarovnat, tudíž se použije funkce **Align (Alt + A)** a naklikne na spojnici nohou. V dialogovém okně se proto v Current Object zaklikne možnost **Pivot Point** a v Target Objekt možnost **Center** (Obrázek 76).



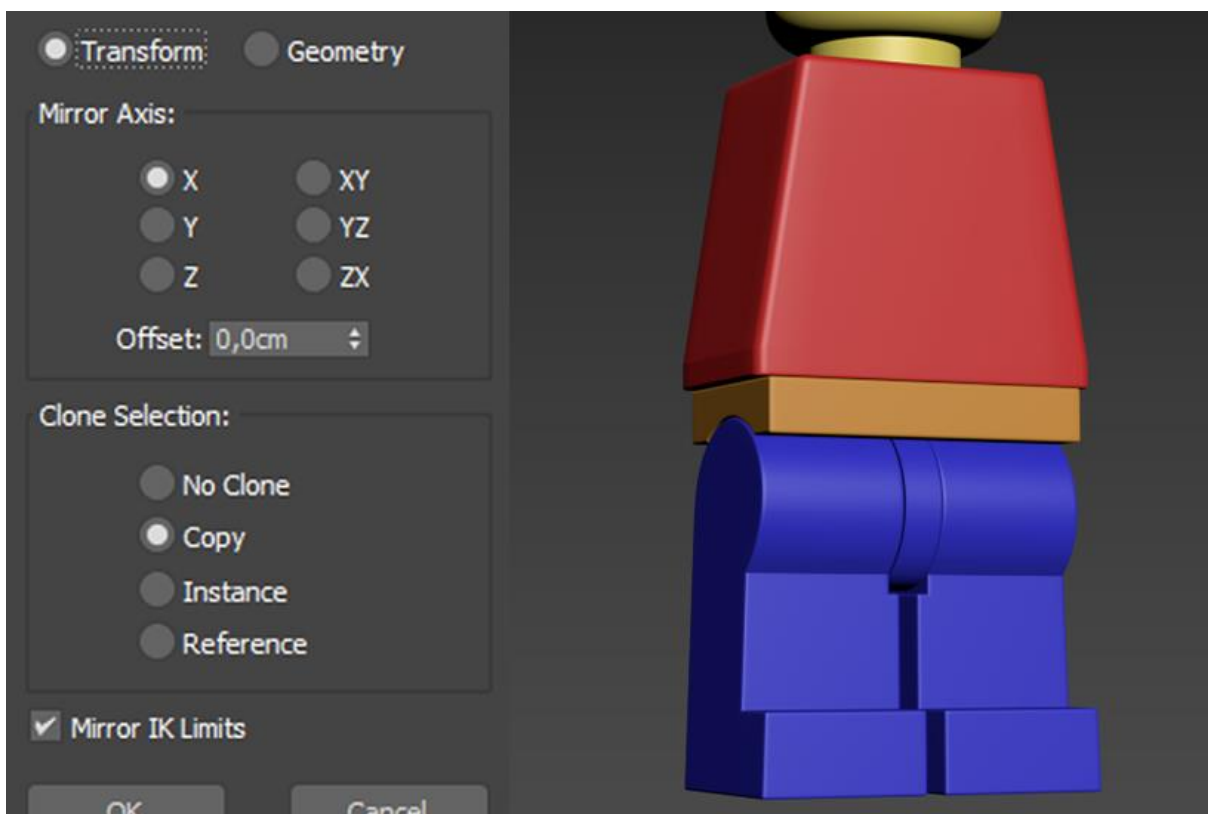


Obrázek 76: Nohy: Manipulace s Pivot pointem

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Pivot point je zarovnan, proto se musí **Affect Pivot Only** deaktivovat a kliknout na funkci **Mirror**. Otevře se dialogové okno, kde se zaškrtnou orientace po souřadnici **X** a také **Clone**, jelikož půjde o kopii objektu, nikoliv jen o jeho přemístění. Tímto se dokončil poslední krok a nohy jsou zhotoveny (Obrázek 77).

Soubor programu 3ds Max s vytvořenými nohama je v příloženém CD (Příloha A).



Obrázek 77: Nohy: Nastavení Mirror a hotové nohy

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

## Ruce

Poslední částí, která bude modelována, je ruka. Ta je tvořena poslední, jelikož se jedná o komplikovanější komponent, na který je dobrý mít ovládnutí Autodesk 3ds Max už trochu zažitý.

Ruka se skládá z dvou částí. Tou první je celá končetina od ramena až po předloktí. Druhá je samotná ruka, tedy prsty a dlaň, která je v případě Lego panáčka tvořena jako jednoduchý „háček“, do kterého lze vkládat věci z Lego stavebnice.

Jako první bude pracováno na horní části. Tato část by šla vymodelovat více způsoby, ovšem byl vybrán ten nejméně chaotický. Tento způsob bude fungovat na principu kombinování více geometrických primitiv.

V této části je doporučeno často využívat více viewportů najednou. Z maximalizace viewportu se dostává stejně jako do ní, a to klávesovou zkratkou **Alt + W**. Viewporty se nastaví na pohled **Front (F)** a **Left (L)**. Ty by měly sloužit pouze k pozorování práce na daném objektu. Třetí viewport slouží ke klasické práci.

Prvním krokem je vytvoření geometrického primitiva **Cylinder** o 16 stranách, který bude kopírovat tvar a pozici dolní části v předloktí. Poté se aplikuje modifikace **Edit Poly** a v režimu **Polygon** nebo **Vertex** bude upraven tvar vrchní části.

Vrchní hrany v pohledu **Left (L)** začínají v pozici ohybu po pravé straně a prochází skrze protnuté nápomocné čáry v technickém výkresu. K tomu se využije kombinace **Move (W)**, **Rotation (E)** a **Scale (R)**. Jakmile bude tvar hotov, vrchní polygon se označí a smaže klávesou **Delete**. Názorná ukázka je na následujícím obrázku (Obrázek 78).



Tvar dolní části

Smazaný polygon

Dále se v **Left (L)** pohledu vytvoří geometrické primitivum **Sphere** sloužící jako tvar ramena. Bude mít také 16 stran a velikost podle výkresu. Vzhledem k aktivní paralelní projekci se Sphere se vytvoří o 90° špatně. Je důležité ji otočit pomocí **Rotation (E)** o 90° po souřadnici **X**.

Následně se s aktivním **Xray režimem (Alt + X)** Sphere otočí tak, aby její střed protínal nápomocnou čáru v technickém výkresu. Pro přesné otočení je potřeba spustit **Angle Snap** a otočit Sphere o 30° po souřadnici **Z** (Obrázek 79).



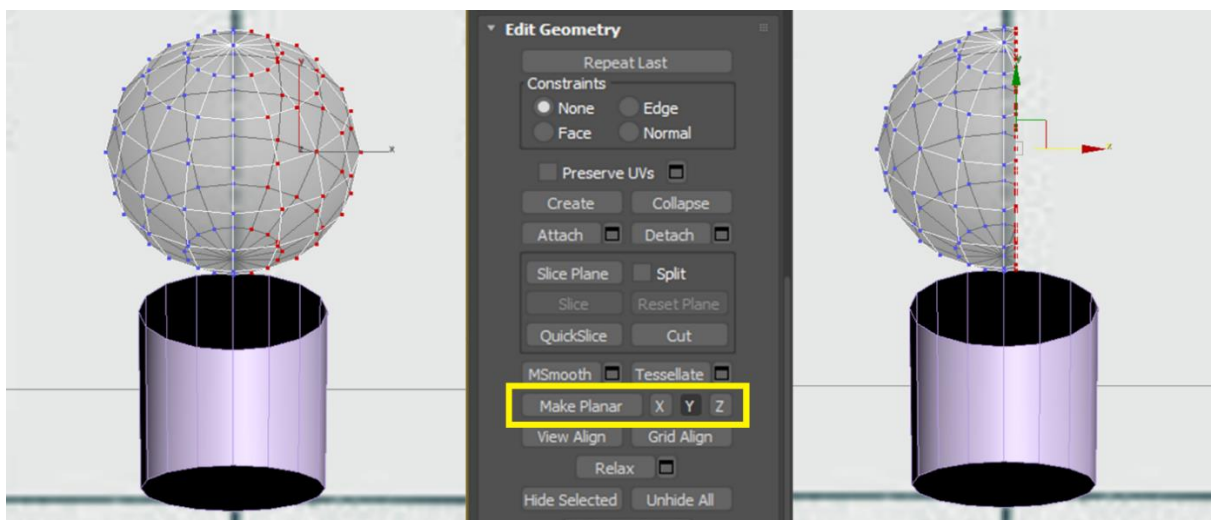
Pozice Sphere

Rotace o 30°

Obrázek 79: Ruce: Tvorba ramene pomocí Sphere

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Na Sphere se také aplikuje modifikace **Edit Poly** a ve **Front (F)** pohledu se v režimu **Vertex** vyberou všechny vertexy po pravé straně. Poté se v panelu **Edit Geometry** použije **Make Planar** v souřadnici **Y** (Samostatné tlačítko „Y“ po pravé straně). To způsobí zarovnání všech vertexů pod sebe. Označené vertexy se poté posunou po souřadnici **X** do blízkosti středu Sphere (Obrázek 80).



Obrázek 80: Ruce: Make Planar

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023



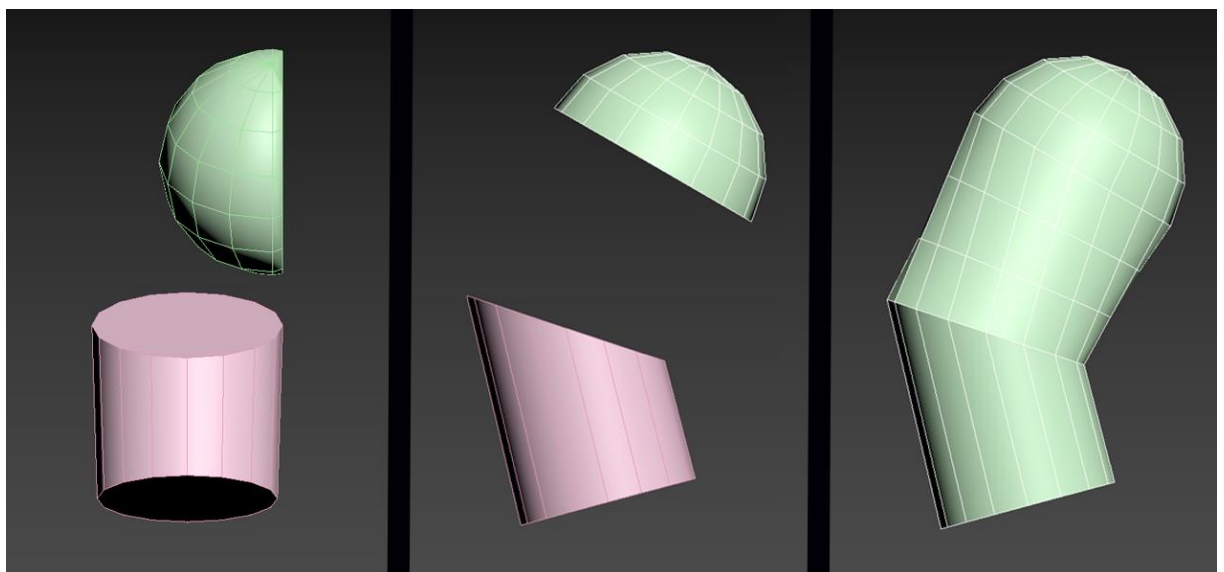
Poté se musí s aktivním **Snap Toggle** zarovnat vytvořené objekty vzájemně pod sebe. Zarovnání musí proběhnout pomocí vertexů, které jsou na objektech po pravé straně.

Jakmile se zarovnaly objekty pod sebe, v **Left (L)** pohledu se odstraní spodních 50 % Sphere a objekty se spojí do jedné sdílené polygonové sítě. Spojení objektů lze udělat v **Edit Geometry** panelu pomocí funkce **Attach**. Stačí stisknout tlačítko a kliknout na objekt, který je potřeba připojit. **Kvůli zachování pivot pointu je potřeba napojit Cylinder k Sphere, nikoliv naopak (Cylinder převezme barvu Sphere).**

Po propojení se v režimu **Border** označí ohraničení otvorů v Cylinderu i Sphere a použije funkce **Bridge**. Tato funkce propojí hrany, mezi kterými je prázdný prostor, novým polygonem. Vzhledem k tomu, že objekty byly vytvořeny se stejným počtem hran, mezi každou hranou vznikne polygon a vytvoří se tak celistvé propojení.

Bridge se nastaví na 3 segmenty. Polygony budou po propojení příliš zakroucený, proto se v nastavení „**Twist 1**“ nastaví hodnota **1**, která zmírní vzniklou deformaci.

Celý proces je na následujícím obrázku (Obrázek 81).



Zarovnání

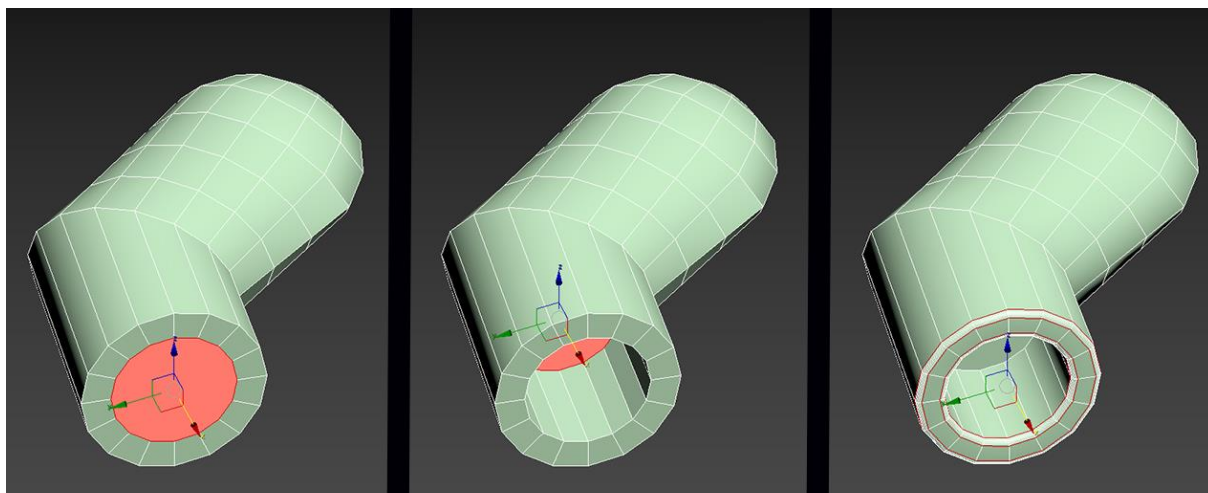
Smazání polygonů

Attach + Bridge

**Obrázek 81:** Ruce: Práce na Sphere + Attach a Bridge

**Zdroj:** Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Po tomto procesu se na spodní polygon původního Cylinderu aplikuje funkce **Inset** o velikosti 2,5 cm. Na nově vzniklý polygon se poté aplikuje funkce **Extrude**, který vytvoří prohlubeň o velikosti 10 cm. K zaoblení hran se použije funkce **Chamfer**, a to o velikosti 0,5 cm ve spodní části a 1 cm v linii hran, které tvoří loket (Obrázek 82). V pozici lokte je potřeba Chamfer, aby TurboSmooth příliš nezdeformoval tvar.



Inset

Extrude

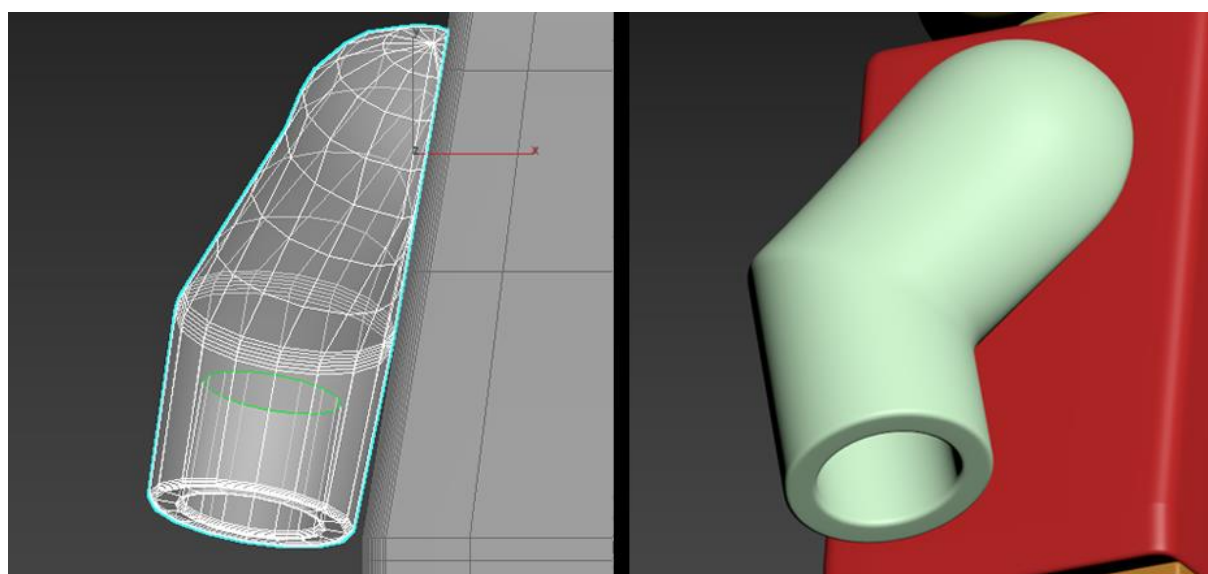
Chamfer

Obrázek 82: Ruce: Inset, Extrude, Chamfer

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

V neposlední řadě je potřeba ruku zarovnat i z **Front (F)** pohledu. Díky tomu, že je pivot point na správném místě uprostřed Sphere, je jednoduché pomocí **Move (W)** a **Rotation (E)** ruku napozicovat na správné místo.

Poté už zbývá pouze označit v režimu **Edge** vrchní část končetiny a nastavit jim stav **Smooth**. Tím je docíleno, že jediné hrany, které jsou **Hard**, jsou ty uvnitř prohlubně, kterou vytvořila funkce Extrude pár kroků zpět. Posledním krokem v této části ruky je použití modifikace **TurboSmooth**. Ta je nastavená na 2 iterace a má zaškrtnuté Smoothing Groups. (Obrázek 83).



Pozice ruky + Hard Edges

TurboSmooth na 2 iterace

Obrázek 83: Ruce: Pozice, Hard Edges a TurboSmooth

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Druhou částí je již zmíněný „háček“ znázorňující prsty a dlaň Lego panáčka. K tomu se vytvoří geometrické primitivum **Cylinder** o 16 stranách. Z **Left (L)** pohledu je důležité, aby byla velikost poloměru o něco větší. Je potřeba dosáhnout toho, že jsou dolní 2 polygony pod hranicí ruky na technickém výkresu.

Tyto polygony budou po následující aplikaci modifikace **Edit Poly** odstraněny společně s polygony po bocích. Ty se označením dolních polygonů označí společně s nimi. Hodnoty, které vyšly při tvorbě, jsou poloměr 9,5 cm a výška 16 cm. Pro lepší představu zobrazeno na následujícím obrázku (Obrázek 84).



Velikost z Left pohledu

Odstraněné polygony

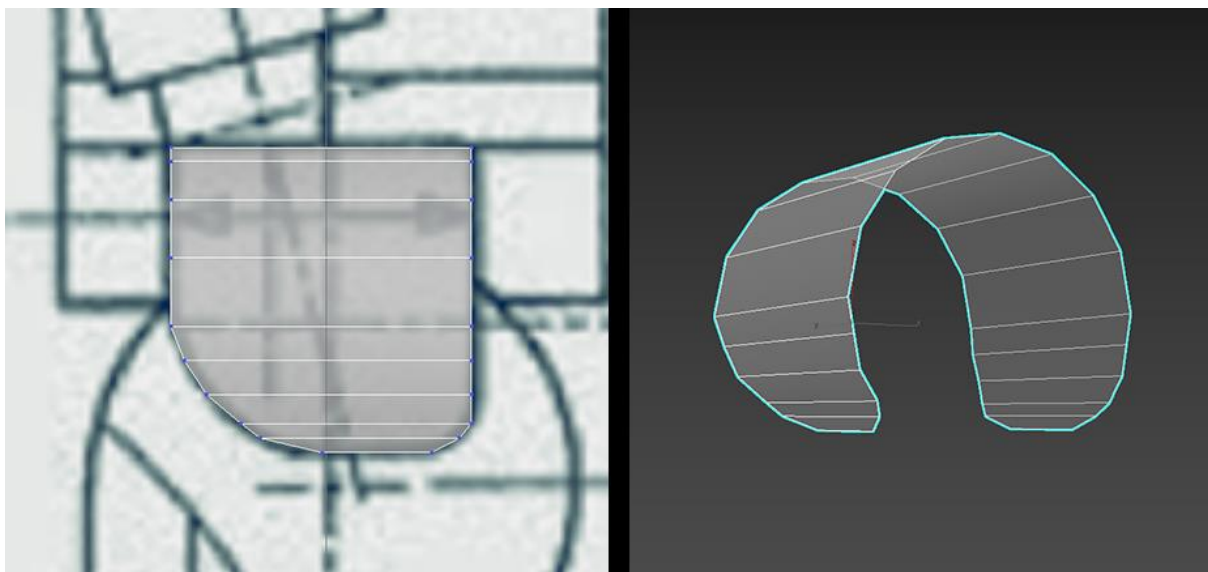
Obrázek 84: Ruce: Tvorba druhé části

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Po umazání polygonů se v **Left (L)** pohledu zůstane a ještě se pomocí vertexů dotvarují oblé části ruky ve spodní části. Pro lepší výsledný tvar je vhodné vytvořit v režimu **Edge** více horizontálních hran pomocí funkce **Connect**, aby vzniklo více vertexů, s kterými manipulovat. Díky tomu se dosáhne kvalitnějšího tvaru.

Poté se v režimu **Vertex** začne tvarovat. Tvar postačí změnit natolik, aby přibližně splňoval technický výkres (Obrázek 85). K celkovému zaoblení a trefení tvaru podle technického výkresu dojde totiž až v pozdější fázi.

Ačkoliv je na technickém výkresu ruka mírně nahnutá do levého boku, aktuálně bude lepší ji ponechat v rotaci, ve které byla vytvořena. K napozicování dojde až v pozdější fázi modelování.



Tvar z Left pohledu

Tvar v perspektivní projekci

Obrázek 85: Ruce: Tvarování vertexů

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Jakmile je tvar hotov, v režimu **Polygon** se označí všechny polygony a aplikuje funkce **Extrude**. Tu je potřeba přenastavit z **Group** na **Local Normal**, aby fungoval správně. Extrude se použije dovnitř, čímž se otočí normály.

Normály definují vnitřní a vnější stranu polygonu, z nichž pouze jedna (vnější) je ta, která zobrazuje atributy polygonu (barva, materiál, textura atd.) a reaguje na vlivy okolí (světlo a stíny). Jelikož se funkce Extrude použila směrem dovnitř, prakticky vytvořila prohlubeň a normály nově vytvořených polygonů míří dovnitř tělesa.

Odvrácená strana polygonů ve **Front (F)** pohledu je 100% černá. Aby normály mířily směrem ven a vytvořený tvar spolupracoval jak má, normály se musí přetočit pomocí modifikace **Normal**, kde bude zaškrtnuto **Flip Normals** (Obrázek 86).



Nastavení Extrude

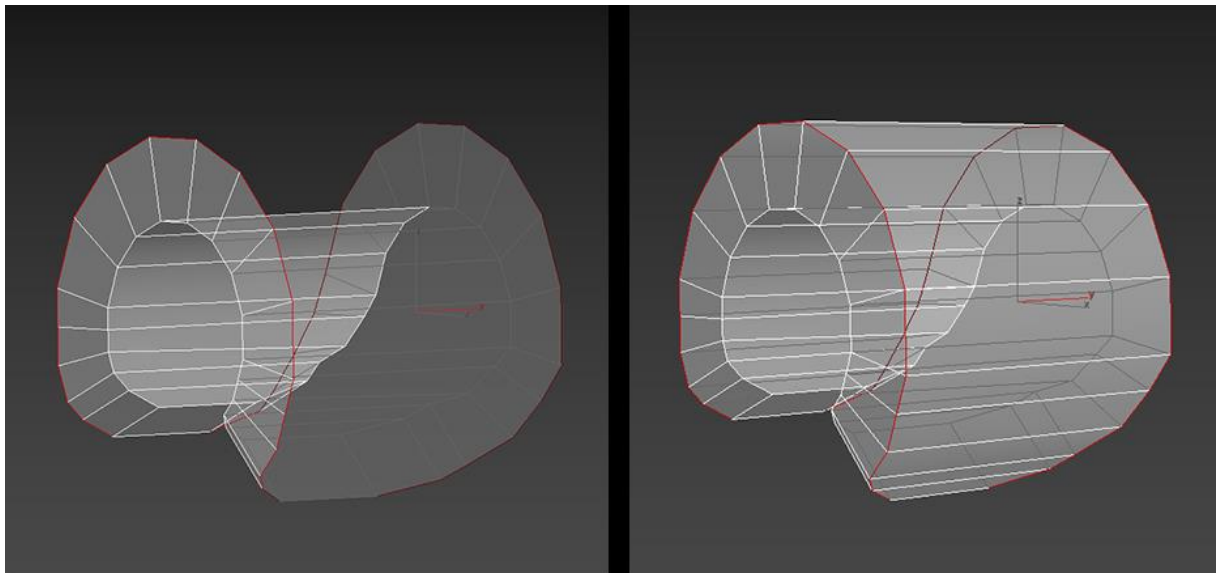
Velikost Extrude

Flip Normals

Obrázek 86: Ruce: Extrude a Flip Normals

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Jakmile jsou normály otočeny na správnou stranu, aplikuje se na tvar další modifikace **Edit Poly**. Je potřeba si uvědomit, že byla opravdu vytvořila prohlubeň. Z toho důvodu je horní část tvaru bez polygonů a je nutné ji zadělat funkcí **Bridge**. Vyberou se všechny hrany lemující otvor kromě dvou vertikálních spodních, jelikož nemají sousední hranu, s kterou vytvořit sdílený polygon (Obrázek 87).



Vybrané hrany

Funkce Bridge

**Obrázek 87:** Ruce: Výběr hran a funkce Bridge

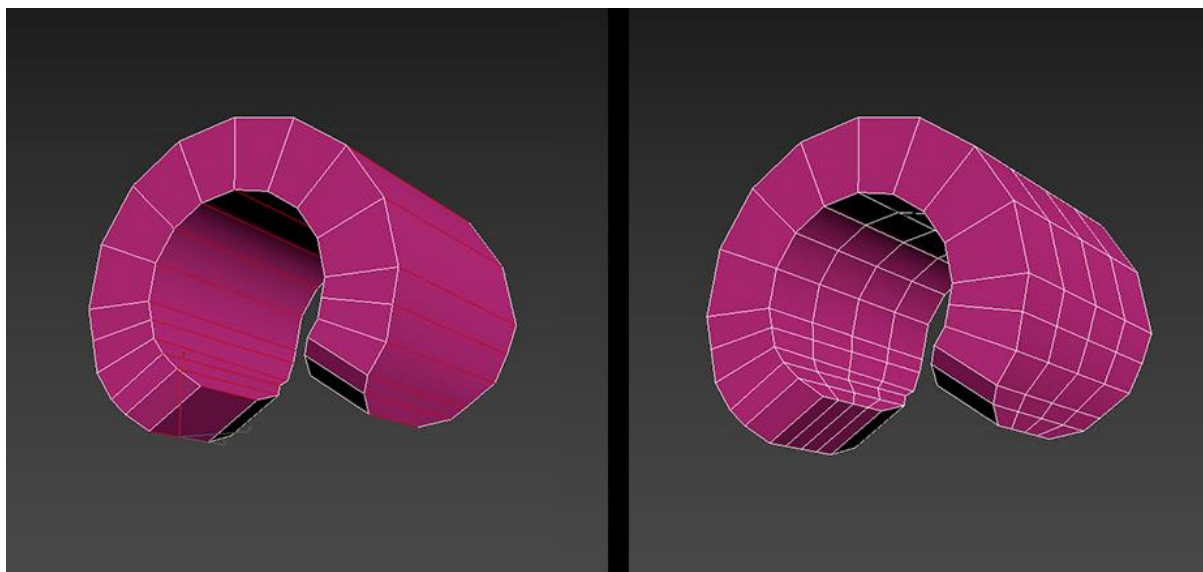
**Zdroj:** Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Na tento tvar se bude napojovat zápěstí, pro které je potřeba vytvořit otvor. K tomu se musí vytvořit další linie hran. Z toho důvodu je dalším krokem vybrání všech hran, které vznikly pomocí funkce Bridge. Jakmile jsou vybrány, použije se funkce **Connect** a vytvoří se tři linie hran (Obrázek 88).

Při výběru je potřeba dávat pozor u dolní části modelu, aby se nevybraly i jiné hrany. Pokud by se tak stalo, funkce Connect by v těchto místech neudělala co má a objekt porušila několika trojhrannými polygony.

Tři linie jsou potřeba, aby následně odstraněné polygony v následující části vytvořily otvor o 8 hranách. Tolik hran bude mít i tvar zápěstí, tudíž se pak mnohem lehčeji spojí v jeden objekt.





Vybrané hrany

Funkce Connect

Obrázek 88: Ruce: Funkce Connect

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Následujícím krokem je vytvoření zápěstí. Zápěstí se také vytvoří z geometrického primitiva **Cylinder**, tentokrát o 8 stranách. Poloměr zápěstí musí splňovat ale velikost takovou, aby pasoval do otvoru, která byla vytvořena v první části ruky. Poloměr je z toho důvodu cca 5,5 cm.

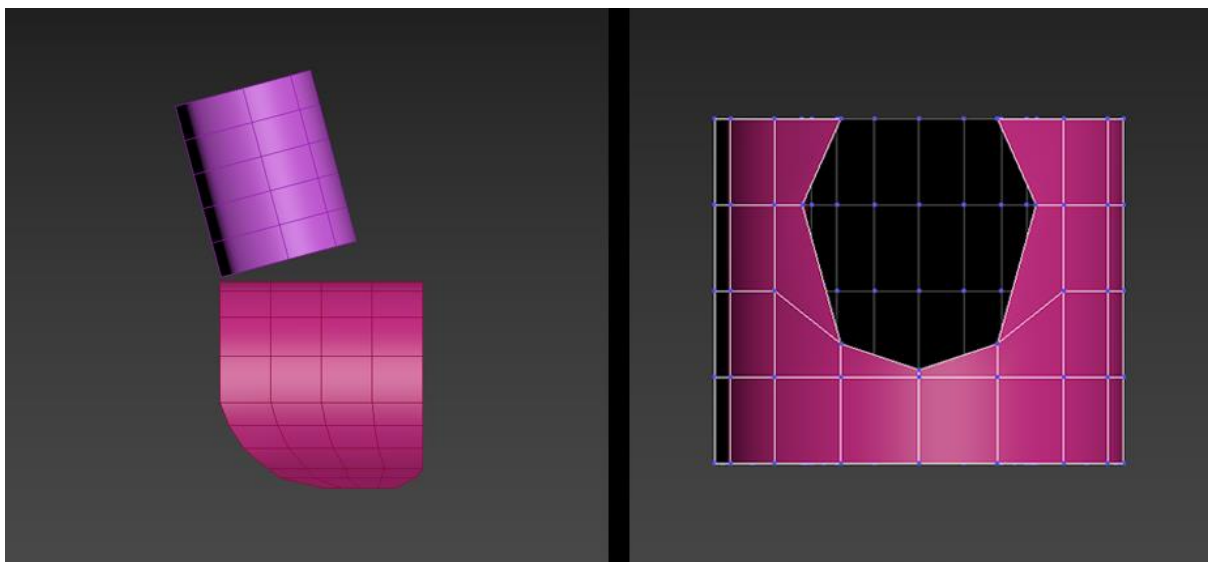
Z **Left (L)** pohledu se **Cylinder** nahne pomocí **Rotation (E)** tak, aby pasoval do otvoru, a to o 15°. Nahnout by se měl správně i z **Front (F)** pohledu, ovšem k tomu dojde až v pozdější fázi společně s dlaní.

Následně se ve **Front (F)** pohledu dlaň a zápěstí zarovnají pomocí zarovnávací funkce **Align (Alt + A)**. Zarovnání proběhne středem na střed, a to v souřadnicích **X** a **Z**. Poté se z **Left (L)** pohledu zápěstí posune o něco víc dozadu (Obrázek 89).

Jakmile se tvary zarovnají, z **Top (T)** pohledu se v horní části vytvoří otvor za pomoci posunu vertexů, použitím funkce **Cut** a následném smazání potřebných polygonů. Tvar tohoto otvoru je na následujícím obrázku (Obrázek 89).

Po vytvoření otvoru se v panelu **Edit Geometry** použije funkce **Attach** a spojí se oba tvary do jedné polygonové sítě. **Cylinderu** (zápěstí) se v režimu **Polygon** odstraní jeho spodní polygon.





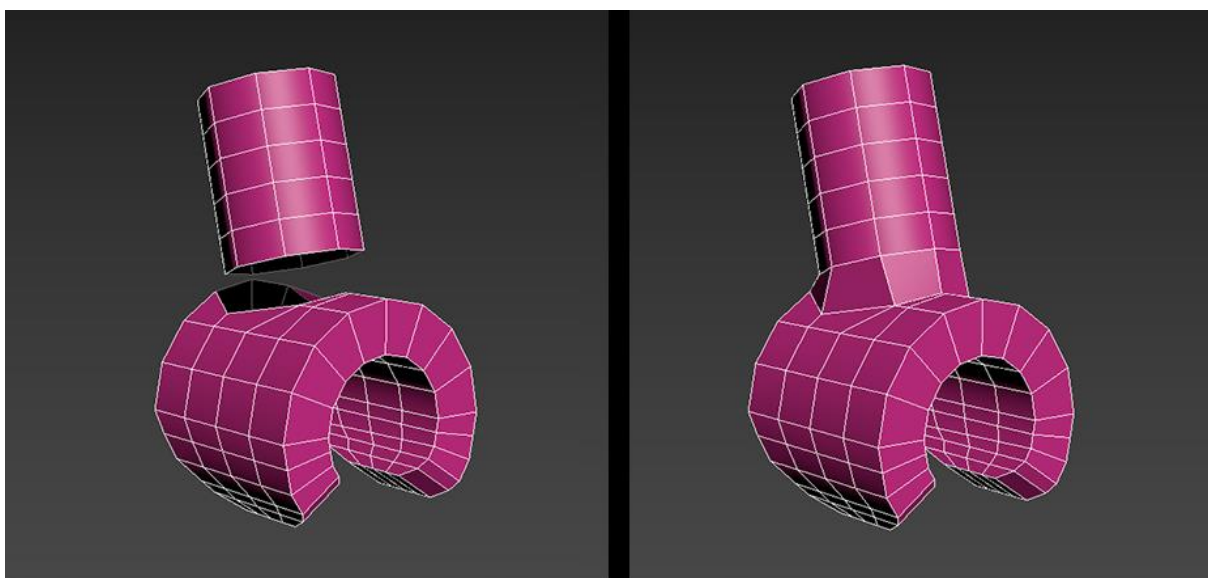
Left zarovnání

Otvor pro zápěstí

Obrázek 89: Ruce: Zarovnání tvarů + Otvor

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

V režimu **Border** se označí ohraničení na obou tvarech a aplikuje funkce **Bridge**. Tím je získáno jednoho tvaru ruky.



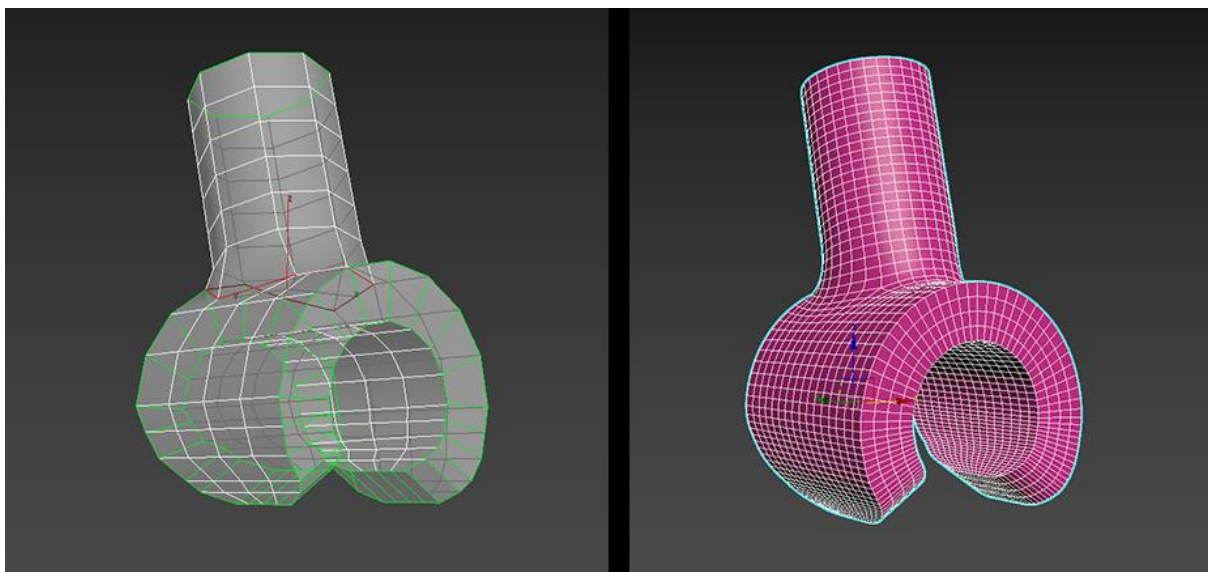
Před spojením

Po spojení

Obrázek 90: Ruce: Spojení dlaně a zápěstí

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Po tomto už stačí pouze správně nastavit **Hard Edges**. Ty v tomto případě budou na vrchu zápěstí a kolem dokola po obvodu „prstů“. Pro lepší představu vyobrazeno na následujícím snímku (Obrázek 91).



Hard Edges

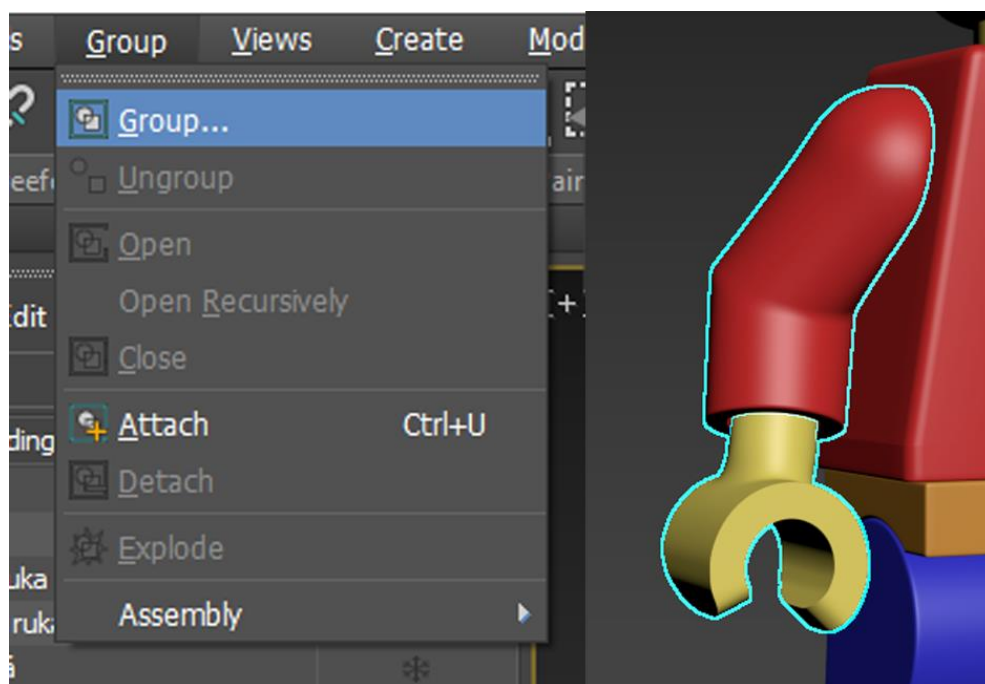
TurboSmooth na 2 iterace

Obrázek 91: Ruce: Hard Edges + TurboSmooth

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

V tuto chvíli je druhá část ruky hotová a chybí pouze zarovnání do první části. To se provede pomocí **Move (W)** a **Rotation (E)**. Rotace stačí provést pouze o 15°.

Po zarovnání se vytvoří z těchto dvou částí jedna skupina. Výběrem se označí obě části a v horní liště se otevře záložka **Group**, ve které se zaklikne stejnojmenné **Group** (Obrázek 92). Jméno skupiny je irelevantní.



Obrázek 92: Ruce: Group

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Tímto je ruka kompletní a zbývá vytvořit její kopii. Ta se vytvoří stejným způsobem, jako se vytvářela kopie nohy. V **Hierarchy** panelu se zaklikne možnost **Affect Pivot Only** a pomocí funkce **Align (Alt + A)** se Pivot point vytvořené skupiny zarovná na střed těla. Následně se aplikuje funkce **Mirror** a vytvoří kopie po souřadnici **X**.

V tuto chvíli je již celý model Lego panáčka hotový (Obrázek 93). Barvy jsou pouze ilustrativní a je potřeba se na ně zaměřit v následující kapitole.

Soubor programu 3ds Max s vytvořenými rukama je v příloženém CD (Příloha A).



**Obrázek 93:** Modelování: Finální model Lego panáčka

**Zdroj:** Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

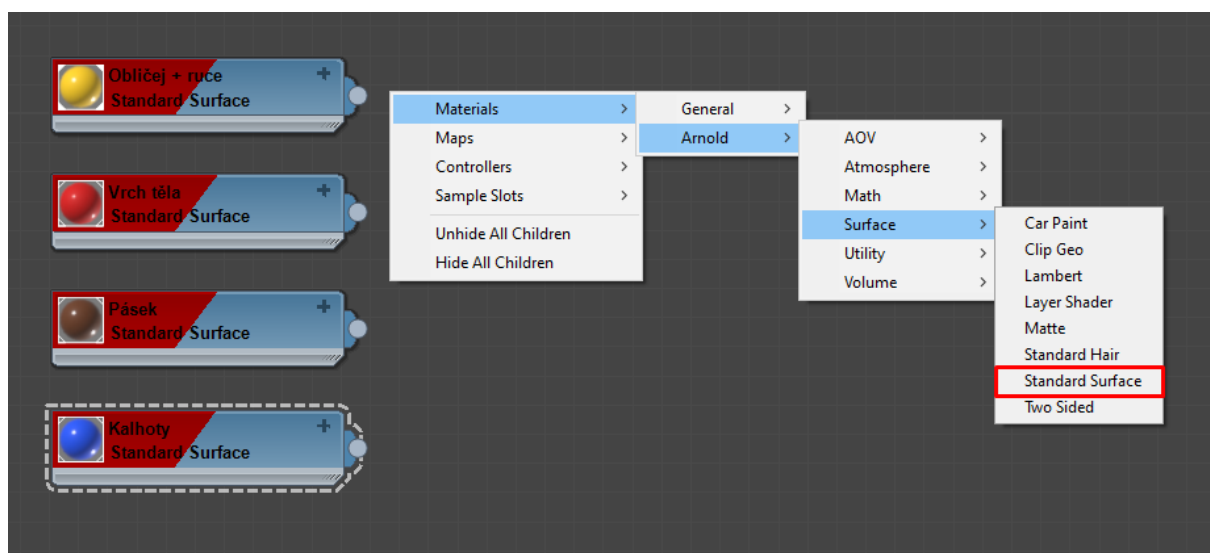
### 3.2.3 Materiály a texturování

#### Materiál Plastu

Originální Lego panáček je plastová hračka. K dosažení realističnosti je proto důležité vytvořit materiál, který minimálně odráží světlo stejným způsobem jako plast. K tomu se v tomto případě využije jen základního materiálu pro Arnold Renderer, tedy materiál **Standard Surface** (Obrázek 94).

K našemu štěstí je základní Standard Surface velmi podobný reálnému plastu. Tudíž stačí pouze vytvořit tento materiál a nakopírovat podle počtu barev Lego panáčka, v tomto případě 4 materiály a každému nastavit barvu. Barva není podstatná až na obličej a ruce, kde je kvůli textuře obličejové potřeba aplikovat **RGB [255, 208, 0]**. Materiál se poté aplikuje přetažením myši na vybranou část těla.

Soubor programu 3ds Max s aplikovanými materiály je v příloženém CD (Příloha A).



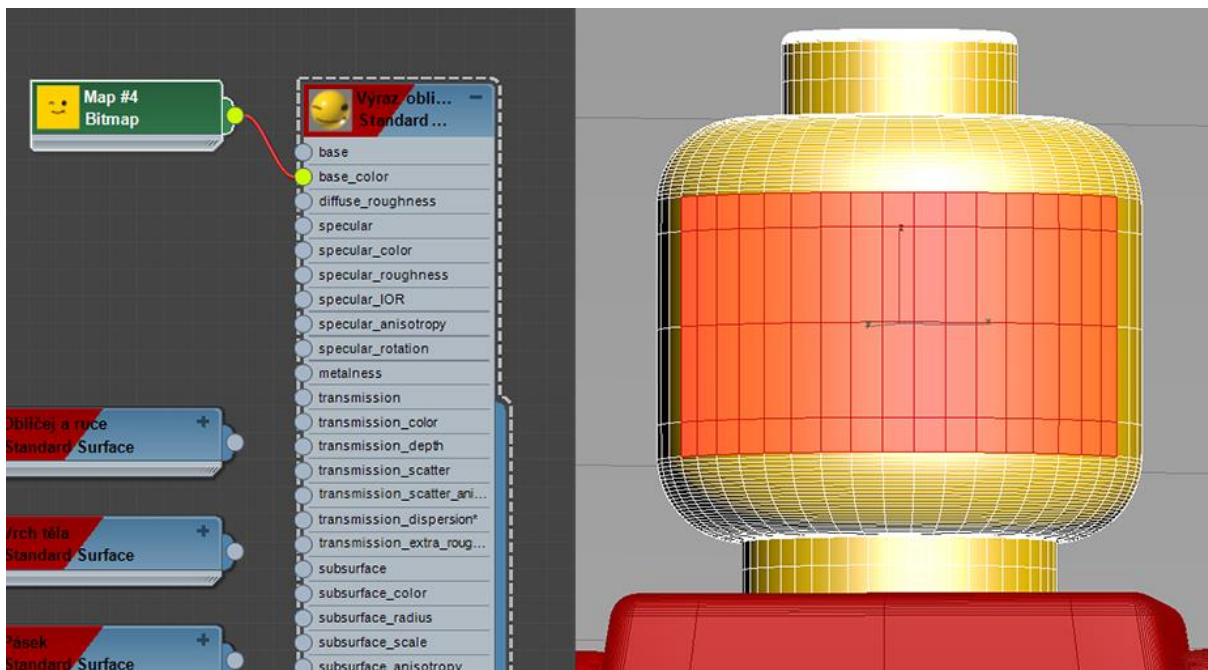
Obrázek 94: Materiály: Vytvoření materiálů

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

#### Textura obličejové

Obličej je potřeba sehnat na internetu nebo samostatně vytvořit dle potřeby s barvou pozadí **RGB [255, 208, 0]**. Vybraný výraz je společně s dalším typem výrazu součástí příloženého CD (Příloha A).

K aplikaci na obličej je potřeba vytvořit nový **Standard Surface** materiál a pro něj i příslušnou **bitmap map**. Do ní se nahraje textura obličejové a vytvoří se uzel se Standard Surfacem, přesněji s „**base\_color**“. Poté se vyberou polygony přední části hlavy a přetáhnutím se na ni materiál aplikuje.

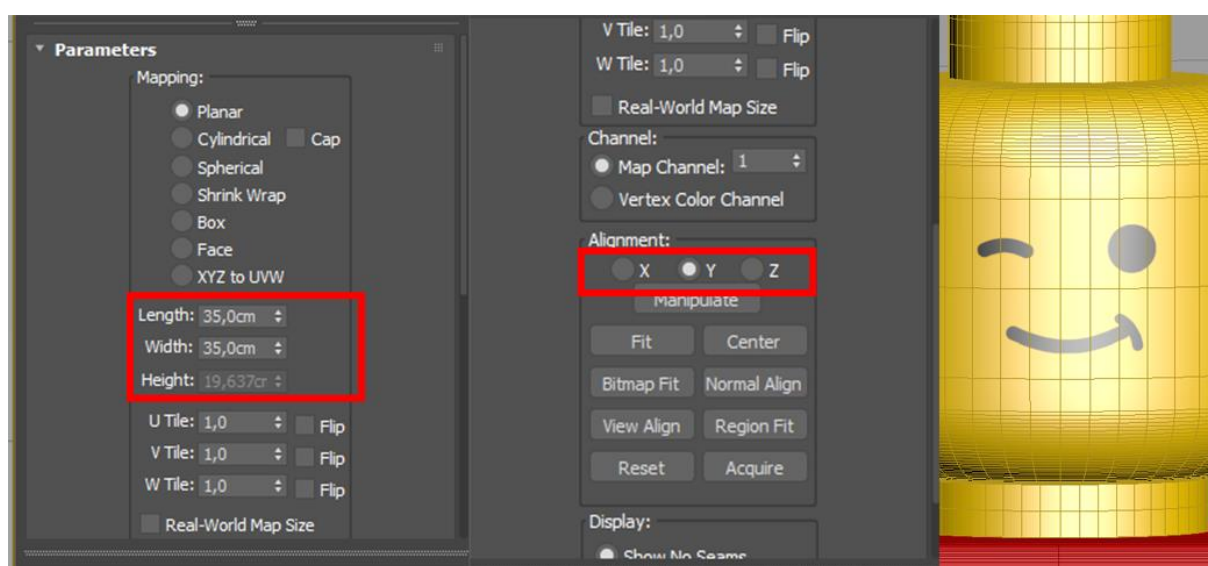


Obrázek 95: Materiály: Tvorba textury a výběr polygonů **Zdroj:** Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Po aplikaci je vidět, že je textura roztáhlá a pozičně úplně mimo střed. Z toho důvodu je potřeba v tuto chvíli na vybrané polygony ještě aplikovat modifikaci **UMV Map**. Ta porovná UV mapu v obličejí, kterou se textura obličejí řídí.

Bohužel se textura nesrovná kompletně. Proto je důležité ještě udělat malé změny v nastavení, a to přesněji změnu rozměrů a orientace zarovnání. Poté je texturování obličejí zhotoveno (Obrázek 96).

Soubor programu 3ds Max s aplikovanou texturou je v příloženém CD (Příloha A).



Obrázek 96: Materiály: UVW Map

**Zdroj:** Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

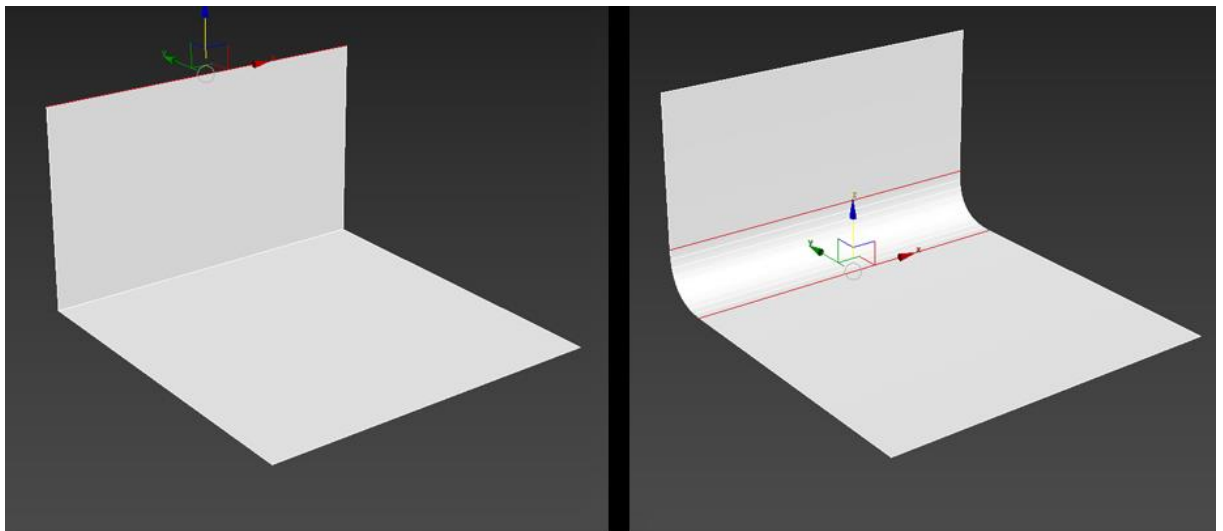


### 3.2.4 Osvětlení

#### Trojbodové studiové osvětlení

K osvětlení Lego panáčka bude využito základní studiové osvětlení. K tomu bude potřeba vytvořit 3 světla a bílou plochu, která bude simulovat plátno, které využívají fotografové v reálném světě.

První se vytvoří plátno z geometrického primitiva Plane. Jeho velikost bude 1000 na 1000 cm a tvořeno pouze jedním segmentem. Jeho jedna hrana se vybere a při držení klávesy **Shift** se po souřadnici **Z** pomocí **Move (W)** vytáhne nahoru. Tím vznikne další polygon, které s původní plošinou drží pravý úhel. Hrana, která spojuje tyto dva polygony, bude vybrána a aplikuje se na ni funkce **Chamfer** o velikosti 150 cm a rozdělení na 5 segmentů (Obrázek 97). Na celý objekt se nakonec také aplikuje **TurboSmooth** s 2 iteracemi.



Druhá část plátna

Funkce Chamfer

Obrázek 97: Osvětlení: Vytvoření plátna

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Tím je vytvořeno celé plátno. Dále je potřeba Lego panáčka napozicovat do středu plátna, aby na něm stál. To udělám tak, že z celého panáčka vytvořím **Group** a pomocí **Snap Toggle** ho postavím na plátno.

Soubor programu 3ds Max s vytvořeným plátnem je v příloženém CD (Příloha A)

Po napozicování se vytvoří **Fyzická kamera**, Nejlehčím způsobem je napozicovat se v **Perspective (P)** do pozice, jak kdybychom byli ve Front (F) pohledu a zmáčknout klávesovou zkratku **Ctrl + C** (Obrázek 98). Tím bude vytvořena fyzická kamera z místa, v jakém se nachází pohled ve viewportu.

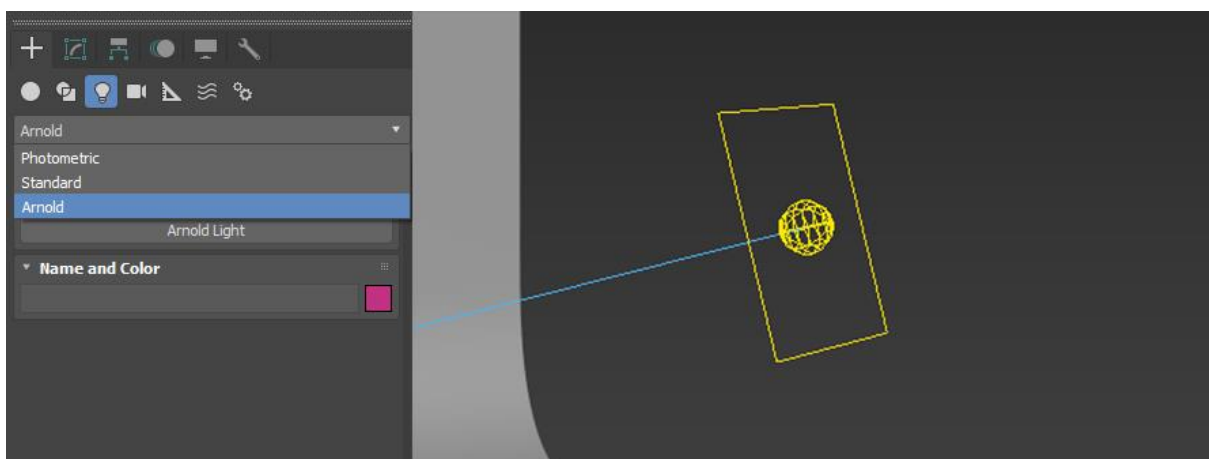




Obrázek 98: Osvětlení: Pozice panáčka na plátně

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

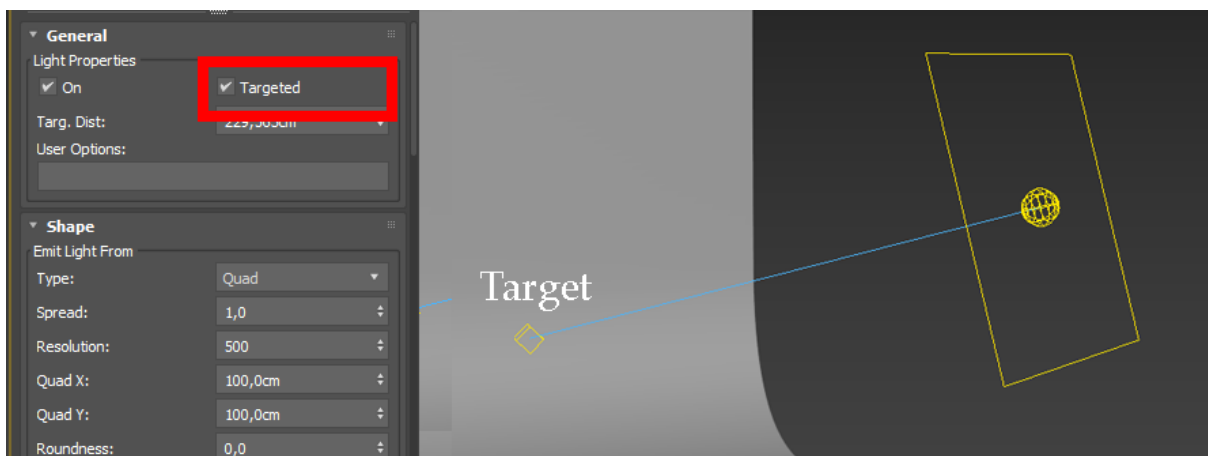
Zbývá vytvořit jednoduché osvětlení studia. K tomu budou vytvořeny speciální světla pro Arnold Renderer. Ty se dají vytvořit v **Create panelu** pod ikonkou žárovky. Ve vysouvacím menu musí být vybrána volba **Arnold**. Poté stačí stisknout tlačítko **Arnold Light** a nakliknout do viewportu. Zde se objeví objekt znázorňující vytvořený zdroj světla (Obrázek 99).



Obrázek 99: Osvětlení: Vytvoření světelného zdroje

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

V nastavení světla není potřeba v našem případě nic měnit, jelikož chceme jednoduché základní osvětlení. Jediné, co je potřeba mít zaškrtnuté, je políčko **Targeted**, které přidává možnost vytvořit kotevní bod, kam světelný zdroj má mířit (Obrázek 100).



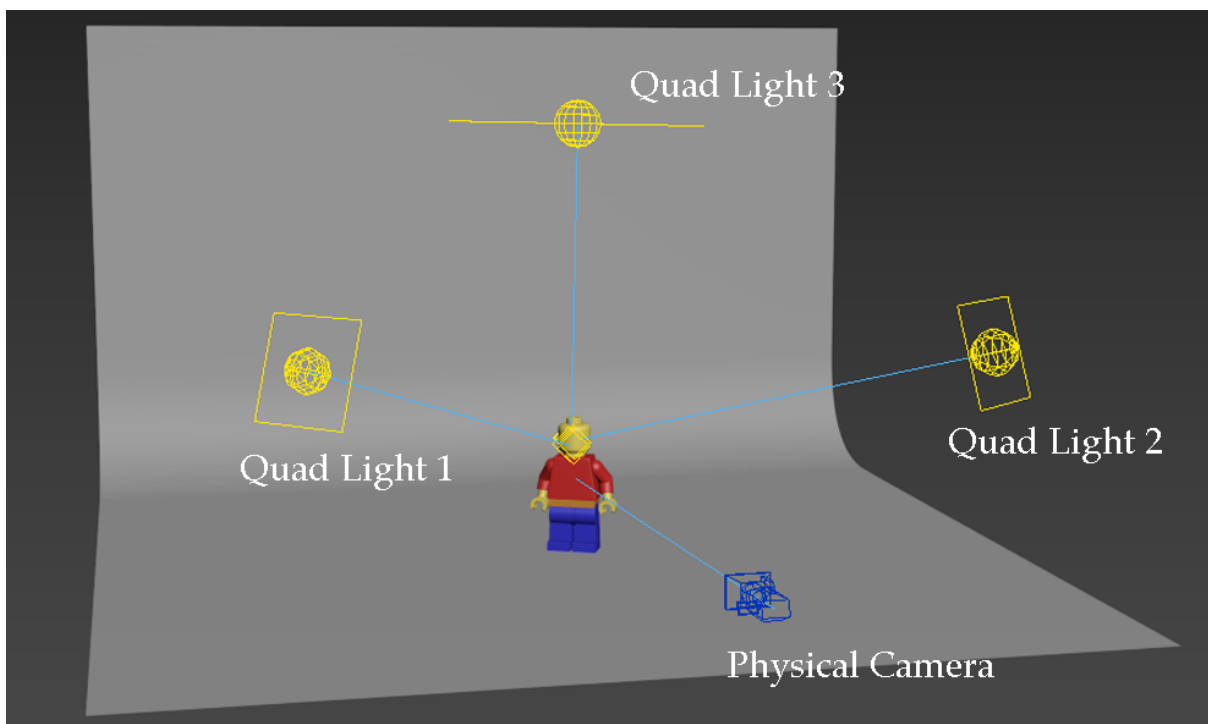
Obrázek 100: Osvětlení: Targeted Light

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Target bodem se dá libovolně manipulovat pomocí **Move (W)**. V tomto případě je pomocí **Snap Toggle** připevněn na hlavu Lego Panáčka.

Následně jsou držením klávesy **Shift** a přesunem světla pomocí **Move (W)** vytvořeny dvě kopie. Jedna kopie bude zrcadlit pozici prvního světla a třetí světlo bude umístěno kolmo nad Lego panáčka a posunuto o trochu výš po souřadnici **Z**. Tím bude dosaženo základního rozložení světél (Obrázek 101) a lze přejít na postprodukcí, tedy vykreslení Lego panáčka ve studiu.

Soubor programu 3ds Max s vytvořeným osvětlením je v příloženém CD (Příloha A)



Obrázek 101: Osvětlení: Finální rozložení světél

Zdroj: Snímek z Autodesk 3ds Max 2023

### 3.3 Postprodukce

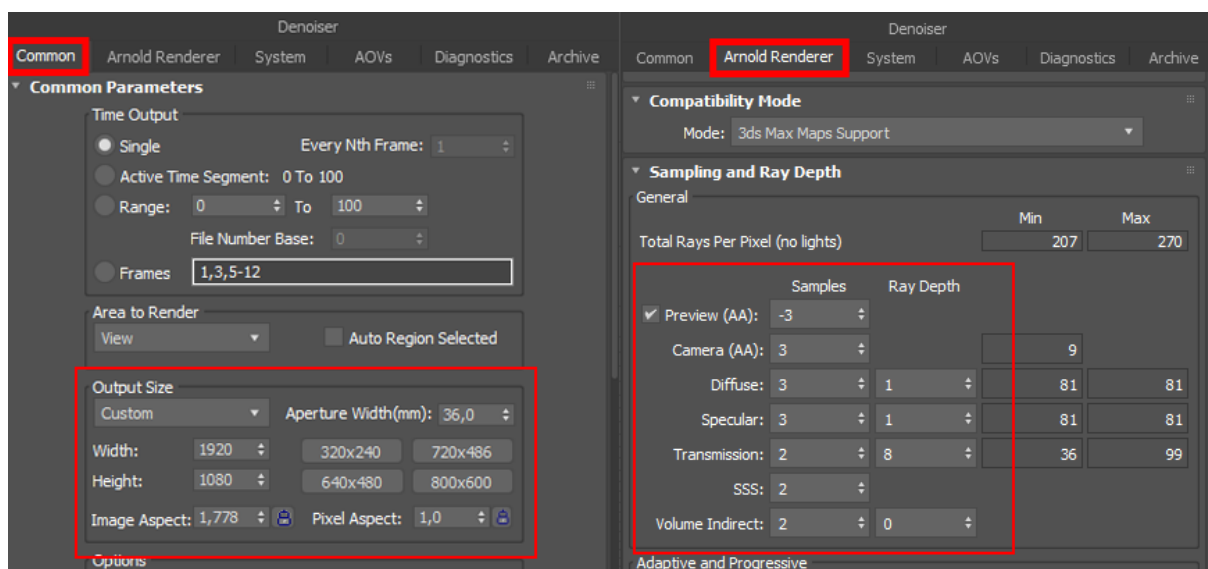
Posledním krokem je postprodukce, tedy vše, co se odehrává po vytvoření scény. Sem v případě 3D modelování zapadá vykreslení, tedy Rendering.

#### 3.3.1 Vykreslení (Rendering)

Vykreslení je v tomto případě jednoduché nastavit. Docílit chceme především dobrého rozlišení. To se nastaví v dialogovém okně **Render Setup (F10)** hned v prvním panelu **Common** (Je potřeba dávat pozor, abychom byli v **Production Rendering Mode**).

Dalším důležitým faktorem je nechat vykreslit snímek v procesu vícekrát. Tím se výsledný obrázek zbaví šumu, který vzniká výpočty světla a stínů. Nastavení počtu vykreslení lze v druhém panelu **Arnold Renderer**.

Kam koukat je vidět na následujícím obrázku (Obrázek 102).



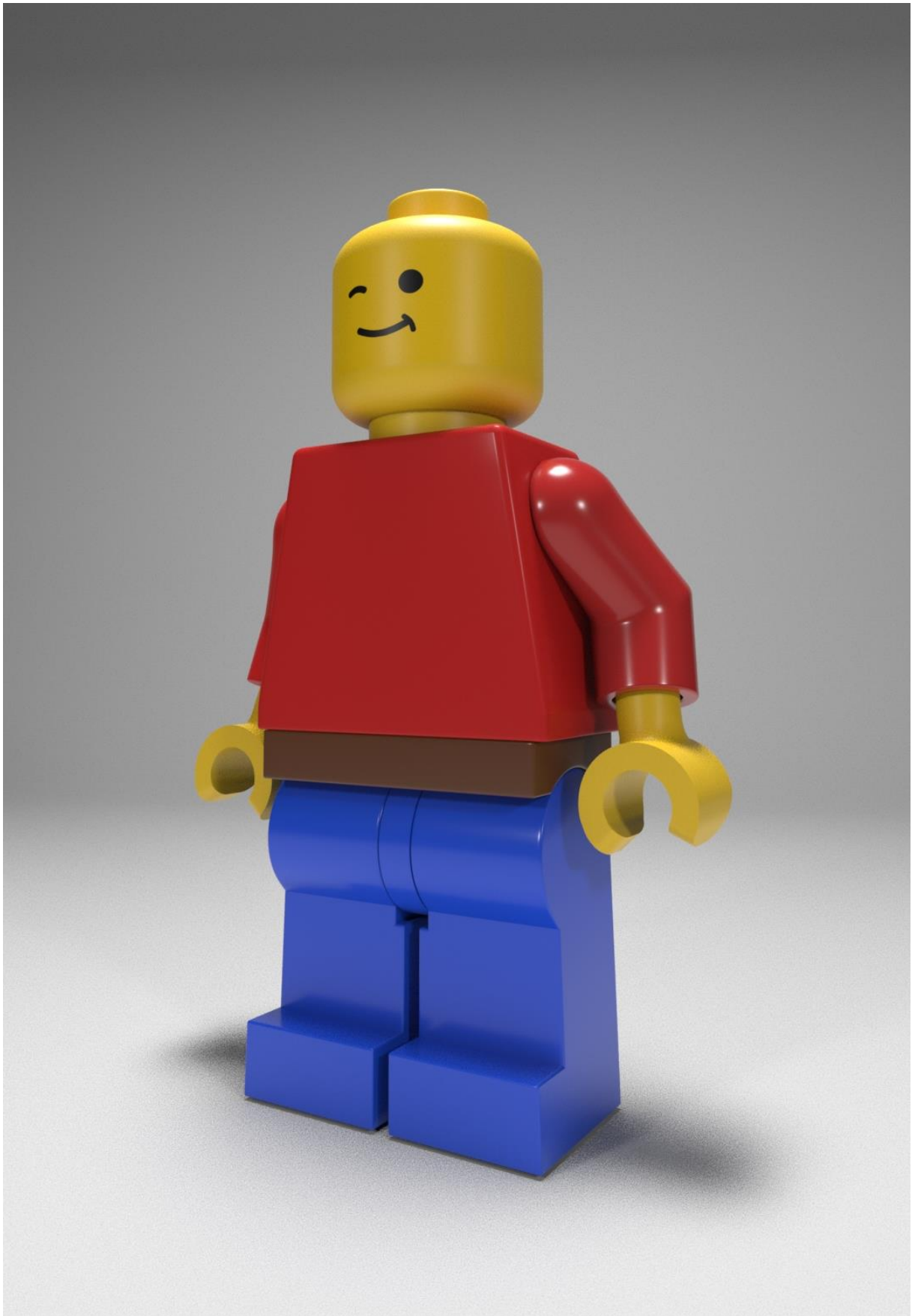
Obrázek 102: Vykreslení: Nastavení rendering

Zdroj: Snímky z Autodesk 3ds Max 2023

Pokud je vše nastaveno, je na čase stisknout tlačítko **Render** a začít sledovat, jak se snímek postupně vykresluje. Tento proces může trvat sekundy, minuty i hodiny. Velmi záleží na nastaveném počtu vykreslení snímku a také výkonu uživatelského hardwaru.

Tímto je u konce celý proces tvorby 3D modelu. Vykreslený Lego panáček je zobrazen na následující stránce (Obrázek 103).

Více vykreslených obrázků je k dohledání v příloze (Příloha B). Tyto obrázky jsou již poupraveny pro účel ukázky, co se s daným modelem dá dělat.



**Obrázek 103:** Finální výsledek 3D modelu

**Zdroj:** Snímek vytvořený v Autodesk 3ds Max 2023

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo seznámení čtenáře s obecnou problematikou 3D grafiky a podrobné provedení všemi fázemi tvorby modelu za účelem pochopení ovládání komplexního programu Autodesk 3ds Max.

Při tvorbě 3D modelu jsem použil a vysvětlil základní ovládání programu a většinu hlavních funkcí polygonového modelování. Model obsahuje i aplikované materiály a texturu, tudíž se čtenář seznámil i s základním procesem texturování.

Vzhledem k tomu, že o kvalitě výstupu v 3D grafice silně rozhoduje světlo ve scéně, vytvořil jsem i simulaci ateliérového studia s trojbodovým osvětlením. Celý výsledek konec vykreslil speciální renderer společnosti Autodesk, Arnold Renderer.

Mým doporučením je trpělivost a čas, který je potřeba začátkům s 3D grafikou dát. Začínat na jednoduchých objektech je správnou cestou. Také bych rád doporučil učit se především z vizuálně bohatých médií, tedy například z videa s komentářem, kde člověk vysvětluje a názorně ukazuje, co dělá. Písemný návod s názornými snímky je pro jednodušší objekty dostačující, ale videostopa je v případě 3D grafiky mnohem lepším učitelem.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Computer graphics: 3D graphics. Javatpoint [online]. [cit. 2023-03-06].  
Dostupné z: <https://www.javatpoint.com/computer-graphics-3d-graphics>
- [2] KERLOW, Isaac Victor. Mistrovství 3D animace: ovládněte techniky profesionálních filmových tvůrců. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011, 496 s. ISBN 978-80-251-2717-9.
- [3] Přispěvatelé projektů Wikimedia (2007). Počítačová 3D grafika. [online] Wikipedia.org. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%A1\\_3D\\_grafika](https://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%A1_3D_grafika)
- [4] www.javatpoint.com. (2021). Computer Graphics Parallel Projection – javatpoint. [online] Dostupné z: <https://www.javatpoint.com/computer-graphics-parallel-projection>
- [5] www.javatpoint.com. (2021). Computer Graphics Perspective Projection – javatpoint. [online] Dostupné z: <https://www.javatpoint.com/computer-graphics-perspective-projection>
- [6] Wolfram.com. (2023). Vanishing Point. [online] Dostupné z: <https://mathworld.wolfram.com/VanishingPoint.html>
- [7] WATT, Alan. 3D computer graphics. 3rd ed. New York: Pearson Education, 2000. ISBN 0-201-39855-9.
- [8] Steemit.com. (2020). 1, 2, 3, Red Light! Boolean Operations (Introduction to 3D Parametric Modeling – Chapter IV) – Steemit. [online] Dostupné z: <https://steemit.com/tutorial/@nawamy/1-2-3-red-light-boolean-operations-introduction-to-3d-parametric-modeling-chapter-iv>
- [9] McNeel, R. (2023). What are NURBS? [online] www.rhino3d.com. Dostupné z: <https://www.rhino3d.com/features/nurbs/>
- [10] Bluesmith.co.uk. (2013). NURBS Terminology. [online] Dostupné z: <http://www.bluesmith.co.uk/LW/theoryBuilders/nurbs2.htm>
- [11] Wikipedia Contributors (2023). Polygon mesh. [online] Wikipedia. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Polygon\\_mesh#/media/File:Mesh\\_overview.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Polygon_mesh#/media/File:Mesh_overview.svg)



- [12] Deviantart.com. (2012). 'Female Head Bases' Low, Mid n High Poly by LiamGolden on DeviantArt. [online] Dostupné z: <https://www.deviantart.com/liamgolden/art/Female-Head-Bases-Low-Mid-n-High-Poly-277295217>
- [13] Wordpress.com. (2023). 3dwally: Image. [online] Dostupné z: [https://3dwally.files.wordpress.com/2014/12/39c3e-hercules\\_process](https://3dwally.files.wordpress.com/2014/12/39c3e-hercules_process)
- [14] Průša, J. (2018). Fotogrammetrie - 3D skenování s použitím fotoaparátu či mobilu - Josef Prusa - 3D tisk a tiskárny. [online] Josef Prusa - 3D tisk a tiskárny. Dostupné z: <https://josefprusa.cz/fotogrammetrie-3d-skenovani-s-pouzitim-fotoaparatu-ci-mobilu/>
- [15] Flmt.jp. (2020). Mayaの便利機能 – filament Inc. [online] Dostupné z: <https://flmt.jp/press/2702/>
- [16] @UnityAssetStore. (2019). Modular Buildings Framework. [online] Dostupné z: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/modeling/modular-buildings-framework-123671>
- [17] Tan, C. (2022). Textures vs. Materials in 3D Modeling: What's the Difference? [online] MUO. Dostupné z: <https://www.makeuseof.com/textures-vs-materials-3d-modeling/>
- [18] Mahajan, P. (2022). 8 Best Sites to Get Free 3D Textures for 3D Modeling in 2023. [online] SelfCAD. Dostupné z: <https://www.selfcad.com/blog/8-best-sites-to-get-free-3d-textures-for-3d-modeling>
- [19] Pavel Tišnovský (2003). Grafická knihovna OpenGL (22): texturování. [online] Root.cz. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/opengl-22-texturovani/>
- [20] Web (2023). Texturování | 3D Grafika. [online] 3dgrafika.wbs.cz. Dostupné z: <http://www.3dgrafika.wbs.cz/Texturovani.html>
- [21] CyberFox Agency (2022). How to Texture a 3D Model: Ultimate 3D Model Texturing Guide. [online] Dostupné z: <https://cyber-fox.net/blog/how-to-texture-3d-model/>
- [22] Dousek-zaborsky.com. (2019). Co je to textura a jak vylepší vizualizaci | Dousek-Záborský. [online] Dostupné z: <https://dousek-zaborsky.com/cgi-vizualizace-textury-a-texturovani>

- [23] Glawion, A. (2021). Normal vs Displacement vs Bump Maps: Differences and when to use which. [online] CG Director. Dostupné z: <https://www.cgdirector.com/normal-vs-displacement-vs-bump-maps/>
- [24] Leah (2020). What Does a Specular Map Do? – We Design Virtual. [online] Wedesignvirtual.com. Dostupné z: <http://wedesignvirtual.com/what-does-a-specular-map-do/>
- [25] Unity Technologies (2016). Unity – Manual: Occlusion Map. [online] Huihoo.com. Dostupné z: <https://docs.huihoo.com/unity/5.4/Documentation/en/Manual/StandardShaderMaterialParameterOcclusionMap.html>
- [26] Autodesk.com. (2023). Help. [online] Dostupné z: <https://help.autodesk.com/view/MBXPRO/ENU/?guid=GUID-0DF909C0-A02A-4729-A285-F7E5F40BD71A>
- [27] ‘TheAppGuruz’. (2015). What is #UV #Mapping? [online] Dostupné z: <https://www.theappguruz.com/blog/uv-mapping>
- [28] AD11 (2020). Tapety : Šrek, animované filmy, Práce snů 1421x800. [online] Wallhere.com. Dostupné z: <https://wallhere.com/cs/wallpaper/1820643>
- [29] Marta (2022). 3D Model Rigging: The Meaning and Particularities of the Process. [online] 3D-Ace Studio. Dostupné z: <https://3d-ace.com/blog/3d-model-rigging/>
- [30] StudioBinder. (2021). The Science and Art Behind Motion Capture. [online] Dostupné z: <https://www.studiobinder.com/blog/what-is-mocap-definition>
- [31] Mar Keting (2021). What is 3D Lighting and how is it used in Animation. [online] Darvideo Animated Explainer Video Production Company | Animation Studio. Dostupné z: <https://darvideo.tv/dictionary/3d-lighting/>
- [32] COATES, E. (2019). EVAN COATES 3D. [online] EVAN COATES 3D. Dostupné z: <http://www.evancoates.com/blog/2019/6/27/rembrant-lighting>
- [33] Fimber Elemuwa (2022). The basics of lighting in Unity – LogRocket Blog. [online] LogRocket Blog. Dostupné z: <https://blog.logrocket.com/lighting-basics-unity/>

- [34] Unity Learn. (2019). Introduction to Lighting and Rendering - 2019.3 - Unity Learn. [online] Dostupné z: <https://learn.unity.com/tutorial/introduction-to-lighting-and-rendering-2019-3#>
- [35] Autodesk.com. (2023). Help. [online] Dostupné z: <https://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2023/ENU/?guid=GUID-57B15284-C5F3-46A8-BBD3-6333FE5E80DE>
- [36] ArtStation. (2023). Lighting in Maya (Arnold 5) Spotlight , Nicholas Franich. [online] Dostupné z: <https://www.artstation.com/artwork/4DXIY>
- [37] Autodesk.com. (2023). Help. [online] Dostupné z: <https://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2020/ENU/?guid=GUID-74ECAC41-574C-491F-B98A-E6D7812A78B0>
- [38] Kalný, J. (2020). Příběhový trailer remaku Mafie doprovází vůně novoty i nádech obrovské nostalgie. [online] <https://indian-tv.cz>. Dostupné z: <https://indian-tv.cz/clanek/pribehovy-trailer-remaku-mafie-doprovazi-vune-novoty-i-nadech-obrovske-nostalgie-uyuiip1>
- [39] Wayne, A. (2020). Photorealistic Interior Rendering: Choose the Right Mood for Your CGI. [online] ArchiCGI. Dostupné z: <https://archicgi.com/cgi-services/photorealistic-interior-rendering-mood/>
- [40] Archive.org. (2022). Area :: 3dsMax 20th Anniversary. [online] Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20151024145611/http://area.autodesk.com/maxturns20/history>
- [41] Jb-team.com. (2023) Autodesk 3Ds MAX 2023. [online] Dostupné z: <https://jb-team.com/blog/content/%D8%A2%D9%85%D9%88%D8%B2%D8%B4-%D9%86%D8%B5%D8%A8-autodesk-3ds-max-2023>
- [42] Loose, D., 2001. 3DS MAX 4: uživatelská příručka, Praha: Computer Press.
- [43] Gaget, L. (2022). Battle of Software 2023: 3ds Max vs Maya. [online] Sculpteo. Dostupné z: <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/3d-printing-software/3dsmax-vs-maya/>
- [44] Autodesk.com. (2023). Help. [online] Dostupné z: <https://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2023/ENU/>

- [45] PNG, M. (2023). Lego Basic Man PNG Images & PSDs for Download | PixelSquid – S11365280F. [online] PixelSquid. Dostupné z: <https://www.pixelsquid.com/png/lego-basic-man-2514727692444636342?image=H01>
- [46] JDD (2015). Wooden Art Toy par Thibaut Malet - Journal du Design. [online] Journal du Design. Dostupné z: <https://www.journal-du-design.fr/design/wooden-art-toy-par-thibaut-malet-68484>
- [47] P, N. (2020). The First LEGO Minifigure: History of the Lego Minifigure. [online] Game of Bricks. Dostupné z: <https://gameofbricks.eu/blogs/news/the-first-lego-minifigure-history-of-the-lego-minifigure>

# PŘÍLOHY

<b>Příloha A:</b> Příložené CD-ROM .....	99
<b>Příloha B:</b> Ukázka vyrenderovaného Lego Panáčka .....	100

## **Příloha A: Přiložené CD-ROM**

Soubory, které je potřeba vložit do programu Autodesk 3ds Max, nelze přidat jako klasickou přílohu. Z toho důvodu jsou nahrány na jednotce CD-ROM.

Součástí CD jsou referenční obrázky, zpracovaný technický výkres, textury pro obličej a také soubory programu Autodesk 3ds Max. Jedná se o průběžně ukládané fáze tvorby 3D modelu.



**Příloha B:** Ukázka vyrenderovaného Lego Panáčka

