



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA VÝTVARNÝCH UMĚNÍ

FACULTY OF FINE ARTS

## ATELIÉR SOCHAŘSTVÍ 1

SCULPTURE STUDIO 1

## DIY TECHNOLOGIE V DIGITÁLNÍM SOCHAŘSTVÍ

DIY TECHNOLOGIES IN DIGITAL SCULPTURE

### DIZERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MgA. Dušan Váňa

### ŠKOLITEL

SUPERVISOR

prof. akad. soch. Michal Gabriel

BRNO 2020

VÁŇA, Dušan. *DIY technologie v digitálním sochařství*. Brno, 2020, 139 s. Disertační práce.  
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta výtvarných umění. Vedoucí práce Michal Gabriel.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně na základě uvedených zdrojů.

V \_\_\_\_\_ dne \_\_\_\_\_

## Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval prof. akad. soch. Michalu Gabrielovi za vedení této práce, doc. Mgr. Tomáši Medkovi a 3D studiu FaVU VUT v Brně za zázemí a možnost realizace prvních praktických výstupů, MgA. Martinu Králíkovi za podnětné konzultace a pomoc při realizaci vybraných digitálních technologií a zejména mojí partnerce Monice Horčicové a synovi Štěpánovi za trpělivost a prostor, který poskytli mojí výzkumné činnosti.

## Anotace

Tato disertační práce se zaměřuje na pátrání po přítomnosti technologií DIY (Do It Yourself) v praxi tzv. digitálního sochařství, a to od počátků tohoto progresivního způsobu tvorby až po současnost. Práce prostřednictvím tří tematických okruhů odpovídá na hlavní výzkumné otázky: Jakými technologiemi je, nebo byl fenomén DIY zastoupen v digitálním sochařství? Jaký měly a mají tyto technologie vliv na vývoj a směřování digitálního sochařství? V rámci prvního tematického okruhu je mapována přítomnost fenoménu DIY v počátcích digitální tvorby prostorového uměleckého díla až do okamžiku konstituování pojmu digitální sochařství, coby označení tohoto nového způsobu tvorby. Druhý okruh se věnuje konkrétním technologiím digitálního sochařství, ve smyslu technických nástrojů a jejich DIY alternativám. Zkoumán je vývoj těchto alternativních technologií a jejich vliv na postupnou demokratizaci nástrojů digitálního sochařství. V rámci třetího okruhu jsou zkoumány tvůrčí metody DIY, jež byly integrovány do praxe digitálního sochařství.

## Abstract

This dissertation thesis is focused on the search for the presence of DIY (Do It Yourself) technologies in the practice of digital sculpting, from the beginnings of this progressive way of creation to the present. The work, through three thematic areas, answers the main research questions: What kind of technology is or has the DIY phenomenon been represented in digital sculpture? How have these technologies influenced and are influencing the development and direction of digital sculpture? Within the first thematic area, the presence of the DIY phenomenon in the beginnings of digital creation of a spatial work of art is mapped until the moment of constituting the concept of Digital Sculpture, as a designation of this new way of creation. The second area deals with specific technologies of digital sculpture, in terms of technical tools and their DIY alternatives. The development of these alternative technologies and their influence on the gradual democratization of digital sculpture tools is investigated. The third area examines the creative methods of DIY, which have been integrated into the practice of digital sculpture.

#### Klíčová slova

sochařství, digitální sochařství, DIY, Do It Yourself, kutilství, 3D digitální technologie, amatér, historie, počátky, nástroj, 3D tiskárna, 3D skener, 3D software, virtuální realita, modelová banka, metoda, postprodukce, apropriace, subverze, remix, sampl, sdílená tvorba, sdílená produkce, publikovaná socha, originál

#### Keywords

sculpture, digital sculpture, DIY, Do It Yourself, 3D digital technology, amateur, history, beginnings, tool, 3D printer, 3D scanner, 3D software, virtual reality, bank of models, method, postproduction, appropriation, subversion, remix, sample, shared creation, shared production, published sculpture, original

## Obsah

1. Úvod .....	3
1.1 Východiska a cíle .....	3
1.2 Metody výzkumu .....	6
1.3 Současný stav poznání.....	8
2. Počátky digitálního sochařství.....	11
2.1 Obrazová příloha .....	20
3. Nástroje digitálního sochařství.....	28
3.1 Open hardware.....	28
3.2 3D Tisk .....	33
3.3 Software 3D modelování .....	39
3.4 3D skener.....	45
3.5 Databáze 3D modelů .....	49
3.6 Virtuální a rozšířená realita .....	53
4. DIY Metody v digitálním sochařství.....	58
4.1 Sochařství postprodukce .....	58
4.1.1 Metoda apropriace.....	61
4.1.2 Metoda subverze.....	64
4.1.3 Metoda remixu .....	67
4.1.4 Metoda samplingu.....	70
4.2 Sdílená sochařská tvorba.....	74
4.2.1 Proměna konzumenta .....	75
4.3 Sdílená produkce sochařského díla .....	78
4.3.1 Sdílený 3D tisk .....	80
4.3.2 Publikovaná socha .....	82
4.3.3 Datově publikovaná socha .....	85
4.4 Obrazová příloha .....	87
5. Závěr.....	97
5.1 DIY sochařství .....	97
5.2 Shrnutí výsledků .....	99
5.3 Epilog .....	100
6. Seznam použitých zdrojů.....	101
8. Praktická část disertační práce .....	114
8.1 Nástroje digitálního sochařství.....	115

8.2 DIY metody v digitálním sochařství .....	120
8.2.1 DIY nápodoba strojové materializace.....	120
8.2.2 Sochařská postprodukce .....	121
8.3 Obrazová příloha .....	125



# 1. Úvod

## 1.1 Východiska a cíle

Před více než padesáti lety se v sochařství objevil zcela nový způsob tvorby. Tento způsob spočíval v průkopnickém užití digitálních technologií při realizaci sochařského díla. Zpočátku byly tyto počiny vnímány ve světě umění jako futuristické, technologické výstřelky, režírované několika málo osobnostmi. Později, s narůstajícím využitím těchto technologií, kdy již byl jejich přínos k sochařské tvorbě zřejmý, získal proces digitálního navrhování a materializace sochařských děl své označení jako digitální sochařství. Digitální technologie však stále představovaly pro většinu umělců/sochařů velice nedostupný a spíše luxusní, než aktivně využívaný, nástroj tvorby. Na počátku milénia se představa plné integrace digitálních technologií do běžné sochařské praxe jevila jako vzdálená realitě blízké budoucnosti. V poslední dekádě jsme však, oproti všem očekáváním, svědky překvapivého obecného rozšíření 3D digitálních technologií. Nacházíme se ve zlomovém období, kdy jejich užití v sochařství přestává být něčím novým a výjimečným, kdy se tyto technologie stávají široce dostupnými, a tedy i rozšířenými a hojně využívanými. Digitální sochařství je stále vnímáno jako nový a progresivní proud sochařství, na druhé straně, díky usnadnění tvorby a značnému podílu strojové práce v procesu vzniku uměleckého díla, je mnohdy rozporuplně přijímáno částí publika, odborné veřejnosti, a dokonce i sochařů samotných.

Pojem „Do It Yourself“ (DIY) je většinou společností vnímán jen jako označení činnosti, při níž jednotlivec vytváří produkty svépomocí, bez profesionální podpory. V případě takto zúženého významu by DIY mohlo být snadno zaměněno (a často bývá) s českým pojmem kutilství. DIY však označuje druh kultury, pro kterou je, vedle dobrovolné skromnosti a odmítání principů mainstreamového konzumerizmu, charakteristická snaha po soběstačnosti, nezávislosti a kolektivním sdílení informací. DIY je založeno na premise, že pakliže jsou k dispozici potřebné informace a návody, může kdokoliv, v závislosti na svých schopnostech, dosáhnout profesionálních výsledků v předmětu své činnosti / tvorby. DIY je životní postoj.

Jako aktivní umělec – sochař jsem vždy hledal nejvhodnější dostupné prostředky k uskutečnění vlastních projektů, k realizaci svých sochařských děl. Na Fakultě výtvarných umění Vysokého učení technického v Brně (dále jen FaVU) jsem se, v rámci svého magisterského studia seznámil, s technologiemi digitálního sochařství, které se postupně staly nepostradatelnou součástí procesu mé vlastní tvorby. Narážel jsem však na všudypřítomnou bariéru nedostupnosti těchto technologií, ať už ve smyslu ceny originálních materiálů užívaných v profesionálních 3D tiskárnách, které jsme měli na FaVU k dispozici, nebo jen omezujícího čekání ve frontě na neustále vytižené stroje. Palčivou pro mě byla i otázka budoucnosti, tedy jak budu moci aktivně využívat tyto technologie po ukončení studia? Pakliže má finanční situace znemožňovala zakoupení alespoň základních standardních nástrojů digitálního sochařství / 3D technologií, ukazovala se cesta domácí výroby těchto nástrojů jako jediná možná.

Fenomén DIY pro mě tedy na počátku výzkumu představoval zejména prostředek k realizaci vlastní tvorby. Svůj výzkum jsem zaměřoval na sumarizaci, analýzu a praktické ověřování DIY technologií ve smyslu nástrojů / technických zařízení digitálního sochařství, tedy nástrojů vyráběných zcela svépomocí, nebo svépomocným přizpůsobením jiných technických zařízení.

S prohlubujícími se znalostmi zkoumaného tématu se však postupně začala odkrývat přítomnost fenoménu DIY i v dalších podstatných aspektech digitálního sochařství. Rozhodl jsem se tedy téma práce rozšířit o mapování přítomnosti DIY v historii digitálního sochařství a zároveň o další významy pojmu technologie, o metody a systémy, které vychází z fenoménu DIY a jsou užívané v procesu digitální tvorby sochařského díla. Důležitým faktorem pro rozšíření vnímání tématu práce byla i relativně náhlá a nečekaná obecná dostupnost základních 3D digitálních technických zařízení na trhu. Původní úzce zaměřený výzkum v mých očích již přestával být dostatečně nosným tématem. Vedle DIY technických zařízení jsem tedy nově pátral i po přítomnosti a projevech fenoménu DIY v praxi digitálního sochařství od jeho počátků až do současnosti.

Základní badatelské otázky výzkumu jsem definoval následovně:

Jakými technologiemi je/byl fenomén DIY zastoupen v digitálním sochařství?

Jaký měly a mají tyto technologie vliv na vývoj a směřování digitálního sochařství?

Celý výzkum jsem pro přehlednost rozdělil do třech hlavních okruhů:

1/ Počátky digitálního sochařství. Tato část práce je věnována zejména průkopníkům digitální tvorby sochařského artefaktu v období pomyslně ohraničeném vznikem první digitální sochy na jeho počátku a konstituováním pojmu digitální sochařství, sloužícím coby označení specifické techniky vzniku sochařského díla, na jeho konci. V této části se snažím odpovědět na otázky přítomnosti fenoménu DIY v počátcích digitální tvorby fyzického prostorového uměleckého artefaktu, míry jeho zastoupení a vlivu na formování digitálního sochařství. Podstatný zájem je věnován i podmínkám aktivního využití potřebných digitálních technologií v soudobé umělecké praxi. To vše na pozadí vývoje základních digitálních 3D technologií.

2/ Nástroje digitálního sochařství. Zde vyhledávám a podrobuji analýze jednotlivé technologie digitálního sochařství ve smyslu výrobních technických zařízení / nástrojů tvorby, vytvořených, či adaptovaných pro potřeby komunity DIY, jako alternativy technologií profesionálních. Zkoumám zde, jaký vliv (důsledky) měly/mají tyto alternativní nástroje na současné podmínky vzniku digitálního sochařského artefaktu.

3/ DIY metody v digitálním sochařství. V rámci tohoto celku popisuji, analyzuji a pojmenovávám postupy vzešlé z fenoménu DIY, jež byly integrovány do procesu digitální tvorby, materializace a distribuce sochařského díla. Zkoumám zde, jaký vliv mají tyto metody a systémy na vývoj současného sochařství.

Tato práce si v souladu s akcentem fenoménu DIY klade za cíl být srozumitelnou nejen veřejnosti odborné ale i laické. Měla by napomoci sochařům, ať už profesionálním, nebo těm, kteří svá díla tvoří čistě pro vlastní potěšení, k lepší orientaci v praxi digitálního sochařství a usnadnit tak, pomocí DIY technologií, cestu k jejich vlastní tvorbě. V dlouhodobém horizontu by pak má práce měla sloužit budoucím výzkumníkům coby záznam o tomto, pro sochařství přelomovém, období.

## 1.2 Metody výzkumu

Umělecký výzkum klade důraz na propojení teorie s uměleckou praxí. Nárokuje tak propojení různých disciplín v rámci zpracování jediného tématu. V případě této práce se jedná o propojení vědy a umění, technických oborů se vztahem k vybraným technologiím a, díky aspektu DIY, i témat sociologie. Pro komplexní zpracování tématu práce jsem v jednotlivých, předem definovaných oddílech, aplikoval rozdílné vědecké metody.

V části práce, věnované přítomnosti fenoménu DIY v oblasti počátků digitálního sochařství, jsem nejdříve stanovil pomyslné hranice daného období. Ty jsem definoval vznikem prvního digitálního artefaktu na počátku a pojmenováním umělecké tvorby digitálního prostorového artefaktu jako digitální sochařství na jeho konci. Vlastní výzkum pak probíhal na základě studia dobových pramenů, ale také odborné literatury a internetových zdrojů vztahujících se k digitální tvorbě sochařského díla v tomto období, případně i webových publikací a osobních webových stránek jednotlivých autorů. Mnoho informací, relevantních pro oblast digitálního sochařství, jsem čerpal například z teoretických prací věnujících se, nikoliv tvorbě sochařského artefaktu, ale technickému vývoji, například z oblasti počítačem podporované výroby. Jelikož se v kontextu digitálního sochařství jedná o ne příliš dobře zdokumentované období, setkával jsem se s jistými úskalími výzkumu. Nalezené informace spadaly často do sféry vlivu prostředí, v němž autor dané publikace působil. Zejména v otázce vzniku první digitální sochy byly často informace neúplné ba přímo zavádějící. Toto informační zkreslení bylo (dle mého soudu) nezáměrné a bylo zapříčiněno dobovou izolovaností jednotlivých skupin autorů a z toho pramenící neznalostí existence dřívějších, či konkurenčních aplikací. Počítačová tvorba sochařského díla, dlouho (na rozdíl od počítačové grafiky, které se od roku 1974 věnoval pravidelný cyklus mezinárodních konferencí SIGGRAPH) nedisponovala institucí celosvětově sdružující jednotlivé umělce dané praxe. Výměna informací v dané oblasti tedy byla značně omezena. Z tohoto důvodu musely být získané informace často ověřovány z mnoha rozdílných zdrojů. Velkým problémem bylo i zjišťování detailních okolností a prostředků vzniku konkrétního artefaktu, nebo také profesní a probace jednotlivých autorů. Teprve po analýze získaných informací a jejich uspořádání se začal vyjevovat ucelený obraz historického vývoje digitálního sochařství na pozadí vývoje digitálních technologií.

Pro výzkum v oblasti nástrojů digitálního sochařství byla nejdříve definována základní sada technických nástrojů obvykle užívaných v praxi digitální tvorby sochařského artefaktu. Poté byly, zejména pomocí internetu, vyhledány jejich DIY alternativy. Vybrané nástroje digitální sochařské tvorby byly sestaveny, případně upraveny, v režimu DIY, a poté byly podrobeny praktickému testování, buď osobnímu, nebo prostřednictvím studentů Ateliéru sochařství 1 Fakulty výtvarných umění VUT, čímž byla potvrzena relevance takto vytvořených nástrojů pro sochařskou praxi. Jediný nástroj byl v průběhu výzkumu mezi ostatní přidán dodatečně. Během doktorského studia jsem se zapojil do řešení mezifakultního juniorského projektu vysokoškolského specifického výzkumu v oblasti virtuální a rozšířené reality. V rámci tohoto výzkumu vyšlo najevo, že ačkoliv dosud tyto technologie nejsou v digitálním

sochařství aktivně využívány, skýtají pro praxi značný potenciál. Zvláštní pozornost byla věnována i existenci online databází 3D modelů, které, ačkoliv se nejedná o technologii ve smyslu technického zařízení, umožňují specifické nakládání s již existujícími objemovými formami, pro další směřování této teoretické práce tedy byly zásadní. Informace potřebné k této části výzkumu, tedy, vzhledem k faktu, že je digitální tvorba artefaktu současné téma a technologie digitální tvorby zažívají svůj boom, již nebylo tak obtížné shromáždit. Zaměřil jsem se zejména na získávání informací a návodů prostřednictvím webu. Pro účely historického exkurzu za původem konkrétních technologií pak posloužila odborná literatura z oblasti daných technických zařízení.

Odlišný přístup k výzkumu byl zvolen v případě části práce věnované DIY metodám v digitálním sochařství. Při studiu teoretických prací zabývajících se fenoménem DIY jsem si povšiml zjevných analogií tvůrčích praktik digitálního sochařství s praktikami DIY zejména v oblasti hudební produkce a rozhodl jsem se tyto praktiky hlouběji prozkoumat. Na počátku této části práce tedy stála teze, kterou jsem se snažil prostřednictvím studia odborné literatury potvrdit, případně vyvrátit. V okamžiku, kdy byla (z mého pohledu) tato teze dostatečně potvrzena, pokusil jsem se jednotlivé tvůrčí metody, vzešlé z výzkumu, definovat, pojmenovat a dokladovat odpovídajícími uměleckými výstupy autorů digitálního sochařství.

### 1.3 Současný stav poznání

Digitálnímu sochařství, jako nosnému tématu, se již věnovala řada článků, knih a odborných publikací. Od devadesátých let minulého století se mu soustavně věnovaly ve svých člancích zejména organizace *Ars Mathematica* a *Computers and Sculpture Forum*. Jako velice přínosnou zahraniční vědeckou práci spatřuji například obsáhlou disertaci Johna Jamese Marshalla z roku 2008, *An exploration of Hybrid Art and Design Practice Using Computer-based Design and Fabrication Tools*,<sup>1</sup> která se sice praktikám digitálního sochařství věnuje pouze dílčím způsobem, avšak zasazuje tuto praxi do širšího uměleckohistorického kontextu. Jako jednu ze zásadních publikací, věnovaných digitální produkci prostorového artefaktu, vnímám knihu *Out of Hand: Materializing the Postdigital*,<sup>2</sup> jež vznikla v roce 2013, jako obsáhlý doprovodný katalog stejnojmenné výstavy v newyorském Museu of Arts and Design. Tato publikace, redigovaná Ronaldem T. Labacem, představila přehled osmdesáti významných autorů napříč obory, jako je umění, architektura a design, kteří ke svému vyjádření využívají „pokročilé metody výroby podporované počítačem“, čímž do značné míry shrnula stav dané praxe prvního desetiletí tohoto milénia, tedy období před masovým rozšířením dostupných a DIY digitálních technologií. V souvislosti s celosvětovým boomem 3D tisku pak vznikla i řada handbooků a jiných populárně naučných knih, které v jisté míře tvorbu digitálního sochařského artefaktu tematizují.

V českém a slovenském prostředí se tímto tématem jako první, na vědecké úrovni, zabývala Helena Lukášová ve své disertační práci s názvem *Digitální sochařství*.<sup>3</sup> Helena Lukášová v této komplexní práci z roku 2009, vedle analýzy vztahu digitálního sochařství k novým médiím a dopadů toho nového způsobu tvorby na sochařství samotné, představila základní principy a postupy digitálního sochařství, dokladované pracemi řady autorů využívajících tohoto specifického způsobu tvorby. Brzy následovaly další teoretické práce, které se ve větší, či menší míře dotýkaly daného tématu. Byli jimi: magisterská diplomová práce *Polygon v sochařství* (2013) Adama Krhánka,<sup>4</sup> magisterská diplomová práce *3D tisk jako umění* (2014) Pavla Směřičky,<sup>5</sup> disertační práce *Komparace modelování v reálném a*

---

<sup>1</sup> MARSHALL, John James. *An Exploration Of Hybrid Art And Design Practice Using Computer-Based Design And Fabrication Tools* [online]. Aberdeen, 2008 [cit. 2018-07-08]. Dostupné z: <https://rgu-repository.worktribe.com/output/247864/an-exploration-of-hybrid-art-and-design-practice-using-computer-based-design-and-fabrication-tools>. Disertace. The Robert Gordon University.

<sup>2</sup> LABACO, Ronald T., ed. *Out of Hand: Materializing the Postdigital*. London: Black Dog Publishing, 2013. ISBN 978-1-908966-23-0.

<sup>3</sup> LUKÁŠOVÁ, Helena. *Digitální sochařství* [online]. Bratislava, 2009 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/16583484-Digitalni-socharstvi.html>. Disertace. Vysoká škola výtvarných umění v Bratislavě, Katedra sochařství. Vedoucí práce Ladislav Čárný.

<sup>4</sup> KRHÁNEK, Adam. *Polygon v sochařství* [online]. Brno, 2013 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: [http://files.adamkrhanek.webnode.cz/200002275-d2da2d3ced/AK\\_PolygonSA.pdf](http://files.adamkrhanek.webnode.cz/200002275-d2da2d3ced/AK_PolygonSA.pdf). Magisterská diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta výtvarných umění. Vedoucí práce Jan Sedlák.

<sup>5</sup> SMĚŘIČKA, Jan. *3D tisk jako umění* [online]. Brno, 2014 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/ku1vk/>. Magisterská diplomová práce. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta. Vedoucí práce Jana Horáková.

*imaginativním 3D prostoru* (2014) Davida Medka,<sup>6</sup> disertační práce *Využití 3D technologií ve veřejném prostoru* (2016) Jana Šebánka,<sup>7</sup> nebo bakalářská diplomová práce *Vliv 3D technologií na současnou sochařskou produkci na příkladu tvorby Michala Gabriela* (2017) Lucie Pangráčové.<sup>8</sup>

Fenoménu DIY, jelikož se jedná o velice široký pojem zasahující do mnoha odvětví lidské činnosti, se věnuje v různých kontextech podstatně širší spektrum světové literatury. Jako velice přínosnou pro orientaci v tématu vnímám například knihu editovanou Amber Day z roku 2016, *DIY Utopia Cultural Imagination and the Remaking of the Possible*,<sup>9</sup> v níž skupina autorů rozebírá základní principy a funkce fenoménu DIY a jeho kulturně společenské přesahy.

V českém prostředí byl, s odkazem na praxi z dob totality, tematizován zejména fenomén kutilství, který je DIY příbuzný a v mnoha ohledech zaměnitelný, avšak ve svém obsahu je oproti DIY značně redukován. Přesto i zde vzniklo několik prací, které se tématem DIY v rozdílné míře, zabývají. Základní koncepce, charakteristické znaky a kulturně sociální kontexty funkcí tohoto fenoménu shrnula ve své magisterské diplomové práci Fenomén „Do It Yourself“ a jeho pojetí v kulturně *sociologickém kontextu* (2014), Veronika Stojanovová.<sup>10</sup> Ostatní práce, jako například *DIY or Die! Proměny českých a slovenských hardcore-punkových scén a fanzinů od 90. let 20. století do současnosti* (2016), Jiřího Almera,<sup>11</sup> již zkoumají dílčí komunitní projevy tohoto fenoménu. Jako práci, která se fenoménu DIY věnuje jen okrajově, kterou však (nejen pro blízkost s mým vlastním předmětem výzkumu) považuji za velice hodnotnou, je disertace Michala Cába, *Pure Data – Rukověť postdigitálního umělce* (2014).<sup>12</sup>

---

<sup>6</sup> MEDEK, David. *Komparace modelování v reálném a imaginativním 3D prostoru* [online]. Brno, 2014 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/2hatlj/>. Disertace. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Hana Stehlíková Babyrádová.

<sup>7</sup> ŠEBÁNEK, Jan. *Využití 3D technologií ve veřejném prostoru* [online]. Brno, 2016 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=123122](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=123122). Disertace. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta výtvarných umění. Vedoucí práce Michal Gabriel.

<sup>8</sup> PANGRÁCOVÁ, Lucie. *Vliv 3D technologií na současnou sochařskou produkci na příkladu tvorby Michala Gabriela* [online]. Brno, 2017 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/wf511/>. Bakalářská diplomová práce. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta. Vedoucí práce Viktor Pantůček.

<sup>9</sup> DAY, Amber, ed. *DIY Utopia: Cultural Imagination and the Remaking of the Possible*. Lexington Books, 2016. ISBN 978-1498523882.

<sup>10</sup> STOJANOVOVÁ, Veronika. *Fenomén „Do It Yourself“ a jeho pojetí v kulturněsocioekologickém kontextu*. Praha, 2014. Magisterská diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Filozofická fakulta. Vedoucí práce Marie Fulková.

<sup>11</sup> ALMER, Jiří. *DIY or Die! Proměny českých a slovenských hardcore-punkových scén a fanzinů od 90. let 20. století do současnosti. HISTORICKÁ SOCIOLOGIE* [online]. 2017, 2016(2), 113-137 [cit. 2020-07-17]. DOI: 10.14712/23363525.2016.12. ISSN 2336-3525. Dostupné z: <http://www.karolinum.cz/doi/10.14712/23363525.2016.12>

<sup>12</sup> CÁB, Michal. *Pure Data Rukověť postdigitálního umělce: Rukověť postdigitálního umělce ver. 0.1a* [online]. Praha, 2014 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: [https://monoskop.org/images/2/29/Cab\\_Michal\\_Pure\\_Data\\_rukovet\\_postdigitalniho\\_umelce\\_2014.pdf](https://monoskop.org/images/2/29/Cab_Michal_Pure_Data_rukovet_postdigitalniho_umelce_2014.pdf). Disertace. Akademie výtvarných umění v Praze. Vedoucí práce Tomáš Vaněk.

Velkým zdrojem inspirace pro směřování výzkumu bylo i, dnes již legendární, dvojčíslo *Revue Labyrint* z roku 2006, *DIY/Udělej to sám*.<sup>13</sup>

Z výše popsaných informací lze usuzovat, že jsou jak digitální sochařství, tak fenomén DIY, jako témata, poměrně dobře zpracovány. Jedinečnost teoretické práce *DIY v digitálním sochařství* však tkví v propojení těchto výzkumných oblastí, tedy v nahlížení digitálního sochařství optikou fenoménu DIY. Přestože některé populárně naučné publikace dílčím způsobem obě témata propojují (zejména s ohledem na současný boom digitálních technologií a široký zájem makerské komunity), neznám žádnou teoretickou práci, která by komplexně zkoumala přítomnost fenoménu DIY, jeho vliv a důsledky v oblasti digitálního sochařství.

---

<sup>13</sup> *Revue Labyrint: DIY / Udělej to sám*. 2006. Praha: Labyrint, 2006. ISSN 1210-6887.



## 2. Počátky digitálního sochařství

*„Každá disciplína, každý obor zpočátku začínal jako DIY. Náplň, prostředky a hranice nového oboru jsou teprve objevovány.“*<sup>14</sup>

Vznik prostorového digitálního artefaktu, tedy takového, který je vytvořen virtuálně v počítači, a následně zhmotněn za pomoci digitálních technologií, se obecně datuje do konce padesátých a počátku šedesátých let minulého století. Je paradoxní, že o několik let dříve než artefakt virtuální (3D model), vznikl díky digitálním technologiím artefakt fyzický. Ten byl vytvořen pomocí číslicově ovládaného frézovacího stroje, na jehož vývoji spolupracovali na Wright-Pattersonově letecké základně od roku 1957: Aircraft Industries Association (AIA), Air Material Command a Massachusetts Institut of Technology (MIT). V roce 1959, konkrétně 25. února byly na této základně, představeny výsledky vývoje prvního počítačově řízeného NC (numerical controled) zařízení, tehdy nazýváno jako projekt APT (automatically programmed tool). Mezi výsledky byl představen i 3D frézovaný popelník z hliníku (byl tehdy rozdáván spolu s propagačními materiály jako ukázka výrobních možností této nové technologie).<sup>15</sup> Virtuálním předobrazem prvního digitálně materializovaného artefaktu byl však souhrn číslic definujících dráhu stroje, nikoliv model reprezentovaný iluzivním 3D objemem na monitoru počítače.<sup>16</sup>

Vznik virtuálního 3D modelu, v podobě, kterou známe dodnes, se datuje až do roku 1963, kdy tým z MIT sestávající z Ivana Sutherlanda (základní 2D verze programu), Timothy E. Johnsona (3D verze programu) a Lawrence G. Robertse (3D solid – skryté zadní linie objektu) představil na Spring Joint Computer Conference v Detroitu první CAD program (computer aided design) – s názvem Sketchpad, – základ budoucích systémů pro práci s digitálními geometrickými objekty ve virtuálním 3D prostoru.<sup>17</sup>

Vznik první digitální sochy můžeme s jistotou zařadit do poloviny šedesátých let minulého století v USA. Umělcem, který jako první aplikoval digitální technologie na tvorbu svého sochařského díla, byl rodák z amerického Massachusetts – Alfred Milton Duca (1920–1997). Tento umělec se na počátku své kariéry věnoval zejména malbě, později, od sklonku padesátých do sedmdesátých let minulého století, se soustředil na tvorbu sochařskou, aby se následně v letech osmdesátých mohl opět vrátit k malířství. Duca je, vedle své umělecké tvorby, znám svým experimentováním s technikami produkce malby a sochy, které vyústilo ve vynálezy několika, dodnes široce užívaných, inovací. Tomuto umělci

---

<sup>14</sup> MÜLLER, Ondřej a Vít HAŠKOVEC. Sestroj si sám: časopis pro kulturu. Revue Labyrint. Praha: Labyrint, 2006, 2006(19-20), s. 8–10. ISSN 1210-6887.

<sup>15</sup> MIT Science Reporter – „Automatically Programed Tools“ (1959). In: Youtube [online]. [cit. 2016-07-27]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=ob9NV8mmm20>

<sup>16</sup> ROSS, Douglas T. Origins of the APT language for automatically programmed tools. *ACM SIGPLAN Notices* [online]. 1978, 13(8), 61-99 [cit. 2016-01-03]. DOI: 10.1145/960118.808374. ISSN 03621340. Dostupné z: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=960118.808374>

<sup>17</sup> Ibid.

je připisován například vynález polymerní tempéry (1944), předchůdce dnešních akrylových barev, nebo postup odlévání kovových soch technikou „na ztracený pěnový polystyren“ (1959).<sup>18</sup>

Vedle těchto průkopnických počinů se svojí sochou *The Computer Sphere* zapsal i do dějin digitálního sochařství. Důležitým předpokladem vzniku tohoto díla byl fakt, že se Duca stal v roce 1959 členem, již zmiňovaného, Massachusettského institutu technologií (MIT), kde za podpory Fordovy nadace a grantů Rockefellerova centra pracoval na nových postupech tvorby kovové sochy.<sup>19</sup> Jedině díky spolupráci s programátory MIT, díky technologickému zázemí této instituce a dostatku prostředků, mohl Duca své dílo realizovat. Socha *The Computer Sphere* byla vytvořena na základě přesných instrukcí pro ovládání číslicově řízeného stroje, který následně vyřezal jednotlivé vrstvy (zoubkované prstence) budoucího objektu přímo z plátů Cortenové oceli. Alfred Duca tak, po svaření osmdesáti dílů sochy o celkové hmotnosti tří tun a osazení tohoto, přes dva a půl metru vysokého, objektu před JFK Post Office Building v americkém Bostonu, vytvořil v roce 1965 vůbec první digitální sochu, která byla zároveň na dlouhou dobu jedinou digitální sochařskou realizací ve veřejném prostoru.<sup>20</sup>

Významným pionýrem počítačové grafiky, který se jediným dílem nesmazatelně zapsal i do dějin digitálního sochařství je Charles Csuri (1922). Tento americký umělec studoval mezi lety 1943–1945 strojírenství na Newark College of Engineering, a následně i umění na Ohio State University, kde se po získání magisterského titulu v roce 1948 stal, na několik dalších desetiletí, členem fakulty.<sup>21</sup> V rámci své umělecké tvorby se Csuri až do šedesátých let minulého století věnoval výhradně „tradičnímu malířství“.<sup>22</sup> Svě experimentování v oblasti digitální grafiky započal Csuri v roce 1964. V roce 1967 dokončil své dva první digitálně animované filmy: *Humingbird* a *Frog*, které mu vynesly například

---

<sup>18</sup> Alfred M. Duca Papers. *CAPE ANN Museum* [online]. [cit. 2020-07-18]. Dostupné z: [https://www.capeannmuseum.org/media/library\\_and\\_archives\\_finding\\_aids/17\\_-\\_alfred\\_m.\\_duca\\_papers\\_finding\\_aid.pdf](https://www.capeannmuseum.org/media/library_and_archives_finding_aids/17_-_alfred_m._duca_papers_finding_aid.pdf)

- Pegasus. In: *DeCordova* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://decordova.org/art/sculpture-park/pegasus>

<sup>19</sup> Alfred M. Duca Papers. *CAPE ANN Museum* [online]. [cit. 2020-07-18]. Dostupné z: [https://www.capeannmuseum.org/media/library\\_and\\_archives\\_finding\\_aids/17\\_-\\_alfred\\_m.\\_duca\\_papers\\_finding\\_aid.pdf](https://www.capeannmuseum.org/media/library_and_archives_finding_aids/17_-_alfred_m._duca_papers_finding_aid.pdf)

<sup>20</sup> *Computersphere*, (sculpture). *Smithsonian Institution* [online]. Smithsonian, c2016 [cit. 2016-07-27]. Dostupné z: [https://collections.si.edu/search/results.htm?q=record\\_ID:siris\\_ari\\_299639](https://collections.si.edu/search/results.htm?q=record_ID:siris_ari_299639)  
- *Facsimile: Automated Carving In Steel* [online]. 2. Haoyan of America, 2008 [cit. 2016-07-27]. ISSN 1937-2116. Dostupné z: <http://facsimilemagazine.com/2008/01/>

<sup>21</sup> Charles A. Csuri. In: *ZKM: Center for Art and Media Karlsruhe* [online]. Karlsruhe, 2010 [cit. 2019-07-22]. Dostupné z: <https://zkm.de/en/person/charles-a-csuri>  
- 2011 Distinguished Artist Award: Charles Csuri. *Siggraph* [online]. ACM SIGGRAPH, c2020 [cit. 2019-07-22]. Dostupné z: <https://www.siggraph.org/2011-distinguished-artist-award-charles-csuri/>

<sup>22</sup> CSURI, Charles. *Tactile-Kinesthesia*. *Csurivision: The Art & Ideas of Charles Csuri* [online]. Csurivision, 2012 [cit. 2019-07-27]. Dostupné z: <http://www.csurivision.com/index.php/2012/02/tactile-kinesthesia/#more-478>  
- CSURI, Charles. *Early Computer Art*. *Csurivision: The Art & Ideas of Charles Csuri* [online]. Csurivision, 2008 [cit. 2019-07-27]. Dostupné z: <http://www.csurivision.com/index.php/2008/12/early-computer-art/#more-382>

cenu za animaci na čtvrtém Mezinárodním festivalu experimentálního filmu v Bruselu.<sup>23</sup> Za pozornost stojí i jeho účast na kultovní výstavě *Computer graphic* jež se pod kurátorským dohledem Jiřího Valocha uskutečnila v roce 1968 v Domě umění města Brna. První 3D frézovaná digitální socha s názvem *Numeric Milling*<sup>24</sup> (v některých pramenech je tato socha nazývána *Ridges Over Time*<sup>25</sup>) z roku 1968, vzešla ze spolupráce Charlese Csuriho a jeho kolegy z Výzkumné skupiny počítačové grafiky na Ohio State University, matematika Leslieho Millera. Csuri přišel s nápadem realizace prostorového objektu za pomoci číslicově ovládané frézy, Miller následně vytvořil na počítači IBM 7094 kód využívající Besselovy funkce ke generování prostorové topologie, Csuri pak změnami parametrů tvaroval dílo až do výsledné podoby. Poté autor předal potřebné instrukce na děrných štítcích „lokální společnosti“ vlastníci číslicově ovládanou tříosou frézu, která „ze zvědavosti“ pomohla projekt realizovat. Csuriho topologie mohla být z bloku dřeva vyfrézována jako zcela hladká, autor se však z estetických důvodů rozhodl pro větší rozestupy mezi jednotlivými frézovacími drahami, čímž využil charakteristickou stopu nástroje jako dekorativní prvek díla. Charles Csuri, pro nedostatek prostředků, již další pokusy na poli digitálního sochařství nepodnikl.<sup>26</sup>

Průvodním jevem nově vznikajícího digitálního sochařství byla obecná nedostupnost 3D digitálních technologií. Spolupráce s průmyslovou, výzkumnou nebo vzdělávací institucí, vlastníci potřebné technologie, byla až do začátku nového milénia jediným způsobem, jak mohl umělec vytvořit digitální sochařské dílo. Jednou z možností realizace takového díla bylo zaměstnání v instituci, kde byl přístup k potřebným technologiím zcela přirozený, vyplýval z náplně práce. Není proto divu, že se mnozí z prvních digitálních sochařů etablovali právě z řad zaměstnanců institucí vlastníci 3D digitální technologie. Již zmiňovaný Alfred Duca se stal prvním sochařem, který mohl využít digitální technologie k tvorbě svého díla, právě díky možnostem a pomoci MIT, tedy výzkumného institutu, u kterého byl zaměstnán. Stejně tak Charles Csuri využíval technologického a odborného zázemí Ohio State University.

Práce s digitálními technologiemi v rámci zaměstnání vedly i k tvorbě dalších raných digitálních sochařských děl. Ta vznikala konkrétně na číslicově ovládaných frézách v oddělení

---

<sup>23</sup> Biography. *Csuriproject* [online]. Ohio: Ohio State University [cit. 2019-07-22]. Dostupné z:

<https://csuriproject.osu.edu/index.php/About/biography>

- SITO, Tom. *Moving Innovation: A History of Computer Animation*. Reprint ed. The MIT Press, 2015, s. 32. ISBN 978-0262528405.

<sup>24</sup> Numeric Milling: Database of Digital Art. In: *Compart: Center of excellence digital art* [online]. Bremen: University of Bremen, 2011 [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: <http://dada.compart-bremen.de/item/artwork/1155>

<sup>25</sup> Charles Csuri: Sculpture Graphic, 1968. In: *Digital Arts Community: Featured Digital Artists* [online]. ACM SIGGRAPH, c2020 [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: <http://siggrapharts.hosting.acm.org/wp/charles-csuri/artworks/digital-plotting/#>

<sup>26</sup> CSURI, Charles. Cubic Space. *Csurivision: The Art & Ideas of Charles Csuri* [online]. Csurivision, c2020 [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: <http://www.csurivision.com/index.php/tag/art-history/>

- ROSEN, Margit, GLOWSKI, Janice, ed. *Charles A. Csuri: Beyond Boundaries, 1963 – present*. Boston: SIGGRAPH, 2006, s. 46. ISBN 978-0978727505.

- Detail. *Csuriproject* [online]. Ohio: Ohio State University [cit. 2019-07-22]. Dostupné z: <https://csuriproject.osu.edu/index.php/Detail/objects/768>

prototypu francouzské automobilky Renault. Pracoval zde, a později toto oddělení i vedl, inženýr Pierre Étien Bézier (1910–1999), pod jehož dozorem vznikla převratná myšlenka, či vynález, v podobě parametricky konstruované křivky, dnes známé jako tzv. Bézierova křivka. Jedná se o parametricky definovanou křivku, jejíž tvar je určován řídícími polygony – lomenou čarou. Ve své podstatě jde o matematickou prostorovou interpretaci klasické provázkové konstrukce křivky. Prvním vynálezcem takto konstruované křivky byl francouzský fyzik a matematik Paul de Casteljau (toho času působící v automobilce Citroën), své jméno však křivka dostala právě po Pierru Bézierovi, který stejný princip vymyslel (údajně nezávisle na Casteljaui) o něco později, ale jako první v roce 1962 publikoval výsledky práce s tímto matematickým modelem.<sup>27</sup> Bézierova křivka je dodnes nejpopulárnější aproximační křivkou počítačové grafiky. Takto definovaná křivka poprvé umožnila počítačovou konstrukci hladkých zaoblených tvarů a tím i tvorbu do té doby nemyslitelného designu. První abstraktní sochařská díla vznikala mezi léty 1968 až 1970 na frézách automobilky Renault, programovaných děrnými štítky, původně jen jako zkoušky technologie a pro „potěchu oka“, později však již byly navrhovány plnohodnotné artefakty. Pierre Bézier pojmenoval takto vzniklá díla termínem *La sculpture assistée par ordinateur*, tedy Počítačově podporovaná socha.<sup>28</sup> Inženýři firmy Renault (jmenovitě jsou známi Henri Lagrange a Daniel Vernet)<sup>29</sup> tak sami pracovali na tvorbě digitálního nástroje (nebo alespoň jeho podstatné části), pod jehož vlivem a díky kterému se z nich stali jedni z prvních digitálních sochařů.

Ve druhé polovině šedesátých let podniká první pokusy na poli digitálního sochařství i německý umělec Georg Nees (1926–2016). Nees studoval mezi léty 1945–1951 matematiku a fyziku na univerzitě v Erlangenu a od roku 1964 i filozofii na univerzitě ve Stuttgartu, kde v roce 1969 obájil doktorský titul na téma *Generativní počítačová grafika*. Současně pracoval pro společnost Siemens jako softwarový inženýr, kde měl možnost využívat kreslicí stroj Zuse Graphomat, ovládaný počítačově generovanými děrnými páskami. Své digitální grafiky, poprvé vystavil už v roce 1965 v galerii Technische Hochschule ve Stuttgartu. O něco později, v rámci své disertační práce, vytvořil i několik frézovaných abstraktních sochařských objektů ze dřeva a hliníku. Nees na počítači Siemens 4004 generoval číselné hodnoty pro šířku, výšku a hloubku čtvercových segmentů budoucího díla. Poté kód uložil na magnetickou pásku, na základě které, byl ovládán frézovací stroj. Některé z těchto soch byly poprvé vystaveny na Bienále v Benátkách 1969. Georg Nees se stal jedním z průkopníků digitálního sochařství a jeho aktivity na poli digitální grafiky jej řadí mezi zakladatele samotného počítačového

---

<sup>27</sup> NOVIN, Guity. Guity Novin's A History of Graphic Design: Chapter 66: Bézier Curves for digital Typography and CAGD. *Guity Novin: blogspot* [online]. Novin, 2016 [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <http://guity-novin.blogspot.com/2013/04/chapter-66-bezier-curves-for-digital.html>

<sup>28</sup> LAVIGNE, Christian, Marie-Paule JICCIO a Robert Michael SMITH. *La sculpture numerique*. *Computer Arts* [online]. United Kingdom: Future Publishing, 1998, 1998, (4) [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://www.sculpture.org/documents/webspec/magazine/wsenglis.shtml>

<sup>29</sup> Pierre Bézier (+ H. Lagrange + D. Vernet). *Ars Mathematica* [online]. [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://reg.arsmathematica.org/PHP/pageartiste.php?artiste=69>

umění. Tvorbě sochařských objektů se však pro náročnost celého procesu nadále nevěnoval.<sup>30</sup>

Je jisté, že první digitální sochy vznikaly jako důsledek zkoumání možností aplikace počítačových technologií.<sup>31</sup> V případě inženýrů firmy Renault, Georga Neese a dalších průkopníků digitálního sochařství, kteří byli, nebo budou v této kapitole představeni, si však můžeme povšimnout i přítomnosti fenoménu DIY. 3D digitální technologie svádějí (od svých počátků) experty v oboru: inženýry, konstruktéry, matematiky, v některých případech malíře a grafiky, vždy však původně nesochaře, k tvorbě sochařského artefaktu. Pakliže definujeme DIY jako absenci odbornosti v předmětu dané činnosti<sup>32</sup> (v našem případě sochařské tvorby), pak můžeme dojít k závěru, že digitální technologie už v počátcích digitálního sochařství umožňovaly DIY sochařskou tvorbu. Digitální sochařství daného období tedy bylo, svým způsobem technologií DIY sochařů, díky které se někteří z nich následně etablovali coby sochaři profesionální. Tento trend se bude s rostoucí dostupností 3D digitálních technologií nadále stupňovat.

Na tomto místě cítím potřebu osobního vymezení: Jestliže v této teoretické práci zmiňuji, že konkrétní digitální sochař není absolventem studia umění, či přímo sochařství, pak je to pouze pro potřeby zdůraznění tohoto aspektu DIY v rámci tématu výzkumu. Tento fakt, z mého pohledu, v žádném případě neznamena automatické snížení umělecké úrovně díla. Tito sochaři, nezatížení konvencemi klasických sochařských postupů, v mnoha aspektech předčili své současníky z řad sochařů školených.

Jiná podoba fenoménu DIY v počátcích digitálního sochařství byla způsobena zmiňovanou nedostupností digitálních technologií. V případě, že se sochaři podařilo vytvořit své dílo ve virtuální podobě, avšak neměl možnost jej materializovat potřebnými digitálními technologiemi, musel se uchýlit k materializaci alternativní cestou, materializaci vlastnoručně. Jednalo se tedy o jistou kutilskou náhradu výstupu digitálně řízeného stroje. Tento způsob práce využili ve své tvorbě další z průkopníků digitálního sochařství, americký umělec Robert Mallery (1917–1997) a španělský umělec José Luis Alexanco (1942).

---

<sup>30</sup> LAVIGNE, Christian, Marie-Paule Jiccio JICCIO a Robert Michael SMITH. La sculpture numerique. *Computer Arts* [online]. United Kingdom: Future Publishing, 1998, 1998, (4) [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://www.sculpture.org/documents/webspec/magazine/wsenglis.shtml>

- DIETRICH, Frank. Projekt Muse. Leonardo: Visual Intelligence: The First Decade of Computer Art (1965–1975) [online]. The MIT Press, 1986, 19(2), 159-169 [cit. 2016-07-28]. ISSN 1530-9282. Dostupné z: <https://muse.jhu.edu/article/600927/pdf>

<sup>31</sup> MARSHALL, John James. *An Exploration Of Hybrid Art And Design Practice Using Computer-Based Design And Fabrication Tools* [online]. Aberdeen, 2008 [cit. 2018-07-08]. Dostupné z: <https://rgu-repository.worktribe.com/output/247864/an-exploration-of-hybrid-art-and-design-practice-using-computer-based-design-and-fabrication-tools>. Disertace. The Robert Gordon University.

<sup>32</sup> STOJANOVÁ, Veronika. *Fenomén „Do It Yourself“ a jeho pojetí v kulturněsocioekologickém kontextu*. Praha, 2014. Magisterská diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Filosofická fakulta. Vedoucí práce Marie Fulková.

Robert Mallery je znám především jako umělec hnutí Neo-Dada, nebo Junk Art. Zpočátku se věnoval malbě, která, v jeho pojetí, postupně přecházela v sochařský reliéf a objekt. Své kompozice zpravidla skládal z nalezených materiálů, které spojoval a překrýval polyesterovou pryskyřicí.<sup>33</sup> V průběhu let se však s delšími přestávkami věnoval v praktické, ale i teoretické rovině i počítačové grafice a jejímu trojdimenzionálnímu zobrazení.<sup>34</sup> Do oblasti digitálního sochařství Robert Mallery vstoupil roku 1967, kdy, v rámci pedagogického působení na University of Massachusetts, započal, ve spolupráci se svými studenty (jmenovitě je znám pouze jeho syn Michael Mallery),<sup>35</sup> vývoj programu TRAN2 určeného pro tvorbu sochařských objektů. Jedná se o počítačový grafický program, sestávající z dvaceti podprogramů, který vedle tvorby virtuálního modelu, umožňoval pomyslné rozřezání tohoto modelu v předem definovaných horizontálních vrstvách a generování obrysových linií pro každou z těchto vrstev. Linie byly následně zapsány ve formě souřadnic jednotlivých bodů na děrné štítky a mohly tedy sloužit jako instrukce pro vyřezání jednotlivých vrstev z materiálu za použití libovolného digitálně řízeného stroje. Jelikož však Robert Mallery neměl k dispozici digitální technologii schopnou strojového řezání, zaznamenal jednotlivé kontury ve formě fotografie na průhledné fólie. Tyto kontury následně promítal skrze meotar a zakresloval na deskový materiál (nejčastěji se jednalo o laminovanou dýhu), ze kterého ručně vyřezal vrstvy budoucího díla. Po sestavení a slepení jednotlivých vrstev byl objekt dodatečně obroušen do požadovaného tvaru. Tímto způsobem vznikly v letech 1968 a 1969 známé Malleryho sochařské objekty série *Quad*.<sup>36</sup>

José Luis Alexanco rovněž započal svoji uměleckou dráhu jako malíř a grafik.<sup>37</sup> V letech 1968–1973 se však díky účasti na semináři Automatického generování plastických forem, který byl organizován Počítačovým centrem Univerzity Complutense v Madridu, ponořil do psaní svého vlastního programu pro tvorbu sochařských objektů. Tento program umožňoval (stejně jako v případě Malleryho Tranu2) rozřezání virtuálního modelu na horizontální vrstvy a generování kontur jednotlivých vrstev v podobě grafických linií, které sloužily jako reference pro ruční řezání z desek metakrylátu.<sup>38</sup> José Luis Alexanco tímto

---

<sup>33</sup> SMITH, Roberta. Robert Mallery, 69, Junk Artist Behind the Growth of Sculpture. *The New York Times* [online]. New York: The New York Times Company, 1997, 15 Feb 1997, s. 13 [cit. 2018-09-13]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/1997/02/15/arts/robert-mallery-69-junk-artist-behind-the-growth-of-sculpture.html>

<sup>34</sup> CIOFFI, Joseph. Art. *Robert Mallery* [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: <http://www.robertmallery.com/Art/Art.htm>

<sup>35</sup> Robert Mallery: The Human Condition (Work from 1936–1965). *Mitchell Albus Gallery* [online]. New York, 2020 [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: <http://mitchellalbusgallery.com/standard/robert-mallery-exhibition-information/>

<sup>36</sup> MALLERY, Robert. Robert Mallery: Pioneer Computer Graphic Artist: Computer Sculpture: Six Levels of Cybernetics. *Robert Mallery* [online]. New York, 1979 [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: [http://www.robertmallery.com/Commentary/artforum\\_09-1969.htm](http://www.robertmallery.com/Commentary/artforum_09-1969.htm)

<sup>37</sup> José Luis Alexanco. *Puerta Roja* [online]. Roja, 2013 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <http://puerta-roja.com/art/artists/jose-luis-alexanco/>

<sup>38</sup> José Luis Alexanco. *José Luis Alexanco* [online]. [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <http://jose-luis-alexanco.com/biografia/>

způsobem vytvořil na tři sta antropomorfních plastik série MOUVNT. Samotný počítačový program MOUVNT byl na popud Muzea královny Sofie v Madridu v roce 2010 přeložen z jazyka Fortan IV do jazyka C++. Byla tím zajištěna jeho funkce na současných digitálních médiích.<sup>39</sup>

Tvorba prostorových objektů z vyřezaných vrstev je známá pod pojmem stohování, je stále oblíbená, a to zejména z finančních důvodů, či v případech, kdy narážíme na výrobní limity dnešních vyspělých strojů. Princip rozřezání virtuálního modelu na jednotlivé horizontální vrstvy je rovněž jednou ze základních operací při výpočtu drah pro CNC frézování ale i pro 3D tisk. Jinou možností realizace digitální sochy byla spolupráce umělců přímo s výrobcí, případně prodejci určité digitální technologie. Komerční společnost měla potřebu propagovat svůj nový produkt/technologie a demonstrace formou realizace uměleckého díla se jevila jako veřejnosti nejpřístupnější. Umělci ochotně napomáhali marketingu dané společnosti tvorbou a vystavováním svých prací, výměnou za jejich strojovou materializaci. Mohli tak realizovat díla, na která by jinak z finančních důvodů jen těžko dosáhli. Jednalo se tedy o formu jisté oboustranné výpomoci / sponzoringu. Tato strategie byla uplatňována zejména v souvislosti s rozvojem 3D tisku od konce osmdesátých let minulého století do rozšíření dostupných 3D tiskových technologií na počátku druhého desetiletí století jednadvacátého, můžeme ji však pozorovat až do dnešních dní.

Přestože počátky 3D tisku spadají do první poloviny osmdesátých let minulého století, (První patentovou přihlášku metody Rapid prototyping podal Dr. Hideo Kodama v Japonsku už v březnu roku 1980)<sup>40</sup> byla tato technologie poprvé použita k materializaci uměleckého díla až v roce 1989 (v některých pramenech je uváděn rok 1990), právě díky spolupráci umělce s výrobcem 3D technologie. Umělcem, kterému je připisováno toto prvenství je Masaki Fujihata (1956). Fujihata je absolventem designu na Tokijské univerzitě umění a je znám především jako tvůrce interaktivních instalací. V roce 1996 získal například za svůj projekt *Global Interior* cenu Golden Nica v kategorii interaktivního umění prestižního festivalu umění, vědy, techniky a společnosti, *Ars Electronica*.<sup>41</sup> Tento umělec se na počátku své kariéry věnoval zejména počítačové grafice. Po letech práce na virtuálních modelech a jejich animování však začal pociťovat potřebu fyzického zhmotnění předmětu své tvorby. V roce 1987 tak za pomoci CNC frézky vytvořil díla série *Geometric Love* a konečně v roce 1989 za pomoci 3D tisku i sérii *Forbidden Fruits*. K materializaci děl druhé zmíněné série

---

- APARICIO, Carmen Fernández. Escultura MOUVNT (MOUVNT Sculpture). *Museo Reina Sofia* [online]. Madrid: Sofía, 2020 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://www.museoreinasofia.es/en/collection/artwork/escultura-mouvnt-mouvnt-sculpture-3>

<sup>39</sup> José Luis Alexanco. *José Luis Alexanco* [online]. [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <http://jose-luis-alexanco.com/biografia/>

<sup>40</sup> GREGURIĆ, Leo. History of 3D Printing: When Was 3D Printing Invented? *All3DP* [online]. Madrid, 2018, 10 Dec 2018 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://all3dp.com/2/history-of-3d-printing-when-was-3d-printing-invented/>

<sup>41</sup> Ars Electronica Archive. *Web archive: Biographies* [online]. Linz: Ars Electronica Center Linz Museumsgesellschaft [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: [https://web.archive.org/web/20050408162716/http://www.aec.at/en/archives/festival\\_archive/festival\\_catalogs/festival\\_artikel.asp?iProjectID=11969](https://web.archive.org/web/20050408162716/http://www.aec.at/en/archives/festival_archive/festival_catalogs/festival_artikel.asp?iProjectID=11969)

sochařských objektů využil Fujihata 3D tisk technologií Stereolithografie (patent Carlese Hulla z roku 1984) na tiskárně společnosti Sony/D-MEC. Projekt byl realizován ve spolupráci s výrobcem fotopolymerní pryskyřice určené pro 3D tisk, společností Japan Synthetic Rubber (JSR).<sup>42</sup>

Institucionálního zázemí se digitálnímu sochařství dostalo teprve během let devadesátých. V této době se stále více (profesionálních i amatérských) umělců v průmyslově rozvinutých zemích zapojovalo do tvorby digitálního, či digitálně navrhovaného uměleckého objektu. Postupy digitálního sochařství se začaly vyučovat na řadě uměleckých univerzit (například na newyorské School of Visual Arts již v roce 1993).<sup>43</sup> Navzdory přirozenému vztahu mezi uměním a technikou, byl přístup k digitálním technologiím a průmyslovým strojům i nadále náročný. Jako jedna z možností řešení tohoto problému se jevil vznik platformy pro sdružování podobně zaměřených umělců, umožňující sdílení informací, postupů a zejména technologických zdrojů.

První instituce počítačového sochařství, asociace Ars Mathématica, byla založena v roce 1992 ve Francii. Zakladateli této asociace byli neškolení umělci, inženýři, Alexandre Vitkine (1910–2014) a Christian Lavigne (1959). Konceptem Ars Mathématicy bylo vytvoření „mezinárodního výzkumného a vzdělávacího centra sochařství, interdisciplinární on-line základny ke spolupráci se školami, laboratořemi a korporacemi“.<sup>44</sup> Tato asociace uskutečnila v roce 1993 na pařížské Ecole Polytechnique první mezinárodní výstavu digitálního sochařství s názvem *The first International Exhibition of Numerical Sculpture (Robosculpture and Compusculpture)*, na kterou o dva roky později navázala pravidelným bienále pod názvem Intersculpt.<sup>45</sup> Po celou dobu svojí existence tato asociace (zejména v osobě Christiana Lavigna) usilovala i o obhajobu a popularizaci tohoto nového způsobu umělecké tvorby. Na pořádání bienále Intersculpt v roce 1995 již spolupracovala Ars Mathématica s americkou

---

<sup>42</sup> Beyond Pages: Masaki Fujihata. *Institute of Advanced Media Arts and Sciences* [online]. Ogaki-shi: Institute of Advanced Media Arts and Sciences [cit. 2020-02-08]. Dostupné z:

[https://www.iamas.ac.jp/interaction/i97/artist\\_Fujihata.html](https://www.iamas.ac.jp/interaction/i97/artist_Fujihata.html)

- 1987 Geometric Love. In: *YouTube* [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z:

<https://www.youtube.com/watch?v=Lw7yc6mIRqA>

- 1989 Forbidden Fruits. In: *YouTube* [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z:

<https://www.youtube.com/watch?v=yygElySiA-E&t=2s>

- COHEN, Yoseph Bar, ed. *Advances in Manufacturing and Processing of Materials and Structures (Biometrics)*. Boca Raton: CRC Press, 2018. ISBN 978-1138035959.

<sup>43</sup> HOSKINS, Stephen. *3D Printing for Artists, Designers and Makers* [online]. 2nd. ed. Hoskins, 2018, s. 32 [cit. 2019-07-08]. ISBN 978-1-4742-4867-9. Dostupné z:

[http://dl.booktolearn.com/ebooks2/engineering/industrialdesign/9781474248679\\_3D\\_Printing\\_for\\_Artists\\_512e.pdf](http://dl.booktolearn.com/ebooks2/engineering/industrialdesign/9781474248679_3D_Printing_for_Artists_512e.pdf)

- GANIS, William. *Sculpture: Digital Sculpture: Ars Ex Machina* [online]. 23. 2004 [cit. 2018-07-08]. Dostupné z: [https://www.sculpture.org/documents/scmag04/sept04/rapidproto/sept04\\_rapidproto.shtml](https://www.sculpture.org/documents/scmag04/sept04/rapidproto/sept04_rapidproto.shtml)

<sup>44</sup> LAVIGNE, Christian, Marie-Paule JICCIO a Robert Michael SMITH. *La sculpture numerique. Computer Arts* [online]. United Kingdom: Future Publishing, 1998, 1998, (4) [cit. 2016-07-26]. Dostupné z:

<https://www.sculpture.org/documents/webspec/magazine/wsenglis.shtml>

<sup>45</sup> La Première Exposition Mondiale de Sculpture Numérique a été organisée. *Arsmathematica* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.arsmathematica.org/index-IS.html>



základnou digitálního sochařství, Computers and Sculpture Forum, založenou v roce 1993 již profesionálními sochaři, Bruce Beasleyem (1939) a Robem Fisherem (1939–2006).<sup>46</sup>

Pojem digitální sochařství, tak jak jej známe a užíváme v současnosti, byl konstituován postupně během let. Již zmíněný Pierre Bézier užíval velice výstižné pojmenování této disciplíny, pravděpodobně odvozené z široce užívaného termínu Computer-aided design (CAD), jako (v překladu do anglického jazyka) Computer-Aided Sculpture (CAS), tedy počítačově podporovaná socha/sochařství. Později, v souvislosti s činností asociace Ars Mathematica, přibýly pojmy jako Infosculture (Vitkine, Coignard), nebo Robosculpture (Lavigne).<sup>47</sup> V roce 1998 vyšel ve francouzském magazínu Computer Arts článek Cristiana Lavigna s názvem *La sculpture numerique*, v překladu digitální sochařství. Ten však stále zahrnoval jak díla materializovaná prostřednictvím digitálních technologií, tak díla určená pouze pro virtuální prostor. Tento pojem tedy dosud nebyl podmíněn fyzickou materializací artefaktu.<sup>48</sup> Definici umělce digitálního sochařství, tak jak jej známe dnes, tedy jako osoby, která „využívá virtuální prostor coby kreativní místo, ale realizuje svá díla v prostoru fyzickém“ použil mezi prvními až William V. Ganis ve svém článku *Digital Sculpture: Ars Ex Machina* uveřejněném v magazínu Sculpture v říjnu roku 2004.<sup>49</sup>

---

<sup>46</sup> MARSHALL, John James. *An Exploration Of Hybrid Art And Design Practice Using Computer-Based Design And Fabrication Tools* [online]. Aberdeen, 2008 [cit. 2018-07-08]. Dostupné z: <https://rgu-repository.worktribe.com/output/247864/an-exploration-of-hybrid-art-and-design-practice-using-computer-based-design-and-fabrication-tools>. Disertace. The Robert Gordon University.

<sup>47</sup> LAVIGNE, Christian. Un Peu De Vocabulaire: Vocabulary. *Ars Mathematica* [online]. Lavigne, 1998 [cit. 2020-02-08]. Dostupné z: <https://www.arsmathematica.org/voca.htm>

<sup>48</sup> LAVIGNE, Christian, Marie-Paule Jiccio JICCIO a Robert Michael SMITH. La sculpture numerique. *Computer Arts* [online]. United Kingdom: Future Publishing, 1998, 1998, (4) [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://www.sculpture.org/documents/webspec/magazine/wsenglis.shtml>

<sup>49</sup> GANIS, William. *Sculpture: Digital Sculpture: Ars Ex Machina* [online]. 23. 2004 [cit. 2018-07-08]. Dostupné z: [https://www.sculpture.org/documents/scmag04/sept04/rapidproto/sept04\\_rapidproto.shtml](https://www.sculpture.org/documents/scmag04/sept04/rapidproto/sept04_rapidproto.shtml)

## 2.1 Obrazová příloha



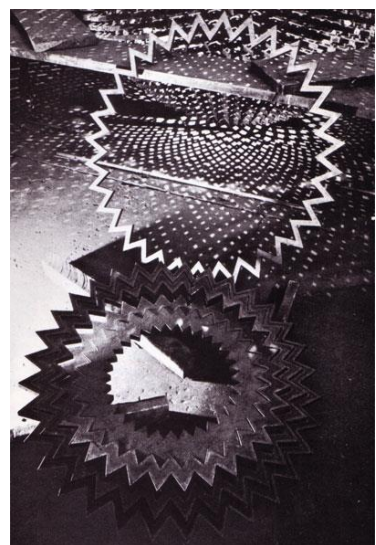
*Popelník, první 3D frézovaný artefakt, 1959 (computerhistory.org)*



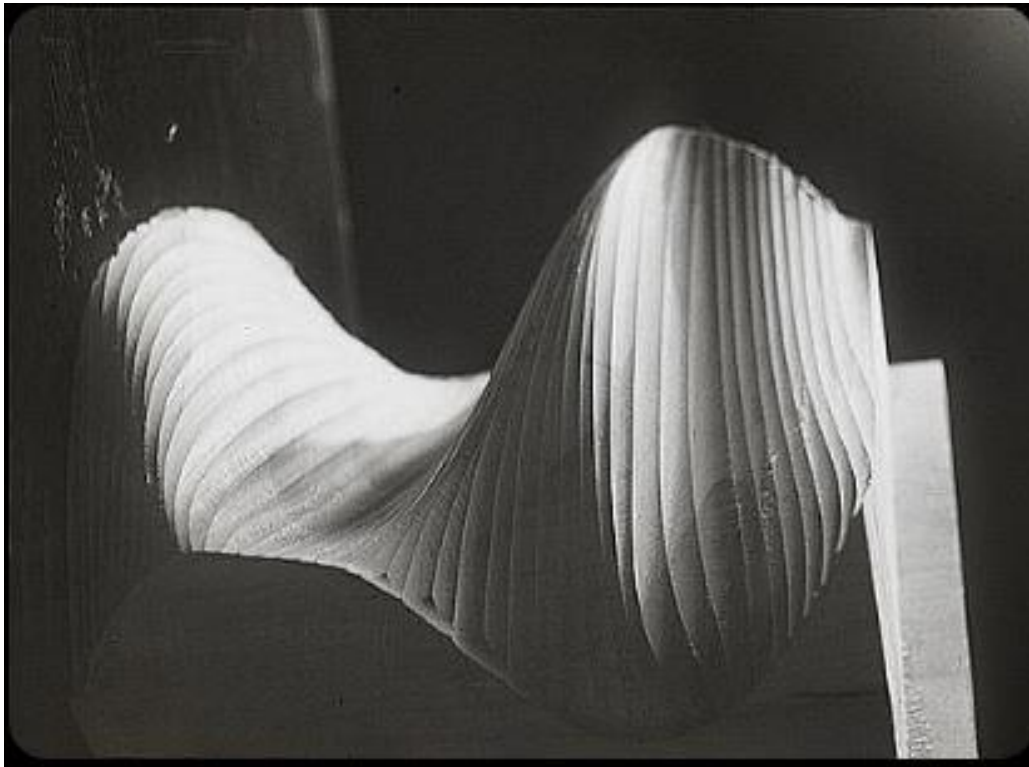
Alfred Milton Duca, *The Computer Sphere*, 1965 (maps.google.com)



Alfred Milton Duca, *The Computer Sphere*, 1965, detail (flickr.com, Alan Huett)



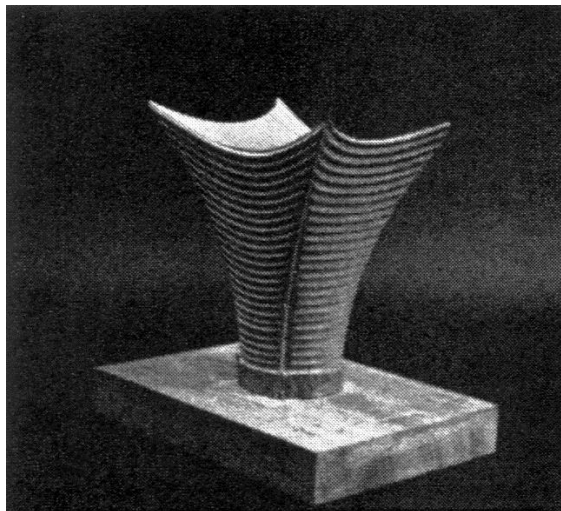
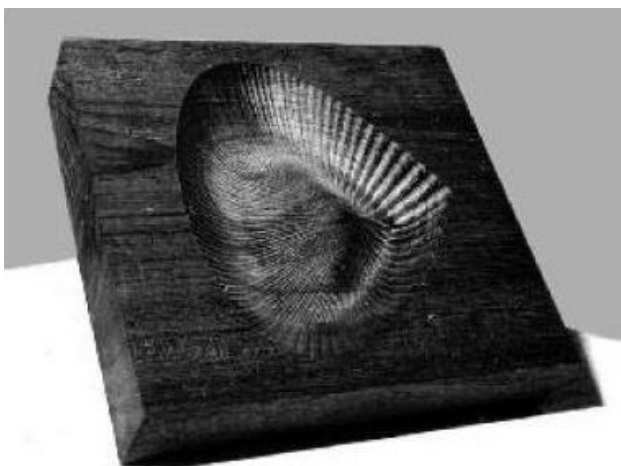
Alfred Milton Duca, *The Computer Sphere*, 1965, výroba (facsimilemagazine.com)



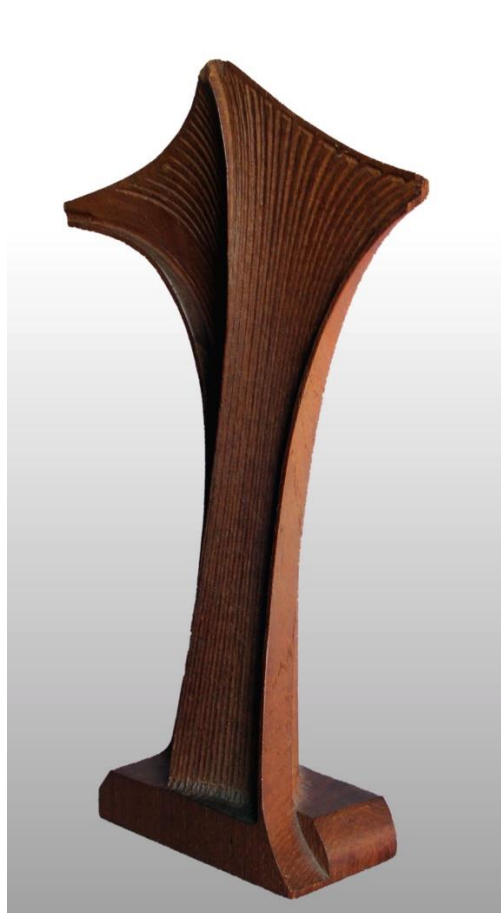
Charles Csuri, *Numeric Milling*, pohled z boku, 1968 ([design.osu.edu](http://design.osu.edu))



Charles Csuri, *Numeric Milling*, pohled shora, 1968 ([dataphys.org](http://dataphys.org))

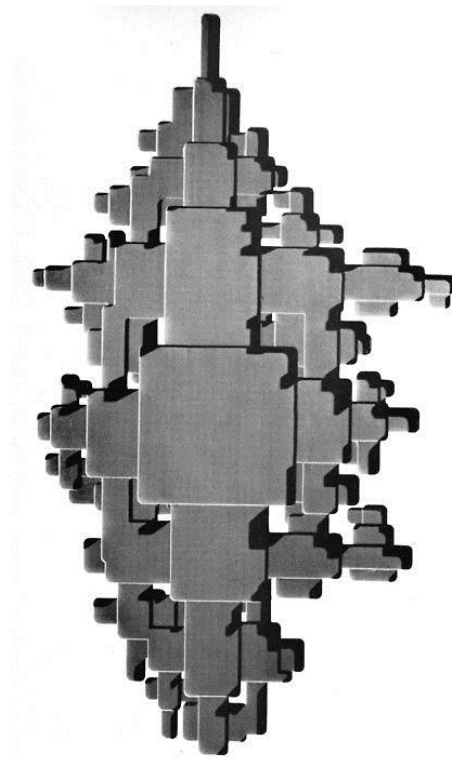


Daniel Vernet, *bez názvu*, mezi léty 1968 až 1970 (reg.arsmathematica.org)

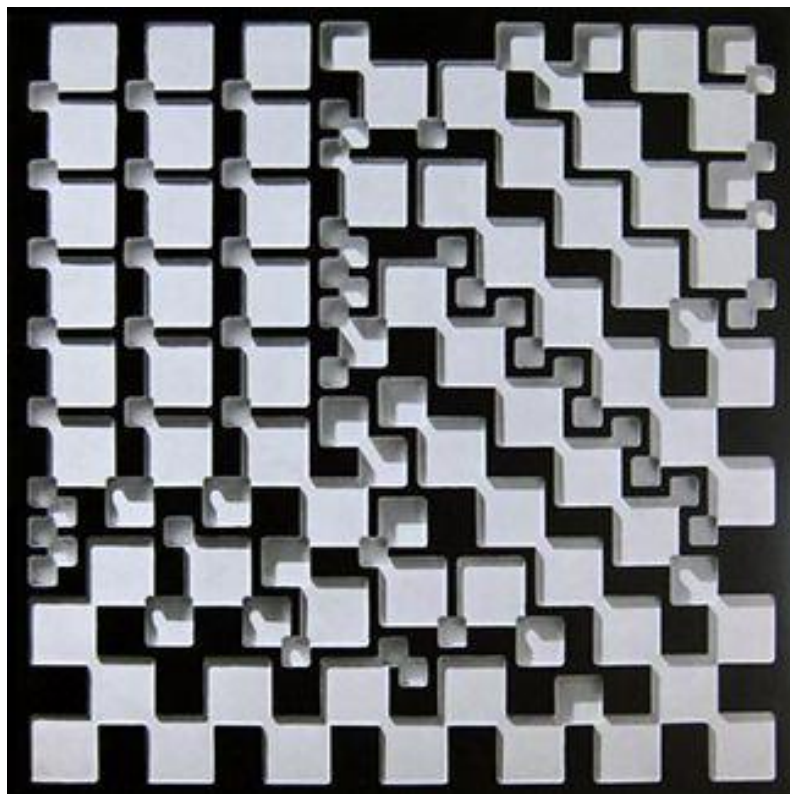


(vlevo) Henri Lagrange, *bez názvu*, mezi léty 1968 až 1970 (reg.arsmathematica.org)

(vpravo) Henri Lagrange, *Notre-Dame de la Commande Numérique*, mezi léty 1968 až 1970 (reg.arsmathematica.org)



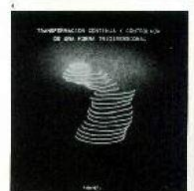
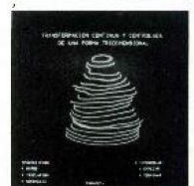
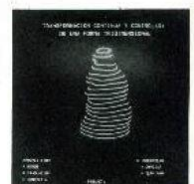
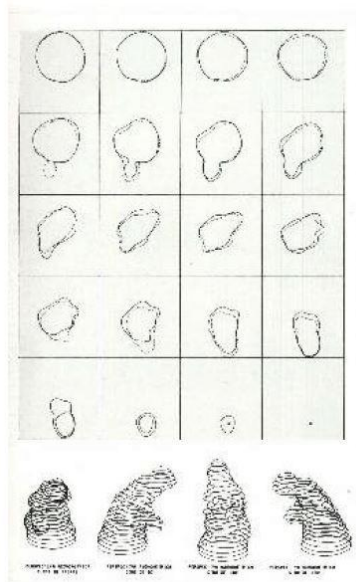
Georg Nees, *Plastik 2*, 1968 (Computergraphik, Computerkunst, 1971)



Georg Nees, *Plastik 1*, 1966 (dada.compart-bremen.de)

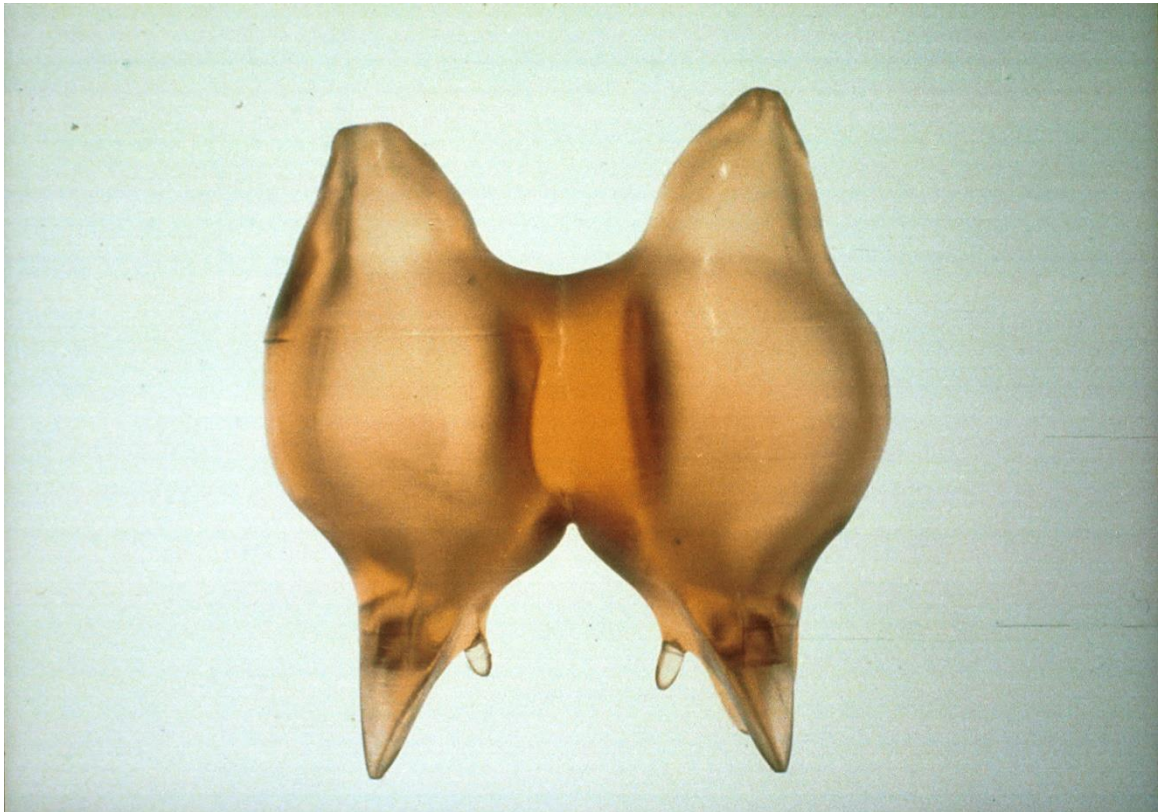


Robert Mallery, objekty série *Quad*, 1968 - 1969 ([dada.compart-bremen.de](http://dada.compart-bremen.de), [commons.wikimedia.org](https://commons.wikimedia.org))



José Luis Alexanco, objetos y postup výroby série *MOUVNT*, 1967 – 1973 ([jose Luisalexanco.com](http://jose Luisalexanco.com))





Masaki Fujihata, objekty série *Forbidden Fruits*, 1989 (digitalartarchive.siggraph.org, youtube.com)

### 3. Nástroje digitálního sochařství

*„Do It Yourself (DIY) je druh kultury, pro kterou je charakteristický étos soběstačnosti, sdílení informací, dobrovolné skromnosti a trvale udržitelných modelů.“<sup>50</sup>*

Michal Cáb

Díky důrazu na tvorbu udržitelných modelů vedoucích k soběstačnosti tvůrce a zejména lpění na principu sdílení se komunita DIY podstatnou měrou zasadila o demokratizaci digitálních technologií užívaných v procesu tvorby prostorového uměleckého artefaktu, známého pod pojmem digitální sochařství.

#### 3.1 Open hardware

Jedním ze způsobů naplnění principů DIY je koncept sdílení otevřeného zdrojového kódu, který v sobě zahrnuje zejména tvorbu otevřeného softwaru (Open source) a otevřeného hardwaru (Open source hardware). V obou případech jsou kódy a dokumentace produktů, či spíše nikdy nekončících projektů, veřejně dostupné a, jak již název napovídá, otevřené pro další úpravy, sdílení a využití. Jde tedy o počiny, kolem kterých přirozeně vznikají živé komunity uživatelů a vývojářů. V těchto projektech lze spatřovat koncept fenoménu DIY, tedy alternativu ke konzumnímu způsobu života, naplňovanou snahou po udržitelné a aktivně se zdokonalující společnosti skrze sdílení myšlenek a spolupráci. V rámci dalšího textu pak můžeme pozorovat, že tato až utopistická vize nachází své opodstatnění a ve svém důsledku přispěla k rozvoji (nejen) digitálního sochařství.

V případě CNC (Computer Numerical Control) strojů, jež jsou základem všech 3D digitálních technologií sloužících k materializaci virtuálního 3D modelu, můžeme první krok k jejich demokratizaci spatřovat v oznámení amerického presidenta Ronalda Reagana z roku 1987 o sedmibodové iniciativě na oživení průmyslu obráběcích strojů v USA. Sedm nezávislých skupin tehdy označilo tvorbu otevřeného ovladače pro CNC zařízení za jeden z nejdůležitějších cílů budoucího národního programu výzkumu a vývoje. Kancelář US Air Force Manufacturing Technologies zareagovala svým programem Next Generation Controller, jehož náplní byl vývoj, prototypování a testování otevřené (elektronické) architektury pro ovládání CNC strojů. Současně za pomoci Národního institutu pro standardy

---

<sup>50</sup> CÁB, Michal. *Pure Data Rukověť postdigitálního umělce: Rukověť postdigitálního umělce ver. 0.1a* [online]. Praha, 2014 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: [https://monoskop.org/images/2/29/Cab\\_Michal\\_Pure\\_Data\\_rukovet\\_postdigitalniho\\_umelce\\_2014.pdf](https://monoskop.org/images/2/29/Cab_Michal_Pure_Data_rukovet_postdigitalniho_umelce_2014.pdf). Disertace. Akademie výtvarných umění v Praze. Vedoucí práce Tomáš Vaněk.

a technologie vznikal i programovací jazyk tzv. Neutral Manufacturing Language, který zajišťoval komunikaci jednotlivých komponent dané architektury.<sup>51</sup>

Výsledky těchto projektů daly postupem času vzniknout prvnímu open source (softwarovému) ovladači EMC – Enhanced Machine Controller určenému pro operační systém Linux<sup>52</sup> a následně i řadě dalších projeků po celém světě jako: OSACA – Open System Architecture for Controls within Automation System, OMAC – Open Modular Architecture Controllers, OSEC – Open System Environment for Controller, nebo JOP – Japanese Open Promotion Group.<sup>53</sup> Ačkoliv byl projekt Next Generation Controller vyvíjen primárně pro potřeby přizpůsobení průmyslových automatizačních zařízení, jejich oprav a kombinování s produkty jiných výrobců, umožnil ve svém důsledku díky aspektu otevřeného zdroje i stavbu zcela nových, levných CNC zařízení. Stavba takových zařízení však byla stále doménou specializovaných inženýrských týmů.

Samotný pojem Open source hardware byl ve svém stávajícím významu konstituován v roce 1997 kdy radioamatér Bruce Perens (tvůrce definice Open Source a spoluzakladatel iniciativy Open Source) zahájil tzv. Open Hardware Certification Program. Cílem programu bylo umožnit výrobcům hardwaru, aby sami certifikovali své výrobky jako otevřené. Program byl bezplatný. Prodejci certifikovaných zařízení měli následně právo používat logo programu Open Hardware na svých obalech a uvádět v reklamě, že jejich zařízení byla takto certifikována. Na druhé straně, ten kdo získal certifikované vybavení, měl jistotu, že změna operačního systému nebo dokonce zánik výrobce neznemožní napsání nového softwaru pro toto zařízení. Open Hardware Certification Program byl jedním z prvních pokusů o aplikaci principů opensource na hardware.<sup>54</sup>

O mnoho let později jsme svědky masivního vzestupu digitálních technologií, mezi kterými vyniká a svůj boom zažívá zejména technologie 3D tisku, tedy technologie sloužící k materializaci / zhmotnění virtuálního počítačového modelu strojovým nanášením materiálu ve vrstvách na sebe. Tento obecný boom digitálních technologií dneška by pravděpodobně nenastal (minimálně ne v šíři, kterou dnes pozorujeme) bez DIY komunity. Respektive bez osvědčených profesionálů z řad akademiků, kteří si byli vědomi potenciálu, avšak i složitosti a tedy i nedostupnosti digitálních technologií pro širší veřejnost, do té míry,

---

<sup>51</sup> SHACKLEFORD, William P. a Frederick M. PROCTOR. Use of Open Source Distribution for a Machine Tool Controller. *LinuxCNC* [online]. Gaithersburg (Maryland): LinuxCNC [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <http://linuxcnc.org/files/Use-of-Open-Source-Distribution-for-a-Machine-Tool-Controller.pdf>

<sup>52</sup> Ibid.

<sup>53</sup> CIGLAR, Damir a Toma UDILJAK. *Proceedings of the CIM 2009-12th International Scientific Conference on Production Engineering: Implementation of a Linux - based CNC Open Control System* [online]. Zagreb: Croatian Association of Production Engineering, 2009 [cit. 2020-03-16]. ISBN 978-953-7689-00-1. Dostupné z: [http://alvarestech.com/temp/RoboAseaIRB6S2-Fiat/CinematicaExemplosManuaisConfigurador-DH-EMC/Emc\\_robot.pdf](http://alvarestech.com/temp/RoboAseaIRB6S2-Fiat/CinematicaExemplosManuaisConfigurador-DH-EMC/Emc_robot.pdf)

<sup>54</sup> Brief History of Open Source Hardware Organizations and Definitions. *Open Source Hardware Association Open Source Hardware Association* [online]. Open Source Hardware Association Open Source Hardware Association, c2020 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <https://www.oshwa.org/research/brief-history-of-open-source-hardware-organizations-and-definitions/>

že si za předmět svého výzkumu zvolili zjednodušení a zejména zpřístupnění těchto technologií komunitě DIY. Jako jeden z výchozích počinů směřujících k demokratizaci digitálních technologií spatřuji projekt otevřené platformy pro programování interaktivního designu, známý pod názvem Arduino.

V roce 2003 započal Hernando Barragán na Interaction Design Institute v Italském městě Ivrea svůj diplomový projekt věnovaný vývoji snadno programovatelné elektronické platformy. Cílem této práce bylo „*usnadnit umělcům a ostatním tvůrcům práci s elektronikou*“.<sup>55</sup> V červnu roku 2004 publikoval Barragán svoji diplomovou práci nazvanou *Wiring: Prototyping Physical Interaction Design*. Cílem jeho projektu bylo usnadnit umělcům a návrhářům pracovat s elektronikou tím, že odebere často složité detaily elektroniky tak, aby se mohli zaměřit na své vlastní cíle. V abstraktu své diplomové práce Barragán uvádí: „*Současné prototypovací nástroje elektroniky a programování jsou většinou zaměřeny na inženýrství, robotiku a technické publikum. Jsou velice obtížné na učení a jejich programovací jazyk je vzdálen užití mimo kontext specifických technologií. Tvůrci potřebují výukový jazyk a elektronický prototypový systém, který usnadňuje a podporuje proces učení, který snižuje boj s designem elektroniky a programováním, které je dostatečně výkonné a flexibilní pro potřeby Interaktivního Designu.*“<sup>56</sup> Výsledkem jeho výzkumu tedy byla universální elektronická deska Wiring s mikrokontrolerem ATmega 128, programovatelná za pomoci USB kabelu přímo z prostředí stolního PC. Baragán pro tuto desku mimo jiné vytvořil sérii dodnes používaných programovacích příkazů. Deska využívala ke svému provozu nízké napětí, takže ji bylo možno napájet bateriemi. Bylo k ní rovněž, možno snadno připojit, a tedy za pomoci desky ovládat, nejrůznější periferie, jako například servomotory, diody, senzory atd.

V roce 2005, těsně před uzavřením Design institutu Ivrea, tým ve složení: Massimo Banzi (profesor institutu a vedoucí Baragánovi diplomové práce) David Mellis, David Cuartielles, Tom Igoe a Gianluca Martino, přidali podporu levnějšího mikrokontroleru ATmega8 k desce Wiring a začali s touto platformou, nyní již pod názvem Arduino, podnikat. Hernando Barragán bohužel nebyl přizván ke spolupráci.<sup>57</sup>

Přes tento počáteční úskok se Arduino stalo velice brzy celosvětovým hitem. Byl to první rozsáhlý projekt open source hardwaru navrženého tak, aby vytvořil komunitu, která by mohla pomoci šířit použití tohoto nástroje a využívat příspěvky stovek lidí, kteří pomáhají ladit kód, psát příklady, vytvářet tutoriály, podporovat další uživatele fóra a budovat tisíce tvůrčích skupin po celém světě.<sup>58</sup> Tato elektronická platforma pro „neinženýry“ se

---

<sup>55</sup> BARRAGÁN, Hernando. *Arduino History: The Untold History of Arduino* [online]. Barragán, c2016 [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://arduinohistory.github.io/>

<sup>56</sup> BARRAGÁN, Hernando. *Wiring: Prototyping Physical Interaction Design* [online]. Milano, 2004 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: [http://people.interactionivrea.org/h.barragan/thesis/thesis\\_low\\_res.pdf](http://people.interactionivrea.org/h.barragan/thesis/thesis_low_res.pdf). Diplomová práce.

<sup>57</sup> BARRAGÁN, Hernando. *Arduino History: The Untold History of Arduino* [online]. Barragán, c2016 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://arduinohistory.github.io/>

<sup>58</sup> About Us. *Arduino* [online]. Arduino, c2020 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs>

v akademické a DIY komunitě ujala natolik, že v současnosti eviduje přes třicet milionů aktivních uživatelů po celém světě.<sup>59</sup>

České prostředí úzce provázané s kutilstvím komunistické éry na projekt Arduina zareagovalo svým neotřelým způsobem. Jelikož první originální desky Arduino (před nástupem levné masové výroby Arduino klonů čínské provenience) byly přes veškeré snahy pro české tvůrce stále poměrně drahé a díky tomu, že většina českých kutilů / bastlířů, měla „ve skříni pájku po tátovi“ (nesmíme opominout ani ve světě nepříliš obvyklou, relativně hustou síť českých obchodů s elektronickými součástkami, podmíněnou právě českou bastlířskou tradicí z dob totality), bylo nasnadě vyrobit si vlastní Arduino z nakoupených součástek levně podomácku. Seznam potřebných součástek, nákresy základní desky (pro vyleptání obvodů) a návod na sestavení šířili od roku 2011, zejména za pomoci workshopů, někdejší studenti Fakulty výtvarných umění VUT v Brně – Ondřej Merta a Václav Peloušek – pod názvem Standuino. Samotný název Standuino je složeninou názvu desky Arduino a jména asistenta v ateliéru video Stanislava-Standy Filipa (1957), bastlíře, muzikanta a průkopníka českého elektronického umění. Projekt Standuino se dále vyvíjel směrem k platformě pro nejrůznější elektronické instalace a zejména směrem k svébytnému elektronickému hudebnímu nástroji. V roce 2013 byl projekt rebrendován v dnes již světoznámou značku Bastl Instruments, jejíž název přímo odkazuje na bastlířskou tradici dob minulých a uvozuje její pokračování v 21. století.<sup>60</sup> Jejich hudební „krabičky“ má ve svém studiu například Martin Gore z Depeche Mode, Trent Reznor z Nine Inch Nails nebo skladatel Hans Zimmer.<sup>61</sup>

Arduino bylo v počátcích své existence platformou pro tvorbu zejména výukových a uměleckých projektů, dnes však dává průchod kreativitě tvůrců napříč všemi odvětvími lidské činnosti a zasadilo se tak o velký krok lidstva směrem k (otevřené) digitalizaci. Většina dnešních (nejen) podomácku postavených CNC zařízení využívá ke svému chodu otevřenou platformu Arduino (nebo jeho odvozenou verzi) s přidaným obvodem (tzv. shieldem) pro ovládání krokových motorů a dalších funkcí.

Architektura CNC (Computer Numerical Control) stroje, je výchozím systémem celé řady výrobních technologií. Zřejmě nejznámějším CNC zařízením je CNC frézka, tedy stroj určený pro materializaci 3D modelu subtraktivní metodou, postupným odebíráním z bloku materiálu, za pomoci frézy (rotační nástroj) ovládané počítačem. Tyto výrobní stroje jsou však, přes veškerou snahu o snížení pořizovacích nákladů, stále velice nákladnou technologií, což vyplývá zejména z vysokých nároků na kvalitu frézovacího vřetene, motorů, pojezdů a

---

<sup>59</sup> Arduino unveils the Arduino IoT Cloud. *Eejournal* [online]. Techfocus media, c2003 - 2020, 8 Feb 2019 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: [https://www.eejournal.com/industry\\_news/arduino-unveils-the-arduino-iot-cloud/](https://www.eejournal.com/industry_news/arduino-unveils-the-arduino-iot-cloud/)

<sup>60</sup> *Bastl Instruments* [online]. [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://bastl-instruments.com/>  
- NOVOTNÁ, Jana. Bastl Instruments je živý památník všem bastlířům před námi, říká Ondřej Merta. *Udalosti na VUT* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2019, (2), s. 36-38 [cit. 2020-07-09]. ISSN 1211-4421. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/vutium/archiv/udalosti-na-vut-02-2018-2019-pdf-p176771>

<sup>61</sup> Bastl Instruments. *JIC* [online]. JIC, 2019 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://www.jic.cz/success-stories/bastl-instruments/>

tuhost celé konstrukce, které mají značný vliv na přesnost a vzhled výsledného materializovaného artefaktu. Na internetu dnes existuje celá řada návodů na domácí výrobu CNC frézky. Jedná se však vesměs o velice nepřesné a slabé stroje, které se, přes vysokou cenu dílů potřebných k jejich stavbě, hodí spíše k omezenému frézování měkkých hmot, řezání tenkého deskového materiálu, případně k jednoduchému reliéfnímu gravírování. Další možností domácí tvorby CNC frézky je repase staršího stroje vyřazeného z výroby, případně adaptace staršího NC stroje na CNC. Obě tyto varianty jsou však pro běžného kutila příliš náročné, vyžadují, kromě vstupního kapitálu, značné znalosti technického charakteru a kvalitní nástrojové vybavení.

Koncept CNC stroje je však základem i dalších aplikací, které již nemají takové nároky na tuhost konstrukce a jsou tedy výrazně dostupnější. Dnešní kutil si může poměrně snadno postavit svůj CNC plotter, laserovou gravírku, nebo, o něco dražší, laserovou řezačku, případně může digitálně, za pomoci odporového drátu, řezat třeba polystyren. Dnes zřejmě nejrozšířenější a pro DIY digitální sochařství nejdůležitější materializační technologií, která využívá architekturu CNC a elektronickou platformu Arduino je 3D tiskárna.

## 3.2 3D Tisk

Ačkoliv byla většina základních metod 3D tisku (SLA, SLS, FDM) objevena během osmdesátých let minulého století, v oblasti umění byla tato technologie po dlouhou dobu, výsadou několika málo vyvolených jedinců, kterým pomáhali osvětlení výrobci a prodejci 3D digitálních technologií, případně výzkumní pracovníci a učitelé technických univerzit. Tato situace se změnila až s příchodem DIY 3D tiskárny.

Druhého února 2005 započal tým Adriana de Bowyera, lektora mechanického inženýrství na britské Univerzitě of Bath, svůj Replicating Rapid Prototyper project – známý pod zkratkou RepRap.<sup>62</sup> Ideou tohoto projektu bylo vytvoření „prvního sebe-replikujícího stroje lidstva“, tedy 3D tiskárny, která bude tisknout součástky pro stavbu svých identických kopií.<sup>63</sup> Jako výchozí technologii svého projektu použil Bowyer 3D tiskovou metodu Fused Deposition Modeling (FDM), kterou, pro svoji firmu Stratasys INC, nechal v roce 1989 patentovat americký vynálezce Steven Scott Crump. Významným faktorem výběru metody, která spočívá v postupném nanášení plastové taveniny ve vrstvách na sebe, byla, vedle její relativní jednoduchosti, i blížící se expirace jejího patentu v roce 2009.<sup>64</sup> V březnu roku 2007 tým představil první výsledek svého výzkumu – funkční 3D tiskárnu s názvem Darwin. Jednalo se o 3D tiskárnu klasického kubického tvaru, jejíž konstrukce byla sestavena (s ohledem na cenu a dostupnost materiálu pro koncového uživatele) ze závitových tyčí spojených v uzlových bodech součástmi vytištěnými na 3D tiskárně. Jelikož bylo nutno, s ohledem na tuhost celé konstrukce, každou stranu tiskárny úhlopříčně zavětrovat dalšími závitovými tyčemi, což v důsledku komplikovalo její stavbu a zejména pohodlné užívání (bylo obtížné se dostat k tiskové podložce, respektive k výtisku), byla v říjnu roku 2009 představena další generace 3D tiskárny s názvem Mendel. Tiskárna Mendel byla, stejně jako její předchůdce, sestavena ze závitových tyčí a vytištěných dílů, její konstrukce však již měla ze strany svůj specifický trojúhelníkovitý tvar tak typický pro rané RepRap 3D tiskárny. Tiskárna byla úsporná, jednoduchá na sestavení a umožňovala uživateli snadný přístup k výtisku. V roce 2010 přibyli další vylepšené verze tiskárny Mendel: Prusa Mendel a Huxley.<sup>65</sup>

Na tomto místě je nutno dodat, že několik prvních generací 3D tiskáren typu RepRap (přibližně do roku 2013) bylo většinou sochařů, kteří již mohli využívat profesionální 3D tiskárny ve své tvorbě, vnímáno jako technologická kuriozita. Kvalita 3D tisku na RepRap tiskárnách se zdaleka nemohla rovnat výstupu profesionálních strojů. Na „RepRapech“ bylo možno v omezené míře vytisknout některé součástky technického charakteru, avšak pro tisk

---

<sup>62</sup> The Official History of the RepRap Project. *All3DP* [online]. All3DP, 8 Apr 2016 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://all3dp.com/history-of-the-reprap-project/>

<sup>63</sup> RepRap. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://reprap.org/wiki/RepRap>

<sup>64</sup> CRUMP, S. Scott. *Apparatus and method for creating three-dimensional objects*. 30. 10. 1989n. I. United States. US5121329A. Uděleno 9. 6. 1992. Zapsáno 30. 10. 1989.

<sup>65</sup> The Official History of the RepRap Project. *All3DP* [online]. All3DP, 8 Apr 2016 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://all3dp.com/history-of-the-reprap-project/>

detailních organických tvarů příliš vhodné nebyly. Další nevýhodou pak byl materiál, který se téměř výhradně užíval k tisku na RepRap tiskárnách, tedy biodegradabilní polymer PLA, který se dá jen velice těžko brousit, deformuje se na přímém slunci a z podstaty biodegradability nevydrží tak dlouho, jak se od sochařského díla očekává. Nicméně kvalita tisku RepRap tiskáren se časem výrazně zlepšovala. Bylo to dáno faktory, jako byly rozvíjející se trh s komponenty určenými (či adaptovanými) pro stavbu 3D tiskáren, nové generace ovládací elektroniky, postupující vývoj tzv. slicerů (software, který na základě 3D modelu generuje příkazy pro tiskárnu, tzv. g-code), integraci nahřívací podložky, která umožnila 3D tisk dalšími materiály, výrobou kalibrovaných tiskových materiálů a dalšími.

Projekt RepRap byl od svého počátku, díky důrazu na ideu otevřeného zdroje, pečlivě publikaci návodů a výraznému komunitnímu charakteru, úzce propojen s fenoménem DIY. Vznikl pro potřeby této komunity a byl spolu-vyvíjen za pomoci této komunity. Tiskárny vzešlé z projektu Repap se velice brzy staly nejrozšířenějšími tiskárnami v tzv. Makers komunitě a posléze i mimo komunitu po celém světě. Tento projekt ve svém důsledku značně posílil konkurenční prostředí mezi firmami nabízejícími 3D technologie (což mělo dopad na výrazné snížení cen) a odstartoval tak doslova revoluci dostupného 3D tisku a 3D technologií dnešních dní.

Adrian de Bowyer získal v roce 2017 cenu 3D tisku za svůj přínos k tomuto průmyslovému odvětví a byl zařazen i do síně slávy 3D tisku, vedle takových velikánů, jako je Charles Hull (vynálezce stereolitografie a zakladatel firmy 3D Systems), nebo Carl Deckart (vynálezce SLS technologie – selective laser syntering ).<sup>66</sup>

Idea sebe-replikujícího stroje, tedy takového, který by dokázal vytvořit své vlastní identické kopie, se doposud nepodařila nikomu do důsledku naplnit. Jsem přesvědčen, že nebyla zcela vážně míněna ani samotnými tvůrci projektu RepRap a sloužila spíše účelům marketingovým, tedy jako propagace projektu. Nutno dodat, že tuto úlohu splnila velice dobře.

Nejdále se v ohledu maximální reprodkovatelnosti 3D tiskárny dostal projekt člena komunity RepRap, Revara Desmery vystupujícího pod nickem RevarBat.<sup>67</sup> Ve svém projektu Snappy RepRap, na kterém pracoval od roku 2014, představil 3D tiskárnu, která je ze 73 % vytisknutá a tedy ze 73 % replikovatelná stejnou 3D tiskárnou.<sup>68</sup> Za zmínku stojí i projekt 3D tiskárny Dollo 3D, autorské dvojice, otce a syna, Bena and Benjamin Engela. Jejich tiskárna Dollo 3D je replikovatelná jen ze 70 %, avšak díky své odlehčené konstrukci složené do tvaru

---

<sup>66</sup> TCT AWARDS [online]. Chester: Rapid News Publications, 2019 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://tctawards.com/event/en/page/home>

<sup>67</sup> REVAR DESMERA #BLM.

[Moody coder machinist hardware hacker] In: *Twitter* [online]. 2009 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://twitter.com/revarbat?lang=cs>

<sup>68</sup> Maker develops 73% 3D printed RepRap 'Snappy', the most self-replicating RepRap yet. *3ders* [online]. 3ders, c2011-2019, Sep 15 2015 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.3ders.org/articles/20150915-maker-develops-3d-printed-reprap-snappy-the-most-self-replicating-reprap-yet.html>



kostky a zejména díky složitým soukolím ozubených kol, potřebných pro synchronní otáčení hřídelí zvedajících tiskovou podložku, se z 3D tiskárny stává pozoruhodný výtvarný artefakt.<sup>69</sup>

Jakmile průmysl rozpozná komerční potenciál subkulturních projevů, jsou jejich produkty začleněny (zpět) do komerční sféry. Stejně tak tomu bylo i s projektem RepRap, který inspiroval nespočet Makerů (technologicky orientovaná subkultura DIY<sup>70</sup>) ke stavbě vlastní 3D tiskárny. Mnozí z nich si již v počátcích tohoto projektu uvědomili jeho komerční potenciál a zahájili vlastní podnikání v tomto oboru.

Příkladem úspěchu, v tomto ohledu, je americká firma MakerBot Industries, založená dobrovolnými vývojáři projektu RepRap, Adamem Mayerem, Zacharim Smithem a Bre Pettisem, hned po vypršení patentů metody FDM, tedy v roce 2009. Jejich první 3D tiskárny vzešly z RepRapu, avšak nebyly tvořeny z vytisknutých dílů. Svoji skladbou se řadí spíše k takzvaným RepStrap 3D tiskárnám. Pojem RepStrap označuje 3D tiskárny sestavené jednoduše z čehokoliv, co umožňuje 3D tisk.<sup>71</sup> Firma MakerBot vyvíjela své 3D tiskárny s překližkovou konstrukcí, díky politice open-source, v úzké spolupráci s komunitou Makerů, kteří firmě dávali zpětnou vazbu, odstraňovali chyby a podíleli se na vylepšování tiskáren. Vedení firmy spolu s jejími zaměstnanci věřilo, že tvoří novou průmyslovou revoluci ve znamení DIY a sdílení. *"Být „open“ je budoucnost výroby a my jsme právě na počátku věku sdílení,"* řekl Pettis v roce 2011 v rozhovoru pro časopis MAKE. *„V budoucnu si lidé budou pamatovat podniky, které odmítaly sdílení se svými zákazníky a budou se zpětně divit, jak mohli být tak zpátečníci.“*<sup>72</sup> Na platformě open-source firma fungovala do roku 2012, kdy se na crowdfundingovém portálu Kickstarter objevila o 550 USD levnější kopie 3D tiskárny MakerBotReplicator pod názvem TangiBot. Právně tento záměr nebyl napadnutelný, protože open-source hardware není ze své podstaty proti tomuto jednání chráněn. Ačkoliv se Kickstarterová kampaň TangiBotu nesetkala s úspěchem, vedla tato epizoda firmu MakerBot k přehodnocení obchodní strategie. V září téhož roku byla, k velké nelibosti, do té doby spřízněné, komunity makerů, představena nová 3D tiskárna Replicator2, která už byla takzvaně „uzavřená“.<sup>73</sup> Skončila tak jedna cesta utopické vize o sebezdokonalující se společnosti.

---

<sup>69</sup>GEORGE, Ryan. The Dollo 3D Printer: Another Step Towards Complete Self-Replication. *3D Printing Industry* [online]. 3D Printing Industry, c2017, 7 Oct 2015 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://3dprintingindustry.com/news/the-dollo-3d-printer-another-step-towards-complete-self-replication-59365/>

<sup>70</sup>SWAN, Noelle. The 'maker movement' creates D.I.Y. revolution. *Csmonitor* [online]. Detroit: The Christian Science Monitor, 2016, 6 Jul 2016 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.csmonitor.com/Technology/2014/0706/The-maker-movement-creates-D.I.Y.-revolution>

<sup>71</sup>Category:RepStrap. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://reprap.org/wiki/Category:RepStrap>

<sup>72</sup>TORRONE, Phillip. MAKE's Exclusive Interview with Bre Pettis of MakerBot: Life, \$10M in Funding, and Beyond. *Make* [online]. Make Community, 2011, 6 October 2011 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://makezine.com/2011/10/06/makes-exclusive-interview-with-bre-pettis-of-makerbot-life-10m-in-funding-and-beyond/>

<sup>73</sup>ZALESKI, Andrew. The 3D Printing Revolution That Wasn't. *Wired* [online]. Condé Nast, 2016, 12. 1. 2016 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.wired.com/2016/12/the-3d-printing-revolution-that-wasnt/>

Přes problémy vyplývající z poruchovosti Replicatoru2, nemožnosti uživatelských úprav uzavřeného systému a chybějící zpětné vazby komunity, na kterou tato firma do té doby spoléhala, se firma MakerBot udržela na špici trhu s 3D tiskárnami. Dne 19. června 2013 oznámil gigant na poli 3D technologií – firma Stratasys, že koupila MakerBot za 604 milionu USD. V roce 2016 bylo po celém světě prodáno už 100 000 3D tiskáren MakerBot.<sup>74</sup> I nadále jde o velice oblíbenou a spolehlivou značku poloprofesionálních 3D tiskáren.

Česká republika v odvětví dostupných 3D tiskáren rozhodně nezůstává pozadu. Vděčí za to zejména Josefu Průšovi (\*1990). Tento havlíčkobrodský rodák se ve svých devatenácti letech aktivně zapojil do projektu RepRap.<sup>75</sup> Do této komunity vstoupil Průša jako nadšenec, maker, bez hlubší znalosti elektroniky (tou dobou studoval na gymnáziu), avšak brzy pronikl do problematiky stavby 3D tiskárny. Již v roce 2010 sdílel v komunitě RepRap svoji zjednodušenou a vylepšenou verzi 3D tiskárny Mendel, kterou sebevědomě pojmenoval jako Prusa Mendel. (3D tiskárny projektu RepRap do té doby nesly, jako výraz úcty a jako vyjádření vývoje platformy, včetně úsilí o replikovatelnost těchto tiskáren, názvy výhradně po významných přírodovědcích z oboru genetiky, jako Darwin, Mendel, či (Thomas Henry) Huxley. V české republice vešel Josef Průša do obecného povědomí jako neúnavný masmediální propagátor 3D tisku. Jako příklad uveďme interview v pořadu Na plovárně s Josefem Průšou z roku 2011.<sup>76</sup> Uskutečnil cyklus přednášek na Univerzitě Karlově a workshopů na Vysoké škole uměleckoprůmyslové. Věnoval se rovněž organizování komerčních workshopů, na nichž si nadšenci a příznivci 3D technologií mohli postavit svoji vlastní 3D tiskárnu. V roce 2012 založil firmu Prusa Research. Firma se od svého počátku zaměřuje na sortiment finančně dostupných open source 3D tiskáren, vyrobených, v duchu RepRap, částečně ze součástek tisknutých na 3D tiskárně. Design Průšovi 3D tiskárny prodělal v souvislosti se založením firmy zásadní proměnu. Nová generace tiskárny se výrazně odlišila i od ostatních RepRap tiskáren zejména díky užití designu z projektu OpenSCAD. Trojúhelníkový rám ze závitových tyčí byl nahrazen rámem hliníkovým, vyřezaným za pomoci vodního paprsku, představena byla i nová tisková tryska zvaná „Prusa Nozzle.“ Začaly se používat šrouby M5 místo zastaralých M8. Design se soustředil na jednoduchost konstrukce, snažil se navýšit počet částí, které si tiskárna dokázala vytisknout sama.<sup>77</sup> Tiskárna byla později prodávána pod označením Original Prusa i3. 3D tiskárny z Průšova sortimentu si zákazník vždy mohl objednat ve formě tzv. kitu, tedy souboru součástek a dílů připravených pro následné složení podle návodu, nebo, s příplatkem, jako již

---

<sup>74</sup> CLAY, Kelly. 3D Printing Company MakerBot Acquired In \$604 Million Deal. *Forbes* [online]. Forbes, 2013, 19 Jun 2013 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/kellyclay/2013/06/19/3d-printing-company-makerbot-acquired-in-604-million-deal/#754f08a81ef8>

<sup>75</sup> SLÍŽEK, David. Josef Průša (Prusa Research): Budeme vyrábět pět tisíc 3D tiskáren za měsíc. *Lupa.cz* [online]. 2016, 8. 3. 2016 [cit. 2020-05-09]. ISSN 1213-0702. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/clanky/josef-prusa-prusa-research-budeme-vyrabet-pet-tisic-3d-tiskaren-za-mesic/>

<sup>76</sup> Na plovárně: Josef Průša. *Česká televize* [online]. Česká televize, 2012, 29. 1. 2012 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://www.ceskatelevize.cz/porady/1093836883-na-plovarne/211522160100042-na-plovarne-s-josefem-prusou/>

<sup>77</sup> Prusa i3. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Prusa\\_i3#Prusa\\_Mendel\\_\(Generace\\_2\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Prusa_i3#Prusa_Mendel_(Generace_2))

sestavený, otestovaný a kalibrovaný stroj.<sup>78</sup> 3D tiskárna Prusa i3 a její další generace za dobu fungování firmy získaly mnohá ocenění (jako příklad uveďme opakované vítězství v žebříčcích prestižního časopisu Make<sup>79</sup>) a staly se jedněmi z nejrozšířenějších tiskáren na světě. Firma Prusa Research se tak díky sázce na Makers komunitu stala silným hráčem na poli 3D technologií. Dle žebříčku Deloitte CE Technology Fast 50 byla Prusa Research v roce 2018 nejrychleji rostoucí technologickou firmou ve střední Evropě s růstem přes 17 tisíc procent.<sup>80</sup> V roce 2019 pokořila hranici 130 000 prodaných 3D tiskáren a její roční tržby se pohybují nad hranicí jedné miliardy korun.<sup>81</sup>

V dnešní době existuje na internetu celá řada návodů na domácí stavbu 3D tiskárny, včetně virtuálních modelů potřebných k 3D tisku jednotlivých stavebních dílů. Nejznámější www stránkou sdílející DIY projekty ve formě podrobných návodů (nejen na stavbu 3D tiskárny) je Istructables.com, 3D modely jednotlivých dílů jsou nejčastěji sdíleny skrze server (MakerBot) Thingiverse.com. Tvůrce nové 3D tiskárny si dnes musí pouze zajistit potřebné součástky, včetně 3D tisku některých dílů (nejčastěji s pomocí lokální komunity Makerů/3D tiskařů), nebo tyto součástky koupit již jako kompletně připravený stavebnicový kit (v případě populárních 3D tiskáren, jako např. Prusa i3, Anet A8, Rebel 2). Stavba 3D tiskárny, zcela svépomocná, nebo z připraveného kitu, nutí uživatele 3D tiskárny k pochopení základních principů fungování stroje, což je velice výhodné vzhledem k faktu, že 3D tisk vždy vyžadoval, a patrně určitou dobu vyžadovat bude, od svého provozovatele jisté kutilské nadání, zejména po stránce údržby a servisu stroje. Kutilství je výhodou i v případě nejrozličnějších adaptací a upgradů 3D tiskárny vedoucích ke specifické tvorbě nad rámec základního využití stroje.

K současné demokratizaci 3D digitálních technologií rovněž významnou měrou přispěly (poněkud paradoxně) i výrobní a obchodní aktivity technologických firem podporovaných vládou Čínské lidové republiky. V současnosti lze právě z Číny objednat ty nejlevnější součástky na stavbu, či úpravu 3D tiskárny, případně celé 3D tiskárny již sestavené. Cena nejdostupnějších 3D tiskáren se v současnosti pohybuje kolem 5 000,- Kč a kvalita jejich výstupu je mnohdy srovnatelná s výstupy 3D tiskáren profesionálních. Tento fakt ve svém důsledku snižuje motivaci ke stavbě 3D tiskárny výhradně svépomocí.

---

<sup>78</sup> 3D tisk a 3D tiskárny od Josefa Průši. *Prusa3D* [online]. Praha: Prusa Research, 2020 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/#our-printer>

<sup>79</sup> Právě jsme vyhráli prestižní test časopisu Make:!  
*Prusa3D* [online]. Praha: Prusa Research, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/pro-media/>

<sup>80</sup> Deloitte Technology Fast 50 Central Europe 2018. *Deloitte* [online]. Deloitte, c2018 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ce/Documents/about-deloitte/ce-technology-fast-50-2018-report.pdf>

<sup>81</sup> BEDRICH, Václav. Prusa Research Josefa Průši prodal již přes 130 tisíc 3D tiskáren.: Loni firma utržila více než miliardu korun. *Czechcrunch* [online]. Praha: CzechCrunch, 2019, 3. 7. 2019 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.czechcrunch.cz/2019/07/prusa-research-josefa-prusi-prodal-jiz-pres-130-tisic-3d-tiskaren-loni-firma-utrzila-vice-nez-miliardu-koron/>

3D tiskárna se za jedině desetiletí díky potřebám a aktivitě komunity DIY proměnila z luxusní a nedostupné profesionální prototypovací technologie v široce dostupnou „hobby“ technologii běžné denní tvorby.

### 3.3 Software 3D modelování

Základním nástrojem práce digitálního sochaře je software, který umožňuje tvorbu prostorových modelů ve virtuálním prostředí, tedy návrh konečné podoby díla před jeho strojovou materializací. V předchozích kapitolách jsme se seznámili s průkopníky tvorby digitálního prostorového uměleckého díla, kteří byli, díky absenci potřebného softwaru pro navrhování konkrétního artefaktu, odkázáni na profesionální podporu, tedy na spolupráci s matematiky a inženýry, jejichž pracovní náplní byl výzkum v oblasti nově se vyvíjejícího oboru počítačově podporovaného designu (CAD) a počítačově podporované výroby (CAM). Mnozí průkopníci digitálního sochařství se etablovali právě z řad těchto odborníků, jiní se těmito odborníky museli, alespoň do určité míry, sami stát, museli si osvojit psaní základních kódů/softwareů počítačové tvorby.

Přestože první CAD program schopný tvorby 3D modelu a jeho iluzivního zobrazení v reálném čase na grafickém terminálu, byl vytvořen na MIT již v roce 1963, a přestože se od té doby soustavně věnovala vývoji 3D modelovacího softwaru na komerční bázi řada skupin na celém světě, bylo jeho masové využití možné až v závislosti na rozšíření relativně dostupného osobního počítače a jeho zvyšující se výpočetní kapacitě v průběhu osmdesátých a devadesátých let minulého století. Například k roku 1987, (přibližně po sedmnácti letech komerčního prodeje) bylo na celém světě prodáno na 100 000 licencí CAD systémů určených pro (do té doby) tradiční sálové počítače. Stejného počtu prodaných licencí dosáhl prodej CAD systémů pro osobní počítače za pouhých pět následujících let.<sup>82</sup> V současné době se počty prodaných licencí 3D modelovacích softwarů pohybují v řádech milionů. Na trhu existuje řada programů pro specifický druh tvorby virtuálního 3D modelu. Obecně se tyto programy dají rozdělit, dle způsobu práce, pro kterou jsou primárně navrženy, na softwary pro: Polygonové modelování, Digital sculpting, Computer Aided Design a Generativní (parametrické) modelování.

Polygonové modelování se používá zejména pro tvorbu charakterů určených k animacím a hernímu designu, tedy tam, kde je třeba modelů definovaných co nejjednodušší sítí pro snadný výpočet a tedy i hladký běh (animace). Metody polygonového modelování se dělí na tzv. Subdivision – Box modeling a Contour – Edge modeling. Základem Box modelingu je jednoduchý geometrický tvar, jako kostka, koule, nebo válec, který je následně, postupným vytahováním jednoho, nebo více polygonů, přetvářen do požadovaného vzhledu. Vždy se začíná s co nejjednodušší polygonovou sítí, která je následně, z důvodu dosažení potřebného detailu, dělena na menší části. Contour – Edge modeling spočívá v definování kontur objektu, následném ručním vyskládání jednotlivými polygony podél těchto kontur a vyplnění mezer, které leží mezi nimi. Tento způsob se využívá nejčastěji k modelování částí objektů vzniklých technikou Box modelingu a to v těch případech, kdy chce mít modelér

---

<sup>82</sup> A Brief Overview of the History of CAD. WEISBERG, David A. *The Engineering Design Revolution: The People, Companies and Computer Systems That Changed Forever the Practice of Engineering* [online]. David A. Weisberg, 2008, s. 25 [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <https://www.cadhistory.net/02%20Brief%20Overview.pdf>

absolutní kontrolu nad detailem a jeho polygonovou skladbou. Mezi nejznámější softwary polygonového modelování patří například 3ds Max a Maya od společnosti Autodesk.<sup>83</sup>

Digital sculpting – tímto pojmem se označuje typ modelování, který asi nejvíce připomíná práci se sochařskou hlinou. Vyžaduje sice vyšší nároky na výpočetní kapacitu PC, tento fakt je však vyvážen možností poměrně intuitivního modelování ve virtuálním prostředí. K dispozici je obvykle sada nástrojů, imitujících sochařské náčiní, kterým se přidává, odebírá, vytahuje, smršťuje, zvětšuje, či zmenšuje atp. virtuální „materiál“ modelu v pracovní zóně daného nástroje. Digital sculpting se využívá pro tvorbu charakterů s vysokým rozlišením detailu. Umělec může snadno interaktivně pracovat se sítěmi čítajícími často miliony polygonů. Mezi nejznámější softwary pro Digital Sculpting patří zejména ZBrush od společnosti Pixologic, nebo Mudbox od Autodesku.

Computer Aided Design (CAD) se nejčastěji využívá ve strojírenství a dalších průmyslových odvětvích pro navrhování funkčních dílů a designu. CAD software je komplexní systém, který umožňuje přesné navrhování funkčních dílů a celých sestav, často i s možností nejrůznějších analýz a exportu dokumentace. Hlavním rozdílem oproti modelování v polygonovém modeláři je konstrukce a definice plochy. Základem modelování v CAD je vytažení křivek z 2D do 3D prostoru čímž vznikají, matematicky definované plochy a tělesa, na rozdíl od povrchu definovaného sítí polygonů. Většina těchto softwarů využívá tzv. NURBS plochy, tedy plochy definované sítí tzv. B-Spline křivek (vychází z Bezierovi křivky). Prostor mezi těmito křivkami je pak automaticky interpolován softwarem, což umožňuje konstrukci absolutně hladkého povrchu každé zakřivené plochy. V případě potřeby je možné tyto plochy následně převést na polygonové sítě (například pro potřeby 3D tisku). Mezi nejznámější tzv. CAD modeláře patří softwary jako SolidWorks a CATIA od společnosti Dassault Systèmes, nebo AutoCAD a Inventor od Autodesku. Specificky NURBSovým modelářem je pak software Rhinoceros od společnosti Robert McNeel & Associates.<sup>84</sup>

Generativní design (bývá rovněž označován jako Parametrický, či Algoritmický design) je způsob práce, při kterém jsou objekty nebo celé scény generovány algoritmicky. Tvůrce 3D modelu tedy nevytváří objekt plochu po ploše – tak říkájíc ručně. Autor nejdříve vytváří soubor algoritmických pravidel a následně, jednoduchou změnou vybraných parametrů, celý projekt interaktivně mění. Výsledek tedy vybírá z nepřeberného množství variant. Tento způsob modelování se využívá v herním průmyslu pro generování terénů (pobřeží, pouští a

---

<sup>83</sup> WRONECKI, James A. *Concept Modeling With Nurbs, Polygon, And Subdivision Surfaces* [online]. 2006 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://peer.asee.org/concept-modeling-with-nurbs-polygon-and-subdivision-surfaces.pdf>

- 3D Modeling: An Overview on Various Techniques. *The Pro 3D Studio* [online]. ThePro3DStudio, 2018, 29 May 2018 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://professional3dservices.com/blog/3d-modeling-techniques.html>

<sup>84</sup> What is 3D CAD modeling? *Design Launchers* [online]. Orlando (Florida): Design Launchers, c2013-2020 [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: <https://www.designlaunchers.com/what-is-3d-cad-modeling>

- MUSSELWHITE, Katie. What is CAD Software? - Definition & Uses. *Study.com* [online]. Study.com, c2003-2020 [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: <https://study.com/academy/lesson/what-is-cad-software-definition-uses.html>

- USHAKOV, Dmitry. NURBS and CAD: 30 Years Together. *Isicad* [online]. Ledas, 2011, 30 Dec 2011 [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: [http://isicad.net/articles.php?article\\_num=14940](http://isicad.net/articles.php?article_num=14940)

hor), nebo například stromů, v architektuře představuje významný nástroj pro navrhování budov tzv. Organické architektury, konstruktéru umožňuje tvorbu organicky vyhlížejících nosných konstrukcí a designér může snadno měnit například proporce nábytku. V sochařství se generativního modelování užívá zejména pro tvorbu strukturálních objektů, nebo jako pomůcka k přípravě 3D modelu pro materializaci alternativními způsoby, například tzv. Stohování. Nástroje generativního designu jsou většinou doplňkovým softwarem jiných modelářů. Můžeme je tak nalézt v řadě zejména CAD softwarů, z nichž nejznámější jsou: Netfabb a Fusion360 od společnosti Autodesk, nebo (již zmíněné) SolidWorks a CATIA od společnosti Dassault Systèmes. Pro své všestranné využití je velice oblíbený plugin Grasshopper, poskytovaný zdarma jako doplněk placeného softwaru Rhinoceros.<sup>85</sup>

V praxi digitálního sochaře je třeba kombinovat mnoho vyjmenovaných metod a programů pro docílení co nejlepšího výsledku. Výše zmíněné softwary si může kdokoli, kdo má dostatečné finanční zázemí, jednoduše zakoupit, čímž získá plnohodnotné profesionální nástroje ke své práci. Jelikož však vesměs (i přes stále se snižující cenu 3D softwarů) nejde o levný a tedy ani obecně dostupný nástroj tvorby, je třeba v rámci DIY hledat alternativní řešení.

Jedním z takových řešení, typickým pro hackerskou komunitu (komunita s orientací na programovatelné systémy vzešlá z principů DIY),<sup>86</sup> může být osvojení si těchto drahých softwarů ve formě tzv. Warez, tedy nelegální kopie softwaru. Tato praxe sice není nijak vzácná (dle studie BSA činil v roce 2018 podíl nelicencovaného softwaru na všech osobních počítačích světa 37 %),<sup>87</sup> protože však jde o porušení autorského zákona (zákon číslo 121/2000 Sb.)<sup>88</sup> a jedná se tedy o trestný čin, nelze pořízení softwaru touto cestou nikomu doporučit.

Většinu z nabízených softwarů 3D modelování je obvykle možno si s jistými omezeními a na omezenou dobu (1–3 měsíce) vyzkoušet v rámci zkušební/trial verze. Mnoho výrobců a distributorů 3D modelovacích softwarů rovněž umožňuje zakoupení zvýhodněné verze pro studenty, případně tzv. edukační licence nabízejí zcela zdarma.

Edukační licence na cirka sedm desítek produktů, včetně 3D modelářů všech výše zmíněných metod, nabízí například gigant na poli 3D, společnost Autodesk Inc. Tato společnost v současné době poskytuje bezplatně i jeden z nejkompexnějších profesionálních

---

<sup>85</sup> Generativní navrhování. *CAD Studio* [online]. CAD Studio, c2020 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z:

<https://www.cadstudio.cz/generative-design.asp>

- Parametrický (algoritmický) design. *Nove Formy* [online]. Brno: Fakulta architektury VUT v Brně, 2011 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.noveformy.cz/parametricky-design/uvodem/>

<sup>86</sup> ALLEN, Preston. *DIY Art and Community Activism* [online]. Arcata (Kalifornie), 2019 [cit. 2020-06-01].

Dostupné z: <https://digitalcommons.humboldt.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1282&context=etd>.

Magisterská práce. The Faculty of Humboldt State University.

<sup>87</sup> Celosvětová studie BSA o užívání softwaru – Stručný přehled. *Gss.bsa* [online]. 2018 [cit. 2020-06-01].

Dostupné z: [https://gss.bsa.org/wp-](https://gss.bsa.org/wp-content/uploads/2018/06/2018_BSA_GSS_InBrief_Czechoslovakia_Czech.pdf)

[content/uploads/2018/06/2018\\_BSA\\_GSS\\_InBrief\\_Czechoslovakia\\_Czech.pdf](https://gss.bsa.org/wp-content/uploads/2018/06/2018_BSA_GSS_InBrief_Czechoslovakia_Czech.pdf)

<sup>88</sup> Autorský zákon: 121/2000 Sb. *Zákony.centrum.cz* [online]. 2015, 1.1.2015 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z:

<http://zakony.centrum.cz/autorsky-zakon/>

CAD/CAM softwarů na trhu, Fusion 360. Specifikem tohoto produktu je fakt, že je k dispozici zdarma „pro všechny studenty základních, středních a vysokých škol nebo jiná nezisková vzdělávací zařízení a také pro všechny kutily“. Bezplatné užívání tohoto softwaru tedy není podmíněno doloženým probíhajícím studiem na oficiální vzdělávací instituci a může jej využít kdokoli se zájmem o 3D modelování. Dalším unikátem politiky společnosti Autodesk, v případě tohoto softwaru, je možnost jej v omezené míře využít i pro účely komerční v rámci tzv. Startup licence. Podmínkou takového užívání Fusionu 360 je splnění definice startup, tedy firemní obrat nepřevyšující 100 000 USD za rok.<sup>89</sup>

Dalším softwarem z produkce společnosti Autodesk, důležitým pro sochařskou tvorbu již budu popisovat v kapitole Sochařství postprodukce, je Meshmixer. Tento 3D modelář na bázi tzv. „clay modeling“ je jedinečným nástrojem pro opravu a úpravu síťových 3D modelů, včetně sítí vzniklých na základě 3D digitalizace prostorových objektů. Ve své podstatě se jedná o nástroj využívající Digital sculptingu ke snadnému domodelování, například chybějících, či nedostatečně digitalizovaných detailů 3D skenu, možné je však, relativně intuitivně, přemodelovat jakýkoliv 3D model s povrchem definovaným polygonovou sítí. Velkou výhodou je rovněž snadné mixování více polygonových sítí do podoby nového objektu. Software Meshmixer je distribuován jako freeware, je tedy zdarma k dispozici pro každého, v tomto případě i ke komerčnímu užití.<sup>90</sup>

V případě více zmíněné společnosti Autodesk, ale i v případě kteréhokoliv jiného komerčního výrobce, který poskytuje svůj software zdarma, však může kdykoliv dojít ke změně firemní politiky, případně k naplnění cílů, pro který byl daný software uvolněn jako freeware. Vedle ojedinělých důvodů filantropických, bývá software komerčních společností často poskytován jako freeware, v rámci uvedení produktu na trh, pro seznámení široké veřejnosti s jedinečnými vlastnostmi produktu, nebo v rámci cíleného oslabování konkurenčního prostředí. Jakmile kampaň svůj účel splní, dochází ke zpoplatnění softwaru.

Stoupenci principů DIY chápou problém placeného/nedostupného softwaru jako nesvobodu, kterou se pokoušejí řešit tvorbou alternativních softwarových nástrojů k bezplatnému použití. Takto vzniklý software bývá označován jako svobodný software (Free software), nebo Otevřený Zdroj (Open source). „Pojmy „svobodný software“ a „otevřený zdroj“ označují téměř stejnou skupinu programů. Nicméně o těchto programech říkají hluboce odlišné věci založené na rozdílných hodnotách. Hnutí Free software usiluje o svobodu pro uživatele počítačů; je to hnutí za svobodu a spravedlnost. Naproti tomu myšlenka open source hodnotí hlavně praktickou výhodu a neusiluje o principy.“<sup>91</sup> Jinak řečeno: „Open

---

<sup>89</sup> Fusion 360 [online]. Adeon, c2002-2020 [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.fusion360.cz/edu/>

<sup>90</sup> Meshmixer [online]. Autodesk, c2017 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <http://www.meshmixer.com/>  
- Autodesk Knowledge Network: Free for Corporate Use? *Forums Autodesk* [online]. Autodesk, c2018 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <https://forums.autodesk.com/t5/meshmixer/free-for-corporate-use/td-p/8094661>

<sup>91</sup> STALLMAN, Richard. Why Open Source misses the point of Free Software. *GNU Operating System* [online]. Richard Stallman, 2020, 7.1.2020 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <https://www.gnu.org/philosophy/open-source-misses-the-point.html>



*source je metodologie vývoje; svobodný software je sociální hnutí.*<sup>92</sup> Dá se tedy říci, že oba způsoby licencování softwaru vycházejí ze základních hodnot DIY, tedy potřeby sdílení a volného přístupu k technologiím. Pojem otevřeného zdroje pak, dle mého názoru, díky důrazu na zpřístupnění zdrojového kódu, k jeho snadnému zdokonalení, či přetvoření (i v rámci tvorby komerčního produktu), prakticky reaguje na potřebu tvorby trvale udržitelných modelů.

Zřejmě nejznámějším svobodným softwarem pro 3D modelování je program Blender. Blender vznikl od roku 1995 přepisováním interních modelovacích nástrojů, v té době největšího, Nizozemského animačního studia NeoGeo (založeno roku 1988 Tonem Roosendaalem). Od roku 2000 se práce na tomto softwaru přesunuly pod hlavičku nově vzniklé společnosti Not a Number (NaN). Původním záměrem bylo vytvoření bezplatného online 3D modeláře a jeho plnohodnotné off-line verze pro komerční distribuci. Začátkem roku 2002 byl však, akcionáři NaN, celý projekt, z důvodu neuspokojivého prodeje a obtížné finanční situace, zastaven. Ton Roosendaal se však nevzdal a hledal nové způsoby financování projektu Blender. Již v květnu roku 2002 založil neziskovou Blender Foundation, která o několik měsíců později vyhlásila crowdfundingovou kampaň Free Blender. Cílem této kampaně bylo vybrat 100 000,- EUR na zpřístupnění Blenderu jako bezplatného softwaru s otevřeným zdrojovým kódem. K velkému překvapení organizátorů se tuto částku podařilo vybrat již během sedmi týdnů. V neděli 13. října 2002 tak byl přiveden na svět software Blender za podmínek General public Licence. Vývoj programu od toho dne pokračuje ve formě celosvětového komunitního projektu.<sup>93</sup> Veřejnost je oprávněna provádět malé a velké změny zdrojového kódu, což vede k novým funkcím, odpovědným opravám chyb a lepší použitelnosti softwaru. Pokročilí uživatelé mohou skrze skriptování v jazyce Python přizpůsobovat aplikace a navrhovat specializované nástroje. Tyto úpravy jsou často zahrnuty v budoucích vydáních tohoto softwaru. Blender je dnes univerzálním nástrojem 3D modelování, který vedle původního polygonového modelování a animace, umožňuje řadu dalších funkcí, jako je CAD a parametrické modelování, digital sculpting, simulace, renderování, ale také tvorbu her, nebo třeba i editaci videa.<sup>94</sup> V červenci roku 2009 obdržel Ton Roosendaal, za vynikající přínos pro kreativní technologii, honorární doktorát technologie na britské Leeds Metropolitan University.<sup>95</sup>

V současnosti, existuje celá řada 3D modelovacích softwarů distribuovaných zdarma jako freeware, free software, či open source, případně určených k bezplatnému užití prostřednictvím webového prohlížeče bez nutnosti instalace na osobním PC. Mezi nejoblíbenější softwary jednotlivých metod patří: již zmíněný Blender, případně Wings 3D

---

<sup>92</sup> STALLMAN, Richard. What is the difference between Open Source and Free Software? *LibrePlanet* [online]. Free Software Foundation, c2013-2020 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z:

[https://libreplanet.org/wiki/What\\_is\\_the\\_difference\\_between\\_Open\\_Source\\_and\\_Free\\_Software%3F](https://libreplanet.org/wiki/What_is_the_difference_between_Open_Source_and_Free_Software%3F)

<sup>93</sup> History. *Blender* [online]. Amsterdam: Blender, 2013 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z:

<https://www.blender.org/foundation/history/>

<sup>94</sup> About. *Blender* [online]. Blender [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.blender.org/about/>

<sup>95</sup> History. *Blender* [online]. Amsterdam: Blender, 2013 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z:

<https://www.blender.org/foundation/history/>

pro polygonové modelování, Sculptris a Meshmixer pro digital sculpting a Fusion 360, FreeCAD, TinkerCAD, OpenSCAD nebo Onshape pro 3D CAD modelování.

### 3.4 3D skener

Kromě vlastního modelování digitálního artefaktu se s rozvojem 3D technologií otevírá stále větší prostor i objektu digitalizovanému, tedy takovému, který již existuje v reálném trojdimenzionálním prostoru našeho světa a kterému byl pomocí 3D skenovacího systému vytvořen, či pořízen jeho digitální objemový dvojník ve světě virtuálním. 3D skenování je jednou ze základních technologií digitálního sochařství. Díky 3D skenerům je možné pracovat s tvarem téměř jakéhokoliv reálného objektu, bez nutnosti tvorby matrice. Skenovaný objekt se následně může stát zdrojem k přetvoření v uměleckém díle.

První dotykové 3D skenery (označované jako CMM – coordinate measuring machines) vznikli, pro potřeby automobilového a leteckého průmyslu, již v šedesátých letech minulého století.<sup>96</sup> Kvůli časové náročnosti a zejména pro nedostatečnou výpočetní kapacitu tehdejších počítačů, potřebnou pro skenování komplexních strukturálních modelů, se však 3D skener v sochařské tvorbě prakticky nevyužíval další téměř tři dekády. Až s narůstající kapacitou pevných disků a operačních pamětí běžných počítačů se, na počátku let devadesátých, začal 3D skener využívat hojněji. Mezi nejrozšířenější v té době patřili skenery využívající tzv. bílé světlo a horkou novinkou byl skener laserový.<sup>97</sup>

Do vývoje 3D skenerů se na počátku devadesátých let zapojili i sochaři, specialisté na archeologické restaurování, konkrétně francouzské duo Roland a Benoit Coignardovi, kteří ve spolupráci se společností Mensi vyvíjeli 3D skener schopný analyzovat geometrii rozměrných kusů. Tato „Optická forma“, jak ji nazývali, „měla obrovskou výhodu v tom, že se nepotřebovala dotýkat originálu. Se získanými datovými soubory šlo zkoušet virtuální sestavy roztroušených fragmentů a následně simulovat obnovu artefaktu“.<sup>98</sup> Data rovněž skýtala možnost snadné archivace.

Nástrojů k digitalizaci objemových těles je dnes principiálně hned několik. Vedle dnes již klasických a většinou nákladných průmyslových 3D skenerů se k digitalizaci modelu využívají stále dostupnější ruční 3D skenery, podomácku upravené herní konzole s infračerveným hloubkovým senzorem, laserové DIY skenovací systémy, či aplikace pro tvorbu 3D modelu pomocí tzv. fotogrammetrie.

Jednou ze zmíněných alternativ průmyslového skeneru je využití upravené, relativně levné, herní konzole KINECT pro X-box 360, či některého jejího „klonu“. Kinect byl poprvé představen na herní konferenci Electronic Entertainment Expo 1. června 2009. V té době byl

---

<sup>96</sup> The history of metrology from Galileo to optical systems. *Creaform* [online]. Creaform, 2016, 25 Oct 2016 [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.creaform3d.com/blog/the-history-of-metrology-from-galileo-to-optical-systems/>

<sup>97</sup> History of 3D scanners. *Modena* [online]. [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.modena.co.za/history-of-3d-scanners/>

<sup>98</sup> LAVIGNE, Christian, Marie-Paule JICCIO a Robert Michael SMITH. La sculpture numerique. *Computer Arts* [online]. United Kingdom: Future Publishing, 1998, 1998, (4) [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://www.sculpture.org/documents/webspec/magazine/wsenglis.shtml>

ještě označován kódovým jménem „Projekt Natal“.<sup>99</sup> Jedná se o unikátní přístroj, který jedinečným způsobem propojuje reálný a virtuální prostor. Senzor byl původně určen výhradně ke snímání pohybu hráče a jeho interakci s hrou na konzoli X-BOX 360. Na rozdíl od drtivé většiny podobných systémů pro snímání pohybu Kinect nevyžaduje, aby uživatel nosil speciální typ oděvu (např. s jednotlivými částmi odlišenými barevně), nebo aby měl na svém těle připevněny jakékoliv značky. Není proto divu, že se tento senzor stal herním hitem a velice brzy i základem mnoha interaktivních instalací umělců po celém světě. Díky kombinaci RGB kamery a hloubkového infračerveného čidla se z Kinectu stává, kromě nástroje pro analýzu pohybu diváka také jeden z nejlevnějších 3D scannerů umožňujících jak klasický objemový sken, tak i jeho barevnou variantu, vhodnou zejména pro plno barevný 3D tisk.

Užití Kinectu k těmto, nepůvodním aplikacím však bylo možné zejména díky iniciativě hackerské komunity, která okamžitě rozpoznala potenciál tohoto přístroje. První ovladače pro připojení Kinectu na PC se objevili již několik hodin po jeho uvedení na britský trh. Jako motivace hackerské komunitě posloužila i výzva společnosti Adafruit, která veřejně nabídla za tvorbu opensource ovladače ke Kinectu odměnu ve výši tři tisíce dolarů. Cenu od firmy Adafruit získal hacker Hector Martín, který sice nebyl prvním, komu se povedlo Kinect připojit k počítači, ale jako první uvolnil ovladače, ve formě opensource.<sup>100</sup> Tato iniciativa postupně přinutila původně odmítavé vývojáře Microsoftu k vytvoření nové verze přímo určené pro PC. Microsoft Kinect pro Windows byl uveden na trh 1. února 2012.

Skenování přístroji na bázi odraženého infračerveného světla se využívá zejména pro zaznamenání tvaru větších objektů v reálném čase, avšak s nižšími nároky na vykreslení detailu. Velice oblíbené je jejich využití pro skenování lidské figury, kterou, při zachování charakteristických rysů individuální podoby, specifickým způsobem stylizují. Výhodou oproti jiným 3D skenerům je i možnost zaznamenání objemu vlasů.

Herní konzole Microsoft Kinect se, přes několik počátečních prodejních rekordů (zapsaných v Guinnessově knize rekordů)<sup>101</sup> a ve výsledku prodaných neuvěřitelných cca 35 milionu kusů, bohužel přestala vyrábět ve druhé polovině roku 2017.<sup>102</sup> Její technologie však přetrvává dál v produktech firem, jako jsou Microsoft, Apple, 3D Systems a dalších a i nadále tvoří jádro jednoho z nejlevnějších DIY 3D skenerů.

Příkladem další možnosti svépomocné výroby 3D digitalizačního nástroje je tvorba 3D skeneru na bázi strukturovaného světla. Celý systém se skládá z potřebného softwaru a

---

<sup>99</sup> LOWENSOHN, Josh. Timeline: A look back at Kinect's history. *CNET* [online]. CBS Interactive, 2011, 23 Feb 2011 [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/news/timeline-a-look-back-at-kinects-history>

<sup>100</sup> QUICK, Darren. US\$3,000 bounty claimed for open source Kinect drivers. *New Atlas* [online]. New Atlas, 2010, 10 Nov 2010 [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: <https://newatlas.com/open-source-drivers-kinect-released/16905/>

<sup>101</sup> PECKHAM, Matt. Kinect Breaks Guinness Record, Sells 10 Million Systems, Tops iPhone and iPad. *PC World* [online]. IDG Communications, 2011, 9 Mar 2011 [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: [https://www.pcworld.com/article/221738/kinect\\_breaks\\_guinness\\_record\\_sells\\_10\\_millions\\_systems.html](https://www.pcworld.com/article/221738/kinect_breaks_guinness_record_sells_10_millions_systems.html)

<sup>102</sup> WILSON, Mark. Exclusive: Microsoft Has Stopped Manufacturing The Kinect. *Fast Company* [online]. Fast Company, 2017, 25. 10. 2017 [cit. 2020-02-20]. Dostupné z: <https://www.fastcompany.com/90147868/exclusive-microsoft-has-stopped-manufacturing-the-kinect>

hardwaru v podobě světelného projektoru (může být nahrazen liniovým laserem), webové kamery, notebooku, případně digitální otočné platformy a kalibrační desky. Projektor vrhá na skenovaný objekt světlo nejčastěji v podobě rovnoběžných tenkých pruhů, nebo mřížky. Webová kamera, je namířena na skenovaný objekt v odlišném úhlu, než z jakého je vrháno světlo a zaznamenává deformace světelného rastru na povrchu tohoto modelu. Deformované linie jsou v počítači podrobeny analýze a následně je z nich za pomoci algoritmů na bázi triangulace rekonstruován virtuální 3D povrch. Tímto způsobem je objekt skenován z více stran. Jednotlivé části sítí jsou posléze spojeny do podoby odpovídající reálné předloze.<sup>103</sup> Na webu je mnoho návodů na DIY stavbu 3D skeneru na bázi strukturovaného světla.

Kvalitní výsledky a podrobnou dokumentaci má například projekt FabScan. Autorem tohoto projektu je Francis Engelmann, který vytvořil první verzi svého open source laserového skeneru jako bakalářskou práci na RWTH Aachen University v roce 2011. V témže roce sdílel i zdrojový kód 3D skeneru prostřednictvím webu github.com. 3D skener, využíval ke svému chodu platformu Arduino – Uno, webovou kameru, liniový laser, krokový motor pro otáčení skenovaného modelu a byl ovládán z laptopu s operačním systémem Mac, nebo Linux. Konstrukce 3D skeneru byla sestavena (po vzoru prvních 3D tiskáren MakerBot) z, laserem řezané, překližky.<sup>104</sup> Tento projekt, díky principu otevřeného zdroje a nízkým nákladům na stavbu 3D skeneru, (náklady nepřevyšovali 100 USD), se stal velice brzy populárním v komunitě Makerů, která se, vedle tvorby modifikací 3D skeneru, rovněž podílela na dalším vývoji projektu. Například, v roce 2015 vytvořil Wolfgang Schmidt svůj vlastní software na bázi FabScanu pro operační systém Windows.<sup>105</sup> Nejnovější verze skeneru s názvem FabScan PI, vzešlá z bakalářské práce Maria Lukase, již ke svému chodu využívá platformu Raspberry Pi. Využitím této platformy se z 3D skeneru stává samostatné zařízení, jehož funkce jsou ovládány skrze internet.<sup>106</sup>

Mezi nejdostupnější nástroje k 3D digitalizaci objektu patří bezesporu fotogrammetrie. Ke skenování za pomoci fotogrammetrie je zapotřebí pouze fotoaparát, stolní počítač a adekvátní software. V některých případech postačí fotoaparát chytrého telefonu a připojení na internet – výpočet 3D modelu pak probíhá na cloudu. Fotogrammetrie, jak název této technologie napovídá (složenina řeckých slov photos = světlo, gramma = zápis, metron = měření), je věda zabývající se měřením na základě fotografických snímků. V užším smyslu označuje digitální rekonstrukci objemového modelu

---

<sup>103</sup> COCON, Matteo, Gustavo MARFIA a Marco ROCCETTI. XTrack: A Flexible Real-Time 3D Scanner for Home Computing Applications. *2012 21st International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN)* [online]. IEEE, 2012, 2012, 1-5 [cit. 2020-02-20]. DOI: 10.1109/ICCCN.2012.6289209. ISBN 978-1-4673-1544-9. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6289209/>

<sup>104</sup> FabScan: The 100-Euro 3D Laser Scanner. *Media Computing Group* [online]. Aachen: Media Computing Group, 2016, 16 Apr 2016 [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://hci.rwth-aachen.de/fabscanoriginal>

<sup>105</sup> FabScan - 3D Laser Scanner. *Media Computing Group* [online]. Aachen: Media Computing Group, 2019, 18 Feb 2019 [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://hci.rwth-aachen.de/fabscan-software>

<sup>106</sup> FabScan PI: A Stand-Alone Web-Enabled 3D Scanner. *Media Computing Group* [online]. Aachen: Media Computing Group, 2019, 18 Feb 2019 [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://hci.rwth-aachen.de/fabscanpi>

na základě série fotografií. Dnešní fotogrammetrický software sám rozpozná (v některých případech je nutná manuální editace) společné body na fotografiích, které označí jako klíčové a na základě triangulace určí prostorové souřadnice těchto bodů. Výsledkem je interpretace fotografických snímků ve formě 3D modelu.<sup>107</sup>

Zřejmě největší zásluhu na popularizaci fotogrammetrie, jako nástroje k 3D digitalizaci objektu má softwarová firma Autodesk. V roce 2010 představila tato firma projekt Photofly, webovou platformu umožňující uživateli odvození síťového 3D modelu z minimálně pěti fotografií. Photofly využíval program „Autodesk Photo Scene Editor“, který musel být nainstalován v počítači, jako komunikační platforma mezi uživatelem a serverem. Skrze velice jasné uživatelské prostředí byly vybrané fotografie zasílány na server. V závislosti na složitosti struktury byl hotový 3D model k dispozici ke stažení v řádu několika minut. V listopadu 2011 byla tato platforma přejmenována na 123D Catch<sup>108</sup> a uvedena na trh v rámci balíčku volně dostupných programů řady 123D. Pod tímto názvem se, díky masivní reklamní kampani a zejména díky faktu, že šlo o freeware, většina uživatelů vůbec poprvé setkala s použitím fotogrammetrie při tvorbě 3D modelu.

Společnost Autodesk od listopadu 2016 do března 2017 bohužel postupně ukončila všechny aplikace série 123D. (Zachován zůstal pouze software Circuit, určený pro snadné navrhování elektronických obvodů.) V případě 123D Catch byla aplikace včleněna do nového, pokročilejšího, avšak již zpoplatněného, cloudového nástroje s názvem ReMake.<sup>109</sup> Cena ročního předplatného stojí něco málo přes deset tisíc korun.<sup>110</sup> Naštěstí bylo za dobu bezplatného fungování služby 123D Catch vyvinuto mnoho dalších volně dostupných softwarů umožňujících tvorbu 3D modelu za pomoci fotogrammetrie. Mezi ně patří softwary jako Meshroom, MicMac, Regard3D, či VisualSFM.<sup>111</sup>

---

<sup>107</sup> Basics of Photogrammetry. *GIS Resources* [online]. GIS Resources, 2013, 1 September 2013 [cit. 2018-09-10]. Dostupné z: [http://www.gisresources.com/basic-of-photogrammetry\\_2/](http://www.gisresources.com/basic-of-photogrammetry_2/)

<sup>108</sup> IOANNIDES, Marinos, Dieter FRITSCH, Johanna LEISSNER, Rob DAVIES, Fabio REMONDINO a Rossa CAFFO, ed. *Progress in Cultural Heritage Preservation: 4th International Conference, EuroMed 2012, Lemessos, Cyprus, October 29 - November 3, 2012, Proceedings*. Berlin: Springer, 2012, s. 3. DOI: 10.1007/978-3-642-34234-9. ISBN 978-3642342332.

<sup>109</sup> Autodesk 123D. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk\\_123D](https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_123D)

<sup>110</sup> ReCap Pro: Software pro zachycování reality, který spojuje fyzický svět s digitálním. *Autodesk* [online]. Autodesk, c2020 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.autodesk.cz/products/recap/subscribe?referrer=%2Fproducts%2Frecap%2Fsubscribe&plc=RECAP&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>

<sup>111</sup> ÜBEL, Max von. 2020 Best Photogrammetry Software (Some are Free). *All3DP* [online]. All3DP, 2020, 10 Apr 2020 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://all3dp.com/1/best-photogrammetry-software/>

### 3.5 Databáze 3D modelů

V důsledku obecné dostupnosti 3D skenerů a jejich hojného využití vznikají na internetu bohaté kolekce prostorově digitalizovaných předmětů, které je možno využít jakožto inspiraci, jako referenci k sochařské práci, ale také k přímému přetvoření v nové sochařské dílo. Databáze 3D modelů se tak stávají jedním ze zdrojů současné sochařské tvorby. Jejich přímé využití v umělecké praxi pak můžeme vnímat jako jednu z technologií digitálního sochaře. V této kapitole bude pozornost věnována zejména vzniku databází 3D modelů, mnohdy za účasti komunity spojené s fenoménem DIY. Samotné využití těchto databází v praxi digitálního sochařství bude předmětem dalších kapitol této práce.

Originální způsob digitalizace vlastních sbírek zvolilo několik předních světových muzeí. Tyto instituce využily boomu 3D technologií a zahrnuly DIY 3D skenování do svých doprovodných programů, jako jednu z dalších motivací k návštěvě muzea. Tímto počinem získávají, kromě zvýšení diváckého zájmu i levně a relativně bezpracně množství, mnohdy velice kvalitních, 3D skenů pro virtuální archiv svých sbírkových předmětů.

První muzejní institucí, která využila DIY 3D digitalizaci artefaktu v rámci svých doprovodných programů, se stalo Metropolitan Museum of Art New York (MET). V červnu roku 2012 byla, v rámci programů sekce MediaLab, což je oddělení zaměřené na práci s muzejními artefakty v kombinaci s nejnovějšími digitálními technologiemi, nahrána na stránky thingiverse.com první digitalizovaná socha ze sbírek muzea, *Ležící Naiada* (1819–1824) od Antonia Canovy. Za artefaktem, digitalizovaným pomocí fotoaparátu a aplikace 123D Catch od Autodesku, brzy následovala řada dalších soch. Newyorské MET ve svých prostorách a na webových stránkách přímo vyzývá návštěvníky, aby se nebáli a sami digitalizovali vystavené artefakty, které potom mohou sdílet s ostatními milovníky umění, například na zmíněném serveru Thingiverse, nebo je mohou využít pro svou vlastní práci a zábavu. Jako ukázkou tvůrčí práce s digitalizovanými sochami představovalo MET v propagačních materiálech projektu, dílo Jonathana Monaghana. Tento umělec, v rámci 3D Hackathonu pořádaného MET v květnu roku 2012, naskenoval za pomoci aplikace 123D Catch sochy *Léda a labuť* a *Marsyas*. Následně v programu Mashmixer odstranil hlavu labutě z prvního sousoší a nahradil ji hlavou Marsya, čímž vytvořil nové svěží dílko nazvané jednoduše *Leda a Marsyas*.<sup>112</sup>

Umožněním veřejné 3D digitalizace sbírkových předmětů inspirovalo MET i další muzea. Řada z nich dokonce na své vlastní náklady pořizuje 3D skeny ikonických artefaktů, které následně sdílí s veřejností. Mezi prvními odstartoval v roce 2013 Smithsonian institut, podporovaný vládou USA, svůj projekt Smithsonian X 3D, který měl představit specifické

---

<sup>112</sup> TERRASSA, Jackie a Don UNDEEN. Met 3D: The Museum's First 3D Scanning and Printing Hackathon. *Metmuseum.org* [online]. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2012, 31 May 2012 [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <https://www.metmuseum.org/blogs/now-at-the-met/features/2012/hackathon> - UNDEEN, Don. 3D Scanning, Hacking, and Printing in Art Museums, for the Masses. *Metmuseum.org* [online]. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2013, 15 Oct 2013 [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <http://www.metmuseum.org/blogs/digital-underground/posts/2013/3d-printing>

technologie 3D skenování k digitalizaci muzejního objektu a upozornit tak na výhody, které v sobě archivace exponátů touto metodou přináší. „Projekt ukazuje, že tato nová technologie má potenciál transformovat základní funkce muzea. Vědci, kteří pracují v terénu, se nemusí vracet pouze se vzorky, ale i s 3D daty dokumentujícími nález. Kurátoři a pedagogové mohou využít 3D data jako pomůcku ke svému výkladu. Restaurátoři mohou srovnat dnešní stav sbírkového předmětu se stavem minulým – analýza odchylky 3D dat jim přesně řekne, kde došlo ke změnám.“<sup>113</sup> Příklady použití jednotlivých 3D skenovacích technologií, stejně jako videa dokumentující průběh projektu, jsou přístupné prostřednictvím webového prohlížeče na stránkách Smithsonian x 3D. Pro podporu dalšího výzkumu poskytl Institut na těchto webových stránkách dvacet ikonických sbírkových předmětů k volnému stažení. Můžeme zde nalézt tomograficky skenovanou vosu uvězněnou v masožravé orchideji, velice detailní laserový sken kraba modrého, kostru mamuta, 3D skeny odlitků Lincolnova obličejů, 3D model letadla bratří Wrightů, ale i rozsáhlé projekty digitalizace jeskynního sídliště Liang Bua a dělostřelecké lodi Philadelphia. Přestože Smithsonian institut uváděl, že jde o začátek digitalizace deseti procent vlastních sbírek, zůstalo zatím, alespoň po stránce sdílení digitalizovaných exponátů s veřejností, jen u těchto dvaceti demonstračních modelů. Detailní digitalizace prostorového artefaktu je stále velice náročná disciplína a sbírky muzea čítají na 137 milionů kusů. Nelze se tedy příliš divit, že úsilí instituce v tomto ohledu poněkud polevilo. „Pokud by ve Smithsonian byli schopni digitalizovat jeden předmět každou minutu, trvalo by asi 260 let než by zpracovali celý archiv.“<sup>114</sup>

V současnosti je veřejné sdílení sbírkových předmětů ve formě 3D modelu poměrně běžnou praxí bezpočtu muzejních institucí. Například Londýnské British Museum zřídilo roku 2014 svůj vlastní účet na serveru Sketchfab. Od té doby bylo na tyto stránky vloženo na dvě stě padesát volně stažitelných detailních skenů soch a dalších archiválií ze sbírek této instituce. Hlava egyptského krále Amenemhata III. se v roce 2015 se svými přes dva tisíce dvě stě staženími stala jedním z nejvíce stahovaných modelů v historii serveru Sketchfab.<sup>115</sup>

Jednou z dalších motivací k tvorbě databází 3D modelů je i využití 3D digitalizace pro účely zachování památek světového kulturního dědictví budoucím generacím. Existuje množství příčin ohrožujících existenci kulturního dědictví. Obecně je lze rozdělit na umělé a přirozené. Do kategorie umělých zahrnujeme ničení památek v rámci konfliktů a stavebního rozvoje. Válka se v poslední době stala jedním z nejvíce sledovaných umělých ohrožení kulturního dědictví, a to zejména v rámci probíhajících konfliktů v Africe a na Středním

---

<sup>113</sup> WAIBEL, Günter. Smithsonian X 3D: How a 167-year-old Museum Leverages 3D Technology. *Dpo.si* [online]. Smithsonian, 2015, 27.12.2015 [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <https://dpo.si.edu/blog/smithsonian-x-3d-how-167-year-old-museum-leverages-3d-technology>

<sup>114</sup> Ibid.

<sup>115</sup> MOLITCH-HOU, Michael. Free 3d printable of the week Amenemhat iii Sketchfabs most downloaded model. *3D Printing Industry* [online]. 3D Printing Industry, 2015, 25 Sep 2015 [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <https://3dprintingindustry.com/news/free-3d-printable-of-the-week-amenemhat-iii-sketchfabs-most-downloaded-model-58468/>  
<http://3dprintingindustry.com/2015/09/25/free-3d-printable-of-the-week-amenemhat-iii-sketchfabs-most-downloaded-model/> (cit. 3. 1. 2016).



východě. Skupiny bojující z ideologických a náboženských důvodů se pokouší ničit artefakty, které jsou v rozporu s jejich přesvědčením a vírou. Nedávné ničení města Nimrudu bojovníky tzv. Islámského státu je jedním z takových příkladů.<sup>116</sup> Na druhé straně i dobře míněné projekty v obdobích klidu a míru mohou mít podobné, ba i horší důsledky. Vzpomeňme například na uskutečněné projekty přehradních děl, jakými jsou Asuánská přehrada na řece Nil v Egyptě či přehrada Tři soutěsky na řece Jang-c' v Číně, při jejichž realizaci bylo zaplaveno kulturní dědictví ohromného rozsahu a nevyčísitelné hodnoty. Hrozby z kategorie přirozených příčin probíhají soustavně po celém světě a zabránit jim jde jen velice obtížně. Řadíme mezi ně důsledky nejrůznějších přírodních katastrof, jako jsou povodně, tsunami, tornáda, výbuchy sopek, ale i obyčejné zvětrávání kamene či hnití dřeva. Za zmínku stojí i hrozící zánik nespočtu míst v souvislosti se změnami klimatu a zvedající se hladinou světových moří a oceánů.

Problematikou zachování světového kulturního dědictví s pomocí 3D digitalizace památek se programově zabývá hned několik institucí. Mezi prvními jmenujme CyArk (Cyber Archive), vedoucí mezinárodní neziskovou organizaci, založenou v roce 2003 za účelem digitální archivace míst světového kulturního dědictví pro budoucí generace a jejich následné bezplatné prezentace v 3D online knihovně.<sup>117</sup> Její aktivity byly zpočátku financovány z majetku rodiny zakladatele CyArk Bena Kaciry, později z příjmů nadace rodiny Kacira a dnes je plně závislá na sponzorském financování a práci komunity dobrovolníků z řad institucí, firem a nadšenců z celého světa. Na svém kontě má tato organizace digitalizaci mnoha významných památek z archeologických lokalit jako Théby, Angkor Wat, Chichen Itza, Mesa Verde, Pompeje, Rapa Nui, Tikal a mnoho dalších.

CyArk už zaznamenala i první hmatatelné úspěchy na poli záchrany památek. V roce 2008 byla v důsledku žhářského útoku poničena starobylá Velká jižní brána do jihokorejského města Soul. Naštěstí byla tato stavba ještě před požárem na popud Správy jihokorejského kulturního dědictví důkladně digitalizována laserovými skenery. Tato data, která byla svěřena k archivaci právě CyArk, následně umožnila detailní rekonstrukci celé budovy, zejména, zcela zničených, dřevěných pater.<sup>118</sup>

Mezi dalšími institucemi jmenujme například CHI (Cultural Heritage Imaging), neziskovou organizaci založenou v roce 2002 jako platformu pro komunitu se zajmen o zachování kulturního dědictví. CHI zajišťuje technologie, nástroje, praktická školení a

---

<sup>116</sup> HINSON, Matt. Reflections on threats to world history. In: *Wordpress: Cultural Heritage Imaging* [online]. Wordpress, 2015, 17 Aug 2015 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z:

<https://culturalheritageimaging.wordpress.com/2015/08/17/reflections-on-threats-to-world-history/>

<sup>117</sup> Our Mission. *CyArk* [online]. CyArk, c2016 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: <https://www.cyark.org/ourMission/>

<sup>118</sup> GREENOP, Kelly a Justin R. BARTON. Scan, save, and archive: how to protect our digital cultural heritage. *The Conversation* [online]. The Conversation Trust, 2014, 12 February 2014 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: <https://theconversation.com/scan-save-and-archive-how-to-protect-our-digital-cultural-heritage-22160>

konzultace, dále publikační činnost, rozhovory a konference, navíc volně distribuuje vlastní open source software pro digitalizaci artefaktů za pomoci fotogrammetrie.<sup>119</sup>

Výrazným symbolickým počinem upozornil na svoji činnost a zároveň na problematiku zachování světového kulturního dědictví Institute for Digital Archeology (IDA). Ve dnech 19.–21. dubna roku 2016, v rámci týdne kulturního dědictví,<sup>120</sup> vystavil tento institut na londýnském Trafalgar square dokonalou repliku dva tisíce let starého vstupního oblouku z Baalova chrámu v Palmýře, jehož originál byl vyhozen do povětří přívrženci islámské militantní skupiny tzv. ISIS v říjnu roku 2015. Rekonstrukce monumentální 4,6 metru vysoké stavby vznikla ve spolupráci IDA s experty z univerzity v Oxfordu a Harvardovy univerzity a byla vyrobena metodou robotického CNC frézování z mramorových bloků. Do budoucna se počítá s vystavením rekonstruované brány na významných veřejných prostranstvích světových metropolí, jako jsou Dubai či New York, než snad nadobro zakotví v Palmýře, někde poblíž místa kde stával oblouk původní.<sup>121</sup> „*Pomocí digitální techniky mapování a uchování památek a dalších aspektů společných lidských dějin jsme schopni zajistit, že nikdo nemůže popřít historii, nebo diktovat, že jejich příběh nebo ideologie stojí nad příběhem celého lidstva a našeho společného usilování o soužití v harmonii*“.<sup>122</sup>

V rámci využití 3D digitalizace artefaktu k jeho zachování, v kontextu České republiky, zde, pro příklad, zmíním aktivity 3D studia při ateliéru Sochařství 1 Fakulty výtvarných umění VUT v Brně. Toto 3D studio, od svého založení v roce 2007 napomohlo k 3D digitální archivaci řady artefaktů pocházejících jak ze soukromých sbírek, tak ze sbírek institucí, jako jsou Národní Galerie v Praze, Moravská galerie v Brně, Mikulovské výtvarné sympozium a řady dalších.<sup>123</sup> Některé artefakty, kterým by jinak hrozil trvalý zánik, byly tímto 3D studiem, za pomoci materializačních digitálních technik, jako je 3D tisk, nebo 3D robotické frézování, rovněž rekonstruovány. 3D studio FaVU tak kromě své základní funkce, moderní digitální platformy pro studenty sochařství, plní i poslání archivace, záchrany a renovace kulturního dědictví.

---

<sup>119</sup> About Us. *Cultural Heritage Imaging* [online]. San Francisco (Kalifornie): Cultural Heritage Imaging, 2016 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: [http://culturalheritageimaging.org/About\\_Us/](http://culturalheritageimaging.org/About_Us/)

<sup>120</sup> World Heritage Week on Trafalgar Square. *Digital Archaeology* [online]. Oxford: Digital Archaeology, 2016, 19-21 April 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://digitalarchaeology.org.uk/trafalgar-information/>

<sup>121</sup> MORBY, Alice. Replica of destroyed Syrian archway erected in London's Trafalgar Square. *Dezeen* [online]. London: Dezeen, 2016, 21 April 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z:

<http://www.dezeen.com/2016/04/21/palmyra-arch-syria-landmark-replica-erected-trafalgar-square-london/>

<sup>122</sup> MICHEL, Roger. The Triumphal Arch. *The Digital Archaeology* [online]. Oxford: The Digital Archaeology, 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://digitalarchaeology.org.uk/the-triumphal-arch>

<sup>123</sup> 3D studio FAVU [online]. Brno. Dostupné z: <http://3dstudio.ffa.vutbr.cz>

### 3.6 Virtuální a rozšířená realita

Mezi nástroje s velkým potenciálem pro využití v rámci digitálního sochařství, patří i virtuální a rozšířená (augmented) realita. Tyto technologie umožňují, za použití speciální zobrazovací náhlavní soupravy (headsetu), přesvědčivou stereoskopickou vizualizaci virtuálního 3D modelu. Zatímco virtuální realita, jak už název napovídá, zobrazuje 3D modely v izolovaném virtuálním prostředí kompletně vytvořeném pro tyto účely v počítači, rozšířená realita zasazuje virtuální model do prostředí reálného, čímž realitu o tento model rozšiřuje, či obohacuje. Obě zobrazovací metody pomyslně transportují digitálního sochaře do blízkosti předmětu tvorby, do prostředí, v němž 3D model vzniká, čímž dochází k překonání bariéry v podobě monitoru PC. Hlavním přínosem virtuální a rozšířené reality pro praxi digitálního sochaře je jedinečná možnost verifikace 3D modelu ještě před jeho zdoluhavou a mnohdy náročnou realizací v materiálu. Tím, že se sochař může pohybovat kolem svého díla už ve fázi 3D modelu, získává reálnou, až fyzickou, představu o skutečném tvaru díla a míře potřebného detailu. Prostřednictvím těchto nástrojů získává rovněž větší míru kontroly nad celkovým vyzněním objektu v jeho reálných proporcích a perspektivě. V případě rozšířené reality pak může být budoucí realizace ve fázi 3D modelu zasazena přímo na místo určení, čímž odpadá nutnost obvyklé tvorby prostorových maket. Velkým přínosem je pak i možnost sdílení tohoto zážitku s ostatními lidmi, tedy i s případným zadavatelem. Nástroje virtuální a rozšířené reality tak mohou do budoucna nahradit i 2D kresebné, či renderované vizualizace, případně tvorbu zmenšených prostorových skic, při které logicky dochází k jisté schematizaci díla.

Základy stereoskopického zobrazování, tedy iluzivního zobrazení prostoru na základě dvou plošných obrázků, položil už britský vědec a vynálezce Sir Charles Wheatstone (1802–1875). Wheatstone navrhl a nechal vytvořit první zrcadlový stereoskop už na počátku třicátých let devatenáctého století. Na tomto přístroji prováděl experimenty s binokulárním viděním, které následně popsal v sérii odborných článků, publikovaných od roku 1838. Jako podklady pro demonstraci iluzivní prostorovosti zobrazovaných předmětů sloužila zprvu pouze série dvojic ručně vytvořených kreseb, v roce 1850 však vznikla i první stereoskopická daguerrotypie, kterou pro Wheatstona vytvořil francouzský fotograf, student Luise Daguerra, Antoine Claudet.<sup>124</sup> Stereoskop prošel v následujících letech mnoha dalšími vylepšeními, ovšem největší popularitě se, až do druhé poloviny dvacátého století, těšilo právě spojení stereoskopu a fotografie.

V souvislosti s vývojem zařízení virtuální reality, jaké známe v současnosti, je nasnadě zmínit patent z roku 1945, tzv. *Stereoscopic television apparatus*, Thelmy McCollum, tedy první náhlavní zařízení (head mounted display) určené pro projekci stereoskopického videa, nebo patenty Mortona Heiliga: *Stereoscopic – television apparatus for individual use* z roku 1960, který rovněž umožňoval stereoskopické zobrazení videa, svým vzhledem však již

---

<sup>124</sup> WADE, Nicholas J. Charles Wheatstone (1802–1875). *Perception* [online]. 2016, **31**(3), 265-272 [cit. 2020-02-10]. DOI: 10.1068/p3103ed. ISSN 0301-0066. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1068/p3103ed>

nápadně připomínal současné headsety pro zobrazení virtuální reality a *Sensorama simulator* z roku 1961, automat, který vedle stereoskopického videa poskytoval i další vjemy, jako jsou stereofonní zvuk, vibrace, proudění vzduchu nebo i vůně.<sup>125</sup>

První zařízení umožňující stereoskopické zobrazení digitálního 3D modelu vzniklo v roce 1968 na americkém MIT. Jeho tvůrcem byl (v této práci již zmiňovaný) počítačový vědec a průkopník v oboru počítačové grafiky Ivan Edward Sutherland, spolu se svým týmem ve složení: Robert Sproull, Ted Lee, Dan Cohen a Quintin Foster. Celé náhlavní zařízení bylo velice těžké a muselo být, z důvodu sledování pozice a náklonu hlavy uživatele, zavěšeno pomocí mechanické senzorické paže pod stropem laboratoře. Dle tohoto faktu získalo zařízení svůj název jako *Damoklův meč*. Zařízení umožňovalo zobrazení pouze tzv. drátěných 3D modelů (objekty byly vizualizovány jen za pomoci hran definujících jejich geometrii), které však bylo možno pozorovat z různých úhlů a vzdáleností, přičemž interaktivně docházelo k jejich transformaci v závislosti na pozici pozorovatele. Tyto objekty byly, díky specifikům zobrazovacího zařízení, zasazeny do reálného okolního prostředí (laboratoře) a jednalo se tak o první případ digitální rozšířené reality.<sup>126</sup>

Výzkum v oblasti digitálního stereoskopického zobrazování se až do druhé poloviny osmdesátých let soustředil zejména na aplikace pro vojenský průmysl. Vznikaly tak zejména letové simulátory, nebo helmy rozšířené reality pro piloty nadzvukových letounů.<sup>127</sup> Svůj současný název získala tato výzkumná oblast až v roce 1987, kdy Jaron Lanier, zakladatel společnosti VPL (Visual Programming Lab) Research, vymyslel (podle některých pouze zpopularizoval) termín „Virtuální realita“. VPL Research Inc. je považována za první společnost, která se zaměřila na vývoj a zejména komerční distribuci headsetů virtuální reality spolu s dalšími perifériemi, jako jsou např. rukavice pro interakci s 3D modelem. V devadesátých letech minulého století pak vznikaly další komerční VR headsety pro potřeby herního průmyslu, od společností jako například Sega nebo Nintendo. Bohužel však, pro nedostatečnou hardwarovou a výpočetní kapacitu ale i vysoké pořizovací náklady, tato zařízení nenaplnila velká očekávání, která do nich tehdejší počítačoví hráči vkládali, jejich další vývoj tak byl na dlouho zastaven.<sup>128</sup>

---

<sup>125</sup> COLLUM, Henry J. De. N. *Stereoscopic Television Apparatus*. 15 Apr 1943n. I. United States. US2388170. Uděleno 30. 10. 1945. Zapsáno 15. 4. 1943.

- HEILIG, M. L. *Stereoscopic Television Apparatus For Individual Use*. 1957. United States. US2955156. Uděleno 4. 10. 1960. Zapsáno 24. 5. 1957.

- HEILIG, M. L. *Sensorama Simulator*. 28. 8. 1962n. I. United States. US3050870. Uděleno 28. 8. 1962. Zapsáno 10. 2. 1961.

<sup>126</sup> SUTHERLAND, Ivan E. A head-mounted three dimensional display. In: *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I on - AFIPS '68 (Fall, part I)*. New York, New York, USA: ACM Press, 1968, 1968, s. 757-. DOI: 10.1145/1476589.1476686.

<sup>127</sup> BARNARD, Dom. History of VR - Timeline of Events and Tech Development. *VirtualSpeech* [online]. VirtualSpeech, 2019, 6 August 2019 [cit. 2019-08-12]. Dostupné z: <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>

<sup>128</sup> Who Coined the Term “Virtual Reality”? *Virtual Reality Society* [online]. Virtual Reality Society, c 2016 [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/who-coined-the-term.html>

V roce 2012 se na startupovém serveru Kickstarter objevil headset pro virtuální realitu Oculus Rift. Ačkoliv vývojáři uváděli, že na zahájení výroby tohoto zařízení potřebují získat 250 000 USD, brzy na tento projekt vybrali 2 500 000 USD. Tento fakt prokázal, že je o virtuální realitu, i přes její kolísající popularitu, stále velký zájem.<sup>129</sup> Brzy přibýly i headsety od dalších společností, jako například HTC Vive, nebo Sony PlayStation VR. Tyto náhlavní soupravy, doplněné o bezdrátové snímače pohybu a ovladače pro interakci s 3D modely, již zprostředkovávají virtuální realitu, která dokáže uživateli poskytnout velice kvalitní prostorový zážitek. Pomocí aplikací jako jsou: Gravity Sketch, Oculus Medium, Masterpiece Studio a dalších je rovněž možno prostřednictvím headsetu modelovat přímo v prostředí virtuální reality. Tato zařízení lze v současnosti pořídit od cca deseti tisíc korun, výjimkou však nejsou ani headsety atakující hranici čtyřiceti tisíc korun ale i více, v případě koupě nejrůznějších doplňkových periférií. Dne 30. 6. 2016 byla rovněž vydána první verze brýlí Microsoft HoloLens pro zprostředkování rozšířené reality. Se svojí cenovkou převyšující 3 000 USD jsou však zatím nástrojem poměrně nedostupným.<sup>130</sup>

Důležitý počín pro oblast DIY virtuální reality se odehrál již na začátku roku 2011, kdy společnost Hasbro, Inc. představila zcela nový koncept, do té doby nejlevnějšího, zařízení pro tvorbu virtuální reality. Zařízení s názvem MY3D, připomínající plastový dalekohled, využívalo ke svému chodu zvyšující se kapacity běžného chytrého mobilního telefonu. Telefon se po instalaci speciální aplikace, která rozdělila jeho display na dvě poloviny, vložil do pouzdra v zadní části zařízení. Divák se pak mohl skrze kukátku s čočkami dívat každým okem na jednu polovinu obrazu, což způsobovalo efekt stereoskopického zobrazení. Díky akcelerometru a gyroskopu, které jsou součástí většiny současných telefonů, se mohl uživatel v prostředí virtuální reality rozhlížet v rozsahu 360 stupňů. Toto zařízení však bylo určeno pouze pro Apple iPhone a Apple iPod.<sup>131</sup> Zřejmě z tohoto důvodu se, i přes svoji cenovku pouhých 35ti USD, nesetkalo s velkým úspěchem. Konceptu si však povšimla společnost Google, která v roce 2014 na konferenci Google I/O představila nové, dosud nejlevnější, DIY zařízení na tvorbu virtuální reality založené na totožném principu, Google Cardboard. Původní „plastový dalekohled“ v tomto případě nahradil jednoduchý set sestávající z kousku kartonu, s vyseknutou siluetou jednotlivých dílů, páru čoček, magnetu a několika dalších částí, které je možno sestavit v kartonové brýle. Google Cardboard byl již určen pro obě platformy operačních systémů dominujících trhu s chytrými telefony, tedy Android a iOS. Plynulost výsledné virtuální reality potom byla limitována pouze výkonem

---

- VEVERA, Pavel. TÉMA - Stručná historie VR: její vstup, pád a další vzestup. *CDR* [online]. CDR server, 2016, 15. 4. 2016 [cit. 2016-07-26]. ISSN 1213-2225. Dostupné z: <https://cdr.cz/clanek/vzestup-pad-vzestup-ambiciozni-technologie-aneb-strucna-historie-vr>

<sup>129</sup> Ibid.

<sup>130</sup> HoloLens. *Microsoft* [online]. Microsoft, c2018 [cit. 2018-07-16]. Dostupné z: <https://www.microsoft.com/en-us/holoLens/>

<sup>131</sup> WELCH, Josslynne. Hasbro Launches MY3D 360-Degree Handheld Viewer for iPhone and iPod Touch. *Investor Hasbro* [online]. Hasbro, 2011, 31 Mar 2011 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://investor.hasbro.com/news-releases/news-release-details/hasbro-launches-my3d-360-degree-handheld-viewer-iphone-and-ipod>

použitého telefonu.<sup>132</sup> Náklady na pořízení takovýchto brýlí se pohybují okolo 130,- Kč, ale mohou být vyrobeny i zcela svépomocí, třeba z použité krabice od pizzy.<sup>133</sup> Komunita makerů na Google Cardboard okamžitě zareagovala tvorbou vlastních headsetů za pomoci 3D tiskárny a elektronických platforem na bázi Arduina. Ty mohou být snadno upravovány pro konkrétní typ chytrého telefonu, velikost jeho displeje, umožňují aretaci vzdálenosti čoček, případně mohou být doplněny dalšími senzory a spínači pro lepší interakci.

V oblasti rozšířené reality vznikl, pod vlivem Google Cardboard, rovněž koncept levného DIY headsetu. Nejznámějším je Aryzon od stejnojmenné nizozemské společnosti. V principu jde opět o jednoduchý kit vyřezaný z kartonu, do kterého můžeme, po jeho složení, vložit chytrý telefon. Aplikace rozšířené reality je pak z telefonu projektována za pomoci zrcadlové fólie na fólii polopropustnou, čímž dochází ke spojení reálného průhledu s projektovanými 3D modely. Kolem těchto modelů, zasazených díky referenční podložce na konkrétní reálné místo, je pak možno libovolně obcházet a prohlížet si je.<sup>134</sup>

Tyto levné DIY kity pro tvorbu virtuální a rozšířené reality se zatím nemohou rovnat headsetům komerčním. Díky využití běžné spotřební elektroniky (chytrého mobilního telefonu) se však jedná o nejdostupnější DIY nástroje zmíněných způsobů zobrazení 3D modelu a jako takové mohou digitálnímu sochaři poskytnout alespoň základní službu v oblasti verifikace digitálního díla už ve fázi 3D modelu. Díky podpoře vývojářského prostředí v podobě otevřených zdrojových kódů, pak umožňují DIY komunitě tvorbu nových aplikací a další vývoj těchto zařízení.

Nutno dodat, že pro základní zobrazení 3D modelu v rámci rozšířené reality (například pro potřeby verifikace působení díla na budoucím místě určení) je náhlavní zařízení poměrně zbytečným luxusem. Obvykle postačí zobrazení rozšířené reality přímo prostřednictvím displeje mobilního telefonu. 3D model je pak, pomocí aplikace, zasazen do prostředí snímaného integrovanou kamerou telefonu. Protože má dnes chytrý mobilní telefon k dispozici většina osob, stává se sdílení obsahu velice snadným, většina uživatelů se navíc v takto vizualizované rozšířené realitě orientuje zcela intuitivně, jako při natáčení běžného videa.

Aplikace virtuální a rozšířené reality pro zmíněné headsety, včetně těch sestavených v režimu DIY, je možno, tvořit pomocí univerzální platformy pro tvorbu virtuálního 3D obsahu, softwaru Unity. Unity umožňuje tvorbu 3D aplikací pro nespočet zařízení a

---

<sup>132</sup> WEN, Howard. DIY: Build your own Google Cardboard VR viewer: Pizza boxes have many uses. *Computer World* [online]. IDG Communications, 2015, 13 Feb 2015 [cit. 2016-07-26]. Dostupné z:

<https://www.computerworld.com/article/2881175/diy-build-your-own-google-cardboard-vr-viewer.html>

<sup>133</sup> Cardboard: It's your turn to make it. *Arvr.google* [online]. Google, c2016 [cit. 2016-07-26]. Dostupné z:

<https://vr.google.com/cardboard/manufacturers>

<sup>134</sup> Aryzon [online]. Aryzon 3D BV, 2016 [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://www.aryzon.com/>

platforem. Základní verze tohoto programu je k dispozici zdarma, a to i pro komerční účely nepřevyšující roční obrat 100 000 USD.<sup>135</sup>

---

<sup>135</sup> Unity Personal: Start creating today with the free version of Unity. *Unity Store* [online]. Unity Technologies, c2016 [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://store.unity.com/products/unity-personal>

## 4. DIY Metody v digitálním sochařství

### 4.1 Sochařství postprodukce

„Dnešní umění je kutilství s použitím hotových produktů.“<sup>136</sup>

Nicolas Bourriaud

V sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století se díky masovému rozšíření levných zvukových zařízení, umožňujících snadné přehrávání, záznam i úpravu zvukové stopy (přenosný gramofon, magnetofon, kazetový přehrávač atd.), stáváme svědky vzniku nových hudebních forem a postupů spojených s fenoménem DIY. Hudebník již nemusí umět zahrát ani notu na tradiční hudební nástroj. Jeho tvorba spočívá v kutilském využití dosavadních produktů hudebního průmyslu, které „pouze“ tzv. na koleni upravuje do podoby nového díla. Vzniká tak například DJing. DJ při něm živě před publikem na svém sound-systému míchá části zvukových stop nejrůznějších gramodesek, experimentuje se zvukovými deformacemi (například tzv. scratching, zrychlení, zpomalení atd.) a někdy je i doplňuje vlastními hesly a pobídkami mířenými k publiku. Výslednou zvukovou stopu pak může jednoduše zaznamenat – nahrát, třeba za pomoci magnetofonu, a následně ji dále svépomocně šířit. Tvoří tak v neposlední řadě i vlastní label, čímž se stává svým vlastním vydavatelem, nezávislým na oficiální síti hudebních vydavatelství.

Tento způsob nakládání se zvukovou stopou pak značně posílil v devadesátých letech v souvislosti s rozšířením dostupnějších počítačů. Hudebník-programátor začal zvukovou stopu upravovat právě v prostředí svého PC. Připravoval knihovnu částí zvukových stop – tzv. samplů, z nichž následně sestavoval nové hudební kusy – tzv. remixy. S rozvojem internetu se pak celý proces ještě více zjednodušil. Vedle množství dostupného softwaru pro práci se zvukem je k dispozici on-line nepřeborné množství hudebních nahrávek. Mnohdy stačí jen vyhledat potřebný „předvařený“ sampl v některé z knihoven na síti a začít tvořit. Výsledný kus je pak publikován snadno na některém ze streamovacích serverů.

Výše popsané techniky, vyvíjené zpravidla amatérskými hudebníky, jsou jednou ze základních praxí/metod DIY.<sup>137</sup> Jedinci komunity si přisvojují (sdílené) myšlenky, designy, či produkty jiných a tyto následně využívají k vytváření vlastních nových projektů, mnohdy zcela odlišného charakteru.

Digitální 3D technologie, díky užití 3D skeneru, vlastnostem virtuálního modelu, množství softwarů usnadňujících práci s takovým modelem, zvyšující se výpočetní kapacitě běžného PC, bohatým knihovnám 3D modelů k volnému stažení, rychlému internetu a

<sup>136</sup> BOURRIAUD, Nicolas. *Postprodukce: kultura jako scénář: jak umění nově programuje současný svět*. Praha: Tranzit, 2004, s. 11. Navigace. ISBN 80-903-4520-4.

<sup>137</sup> JACOBSON, Erik. Music remix in the classroom. KNOBEL, Michele a COLIN LANKSHEAR, ed. *DIY Media: Creating, Sharing and Learning With New Technologies*. International Academic Publishers, 2010, s. 28. ISBN 978-1433106354.



dostupnosti technologií pro relativně snadnou materializaci objektů, vytvořily v sochařství prostor pro nový přístup v nakládání s již existující formou. Digitální sochařství tedy nově přejímá postupy spojované s fenoménem DIY. V této práci budu zmíněnou praxi nazývat postprodukce.

Termín postprodukce obecně označuje souhrn dokončovacích činností prováděných po získání základního materiálu. Asi nejnámější je užití tohoto termínu ve filmovém průmyslu, kde se jedná o práci na střihu, vkládání zvukové stopy, titulků, speciálních efektů a další práce nutné k dokončení filmového díla. V sochařství se takto označují zejména dokončovací práce na sochařském díle, jako je: broušení, tmelení, barvení, lakování, případně úkon osazení (hotové realizace) na určeném místě atp.

Postprodukcí, jakožto pojmenování způsobu v uměleckém nakládání s existujícími formami, použil v roce 2002 ve své knize *Postproduction: Culture as Screen play: How Art Reprograms the World* francouzský kritik umění a kurátor Nicolas Bourriaud (1965). Bourriaud se v této práci zabývá uměleckými praktikami, jejichž společným jmenovatelem je „využívání již jednou vytvořených forem“. Jde tedy o jakousi „recyklaci“ stávajících (nejen uměleckých) forem a schémat. Pro vysvětlení principů postprodukce neřídka využívá právě analogií k hudební produkci. Umělec dává na roveň dýdžeje hledajícího originální cestu světem stávajících znaků. O současném umění se pak vyjadřuje v tom smyslu, že jde o „kutilství s použitím hotových produktů“.<sup>138</sup>

V důsledku tohoto počínání Bourriaud pak spatřuje „rušení hranic mezi konzumací a produkcí“ (umění). Umělec nově musí počítat s tím, že dílo, které vytvoří, se vzápětí stane „pouhou“ materií – surovinou pro tvorbu díla jiného umělce. Nově se tak konstituuje i úloha konzumenta umění. Ta se již neomezuje jen na pasivní obdiv hotového díla, nýbrž na jeho aktivní přisvojení a přetvoření. „*Kultura nového přisvojování a přetváření forem zavádí novou morálku: díla patří všem... Spěje snad svět ke kultuře, která bude opomíjet copyright ve prospěch všeobecně povoleného přístupu k uměleckým dílům, tedy k jakémusi pokusu o komunismus forem?*“<sup>139</sup>

V rámci této práce budu postprodukcí nazývat sochařskou praxi, při níž jsou využívány již existující prostorové formy, z/vně sochařství, k tvorbě nového artefaktu. Umělec využívá stávajících forem namísto jejich tvorby z původní materie (např. ruční modelování ze sochařské hlíny). Umělecké znovuvyužití forem se často označuje i termíny jako, *appropriace*, *subverze*, *remix*, či *recyklace*. Pojem postprodukce však, dle mého soudu, tyto termíny zastřešuje. Nepodmiňuje výsledné dílo rozpoznatelnou vazbou na originál, jako v případě *appropriace*, nepředjímá negativní, či destruktivní záměr v konání umělce, jako v případě *subverze*, nenaznačuje mixování s dalšími formami, jako v případě *remixu* a neuvozuje dojem pouhého, byť smysluplného, nakládání s dílem jako s odpadem, jak to ze své podstaty

---

<sup>138</sup> BOURRIAUD, Nicolas. *Postprodukce: kultura jako scénář: jak umění nově programuje současný svět*. Praha: Tranzit, 2004, s. 11. Navigace. ISBN 80-903-4520-4.

<sup>139</sup> *Ibid.* s. 27.

naznačuje pojem recyklace. Pojem postprodukce je neutrální, označuje specifickou činnost v celé šíři, a proto jej upřednostňuji pro pojmenování popisované sochařské praxe jako celku.

Morální aspekty postprodukce (což je palčivá otázka zejména v případě znovuvyužití forem uměleckých děl) nechávám úmyslně stranou a řeším pouze její formální stránku. Postprodukcí vnímám jako stávající techniku sochařské digitální produkce. Zda se jedná o dialog s dílem (případně autorem díla), či přiživění se na jeho popularitě, případně jeho bezskrupulózní využití, závisí na koncepci nového díla a soudu recipienta. Právní aspekty postprodukce rovněž nejsou předmětem této práce a budu proto v dalších kapitolách řešeny jen okrajově.

V tradičním sochařství se postprodukce, ve smyslu nové kontextualizace již existujících tvarových forem, samozřejmě objevovala, avšak v omezené míře. Toto omezení bylo zapříčiněno zejména náročností procesů spojených s kopírováním originálu. Komplexní tvar v nezměněné formě bylo možno zakódovat pouze do otisku, do matrice. V případě kopírování klasických sochařských děl (skrže výrobu matrice, nebo užití např. pantografu) mohl takový proces originál přímo ohrozit a nebyl proto mnohdy vůbec možný. Často, pokud se již objevila postprodukce, například známého díla, jednalo se, kvůli nutnosti toto dílo znovu ručně vytvořit, o formu více, či méně zdařilé citace.

Obrat v tomto směru přineslo až využití digitálních technologií a zejména 3D skeneru, který umožnil, dosud nebývalé, relativně rychlé, neinvazivní a přesné bezdotykové přenesení reálného objektu do virtuálního prostoru počítačového softwaru. Dnes můžeme na internetových serverech najít tisíce digitalizovaných, nejen sochařských, artefaktů všech epoch lidských dějin. Umělci stačí nápad, chvíle vyhledávání a stahování modelů a může se pustit do postprodukce téměř libovolného artefaktu. Pro účely této práce jsem se pokusil metody sochařské postprodukce rozdělit dle míry zachování původní formy, jejího obsahu a způsobů/technik jakými jednotliví umělci s původními formami nakládají. Jednotlivé metody budu demonstrovat na tvorbě konkrétních autorů, a to i při vědomí mnohdy nejasných a propustných hranic mezi jednotlivými technikami.

#### 4.1.1 Metoda apropiace

„*Tento postup místo jedinečnosti umění zkoumá proměny významů uměleckých děl v různých kontextech.*“<sup>140</sup>

José Pijoan

První a základní způsob v opětovném nakládání s existující formou spatřuji v tzv. apropiaci. Tento termín v obecném smyslu označuje určité přivlastnění si majetku, případně myšlenek jiných. V umělecké praxi apropiace označuje strategii, umožňující tvůrci vědomě si přivlastnit již existující objekt, jev anebo myšlenku ze/vně světa umění a začlenit do nového uměleckého kontextu, aniž by předmět přivlastnění ztratil vnímatelnou podobnostní vazbu na originál.<sup>141</sup> V rámci této práce budu termín Apropiace používat úžeji, jako dílčí techniku sochařské postprodukce. Jedná se o využití již existující formy, nejen sochařského díla, přičemž vstupní forma zůstává nadále identifikovatelná / rozpoznatelná.

Vedle toho si nově vytvořené dílo spolu s vnější formou vypůjčuje i cosi nehmotného co je již v originálu přítomno. Budeme-li parafrázovat část Navasovy definice selektivního remixu: [...] *DJ vezme a přidá části k původní kompozici, zatímco jeho velkolepá aura zůstane nedotčena*,<sup>142</sup> můžeme říci, že autor manipuluje původním dílem, zatímco aura tohoto díla zůstává nedotčena. Aurou je myšlenka díla, to, co zbude z originálu, pokud jej redukuje na znak, či název, to, jak konkrétní originál vnímáme, jak o něm přemýšlíme (před jeho úpravou). Metoda apropiace je tedy formou dialogu s obsahy (přivlastněné) vstupní formy.

Sochařem, který se programově zabývá Apropiací, jak ji v této kapitole popisují, je Barry X Ball (1955). Tento americký umělec, žijící v New Yorku, se otevřeně hlásí k inspiraci readymady Marcela Duchampa. Svě vlastní readymady však obvykle nachází ve formách historických sochařských děl, která uvádí do nových kontextů. Barry X Ball, se původně věnoval minimalistické malbě, v polovině devadesátých let minulého století však započal svoji sochařskou dráhu, a to v přímé souvislosti s digitálními technologiemi, respektive díky 3D digitálním technologiím. Jeho prvním projektem byla tvorba série expresivních portrétů, které si nechal naskenovat ve studiích pro filmové speciální efekty v kalifornském Burbanku. Následně hledal možnosti jejich materializace a narazil na Johnson Atelier v New Jersey poblíž New Yorku, kde v té době pořídili technologie 3D frézování, mimo jiné i pro frézování do kamene. Expresivitu portrétů tehdy podpořil užitím ušlechtilého kamene s výraznou barevností a kresbou, jako nosného materiálu díla. Později začal tvořit své vlastní verze děl klasického sochařství, v nichž, jemnou manipulací formy a vhodně

<sup>140</sup> PIJOAN, José. *Dejiny Umenia*. Bratislava: Ikar, 2002. s. 165. ISBN 80-5510-176-0.

<sup>141</sup> Apropiace. *Intermedia.ffa.vutbr* [online]. 2009, 1. 2. 2009 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://intermedia.ffa.vutbr.cz/apropriace>

<sup>142</sup> NAVAS, Eduardo. Remix Defined. *Remix Theory* [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: [https://remixtheory.net/?page\\_id=3](https://remixtheory.net/?page_id=3)

zvolenými vlastnostmi kamene, hledá způsoby jejich nové kontextualizace. Barry X Ball vždy uvádí jméno tvůrce původní sochy včetně datace vzniku tohoto originálu.

Jako příklad, v němž se metoda apropiace stává ústředním tématem Baalova díla, zde uvedu práci Spící hermafrodit. Originál původní sochy se dnes nachází v pařížském Louvru. Označení díla, jako originálu je však poněkud zavádějící. Na jeho současné podobě se totiž v průběhu staletí podílelo hned několik autorů. Původně řecký bronz z druhého století před naším letopočtem byl námětem pro tvorbu kopie z mramoru římskými sochaři ve druhém století našeho letopočtu. Tato kopie byla nalezena roku 1608 v Římě poblíž původních Diokleciánových lázní. Po tom, co se socha dostala do sbírky kardinála Scipione Borghese, byla roku 1619 restaurována Davidem Lariquem a doplněna lůžkem (matrací) sloužícím coby podstavec od sochaře Berniniho.<sup>143</sup> Socha v pařížském Louvru je tedy ve své podstatě „kompozitním“ artefaktem.

Barry X Ball se rozhodl pokračovat v evoluci tohoto díla. Na základě detailního 3D skenu sochy *Spícího hermafrodita*, včetně jeho podstavce, vytvořil v roce 2010, za pomoci CNC frézy, její věrnou kopii z jediného kusu černého belgického mramoru.<sup>144</sup> Později v roce 2017, po náročném hledání ideálního kamene, vytvořil další verzi této sochy, tentokrát z růžového iránského onyxu.<sup>145</sup> Právě verzi z růžového onyxu považují za nejzdařilejší. Průsvitný růžový kámen umocňuje tělesnost a erotičnost námětu. Samotný fakt, že je dílo vyrobeno současnými technologiemi z jediného kusu kamene, pak symbolicky uzavírá staletí vývoje tohoto artefaktu.

Příkladem práce Barryho X Balla, která, díky zvolenému materiálu, poněkud vybočuje z jeho tvorby, je projekt *Perfect Forms*. Pro autora byla tato práce první po patnácti letech, která nebyla realizována v kameni. Umělec zde pracuje se sochou italského futuristy Umberta Boccioniho, *Unique Forms of Continuity in Space*, z roku 1913. Toto dílo se dochovalo v bronzových odlitcích různé kvality, pořízených až po umělcově smrti. Barry X Ball byl přesvědčen, že dochované odlitky neodpovídají Boccioniho představám, a proto se rozhodl dílo, za pomoci nejmodernějších technologií, remasterovat. Bronzový odlitek z jedné soukromé sbírky ve Švýcarsku nechal naskenovat, poté „více než dva roky“ upravoval naskenovaná data, následoval stereolitografický 3D tisk skořepiny díla, jeho broušení, vyplnění pryskyřicí, potažení niklem a silnou vrstvou mědi. Nakonec byla socha pokryta 24 karátovým zlatem.<sup>146</sup> Výsledné dílo bylo poprvé představeno v roce 2013 v rámci Newyorské

---

<sup>143</sup> BÉNÉDICTE, Astier Marie. Sleeping Hermaphrodites. *Louvre* [online]. Musée du Louvre, c2011 [cit. 2019-12-15]. Dostupné z: <https://www.louvre.fr/en/oeuvre-notices/sleeping-hermaphrodites>

<sup>144</sup> BALL, Barry X. Sleeping Hermaphrodite. *Barry X Ball* [online]. Barry X Ball, c1982-2020 [cit. 2019-12-15]. Dostupné z: [https://www.barryxball.com/works\\_cat.php?cat=1&work=195](https://www.barryxball.com/works_cat.php?cat=1&work=195)

<sup>145</sup> LASTER, Paul. Remastering Masterworks: A Conversation with Barry X Ball. *Sculpture Magazine* [online]. Sculpture, 2020, 9 Mar 2020 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://sculpturemagazine.art/remastering-masterworks-a-conversation-with-barry-x-ball/>

<sup>146</sup> STRASNICK, Stephanie. Barry X Ball Makes a 3D-Printed, Digitally Altered, Gold-Plated Sculpture. *ARTnews* [online]. Penske Business Media, 2013, 19 November 2013 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.artnews.com/art-news/news/barry-ball-makes-a-3d-printed-sculpture-2335/>

výstavy *Out of Hand – Materialising the Postdigital*, kde jsem měl možnost jej osobně zhlédnout.

Na tomto projektu oceňuji zejména Ballovu snahu po „vylepšení“ klasického díla a odvahu k jeho realizaci. Na druhou stranu, myslím, že fotopolymerový materiál výtisku sochy není nejlepší volbou. Jedná se o materiál relativně nový a jeho stálost v dlouhodobém horizontu zatím není ověřena. Vzhledem k cenovce, za kterou byl tento „prototyp budoucí edice“ nabízen Newyorskou galerií Sperone Westwater v roce 2013, tedy 225 000 USD,<sup>147</sup> bych očekával například 3D tisk metodou SLS z nerezové oceli, či titanu. Finální pokrytí 24. karátovým zlatem již ponechávám na vkusu autora.

---

<sup>147</sup> Ibid.

#### 4.1.2 Metoda subverze

„V pozadí těchto „uměleckých činů“ stojí především kritika instituce, dekonstrukce, ale i obdiv a láska k umění.“<sup>148</sup>

Tomáš Lahoda

Subverze je v obecném významu definována jako snaha oslabit nebo zničit politický systém případně vládu. Označuje též podvratnou činnost obecně. V kontextu umění bývá pojem subverze často užíván k označení samotné postprodukční praxe, tedy přivlastňování a využívání cizích uměleckých děl, přičemž je jako negativní a podvratná činnost vnímán už samotný akt tohoto přivlastnění, který ve svém důsledku devaluje výsadní pozici originálu.

Ružena Galová ve své bakalářské práci *Subverze v umění*, definuje subverzi „jako proces, jehož podstatou je, že převzatý umělecký objekt, dílo, je jistým způsobem znevážen, zesměšněn nebo dokonce poničen“.<sup>149</sup> Za znehodnocující zásah už Galová nepovažuje samotné přivlastnění uměleckého díla, ale způsob, jakým je s tímto dílem dále nakládáno. V této práci budu subverzi označovat metodu sochařské postprodukce, která v rámci tvorby díla, původní formu nějakým způsobem oslabuje, napadá, či „znehodnocuje“. Základem této metody je jistá dekonstrukce přejaté formy. Dílo vzniká narušením její strukturální integrity. Z dialogu se stává forma ataku.

Jeden z příkladů užití metody subverze spatřuji v dílech dvou autorů, kteří, nezávisle na sobě, použili téměř identický postup v manipulaci s formou. Prvním z nich je absolvent ateliéru sochařství na Fakultě výtvarných umění Vysokého učení technického v Brně, Tomáš Pavlacký (1987),<sup>150</sup> druhým pak italský multimediální umělec Emilio Vavarella (1989),<sup>151</sup> v současné době doktorand na Harvardově univerzitě USA.<sup>152</sup>

Tomáš Pavlacký ve své sochařské sérii s názvem *Kód* z roku 2014, pracoval, inspirovan chybou datového toku viditelnou na televizní obrazovce, s formami kýčovitých plastik, které se v mnoha tradičních českých domácnostech obvykle nacházejí poblíž televizoru. Tyto plastiky programově vyhledával a skenoval. 3D sken, respektive kódový zápis skenovaného artefaktu v alfanumerické podobě, se následně stal předmětem jeho zájmu. Pavlacký tento kód v textovém editoru zcela svobodně, bez předem daného schématu, přepisoval, čímž měnil formu původního artefaktu. Z takto živelně manipulovaných forem následně vybral

<sup>148</sup> LAHODA, Tomáš. Umění mino zákon. *Umělec* [online]. Divus, 1997, 1. 4. 1997, (4) [cit. 2020-05-12].

Dostupné z: <http://divus.cc/praha/cs/article/art-attacked>

<sup>149</sup> GALOVÁ, Ružena. Subverze v umění. Bakalářská práce. Universita Karlova Praha, Fakulta sociálních věd, 2008, str. 8.

<sup>150</sup> PAVLACKÝ, Tomáš. *Životopis* [online]. [cit. 2020-04-16]. Dostupné z:

<http://animal.ffa.vutbr.cz/~xvpavlacky/zivotopis.html>

<sup>151</sup> Emilio Vavarella. *Signalculture.org* [online]. Owego (New York): Signal Culture, c2014 [cit. 2020-05-12].

Dostupné z: <http://signalculture.org/emilio-vavarella.html#.Xww5VVUzaM->

<sup>152</sup> Emilio Vavarella: Biography. *Emilio Vavarella* [online]. Emilio Vavarella, c2013-2020 [cit. 2020-05-12].

Dostupné z: <http://emiliovavarella.com/cv/>

reprezentativní vzorek v řádu několika objektů, upravil je pro tisk a materializoval pomocí 3D tiskárny Z – Corp.<sup>153</sup>

Emilio Vavarella ve svém projektu *Datamorphosis* z roku 2019 používá stejný zásah do struktury kódového zápisu digitální formy artefaktu. Jako formy pro úpravu mu posloužili volně stažitelné modely z internetu.<sup>154</sup> Rozdílnost přístupu je však v jeho případě dána dopředu stanovenými pravidly změn kódu. Vavarella, rovněž skrze textový editor, vkládá text do kódu jednotlivých modelů, konkrétně však verše Ovidiových proměn. Dále uvádí, že i pozice daného verše v rámci Ovidiova díla odpovídá pozici v kódu nově vytvářené sochy. Například, pokud mýtus první, „*Primordiální chaos a původ světa*“ odpovídá řádkům 5-75 Ovidiovi první knihy, byly tyto verše vloženy do ASCII kódu souboru STL na místo řádků 5-75 první digitální sochy. Výsledná forma pak byla vytisknuta na 3D tiskárně metodou FDM.<sup>155</sup>

Přestože konkrétní způsob manipulace s kódem zdrojové formy považují za tajemství obou autorů (například přímým vkládáním textu do ASCII kódu STL souboru dosáhneme maximálně ztráty několika polygonů), vidím v jejich metodě výjimečnou práci se sochou jako digitálním médiem. Jedná se totiž o práci s digitalizovanou formou přímo v její podstatě, tedy v datech, která ji definují. Autoři mění pomyslnou genetickou informaci artefaktu nahrazením její části informacemi novými, zcela odlišnými a následně pozorují, jaký vliv měla tato změna na předmět experimentu. V kontextu metody Subverze pak můžeme v tomto počínání spatřovat formu jistého parazitismu. Nová forma vzniká napadením zdroje původní formy.

V uvedených příkladech můžeme rovněž pozorovat shodný znak metody subverze. Tímto znakem je snížení zájmu o auru originálu. Originál určený k přetvoření je pojímán spíše jako referenční model a jako takový, už zpravidla v díle novém neodkazuje na vlastní konkrétní významy (auru). Aura vstupní formy odkazuje maximálně na větší celek, jehož je tato forma součástí (volně stažitelné modely v případě Vavarely a kýčovitě TV sošky v případě Pavlackého).

Zmíním zde ještě jednu práci Tomáše Pavlackého. Autor ve své sochařské instalaci *Muž s dítětem* z roku 2017 manipuloval existující formu už v procesu její digitalizace. Předmětem digitalizace byl, jak název napovídá, muž s dítětem na svých zádech. Figura, jako námět, byla vybrána, v očekávání budoucích proměn modelu, jako snadno rozpoznatelná prostorová forma. Postup tvorby samotné spočíval v pořízení videozáznamu požadovaného objektu. Videozáznam byl následně upraven vpravením umělých chyb. Takto „znehodnocený“ záznam byl použit jako zdroj pro tvorbu 3D skenu objektu metodou

---

<sup>153</sup> Téma: Metoda subverze

Informace poskytl Tomáš PAVLACKÝ, sochař. Brno 16. 4. 2020.

<sup>154</sup> VALENTINI, Nicola. Sculpture in Bologna: The Arte Fiera 2019: Biography. *Sculpture Network* [online]. Sculpture Network, 2019 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://sculpture-network.org/en/arte-fiera-bologna-2019>

<sup>155</sup> The Other Shape of Things – 2. *Datamorphosis*. *Emilio Vavarella* [online]. Emilio Vavarella, c2013–2020 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <http://emiliovavarella.com/datamorphosis/>

fotogrammetrie. Forma vzešla z tohoto procesu, scéna s figurou v nadživotním měřítku, byla materializována robotickým frézováním z extrudovaného polystyrenu a následně pokryta stěrkou připomínající sádku. Výsledkem byla dioramatická instalace deformovaná na hranici rozpoznatelnosti původních objektů. Pavlacký zde předvedl další ze způsobů, kterými lze manipulovat digitální formou v jejím základu. Zrod nové formy byl podmíněn dekonstrukcí už v okamžiku přejímání originálu z reálného světa.<sup>156</sup>

---

<sup>156</sup> Téma: Metoda subverze  
Informace poskytl Tomáš PAVLACKÝ, sochař. Brno 16. 4. 2020.



### 4.1.3 Metoda remixu

*„Tato strategie vyžaduje, aby divák přemýšlel o smyslu díla a jeho zdrojích – i když znalost původu nemusí být možná.“<sup>157</sup>*

Eduardo Navas

Termín remix pochází primárně z hudebního prostředí; později byl aplikován i na jiné oblasti lidské tvorby, zejména na umění výtvarné.<sup>158</sup> Podle Nového akademického slovníku cizích slov, je v původním, užším významu novou zvukově hudební úpravou původní nahrávky určité skladby.<sup>159</sup> Ve světě umění *„lze nejobecněji tento termín rozdělit na remix idejí a remix forem, přičemž každý autor může remixovat jak pouze svoje vlastní díla, tak vlastní a současně i cizí díla nebo pouze cizí díla (či jejich prvky). Remix jakožto tvůrčí princip (zejména pokud jde o remix idejí) je v umění přítomný odedávna. Do začátku 20. století však splýval s pojmy inspirace, citace nebo inovace a nebyl používán jako samostatný odborný pojem.“<sup>160</sup>*

Pro účely označení metody postprodukce v této práci, budu pojem Remix užívat v jeho zúženém významu, kterému zřejmě nejlépe odpovídá Navasova definice Reflexivního remixu. *„[...] Reflexivní remix bere části z různých zdrojů a mísí je s cílem autonomie. [...] aura originálu(ů), ať už plně rozpoznatelná nebo ne, musí zůstat zásadní součástí [...]. Tato strategie vyžaduje, aby divák přemýšlel o smyslu díla a jeho zdrojích – i když znalost původu nemusí být možná.“<sup>161</sup>* Jinými slovy, Remix v této kapitole označuje spojování původních forem, nebo jejich částí, do podoby nového artefaktu, avšak podmíněné jejich zpětnou rozpoznatelností (nikoliv znalostí) ve výsledném artefaktu. Jde tedy o metodu, při níž se mísí několik originálů (nebo jejich částí) do podoby nového díla. Dialog, pod taktovkou autora nového díla, již vedou sami formy (včetně jejich obsahů) mezi sebou navzájem. Kombinace těchto forem, nebo jejich zástupných částí, tvoří kontext nového díla.

Sochařem Remixu můžeme nazvat argentinského umělce Adriána Villar Rojas (1980). Rojas studoval umění na Argentinské Universitě Rosario.<sup>162</sup> Znáám je především svými

---

<sup>157</sup> NAVAS, Eduardo. Remix Defined. *Remix Theory* [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: [https://remixtheory.net/?page\\_id=3](https://remixtheory.net/?page_id=3)

<sup>158</sup> FENDRYCHOVÁ, Tereza. *Hledání společného jmenovatele - REMIX jako jednotící princip v současné kultuře* [online]. Brno, 2010 [cit. 2020-07-16]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/zz5n3/>. Diplomní práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Viktor Pantůček.

<sup>159</sup> *Nový akademický slovník cizích slov: [A-Ž : studentské vydání]*. Vyd. 1., dotisk [i.e. 1. brož. vyd.]. Praha: Academia, 2006, s. 692. ISBN 80-200-1415-2.

<sup>160</sup> FENDRYCHOVÁ, Tereza. *Hledání společného jmenovatele - REMIX jako jednotící princip v současné kultuře* [online]. Brno, 2010 [cit. 2020-07-16]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/zz5n3/>. Diplomní práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Viktor Pantůček.

<sup>161</sup> NAVAS, Eduardo. Remix Defined. *Remix Theory* [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: [https://remixtheory.net/?page\\_id=3](https://remixtheory.net/?page_id=3)

<sup>162</sup> Adrian Villar Rojas represents Argentina at 54th Venice Biennale. *E-flux* [online]. New York: e-flux, 2011, 10 June 2011 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.e-flux.com/announcements/35462/adrian-villar-rojas-represents-argentina-at-54th-venice-biennale/>

site – specific díly dočasného charakteru. Tato díla, většinou za pomoci svého týmu, který pro nomádský způsob práce nazývá „Divadelní společnost“, nezřídka tvoří přímo na místě výstavy dlouho před jejím zahájením. „*Villar Rojas vnímá svoji práci jako alternativu k tradiční Latinskoamerické umělecké produkci, spojené s jednoduchostí a ready-made.*“<sup>163</sup> Odkaz na ready-made v jeho pojetí však zpravidla nespočívá v užití hotového předmětu v rámci díla, namísto toho je tento předmět znovu vymodelován a včleněn do nové sochařské kompozice. Umělec tak ve svých dílech využívá pouze formu původního předmětu jako znaku, který teprve v kontextu dalších kulturněhistorických znaků tvoří výsledné dílo. Tyto své remixy forem vytváří zpravidla z dočasných materiálů, jako je nepálená keramická hlína, nebo cementová stěrka na dřevěné konstrukci. Po skončení výstavy je dílo obvykle zničeno, přičemž některé jeho části mohou být recyklovány – budou využity v dalších sochařských instalacích. Výše popsaným způsobem realizoval Villar Rojas například svou instalaci s názvem „*Ahora estaré con mi hijo, el asesino de tu herencia*“ (*Nyní budu se svým synem, vrahem tvého dědictví*) na 54. benátském bienále (2011). Svoji monumentální instalaci ze dřeva, pytloviny, cementu a hlíny tvořil Rojas s týmem sochařů, stavitelů a techniků v pavilonu Argentiny po dobu dvou měsíců. Výsledkem bylo jedenáct monumentálních, rozpraskaných, hliněných sloupovitých mas, jakýchsi drúz reálií, s odkazy na historii, architekturu, stroje, spotřební elektroniku, biologii, či populární kulturu, vyrůstajících z amorfního lávovitého tělesa. To vše bez důrazu na jednotící měřítko. Autor jakoby zde prezentoval své pojetí informačního přehlcení jednadvacátého století převedené do prostorových forem. Rozpadající se povrch těchto plastik pak vzbuzoval dojem stáří a pomíjivosti, dojem jakéhosi archeologického naleziště budoucnosti.

Digitální technologie začal Adrián Villar Rojas využívat až v roce 2016 v souvislosti s připravovanou výstavou pro Metropolitní muzeum umění v New Yorku (MET). Villar Rojas tehdy, jako nejmladší umělec v historii MET, od této instituce obdržel prestižní roční grant na realizaci svého projektu. Ve spolupráci se zaměstnanci muzea nechal naskenovat, pomocí fotogrammetrie a laserového skeneru, téměř stovku děl různých epoch ze sbírek MET, dále několik předmětů denní potřeby (tenisky, telefony, nádobí), neopomněl naskenovat ani sebe, několik svých přátel a vybrané zaměstnance MET s jejich rodinami. Tyto skeny, nebo jejich části, pak v počítači komponoval do podoby šestnácti nových sochařských objektů. Finální sochy byly následně materializovány z „tuhé bílé pěny“ za pomoci počítačem řízené frézy a poté byly ošetřeny nátěrem připomínajícím sádro, nebo mramor.<sup>164</sup> Vlastní realizaci

---

<sup>163</sup> Ibid.

<sup>164</sup> Adrián Villar Rojas Has a Rooftop Exhibit at the Met. *Cultivating Culture* [online]. Cultivating Culture, 2017, 1 May 2017 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.cultivatingculture.com/2017/05/01/rooftop-met-exhibit-rojas/>

- CASCONE, Sarah. Adrián Villar Rojas Brings a Freewheeling Bacchanal to the Roof of the Met. *ARTnews* [online]. Artnet Worldwide Corporation, 2017, 14 April 2017 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://news.artnet.com/exhibitions/adrian-villar-rojas-met-roof-926081>

celého projektu měla na starosti soukromá sochařská realizační společnost Digital Atelier se sídlem v Hamiltonu New Jersey.<sup>165</sup>

Výsledná instalace – výstava s názvem „*The Theater of Disappearance*“ (*Divadlo zmizení*) byla od 14. dubna do 29. října 2017 přístupná na střeše muzea, konkrétně v její části s výhledem na Central park zvané Cantor Roof. Villar Rjas zde vytvořil prostor jakési surreální párty forem. Jádrem instalace sestávalo z devíti bílých banketových stolů (s bílými židlemi kolem každého) tvořících rámec jednotlivých hybridních sochařských uskupení sjednocených s těmito stoly stejným bílým nátěrem. Kolem stolů se nacházelo několik volně stojících objektů v černém monochromu. Znalý divák mohl v těchto kompozicích rozeznat konkrétní artefakty ze sbírek MET, avšak změna měřítka, barevnosti a zejména kontextu tuto snahu značně komplikovala. Sám umělec k instalaci řekl, že se chce zbavit toho, co v muzeu považuje za umělé kategorie. „*Pracoval jsem pod ontologickým předpokladem představy muzea bez dělení, bez geopolitiky, zcela horizontálního.*“<sup>166</sup> Umělec tedy představuje svoji sondu do sbírek muzea, avšak bez jakékoliv hierarchie. Zcela volně kombinuje formy muzejních exponátů, čímž záměrně popírá narativní funkci muzea.

---

<sup>165</sup> About Us: When a Humble Goal Cracked the Paradigm Wide Open. *Digital Atelier* [online]. Digital Atelier, c 2017 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <http://digitalatelier.net/#section-about-us>

<sup>166</sup> Adrián Villar Rojas Has a Rooftop Exhibit at the Met. *Cultivating Culture* [online]. Cultivating Culture, 2017, 1 May 2017 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.cultivatingculture.com/2017/05/01/rooftop-met-exhibit-rojas/>

#### 4.1.4 Metoda samplingu

*„Kultura nového přisvojování a přetváření forem zavádí novou morálku: díla patří všem...“<sup>167</sup>*

Nicolas Bourriaud

Samplem se označuje vybraná část skladby nebo její zvuková linka (basová, rytmická, vokální aj.), která je použita v rámci skladby jiné. Dnes existují obsáhlé databáze volně stažitelných samplů využívané (nejen) diskžokeji; k tomu navíc i současné technologie umožňují získat (vysamplovat) v podstatě kteroukoli část libovolné skladby v elektronické podobě (Fendrychová).

Sampling jako metoda postprodukce je vyústěním tendencí směrem k DIY. Umělec, podobně jako kutil, hledá kolem sebe vše, co může použít k realizaci své vize. Jedná se tedy o tvorbu „nových forem“ (vnímaných publikem jako formy původní) za využití forem již existujících. Tato metoda vychází z metody remixu, avšak oproti Remixu popírá své zdroje. Tvůrce uměleckého díla již nevede dialog s užitým zdrojem (původní formou). Aura originálu (vstupní formy) je redukována na svoji předmětnou podstatu. Umělec vstupní formu, či spíše její části, využívá jako zdroj snadné produkce „vlastních“ forem. Sampl (vzorek) je vyjmut z původní formy a využit jako součást formy nové. Veškeré stopy po užití samplu jsou, pokud možno, smazány. Umělecká galerie je v kontextu samplování vnímána jako katalog děl vhodných ke snadné produkci díla nového.

Definice metody sampl v této práci je tedy prakticky shodná s popisem Digitální skladby (novomediálních objektů) dle Lva Manoviche: *„V průběhu produkce jsou některé prvky vytvářeny speciálně pro daný případ a jiné vybírány z databáze sériového materiálu. Jakmile jsou připraveny, skládají se dohromady, aby vytvořily jednotný objekt. Tím, že jsou spojeny a upraveny určitým způsobem, se jejich oddělená identita stává neviditelnou. Skutečnost, že každá z nich pochází z jiného zdroje a byly vytvořeny jinými lidmi v různém čase, je skryta.“<sup>168</sup>*

V samplingu již můžeme v plné síle spatřovat i onu novou morálku, o které se zmiňuje Nicolas Bourriaud: *„Kultura nového přisvojování a přetváření forem zavádí novou morálku: díla patří všem... Spěje snad svět ke kultuře, která bude opomíjet copyright ve prospěch všeobecně povoleného přístupu k uměleckým dílům, tedy k jakémusi pokusu o komunismus forem?“<sup>169</sup>* Tato nová morálka je nejvíce patrná právě ve světě digitální produkce. Umělec se již nezajímá o původ formy, tím méně o jejich autora a jeho práva. Užití vzorků je vnímáno jako věc zcela normální. Morální pohoršení se nekoná ani v případě samplování stávajících

<sup>167</sup> BOURRIAUD, Nicolas. *Postprodukce: kultura jako scénář: jak umění nově programuje současný svět*. Praha: Tranzit, 2004, s. 15. Navigace. ISBN 80-903-4520-4.

<sup>168</sup> MANOVICH, Lev. *Jazyk nových médií*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2018, s. 159. Studia nových médií. ISBN 978-80-246-2961-2.

<sup>169</sup> BOURRIAUD, Nicolas. *Postprodukce: kultura jako scénář: jak umění nově programuje současný svět*. Praha: Tranzit, 2004, s. 15. Navigace. ISBN 80-903-4520-4.

uměleckých děl. Z podstaty užití metody samplu, tedy nezájmu o zdroj použité formy a časté smazání stopy po této metodě ve výsledném díle, je velice obtížné dokladovat tuto činnost na příkladu konkrétních autorů. Z tohoto důvodu se uchýlím pouze k obecnému popisu metody, k popisu praxe.

Metoda spočívá v nalezení odpovídajících forem (tvarů) k vlastnímu přetvoření, vlastní nové tvorbě. V případě že tvoříme například figurální sochu, můžeme v modelových archivech na internetu vyhledat 3D sken již vytvořené figury v postoji, který potřebujeme pro náš projekt. Následně tuto figuru zbavíme částí, které neodpovídají naší představě (např. podstavec, detaily drapérie, ruce zaujímající gesto jiné, než chceme, archaicky vyhlížející účes atd.). Následně vyhledáme další artefakty, jež obsahují přesně ty části, které nám chybějí, a použijeme je k doplnění očištěného torza. Výsledkem je prostorová koláž částí různých modelů, kterou upravíme tak, aby působila jednotně, jako modelovaná jediným autorem.

Dovednost sochaře samplu spočívá ve vhodném výběru vstupních forem a jejich organickém propojení. Kvalita výsledného díla závisí na této dovednosti, na tom, jak dobře dílo reprezentuje záměr autora a samozřejmě, jako v případě každé sochy, na celkové umělecké koncepci díla.

Další možností v rámci metody samplu je využití „samplovacích softwarů“ jako zdroje vstupní formy. Například, pokud pro naši práci potřebujeme lidskou postavou v určité pozici, existuje řada softwarů, které nabízí několik základních předpřipravených figur („předvařených samplů“). Těmito figurami je možno ve virtuálním prostředí manipulovat tak, že ohýbáme jejich částmi v jednotlivých kloubech. Při troše zručnosti tak můžeme vytvořit postoj, pohyb, nebo gesto figury, které požadujeme.

Legendou mezi těmito 3D samplery je tzv. Poser. Tento software byl vytvořen, respektive jeho první verze, již roku 1995 Hollywoodským animátorem a programátorem Larrym Weinbergem, jako digitální verze dřevěné polohovatelné figurky sloužící coby pomůcka pro umělce. Tomuto záměru odpovídaly i původní možnosti manipulace s jedinou figurou. Ta se dala polohovat podobně jako její dřevěný předobraz, pouze s tím rozdílem, že zde nebylo přítomno materiálové omezení pohybu. Pohyb jednotlivých částí bylo možno realizovat i skrze ostatní části figury. Tento jednoduchý vizualizační nástroj pro umělce (míněno mj. počítačové grafiky) se brzy stal široce oblíbeným i mimo uměleckou sféru. Našel uplatnění ve vědeckých, lékařských, architektonických, CAD, divadelních a mnoha dalších aplikacích.<sup>170</sup> Dnes je software Poser ekosystémem plným (nejen lidských) figur připravených k manipulaci, případně již zaujímajících bezpočet póz. Obsahuje i mnoho doplňků, jako jsou vlasy, oblečení, celé scenérie a další rekvizity. Zbývající obsah je možno dokoupit. Změny pozic figury se již poměrně obstojně promítají například do svalstva v okolí kloubů. Zásah sochaře do výsledné anatomie je stále žádoucí, nicméně míra potřebného přemodelování již

---

<sup>170</sup>WILLARD, Michelle. A brief history of Poser with Larry Weinberg. *Poser software* [online]. Content Engine, 2019, 24 Jul 2019 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.posersoftware.com/article/419/a-brief-history-of-poser-with-larry-weinberg>

není tak velká. V dnešní době existuje i celá řada obdobných softwarů, které jsou k dispozici zdarma.

Umělkyní, o které, díky důvěrné znalosti jejího díla a pracovních postupů, mohu bezpečně říci, že ve své tvorbě využila „digitální sampler“ je sochařka Monika Horčicová (1988).<sup>171</sup> Autorka ve svých sochách, prostřednictvím mnohdy až ornamentálních kompozic, tematizuje lidskou kostru coby základní vyjadřovací prostředek díla. Detailní skeny lidských kostí, které by se pro tuto práci nabízely jako výchozí, však autorka (mimochodem zručná modelérka) nahradila stylizovanou, schematizovanou formou, nalezenou v knihovnách softwaru Poser. Výběr stylizované kostry, jako výchozí formy pro tvorbu budoucích děl, vyplývá, vedle estetických preferencí, přímo z procesu tvorby. Autorka primárně pracuje s 3D tiskem lidských kostí ve výrazně podživotní velikosti, dle kterých následně vytváří matrice a odlitky ze stabilního materiálu. Přestože k materializaci 3D modelu využila, velice detailní, 3D tisk ze sádrového kompozitu (Z-Corp), bylo zapotřebí každou kost před tvorbou matrice, ale i po odlití, dokonale retušovat. Toto bylo, vzhledem k počtu kostí v dílech obsažených, možno realizovat jen v případě jisté stylizace modelu. Významnou roli při výběru vstupní formy sehrála i snadnost jejího získání, oproti zdoluhavému ručnímu skenování a následnému manuálnímu stylizování reálných kostí, případně oproti „ručnímu“ modelování každé kosti v softwaru polygonového modeláře. Monika Horčicová tímto způsobem realizovala desítky svých prací, mezi něž patří, zřejmě její nejznámější socha, *Kolo života* z roku 2012. Toto padesát pět centimetrů vysoké dílo, obsahující na třicet dva párů koster dolních končetin zobrazuje autorčino pojetí koloběhu lidského žití a soužení. Vystaveno bylo v řadě světových galerií a je součástí několika publikací věnovaných (nejen) digitálnímu sochařství.

V kontextu metody samplingu, zde zmíním další autorčinu práci s názvem *Relikviář* z roku 2013. Horčicová v tomto díle naplnila průmyslově vyráběnou skříňku na drobné součástky miniaturními lidskými kostmi, které pečlivě roztřídila, dle typu, do jednotlivých průhledných šuplíků. Tímto gestem proměnila ready-made dílenské skříňky v malé osárium. Pozoruhodný však je i způsob užití díla. Autorka jej od počátku plánovitě pojímá, jako zdroj součástek pro rychlé skicování svých dalších sochařských děl. Vytvořila tak svoji vlastní kolekci fyzických, prostorových samplů určených k dalšímu užití.<sup>172</sup>

Velký potenciál, v rámci popisované metody, spatřuji ve využití systémů strojového učení, coby samplerů digitálního sochařství budoucnosti. „*Strojové učení je podoblastí umělé inteligence, zabývající se algoritmy a technikami, které umožňují počítačovému systému 'učit se'. Učením v daném kontextu rozumíme takovou změnu vnitřního stavu systému, která zefektivní schopnost přizpůsobení se změnám okolního prostředí. Strojové učení se značně prolíná s oblastmi statistiky a dobývání znalostí a má široké uplatnění.*“<sup>173</sup>

---

<sup>171</sup> Monika Horčicová [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://monikahorcicova.wordpress.com/>

<sup>172</sup> Téma: Metoda samplingu

Informace poskytl Monika HORČICOVÁ, sochařka. Brno 10. 6. 2020.

<sup>173</sup> Strojové učení. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Strojov%C3%A9\\_u%C4%8Den%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Strojov%C3%A9_u%C4%8Den%C3%AD)

V současnosti zřejmě nejznámějším produktem strojového učení je tzv. Deepfake. Jde o automatickou digitální výměnu obličeje osoby na videozáznamu, za obličej osoby odlišné, přičemž tato záměna působí ve výsledném videu zcela přirozeně a není rozpoznatelná. Podobného systému by v budoucnu mohlo být využíváno k automatickému generování věrohodné podoby jakékoliv konkrétní osoby ve formě 3D modelu, jen na základě videozáznamu, nebo série fotografií. Výzkumu v oblasti 3D rekonstrukce obličeje se v současnosti věnuje řada týmů po celém světě a některé z výsledků již slibují jejich brzkou aplikaci.<sup>174</sup>

Ve vzdálenější budoucnosti by mohlo být Strojové učení základem generátorů komplexních 3D modelů, dle uživatelem definovaných parametrů. Systém strojového učení, s přístupem k obsáhlým databázím 3D modelů na internetu, vygeneruje například figuru v požadované póze, provedenou stylem vybraného sochaře. Výzkumy v této oblasti jsou zatím v úplných počátcích, avšak již nyní některé projekty skýtají značný potenciál.

Za všechny zde zmíním projekt ruského multimediálního umělce Egora Krafta (1986) *Content Aware Studies* z roku 2018. Kraft se v tomto projektu zaměřil na rekonstrukci chybějících fragmentů starořeckých a římských mistrovských děl. Fragменты těchto děl naskenoval a tyto 3D skeny nechal, na základě analýzy modelů, automaticky doplnit pomocí algoritmů strojového učení. Generované části byly následně vytisknuty z polyamidu a použity k doplnění původního díla. Je zajímavé sledovat, jak umělá inteligence v některých případech doplnila původní artefakt téměř dokonale, avšak v jiných případech docházelo k až surreálním deformacím. Přestože chtěl umělec tímto meta archeologickým projektem poukázat na subjektivitu umělé inteligence a její spekulativní interpretaci antické sochy, odhalil vedle toho také další z možností využití této pokročilé technologie v Digitálním sochařství.<sup>175</sup>

---

<sup>174</sup> ROTH, Joseph, Yiyang TONG a Xiaoming LIU. Adaptive 3D Face Reconstruction from Unconstrained Photo Collections. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* [online]. IEEE, 2016, 2016, , 4197-4206 [cit. 2020-06-10]. DOI: 10.1109/CVPR.2016.455. ISBN 978-1-4673-8851-1. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7780824/>

<sup>175</sup> Egor Kraft: *Content Aware Studies*. ZKM: *Center for Art and Media Karlsruhe* [online]. Karlsruhe: ZKM, 2018 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://zkm.de/en/content-aware-studies>  
- GROMOVA, Yulia. Do machines dream of the pergamon altar? *Strelka mag* [online]. Moscow: Strelka Institute, 2019, 21. 1. 2019 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://strelkamag.com/en/article/egor-kraft-content-aware-studies>

## 4.2 Sdílená sochařská tvorba

Digitální model, jako zdroj sochařského díla, umožňuje v dosud nebývalé míře i vznik nových forem kooperativní tvorby. Dnešní sochaři mohou, skrze internet, snadno, spolupracovat na vzniku nového díla zcela nezávisle na vzdálenostech. Práci limituje pouze kvalita internetového připojení, výpočetní kapacita počítačů, případně dostupnost potřebného softwaru.

Možnost sdílené tvorby digitálního sochařského díla zřejmě jako první tematizovali pořadatelé mezinárodního bienále digitální sochy *Intersculpt* už v roce 1995. V rámci tohoto, v mnoha ohledech přelomového, bienále byl, jako symbol elektronického spojení mezi Silicon gallery ve Philadelphii a Galerií Graphen v Paříži, realizován i projekt sdílené sochy s názvem *the Temple Hands*. Projekt spočíval v naskenování rukou účastníků *Intersculptu* z obou stran Atlantiku, zaslání těchto 3D skenů na místo realizace, jejich materializace z bloku tvrdé polyuretanové pěny pomocí CNC frézy a jejich následné sestavení do podoby velké válcovité struktury otevřené na jedné straně. Uvnitř tohoto objektu tak vzniklo jakési symbolické místo setkání. Autorem koncepce byl americký umělec David Morris (1964).<sup>176</sup>

Sdílená tvorba digitálního sochařského artefaktu v poněkud osobnější rovině byla předmětem zájmu například v rámci společného projektu Ateliéru sochy 1 brněnské Fakulty výtvarných umění VUT a newyorské School of Visual Arts. Čtvrtý ročník projektu *Digital Exchange* v roce 2019 spočíval v přímé spolupráci dvojic studentů a pedagogů obou institucí. Každá z dvojic vzniklých na základě losování měla za úkol spolupracovat na společném artefaktu. Veškerá komunikace a transfer dat díla, v jednotlivých fázích, probíhali skrze internet. Výsledkem bylo patnáct sochařských objektů materializovaných pomocí 3D tiskáren obou institucí.

Osvojení tohoto způsobu práce studenty se projevilo jako velká výhoda v roce 2020 během plošného uzavření škol v rámci pandemie nemoci Sars Covid-19. Studenti a pedagogové, navyklí společné práci na díle skrze internet, byli schopni bez větších obtíží pracovat na zadání z domova a své artefakty v datové podobě konzultovat a upravovat online.

---

<sup>176</sup> SMITH, Robert Michael. Virtual Armatures. *Sculpture Magazine* [online]. International Sculpture Center, 1996, 1996 [cit. 2020-06-10]. ISSN 0889-728X. Dostupné z: <https://www.sculpture.org/documents/webspec/virtuarm/virtuarm.shtml>



#### 4.2.1 Proměna konzumenta

Odlišný přístup ke sdílené tvorbě sochařského díla spatřuji zejména v procesu přeměny role diváka na roli aktivního spolutvůrce uměleckého díla. Pozice sochaře/programátora nově spočívá v režii uměleckého díla. Umělec tvoří rámec díla, představuje svůj koncept, svoji myšlenku, skrze určení způsobu formování budoucích artefaktů, stanovuje jejich hraniční limity. Vytváří umělecký nástroj s předem danou estetickou funkcí. Výběr výsledného artefaktu ze škály možností je však ponechán v rukou recipienta, spolutvůrce uměleckého díla/konkrétního artefaktu. Role recipienta uměleckého díla se mění na roli participanta v procesu vzniku tohoto díla. Participant je podmínkou vzniku díla.

Zřejmě zatím nejvyšší formální mety v konceptu zapojení konzumenta umění do aktivního procesu tvorby dosáhla společnost Nervous System. Tato společnost byla založena v roce 2007 Jessicou Rosenkrantz a Jesse Louis-Rosenbergem. Po celou dobu svojí existence se Nervous System zaměřuje na tvorbu počítačem generovaných objektů v rozsahu od sochařství přes design až po oděvní průmysl. Estetika produktů společnosti vychází z inspirace přírodou a samotným procesem počítačového generování. *„Fascinují nás přírodní procesy, které vytvářejí složité formy z jednoduchých sad pravidel a vnitřních interakcí. Naše projekty se soustředí na přizpůsobení těchto procesů výpočetním nástrojům; Děláme to tak, že převedeme vědecké teorie a modely tvorby vzorů na algoritmy designu. [...] Konstrukční systémy jsou generativní; Nemají pevný výsledek. Neuvažujeme o nich jako o nástroji, považujeme je za naše médium. Tyto systémy jsou digitálními materiály se svými vlastnostmi a chováním. [...] Naše práce v Nervous System kombinuje vědecký výzkum, počítačovou grafiku, matematiku a digitální výrobu s cílem prozkoumat nové paradigma designu a výroby produktů. Místo navrhování objektů vytváříme výpočetní systémy, jejichž výsledkem je nesčetné množství různých výtvorů.“<sup>177</sup>*

Společnost na svých webových stránkách představuje na jedenáct základních projektů generovaných forem, z nichž malá část byla realizována pro externí zadavatele (Customizovaná mezipodešev pro New Balance a customizovaný obal telefonu Moto X pro Motorolu), ostatní projekty pak posloužily jako základ pro jejich vlastní produktové řady. Na webových stránkách Nervous System je tak možno zakoupit nespočet hotových artefaktů (v mnoha případech i ve formě dat pro 3D tisk) ze sekcí jako: jewelery, lighting, puzzles, housewares a concepts.

Důvodem pro zařazení studia Nervous System do této kapitoly je však poslední sekce nazvaná „Create Your Own“ V této sekci nalezneme velice povedené nástroje pro snadnou online customizaci devíti produktů. Zákazník může z pohodlí svého domova, prostřednictvím internetu, tyto generativní nástroje využít a vytvořit si tak sám svůj „vlastní“ design například náhrdelníku, manžety, náramku, prstenu, náušnic nebo puzzle. V případě náramku může

---

<sup>177</sup> Projects. *N-e-r-v-o-u-s* [online]. Nervous system [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://n-e-r-v-o-u-s.com/projects/>

interaktivně na monitoru svého počítače vybírat ze dvou základních tvarů (toroidní a válcový), měnit „buněčnou strukturu“ v horizontálním i vertikálním směru, rozdělovat a spojovat jednotlivé buňky, spirálovitě stáčet objekt (uvnitř i zvenčí), a třemi způsoby definovat zaoblení stěn, případně za pomoci táhel deformovat části objektu. Při výběru produktového typu „sculpture“ může výsledná geometrie dosáhnout maximálního rozměru 300 mm. Následně je nutné vybrat požadovaný materiál díla. K dispozici je cenově dostupnější provedení SLS 3D tiskem z nylonu v šesti barevných variantách, nebo také dražší odlití z mosazi, stříbra, či čtrnáctikarátového zlata na základě 3D tisku z vosku. Při zvolení kterékoliv z uvedených materiálových variant se automaticky přepočítá cena výsledného díla. Pak už stačí jen vyplnit kontaktní údaje a artefakt zakoupit. Hotové dílo bude odesláno do třech týdnů. U takto vytvořených děl bohužel není k dispozici možnost zakoupení 3D modelu v datech.

Ačkoliv je formální stránka kooperativní tvorby v případě Nervous System dotažena téměř k dokonalosti, postrádá, alespoň z mého pohledu, umělecký přesah. Firma se soustředí především na produkt užitého charakteru a ani možnost zvětšení artefaktu, v módu „sculpture“ do rozměrů vylučujících užití díla k jeho původní funkci (třeba jako náramku), jej nedokáže posunout mimo hranice designu – byť vysoce estetizovaného. Tento limit by jistě dokázal, správně zvoleným přístupem, překonat uživatel/umělec, který by dílu dodal hlubší obsah, avšak díky nemožnosti získání digitálního modelu, a tedy i nemožnosti tuto formu dále přetvářet a kontextualizovat, je potenciální umělecký posun značně komplikován.

Nervous System si vážím coby skvělé designerské společnosti, která jedinečným způsobem propojila generativní modelování přírodních forem, digitální technologie, vkus a interaktivní participaci uživatele. Právě způsob kooperace s uživatelem, v neposlední řadě i způsob distribuce díla, by pak mohl být inspirací dalším digitálním sochařům.

Jako ryze umělecký počin participativního charakteru spatřuji projekt Entoforms. Na sklonku roku 2010 započal Nizozemský umělec a maker Dolf J. Veenvliet, zvaný Macuno, práci na svém projektu Entoforms. Název projektu vychází z řeckého slova Entomon značící hmyz a do značné míry uvozuje výslednou formu díla. Principem projektu byla tvorba hmyzu podobných entit, jakýchsi „fosilií budoucnosti“, vzniklých na základě počítačového generování. Tvar každé jednotlivé entity měl být určován kódem, soustavou písmen, tedy jakousi formou DNA informace. Jednotlivá písmena kódu ovlivňovala například počet končetin, očí nebo článků těla, dále pak jejich tvar, velikost a barevnost.

K práci na projektu zvolil Macuno opensource modelovací software Blender doplněný o funkci skriptování v jazyce Python. Prvotním záměrem projektu Entoforms mělo být vystavení série vybraných artefaktů materializovaných za pomoci 3D tisku a adjustovaných coby entomologická sbírka. Vedlejším produktem pak mělo být zkoušení nového kódu, podávání zpětné vazby a sdílení postupů tvorby v komunitě kolem softwaru Blender.

S tím, jak práce postupovala, si Macuno stále silněji uvědomoval potenciál projektu v podobě jeho zpřístupnění online, a tedy i možnosti zapojení diváka do aktivního procesu tvorby. Představa byla taková, že si kdokoliv bude moci sám, zadáním specifického kódu v prostředí webové aplikace, vytvořit svého vlastního Entoforma. Protože se jedná o kód tvořený soustavou písmen, nabízí se k tomuto účelu využít textu, tedy jména, hesla, nebo stručného vzkazu. Výsledný artefakt pak mělo být možno jednoduše objednat. Materializaci každé sochy formou plnobarevného 3D tisku, by, kvůli záruce odpovídající kvality, zajišťovala společnost Shapeways.

Jelikož se jednalo o náročný projekt, ohlásil Macuno v květnu roku 2011 crowdfundingovou kampaň na portálu Indiegogo. Bohužel se přes veškeré úsilí (kvalitně zdokumentované na stránkách projektu Entoforms) během tříměsíční kampaně podařilo vybrat „jen“ 2 810 USD, což představovalo zhruba čtvrtinu požadované částky (10 000 Euro). Macuno si tak mohl splnit alespoň svůj původní cíl, v podobě realizace série vybraných Entoformů (v té době stále velice nákladným) 3D tiskem, jejich adjustaci do entomologických boxů a vystavení v rámci několika výstavních projektů.<sup>178</sup>

Macuno rovněž pro svou výstavu v rámci Affordable Art Fair 2011 vytvořil zjednodušenou verzi generátoru Entoforms, kterou v tichosti zpřístupnil online na adrese: <http://entoform.shapewright.com/>. Zde můžeme zadat sekvenci písmen a po stisknutí tlačítka „Build it“ sledovat, jak se základní tvar koule postupně mění a roste do podoby nové struktury – jedinečného Entoforma. Bohužel zde neexistuje možnost model jakkoliv stáhnout, nebo objednat. Pokud bychom si chtěli udělat ucelenější představu o potenciálu plnohodnotného generátoru, musíme se spokojit s cca minutovými video ukázkami uživatele Dolf Veenvliet na kanále YouTube.<sup>179</sup>

U Macuna si cením zejména toho, že dokázal projekt Entoforms udržet v rovině umění. Každý jeho generovaný Entoform je svébytným sochařským dílem nesoucím v sobě původní záměr a specifický rukopis autora. Tímto se Macunovi podařilo nepřekročit onu tenkou hranici mezi tvorbou generovaného uměleckého díla a tvorbou nástroje ke generování pouhých estetických objektů, tak jako se tomu stává v jiných případech.

Přestože se projekt Entoforms nepodařilo naplnit v celém jeho zamýšleném rozsahu, mění svým participativním rozměrem roli konzumenta umění na roli jeho aktivního spolutvůrce a představuje tak, z mého pohledu, jedinečný přístup k současné sochařské tvorbě.

---

<sup>178</sup> News. *Entoforms* [online]. Macouno [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.entoforms.com/news/>

<sup>179</sup> Entoforms Generation 0039 Transitus Durus. In: *YouTube* [online]. YouTube, 2011, 24. 5. 2011 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Kfm0JnB-xiA>

### 4.3 Sdílená produkce sochařského díla

Dnešní sochařství se, implementací digitálních technologií do procesu tvorby artefaktu, otevřelo dalším možnostem v oblasti sdílené produkce, ale také snadné distribuce uměleckého díla. Díky vlastnostem digitálního modelu, jeho snadné transportovatelnosti skrze internet a digitálními technologiím umožňujícím materializaci artefaktu (mnohdy) bez fyzické přítomnosti autora, již není proměna modelu v hotový artefakt vázána na jediné místo (konkrétní ateliér). Dnešní sochař mnohdy nemusí s výsledným dílem v materiálu přijít ani do kontaktu. Svoji produkci může poskytovat skrze internet ve formě digitálních dat. V některých případech garantuje kvalitu zhotovení svého díla výběrem konkrétního způsobu materializace, nebo se odpovědnosti za kvalitu výsledného zpracování může úplně zbavit tím, že materializaci artefaktu nechává plně v rukou recipienta. Stále však platí, že je sochařské dílo naplněno teprve jeho fyzickým zhmotněním v reálném prostoru.

Produkce díla (ve smyslu materializace), nikoliv sochařem/autorem samotným, ale pomocí jiného realizátora je, dá se říci, tradiční sochařskou praxí. Vzpomeňme například renesanční umělecké dílny, v nichž tým odborně vyškolených pomocníků realizoval pod dohledem mistra jeho dílo. Mistr se staral o celkovou koncepci díla, tvorbu skic, případně hliněného modelu. Sám často ve finálním materiálu manuálně zpracovával jen některé jeho nejdůležitější části. Dnes existuje řada společností, které nabízejí umělcům realizaci jejich sochařských děl takřkajíc „na klíč“. Z oblasti tradičního sochařství zde zmíním například sochařskou dílnu sídlící v italské Pietrasantě poblíž Carrary, *Studi di Scultura Nicoli* jejímž hlavním posláním, je, nepřetržitě od jejího založení roku 1863 až do současnosti, ruční zakázková realizace sochařských děl z carrarského mramoru, pro autory z celého světa.<sup>180</sup> Jen v samotném městě Pietrasanta sídlí na padesát pět dílen se specializací na zakázkovou realizaci sochařských objektů z kamene, nebo bronzu.<sup>181</sup>

Digitální sochařství, samotným faktem, že dílo může být materializováno bez účasti autora, tedy pouze navazuje na tuto letitou praxi a dále ji rozvíjí. Potenciál sdílené produkce digitálního sochařského díla byl poprvé tematizován na již zmiňovaném bienále *Intersculpt 95*. Poprvé zde byla realizována tzv. TeleSculpture. Tento pojem, jehož autory jsou Christian Lavigne a Alexander Vitkine, označuje metodu tvorby sochařského díla, spočívající ve výrobě virtuálního modelu na jednom místě a jeho následném zaslání v datové podobě na místo jiné, kde je dílo zhmotněno do své fyzické podoby za pomoci 3D digitálních technologií. Na *Intersculpt 95* se tato idea autorům povedla realizovat v reálném čase během souběžné výstavy v Gallerii Graphen v Paříži a Silicon Gallery ve Filadelfii. Tzv. *Transatlantická telesocha* amerického sochaře Stewarta Dicksona byla v datové podobě zaslána z Filadelfie do Paříže, kde byla následně materializována sponzorem akce, firmou Parangon Inc, za

---

<sup>180</sup> *Laboratori Artistici Nicoli* [online]. Carrara [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <http://www.studidiscultura.it/>

<sup>181</sup> RYSMAN, Laura. In Italy, Art Becomes Reality. *The New York Times* [online]. New York: The New York Times Company, 2019, 4 Dec 2019 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2019/12/04/fashion/craftsmanship-pietrasanta-italy-marble-bronze-henry-moore.html>

pomocí 3D tisku.<sup>182</sup> Přestože bylo digitální spojení mezi Paříží a Filadelfií uskutečněno pomocí satelitu (internet se v této době ve Francii teprve rozvíjel), můžeme v konceptu TeleSculpture spatřovat směřování k podstatnému aspektu Digitálního sochařství současnosti, tedy k sochařství v době internetu a digitálních technologií materializace, nezávislému na vzniku v místě konkrétního ateliéru.<sup>183</sup>

Princip TeleSculpture byl znovuobjeven a použit o téměř dvacet let později projektem *Digital Exchange*, kdy byly podobným způsobem vzájemně realizovány artefakty studentů Fakulty výtvarných umění VUT v Brně a newyorské School of Visual Arts.<sup>184</sup>

---

<sup>182</sup>Ars Mathematica (organization). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Ars\\_Mathematica\\_\(organization\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ars_Mathematica_(organization))

- Christian Lavigne. *Toilemetisse* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z:

[http://toilemetisse.free.fr/cl/sculpt/lom\\_a.htm](http://toilemetisse.free.fr/cl/sculpt/lom_a.htm)

<sup>183</sup> La Première Exposition Mondiale de Sculpture Numérique a été organisée. *Arsmathematica* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.arsmathematica.org/index-IS.html>

<sup>184</sup> *Digital Exchange* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <http://digital-exchange.cz/>

### 4.3.1 Sdílený 3D tisk

Jedním ze způsobů sdílené produkce digitální sochy, vyplívajícím z dobrovolnictví a dnešní obecné dostupnosti 3D tiskáren je sdílený 3D tisk sochařského objektu. V českém prostředí se o popularizaci této produkční metody zasloužila výzkumná skupina PET-MAT. Tato nezisková společnost vznikla roku 2014 v experimentálním ateliéru Fakulty architektury na Českém vysokém učení technickém v Praze a od té doby se zaměřuje na výzkum v oblasti opětovného využití recyklovaného PET plastu. Činnost PET-MATu dále spočívá ve zvyšování povědomí veřejnosti o těchto recyklovaných materiálech.<sup>185</sup> Jelikož mezi produkty výzkumu společnosti patří i 3D tisková struna vytvořená z recyklovaných PET lahví, rozhodl se PET-MAT, v rámci propagace produktu, k tvorbě rozměrných uměleckých děl za pomoci sdíleného 3D tisku. Tato metoda produkce, kterou PET-MAT nazývá *crowdprinting*, spočívá v oslovení široké komunity makerů využívajících 3D tisk. Zainteresovaní tiskaři si mohou na webových stránkách projektu vybrat jednotlivé díly budoucího díla, tyto materializovat na své vlastní 3D tiskárně a zaslat na centrálu společnosti. PET-MAT k tomuto účelu bezplatně poskytuje recyklovaný filament potřebný k realizaci jednotlivých částí objektu. Výsledné dílo je na konci projektu z těchto vytisknutých částí sestaveno a náležitě mediálně prezentováno. Mezi výsledky jednotlivých ročníků projektu tak byl představen kinetický *Anděl Dominika Císaře*,<sup>186</sup> *Paralelní svět andělů* sochaře Michala Trpáka,<sup>187</sup> nebo *Kaleidoskop*, vítězné dílo studentské soutěže, od studentky Technické univerzity v Istanbulu, Ekin Ünlü.<sup>188</sup>

Podobný způsob produkce díla využil například student ateliéru Socha 1 na brněnské FaVU, Tomáš Zelený (1994). Zelený ve své práci experimentuje, mimo jiné, s využitím generovaných struktur, jež jsou obvykle užívány v procesu 3D tisku jako podpůrná konstrukce při materializaci modelu. Tyto 3D tiskové „podpory“, (které se obvykle po procesu tisku odstraňují a vyhazují) autor tematizuje coby základní výrazový prostředek sochařského díla. V rámci své bakalářské práce, pojmenované *Tactus*, neboli *Dotek*, nechal Tomáš Zelený generovanými podporami obrůst model reálného sloupu ve velikosti 1:1 tak, jako by jej chtěl celý najednou tisknout na 3D tiskárně. Následně model sloupu z kompozice odstranil, čímž získal samotnou podpůrnou strukturu připomínající technicistní rostlinný organismus. Jelikož se jednalo o složitou sochu, jejíž výška přesahovala dva metry, nebylo možné ji, v rámci semestru, realizovat prostřednictvím jediné 3D tiskárny, kterou měl na FaVU k dispozici (ostatní 3D tiskárny na fakultě neumožňovali tisk materiálem Pet-G, který autor pro realizaci zvolil). Tomáš Zelený proto celé dílo rozřezal na téměř osmdesát částí, odpovídajících tiskovým možnostem obvyklých 3D tiskáren a obrátil se s žádostí o pomoc při materializaci objektu, nejen na své kolegy sochaře vlastní 3D tiskárnu, ale i na komunitu 3D

---

<sup>185</sup> *Petmat* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://petmat.cz/>

<sup>186</sup> *PET(s)culpt*. *Petmat* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://petmat.cz/projects/petsculpt-project/>

<sup>187</sup> *Paralelní svět andělů*. *Petmat* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://petmat.cz/projects/paralelni-svet-andelu/>

<sup>188</sup> Studentská soutěž o nejlepší návrh 3D sochy má svého vítěze. Projekt se představí i na MSV. *BVV* [online]. Brno: Veletrhy Brno, 2019, 8. 8. 2019 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.bvv.cz/msv/aktuality/studentska-soutez-o-nejlepsi-navrh-3d-sochy-ma-sve/>

tiskařů sdružených v české facebookové skupině *3D tisk*. Jednu 3D tiskárnu mu k tomuto účelu sponzorsky zapůjčila i firma MCAE Kuřim. Jedině touto metodou sdíleného 3D tisku mohl Tomáš Zelený své dílo úspěšně, v daném termínu dokončit.

Pomoc komunity 3D tiskařů/nadšenců digitální materializace může tedy být jednou z možností realizace sochařského díla. Tento způsob produkce je vhodný zejména při realizaci rozsáhlejších projektů z oblasti 3D tisku, na které by jinak autor sám svým vlastním technickým zázemím, v požadovaném termínu, nestačil. Případně může posloužit jako vstupní brána do oblasti digitálního sochařství těm umělcům, kteří si teprve osvojují využití 3D tisku k produkci vlastních děl a investici do pořízení vlastní 3D tiskárny teprve zvažují.

#### 4.3.2 Publikovaná socha

Vedle, čím dál početnějších, společností se specializací na digitální materializaci rozměrných sochařských objektů a realizací (základem procesu je většinou, stále velice nákladné 3D frézování, výroba formy a následného odlitku do finálního materiálu), jsou dnes velice rozšířené, finančně dostupnější, služby nabízející výrobu drobného (nejen uměleckého) artefaktu pomocí 3D tisku.

Celosvětově nejznámější společností v oblasti 3D tiskových služeb je Shapeways. Tato společnost započala svou činnost 1. března roku 2007 v nizozemském Eindhovenu, jako start-upový projekt pod hlavičkou tzv. Inkubátoru životního stylu, firmy Philips Electronics.<sup>189</sup> Své podnikání zahájila roku 2008, už jako spin-off společnost tohoto elektronického giganta.<sup>190</sup> Shapeways zpočátku nabízela 3D tisk pouze jediným materiálem, avšak velice brzy následovala řada materiálů dalších, včetně odlévání drobných předmětů z bronzu, ale také stříbra, zlata a platiny. V roce 2018 oslavila společnost materializaci svého desetimilionového 3D modelu.<sup>191</sup> Shapeways je dnes prosperující, nezávislou společností s hlavním sídlem v americkém New Yorku a tradiční pobočkou v nizozemském Eindhovenu. Své služby poskytuje jednotlivcům, ale i celým firmám.

Standardní proces zadání materializace artefaktu probíhá tak, že kdokoliv může, po vytvoření účtu, nahrát svůj design do rozhraní webových stránek společnosti, poté zvolí jeden z osmnácti základních materiálů, případně barevnost, nebo požadovanou povrchovou úpravu. V závislosti na zvolených parametrech se v reálném čase přepočítává cena za hotový výrobek. Poté stačí produkt vložit do košíku a objednat. Hotové dílo bude odesláno na zvolenou adresu v rozsahu od tří do cca čtrnácti dnů.

Vedle základní služby materializace produktů rozvinula společnost Shapeways i další zajímavý obchodní koncept. Na svých webových stránkách vytvořila tzv. Marketplace.<sup>192</sup> Toto virtuální tržiště je koncipováno jako místo pro nabídku 3D modelů, potenciálních fyzických artefaktů, od různých tvůrců. Digitální sochař, již nemusí investovat do nákupu drahých 3D technologií a riskovat tak finanční ztráty v případě neúspěchu. Do jisté formy komisního prodeje skrze Marketplace vkládá „pouze“ své duševní vlastnictví ve formě virtuálního 3D modelu a potom už jen čeká na zájem o zakoupení / materializaci tohoto modelu stran

---

<sup>189</sup> WEIJMARSHAUSEN, Peter. Shapeways raises \$5M and opens HQ in New York. *Shapeways* [online]. Shapeways, 2010, 23 September 2010 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z:

<https://www.shapeways.com/blog/archives/595-Shapeways-raises-5M-and-opens-HQ-in-New-York.html>

<sup>190</sup> STRICKLAND, Eliza. Shapeways bringing 3-D printing to the masses. *IEEE Spectrum* [online]. 2013, **50**(11), 22-22 [cit. 2020-06-14]. DOI: 10.1109/MSPEC.2013.6655831. ISSN 0018-9235. Dostupné z:

<http://ieeexplore.ieee.org/document/6655831/>

<sup>191</sup> GRIFFITHS, Laura. Leaders of the New School: The Shape of 3D Printing to come: "We're still young and we're still growing and still figuring things out.." *TCT Magazine: 3D printing & additive manufacturing intelligence* [online]. Rapid News Publications, 2019, 29 March 2019 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z:

<https://www.tctmagazine.com/additive-manufacturing-3d-printing-news/leaders-of-the-new-school-where-are-they-now-shapeways/>

<sup>192</sup> Shapeways 3D Printing Marketplace. *Shapeways* [online]. Shapeways, c 2008 - 2020 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.shapeways.com/marketplace>



veřejnosti. V praxi si zákazník může vybrat některý z nabízených produktů, zvolit provedení ze spektra materiálů dopředu schválených autorem, objednat jeho realizaci a zaslání na požadovanou adresu. Digitálním sochařům se tak otevřela další cesta distribuce vlastních děl. Autor se stává vydavatelem série sochařských objektů. To zda, a do jaké míry, bude tato série naplněna, však plně závisí na koncovém uživateli. Jedná se o jednu z možností jisté DIY distribuce sochařského díla, tedy distribuce svépomocí, bez závislosti na oficiálních uměleckých strukturách, jako jsou prodejní galerie, či umělecké veletrhy. Umělec nečeká na oslovení prostředníkem prodeje (například galeristou), svá díla aktivně nabízí na platformě materializační společnosti přímo konzumentu samotnému.

Možnosti produkce díla touto cestou využila řada tvůrců napříč obory, z nichž mnozí se věnují právě digitálnímu sochařství. Na Shapeways Marketplace v sekci Art je dnes nabízeno na 43 500 artefaktů různé umělecké kvality. Z úspěšných autorů Shapeways zmiňme například známého nizozemského kinetistu Theo Jansena (1948). Tento umělec autodidakt (vystudoval aplikovanou fyziku na Delfské technické univerzitě) je znám především svým dlouholetým projektem *Strandbeest*. V rámci tohoto projektu vytváří fascinující, rozměrné, kinetické konstrukce, v nichž například síla větru, díky sofistikované mechanice objektu, nutí celý kolos k chůzi, třeba po mořské pláži.<sup>193</sup> Na stránkách Shapeways nabízí Theo Jansen čtyři miniaturní verze, těchto kinetických objektů série *Strandbeest*, upravené pro detailní 3D tisk z nylonového prášku.<sup>194</sup> Jansen tímto způsobem zprostředkovává široké veřejnosti svá díla za dostupnou cenu v nelimitované edici.

Právě absence limitu edice je jedním ze signifikantních rysů nabídky digitálního sochařského artefaktu skrze internetová tržiště, jako je Shapeways Marketplace. Oproti tradičnímu pojetí originálu v soše (v českém prostředí platí úzus, že originálem může být maximálně šest signovaných odlítků jednoho díla) již umělci nevidí v multiplikaci artefaktu žádný problém.

Další úspěšná umělkyně Shapeways, americká tvůrkyně tzv. matematických soch, Bathsheba Grossman (1966), uvádí, že dává přednost rozšiřování svých designů před limitováním jejich dostupnosti. O tomto přístupu se dále vyjadřuje jako o „publikování“ sochařského díla. Svůj artefakt vnímá jako knihu, která nic neztrácí faktem, že ji přečetlo mnoho lidí, naopak s množstvím čtenářů získává na hodnotě.<sup>195</sup>

Tvůrce sochařského bestselleru, v kontextu multiplikace digitální sochy na Shapeways, je americký sochař Joshua Harker (1970). Tento umělec na sklonku roku 2011 propojil start-upový projekt na serveru Kickstarter s materializací skrze Shapeways. V rámci projektu *Crania Anatomica Filigre: Me to You* nabídl veřejnosti jediný artefakt, ornamentálně prořezávanou lebku v několika velikostech a barevných provedeních. Toto dílo vzbudilo

---

<sup>193</sup> *Strandbeest* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.strandbeest.com/>

<sup>194</sup> Theo Jansen. *Shapeways* [online]. Shapeways, c2008 - 2020 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.shapeways.com/shops/theojansen>

<sup>195</sup> GROSSMAN, Bathsheba, LABACO, Ronald T., ed. Bathsheba Grossman. *Out of Hand: Materializing the Postdigital*. London: Black Dog Publishing, 2013, s. 21. ISBN 978-1-908966-23-0.

nebývalý zájem. Harker v rámci kampaně prodal téměř tisíc výtisků svého artefaktu, čímž se stal rekordmanem Shapeways. Konečnou vybranou částkou 77 271 USD se tento projekt stal třetím nejúspěšnějším uměleckým projektem v historii Kickstarteru.<sup>196</sup>

---

<sup>196</sup> HARKER, Joshua. Crania Anatomica Filigre: Me to You. *Kickstarter* [online]. Kickstarter, 2012, 15 November 2012 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.kickstarter.com/projects/joshharker/crania-anatomica-filigre-me-to-you>

### 4.3.3 Datově publikovaná socha

Hraniční formou produkce díla na pomezí počítačové grafiky a sochařství je Datově publikovaná socha. Práce autora Datově publikované sochy je v základu shodná s prací každého digitálního sochaře. Umělec vytváří 3D model s potenciálem (mnohdy formálně velice kvalitního) sochařského díla. Tento (většinou high poly) 3D model vytváří primárně pro účely materializace 3D digitálními technologiemi. Následně se však vzdává kontroly nad výslednou sochou, tím, že její materializaci ponechává plně v rukou příjemce. Své dílo v digitální podobě prodává v neomezené edici konzumentům, kteří jej mohou materializovat libovolnou cestou. Autor Datově publikované sochy dopředu počítá se schopností příjemce toto dílo materializovat svépomocí. Tvoří tedy umělecký produkt určený k DIY materializaci. Teprve aktivní účast konzumenta při realizaci artefaktu naplňuje potenciál díla jako digitální sochy. Tento způsob produkce a distribuce díla, je však pro většinu sochařů problematický hned z několika důvodů:

Prvním a hlavním z těchto důvodů je ztráta kontroly nad provedením výsledného artefaktu. Konkrétní materiálová skladba, barva a míra kvality materializace artefaktu je neodmyslitelnou složkou většiny „běžných“ sochařských děl.

Dalším problémem je možnost relativně snadného odcizení díla. Respektive (po prvotním zakoupení díla) existuje možnost jeho další distribuce subjekty odlišnými od autora. Této možnosti se tvůrci datově publikovaných soch brání omezením práv konzumenta formou licencování díla. Většinou se jedná o tzv. Royalty Free License, nebo specifické licenční podmínky definované na webu konkrétního tržiště digitálních modelů. Faktem však je, že i přes licencování děl je, jako v případě většiny datových produktů, velice náročné tyto nekalé praktiky dohledat a případně sjednat nápravu.

Třetí zásadní důvod pro odmítání tohoto způsobu produkce/distribuce díla vyplývá z možnosti snadné editace jeho digitální formy. Z díla se snadno stává vstupní forma procesu sochařské postprodukce. Dílo je sice zakoupeno, ale může být okamžitě přetvořeno v dílo nové. Z díla se stává sampl. Tomuto jednání navíc nebrání ani většina běžně užívaných licenčních podmínek. V případě Royalty Free Licence, je zahrnutí původního díla do většího celku, nebo jeho další přetvoření, jedinou možností, jak toto původní dílo dále komerčně využít. Model může být použit v díle dalšího autora, nesmí se však sám o sobě stát jeho dílem. Podmínkou tohoto užití je pouze zamezení zpětného získání původní vstupní formy z výsledného díla.<sup>197</sup> Tato licence tedy de facto uvozuje užití modelu pro potřeby postprodukce. Nutno však dodat, že mnozí autoři Datově publikované sochy jsou s tímto faktem smířeni a vedle plnohodnotných digitálních artefaktů nabízejí i vlastnoručně vytvořené sampl, tedy části, například figurálních 3D modelů, vhodné k doplnění, či komponování jiného 3D modelu/digitálního prostorového díla.

---

<sup>197</sup> General Terms and Conditions. *CGTrader* [online]. CGTrader, c2011-2020 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.cgtrader.com/pages/terms-and-conditions#general-terms-of-licensing>

Ze sochařů datově publikovaných soch se tedy (mnohdy mimoděk) stávají tvůrci „pouhých“ původních/vstupních forem. Staví se do role řemeslníků sochařství/tvůrců virtuálních sochařských samplů. Ostatní digitální sochaři pak v duchu postprodukce mohou svá díla snadno stavět právě na jejich produktech. Je tedy otázkou, zda se sochařství jako umělecké odvětví, díky existenci digitální sochy publikované ve formě 3D modelu, nemůže diferencovat například do podoby Sochařství původních forem a Sochařství postprodukčního. Zda se tvorba původních/vstupních sochařských forem nemůže transformovat do oblasti jakési uměleckořemeslné výroby, tvorby samplu, forem určených k postprodukcí? Existence trhu s digitálními sochařskými samply by tomuto vývoji nasvědčovala.

#### 4.4 Obrazová příloha



Barry X Ball, *Sleeping Hermaphrodite*, 2010-2014 (connersmith.us.com)



Barry X Ball, *Perfect forms*, 2010-2014 (pinterest.com)



Tomáš Pavlacký, *Prchající srnčí zvěř*, ze série *Kód*, 2015 (archiv autora)



Tomáš Pavlacký, *Rodina*, ze série *Kód*, 2014 (archiv autora)



Emilio Vavarella, *Libro II – 17. Apollo e Coronide*, ze série *Datamorphosis*, 2019 (emiliovavarella.com)



Emilio Vavarella, *Libro II – 18. Minerva ed Erittonio*, ze série *Datamorphosis*, 2019 (emiliovavarella.com)



Tomáš Pavlacký, *Muž s dítětem*, 2017 (archiv autora)



Adrián Villar Rojas, *Ahora estaré con mi hijo, el asesino de tu herencia*, 2011  
(artdatbank.blogspot.com, Chloe)





Adrián Villar Rojas, *The Theater of Disappearance*, 2017 ([www.nytimes.com](http://www.nytimes.com), Michael Kirby Smith)



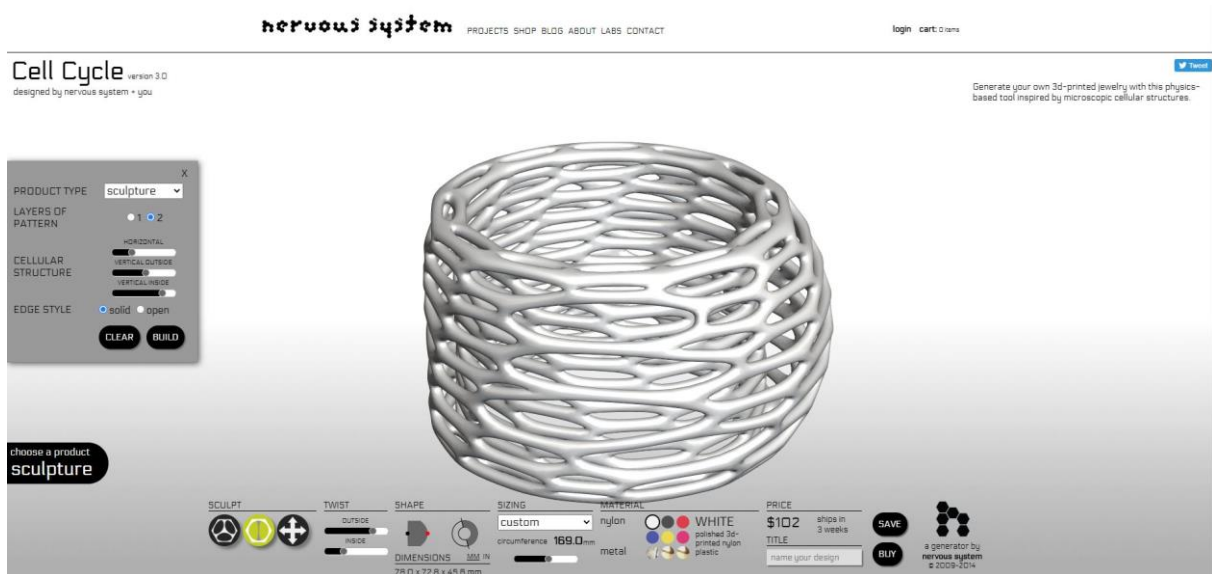
Adrián Villar Rojas, *The Theater of Disappearance*, 2017 ([news.artnet.com](http://news.artnet.com), Jörg Baumann)



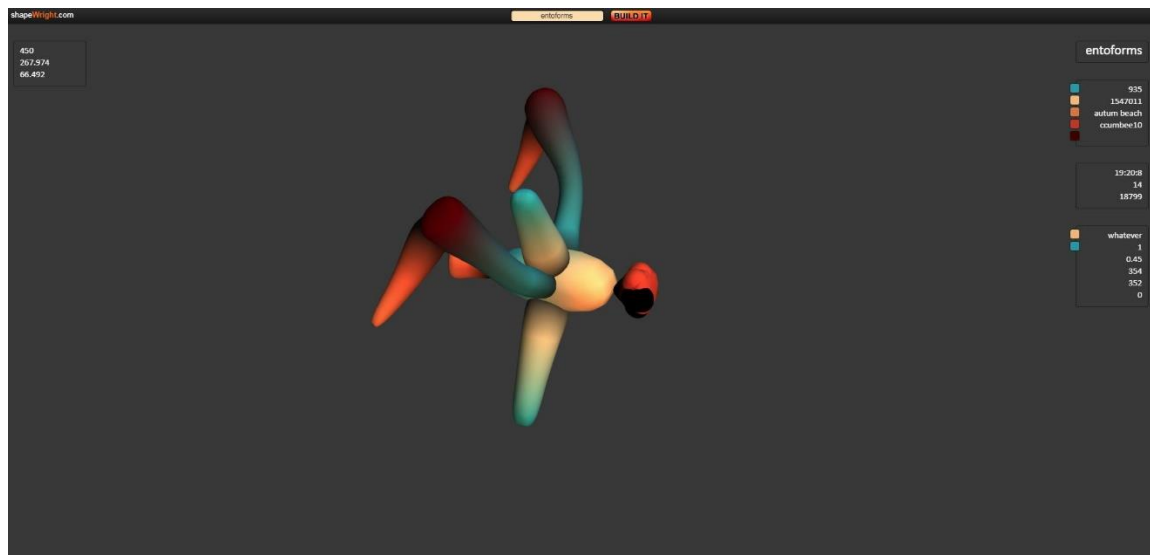
Monika Horčicová, *Kolo života*, 2012 (archiv autorky)



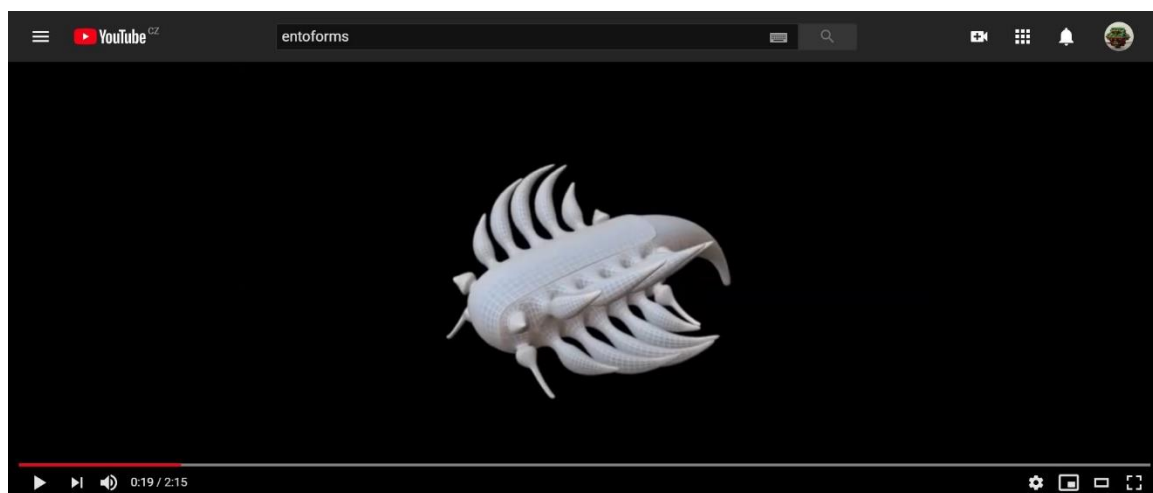
Monika Horčicová, *Relikviář*, 2013 (archiv autorky)



Nervous System, online tvorba produktu v režimu sculpture, ([n-e-r-v-o-u-s.com/cellCycle/](http://n-e-r-v-o-u-s.com/cellCycle/))



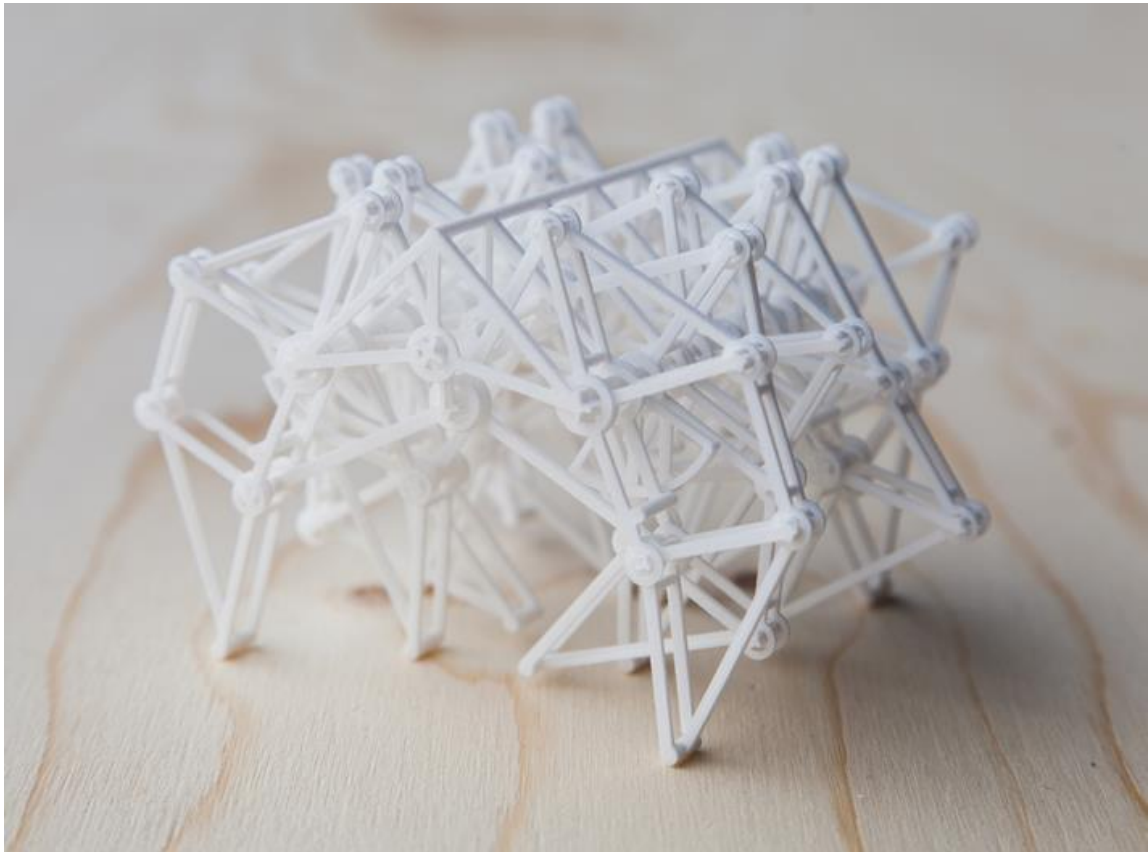
Dolf J. Veenliet (Macuno), online Entoforms generator, ([entoform.shapewright.com](http://entoform.shapewright.com))



Dolf J. Veenliet (Macuno), *Entoforms Generation 0021 & 0022*, ([www.youtube.com](http://www.youtube.com))



Tomáš Zelený, *Tactus*, 2019 (archiv autora)



Theo Jansen, *Animaris Geneticus Bellus* (shapeways.com)



Bathsheba Grossman, *Vorodo* (shapeways.com)



©2011 Joshua Harker

Joshua Harker, *Crania Anatomica Filigre*, 2011 (joshharker.com)

## 5. Závěr

### 5.1 DIY sochařství

*„V každém umění existuje bariéra technologické složitosti. Teprve když se jí podaří překonat, mohou se na daný druh umění takřkajíc vrhnout široké masy.“<sup>198</sup>*

Tradiční sochařství nebylo vůči tvorbě laické veřejnosti nikdy zcela uzavřeno, avšak, díky technologické náročnosti spojené s tvorbou sochařského objektu, se masovému překonání profesní bariéry bránilo, z tradičních uměleckých oborů, zřejmě nejdéle. 3D digitální technologie, které s sebou přinášely relativně snadnou a formálně dokonalou materializaci prostorových objektů s minimálními nároky na léty pěstěnou manuální zručnost autora sochařského díla, prakticky od svého vzniku umožňují tuto bariéru překonat. Množství sochařů se, v počátcích digitálního sochařství, etablovalo z řad techniků, inženýrů a matematiků věnujících se v té, či oné míře, počítačové grafice či digitální materializaci objektu. V souvislosti s počátky digitálního sochařství bývá tento druh umění nazýván rovněž jako „inženýrské umění“.<sup>199</sup> Digitální technologie tedy umožnily vstup, v sochařství neškolených osob, dalo by se říci DIY umělců, do oboru sochařství. Započal stále se prohlubující trend demokratizace sochařství.

Jelikož *„demokratizace spočívají v zásadním rozšíření nějakého usnadnění“*.<sup>200</sup> Můžeme také trend demokratizace sochařství spatřovat v plné síle až s nástupem dostupných 3D digitálních technologií a to zejména ve spojení se světovou sítí internetu. Internet, který obsahuje stále více informací, týkajících se téměř všech odvětví lidské činnosti, umožňuje každému jedinci se zájmem o danou činnost, vyhledání těchto potřebných informací, návodů, případně instruktážních videí, na základě kterých si může osvojit znalosti potřebné k realizaci svého záměru. Profesionálové, či jakékoliv osoby orientující se v daném tématu, mohou skrze internet snadno publikovat své poznatky a sdílet je s ostatními lidmi. Uživatelé internetu nahrávají vlastní obsah a stejně tak i používají obsah již přítomný, ke svému vlastnímu vyjádření. Internet se stává zásadní DIY technologií, prostorem tvořeným komunitou pro komunitu. Internet tak poskytuje nebývalý prostor samostudiu. V tomto kontextu bývá současná nejmladší generace, která se narodila a vyrůstala v přítomnosti internetu, nazývána jako DIY generace.<sup>201</sup> Jedná se o generaci, která si, díky důrazu na hodnoty individuality a osobní autonomie, osvojila do-it-yourself přístup

---

<sup>198</sup> MÜLLER, Ondřej a Vít HAŠKOVEC. Sestroj si sám. *Revue Labyrint: Časopis pro kulturu*. Praha: Labyrint, 2006, 2006(19-20), s. 8. ISSN 1210-6887.

<sup>199</sup> GANIS, William. *Sculpture: Digital Sculpture: Ars Ex Machina* [online]. 23. 2004 [cit. 2018-07-08]. Dostupné z: [https://www.sculpture.org/documents/scmag04/sept04/rapidproto/sept04\\_rapidproto.shtml](https://www.sculpture.org/documents/scmag04/sept04/rapidproto/sept04_rapidproto.shtml)

<sup>200</sup> TIM Panel Odborníků #1 | Palo Fabuš: Ontologie aneb Je možné demokratizovat realitu samu? In: *YouTube* [online]. Youtube, 2017, 17. 12. 2017 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=jpmXo87qhCw>

<sup>201</sup> BENET, Jeffree a Jarka FRICOVÁ. Udělej si sám – DIY kultura. *Think Magazine* [online]. Praha, 2001, 2001, (45) [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.think.cz/ceska/kultura/udelej-si-sam-diy-kultura>

k životu. Generace, která „bere a vybírá svůj životní styl, etický kodex a základní morálku z různých zdrojů“.<sup>202</sup> Díky snadnému samostudiu prostřednictvím internetu a dostupným 3D technologiím se dnes může do tvorby digitálního sochařského díla pustit prakticky kdokoli. „Technologie, a to nejen ty informační, boří bariéru technologické složitosti tvorby v různých oblastech a tím otevírají možnost laikům se na ní podílet.“<sup>203</sup>

„V současnosti dospěl vývoj společnosti do stadia, kdy jsou vytvořeny materiální a duchovní podmínky pro to, aby kulturní činnost mohl vyvíjet kdokoli. Tedy že provozování kultury není záležitostí pouze vybrané skupiny lidí, kteří si říkají „profesionální umělci“. Existuje svoboda, která umožňuje i ostatním seberealizovat se v této oblasti bez zásadnějších investic hmotných a časových“<sup>204</sup>

Samostudium, jako jedna ze základních metod DIY, je nedílnou součástí digitálního sochařství, nehledě na míru odbornosti autora. Digitální technologie se vyvíjejí takovou rychlostí, že pokud sochař nechce ve své tvorbě zaostávat, musí se neustále seznamovat s dostupnými novinkami a nalezené inovace si osvojovat a implementovat do procesu tvorby. Vzdělávací instituce mohou jen těžko obsáhnout celé aktuální spektrum dostupných nástrojů. Tradiční pojetí školy, jako instituce předávající základní sadu dovedností, jež umělec do konce života využívá a zdokonaluje, tak ve věku digitálních technologií postupně ztrácí svůj význam. Informace zastarávají již v okamžiku jejich výuky. Právě samostudium skrze internet může tuto vzdělávací funkci, pokud ne zcela, pak do značné míry nahradit. Nenahraditelnou funkcí umělecké vzdělávací instituce, však stále je poskytování zpětné vazby. Fundovanou kritiku uměleckého díla dosud žádná online služba (pokud je mi známo) neposkytuje.

---

<sup>202</sup> The do-it-yourself generation. CRAWFORD, Marisa a Graham ROSSITER. *Reasons for Living: Education and Young People's Search for Meaning, Identity and Spirituality – A Handbook*. Camberwell: ACER Press, 2006, s. 215. ISBN 978-0864316134.

<sup>203</sup> STOJANOVÁ, Veronika. *Fenomén „Do It Yourself“ a jeho pojetí v kulturněsocioekologickém kontextu*. Praha, 2014. Magisterská diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Filosofická fakulta. Vedoucí práce Marie Fulková.

<sup>204</sup> ALEF. Co to je DIY kultura? *Revue Labyrint: Časopis pro kulturu*. Praha: Labyrint, 2006 ( 19-20), s. 10. ISSN 1210-6887.



## 5.2 Shrnutí výsledků

Záměrem teoretické práce bylo, pokusit se odpovědět na otázku přítomnosti DIY a technologií s tímto fenoménem spojených v oblasti digitálního sochařství. Zkoumány byly projevy fenoménu a jejich vliv na vývoj a směřování tohoto progresivního sochařského proudu.

V kapitole Počátky digitálního sochařství jsme se seznámili s průkopníky nově se formující praxe digitálního navrhování a materializace sochařského díla. Zjistili jsme, že v tomto období využívali metodu digitální tvorby prostorového uměleckého artefaktu, téměř výhradně osobnosti, jejichž kvalifikace nezahrnovala tvorbu sochařského objektu, tedy že digitální sochařství v době svého formování sloužilo coby technologie DIY sochařů, z nichž mnozí se teprve v závislosti na využití těchto technologií stali sochaři profesionálními. Seznámili jsme se i s případy, kdy, z důvodu obecné nedostupnosti digitálních technologií materializace, byli umělci nuceni přistoupit k alternativní, DIY materializaci digitální sochy. Ozřejmil se i vliv pionýrů digitálního sochařství na formování a pojmenování tohoto nového přístupu k prostorové tvorbě. Z popudu DIY umělců vznikla první instituce sdružující digitální sochaře – Ars Mathematica. Aktivity DIY umělců sochařství stály i za prvními pokusy o pojmenování metody tvorby, dnes označované jako digitální sochařství.

V kapitole Nástroje digitálního sochařství byly představeny základní technologie tvorby digitálního sochaře, ve smyslu technických výrobních prostředků, a úloha fenoménu DIY v jejich postupné demokratizaci. Zjistili jsme, že současnou širokou dostupností 3D digitálních technologií můžeme přičítat právě zájmu a angažovanosti komunity DIY, kreativních jedinců ochotných své poznatky sdílet s ostatními skrze světovou síť internetu. Zkoumány byly rovněž důsledky širokého užití těchto technologií, ve formě vzniku rozsáhlých bank 3D modelů sdílených online k volnému užití, které připravily půdu pro vstup a rozšíření tvůrčích metod DIY do oblasti digitálního sochařství.

V kapitole DIY metody v digitálním sochařství jsme poznávali způsoby tvorby a produkce digitálního sochařského díla, které svým charakterem odpovídají praxi DIY, nebo k takovéto praxi směřují. Zjistili jsme, že digitální sochařství, díky využití 3D skeneru a rozsáhlých online bank 3D modelů k volnému stažení, integrovalo, postupy DIY, při nichž jsou, v dosud nebývalé míře, využívány již existující prostorové formy k tvorbě sochařského díla. Byly představeny principy a příklady sdílené digitální sochařské tvorby, která v některých případech mění roli konzumenta umění na roli jeho aktivního spoluvůrce. Rovněž jsme se seznámili s formami sdílené produkce, díky kterým je možno realizovat digitální sochařské dílo s minimálními nároky na osobní vlastnictví technologií materializace, a s formami distribuce digitálního sochařského díla vedoucí k nezávislosti tvůrce na oficiální struktuře trhu s uměním. Zjistili jsme, jak tyto alternativní formy produkce a distribuce díla proměňují vnímání, či pojetí sochařského originálu. Byly naznačeny i tendence k diferenciaci digitálního sochařství na sochařství vstupních forem a sochařství postprodukce.

### 5.3 Epilog

Byl bych rád, kdyby tato práce pomohla sochařům, ať už profesionálním, nebo těm, kteří svá díla tvoří čistě pro vlastní potěšení, k lepší orientaci v praxi digitálního sochařství a usnadnila tak, pomocí DIY technologií, cestu k jejich vlastní tvorbě. V dlouhodobém horizontu by pak má práce měla sloužit budoucím výzkumníkům coby záznam o tomto, pro sochařství přelomovém, období.

Závěrem bych rád předešel hypotézu: vzhledem k dostupnosti, a tedy i míře usnadnění, které digitální technologie vnášejí do procesu tvorby sochařského díla, můžeme (pakliže se drastickým způsobem nezmění obecné sociokulturní podmínky) v dohledné době očekávat změnu poměru ve využití nástrojů sochařství, právě ve prospěch technologií digitálních. Vše nasvědčuje tomu, že v praxi převládne užití digitálního sochařství (míněno technických prostředků a způsobů tvorby) nad původními ručními postupy sochařství. Je otázkou, zda tyto tradiční sochařské postupy nebudou postupem času vnímány jako ty pravé DIY technologie sochařství.

## 6. Seznam použitých zdrojů

- About. *Blender* [online]. Blender [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.blender.org/about/>
- About Us. *Arduino* [online]. Arduino, c2020 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs>
- About Us. *Cultural Heritage Imaging* [online]. San Francisco (Kalifornie): Cultural Heritage Imaging, 2016 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: [http://culturalheritageimaging.org/About\\_Us/](http://culturalheritageimaging.org/About_Us/)
- About Us: When a Humble Goal Cracked the Paradigm Wide Open. *Digital Atelier* [online]. Digital Atelier, c 2017 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <http://digitalatelier.net/#section-about-us>
- A Brief Overview of the History of CAD. WEISBERG, David A. *The Engineering Design Revolution: The People, Companies and Computer Systems That Changed Forever the Practice of Engineering* [online]. David A. Weisberg, 2008, s. 25 [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <https://www.cadhistory.net/02%20Brief%20Overview.pdf>
- Adrián Villar Rojas Has a Rooftop Exhibit at the Met. *Cultivating Culture* [online]. Cultivating Culture, 2017, 1 May 2017 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.cultivatingculture.com/2017/05/01/rooftop-met-exhibit-rojas/>
- Adrian Villar Rojas represents Argentina at 54th Venice Biennale. *E-flux* [online]. New York: e-flux, 2011, 10 June 2011 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.e-flux.com/announcements/35462/adrian-villar-rojas-represents-argentina-at-54th-venice-biennale/>
- ALEF. Co to je DIY kultura? *Revue Labyrint: Časopis pro kulturu*. Praha: Labyrint, 2006, 2006(19-20), s. 10. ISSN 1210-6887.
- ALMER, Jiří. DIY or Die! Proměny českých a slovenských hardcore-punkových scén a fanzinů od 90. let 20. století do současnosti. *HISTORICKÁ SOCIOLOGIE* [online]. 2017, 2016(2), 113-137 [cit. 2020-07-17]. DOI: 10.14712/23363525.2016.12. ISSN 2336-3525. Dostupné z: <http://www.karolinum.cz/doi/10.14712/23363525.2016.12>
- ALLEN, Preston. *DIY Art and Community Activism* [online]. Arcata (Kalifornie), 2019 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://digitalcommons.humboldt.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1282&context=etd>. Magisterská práce. The Faculty of Humboldt State University.
- Alfred M. Duca Papers. *CAPE ANN Museum* [online]. [cit. 2020-07-18]. Dostupné z: [https://www.capeannmuseum.org/media/library\\_and\\_archives\\_finding\\_aids/17\\_-\\_alfred\\_m.\\_duca\\_papers\\_finding\\_aid.pdf](https://www.capeannmuseum.org/media/library_and_archives_finding_aids/17_-_alfred_m._duca_papers_finding_aid.pdf)
- APARICIO, Carmen Fernández. Escultura MOUVNT (MOUVNT Sculpture). *Museo Reina Sofia* [online]. Madrid: Sofía, 2020 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://www.museoreinasofia.es/en/collection/artwork/escultura-mouvnt-mouvnt-sculpture-3>
- Apropríace. *Intermedia.ffa.vutbr* [online]. 2009, 1. 2. 2009 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://intermedia.ffa.vutbr.cz/apropriace>
- Arduino unveils the Arduino IoT Cloud. *Eejournal* [online]. Techfocus media, c2003 - 2020, 8 Feb 2019 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: [https://www.eejournal.com/industry\\_news/arduino-unveils-the-arduino-iot-cloud/](https://www.eejournal.com/industry_news/arduino-unveils-the-arduino-iot-cloud/)
- Ars Electronica Archive. *Web archive: Biographies* [online]. Linz: Ars Electronica Center Linz Museumsgesellschaft [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: [https://web.archive.org/web/20050408162716/http://www.aec.at/en/archives/festival\\_archive/festival\\_catalogs/festival\\_artikel.asp?iProjectID=11969](https://web.archive.org/web/20050408162716/http://www.aec.at/en/archives/festival_archive/festival_catalogs/festival_artikel.asp?iProjectID=11969)

Ars Mathematica (organization). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Ars\\_Mathematica\\_\(organization\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ars_Mathematica_(organization))

Aryzon [online]. Aryzon 3D BV, 2016 [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://www.aryzon.com/>

Autodesk 123D. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk\\_123D](https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_123D)

Autorský zákon: 121/2000 Sb. *Zákony.centrum.cz* [online]. 2015, 1.1.2015 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <http://zakony.centrum.cz/autorsky-zakon/>

Autodesk Knowledge Network: Free for Corporate Use? *Forums Autodesk* [online]. Autodesk, c2018 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <https://forums.autodesk.com/t5/meshmixer/free-for-corporate-use/td-p/8094661>

BALL, Barry X. Sleeping Hermaphrodite. *Barry X Ball* [online]. Barry X Ball, c1982-2020 [cit. 2019-12-15]. Dostupné z: [https://www.barryxball.com/works\\_cat.php?cat=1&work=195](https://www.barryxball.com/works_cat.php?cat=1&work=195)

BARNARD, Dom. History of VR – Timeline of Events and Tech Development. *VirtualSpeech* [online]. VirtualSpeech, 2019, 6 August 2019 [cit. 2019-08-12]. Dostupné z: <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>

BARRAGÁN, Hernando. *Arduino History: The Untold History of Arduino* [online]. Barragán, c2016 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://arduinohistory.github.io/>

BARRAGÁN, Hernando. *Wiring: Prototyping Physical Interaction Design* [online]. Milano, 2004 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: [http://people.interactionivrea.org/h.barragan/thesis/thesis\\_low\\_res.pdf](http://people.interactionivrea.org/h.barragan/thesis/thesis_low_res.pdf). Diplomová práce.

Bastl Instruments. *JIC* [online]. JIC, 2019 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://www.jic.cz/success-stories/bastl-instruments/>

Basics of Photogrammetry. *GIS Resources* [online]. GIS Resources, 2013, 1 September 2013 [cit. 2018-09-10]. Dostupné z: [http://www.gisresources.com/basic-of-photogrammetry\\_2/](http://www.gisresources.com/basic-of-photogrammetry_2/)

*Bastl Instruments* [online]. [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://bastl-instruments.com/>

BEDRICH, Václav. Prusa Research Josefa Průši prodal již přes 130 tisíc 3D tiskáren.: Loni firma utržila více než miliardu korun. *Czechcrunch* [online]. Praha: CzechCrunch, 2019, 3. 7. 2019 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.czechcrunch.cz/2019/07/prusa-research-josefa-prusi-prodal-jiz-pres-130-tisic-3d-tiskaren-loni-firma-utrzila-vice-nez-miliardu-koron/>

BÉNÉDICTE, Astier Marie. Sleeping Hermaphroditos. *Louvre* [online]. Musée du Louvre, c2011 [cit. 2019-12-15]. Dostupné z: <https://www.louvre.fr/en/oeuvre-notices/sleeping-hermaphroditos>

BENET, Jeffree a Jarka FRICOVÁ. Udělej si sám – DIY kultura. *Think Magazine* [online]. Praha, 2001, 2001, (45) [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.think.cz/ceska/kultura/udelej-si-sam-diy-kultura>

BENJAMIN, Walter. Umělecké dílo ve věku své technické reprodukovatelnosti. Cuni [online]. Praha: Univerzita Karlova, c2019 [cit. 2019-07-21]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/studium/predmety/index.php?do=download&did=26774&kod=JJM085>

Beyond Pages: Masaki Fujihata. *Institute of Advanced Media Arts and Sciences* [online]. Ogaki-shi: Institute of Advanced Media Arts and Sciences [cit. 2020-02-08]. Dostupné z: [https://www.iamas.ac.jp/interaction/i97/artist\\_Fujihata.html](https://www.iamas.ac.jp/interaction/i97/artist_Fujihata.html)

- Biography. *Csuriproject* [online]. Ohio: Ohio State University [cit. 2019-07-22]. Dostupné z: <https://csuriproject.osu.edu/index.php/About/biography>
- BOURRIAUD, Nicolas. *Postprodukce: kultura jako scénář: jak umění nově programuje současný svět*. Praha: Tranzit, 2004, Navigace. ISBN 80-903-4520-4.
- Brief History of Open Source Hardware Organizations and Definitions. *Open Source Hardware Association Open Source Hardware Association* [online]. Open Source Hardware Association Open Source Hardware Association, c2020 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <https://www.oshwa.org/research/brief-history-of-open-source-hardware-organizations-and-definitions/>
- CÁB, Michal. Pure Data Rukověť postdigitálního umělce: Rukověť postdigitálního umělce ver. 0.1a [online]. Praha, 2014 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: [https://monoskop.org/images/2/29/Cab\\_Michal\\_Pure\\_Data\\_rukovet\\_postdigitalniho\\_umelce\\_2014.pdf](https://monoskop.org/images/2/29/Cab_Michal_Pure_Data_rukovet_postdigitalniho_umelce_2014.pdf). Disertace. Akademie výtvarných umění v Praze. Vedoucí práce Tomáš Vaněk.
- Category: RepStrap. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://reaprap.org/wiki/Category:RepStrap>
- Cardboard: It's your turn to make it. *Arvr.google* [online]. Google, c2016 [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://vr.google.com/cardboard/manufacturers>
- CASCONE, Sarah. Adrián Villar Rojas Brings a Freewheeling Bacchanal to the Roof of the Met. *ARTnews* [online]. Artnet Worldwide Corporation, 2017, 14 April 2017 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://news.artnet.com/exhibitions/adrian-villar-rojas-met-roof-926081>
- Celosvětová studie BSA o užívání softwaru – Stručný přehled. *Gss.bsa* [online]. 2018 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: [https://gss.bsa.org/wp-content/uploads/2018/06/2018\\_BSA\\_GSS\\_InBrief\\_Czechoslovakia\\_Czech.pdf](https://gss.bsa.org/wp-content/uploads/2018/06/2018_BSA_GSS_InBrief_Czechoslovakia_Czech.pdf)
- Charles A. Csuri. In: *ZKM: Center for Art and Media Karlsruhe* [online]. Karlsruhe, 2010 [cit. 2019-07-22]. Dostupné z: <https://zkm.de/en/person/charles-a-csuri>
- Charles Csuri: Sculpture Graphic, 1968. In: *Digital Arts Community: Featured Digital Artists* [online]. ACM SIGGRAPH, c2020 [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: <http://siggrapharts.hosting.acm.org/wp/charles-csuri/artworks/digital-plotting/#>
- Christian Lavigne. *Toilemetisse* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: [http://toilemetisse.free.fr/cl/sculpt/lom\\_a.htm](http://toilemetisse.free.fr/cl/sculpt/lom_a.htm)
- CIGLAR, Damir a Toma UDILJAK. *Proceedings of the CIM 2009 - 12th International Scientific Conference on Production Engineering: Implementation of a Linux- based CNC Open Control System* [online]. Zagreb: Croatian Association of Production Engineering, 2009 [cit. 2020-03-16]. ISBN 978-953-7689-00-1. Dostupné z: [http://alvarestech.com/temp/RoboAsealRB6S2-Fiat/CinematicaExemplosManuaisConfigurador-DH-EMC/Emc\\_robot.pdf](http://alvarestech.com/temp/RoboAsealRB6S2-Fiat/CinematicaExemplosManuaisConfigurador-DH-EMC/Emc_robot.pdf)
- CIOFFI, Joseph. Art. *Robert Mallary* [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: <http://www.robertmallary.com/Art/Art.htm>
- CLAY, Kelly. 3D Printing Company MakerBot Acquired In \$604 Milion Deal. *Forbes* [online]. Forbes, 2013, 19 Jun 2013 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/kellyclay/2013/06/19/3d-printing-company-makerbot-acquired-in-604-million-deal/#754f08a81ef8>
- COCON, Matteo, Gustavo MARFIA a Marco ROCCETTI. XTrack: A Flexible Real-Time 3D Scanner for Home Computing Applications. *2012 21st International Conference on Computer Communications*

*and Networks (ICCCN)* [online]. IEEE, 2012, 2012, 1-5 [cit. 2020-02-20]. DOI: 10.1109/ICCCN.2012.6289209. ISBN 978-1-4673-1544-9. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6289209/>

COHEN, Yoseph Bar, ed. *Advances in Manufacturing and Processing of Materials and Structures (Biometrics)*. Boca Raton: CRC Press, 2018. ISBN 978-1138035959.

COLLUM, Henry J. De. N. *Stereoscopic Television Apparatus*. 15 Apr 1943n. I. United States. US2388170. Uděleno 30. 10. 1945. Zapsáno 15. 4. 1943.

Computersphere, (sculpture). *Smithsonian Institution* [online]. Smithsonian, c2016 [cit. 2016-07-27]. Dostupné z: [https://collections.si.edu/search/results.htm?q=record\\_ID:siris\\_ari\\_299639](https://collections.si.edu/search/results.htm?q=record_ID:siris_ari_299639)

CRUMP, S. Scott. *Apparatus and method for creating three-dimensional objects*. 30. 10. 1989n. I. United States. US5121329A. Uděleno 9. 6. 1992. Zapsáno 30. 10. 1989.

CSURI, Charles. Cubic Space. *Csurivision: The Art & Ideas of Charles Csuri* [online]. Csurivision, c2020 [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: <http://www.csurivision.com/index.php/tag/art-history/>

CSURI, Charles. Early Computer Art. *Csurivision: The Art & Ideas of Charles Csuri* [online]. Csurivision, 2008 [cit. 2019-07-27]. Dostupné z: <http://www.csurivision.com/index.php/2008/12/early-computer-art/#more-382>

CSURI, Charles. Tactile-Kinesthesia. *Csurivision: The Art & Ideas of Charles Csuri* [online]. Csurivision, 2012 [cit. 2019-07-27]. Dostupné z: <http://www.csurivision.com/index.php/2012/02/tactile-kinesthesia/#more-478>

DAY, Amber, ed. *DIY Utopia: Cultural Imagination and the Remaking of the Possible*. Lexington Books, 2016. ISBN 978-1498523882.

Deloitte Technology Fast 50 Central Europe 2018. *Deloitte* [online]. Deloitte, c2018 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ce/Documents/about-deloitte/ce-technology-fast-50-2018-report.pdf>

Detail. *Csuriproject* [online]. Ohio: Ohio State University [cit. 2019-07-22]. Dostupné z: <https://csuriproject.osu.edu/index.php/Detail/objects/768>

*Digital Exchange* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <http://digital-exchange.cz/>

DIETRICH, Frank. Projekt Muse. Leonardo: Visual Intelligence: The First Decade of Computer Art (1965–1975) [online]. The MIT Press, 1986, 19(2), 159-169 [cit. 2016-07-28]. ISSN 1530-9282. Dostupné z: <https://muse.jhu.edu/article/600927/pdf>

Egor Kraft: Content Aware Studies. *ZKM: Center for Art and Media Karlsruhe* [online]. Karlsruhe: ZKM, 2018 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://zkm.de/en/content-aware-studies>

Emilio Vavarella: Biography. *Emilio Vavarella* [online]. Emilio Vavarella, c2013-2020 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <http://emiliovavarella.com/cv/>

Emilio Vavarella. *Signalculture.org* [online]. Owego (New York): Signal Culture, c2014 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <http://signalculture.org/emilio-vavarella.html#.Xww5VVUzaM->

Entoforms Generation 0039 Transitus Durus. In: *YouTube* [online]. YouTube, 2011, 24. 5. 2011 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Kfm0JnB-xiA>

FabScan – 3D Laser Scanner. *Media Computing Group* [online]. Aachen: Media Computing Group, 2019, 18 Feb 2019 [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://hci.rwth-aachen.de/fabscan-software>

FabScan PI: A Stand-Alone Web-Enabled 3D Scanner. *Media Computing Group* [online]. Aachen: Media Computing Group, 2019, 18 Feb 2019 [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://hci.rwth-aachen.de/fabscanpi>

FabScan: The 100-Euro 3D Laser Scanner. *Media Computing Group* [online]. Aachen: Media Computing Group, 2016, 16 Apr 2016 [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://hci.rwth-aachen.de/fabscanoriginal>

*Facsimile: Automated Carving In Steel* [online]. 2. Haoyan of America, 2008 [cit. 2016-07-27]. ISSN 1937-2116. Dostupné z: <http://facsimilemagazine.com/2008/01/>

FENDRYCHOVÁ, Tereza. *Hledání společného jmenovatele – REMIX jako jednotící princip v současné kultuře* [online]. Brno, 2010 [cit. 2020-07-16]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/zz5n3/>. Diplomní práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Viktor Pantůček.

*Fusion 360* [online]. Adeon, c2002-2020 [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.fusion360.cz/edu/>

GANIS, William. *Sculpture: Digital Sculpture: Ars Ex Machina* [online]. 23. 2004 [cit. 2018-07-08]. Dostupné z: [https://www.sculpture.org/documents/scmag04/sept04/rapidproto/sept04\\_rapidproto.shtml](https://www.sculpture.org/documents/scmag04/sept04/rapidproto/sept04_rapidproto.shtml)

GALOVÁ, Ružena. *Subverze v umění*. Bakalářská práce. Universita Karlova Praha, Fakulta sociálních věd, 2008, str. 8.

General Terms and Conditions. *CGTrader* [online]. CGTrader, c2011-2020 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.cgtrader.com/pages/terms-and-conditions#general-terms-of-licensing>

Generativní navrhování. *CAD Studio* [online]. CAD Studio, c2020 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.cadstudio.cz/generative-design.asp>

GEORGE, Ryan. The Dollo 3D Printer: Another Step Towards Complete Self-Replication. *3D Printing Industry* [online]. 3D Printing Industry, c2017, 7 Oct 2015 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://3dprintingindustry.com/news/the-dollo-3d-printer-another-step-towards-complete-self-replication-59365/>

GREENOP, Kelly a Justin R. BARTON. Scan, save, and archive: how to protect our digital cultural heritage. *The Conversation* [online]. The Conversation Trust, 2014, 12 February 2014 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: <https://theconversation.com/scan-save-and-archive-how-to-protect-our-digital-cultural-heritage-22160>

GREGURIĆ, Leo. History of 3D Printing: When Was 3D Printing Invented? *All3DP* [online]. Madrid, 2018, 10 Dec 2018 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://all3dp.com/2/history-of-3d-printing-when-was-3d-printing-invented/>

GRIFFITHS, Laura. Leaders of the New School: The Shape of 3D Printing to come: "We're still young and we're still growing and still figuring things out.." *TCT Magazine: 3D printing & additive manufacturing intelligence* [online]. Rapid News Publications, 2019, 29 March 2019 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.tctmagazine.com/additive-manufacturing-3d-printing-news/leaders-of-the-new-school-where-are-they-now-shapeways/>

GROMOVA, Yulia. Do machines dream of the pergamon altar? *Strelka mag* [online]. Moscow: Strelka Institute, 2019, 21. 1. 2019 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://strelkamag.com/en/article/egor-kraft-content-aware-studies>

GROSSMAN, Bathsheba, LABACO, Ronald T., ed. Bathsheba Grossman. *Out of Hand: Materializing the Postdigital*. London: Black Dog Publishing, 2013, s. 21. ISBN 978-1-908966-23-0.

- HARKER, Joshua. Crania Anatomica Filigre: Me to You. *Kickstarter* [online]. Kickstarter, 2012, 15 November 2012 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.kickstarter.com/projects/joshharker/crania-anatomica-filigre-me-to-you>
- HEILIG, M. L. *Sensorama Simulator*. 28. 8. 1962n. I. United States. US3050870. Uděleno 28. 8. 1962. Zapsáno 10. 2. 1961.
- HEILIG, M. L. *Stereoscopic Television Apparatus For Individual Use*. 1957. United States. US2955156. Uděleno 4. 10. 1960. Zapsáno 24. 5. 1957.
- HINSON, Matt. Reflections on threats to world history. In: *Wordpress: Cultural Heritage Imaging* [online]. Wordpress, 2015, 17 Aug 2015 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: <https://culturalheritageimaging.wordpress.com/2015/08/17/reflections-on-threats-to-world-history/>
- History. *Blender* [online]. Amsterdam: Blender, 2013 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.blender.org/foundation/history/>
- History of 3D scanners. *Modena* [online]. [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.modena.co.za/history-of-3d-scanners/>
- Hololens. *Microsoft* [online]. Microsoft, c2018 [cit. 2018-07-16]. Dostupné z: <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/>
- HOSKINS, Stephen. *3D Printing for Artists, Designers and Makers* [online]. 2nd. ed. Hoskins, 2018, s. 32 [cit. 2019-07-08]. ISBN 978-1-4742-4867-9. Dostupné z: [http://dl.booktolearn.com/ebooks2/engineering/industrialdesign/9781474248679\\_3D\\_Printing\\_for\\_Artists\\_512e.pdf](http://dl.booktolearn.com/ebooks2/engineering/industrialdesign/9781474248679_3D_Printing_for_Artists_512e.pdf)
- IOANNIDES, Marinos, Dieter FRITSCH, Johanna LEISSNER, Rob DAVIES, Fabio REMONDINO a Rossa CAFFO, ed. *Progress in Cultural Heritage Preservation: 4th International Conference, EuroMed 2012, Lemessos, Cyprus, October 29 - November 3, 2012, Proceedings*. Berlin: Springer, 2012, s. 3. DOI: 10.1007/978-3-642-34234-9. ISBN 978-3642342332.
- JACOBSON, Erik. Music remix in the classroom. KNOBEL, Michele a Colin LANKSHEAR, ed. *DIY Media: Creating, Sharing and Learning With New Technologies*. International Academic Publishers, 2010, s. 28. ISBN 978-1433106354.
- José Luis Alexanco. *José Luis Alexanco* [online]. [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <http://joseluisalexanco.com/biografia/>
- José Luis Alexanco. *Puerta Roja* [online]. Roja, 2013 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <http://puerta-roja.com/art/artists/jose-luis-alexanco/>
- KRHÁNEK, Adam. *Polygon v sochařství* [online]. Brno, 2013 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: [http://files.adamkrhanek.webnode.cz/200002275-d2da2d3ced/AK\\_PolygonSA.pdf](http://files.adamkrhanek.webnode.cz/200002275-d2da2d3ced/AK_PolygonSA.pdf). Magisterská diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta výtvarných umění. Vedoucí práce Jan Sedlák.
- LABACO, Ronald T., ed. *Out of Hand: Materializing the Postdigital*. London: Black Dog Publishing, 2013. ISBN 978-1-908966-23-0.
- Laboratori Artistici Nicoli* [online]. Carrara [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <http://www.studidiscultura.it/>
- LAHODA, Tomáš. Umění mino zákon. *Umělec* [online]. Divus, 1997, 1. 4. 1997, (4) [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <http://divus.cc/praha/cs/article/art-attacked>



- La Première Exposition Mondiale de Sculpture Numérique a été organisée. *Arsmathematica* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.arsmathematica.org/index-IS.html>
- MASTER, Paul. Remastering Masterworks: A Conversation with Barry X Ball. *Sculpture Magazine* [online]. Sculpture, 2020, 9 Mar 2020 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://sculpturemagazine.art/remastering-masterworks-a-conversation-with-barry-x-ball/>
- LAVIGNE, Christian, Marie-Paule Jiccio JICCIO a Robert Michael SMITH. La sculpture numérique. *Computer Arts* [online]. United Kingdom: Future Publishing, 1998, 1998, (4) [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://www.sculpture.org/documents/webspec/magazine/wsenglis.shtml>
- LAVIGNE, Christian. Un Peu De Vocabulaire: Vocabulary. *Ars Mathematica* [online]. Lavigne, 1998 [cit. 2020-02-08]. Dostupné z: <https://www.arsmathematica.org/voca.htm>
- LOWENSOHN, Josh. Timeline: A look back at Kinect's history. *CNET* [online]. CBS Interactive, 2011, 23 Feb 2011 [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/news/timeline-a-look-back-at-kinects-history>
- LUKÁŠOVÁ, Helena. *Digitální sochařství* [online]. Bratislava, 2009 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/16583484-Digitalni-socharstvi.html>. Disertace. Vysoká škola výtvarných umění v Bratislavě, Katedra sochařství. Vedoucí práce Ladislav Čárný.
- Maker develops 73% 3D printed RepRap 'Snappy', the most self-replicating RepRap yet. *3ders* [online]. 3ders, c2011-2019, Sep 15 2015 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.3ders.org/articles/20150915-maker-develops-3d-printed-reprap-snappy-the-most-self-replicating-reprap-yet.html>
- MALLARY, Robert. Robert Mallary: Pioneer Computer Graphic Artist: Computer Sculpture: Six Levels of Cybernetics. *Robert Mallary* [online]. New York, 1979 [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: [http://www.robertmallary.com/Commentary/artforum\\_09-1969.htm](http://www.robertmallary.com/Commentary/artforum_09-1969.htm)
- MANOVICH, Lev. *Jazyk nových médií*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2018, s. 159. Studia nových médií. ISBN 978-80-246-2961-2.
- MARSHALL, John James. *An Exploration Of Hybrid Art And Design Practice Using Computer-Based Design And Fabrication Tools* [online]. Aberdeen, 2008 [cit. 2018-07-08]. Dostupné z: <https://rgu-repository.worktribe.com/output/247864/an-exploration-of-hybrid-art-and-design-practice-using-computer-based-design-and-fabrication-tools>. Disertace. The Robert Gordon University.
- MEDEK, David. *Komparace modelování v reálném a imaginativním 3D prostoru* [online]. Brno, 2014 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/2hatlj/>. Disertace. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Hana Stehlíková Babyrádová.
- Meshmixer* [online]. Autodesk, c2017 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <http://www.meshmixer.com/>
- MICHEL, Roger. The Triumphal Arch. *The Digital Archaeology* [online]. Oxford: The Digital Archaeology, 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://digitalarchaeology.org.uk/the-triumphal-arch>
- MIT Science Reporter – „Automatically Programed Tools“ (1959). In: Youtube [online]. [cit. 2016-07-27]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=ob9NV8mmm20>
- MOLITCH-HOU, Michael. Free 3d printable of the week Amenemhat iii Sketchfabs most downloaded model. *3D Printing Industry* [online]. 3D Printing Industry, 2015, 25 Sep 2015 [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <https://3dprintingindustry.com/news/free-3d-printable-of-the-week-amenemhat-iii-sketchfabs-most-downloaded-model-58468/>

<http://3dprintingindustry.com/2015/09/25/free-3d-printable-of-the-week-amenemhat-iii-sketchfabs-most-downloaded-model/> (cit. 3. 1. 2016).

Monika Horčicová [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://monikahorcicova.wordpress.com/>

MORBY, Alice. Replica of destroyed Syrian archway erected in London's Trafalgar Square. *Dezeen* [online]. London: Dezeen, 2016, 21 April 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.dezeen.com/2016/04/21/palmyra-arch-syria-landmark-replica-erected-traffic-square-london/>

MÜLLER, Ondřej a Vít HAŠKOVEC. Sestroj si sám. *Revue Labyrint: Časopis pro kulturu*. Praha: Labyrint, 2006, 2006(19-20), s. 8. ISSN 1210-6887.

MUSSELWHITE, Katie. What is CAD Software? - Definition & Uses. *Study.com* [online]. Study.com, c2003-2020 [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: <https://study.com/academy/lesson/what-is-cad-software-definition-uses.html>

MÜLLER, Ondřej a Vít HAŠKOVEC. Sestroj si sám: časopis pro kulturu. *Revue Labyrint*. Praha: Labyrint, 2006, 2006(19-20), s. 8-10. ISSN 1210-6887.

Na plovárně: Josef Průša. *Česká televize* [online]. Česká televize, 2012, 29. 1. 2012 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://www.ceskatelevize.cz/porady/1093836883-na-plovarne/211522160100042-na-plovarne-s-josefem-prusou/>

NAVAS, Eduardo. Remix Defined. *Remix Theory* [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: [https://remixtheory.net/?page\\_id=3](https://remixtheory.net/?page_id=3)

News. *Entoforms* [online]. Macouno [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.entoforms.com/news/>

NOVIN, Guity. Guity Novin's A History of Graphic Design: Chapter 66: Bézier Curves for digital Typography and CAGD. *Guity Novin: blogspot* [online]. Novin, 2016 [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <http://guity-novin.blogspot.com/2013/04/chapter-66-bezier-curves-for-digital.html>

NOVOTNÁ, Jana. Bastl Instruments je živý památník všem bastlířům před námi, říká Ondřej Merta. *Udalosti na VUT* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2019, (2), s. 36-38 [cit. 2020-07-09]. ISSN 1211-4421. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/vutium/archiv/udalosti-na-vut-02-2018-2019-pdf-p176771>

*Nový akademický slovník cizích slov: [A-Ž : studentské vydání]*. Vyd. 1., dotisk [i.e. 1. brož. vyd.]. Praha: Academia, 2006, s. 692. ISBN 80-200-1415-2.

Numeric Milling: Database of Digital Art. In: *Compart: Center of excellence digital art* [online]. Bremen: University of Bremen, 2011 [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: <http://dada.compart-bremen.de/item/artwork/1155>

Our Mission. *CyArk* [online]. CyArk, c2016 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: <https://www.cyark.org/ourMission/>

PANGRÁCOVÁ, Lucie. *Vliv 3D technologií na současnou sochařskou produkci na příkladu tvorby Michala Gabriela* [online]. Brno, 2017 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/wf511/>. Bakalářská diplomová práce. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta. Vedoucí práce Viktor Pantůček.

Paralelní svět andělů. *Petmat* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://petmat.cz/projects/paralelni-svet-andelu/>

Parametrický (algoritmický) design. *Nove Formy* [online]. Brno: Fakulta architektury VUT v Brně, 2011 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.noveformy.cz/parametricky-design/uvodem/>

PAVLACKÝ, Tomáš. *Životopis* [online]. [cit. 2020-04-16]. Dostupné z: <http://animal.ffa.vutbr.cz/~xvpavlacky/zivotopis.html>

PECKHAM, Matt. Kinect Breaks Guinness Record, Sells 10 Million Systems, Tops iPhone and iPad. *PC World* [online]. IDG Communications, 2011, 9 Mar 2011 [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: [https://www.pcworld.com/article/221738/kinect\\_breaks\\_guinness\\_record\\_sells\\_10\\_millions\\_systems.html](https://www.pcworld.com/article/221738/kinect_breaks_guinness_record_sells_10_millions_systems.html)

Pegasus. In: *DeCordova* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://decordova.org/art/sculpture-park/pegasus>

*Petmat* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://petmat.cz/>

PET(s)culpt. *Petmat* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://petmat.cz/projects/petsculpt-project/>

PIJOAN, José. *Dejiny Umenia*. Bratislava: Ikar, 2002. s. 165. ISBN 80-5510-176-0.

Pierre Bézier (+ H. Lagrange + D. Vernet). *Ars Mathematica* [online]. [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://reg.arsmathematica.org/PHP/pageartiste.php?artiste=69>

Právě jsme vyhráli prestižní test časopisu Make! *Prusa3D* [online]. Praha: Prusa Research, 2020 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/pro-media/>

Projects. *N-e-r-v-o-u-s* [online]. Nervous system [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://n-e-r-v-o-u-s.com/projects/>

Prusa i3. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Prusa\\_i3#Prusa\\_Mendel\\_\(Generace\\_2\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Prusa_i3#Prusa_Mendel_(Generace_2))

QUICK, Darren. US\$3,000 bounty claimed for open source Kinect drivers. *New Atlas* [online]. New Atlas, 2010, 10 Nov 2010 [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: <https://newatlas.com/open-source-drivers-kinect-released/16905/>

ReCap Pro: Software pro zachycování reality, který spojuje fyzický svět s digitálním. *Autodesk* [online]. Autodesk, c2020 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.autodesk.cz/products/recap/subscribe?referrer=%2Fproducts%2Frecap%2Fsubscribe&plc=RECAP&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>

RepRap. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://reprap.org/wiki/RepRap>

*Revue Labyrinth: DIY / Udělej to sám*. 2006. Praha: Labyrinth, 2006. ISSN 1210-6887.

REVAR DESMERA #BLM.

[Moody coder machinist hardware hacker] In: *Twitter* [online]. 2009 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://twitter.com/revarbat?lang=cs>

Robert Mallery: The Human Condition (Work from 1936–1965). *Mitchell Albus Gallery* [online]. New York, 2020 [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: <http://mitchellalbusgallery.com/standard/robert-mallery-exhibition-information/>

ROSEN, Margit, GLOWSKI, Janice, ed. *Charles A. Csuri: Beyond Boundaries, 1963 – present*. Boston: SIGGRAPH, 2006, s. 46. ISBN 978-0978727505.

ROSS, Douglas T. Origins of the APT language for automatically programmed tools. *ACM SIGPLAN Notices* [online]. 1978, **13**(8), 61-99 [cit. 2016-01-03]. DOI: 10.1145/960118.808374. ISSN 03621340. Dostupné z: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=960118.808374>

ROTH, Joseph, Yiyang TONG a Xiaoming LIU. Adaptive 3D Face Reconstruction from Unconstrained Photo Collections. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* [online]. IEEE, 2016, 2016, 4197-4206 [cit. 2020-06-10]. DOI: 10.1109/CVPR.2016.455. ISBN 978-1-4673-8851-1. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7780824/>

RYSMAN, Laura. In Italy, Art Becomes Reality. *The New York Times* [online]. New York: The New York Times Company, 2019, 4 Dec 2019 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2019/12/04/fashion/craftsmanship-pietrasanta-italy-marble-bronze-henry-moore.html>

SHACKLEFORD, William P. a Frederick M. PROCTOR. Use of Open Source Distribution for a Machine Tool Controller. *LinuxCNC* [online]. Gaithersburg (Maryland): LinuxCNC [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <http://linuxcnc.org/files/Use-of-Open-Source-Distribution-for-a-Machine-Tool-Controller.pdf>

Shapeways 3D Printing Marketplace. *Shapeways* [online]. Shapeways, c 2008 - 2020 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.shapeways.com/marketplace>

SITO, Tom. *Moving Innovation: A History of Computer Animation*. Reprint ed. The MIT Press, 2015, s. 32. ISBN 978-0262528405.

SLÍŽEK, David. Josef Průša (Prusa Research): Budeme vyrábět pět tisíc 3D tiskáren za měsíc. *Lupa.cz* [online]. 2016, 8. 3. 2016 [cit. 2020-05-09]. ISSN 1213-0702. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/clanky/josef-prusa-prusa-research-budeme-vyrabet-pet-tisic-3d-tiskaren-za-mesic/>

SMĚŘIČKA, Jan. *3D tisk jako umění* [online]. Brno, 2014 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/ku1vk/>. Magisterská diplomová práce. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta. Vedoucí práce Jana Horáková.

SMITH, Roberta. Robert Mallery, 69, Junk Artist Behind the Growth of Sculpture. *The New York Times* [online]. New York: The New York Times Company, 1997, 15 Feb 1997, s. 13 [cit. 2018-09-13]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/1997/02/15/arts/robert-mallery-69-junk-artist-behind-the-growth-of-sculpture.html>

SMITH, Robert Michael. Virtual Armatures. *Sculpture Magazine* [online]. International Sculpture Center, 1996, 1996 [cit. 2020-06-10]. ISSN 0889-728X. Dostupné z: <https://www.sculpture.org/documents/webspec/virtuarm/virtuarm.shtml>

STALLMAN, Richard. What is the difference between Open Source and Free Software? *LibrePlanet* [online]. Free Software Foundation, c2013-2020 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: [https://libreplanet.org/wiki/What\\_is\\_the\\_difference\\_between\\_Open\\_Source\\_and\\_Free\\_Software%3F](https://libreplanet.org/wiki/What_is_the_difference_between_Open_Source_and_Free_Software%3F)

STALLMAN, Richard. Why Open Source misses the point of Free Software. *GNU Operating System* [online]. Richard Stallman, 2020, 7.1.2020 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <https://www.gnu.org/philosophy/open-source-misses-the-point.html>

STOJANOVÁ, Veronika. *Fenomén „Do It Yourself“ a jeho pojetí v kulturněsocioekologickém kontextu*. Praha, 2014. Magisterská diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Filozofická fakulta. Vedoucí práce Marie Fulková.

*Strandbeest* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.strandbeest.com/>

STRASNICK, Stephanie. Barry X Ball Makes a 3D-Printed, Digitally Altered, Gold-Plated Sculpture. *ARTnews* [online]. Penske Business Media, 2013, 19 November 2013 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.artnews.com/art-news/news/barry-ball-makes-a-3d-printed-sculpture-2335/>

STRICKLAND, Eliza. Shapeways bringing 3-D printing to the masses. *IEEE Spectrum* [online]. 2013, 50(11), 22-22 [cit. 2020-06-14]. DOI: 10.1109/MSPEC.2013.6655831. ISSN 0018-9235. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6655831/>

Strojové učení. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Strojov%C3%A9\\_u%C4%8Den%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Strojov%C3%A9_u%C4%8Den%C3%AD)

Studentská soutěž o nejlepší návrh 3D sochy má svého vítěze. Projekt se představí i na MSV. *BVV* [online]. Brno: Veletrhy Brno, 2019, 8. 8. 2019 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.bvv.cz/msv/aktuality/studentska-soutez-o-nejlepsi-navrh-3d-sochy-ma-sve/>

SUTHERLAND, Ivan E. A head-mounted three dimensional display. In: *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I on - AFIPS '68 (Fall, part I)*. New York, New York, USA: ACM Press, 1968, 1968, s. 757-. DOI: 10.1145/1476589.1476686.

SWAN, Noelle. The 'maker movement' creates D.I.Y. revolution. *Csmonitor* [online]. Detroit: The Christian Science Monitor, 2016, 6 Jul 2016 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.csmonitor.com/Technology/2014/0706/The-maker-movement-creates-D.I.Y.-revolution>

ŠEBÁNEK, Jan. *Využití 3D technologií ve veřejném prostoru* [online]. Brno, 2016 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=123122](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=123122). Disertace. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta výtvarných umění. Vedoucí práce Michal Gabriel.

TCT AWARDS [online]. Chester: Rapid News Publications, 2019 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://tctawards.com/event/en/page/home>

Téma: Metoda samplingu

Informace poskytla Monika HORČICOVÁ, sochařka. Brno 10. 6. 2020.

Téma: Metoda subverze

Informace poskytl Tomáš PAVLACKÝ, sochař. Brno 16. 4. 2020.

TERRASSA, Jackie a Don UNDEEN. Met 3D: The Museum's First 3D Scanning and Printing Hackathon. *Metmuseum.org* [online]. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2012, 31 May 2012 [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <https://www.metmuseum.org/blogs/now-at-the-met/features/2012/hackathon>

The do-it-yourself generation. CRAWFORD, Marisa a Graham ROSSITER. *Reasons for Living: Education and Young People's Search for Meaning, Identity and Spirituality - A Handbook*. Camberwell: ACER Press, 2006, s. 215. ISBN 978-0864316134.

The history of metrology from Galileo to optical systems. *Creaform* [online]. Creaform, 2016, 25 Oct 2016 [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.creaform3d.com/blog/the-history-of-metrology-from-galileo-to-optical-systems/>

The Official History of the RepRap Project. *All3DP* [online]. All3DP, 8 Apr 2016 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://all3dp.com/history-of-the-reprap-project/>

Theo Jansen. *Shapeways* [online]. Shapeways, c2008 - 2020 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.shapeways.com/shops/theojansen>

The Other Shape of Things – 2. Datamorphosis. *Emilio Vavarella* [online]. Emilio Vavarella, c2013–2020 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <http://emiliovavarella.com/datamorphosis/>

TIM Panel Odborníků #1 | Palo Fabuš: Ontologie aneb Je možné demokratizovat realitu samu? In: *YouTube* [online]. Youtube, 2017, 17. 12. 2017 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=jpmXo87qhCw>

TORRONE, Phillip. MAKE's Exclusive Interview with Bre Pettis of MakerBot: Life, \$10M in Funding, and Beyond. *Make* [online]. Make Community, 2011, 6 October 2011 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://makezine.com/2011/10/06/makes-exclusive-interview-with-bre-pettis-of-makerbot-life-10m-in-funding-and-beyond/>

UNDEEN, Don. 3D Scanning, Hacking, and Printing in Art Museums, for the Masses. *Metmuseum.org* [online]. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2013, 15 Oct 2013 [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <http://www.metmuseum.org/blogs/digital-underground/posts/2013/3d-printing>

USHAKOV, Dmitry. NURBS and CAD: 30 Years Together. *Isicad* [online]. Ledas, 2011, 30 Dec 2011 [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: [http://isicad.net/articles.php?article\\_num=14940](http://isicad.net/articles.php?article_num=14940)

Unity Personal: Start creating today with the free version of Unity. *Unity Store* [online]. Unity Technologies, c2016 [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://store.unity.com/products/unity-personal>

ÜBEL, Max von. 2020 Best Photogrammetry Software (Some are Free). *All3DP* [online]. All3DP, 2020, 10 Apr 2020 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://all3dp.com/1/best-photogrammetry-software/>

VALENTINI, Nicola. Sculpture in Bologna: The Arte Fiera 2019: Biography. *Sculpture Network* [online]. Sculpture Network, 2019 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://sculpture-network.org/en/arte-fiera-bologna-2019>

VEVERA, Pavel. TÉMA - Stručná historie VR: její vstup, pád a další vzestup. *CDR* [online]. CDR server, 2016, 15. 4. 2016 [cit. 2016-07-26]. ISSN 1213-2225. Dostupné z: <https://cdr.cz/clanek/vzestup-pad-vzestup-ambiciozni-technologie-aneb-strucna-historie-vr>

WADE, Nicholas J. Charles Wheatstone (1802–1875). *Perception* [online]. 2016, 31(3), 265-272 [cit. 2020-02-10]. DOI: 10.1068/p3103ed. ISSN 0301-0066. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1068/p3103ed>

WAIBEL, Günter. Smithsonian X 3D: How a 167-year-old Museum Leverages 3D Technology. *Dpo.si* [online]. Smithsonian, 2015, 27.12.2015 [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <https://dpo.si.edu/blog/smithsonian-x-3d-how-167-year-old-museum-leverages-3d-technology>

WEIJMARSHAUSEN, Peter. Shapeways raises \$5M and opens HQ in New York. *Shapeways* [online]. Shapeways, 2010, 23 September 2010 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.shapeways.com/blog/archives/595-Shapeways-raises-5M-and-opens-HQ-in-New-York.html>

WELCH, Josslynne. Hasbro Launches MY3D 360-Degree Handheld Viewer for iPhone and iPod Touch. *Investor Hasbro* [online]. Hasbro, 2011, 31 Mar 2011 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://investor.hasbro.com/news-releases/news-release-details/hasbro-launches-my3d-360-degree-handheld-viewer-iphone-and-ipod>

WEN, Howard. DIY: Build your own Google Cardboard VR viewer: Pizza boxes have many uses. *Computer World* [online]. IDG Communications, 2015, 13 Feb 2015 [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://www.computerworld.com/article/2881175/diy-build-your-own-google-cardboard-vr-viewer.html>

What is 3D CAD modeling? *Design Launchers* [online]. Orlando (Florida): Design Launchers, c2013-2020 [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: <https://www.designlaunchers.com/what-is-3d-cad-modeling>

Who Coined the Term “Virtual Reality”? *Virtual Reality Society* [online]. Virtual Reality Society, c 2016 [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/who-coined-the-term.html>

WILLARD, Michelle. A brief history of Poser with Larry Weinberg. *Poser software* [online]. Content Engine, 2019, 24 Jul 2019 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.posersoftware.com/article/419/a-brief-history-of-poser-with-larry-weinberg>

WILSON, Mark. Exclusive: Microsoft Has Stopped Manufacturing The Kinect. *Fast Company* [online]. Fast Company, 2017, 25. 10. 2017 [cit. 2020-02-20]. Dostupné z: <https://www.fastcompany.com/90147868/exclusive-microsoft-has-stopped-manufacturing-the-kinect>

World Heritage Week on Trafalgar Square. *Digital Archaeology* [online]. Oxford: Digital Archaeology, 2016, 19-21 April 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://digitalarchaeology.org.uk/trafalgar-information/>

WRONECKI, James A. *Concept Modeling With Nurbs, Polygon, And Subdivision Surfaces* [online]. 2006 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://peer.asee.org/concept-modeling-with-nurbs-polygon-and-subdivision-surfaces.pdf>

ZALESKI, Andrew. The 3D Printing Revolution That Wasn't. *Wired* [online]. Condé Nast, 2016, 12. 1. 2016 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.wired.com/2016/12/the-3d-printing-revolution-that-wasnt/>

1987 Geometric Love. In: *YouTube* [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Lw7yc6mIRqA>

1989 Forbidden Fruits. In: *YouTube* [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=yygElySiA-E&t=2s>

2011 Distinguished Artist Award: Charles Csurí. *Siggraph* [online]. ACM SIGGRAPH, c2020 [cit. 2019-07-22]. Dostupné z: <https://www.siggraph.org/2011-distinguished-artist-award-charles-csuri/>

3D Modeling: An Overview on Various Techniques. *The Pro 3D Studio* [online]. ThePro3DStudio, 2018, 29 May 2018 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://professional3dservices.com/blog/3d-modeling-techniques.html>

*3D studio FAVU* [online]. Brno. Dostupné z: <http://3dstudio.ffa.vutbr.cz>

3D tisk a 3D tiskárny od Josefa Průši. *Prusa3D* [online]. Praha: Prusa Research, 2020 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/#our-printer>

## 8. Praktická část disertační práce

Úvodem seznámení s praktickou částí disertačního projektu přiblížím svoji insiderskou pozici ve vztahu ke zvolenému tématu práce. V letech 2005 – 2011 jsem, pod vedením prof. akad. soch. Michala Gabriela, studoval figurální sochařství v Ateliéru sochařství 1 Fakulty výtvarných umění (FaVU) Vysokého učení technického v Brně. Profesor Gabriel spolu se svým asistentem doc. Mgr. Tomášem Medkem, pro účely výuky v tomto ateliéru, pořídili v roce 2007 první 3D digitální technologie, které se staly základem budoucího 3D studia FaVU, konkrétně to byl precizní průmyslový 3D skener ATOS1 a profesionální FDM 3D tiskárna Dimension sst 768. Brzy následovaly další technologie jako 3D skener Artec Eva, dvě prachové 3D tiskárny Z Corp, fotopolymerová 3D tiskárna Formlab, FDM tiskárna SigmaX, nebo pracoviště robotického frézování. Fakulta výtvarných umění se tímto počinem stala vůbec první uměleckou školou v ČR a teprve druhou v Evropě, která začala aktivně využívat 3D technologie v rámci své výuky. V tomto ateliéru (AS1) jsem po absolvování studia působil v letech 2012–2014 jako technický asistent a současně od roku 2013 až dosud jako lektor a operátor robotického frézování. Prostřednictvím industriálního robota KUKA KR 60 HA s frézovacím vřetenem jsem realizoval desítky sochařských děl a dalších projektů. Mohu tedy říci, že jsem v blízkém kontaktu s 3D digitálními technologiemi již déle než jednu dekádu.

DIY vnímám jako životní postoj, formu osobního aktivismu, která umožňuje realizaci běžných, ale i náročných projektů, v jisté míře osvobozuje od závislosti na finančních aspektech bytí a díky důrazu na sdílení informací udržuje principy solidarity ve společnosti. Praktiky DIY, využívám v každodenním životě v rámci oprav domu, úprav ateliéru, nebo i servisu a některých oprav svého automobilu. V tomto ohledu se považuji za poměrně zdatného kutila. V rámci svého profesního zaměření, coby sochaře, bylo DIY v mojí tvorbě vždy jistým způsobem přítomno. Jelikož jedním z ústředních zájmů této tvorby je kinetická socha, byl jsem často nucen vyhledávat odpovídající dostupná technická zařízení, jako nejrůznější mechanické převody, motory, elektrické zdroje a další, které byly následně implementovány do sochařského díla. DIY, nevnímám jako téma vlastní sochařské tvorby, DIY mi slouží jako cesta k dosažení uměleckých cílů.



## 8.1 Nástroje digitálního sochařství

Prvním nástrojem Digitálního sochařství, který jsem v rámci disertačního projektu vytvořil, byl 3D skener vzniklý úpravou herní konzole pro Xbox, Kinect 360. Za cenu (v roce 2014) nepřevyšující 2500,-Kč jsem tímto způsobem získal jeden z nejlevnějších real-time 3D skenerů, vhodných pro skenování větších předmětů s nižšími nároky na vykreslení detailu. Kinect, jakožto 3D skener je velice oblíbený pro skenování figury, kterou specifickým způsobem stylizuje/zbavuje drobného detailu, avšak při zachování charakteristických rysů skenované osoby. Kinect dokáže díky zabudované kameře pořídit i barevné textury skenovaného objektu. Nevýhodou herní konzole Kinect 360 je nutnost jejího napájení ze sítě pomocí speciálního adapteru, což značně znesnadňuje manipulaci se skenerem a omezuje jeho použití na blízkost zdroje elektřiny. V roce 2015 jsem tedy pořídil senzor Asus Xtion Pro Live, který je více kompaktní, disponuje kvalitnějším rozlišením integrované kamery a hlavně, je napájen USB kabelem, pomocí kterého současně komunikuje s počítačem. Tento 3D skener již bylo možno používat i pro skenování ve volném prostoru. Ke skenování pomocí těchto 3D skenerů jsem zpočátku využíval free verzi softwaru ReconstructMe. Díky omezené výpočetní kapacitě mého laptopu a omezením zvoleného softwaru byl proces 3D skenování velice nestabilní a výsledný 3D model relativně hrubý. Se zásadním krokem pro aktivní využití tohoto 3D skeneru přišel kolega, student AS1 a specialista 3D skenování 3D studia FaVU, Jiří Pec, který jako první zakoupil a instaloval velice stabilní a na výpočetní kapacitu PC ne tak náročný software Skanect.

Tento 3D skener byl k dispozici studentům k volnému užití. Mnozí studenti AS1 (ale i jiných ateliérů FaVU) této možnosti využili a 3D skener používali převážně pro rychlé zaznamenání 3D objemu hlavy, nebo celé figury, sloužící coby reference pro ruční modelování soch z hlíny. Studentem, který tento nástroj digitální sochařské tvorby využil ve vlastní volné tvorbě, byl například BcA. Petr Křivák. Petr Křivák se, v rámci dvou ze svých semestrálních projektů, věnoval skenování částí interiérů, ale i skenování výjevů nalezených v přírodě. Takto vzniklé 3D skeny poté uzavřel automatizovanými procesy softwaru a následně je vytiskl plnobarevně na prachové 3D tiskárně Zprinter 450 od firmy Z Corp. Výsledkem byly cykly *Místnosti* (2015) a *Krajiny* (2016), miniaturní dioramata, poutavé fragmenty reality zachycené okem digitální technologie.

Já sám 3D skener na bázi Kinectu využívám zejména pro tvorbu soutěžních návrhů do sochařských soutěží, pro skenování figury sloužící jako referenční měřítko návrhu, nebo jako vstupní forma k přemodelování ve finální artefakt. Tímto způsobem jsem realizoval referenční figury pro návrhy do sochařských soutěží *Na ztvárnění sochy věnované básníku Janu Skácelovi 2* (Brno 2015) a *Na ztvárnění sochy věnované architektu Adolfu Loosovi* (Brno 2018), nebo vstupní formy k přemodelování do soutěží *Na ztvárnění sochy věnované básníku Janu Skácelovi 1* (Brno 2014) a *Na ztvárnění sochy věnované P. Martinu Středovi* (Brno 2018). Poslední zmiňovaný návrh se umístil na třetím místě. V rámci svého zaměstnání na FaVU, využívám tento 3D skener pro rychlé zaznamenání objemu polotovarů nepravidelných tvarů

pro robotické frézování. Díky tomuto 3D skeneru vzniká i osobní archiv 3D tisknutých figur, který slouží jako prostorová verze rodinného fotoalba.

Jelikož jsem na Fakultě výtvarných umění měl, prostřednictvím 3D studia FaVU k dispozici profesionální 3D tiskárny, nebyla pro mě zpočátku stavba své vlastní 3D tiskárny prioritou. Přesto jsem cítil potřebu proniknout do jejich konstrukčních principů, a tak jsem se již v roce 2013, v souvislosti se zamýšleným doktorským studiem, zapsal na několikadenní workshop stavby 3D tiskárny u Josefa Průši. K mému zklamání se však právě v této době společnost Prusa Research rozhodla změnit model školení, který nově spočíval v jednodenním seznámení s užíváním již plně sestavené a otestované 3D tiskárny. O tento, uživatelsky přívětivější, model školení jsem však již neměl zájem a vlastní stavbu 3D tiskárny jsem odložil na později.

Princip DIY úpravy poloprofesionální tiskárny jsem poprvé využil v roce 2014, v rámci řešení problému tisku 3D tiskárny Cubex, pro brněnskou firmu AmosDesign. Tato tiskárna, ačkoliv byla sestavena z kvalitních komponent, podávala zcela neuspokojivé výsledky v kvalitě 3D tisku. Problém se nakonec podařilo vyřešit díky sdílení informací v komunitě 3D tiskařů. Po provedení průzkumu online diskuzí a příspěvků uživatelů tiskárny Cubex, vyšlo najevo, že je na vině špatného 3D tisku originální slicer (software, který virtuální model krájí na jednotlivé vrstvy a následně vyexportuje digitální instrukce určující dráhu a teplotu tiskové hlavy, strukturu podpor, množství aplikovaného materiálu atd. pro tiskárnu, ve formě tzv. g-codu.) dodávaný k této 3D tiskárně. Vyhledal jsem tedy alternativní slicer (v tomto případě to byl KISSLICER Jonathana Drummera)<sup>205</sup>, díky kterému se z dané tiskárny stal rázem stroj vysoké kvality 3D tisku. V rámci testování kvality výtisku vznikl *Květ* (2014), prototyp budoucí kinetické sochy *Toroid* (2016).

Jelikož se má osobní potřeba využití 3D tisku pro vlastní umělecké projekty neustále zvyšovala, začal jsem v roce 2015 řešit problém ceny originálního tiskového materiálu pro profesionální FDM 3D tiskárnu, kterou jsem měl na FaVU k dispozici. Specifikem 3D tiskárny Dimension sst 768 od společnosti Stratasys je, kromě možnosti tisku podpor z odepíratelného materiálu, i nutnost výhradního užití certifikovaného 3D tiskového filamentu dodávaného ve formě cartridge chráněných speciálním čipem. Díky oslovení příslušníka hackerské komunity z USA se mi podařilo získat modul na bázi platformy Arduino, který dokázal zmíněný čip přepsat. Za pomoci tohoto zařízení jsem mohl využít, nejen tiskový materiál, který obvykle v cartridge zbýval, ale i materiály jiných výrobců filamentu, jejichž produkty tou dobou již začínaly splňovat standardy filamentů společnosti Stratasys. Cena 3D tisku se tak snížila na deset procent ceny původní. Jedním ze sochařských objektů, které jsem díky tomuto snížení ceny materiálu mohl na tiskárně Dimension realizovat, byl například *Toroid* (2016) první finální objekt budoucí série *Gear*.

3D tiskárnu, principiálně vzešlou z tiskáren typu RepRap, jsem mohl rovněž od roku 2015 využívat s laskavým svolením doc. Mgr. Tomáše Medka. Tomáš Medek si tento stroj,

---

<sup>205</sup> *Kisslicer* [online]. [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <http://www.kisslicer.com/>

Profimaker (tehdy) moravského výrobce, firmy 3Dfactories, pořídil do osobního vlastnictví, pro účely materializace svých rozsáhlých sochařských projektů. Na tomto stroji jsem, ve vzácných chvílích kdy nebyl právě využíván, mohl realizovat některé své projekty. Vznikl tak například *Větrný Display* (2015), kinetický objekt, respektive jeho třetí verze, jehož základem bylo 350 3D tisknutých vrtulek. Každá vrtulka měla tři barvy (v tomto případě černá, šedá a bílá). Po zasazení vrtulek do nerezového rámu sloužil výsledný objekt jako pomyslné plátno/display zobrazující grafické kompozice tvořené působením větru. Výsledný vizuální efekt objektu připomíná proměnlivý digitální šum. Inspirován Medkovou 3D tiskárnou a tvůrčí svobodou, kterou tento stroj svému majiteli poskytoval, jsem se rozhodl pro stavbu vlastní 3D tiskárny.

Stavbu vlastní 3D tiskárny jsem započal na konci roku 2016. Jako základ tohoto projektu posloužil design 3D tiskárny Vulcanus Max 30, který na webové stránky Instructables.com<sup>206</sup> a Thingiverse.com<sup>207</sup> nahrál v roce 2015 uživatel Aldric Negrier<sup>208</sup>. Tento design jsem vybral s ohledem na možnost tisku do velikosti 30 x 30 x 30 cm, předpokládanou vysokou tuhost konstrukce a možnost snadného kapotování 3D tiskárny, což bylo zvláště důležité vzhledem k mnou preferovanému 3D tiskovému materiálu, ABS plast, který vyžaduje tisk v prostředí vyhřívané komory. V softwaru Rhinoceros 3D jsem vytvořil model této 3D tiskárny a začal s vlastními úpravami. Adaptace designu 3D tiskárny, pro mé záměry, spočívaly v otočení celého zařízení čelem vzad, kvůli překážejícím řemenicím systému H-Bot ovládajícím osy X a Y, a odstranění jednoho středového profilu konstrukce, čímž se značně otevřel přístup do pracovní zóny stroje. Součástí nového designu byly, pro zvýšení tuhosti konstrukce, i části kapotáže ze 4mm silných, vodním paprskem řezaných, hliníkových plátů. Další změnou bylo nahrazení vzduchem chlazené tiskové hlavy MK8 za tiskovou hlavu E3D Kraken chlazenou vodou, která navíc umožňovala tisk čtyřmi tiskovými materiály současně. Poté jsem prostřednictvím internetu objednal komponenty potřebné na stavbu. Většinu spojů konstrukce, držáků motorů, tiskové hlavy a dalších jsem, v duchu RepRap, tiskl na FDM tiskárně 3D studia FaVU. Po četných konzultacích s kolegou, doktorandem MgA. Martinem Králíkem, který již několik 3D tiskáren sám postavil, jsem, kvůli lepším vlastnostem výhřevu, přistoupil k zesílení hliníkového plátu tiskové podložky a integraci výhřevu s využitím deseti drátových rezistorů, namísto obvykle užívané silikonové výhřevné podložky. V závislosti na zvýšení váhy tiskové platformy byl zdvojnásoben počet závitnic a krokových motorů umožňujících její pohyb v ose Z. 3D tiskárna byla sestavena a uvedena do základního provozu (opět s velkou pomocí kolegy Králíka) v polovině roku 2017. Následovala řada dalších dílčích úprav, jako úprava náhonu extruderu, tvorba krytování kabeláže, nebo výroba kapotáže tiskárny z čirého plexi. Vlastnoruční stavbou této 3D tiskárny jsem za cca 25 000 Kč získal

---

<sup>206</sup> NEGRIER, Aldric. Vulcanus MAX – CoreXY Aluminum Frame 3D Printer Scale UP. *Instructables* [online]. Autodesk, c2020 [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.instructables.com/id/Vulcanus-MAX-CoreXY-Aluminum-Frame-RepRap-3D-Print/>

<sup>207</sup> NEGRIER, Aldric. Vulcanus Max 30 and 40. *Thingiverse* [online]. MakerBot Industries, c2020, 11 Oct 2015 [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:1063999>

<sup>208</sup> NEGRIER, Aldric. About. *Thingiverse* [online]. MakerBot Industries, c2020 [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/aldricnegrier/about>

kvalitní stroj dosahující výsledků srovnatelných s násobně dražšími stroji komerčními. Tato 3D tiskárna mi od svého uvedení do provozu pomohla realizovat řadu uměleckých projektů, které budou zmíněny v dalším textu.

V rámci disertačního výzkumu jsem v roce 2016 započal práci na stavbě DLP (Digital Light Processing) 3D tiskárny, tedy stroje, který k materializaci 3D modelu využívá osvětlení fotopolymerní pryskyřice. Vlastnoruční stavba tohoto typu 3D tiskárny se však nakonec ukázala být příliš složitou a navíc se tou dobou na trhu objevily fotopolymerové 3D tiskárny, již relativně dostupné. Z tohoto důvodu došla stavba této 3D tiskárny pouze do fáze návrhu a nákupu konstrukčního materiálu.

Díky svému působení v AS1 jsem měl možnost pozorovat jaký efekt má přítomnost volně dostupné 3D tiskárny na studenty sochařství. V roce 2018 darovali našemu ateliéru rodiče tragicky zesnulého Richarda Stratila, velkého entuziasty 3D tisku, několik 3D tiskáren z pozůstalosti svého syna. Jedna z těchto tiskáren, 3D tiskárna Creality CR10, byla ponechána studentům ateliéru ke zcela volnému užití. Studenti mohli s tímto strojem svobodně experimentovat, čímž si přirozeně osvojili praktické znalosti 3D tisku. Tiskárna se těšila takové popularitě, že brzy její kapacita nestačila naplnit potřeby všech zájemců. Někteří ze studentů si v důsledku této zkušenosti pořídili své vlastní stroje, na kterých v domácích podmínkách realizují svá díla.

V průběhu svého doktorského studia jsem se seznámil i s nástroji virtuální a rozšířené reality. V roce 2015 jsem jako hlavní řešitel juniorského specifického výzkumu VUT s názvem *Využití rozšířené virtuální reality – augmented reality v oblasti podpůrné 3D vizualizace prostorových uměleckých objektů*,<sup>209</sup> který byl řešen ve spolupráci s kolegy, studenty Ústavu výrobních strojů, systémů a robotiky Fakulty strojního inženýrství VUT, pronikl do vizualizace 3D modelu prostřednictvím rozšířené reality. Tento výzkum byl primárně zaměřen na uměleckou prezentaci 3D modelu, prostřednictvím rozšířené reality, jako výsledného díla. Vedle této možnosti, se však začala projevovat daná technologie jako jedinečný nástroj verifikace 3D modelu přímo v procesu tvorby digitálního sochařského objektu. Rozšířená realita, za pomoci tablet PC v kombinaci se softwarem Unity a knihovnami Vuforia, mi umožnila vidět model objektu v reálném prostředí, v místě plánovaného určení, ještě před jeho zhmotněním, fyzickou výrobou v materiálu. Mohl jsem tak upravit například velikost budoucího objektu, detaily modelace, či jeho barevnost. Na základě tohoto výzkumu jsem se rozhodl zařadit virtuální a rozšířenou realitu do teoretické části disertace, jako nástroje s velkým potenciálem pro digitální sochařství.

Relativní snadnost tvorby základních aplikací rozšířené reality jsme spolu s kolegy z AS1, Jiřím Pecem a Petrem Křivákem, demonstrovali na brněnském Festivalu Prototyp 2016. V rámci tohoto festivalu jsme za pomoci skeneru na bázi Kinectu zaznamenávali

---

<sup>209</sup> Využití rozšířené virtuální reality - augmented reality v oblasti podpůrné 3D vizualizace prostorových uměleckých objektů. *Vutbr* [online]. Brno: VUT v Brně, c2020 [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/vav/projekty/detail/26220>

portréty jednotlivých návštěvníků. Tyto portréty byly následně převedeny skrze software Unity do formy mobilní aplikace rozšířené reality. Každý portrét byl rovněž, s odkazem na téma tohoto ročníku festivalu, doplněn modelem jednoho ze čtyř platonských těles odpovídajících elementu/živlu spojenému s datem narození skenované osoby. Platonské těleso ve výsledné aplikaci rotovalo nad digitálním portrétem. Vizualizace rozšířené reality probíhala, po zamíření kamery chytrého telefonu na referenční podložku, prostřednictvím displeje tohoto mobilního telefonu. V rámci třídenního festivalu Prototyp 2016 jsme tímto způsobem vytvořili na sto padesát individualizovaných mobilních aplikací rozšířené reality.

Tvorbu virtuální reality jsem měl možnost realizovat při spolupráci na projektu Mgr. Jany Kořínkové, Ph.D. *Výtvarné intervence v galerijní praxi a prezentace umění za hranicemi galerie* (2018).<sup>210</sup> V rámci tohoto projektu jsem měl na starost podrobnou virtuální archivaci jídelny Bauerova zámečku v Brně, kterou mezi lety 1922–1923 navrhl světoznámý architekt Adolf Loos, a její prezentaci ve formě interaktivní virtuální prohlídky. Tohoto cíle se podařilo dosáhnout prostřednictvím softwarů Rhinoceros a Unity.

---

<sup>210</sup> Výtvarné intervence v galerijní praxi a prezentace umění za hranicemi galerie. *Vutbr* [online]. Brno: VUT v Brně, c2020 [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/vav/projekty/detail/29695>

## 8.2 DIY metody v digitálním sochařství

### 8.2.1 DIY nápodoba strojové materializace

Součástí mého pedagogického působení (coby doktoranda) na FaVU byly konzultace studentských projektů. Z těchto konzultací, v některých případech vyplynula, ať pro rozsah projektu, nebo z důvodů osobních finančních omezení, nutnost realizovat digitální model díla DIY nápodobou strojového výstupu. V těchto případech jsem, v duchu pionýrů digitálního sochařství, navrhl realizaci metodou stohování. Kolega Martin Králík vytvořil v modulu Grasshopper pro software Rhinoceros jednoduchou parametrickou aplikaci umožňující horizontální rozřezání 3D modelu a export obrysových linií. Tyto linie jsme následně, v požadovaném měřítku, promítali datovým projektorem na desky materiálu a překreslovali. Na základě přenesených linií byly na pásové pile vyřezány jednotlivé vrstvy budoucího díla, které byly následně slepeny ve výsledný artefakt. Tímto způsobem byla materializována například magisterská práce *Skleněný pastýř* (2019) MgA. Tei Dohnalové, nebo bakalářská práce *Dědeček* (2019) BcA. Veroniky Auerové.

V průběhu svého doktorského studia jsem rovněž navrhl a realizoval několik pamětních desek. Základem pamětních desek *Janu Malypetrovi* (Praha 6, 2014), *Ladislavu K. Feierabendovi* (Praha 6, 2015) a *Evě Olmerové* (Praha6, 2016) byla parametrická vektorizace fotografického portrétu v režimu halftone. Díky dostatku finančních prostředků poskytnutých zadavatelem jsem mohl přistoupit k materializaci těchto vektorových reliéfů náročnou metodou digitálního frézování přímo do kovového plátu. Byl jsem přesvědčen, že ruční tvorba modelu takové pamětní desky není, pro jemnost potřebného detailu a značné možnosti narušení celkového optického efektu, vůbec možná. V roce 2020 však odhalil kolega, sochař MgA. Martin Skalický pamětní desku grafiku *Janu Rajlichovi* (Dírná, 2020), využívající totožného principu. Martin Skalický při realizaci modelu pamětní desky praktikoval metodu DIY nápodoby strojové materializace. Model pamětní desky vyřezal sám, na základě grafických referencí, ručně z polystyrénu. Výslednou desku následně odlil z bronzu. Realizace této pamětní desky je důkazem že i velice náročné projekty digitálního sochařství mohou být, v ruce šikovného sochaře, realizovány DIY nápodobou.

### 8.2.2 Sochařská postprodukce

Metody sochařské postprodukce jsem užíval v řadě svých sochařských prací dlouho před jejich definováním v rámci tohoto výzkumu. Již existujících forem jsem využil například ve své magisterské diplomové práci z roku 2011, kdy jsem vytvořil sérii tří antropomorfních kinetických objektů. Základem sochařských objektů *Šmíráci*, *Uchýli* a *Prsar* (2011) se staly odlitky částí lidského těla, které byly, s ohledem na jejich vlastní významy (auru), komponovány do nových celků/vztahů. Jednalo se tak o, dosud stále analogové, užití metody remix.

V době začátku disertačního výzkumu jsem souběžně pokračoval v práci na již započaté sérii antropomorfizovaného ovoce a zeleniny. I v případě této série se jednalo o využití existujících forem, které však byly do budoucího díla přenášeny v čím dál větší míře za pomoci digitálních technologií. Ukázkovým případem je socha *Patizon* z roku 2015. V této práci jsem tématizoval zeleninu patizon s ohledem na jeho vlastní, ufo připomínající, tvar, který evokuje snahu objektu vzlétnout. Proto, abych patizonu toto vznesení (konečně) umožnil, jsem potřeboval do díla integrovat speciální levitační podložku na bázi permanentních a elektro magnetů. Vzhledem k faktu, že se mi na žádném tržišti nepodařilo nalézt patizon odpovídající velikosti, vybral jsem takový, který svým tvarem nejvíce evokoval myšlenku díla, následně jsem jej nechal detailně naskenovat a přistoupil k tvarové korekci v počítači. Patizon jsem zvětšil do požadované velikosti, upravil jeho tvar, tak aby byl co nejvíce symetrický (což bylo důležité kvůli vyvážení levitace), pomocí mínusového offsetu vnějšího tvaru jsem vytvořil model vnitřní kostry objektu, do kterého jsem vmodeloval pouzdro pro integraci magnetické levitační podložky. Následně jsem, za pomoci FDM 3D tiskárny, vytiskl kostru objektu a, za pomoci 3D tiskárny na bázi kompozitního prachu, i jeho vnější tvar. Následovala výroba formy, odlévání do silikonu a finální pigmentace. Socha *Patizon*, je, díky digitálnímu přenosu existující formy do nového díla, jehož téma je založeno na významech/auře originálu/této vstupní formy, příkladem metody apropriace, jak ji popisuje teoretická část práce.

V roce 2014 jsem započal práci na sérii 3D tisknutých variabilních objektů s názvem *Strukturované hrušky*. Tuto sérii vnímám jako, svého druhu, etudy, cvičení v možnostech variability, kinetiky a hry v rámci relativně malého objektu organického vnějšího tvaru. Motiv hrušky je užit jako obyčejný, snadno rozpoznatelný, avšak esteticky zajímavý tvar, odkazující k tradičnímu tématu zátiší. Základem všech objektů ze série je 3D sken jediné hrušky, který je upravován v počítači, následně vytisknut na FDM 3D tiskárně, dokonale obroušen a zalakován. Motiv vnitřního strukturování se v případě každé hrušky mění. Jednou jde o integraci mechanismu Rubikovy kostky, jindy je vnitřní uspořádání hrušky inspirováno klasickými dřevěnými hlavolamy, další hruška ve svých útrokách ukrývá menší a menší identické dvojníky po vzoru známé sošky Matrhoška, nebo je hruška upravena jako jediná spirála dle dětské hry Slinky. Celá série sestává z jedenácti matečních hrušek, v nichž je 3D tisk finálním materiálem a dvou vybraných hrušek zpracovaných ve fotopolymerovém 3D tisku a v bronz. Série se stále rozrůstá. *Strukturované hrušky* jsou, v rámci sochařské

postprodukce, díky principu strukturálního narušení vstupní formy a jejím užitím coby referenčního modelu (tedy i minimálním zájmem o auru originálu), případem užití metody subverze. Hranice této metody však v některých případech, pro přejaté, snadno identifikovatelné principy vnitřní struktury (známých hlavolamů a her), překračují směrem k metodě remix.

Prvními většími projekty, které jsem kompletně realizoval na své vlastnoručně postavené 3D tiskárně, byly kinetické sochy *Module 1 a Module 3* z roku 2018. V sérii *Gear*, jehož jsou zmíněné objekty součástí, se zaměřuji na objevování krásy ozubených kol a jejich soukolí. Vedle své estetické hodnoty umožňuje ozubené kolo přenos pohybové energie od motoru k ostatním částem objektu. Výsledkem je socha, technicistní organismus, oživený pohybem v celém svém objemu. V případě *Module 1 a Module 3*, posloužil, jako základ sochy, mechanismus, dnes již kultovních 3D modelů, *Heart Gears* (2011)<sup>211</sup>, nebo *Cube Gears* (2011)<sup>212</sup>, letového inženýra a zapáleného makera, Emmetta Lalishe<sup>213</sup>. (Zmíněné modely lze považovat za kultovní, protože, poté co je autor poskytl veřejnosti zdarma, se prostřednictvím serveru thingiverse.com, stalytak populárními, že po mnoho let prakticky neexistoval veletrh 3D tisku, kde by se tyto modely neobjevily. Prodejci 3D tiskáren na těchto poutavých kinetických artefaktech demonstrují možnosti a kvality 3D tisku, v mnoha případech, dodnes.) Mé využití Lalishových modelů nespočívalo v přisvojení principu díla, jehož kompaktní tvar se při pohybu ozubených kol pomyslně rozpadal, aby se po několika otáčkách integrovaného mechanismu zase složil do původní podoby. Mé využití tohoto modelu spočívalo v relativně snadném získání funkčního mechanismu, který skýtalo využití v jiném uměleckém kontextu. Model jsem podrobil metodám reverzního inženýrství, čímž byl požadovaný mechanismus vyextrahován/vysamplován pro mou další práci. Sochy *Module 1 a Module 2* jsou tedy příkladem užití metody samplingu.

Nutno dodat, že získání mechanismu tímto způsobem ve výsledku nebylo zcela ideální. Ačkoliv urychlilo proces navrhování nového díla, skýtalo řadu drobných nepřesností, které byly zřejmě způsobeny optimalizací původního modelu pro 3D tisk v malém měřítku. Systémy všech dalších objektů série *Gear* jsem už raději navrhoval bez použití přisvojeného designu.

Na své DIY 3D tiskárně jsem materializoval i další objekty série *Gear*. Při navrhování těchto objektů již nebyly použity metody postprodukce. Praktiky DIY jsou zde využity ve formě recyklace motorů a elektrických zdrojů z jiných zařízení. V případě nástěnné kinetické sochy *Záříč* (2018) byl pohon objektu realizován za pomoci motoru z mikrovlnné trouby, který má několik zásadních výhod. Může být napájen přímo ze sítě (bez nutnosti využití

---

<sup>211</sup> LALISH, Emmett. Heart Gears. *Thinkiverse* [online]. MakerBot Industries, c2020, 11 Feb 2011 [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:6291>

<sup>212</sup> LALISH, Emmett. Screwless Cube Gears. *Thinkiverse* [online]. MakerBot Industries, c2020, 11 Aug 2011 [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:10483>

<sup>213</sup> LALISH, Emmett. About Emmett. *Thinkiverse* [online]. MakerBot Industries, c2020 [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/emmett/about>



napájecího zdroje), je malý, tichý, má pomalé otáčky a umožňuje snadnou změnu rotace. Objekt *Module 15* (2018) je oproti tomu poháněn stěračovým motorem Škody Felicie, který se vyznačuje (pro diváka až nebezpečnou) silou, relativně pomalými otáčkami a tichým chodem. K jeho napájení byl využit starý napájecí zdroj PC, otáčky motoru bylo možno regulovat adaptovaným stmívačem osvětlení.

V roce 2019 jsem navrhl a materializoval prostřednictvím své DIY 3D tiskárny rovněž objekt *Module16*, který je momentálně ve fázi integrace pohonu. Na dokončení mechanismu otáčení pak čeká objekt *Vířič*, materializovaný v rámci testování 3D tisku robotem na Ústavu konstruování Fakulty strojního inženýrství VUT. Sponzorem tiskového materiálu byla, v tomto případě, společnost Fillamentum Manufacturing Czech s.r.o. Základem inovovaného pohonného systému těchto objektů bude krokový motor ovládaný digitálně, prostřednictvím podomácku postavené elektronické platformy.

Metody digitální sochařské postprodukce jsem ověřoval v roce 2019 v rámci druhého ročníku Stipendijní akademie mentoringu uměleckého vzdělávání, MenART<sup>214</sup>, podporované Nadačním fondem Magdaleny Kožené. Organizátoři této akce, zaměřené na rozvoj a podporu mladých talentů, vybraných žáků základních uměleckých škol, oslovili profesora Michala Gabriela, coby mentora části projektu zaměřené na výtvarné umění. Profesor Gabriel, jako český průkopník a neúnavný propagátor digitálního sochařství, koncipoval program pro studenty a jejich pedagogy jako kombinaci metod tradičního sochařství s metodami digitálními. Studenti tvořili svá díla nejdříve v ateliéru ze sochařské hlíny, poté je digitalizovali pomocí 3D skeneru a následně upravovali v prostředí PC. Moje úloha, jako jednoho z asistentů projektu, spočívala v seznámení studentů a jejich pedagogů s možnostmi úpravy digitalizované sochařské formy a oprav výsledného 3D modelu pro 3D tisk. Techniky manipulace 3D modelu jsem demonstroval, s ohledem na předpokládanou navazující samostatnou práci studentů v domácích podmínkách, prostřednictvím modelovacího softwaru Meshmixer. Někteří studenti se již během této víkendové části projektu zorientovali v daném způsobu práce natolik, že vytvořili své první povedené sochařské remixy, které byly následně vytisknuty na 3D tiskárně. Ostatní studenti a jejich pedagogové se s danou problematikou sžili v rámci návazného samostudia dle doporučených tutoriálů na internetu.

---

<sup>214</sup> Cíl programu. *MenART* [online]. [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <http://menart.cz/2020/#oprogramu>

Jako symbolické uzavření praktické části disertačního projektu jsem vytvořil jedinou sochu, v níž je fenomén DIY tématizován. Tato kinetická socha vznikla modifikací, více zmíněného, objektu *Module 15* z roku 2018. Původní pohon objektu jsem však v tomto případě nahradil akumulátorovou vrtačkou. Po technické stránce je vrtačka dostatečně silná na to, aby objekt rozpohybovala, její otáčky se dají snadno regulovat, objekt se díky využití akumulátoru osvobodil od jindy nutného přívodního kabelu a díky možnosti nastavení točivého momentu již nehrozí pohmoždění prstů zvědavého diváka, jako ve verzi předchozí. Readymade akumulátorové vrtačky, jako nářadí, které nesmí chybět v žádné kutilské dílně, vnáší do objektu svojí přítomností kontext DIY. Objekt je tedy ukázkou metody analogového remixu digitální sochy a symbolického zástupce fenoménu DIY. *Module 15 DIY* (2020) se tak stává doslovným sochařským ztvárněním tématu DIY technologie v digitálním sochařství.

### 8.3 Obrazová příloha



Příklady studentského užití Kinect skenu jako reference pro modelování sochy z hlíny



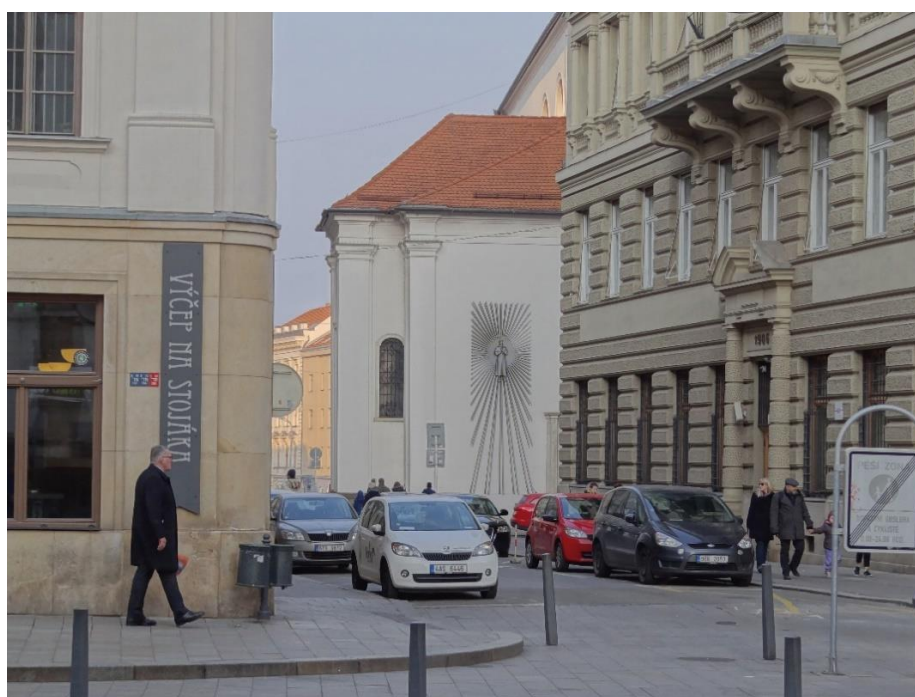
*Náš drobek*, z rodinného prostorového fotoalba, fotopolymerový 3D tisk, 2018



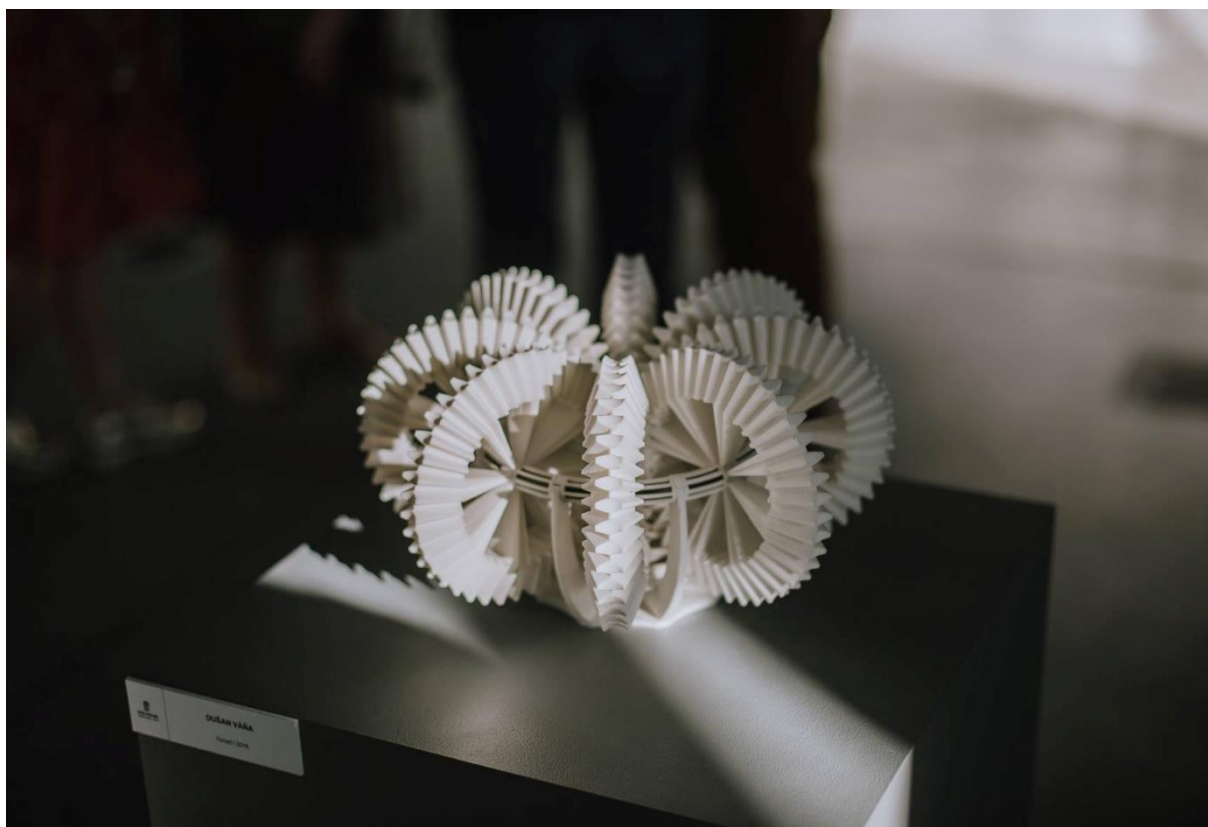
Petr Křivák, *Kuchyň*, z cyklu *Místnosti*, 3D tisk – sádrový kompozit, 2015



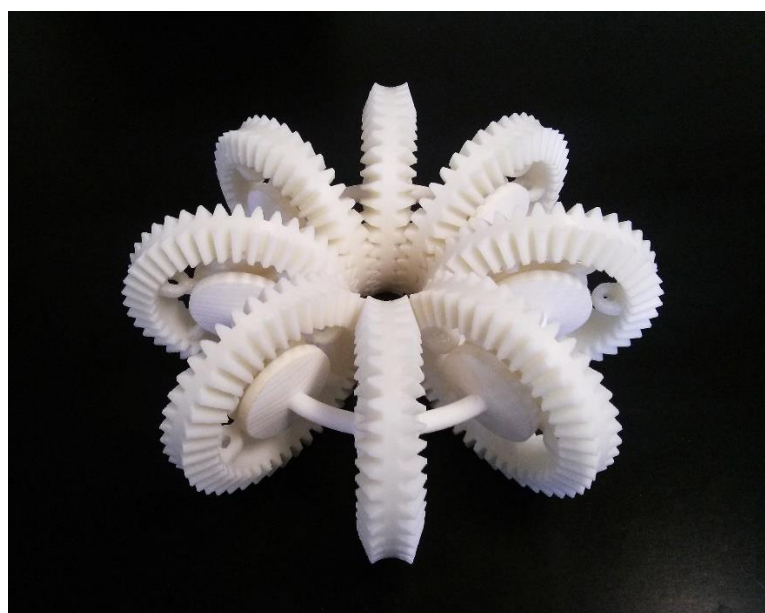
Petr Křivák, *tety bety*, z cyklu *Krajiny*, 3D tisk – sádrový kompozit, 2016



*Návrh na ztvárnění sochy věnované P. Martinu Středovi, 2018*



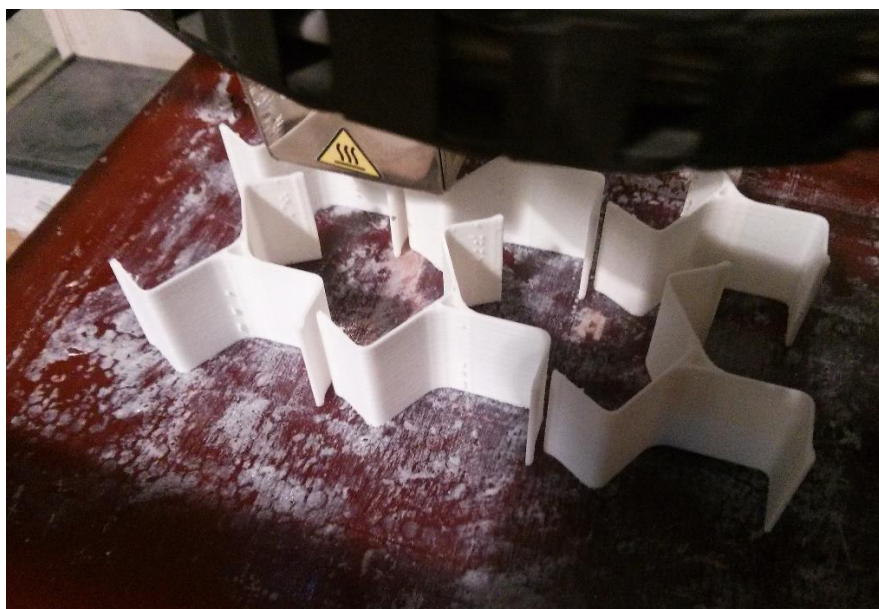
*Toroid*, kinetický objekt, 3D tisk – ABS plast, elektromotor, 2016



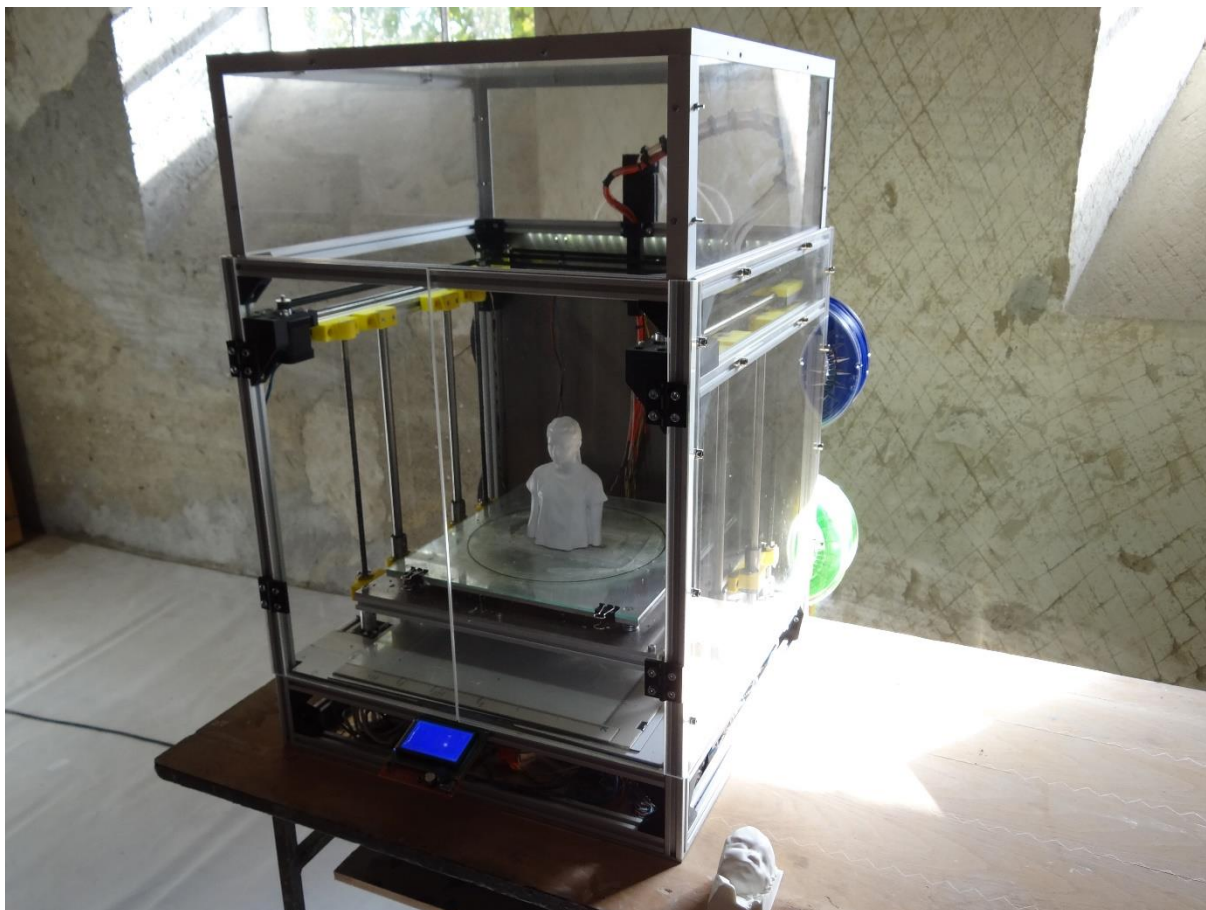
*Květ*, přípravná studie pro tvorbu objektu *Toroid*, 3D tisk – ABS plast, 2014



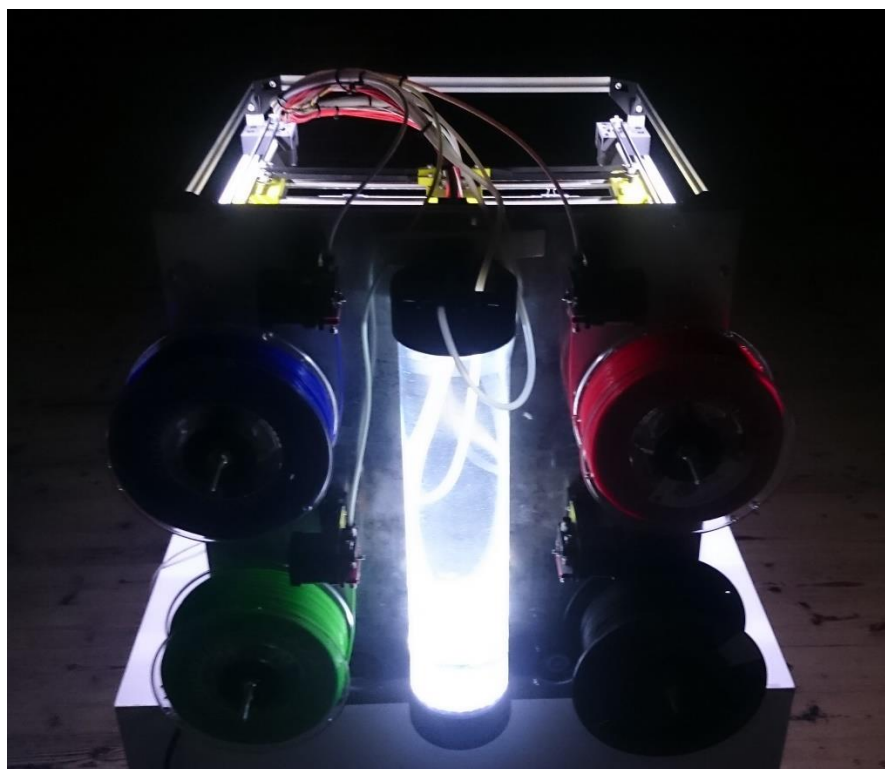
*Větrný display* – grayscale, interaktivní kinetický objekt, 3D tisk – ABS plast, akrylové barvy, nerezová ocel, 2015



Proces 3D tisku vrtulek pro objekt *Větrný display*



3D tiskárna vzniklá úpravou designu Vulcanus Max 30, pohled zepředu



3D tiskárna vzniklá úpravou designu Vulcanus Max 30, pohled zezadu

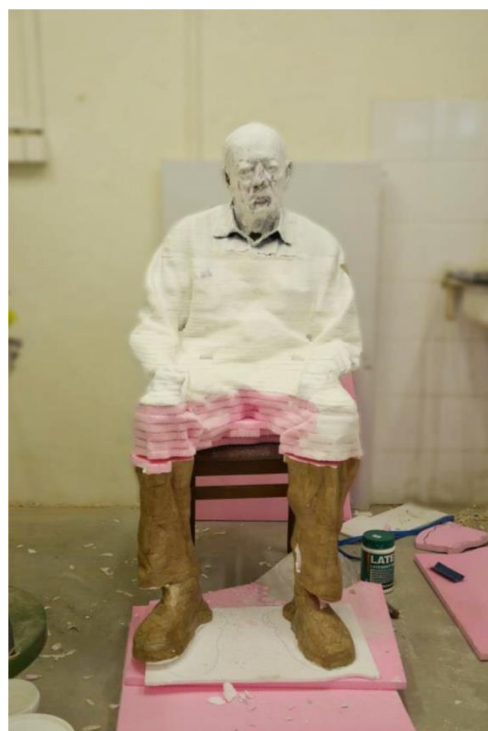




Příklad mobilní aplikace rozšířené reality vzniklé v rámci festivalu Prototyp 2016



Renderovaná vizualizace virtuální rekonstrukce jídelny Bauerova záměčku v Brně od Adolfa Loose



Tea Dohnalová, *Skleněný pastýř*, před dokončením magisterské práce, polystyren, barva, 2019 (vlevo)  
 Veronika Auerová, *Dědeček*, z procesu tvorby bakalářské práce, polystyren, akrylová sěrka, fotografie, 2019 (vpravo)



Martin Skalický, *Pamětní deska Janu Rajlichovi*, bronz, patina, Dírná, 2020



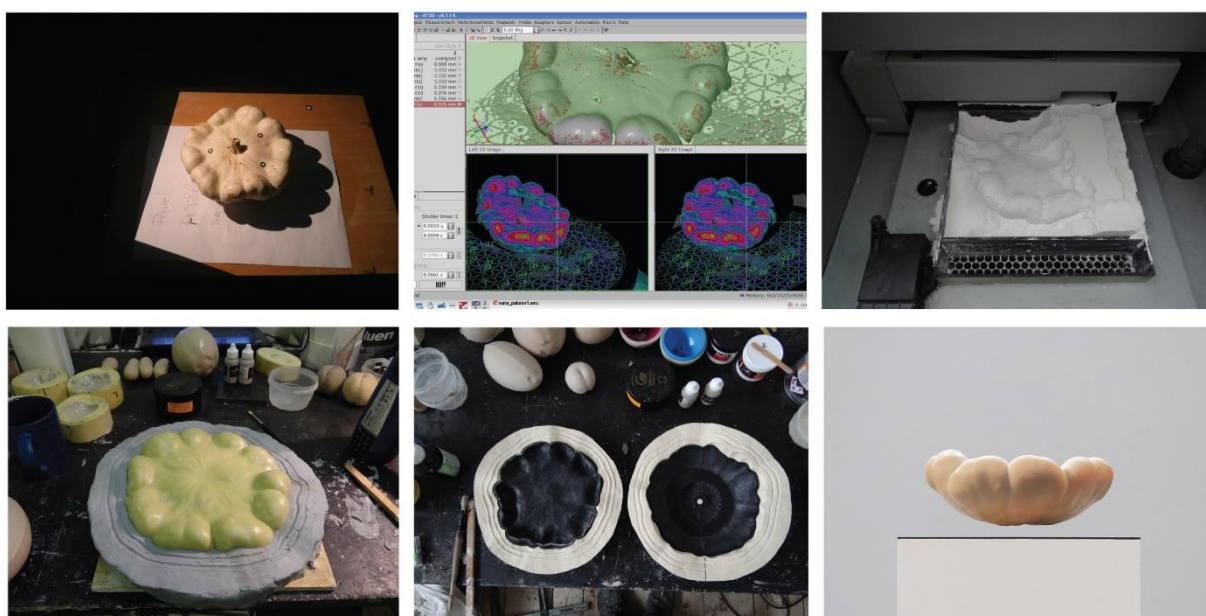
*Pamětní deska zpěvačce Evě Olmerové, nerezová ocel, polychromie, Praha 6, 2016*



*Pamětní deska politikovi Janu Malypetrovi, bronz, patina, Praha 6, 2014*



*Patizon*, kinetický objekt, silikon, 3D tisk – ABS plast, neodymové magnety, elektronika, olověná závaží, 2015



*Patizon*, postup práce



*Hruška 01 – Rubik, variabilní objekt, 3D tisk – ABS plast, akrylová barva, 2014*



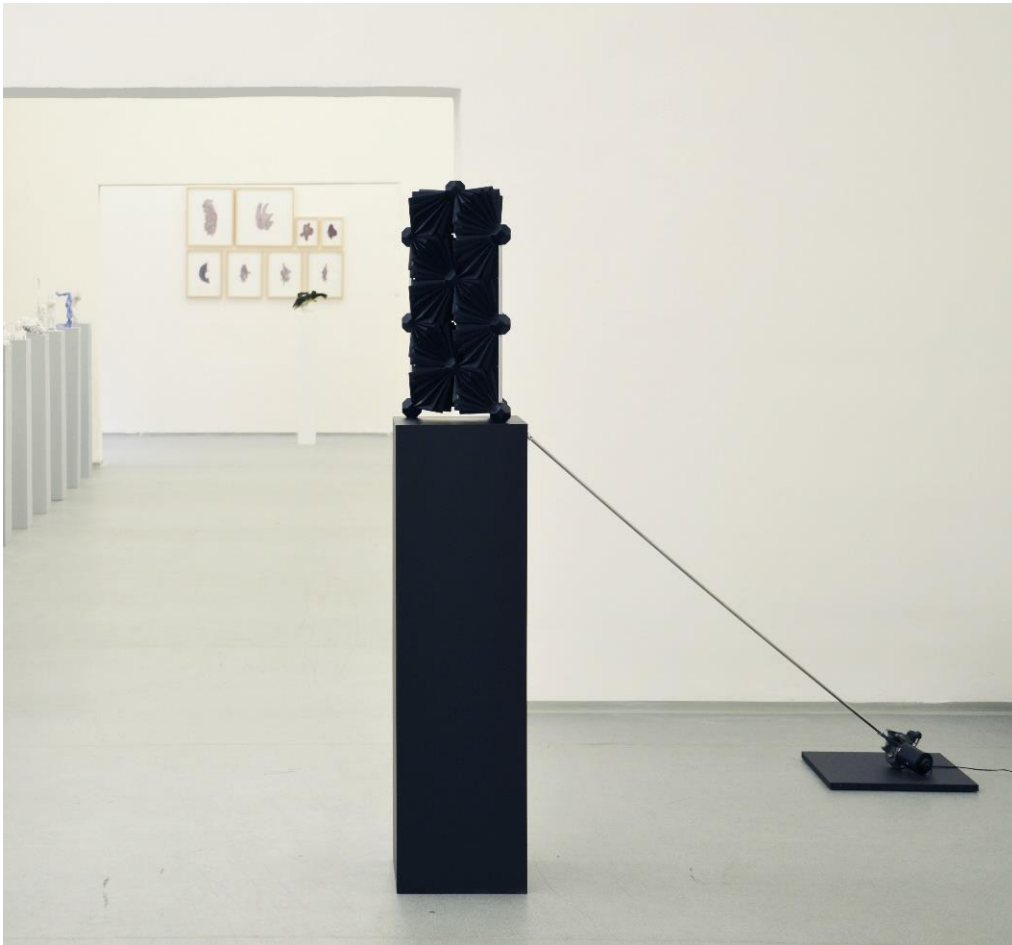
*Hruška 07 - bronz, variabilní objekt, bronz, 2017*



*Module 1*, kinetický objekt, 3D tisk – ABS plast, elektromotor, nerezová ocel, 2018



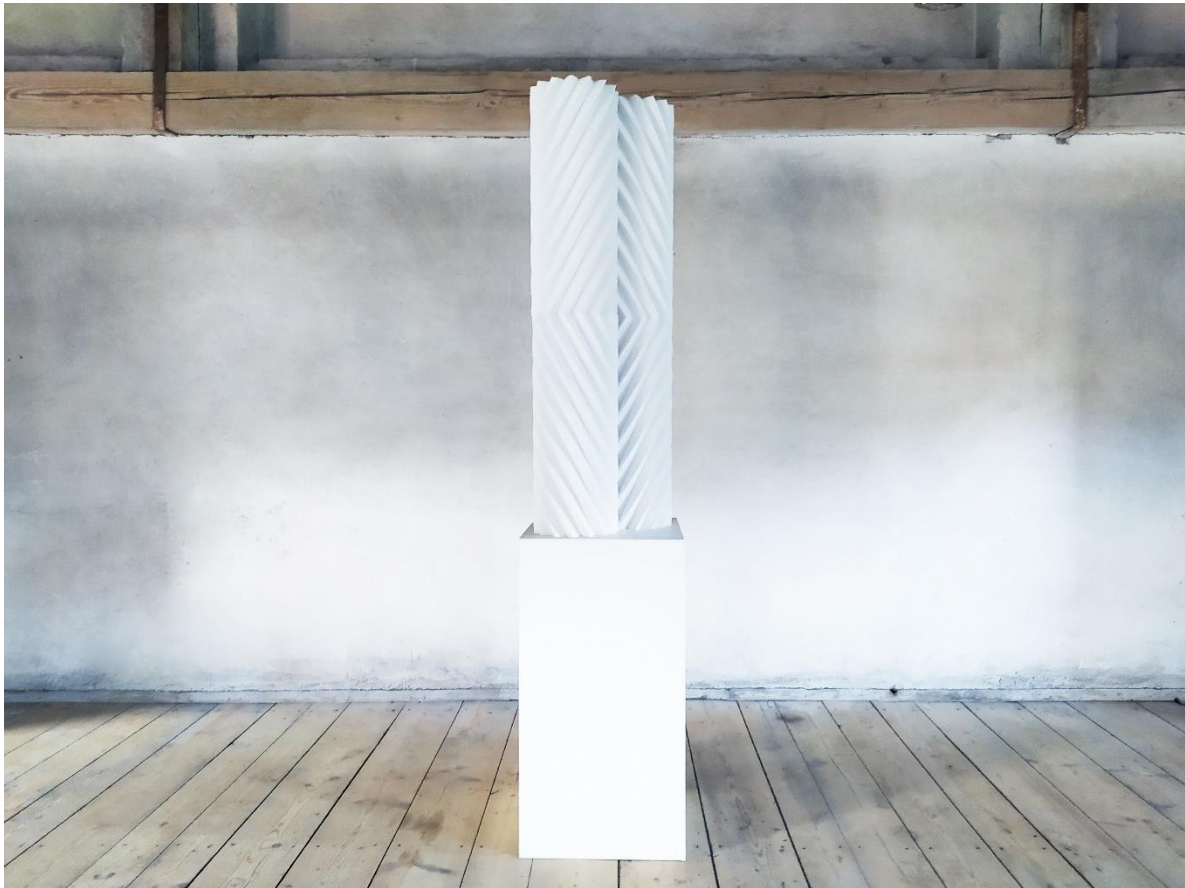
*Module 3*, kinetický objekt, 3D tisk – ABS plast, elektromotor, fotobuňka, nerezová ocel, 2018



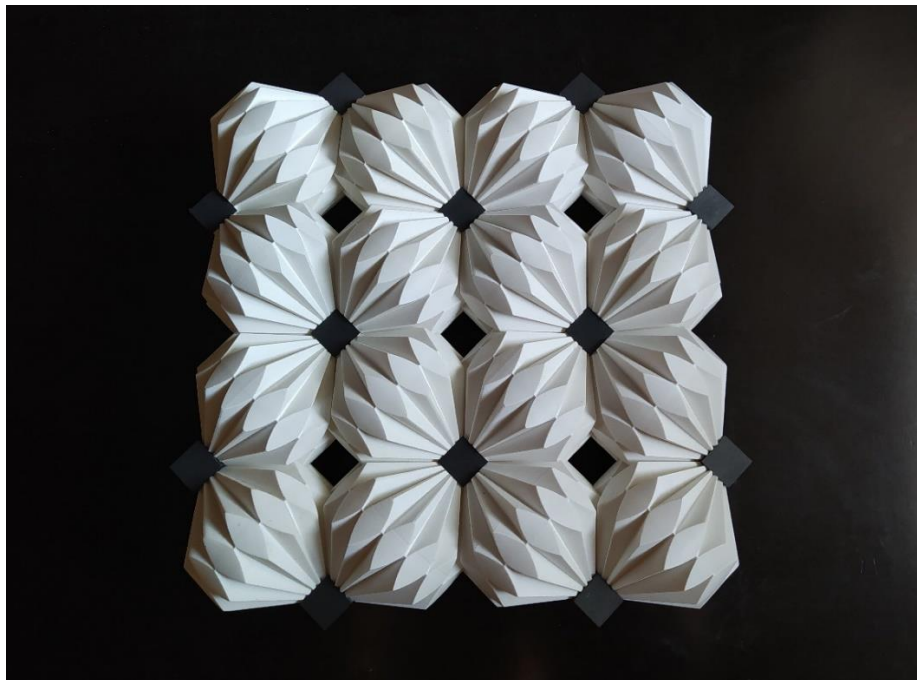
*Module 15*, kinetický objekt, 3D tisk – ABS plast, elektromotor, nerezová ocel, 2018



*Záříč*, nástěnný kinetický objekt, 3D tisk – ABS plast, elektromotor, nerezová ocel, 2018



*Vířič*, kinetický objekt, robotický 3D tisk – PLA, elektronicky ovládaný motor, nerezová ocel, ve výstavbě



*Module 16*, kinetický objekt, 3D tisk – ABS plast, elektronicky ovládaný motor, nerezová ocel, ve výstavbě





*Module 15 DIY*, kinetický objekt, 3D tisk – ABS plast, akumulátorová vrtačka, nerezová ocel, 2020