

**Lublóy Zoltán**  
**doktori értekezés**

# Designer starter kit

a digitális tárgyalás elméleteés gyakorlata, alkotói szemmel



témavezető : Lipóczki Ákos DLA

**MOHOLY-NAGY MŰVÉSZETI EGYETEM**  
Doktori Iskola

2021



# Tartalomjegyzék



## I. Tervezők egy új korszakban

I.1	Bevezetés .....	6
I.2	Kutatási módszer .....	11
I.3	Digitalizmus a korszellem.....	15
I.4	Új lehetőségek a tárgyak fejlesztésében.....	17
I.5	Ki a klasszikus designer? Ki az outsider?.....	21
I.6	Alkotó emberek, alkotó technikák.....	23
I.6.1	Mérnökök, technikusok, fejlesztők.....	23
I.6.2	A maker movement.....	24

## II. Digitális tárgytervezés

II.1	Bevezetés .....	27
II.2	Tervezői harverkörnyezet .....	30
II.3	Tervezői szoftverkörnyezet.....	32
II.3.1	Opensource szoftverek .....	33
II.3.2	Vásárolt szoftverkörnyezet.....	33
II.3.3	3D-s modell létrehozás.....	35
II.3.4	Generatív tervezés.....	37
II.4	A szoftveres tervezés kritikája.....	38

## III. Digitális tervezéstámogató eszközök

III.1	Bevezetés .....	40
III.2	A digitális tér .....	41
III.2.1	A tér értelmezése, másolása.....	41
III.3	Szkennelés szín nélkül .....	44
III.3.1	Kontakt szkennер (CMM) .....	45
III.3.2	Szkennelés lézerrel.....	45
III.3.3	Strukturált fény szkennelés.....	47

III. 4 Szkennelés színesben.....	49
III.4.1 Digitális fotogrammetria (DGF).....	49
III.4.2 Digitális fotogrammetria, kicsit másképp.....	50
III.4.3 Adatfeldolgozás, digitális zaj.....	51
III.5 Technológia kutatás.....	52
III.5.1 Rapid Prototyping.....	52
III.5.2 FabLabok és digitális kivitelezési lehetőségek.....	53
III.5.3 Egyszerű gépek, lehetőségek két dimenzióban.....	58
III.5.3.1 Fóliavágó (plotter, vinyl cutter).....	59
III.5.3.4 3Ds toll.....	63
III.6 Összetett gépek és lehetőségeik.....	66
III.6.2 CNC maró.....	68
III.7 3D nyomtatás.....	75
III.7.1. Additív gyártási eljárások.....	75
III.7.2 Kezdeti nyomtatók.....	76
III.7.3 Szálhúzásos technológia, FMD.....	78

## **IV. Digitális alkotói praxis**

IV.1 Alkalmazott kutatásaim .....	84
IV.1.1 Mestermű kivitelezési kutatás: Test és felületképzés.....	88
IV.1.2 Mestermű kivitelezés kutatás: Geometrizált felületképzés.....	89
IV.1.3 Mestermű kivitelezés kutatás: Magforma nélküli öntőforma készítés.....	91
IV.1.4 Mestermű kivitelezés kutatás: CNC marás kis méretekben.....	92
IV.1.5 Mestermű kivitelezés kutatás: CNC marás 4 tengelyen.....	93

<i>IV.2 Digitális tárgyalkotás szinterei</i> .....	94
<i>IV.2.1 Eindhoven</i> .....	94
<i>VI.2.2 Jingdezhen</i> .....	95
<i>VI.2.3 Helsinki</i> .....	96
<i>VI.2.4 Budapest, MOME</i> .....	97
<i>IV.3 Tárgyalkotási kezdeti projektek</i> .....	38
<i>IV.4 Művészeti előzmények, előtanulmányok</i> .....	38
<i>IV.4.1 Tárgy referenciák, referencia tárgyak</i> .....	38
<i>IV.4.2 Marcus Kayser</i> .....	38
<i>IV.4.5 Kövér Dóra Rea</i> .....	98
<i>IV.4.6 Monori Anita</i> .....	102
<i>IV.4.7 Gpann Zsuzsa</i> .....	104

## **V. Mestermunka**

<i>V.1.2 A mestermű problémafelvetése</i> .....	107
<i>V.2.1 A mestermű témája</i> .....	110
<i>V.2.2 Konceptióalkotás</i> .....	111
<i>V.3. Digitális tárgysorozat bemutatása (mestermű)</i> .....	112

## **VI. Összegzés**

<i>Irodalom jegyzék</i> .....	123
<i>Képek forrása</i> .....	127

# I. Tervezők egy új korszakban

## I.1 Bevezetés

*„A felfedezés öröme minden bizonnyal a legfelemelőbb,  
amelyet ember érezhet”<sup>1</sup>*

Doktori témám kiválasztása nem okozott gondot, hiszen már régóta óta foglalkozom az új technikák felkutatásával, a kísérletezés része saját művészeti tevékenységemnek. Szeretem keresni az újdonságokat az interneten, kiállításokon, de utazásaim részévé váltak a külföldi design weekek, szakmai események. Visszatekintve az elmúlt évtizedre, tisztán látszik, hogy változás indult be a design világában, egyre hangsúlyosabbá válnak a digitális tematikák, előtérbe kerülnek a számítógépes eszközök. Sokáig gondolhattuk azt, hogy a kézművességet és a művészetet sohasem fogja megérinteni, hiszen olyannyira intakt terület. Az írásműben rámutatok azokra az új technikai, és szoftveres részletekre, amik befolyásolják tárgyak végleges formáját, karakterét az eszközhasználaton keresztül. A mesterművet kísérő értekezés megírásában követem saját megismerési folyamatomat, analizálás, tárgyanalógiák felkutatása, végül egyéni válasz, mint a mestermű.

Indításként rögzítem azt a hipotézisemet, hogy az elmúlt pár évben látványosan megjelentek a digitális világ innovációs fejlesztései. Jelenlétük napi szinten, mindenhol érzékelhető, hasonlóan az ipari forradalmakhoz, óriási fordulat. Mintegy korszakos paradigmaváltásként értelmezhetjük. Lassan minden területet behálóz, a személyes (virtuális) terünk részévé válik, sőt számos emberi tevékenységeket kezdenek helyettesíteni<sup>2</sup>. Az új ipari digitális gyártási lehetőségek, valamint elterjedésük a design és a képzőművészet

---

<sup>1</sup> BROOKS, Michael (2011) : A tudomány titkos anarchiája , HVG Kiadói Zrt, 233.oldal

<sup>2</sup> JUHÁSZ Edina (2021): Csetüzenetben hirdetnek ítéletet a kínai bíróságok, INDEX, [https://index.hu/techtud/2019/12/10/kina\\_igazsagszolgalatas\\_wechat/](https://index.hu/techtud/2019/12/10/kina_igazsagszolgalatas_wechat/), 2021-04-11 mentés

<sup>3</sup> SHY (2014): Mi a fene az a STARTUP?, Startupper, <http://startupper.hu/mi-fene-az-startup/>, 2021.04.11 mentés

területén is jól érzékelhető. A megjelenés számos területen lehetséges, kezdve a tervezői környezettől, egészen a kivitelezési eszközök megépítéséig. Start-upok<sup>3</sup> sora keres befektetőket legújabb projektjeihez, ahol sok esetben a megvalósítás fókuszja maga a fizikai eszközök fejlesztése, a kivitelezés pontosítása, finomítása, vagy akár a gépgyártás változatos célterületek számára. Az új gépek és technikai eszközök használata már a modern tevékenység része és például a prototípus kivitelezés során fontos szerepet játszik, hiszen a költséghatékonyság, a precizitás, a termelékenység és a gyorsaság korunk kulcsfontosságú hívószavai. Visszatekintve az elmúlt évekre, rengeteg digitális technológiaváltás határozta meg a gyártás fő fejlesztési irányát. A tömegtermelésben létrehozott tárgyak nagy része célgépeken és futószalagon készül, ahol az automatika gyakran háttérbe szorítja a kézimunkát, léteznek már olyan termékek, ami kéz érintése nélkül jönnek létre<sup>4</sup>.

Nem meglepő, hogy a tömegeknek szóló médiumokban is számlálhatatlanul sok hír, videó, könyv, blog és facebook-post foglalkozik a digitális forradalommal, vagy a szimbólumként tekinthető 3D-s nyomtatással. A porral nyomtató, vagy szálhúzó nyomtatók vitathatatlanul berobbantak a köztudatba – a pop-kultúra részeivé váltak<sup>5</sup> – ám egy laikus mégsem tudja pontosan, mire lehet használni ezek az új eszközöket; jelentőségüket kevéssé látja. Felszínesen és általánosságokban jelentkezik az információk, a téma kimerül a technikai részletekben, de szakterületekre lebontva azok alkalmazási lehetőségei, nincsenek kellően feltérképezve sem idegennyelven, sem magyar nyelven.

Pedig a korszerű technikai tudás és elterjedése minden korban robbanásszerű lendületet adott a tárgyak formaképzésének, gondoljunk az agyagipar területén a korong feltalálásától egészen az izosztatikus prés bevezetésére, vagy akár Wedgwood technológiai innovációira és hatékony manufaktúráis<sup>6</sup> munkaszervezési módszerére. A technika megértése és beépítése a gyártási folyamatokba kérdéseket vet fel a kézművesség területén, ahol elmondható, hogy elvárt érték a hagyománytisztelet, a megszerzett szakmai kézműves szaktudás és alkalmazás. Itt valóban a hangsúlyt az egyediség, a megjelenő kézimunka kapja,

---

<sup>4</sup> MARKOFF, John, (2012): "Skilled Work, Without the Worker," *The New York Times*, (augusztus 19. megjelenés), (2015.01.20 mentés), [<http://www.nytimes.com/2012/08/19/business/new-wave-of-adept-robots-is-changing-global-industry.html?pagewanted=all>]

<sup>5</sup> ADAM, William (2012): *Scream & shout feat. Britney Spears, UMG*, <https://www.youtube.com/watch?v=kYtG1dX5qI>, 2021-04-11 mentés

<sup>6</sup> POPP, A. and HOLT, R., (2016): *Josiah Wedgwood, manufacturing and craft*. *Journal of Design History*, 29 (2), pp. 99-119k



1. kép / Michael Eden díszváza

mivel a hozzáadott anyagi és kulturális értéket tiszteljük. A manufakturális gyártás lényege, hogy nem jellemzi a gépesítés, de ma már egy kis műhely nem feltétlen eszköztelen, hiszen a költséghatékony gyártási volumen e területen ugyanúgy cél lehet. A nagyipari technológia ismerte, alkalmazása sokáig kevesek számára volt elérhető. Alapvetően az ipari alkalmazások nagy volumeneket szolgált ki, gép és technológiai szinten is, viszont az elmúlt évtized fejlesztései közelebb hozták az alkotóhoz, a kisvállalkozásokhoz az alkalmazásukat. A berendezések árai és beszerzésük is egyre egyszerűbb, méretük csökkent, az eszközfejlesztések lehetőségei ma már nem csak a teljes gyári spektrumot célozzák meg. A művész, a designer és a kis brand-ek, akiket nem nevezhetünk kézművesnek, mert céljaikban és szemléletmódjukban jelentősen eltérnek az utóbbtól. A kézművesek, ma inkább makerek, akik felvértezve az új tudással és technológiával tovább éltetik a hagyományos kivitelezési formákat, azt magasabb szintre emelve.

Gondolhatjuk úgy, hogy a szemléletváltásnak nincs köze az alkotói, valamint a tervezési folyamathoz, azonban ez a megközelítés nem teljesen fedi a valóságot; hiszen a térhódítás vitathatatlan, még ha nem is szembetűnő. A kivitelezési munkáknál már egyes részfeladatokban is megjelennek a digitális eszközök, ami formai kialakításban sok esetben visszafejthetőek. Tudnunk kell azonban, hogy az eszközök önmagukban nem képesek alkotásra, szükség van az (emberi) ötletre, vezérlésre, parancsok megfogalmazására, eredményorientált folyamatok kidolgozására. A túlzott alkalmazás láthatóan rontja a kvalitásait egy tárgynak, könnyen kiüresedik és a legyártása vitatható. A szimbiózishoz, illetve a kritikai hozzáálláshoz feltétlenül el kell mélyedni a digitális szakmaiságban, hiszen csak ezek ismeretében lehet etikusan és professzionálisan alkalmazni az új lehetőségeket.



Feltehetjük azt a kérdést, hogy egy alkotó, illetve hallgató, hogy tudja az ehhez szükséges tudást megszerezni, van-e esetleg egy átfogó magyar nyelvű könyv, mely segítséget nyújthat a tájékozódásban. Hamar kiderül, hogy alig található elérhető, összegző kötet e témában magyarul, egyelőre inkább workshopok, és oktatási segédletek<sup>7</sup> adnak támpontot az eligazodásban. Ezért úgy döntöttem, hogy belefogok egy hiánypótló, szakspecifikus összefoglalásba. Elsődleges célom; hogy magam számára és a tárgyalkotással foglalkozó



2. kép / A szerző 3Ds terve ázsia piacra

tervezőnek egy rendszerezett útmutatót készítek, ami bővíti az ismereteket, a felmerülő kérdésekre választ ad, illetve későbbiekben jegyzetként akár hallgatók is hozzáférhetnek a tárgyalkotó szakon.

A digitális tárgyalkotó lehetőségekkel már egy évtizede foglalkozom, a megkezdett értekezésem elsődleges célja, de – mivel se mérnök, se programozó nem vagyok – hogy feltérképezem a digitális gyártás aktuális és szakspecifikus lehetőségei. Bemutatom az alkalmazható megoldásokat, amiket

különösebb gond nélkül bárki beépíthet saját alkotási rutinjába, továbbfejlesztheti. Megvalósult projekteken keresztül szeretném ismertetni azokat az irányokat, ahol a design és a modern technológia összeér. Továbbá esettanulmányokat mutatok be; hogyan használják mások az alkotói praxisukban a rapid-prototyping lehetőségeket, valamint, hogy én hogyan ismertem meg ezt a világot. Rávilágítok az iparművészet és a design területén dinamikusan fejlődő tech-cégek fejlesztéseire, majd illusztrálom a változatos

---

<sup>7</sup> Szebenyi Marianna, *Digitális Jólét program keretében közzétett tanárfüzet\_tanárfüzet 2016*  
<https://drive.google.com/file/d/0B03v2YN9TNBXcDhZcEZSZnllMXJIUHK1czBIVUdfUIZMcEV3/view>  
2021.03.10 mentés



3. kép / MOME campus

munkafolyamatokat és eszközöket, mivel célom kiemelni, hogyan látom alkalmazhatóságukat a tárgyalkotás területén. Természetesen – korábbi ösztöndíjam eredményeként, mint oktató (13 éve oktatok a MOME-n tervezési ismereteket) figyelem a technikai fejlődések beépíthetőségét az oktatásba – szem előtt tartom azt is, hogy másoknak egy hasznos, áttekinthető összegzés legyen ez az írásmű az első lépések megtételéhez.

Tárgyakat létrehozni, koncepciót megalkotni, illetve ergonómiai és gyártásetikai kérdésekben döntést hozni, már digitális tárgyalkotó képzettség kell, de sokszor továbbképzés ugyanúgy szükséges, mint egy műhelyben otthonosan mozgó alkotónak. A digitális gyártási terület pont azért érdekes a számomra, mivel egyfajta hidat képez a profi és az outsider közt, kézműves és mérnök közt, ahol a közös nevező a technológiai fejlesztés; új termékek és alkotások létrehozása más felfogással. Sok helyen már az oktatás részét képezi<sup>8</sup> a digitális világ megismerése fiatal korban – akár tantárgyként – így a modern technológia a felnövekvő generációknak megértése és napi használata egyáltalán nem lesz idegen. Az új irányok ismerete magabiztos jövőképet és tervezhető stratégiákat segít kialakítani a tárgyalkotásban.

---

<sup>8</sup> MOME Steam projekt <https://designisso.com/2017/05/08/be-steam-a-jovo-oktatasfejlesztési-iranyai/>  
2021.01.11 mentés

## I.2 Kutatási módszer

A dolgozatom megírásához meghatároztam egy alaptémát, ami, mint önálló alkotó érdekesnek érzek, valamint úgy gondolom mások számára is érdekes, ismeretbővítő olvasmány. A digitális tárgyalási terület sok esetben zavaros, hiszen nagy területet ölel fel halmaza, mindenki egy kicsit mást ért rajta. Van, akinek a gyártási mód jelenti azt, hogy digitális, van, akinek az, hogy nem csak kézi rajzokkal tervezték, hanem szoftverek segítségével. Valóban több ponton kapcsolódhat be a számítógép a tervezési folyamatba, ezért érdemes kiemelni azokat a kapcsolódó pontokat, ahol meghatározó szerepe van a tervezésben, prototípusgyártásban, vagy a kivitelezésben.

A doktori kutatásomban ezért lépésről-lépésre haladok az általánosságoktól a részletekig, közérthetően és több rétegű megismerő vizsgálódás a célom. A feladat elvégzésének kereteket szabtam, hiszen egy hatalmas ismeretanyagról beszélhetünk. Rengeteg területet lehetne feldolgozni, de a dolgozat terjedelme miatt, azonban tudatos témaszelekciót alkalmazok, a lényeges pontokat szedem össze a tervezési és gyártási témában. Fókuszom gyakorlati megismerésre, a próba és kísérleti feladatokra összpontosul, ezt tekintem a feldolgozás megírásának alapjául. Egyéni döntésem alapján, ha nem feltétlenül képezi részét a tárgyalásnak egy terület, azt akkor kevésbé mutatom be, hiszen számomra nem releváns.

Napjainkban kezd egyre erősebb kapcsolat kialakulni minden téren, az artificial intelligence és korábban tőle független területeken, Lasse Rouhiainen egy egész könyvet szentelt a kibontására, hogy ma és a jövőben hogyan fog mindent behálózni, és hogyan fogja befolyásolni akár az oktatást<sup>9</sup>. A tendencia bármennyire izgalmas, nem szerepeltetem, mivel vizsgálódásom kiindulási hipotézisem:

---

<sup>9</sup> ROUHIANEN, LASSE (2019): *Artificial Intelligence: 101 Things You Must Know Today About Our Future*, Google Books, 46.oldal

■  
*Az ember alkot  
és gondolkodik, a gép  
kivitelez, vagy rásegít a  
megvalósítási szakaszra, de  
mindenképp alá van  
rendelve az alkotói  
szándéknak.*  
■

Tudatosan felületesen, jelentősen egyszerűsítve ismertetek minden mérnöki, műszaki tartalmat, mivel a hangsúlyt az érthetőségre teszem, tekintettel arra, hogy a tervezők könnyen megértsék a felvázoltakat. Általánosságban elmondható, hogy bármelyik digitális részterületen vizsgálódunk, a látható eredmény igen komoly matematikai és mérnöki számításokon, egyenleteken alapul, azonban e matematikai és informatikai háttérnek a feltérképezése egy másik kutatás tárgya. A szövegben közlésem a fellelhető műszaki forrásokat lábjegyzetekkel, így hivatkozok az elérhető tanulmányokra, könyvekre. A szakanyagok ismertetik a műszaki tudományterületek kérdéseit e témában, azonban ezek a kérdések kevésbé foglalkoztatnak, mert a design területén fontosnak tartott értékekkel, mint a forma kialakítás, vagy azok esztétikája, ergonómiai kérdései nem térnek ki.

A design, a tárgyalkotást érintő strukturális változás bemutatásával foglalkozom főként eszközrendszerét, szakelméletét vizsgálom. Ismertetem, hogyan lépett be a manufakturális, kis volumenű gyártási szcénába az innovatív technológia. Feldolgozom, hogy kiket érint, miért alkalmazzák, vagy pont miért nem: nem beszélve a formatervezésre és a tervezői gondolkodásra tett hatásaival. Alapvető módszerem a szakanyag felkutatása, majd a munkatapasztalatokon át, saját és mások által létrehozott végeredmények bemutatásából áll. A mestermunkám tárgyai pedig olyan tárgyi összegzés, ahol az ismeretanyagot egyesítem a tapasztalatokkal, alkalmazva a rendelkezésre álló technikai, formai eszközrendszert. Önálló állásfoglalás arról, hogy a saját tervezői módszeremben hogyan értékelem, hogyan építem be az elméleti és gyakorlati ismereteket.

---

<sup>12</sup> VINCE Anikó (2013): *Digitális bennszülöttek?: a dudari felső tagozatos általános iskolások IKT-használatának jellemzői*. 10.14232/belvbok.2013.58505.f.

<sup>13</sup> EVA London: EVA London 2014, *Electronic Visualisation and the Arts konferencia*, Jonathan Peter Bowen: *Digitalizmus az új realizmus?* DOI: 10.14236/ewic/eva2014.38

<sup>14</sup> YOUNGGIN, Yoo (2010): *Digitalization and Innovation*, Temple University, 7. oldal

A kutatásom több szelektált témakörre terjed ki, az egyes fejezetek bemutatják, hogy melyik fejezetben, melyik kérdéskört kívánok tisztázni. Az egyes fejezeteket a saját hipotéziseimmel indítom, amik a következők:

## I.FEJEZET

Hogyan változott meg a design, milyen strukturális változást történt?

*Hipotézis:*

*A design tervezésmódszertana megváltozott, a tervezők köre kibővült és a digitális lehetőségek gyengítették a manuális képesség fontosságát.*



## II.FEJEZET

Hogyan tudunk számítógépen tervezni?

*Hipotézis:*

*A digitális tárgytervezéshez létre kell hozni egy virtuális tervezői környezetet, ahol számos eszközt és szoftvert kell beszerezni.*



### III.FEJEZET

Milyen digitális eszközök tudják segíteni a tervezői munkát? Mi a rapid prototyping?

*Hipotézis:*

*A rapid prototyping egy munkafolyamat gyűjtő elnevezése, több feltételnek kell érvényesülnie, hogy prototípust készítsünk. Szakterületünk szerint érdemes ismerni és beszerezni az eszközöket.manuális képesség fontosságát.*



### IV.FEJEZET

A gyakorlatban hogyan jelenik meg az elméleti tudás?

*Hipotézis:*

*Egy ilyen tárgyterületen kiemelten fontos a próba, a kísérlet, hiszen nagyobb hangsúlyt kap az eredmény. Learning by making, mint a maker movement alap filozófiája különösen fontos.*



### V.FEJEZET

Mi az értekezés szintézise? Mi volt az alkotói szándék?

*Hipotézis:*

*A digitális technikák alkalmazását mérlegelni kell, az emberi értéket, a szubjektív szempontokat figyelembe tartva.*



## I.3 Digitalizmus, a korszellem

A processzorok és a számítástechnika elterjedése gyorsította fel világunkat, elkezdtuk máshogyan megközelíteni a problémákat, a digitális fejlődés tulajdonképpen a használati tárgyainkat formálta át pillanatok alatt. A magnókazettát leváltotta a CD<sup>10</sup>, az írógépeket a szoftveres szövegszerkesztők, a filmes fényképezőgépet a digitális fényképezőgép, a kártyanaptárokat egy telefonos naptáralkalmazás. A váltás pedig nem lassanként történt, hanem néhány év alatt<sup>11</sup>, saját élményem mutatja ennek gyorsaságát: Erasmus ösztöndíjjal (2004) és egy analóg fényképezőgéppel utaztam ki Portugáliába, de vissza már egy digitálissal jöttem. A mikrochipppek közel két évtizede hódítják meg maguknak az összes használati tárgyunkat, minden eszközünk lassan okos; az óránk, a hűtőnk, a telefonunk, fűtésrendszerünk, a házunk. Mostanra felnőtt egy generáció, akinek ez természetes, ezzel a megközelítéssel ismerte meg a világot, alkalmazza élete minden területén. Ők digitális bennszülöttek<sup>12</sup>, érthetően környezetü(n)k visszafordíthatatlanul digitálissá vált. Mindent átszó a számítógépek, az algoritmusok világa, kijelenthetjük korunk a digitalizáció korává vált.

### *De mit is jelent pontosan az, hogy digitalizmus?*

A római digitus<sup>13</sup> szó ujjat jelent (innen származtatható a szó), arra utal, hogy a számítógépet felépítő matematikai logika is hasonló, elemei közt sincs összeköttetés, ahogyan a tíz ujjunk sem folytonos. A kézen lévő ujjakkal pedig renget dolgot tudunk kifejezni, mégis ugyanazokat az ujjakat használjuk fel, mint az algoritmusok a kódokat. A számítógépes programozásban pedig két kóddal leírható minden programnyelv, amit másképpen bináris kódolásnak nevezünk. Az algoritmusok világában, a bináris leíró rendszerben valóság átalakítható<sup>14</sup>, minden, amit olvasunk, látunk, lassan az érzéseink<sup>15</sup> is

---

<sup>10</sup> WANIATA, Ryan (2018): *The Life and Times of the Late, Great CD*, Digitaltrends, <https://www.digitaltrends.com/features/the-history-of-the-cds-rise-and-fall/>, 2021. 04. 12. mentés

<sup>11</sup> KSH : *Háztartások info-kommunikációs eszközhasználatossága és egyéni használat jellemzői (2005–2014) felmérés*, [https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_oni006.html](https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_oni006.html) 2020.12.01. mentés

<sup>12</sup> VINCZE Anikó (2013): *Digitális bennszülöttek?: a dudari felső tagozatos általános iskolások IKT-használatának jellemzői*. 10.14232/belvbok.2013.58505.f.

<sup>13</sup> EVA London: *EVA London 2014, Electronic Visualisation and the Arts konferencia*, Jonathan Peter Bowen: *Digitalizmus az új realizmus?* DOI: 10.14236/ewic/eva2014.38

<sup>14</sup> YOUNGGIN, YOO (2010): *Digitalization and Innovation*, Temple University, 7. oldal

értelmezhetőek számítógépes technológiai alkalmazásokkal. Ranael Kaliouby (Affectiva vezérigazgatója) TED konferenciás prezentációjában mutatta be a különböző kultúrából érkező személyek érzelmeit, hogyan fordítja le fejlesztésük a számítógép nyelvére. Lassan több virtuális elem fogja életünket befolyásolni, mint az igazi életben megtapasztalt dolgok, ha ebben az irányban haladunk tovább.

Célkeresztbe kerül minden dolog, ami csak körül vesz minket, képek, szövegek, zenék: bármi digitalizálható, azaz létrehozható belőlük egy kód, egy számsor, összetettebb algoritmus. De hogyan néz ki mind a színtalpak mögött? Lássunk egy példát, mit látunk mi, és mit lát a bináris programnyelv:

A nevem bináris kódban (Lublóy Zoltán) a következő:

```
01001100 01110101 01100010 01101100 11000011 10110011 01111001 00100000  
01011010 01101111 01101100 01110100 11000011 10100001 01101110
```

Kialakult világunk dualitása, létezünk egyszer az „igazi” valóságban és ezzel párhuzamosan jelen tudunk lenni a virtuális, digitális világban egyszerre. Tehát a digitalizmus nem más, mint a valóság átkódolásának lehetősége egy meghatározott programnyelvvél. Világunk így adott számsorokká, algoritmusokká, kódsorokká válnak, a kódok pedig a mozgatórugói lehetnek a tervező programoknak és a számítógépes kivitelező eszközöknek. Fontos tudni, hogy ilyen számsor parancsok (G-kód) mozgattják a 3Ds nyomtatót, vezérlik a digitális eszközeink működését, a kód alapján hajtják végre parancsainkat.

---

<sup>15</sup> BARZON, Beatrice (2018): *Emotional Algorithms: How We Measure Our Emotions and Feelings*, <https://www.spindox.it/en/blog/emotional-algorithms-emotions/> 2020.12.21 mentés

<sup>16</sup> KALIOUBY, RANAEL (2015): *This app knows how you feel*, TED Woman 2015 conference, [https://www.ted.com/talks/rana\\_el\\_kaliouby\\_this\\_app\\_knows\\_how\\_you\\_feel\\_from\\_the\\_look\\_on\\_your\\_face?language=en](https://www.ted.com/talks/rana_el_kaliouby_this_app_knows_how_you_feel_from_the_look_on_your_face?language=en), 2021. 04. 07 mentés



## I.4 Új lehetőségek a tárgyak fejlesztésben

A design gondolkodás része a folytonos újdonság keresés (formai, anyagkutatási és technológiai vonalon), ezért nem meglepő, hogy hamar fordult a figyelem a digitáliák felé. A virtuális modell készítés és a mintagyártás területén láthatjuk az integrációt. A lassúság jellemezte azonban e technológia elterjedését, hiszen mint minden újdonság meglehetősen költségesnek számított a bevezetési szakaszában, emiatt kevés helyen lehetett hozzáférni a nyomtatókhoz, de a programokból sem állt rendelkezésre különösebb választék. Az igencsak drága 3Ds nyomtatók árai azonban az eltelt tíz év alatt drasztikusan csökkentek<sup>17</sup>, ezzel párhuzamosan az alkalmazásuk egyre népszerűbbé vált. A szinte elérhetetlen áru gyári szoftverek mellett idővel megjelentek az ingyenes programok, mint például a Blender. A tervezők ezért nem csak a nyomtatásban kezdetek elgondolkodni, hanem a tárgytervező szoftverek<sup>18</sup> kipróbálásában egyaránt. A két kedvező hatás együttesen vezetett oda, hogy realitássá vált a tervezőknek a digitális tervezés és kivitelezés.

*Felmerülhet a kérdés mi vezetett oda, hogy érdemes programokkal megtervezni egy tárgyat?*

1

A terv fogalma többé nem egy papírhalmaz javított vonalakkal, hanem inkább tekinthetjük úgy, mint egy dinamikusan változtatható adathalmazt. Az ötletet beméretezni, arányokon javítani sokkal egyszerűbb számítógépen, mert minden azonnal változtatható, még nincsen anyagban, tehát a formatervezői mozgástér teljesen szabad. Be lehet mutatni tetszőleges nézetből generált rendereken<sup>19</sup>; ha kell, akár belülről is átvizsgálható, egy tárhelyen, fizikai helyhasználat nélkül tárolható, mert egy fájlnak nincsen anyaga. Elfogadás után szerszám készülhet hozzá, valamint készülhet direkt prototípus, vagy gyártási formapark.

---

<sup>17</sup> MILLER, Alicia (2016): *The evolution 3D printing: past, present, future*,

<https://3dprintingindustry.com/news/evolution-3d-printing-past-present-future-90605/2020.12>. 16. mentés

<sup>18</sup> ALL3DP (2021): *2021 Best 3D Modeling Software/ 3D Design Software*, <https://all3dp.com/1/best-free-3d-modeling-software-3d-cad-3d-design-software/>, 2021. 04. 16. mentés

2 Használatukkal pontosabban, gyorsabban lehet dolgozni, a „kész” termékeket, kezdeti költségek nélkül. Ma már egy ház minden részletét megépítés nélkül, a programban megnézhetjük, folyamatos megrendelői egyeztetésekkel változtathatunk rajta. Egy piacra szánt termék csomagolásáról, formájáról meg kérdezhetjük a vásárlókat úgy, hogy még nem indult be a sorozatgyártás.

3 A tárgyak fejlesztése használatukkal nem lineáris, folyamatosan javítható, lépésenként visszafejthető a problémák gyökere. Nem keletkezik annyi elrontott terv, selejtes próbatárgy, a hibákat pedig a beépített vizsgáló algoritmusok megjelölik, javítják, hasonlóan, mint a szövegszerkesztő programokban, amik a nyelvhelyességet ellenőrzők. Sőt, részfeladatok kidolgozására már nem szükséges plusz kollégát alkalmazni, hiszen a projektben felmerülő statikai, anyagszerkezeti, anyag mennyiségi adatokat pillantok alatt ki tud számolni, így felgyorsítva a fejlesztést. Ma már kevésbé meglepő, hogy részletes adatokkal tud szolgálni akár egy el nem készült ház, vagy tárgy jellemzőiről, legyen az a térfogat, hőáteresztés, szilárdság, és bármi, amit lefed a szoftver.

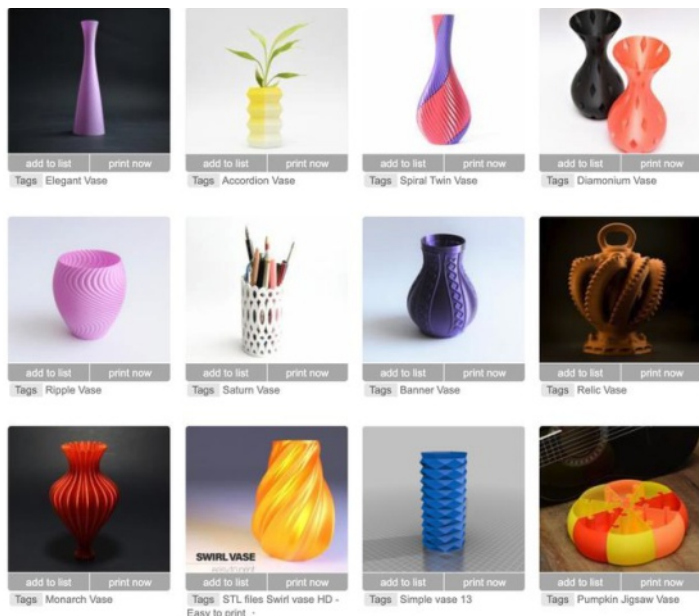
4 A véglegesítésig készíthetünk termék, prototípus variánsokat, de már láthatunk példát arra, ahol a tervező maga az algoritmus, ami változatokat készít, mondhatnánk: tervez. A jelenség nem valami utópisztikus jövő, hanem megtörtént 2017-ben, a Nutella márka olyan 7 millió egyedi (!) csomagolásterví kizserelést dobott a piacra<sup>20</sup>, ahol minden fóliacsomagolás grafikai változatát egy szoftver generálta.

5 Bizonyos tárgyalkotási problémákat régebben egyáltalán nem, vagy nagy időráfordítással lehetett megoldani, mint például a páros, vagy tükörszimmetrikus, inverz tárgyak, ami most pár kattintással megoldhatóak. Korábban csak jól képzett szakemberekkel lehetett ilyen problémákat megoldani, viszont ők is csak a tehetségükkel és szakmai rutinjukkal tudták megoldani. Rengeteg munkaórát igényelő feladatoknak számítottak, ezért

---

<sup>19</sup> DENHAM, Thomas (2020): *What is rendering?*, <https://conceptartempire.com/what-is-3d-rendering/>, 2021. 04. 16 mentés

<sup>20</sup> AUOF, Rima Sabina (2017): *Algorithm designs seven million different jars of Nutella*, Dezeen, <https://www.dezeen.com/2017/06/01/algorithm-seven-million-different-jars-nutella-packaging-design/> 2021. 03. 29 mentés



4. kép / letölthető, kész állományok nyomtatásra, fejlesztésre

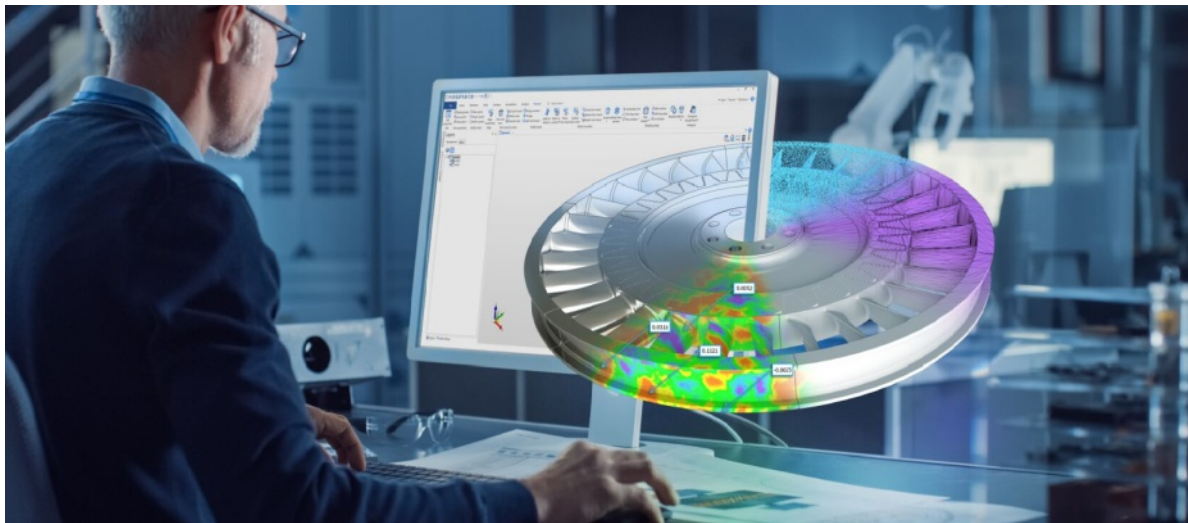
komoly költségeket okoztak a fejlesztés során. A végeredmény a mai értelemben még így sem volt pontos, hiszen a szakemberek a szemükkel ellenőrizték a végeredményt. A digitális világban azonban lehetséges szinte tökéletes végeredményt létrehozni, hiszen az eltérés pár ezredmilliméter.

A felsorolt előnyök mellett a tervezés jellege is megváltozott, mert a fejlesztésbe több ponton csatlakozhat be a megrendelő vagy egy tervezőtárs, átalakíthatják a tervet valós időben, még akkor is, ha nincsenek egy helyen, egy országban. Képernyőmegosztással, vagy a

programok kínálta opcióval akár egy projekten többen, több szakmai oldalról is dolgozhatnak „on-line”, ahol még nyelvtudás sem feltétlen szükséges. A tervet sem feltétlenül kell saját gépünkön tárolni, kimehet a felhőbe, vagy elküldhetjük emailben, nem kell a faxra, vagy a postázásra várni. A tervezést és a kivitelezést sem kell egy céghez, vagy alkotóhoz kötni, a munkafolyamatok alapján megbontható, alvállalkozók szerint megosztható.

Újabb kedvező aspektus az anyagtalanság lehetősége, ami segíti a kreatív folyamatokat, hiszen a kezdeti tervezési szakaszban nem kell foglalkozni a tárgy elkészíthetőségével, nem korlátoz anyag fizikai tulajdonságai. Az anyagismeret és anyagok profi kezelése tanulást igényel, de ma már akinek nincsen jó kezűgyessége ugyanúgy tud tárgyakat készíteni. Sőt; nemhogy kezűgyesség nem kell, sokszor már ötlet sem, mivel rengeteg már elkészített projekt<sup>21</sup> és ötlet várja azokat, akik érdeklődnek a tárgytervezés és 3D nyomtatás területén. Elég meglepő az a tény, de már lehetőség van már arra, hogy valaki egy tárgyat úgy kivitelezzen, hogy semmiféle képzettséggel nem rendelkezik. Mi több az sem kell, hogy eredeti ötlete legyen, vagy hogy rendelkezzen egy szerszámokkal felszerelt műhellyel.

<sup>21</sup> FREE3D: <https://free3d.com/3d-models/>



5. kép / Szoftveres környezet

A számítógépes, illetve szoftveres tervezői környezet ezért nagyobb szabadságot ad leendő tervezőknek, de a tárgyak formai megfogalmazásában teret enged a merészebb változatoknak. Nem szükséges a korábbi kivitelezési, kézi alapttechnikák hibalehetőségeiben megakadni, hanem tisztán a szándék és az ötlet kerülhet a termékfejlesztés középpontjába. A megváltozott lehetőségekkel a tervezők köre kiszélesedik, hiszen a tervezés és a kivitelezés nem görget már akadályt többé. Korábban a gyakorlati, vagy elméleti tudás hiánya, mint probléma jelentkezett az alkotásban, különösen a tárgyak kivitelezésénél. Nem csoda, hogy megjelennek a *nem* művészeti pályáról érkező tervezők, mivel a kezűgyesség, mint szakmai előny halványodik és az egyetemeken design képzéseinek hasznossága egyaránt megkopni látszik<sup>22</sup>.

A szakmaiságot a szoftverek tudása, a közösségi platformok kezdik egyre inkább áthidalni és fejleszteni, de jelen pillanatban minőségük, megbízhatóságuk elég változatos képet mutat különösen a webes fórumokra vonatkozóan.

---

<sup>22</sup> CONNIE, Liu (2015) Medium: <https://medium.com/education-posts/10-reasons-why-design-education-is-so-important-1d19130e9ce#:~:text=It%20helps%20students%20adopt%20a,take%20on%20their%20own%20preconceptions.> 2021.03.16 mentés

## I.5 Ki a klasszikus designer? Ki az outsider?

Az előző fejezetben rávilágítottam, hogy a tervezői, illetve alkalmazói kört kibővítette a technika, így a tárgyalkotó platform már nem csupán egy szellemiségből, nem kizárólag a design egyetemek hallgatóiból kerülnek ki, hanem jelentősen popularizálódik a design szcéna. Fogékony műszaki tudással rendelkező emberek, múzeumpedagógusok, hobbytervezők, technikarajongók, vállalkozók: outsiderok tűnnek fel és kezdenek alkotni. Bár „outsider” megnevezés nem feltétlen a legjobb szó, hiszen eleve negatív érzetet kelt, de a kívülállóknak talán egy jó megfogalmazás. Jelenlétük növekszik, piaci részesedésük egyaránt, sok esetben fejtörést okozva a klasszikus, vagy tanult designereknek. Létük nagy részben a könnyített pályának, az egyszerűsítő alkalmazásoknak (is) köszönhető. Már futathatunk akár egy okostelefonon formatervező programokat, persze inkább játéknak nevezhetjük, mégis előállíthatunk vele nyomtatható fájlt.

Egy „rendes” designer az outsiderokkal szemben hosszú tanulmányai során szerezte meg tudását, olyan összetevőkkel rendelkezik, mint a komplex kreatív gondolkodás, vizuálisan műveltség, továbbá vannak ötletei, le tudja azokat rajzolni, vizualizálni. Gyakran még az a képessége is megvan, hogy alapanyagból szerszámokkal el tudja készíteni tárgyként a kiinduló ötletét. Az elejétől a végéig érti a tervezésmódszertant, sikerre tudja vinni a projektjeit, hiszen mindent lépésnél tud jó irányba változtatni. Ideális szakemberré válik tanulmányai befejezésével, hogy szakterületén, vagy hasonló kreatív területen elhelyezkedjen.

A digitális tárgytervezés nyújtotta lehetőség gyakran egy ilyen pályáívvvel szemben megy, mivel az elméleti tudás nagy részét beemeli a szoftver. Szakmai oldalról lehet kritizálni, vajon jó-e, ha valaki előképzettség nélkül tud alkotni, vagy legalábbis azt az illúzióját kelteni. Rengeteg kérdés merül fel. Ki valójában a tervező, kié az érdem, a szoftver rásegített, vagy elvégezte teljes mértékben a feladatot? Hallatlanul inspiráló, más megközelítésben aggasztó korunk, hiszen „tömegek” tervezhetnek maguknak és másoknak tárgyakat úgy, hogy semmiféle alapozó design tudást nem birtokolnak.



6. kép / Hagyományos tervezői környezet

### *Bárki lehet designer!*

Természetesen mindaddig, amíg technikailag támogatva van, és szoftveresen lefedhető az elképzelés. Nem kell még félteni a termékfejlesztési pozíciókat, hiszen nem lehet megkerülni azt a tudást, ami a tárgyaláshoz szükséges, de már világosan látszik, hogy sok területen nem feltétlen kell majd tervezőt alkalmazni. Tökéletesen megfelelő részfejlesztéseket, megbízható eredményt lehet elérni szakember nélkül is. A változás mondhatni örömteli, másrészt valós aggodalmat szülhet, mert át kell strukturálni a terméktervezést a gyárakban, de az oktatás területén egyaránt változtatni kell a tudásátadás tartalmi részén, mert a régi tudások sok esetben idejét múltak.

## I.6 Alkotó emberek, alkotó technikák

*„Minden egészséges emberben megvan az a mélyen rejlő képesség, hogy alkotó energiáit kibontakoztassa”<sup>23</sup>*

*Moholy-Nagy László*

A vizuális kreatív emberberek minden korban rajzoltak, festettek, szobrászkodtak, ez a karakter nem változott, csak bekerültek a képbe a számítógépes eszközök. Ki hogyan közelít a digitális alkotás felé, az változó: valakinek az eszköz a cél, valakinek pedig az eszközzel létrehozható eredmény. A modern 3Ds technológia adta innovációs lehetőségek áthelyezték a fókuszokat és a prioritásokat, a kipróbálás mindig inspirálja a kreatív alkotókat. A szakmák határait gyakran az anyagok mellett a mindenkori technológia korlátozza, ezért a műszaki tudományok kiemelten foglalkoznak technológiafejlesztéssel. Ha elmerülünk témánk fejlődéstörténetében, akkor felfedezhetjük a sorrendet, ahol előbb a mérnököknek, majd a designereknek, makereknek jut több szerep.

### I.6.1 Mérnökök, technikusok, fejlesztők

A mérnökök, feltalálók az elméleti tudásukat formálják át gyakorlatban használható eszközökké, megalapozott mérnök vagy programozó képességgel rendelkeznek, így közelítenek a digitális kivitelezéshez. Nekik fontosabb a technika létrehozása és működtetése, programozása. Az építésre koncentrálnak: minden izgalmas, amit egy adott technikából ki tudnak hozni, sok esetben a legegyszerűbb eszközökkel, minimális pénzráfordítással. Technikai újításukat sok esetben házilagosan készítik el (amerikai

---

<sup>23</sup> Moholy-Nagy László (1968): *Az anyagtól az építészetig*, Corvina Kiadó, 14. oldal

garázsvállalkozások), a legtöbb működő megoldást nekik köszönhetjük; a mai óriáscégek alapítói között is rengeteg ilyen elszánt, néha megszállott fejlesztő van a mai napig is. Alapvetően ők nem foglalkoznak azzal, hogy a tervezett eszköz vagy gép mit tud legyártani, illetve hogyan használják. Kevésbé érdekli őket a gép által létrehozott eredmény, náluk a középpontban az eszköz és az eszközfejlesztés és a hozzá tartozó vezérlés áll. Nem véletlen, hogy a Maker-Bot<sup>24</sup> alapítói is egy teljesen átlagos snapszos poháron keresztül mutatták be legelső<sup>25</sup> nyomtatójukat. A szépség számukra egyáltalán nem szempont, a fejlesztéseiknél, a hangsúly sokkal inkább a működtetésen és a képességeik bemutatásán van.

## I.6.2 A maker movement

A maker movement<sup>26</sup> az elmúlt évtized szemléleti és társadalomformáló törekvéseként jött létre, ahol modern tudással egészül ki a gondolkodó és játszó emberi lét, a létrehozás, a csinálás, a kísérletezés köré szerveződő közösséggel. A programozás, a projekt alapú tudásmegszerzés, a kivitelezés azok a hívószavak, amik e kreatív tendenciákat összefogja. Mark Hatch kiáltványukba a következőt emeli ki:

*„A tevékenykedés az emberi létet határozza meg. Alkotnunk kell, csinálni és önmagunkat kifejezni, hogy teljesnek érezzük létünket. A fizikai dolgok elkészítésében van valami egyedülálló. Az általunk készített dolgok apró darabkák testünkéből, és úgy tűnik, hogy a lelkünk egy részét testesítik meg.”<sup>27</sup>*

---

<sup>24</sup> HEATER, Brian (2017): *MakerBot's technology of the future grapples with its rocky past*, TechCrunch, [https://techcrunch.com/201704/23/makerbot-ceo-interview/?guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQA](https://techcrunch.com/201704/23/makerbot-ceo-interview/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQA)

<sup>25</sup> <http://opendesignnow.org/index.php/article/made-in-my-backyard-bre-lettis> (2020.12.13 mentés), noha a bécsi első szereplés nem hozta az eredményt, de 2008-ban már sikeres projektként mutatkozott be az alapítók nagy öröme

<sup>26</sup> MARTINEZ, SYLVIA (2019): *The Maker Movement: A Learning Revolution*, ISTE, <https://www.iste.org/explore/In-the-classroom/The-maker-movement%3A-A-learning-revolution>, 2021. 04. 06 mentés



A makerek mélységeiben jellemzően nem foglalkoznak a technológiafejlesztéssel, bár sokszor vannak hagyományos gyártási tapasztalataik, feltehetően maguk is valamilyen szakmai tudással rendelkeznek. Lehetnek diákok, tervezők, designerek, tanárok, szakmájukban fejlődni kívánó szakemberek, számukra a motivációs attitűd, hogy mit tudnak az új technológiával elérni. A felhasználásban és kipróbálásban érdekeltek, eredmény orientáltak; választ keresve, hogy miként tudják beilleszteni saját profiljukba az innovációt. A technikai háttér csak addig érdeklik a makereket, amíg bele tudnak látni az alap folyamatokba, hogy képesek legyenek belenyúlni rendszerükbe, meghackelni, saját ötleteikkel feljavítani.

A prototípusgyártás pedig az a szegmens, ahol megtérül a digitális ismeretanyag, mert ma már piaci igény minden termék és megrendelés előtt a minta. Egy design stúdióknak a azonban a legtöbb időt és költséget felemésztő szakasza a termékfejlesztés, prototípusgyártás. A megrendelők mégis szeretik megnézni előre a később nagyobb volumenben rendelni kívánt terméket. Hasznossága a gyors próbagyártásnak ilyen szituációban vitathatatlan, hiszen a kézbe fogott tárgyat lehet értelmezni, a későbbi anyag- vagy léptékváltás jobban értelmezhető. Formaköltség nem merül fel, a lehető legegyszerűbb megoldás olyan projektekre, ahol még nem biztos a szándék vagy nagyon költséges a klasszikus mintakészítés. A maker movement egyik kiemelkedő csapásvonala a prototípusgyártás köré összpontosul.

A makerek jól ki tudják használni a kis darabszámban rejlő gyártási lehetőségeket, magas minőséget tudnak létrehozni otthoni műhelykeretek között. A tárgyalkotók nevezhetjük modern kézműveseknek, vagy új kisiparosoknak, de találókbb a kortárs fogalommal élni, ami a maker. Tulajdonképpen a tervező-gyártó-kézműves vonal a legnagyobb nyertese a digitális ipari fejlesztéseiknek, hiszen gyári színvonalon képesek létrehozni termékeket, mindenfajta jelentősebb befektetés nélkül. Szaktudásuk beépítésével a gyárat, a kivitelező és az alvállalkozók világát ki tudják kerülni, így üzleti előnyöket és felgyorsított kivitelezést képesek elvégezni.

---

<sup>27</sup> HATCH, Mark (2014): *Maker Movement Manifesto*, McGraw-Hill Education, 2014, <https://raumschiff.org/wp-content/uploads/2017/08/0071821139-Maker-Movement-Manifesto-Sample-Chapter.pdf>, 2021. 04. 16 mentés



7. kép / Klasszikus formakészítés

Magam is inkább designer/maker kategóriába tartozom, érthető módon a maker oldalról szemlélem a lehetőségeket, a felmerülő problémákat, amiben nagyon sok technikai segítséget kaptam kutatásom alatt. Jól körvonalazódott a két teljesen különböző világ: a technológia alapú és

az iparművész megközelítés. Sokszor e különböző két csoport egy problémát másképp ért és oldd meg, elég gyakori a kölcsönös meglepődés, értetlenség. Mindenesetre a kutatásomban a különbözőségekre koncentráltam, inkább a gondolkodási-tervezési lehetőségek vizsgálatára, továbbá az új eszközöknek az általam – vagy mások által – kipróbált eredményeinek a bemutatására. Sok más maker is van, ezért készítettem néhány saját referencia projektet, ami bemutatja a mestermű felé megtett utat.

## II. Digitális tárgytervezés

### II.1 Bevezetés

A digitális tárgytervezés a kortárs designban láthatóan már megkerülhetetlen<sup>28</sup>, hiszen a professzionális kivitelezés, illetve a gyártórendszerekbe való bekapcsolódás fontos eszköze. Sokan túlbecsülik azonban alkalmazását, de általánosságban elmondhatjuk, hogy ez is egy eszköz arra, hogy elképzeléseinek formát adjunk. A létrehozás, az eredeti ötlet minden tervezés alapja, de az artikulált cél, a tervezői szándék léte nem elhanyagolható. Nem tartom jónak, ha csak a technika miatt emberek hobbiból nyomtatgatnak, céltan szabadidős tevékenységként fogják fel ezt a szakterületet. A 3D-s nyomtatási bemutatók pont elegendőek arra, hogy az érdeklődők megtapasztalják a technika által nyújtott lehetőségeket. Teljesen felesleges szemetet gyártani, szórakozásból nyomtatgatni, pedig sokszor lehet ilyet látni, gondolok itt például a vicces nyomtatott ajándékokra.

A tudatos tervezés a megfelelő hozzáállás, célszerű olyan tárgyakat tervezni, amit más technológiával nem lehet kivitelezni, ennek több oka van. Az egyik, hogy jelen pillanatban teljesen félrevezető a rapid prototyping elnevezésben a gyorsaságra utalás, eleve a fogalom is relatív. A programok<sup>29</sup>, de maga a nyomtató is megbecsül egy nyomtatási időt, de a valóságban jobb, ha egy kicsit többet hagyunk rá. Sok összetevőből áll össze a végleges, nem lehet percre pontosan kalkulálni, de:

*Vajon gyorsnak mondható-e egy 20x20x20 centiméter nagyságú átlagos tárgy kinyomtatása, 0,1-es nyomtató fűvókával, ami 2-3 napig is eltarthat?*

---

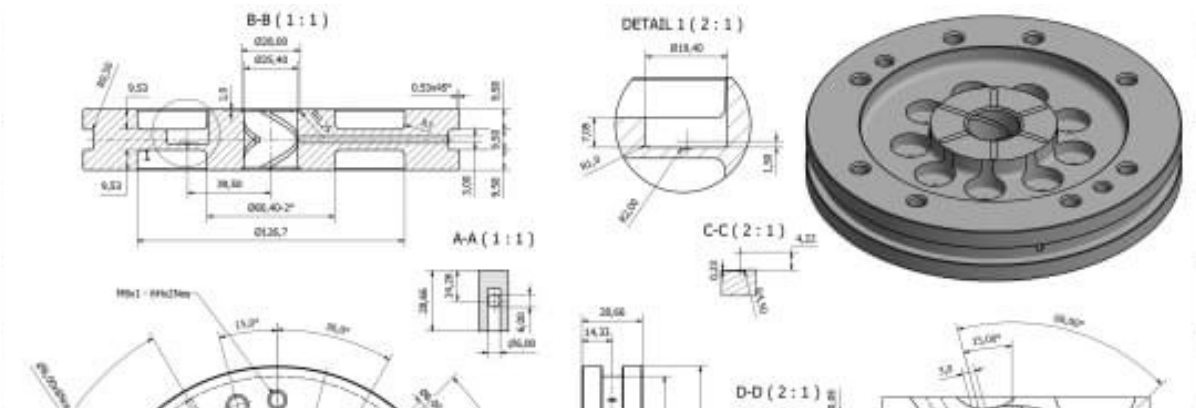
<sup>28</sup> SKIDMORE,Paul: *Why is 3D Modeling Important for Product Manufacturing Companies?*, CadCrowd,2020, <https://www.cadcrowd.com/blog/why-is-3d-modeling-important-for-product-manufacturing-companies/>, 2021. 04. 04 mentés

<sup>29</sup> MARTIN: *How to Calculate 3D Printing Times – Guide with Examples*, The 3d PrinterBee, <https://the3dprinterbee.com/how-to-calculate-3d-printing-times/>, 2021. 04. 03 mentés

A nyomtatás során nem lehet áramszünet, vagy elakadás, mert akkor újra kell kezdeni a nyomtatási folyamatot. Aki hagyományos, kézműves technikákhoz szokott, mint a fafaragás, korongozás, fűrészelés, annak kifejezetten csalódás lehet sok RP technológia elsőre. Természetesen összevetve ipari gyártási munkafolyamatokkal a pár nap valóban gyorsabb, mint a több hónapon át tartó fejlesztés. Félrevezető az elnevezés, inkább a marketingesek fejéből pattanhatott ki, mindenesetre ne a gyorsaságra koncentráljunk, inkább a pontos gyártási lehetőségre.

Nem elhanyagolható, a siker érdekében, ha rendelkezünk anyagismerettel, továbbá valamilyen műhelymunkában nyert tapasztalattal. Nagy előnnyel indul mindenki, akinek a hagyományos kézműves technikákat már nem kell elmagyarázni, sőt vannak anyagokkal végzett tapasztalatai. Bár a munka nagy része, a kivitelezés a számítógép segítségével történik, ezért a megtapasztalt analóg kivitelezési rutin, és a minimális szakmai előképzettség rengeteg tévúttól óv meg. A hatékonyság érdekében érdemes végig gondolni minden projektnél, hogyha nem lenne ez az új technológia, a kézműves világban milyen lehetőségek állnak rendelkezésre. A programok szerszámosládája nyújtotta eszközökből tudunk válogatni, de ha nem értjük eleve mit lehet velük csinálni, akkor virtuálisan sem fog menni. A számítógép vezérelte gyártás a gondolkodásbeli hibákon nem segít, alap tudások nélkül nem sok értelme van belekezdeni. Érdemes először kisebb projektekkel indulni, gyakorolni, majd áttérni a komplexebb feladatokra.

Jó tisztában lenni azzal is, hogy általános szoftverismeret és kiviteli eszköz nélkül azonban el se tudunk kezdeni egy professzionális digitális tárgyalást. Célszerű legalább egy 3D-s programot minimálisan ismerni, és keresni egy hozzá rendelhető nyomtatót, marógépet, olyat, amit vagy bérlünk, vagy megveszünk. Ma már lehet (hasonlóan a dokumentumnyomtatáshoz) 3Ds cégeket, alvállalkozókat keresni, ahol kiviteleztetünk és fájl alapján előre tudnak árajánlatot adni.



8. kép / Alkaltrész tervezés műhelyrajza CAD támogatással

A digitális kivitelezés tehát egy komplex tevékenység, ahol javarészt minden kéz érintése nélkül készül el, zárt számítógépes, részben automatikus környezetben. Fel kell osztani azonban a digitális tárgyalkotás fázisait, hiszen több dolgot foglal magába a fogalom, egyrészt maga a tárgy virtuális elkészítése (CAD) tartozik ide, a második halmazba tartoznak a gyártást érintő, RP munkaszakaszok.

Minden alkotónak meg kell határoznia saját tervezés-kivitelezési folyamatait; ha a hagyományos fénymásolásra vagy a nyomtatásra gondolunk, mint analógia, akkor érhető a példa, hogy használhatunk otthoni eszközöket, vagy elvihetjük egy olyan helyre, ahol kivitelezik nekünk. Függetlenül, hogy a digitális kivitelezés hol történik és hogy milyen komplex a teljes folyamat, valójában a kérdés az: ki szeretne otthon modelleket legyártani és digitális gépeket üzemeltetni, azonban hosszútávra:

### *Döntést kell hozni!*

Az első változatnál sok előny származik abból, hogy nem kell befektetnünk jelentős gépparkba, elég csak egy megfelelő szoftver beszerzése, a másik verziónál egy gépvásárlásról, hosszútávú stratégiáról hozunk döntést. A vásárlásnál azért érdemes körültekintően döntenünk, hiszen a gépek komoly összegbe kerülhetnek, sokszor mást-mást tudnak, így érdemes több szempontot figyelembe venni, hogy melyik márkát és típust választjuk.

## II.2 Tervezői hardver környezet

A digitális munkakezdésnél szükségünk van egy erős számítógépre<sup>30</sup>, hiszen jóval több adat megmozgatására lesz szükségünk, itt nem elégséges egy általános irodai számítógép. Ha átlépünk a síkból a térbe – kilépünk a pixeles képmanipuláció és a vektorgrafika világából - érthetően sokkal több rögzített ponttal kell, foglalkoznunk. A gördülékeny munka feltétele, hogy a tervezés folyamán rengeteg virtuális memóriája legyen a számítógépünknek. Itt a legtöbb a legjobb. Jó processzorral ellátott számítógépre van szükségünk (magas órajellel), mivel gyors eredményeket szeretnénk, és a nagy adatállományokat pedig kezelni kell. Ha a konkrétumokat kéne megfogalmazni, akkor legpraktikusabban a programok hardverigényét érdemes figyelembe venni, ami megmutatja, milyen hardver közegben működnek a leoptimalisabban. Munka közben, ha a gép belassul, lefagy, annak az oka, hogy nem megfelelő teljesítményű gépen dolgozunk.

Ha nem csak általános tervezésben alkalmazzuk számítógépünket, hanem látványterveket is szeretnénk előállítani, akkor még erősebb gépet szükséges beszerezni, hiszen, ami igazán sok energiát vesz el, az a képek kidolgozása. A monitoron kívül szeretnénk bemutatni valamit, kifejezetten nagy felbontású képként szeretnénk kinyomtatni modellezésünket (fotó realiztikusan), akkor csak a felső kategóriában szabad keresgélni, nem beszélve a video anyagokról. A programok többsége alkalmas videót készítése, ahol



9. kép / Komplex hardver összetett feladatokra

---

<sup>30</sup> ALEX GLAWION (2021): Best Workstation Computer for 3D Modeling and Rendering, CGDirector, [https://www.cgdirector.com/best-computer-3d-modeling-rendering/#3D\\_Modeling](https://www.cgdirector.com/best-computer-3d-modeling-rendering/#3D_Modeling) 2021-04-02 mentés

felvehetjük modellünket forgatva, fényekkel, generált anyagtulajdonságokkal, de ez sokszor még több hardver igényt támaszt. Ilyen esetekben célszerű bevezetni még egy külön munkaállomást szünetmentes táppal. A digitális tervezésünk céljait ajánlatos összegezni; milyen mélységben szeretnénk ezzel foglalkozni, hiszen a hardverválasztás meg fogja határozni későbbi lehetőségeinket.

A számítógépeknél általánosságban elmondható, hogy asztali gépekről beszélünk, ami talán a mai napig is szerencsésebb, mint laptopon dolgozni. Kisebb feladatokat elvégezhetünk laptopon is, de ha mindenképpen ragaszkodunk a hordozható változathoz, és komplex feladatokra szánjuk, csak a „gamer” laptopok konfigurációja megfelelő. Akinek erre van szüksége, jócskán meg kell fizetnie az árát, mert a több megabájt memória, az erős videokártya, valamint a gyors processzor magasabb árkategóriába tartozik.

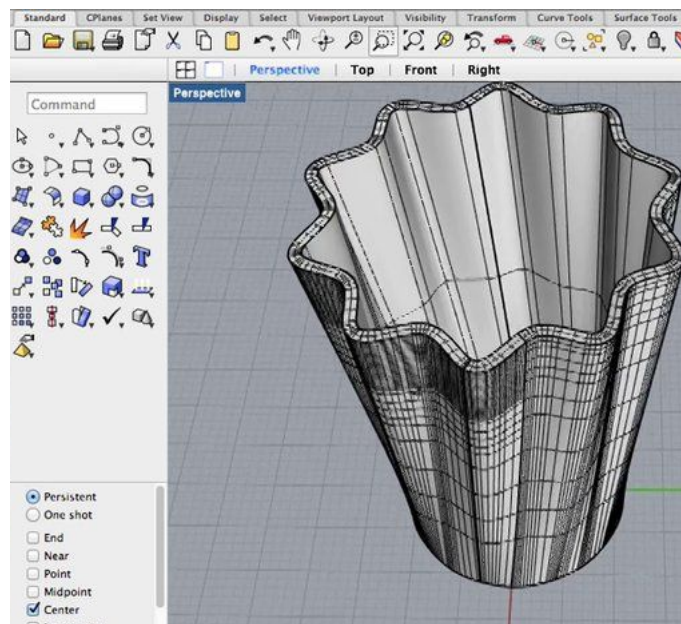
Sok időt azonban nem érdemes foglalkozni a számítógépek konfigurációjával, de látva a programok növekvő hardver igényét, érdemes lehetőségeink szerint a legjobbat választani. Hogy melyik platform jobb a 3D-s tervek létrehozására, abba a vitába nem szeretnék beleállni, de mindenképpen el kell dönteni, hogy Macintosh vagy PC<sup>31</sup>. Talán ma is igaz, hogy jelen pillanatban a személyi számítógépek nyertek a MacBook-kal szemben, noha az utóbbin is lehet 3D-s szoftvereket futtatni. A PC-k terjedtek el ebben a közegben, és talán jobb nem iOS környezetben kezdeni.

---

<sup>31</sup> PLURALSIGHT: *The Great Flame Wars: Mac vs. PC for 3D Artists*, <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/great-flame-wars-mac-vs-pc-3d-artists>, 2014, 2021. 04. 02 mentés

## II.4 Tervezői szoftver környezet

A digitális formatervezéshez szoftvereket is kell beszerezni, vagy bérelni; mivel ez a számítógépes munkakörnyezet. Számtalan helyen léteznek már közösségi digitális műhelyek, iskolák, ahol viszont nem feltétlen kell saját gépeket használni, jobb esetben a programokhoz is hozzáférünk. A digitális alkotásnál teljesen kizárt, hogy ne alkalmazzunk hozzá célszoftvereket, azonban ez egy kritikus rész, hiszen a program kiválasztása sokszor a formai eredményekre ugyancsak kihat.



10. kép / Rhino 3D kezelőfelület

Gyakori kérdés, hogy melyik szoftvert használjuk: az első gyors válasz, hogy gyakorlatilag mindegy, karakterükben van csak eltérés. A webes forrásokból gyorsan tudunk tájékozódni<sup>32</sup>, érdemes, mint bármilyen másik terméknél megnézni a véleményeket. Minden programnak van egy alapvető fejlesztési karaktere, sokszor ez megkönnyíti a döntést. A legfontosabb valós kérdés azonban a jellegük, hiszen két típust különböztetünk meg:

*közösségi (ingyenes)  
céges (fizetős)  
változat*



<sup>32</sup> PICKAVANCE, Mark: Best 3D modelling software of 2021, Techradar, 2021, <https://www.techradar.com/best/best-3d-modelling-software>, 2021. 04. 02 mentés



#### *II.4.1 Open source szoftverek*

Az open source szoftverek lényege – a cégek által kifejlesztett szoftverek ellenében –, hogy egy nyitott, vidám, információ megosztásban és kollaborációkban hívő, azonos problémákon gondolkodó, a világ minden tájáról származó emberek közössége fejleszti. Nem profitcélok hajtják a programozást, inkább a „közjóért” tevékenykedés az általános attitűd. Összeadják tudásuk, részfeladatokat oldanak meg: mindenki azt, amiben jobb vagy több képessége van. Igen dinamikusan fejlődő, rugalmas program lesz a végeredmény; aktuális hibákat hamar javítják, és minden érdekes téma és új funkció bekerül az újabb és újabb verziókba. Nem kerül pénzbe (csak saját mértékű támogatás felajánlásába), ami nemcsak a diákoknak egy fontos szempont, sokszor kis stúdiók költségvetésében is jelentős költség tud lenni a szoftverek megvásárlása, noha költségként leírható az adóból, ami lehet egy másik megközelítés a fizetős felé. Az open-source szoftverek közül a digitális tárgyalásban a Blender nevű 3D-s szoftver érhető el, aki nem szeretne venni, ezzel nyugodtan dolgozhat. A megjelenítés kicsit fapados, de vannak, akik szeretik a nyers interface látványát.

#### *II.4.2 Vásárolt szoftverkörnyezet*

A vásárolt dobozos vagy felhő alapú szoftverek igencsak borsos ára köszönhető a több éves fejlesztésnek, a cégek bevételi terveinek, valamint a piaci keresletnek. 15 évvel ezelőtt, amikor egyetemre jártam, akkor egy szoftver a boltokba került CD-n értékesítésre, amit az ember megvett, feltöltötte és használhatta, míg nem jött ki az újabb. Aztán jöttek a frissítések, az első körben ingyenesek voltak, aztán fizetőssé váltak, majd odáig fajult a fejlesztő cégek

---

piaci gyakorlata, hogy ma már több olyan szoftver van a piacon, amit már meg se lehet venni, csak bérelni. Nem meglepően az „userek” csálódottsága és dühe gyorsítja fel az „open-source” világot, hiszen már a lehetőségét is elveszik annak, hogy birtokoljuk magát a programot. A programozó cégek oldaláról ezt lehet úgy is felfogni, hogy nem kell nagy anyagi ráfordítással megvenni a terméküket (a felhő használat esetén), hanem csak az aktív időt kell megfizetni. Cserébe zökkenőmentes, javarészt állandóan stabil, hiba nélküli, kipróbált és letesztelt szoftvert alkalmazhatunk. Bármilyen bajunk van, jogosultak vagyunk „service kit”-hez, és elérhetjük a „call-centert” problémáinkkal. A nagy márkák szoftverei azonban sokszor tartalmaznak bug-okat, amit nem mindig szeretnek javítani olyan gyorsan, ahogy szeretnénk, ezért ezeknél a megoldásoknál is akadhatnak problémák.

A fent vázolt ismeretekkel mindenkinek magának kell döntést hoznia arról, melyik a szimpatikus, alapvetően mindkét megközelítés működőképes, és mindegyiknek vannak előnyei és hátrányai. Szerencsére az mindegyikben közös, hogy azonos kiterjesztésű fájlokat tudnak létrehozni, ami a későbbiekben nagyon fontos. Függetlenül attól, hogy melyiket alkalmazzuk az adott projektnél, elengedhetetlen a választás, hiszen a digitális adatok kezelése, mentése, beolvasása, a tárgyak formálása csak szoftveresen történik. Kiválasztott alkalmazásban ki kell alakítani egy rutint, mivel ezek a programok elég összetettek, hogy magabiztosan kezeljük a felmerülő problémákat. A legjobb tanács ezen a téren, hogy egyetlenegy programot próbáljunk a lehető legjobban elsajátítani, hiszen a különböző szoftvergyártók alkalmazásai eltérően működnek. Támogatásként számtalan „on-line” kis videót lehet a legtöbb program esetében megnézni, ami letölthető/lekövethető „on-line” támogató tartalmak, mindent bemutatnak lépésről lépésre. Ha már mindegyik kezdő feladaton túl vagyunk, akkor érdemes mankó nélkül saját projektekbe kezdeni.

A virtuális tervezés során másfajta megközelítésben kell értelmeznünk a megszokott kivitelezési lépéseket, hiszen míg a klasszikus módon készült iparos darabok meghatározott lineáris kivitelezés sorrendiség mentén haladnak, addig számítógépes verzióban felváltja ezt az interaktív modellezés. A régimódi kitalálás, lerajzolás és elkészítés sorrendje visszatekintve igen merev tervezési struktúrát, keretrendszert alakított ki. Az új technológiának más forgatókönyve van, itt a rajzolás már nem síkban történik, hanem a térbe rajzoljuk bele, folyamatosan kész tárgyként kezeljük a még terv szinten álló projektet. A valós gyártást megelőzően nem a végleges formát tervezzük, így az nem ölt fizikai testet. Csak a számítógépben létezik a 3D-s modell, de annak ellenére, hogy nem valós, mégis már tárgyról beszélhetünk. Minden paramétere mérhető, gondolok itt a magasságra, szélességre, vastagságra, de akár a súlyra: korábban ezek az adatok csak a végleges műhelyrajz alapján voltak megismerhetőek.

A digitális modell legnagyobb előnye, hogy bármeddig fejleszhető, mégis egy adott ponton túl dönthetünk úgy, hogy elkészítjük: igazi anyagot rendelünk hozzá. Az anyagalapú tervezés ellenpontja ez, hiszen első körben koncentrálni lehet a formavilágra, nincsenek határok, a kreativitásé a hangsúly. Nem az anyag határozza meg a formát, az ötlet formálja az anyagot, észszerű korlátokon belül. A tervezőasztal kiterjedése végtelen, bármit meg tudunk modellezni méretben, anyagban. A számítógépes modell egyesíti a térbeli és a síkbeli értelmezés módjait, alkalmazhatjuk a hagyományos kézi szerszámok által létrehozható formai változásokat: vágthatjuk, ragaszthatjuk, csiszolhatjuk, kidomboríthatjuk, mindezt úgy, hogy össze se kosztottuk a kezünket. Mindent megtehetünk, és vissza is fordíthatunk, készítettünk formai variánsokat, ami óriási előnyt ad döntési helyzetekben; mindezt igen dinamikusán. A 3D-s modell lényege, hogy fel tudjuk gyorsítani a tervezési időt, mindezt úgy, hogy sokkal hatékonyabb és szerte ágazóbb merítéssel dolgozunk.

Tapasztalataim szerint mégis az elsőre könnyűnek tűnő digitális tervezés mégsem problémamentes, noha minden lehetőség nyitva áll ötleteink megvalósítására. Attól még, hogy valamit számítógépen készítünk el, nem feltétlen jelent gyorsabb végeredményt, sőt bizonyos esetekben még több idő, mintha nekiállnánk egy hagyományos technikával. A tervezés nehézségei többek közt abból adódnak, hogy kizárjuk a taktilis élményt, nincsen valós hozzáférésünk, és kizárólag látványra hagyatkozhatunk. Nem tudjuk megfogni, ezt a megállapítást mindaddig gondoljuk banálisnak, amíg nem rontunk el számos próbagyártást. A tervezés során a térbeli mélységet tudjuk leginkább elrontani, mivel nincsen azonnali visszacsatolás, a teret pedig kizárólag egy síkképernyős felületen tudjuk értelmezni. Egy vonalzóval vagy egy mérőszalaggal célszerű ezért tervezni, és az is célravezető, ha van egy referencia tárgy, amit megfoghatunk, összevethetünk. A programban tulajdonképpen az „anyagmanipuláció” anyag és tömeg nélküli, ezért szükséges valós tárgyakkal, referencia méretekkel leellenőrizni magunkat.

Az árnyoldalak mellett a virtuális tervezés számos előnnyel jár, hiszen ötletünk minden paramétere könnyen változtatható; nincs végleges mérete, tömege, súlya és anyaga, csak a formával kell foglalkozni, mindezt következmények és költségek nélkül. Amíg nem lép be az anyag a fejlesztésbe, addig nincsen selejt sem, nincsen hiba: teljesen problémamentesen lehet alkotni, visszatartó erő egyedül a program ismeretének hiánya tud lenni. Nem kell még technológiákban, gyártási helyekben, kivitelezőkben gondolkodni, ez a tervező saját kreatív ideje. Minden projekt ebben a szakaszban egyfajta nyitott állapotban van, el lehet húzni a fejlesztést, bármikor lehet folytatni, bármikor lehet javítani, ami hatalmas előnyt jelent a korábbi lehetőségekhez képest. Másfelől a tervezésnek ebben az esetben nincsenek megfogható eredményei, egy projekt tulajdonképpen megabájtokban és kiterjesztésekben meghatározható, de bármelyik pillanatban a világ bármely pontján legyártható. Nincs szállítási költség, nincsen félreértelmezhető műhelyrajz sem.

Nem véletlen, hogy nagy léptékben már a tervezés sem egyszemélyes tevékenység, hiszen egy ponton túl már átláthatatlan minden



11. kép / Setas de Sevilla (Metropol Parasol)

apró részlet, nem beszélve arról, hogy át is kell néznie valakinek a kész tervet. A szoftverfejlesztők elemezték a problémát, így elkezdődött ezen az új területen is az innováció, kialakították a generatív tervezés lehetőségét. Létrejötték a célszoftverek, mint a Grasshopper vagy a Catia.

A generatív tervezés lényege, hogy mesterséges intelligenciával (Artificial Intelligence) köti össze a tervezőt a modellezésben. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a projektek problémamegoldásában, az újításban támaszkodhatunk egy megbízható és tanítható digitális mankóra. Részletek kidolgozásában, az emberi agy kapacitásán túl vagy fel sem fogható területen jelent előnyt az alkalmazása. A tervező felveti a kérdést, a válaszokat a keretrendszer fogalmazza meg; a részletek kidolgozásánál –mint egy asszisztens– végzi el a munkát. A parametrikus design munkamódszere pontosan ez, például csomópontokat határozunk meg, a jó megoldásokat kigenerálja az algoritmus; nekünk csak választani kell, melyik a legideálisabb az adott szituációban. Kezelen tudja az alapanyagok karaktereit, gyárthatóságukat, költségüket, felhívja a figyelmet a problémákra. Gerhy, amikor építette a Bilbao-i múzeumát, azzal is indokolta a számítógépes támogatást, mivel költséget tudott vele csökkenteni a fémszerkezet kivitelezésénél.

#### II.4.5 A szoftveres tervezés kritikája

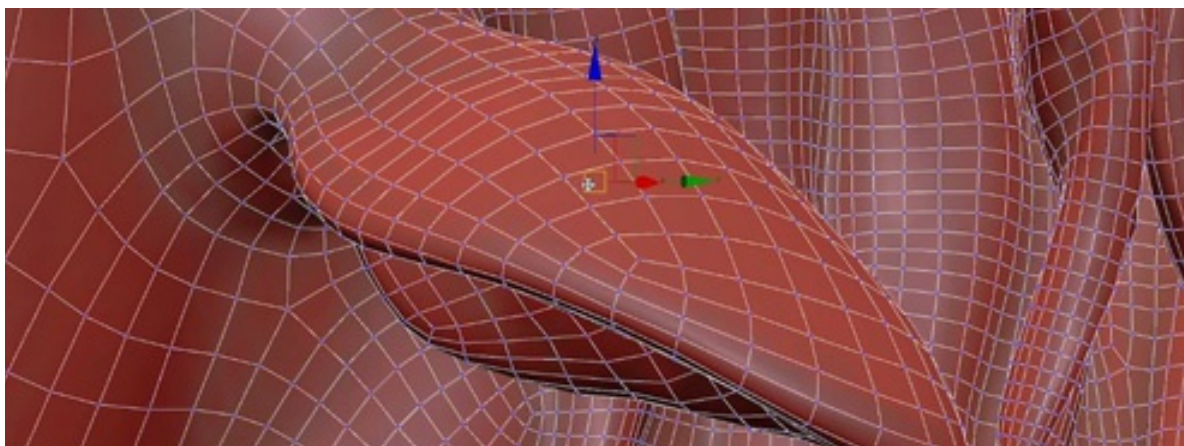
Fontosnak gondolom, hogy értelmezzük a helyét a számítógépes tervezésnek, ne várjunk tőle ötleteket, legyen saját. A laikusokat könnyen meg lehet tévesztani, de fontos, hogy ne használjuk ki ezt. Ha tudjuk, kerüljük el a beépített, előre elkészített paneleket, és ne csak a leggyorsabb eredményt keressük. Nem véletlen, ha megvizsgáljuk a létrejött alkotásoknál, nagy az azonosság, sok az átfedés. A technológia vitathatatlanul kiküszöböl sok problémát, de a kreativitás nem pusztán elfogadása az adott és létező dolgoknak. Nívós tervezés a gépen éppolyan időigényes folyamat, mintha más eszközökkel tennénk.



12. kép / Guggenheim Múzeum, Bilbao

Meg kell említeni, hogy a szoftverek alkalmazásának vannak ezért hátrányai: ilyen az uniformizálódás. Mint bármilyen kézi szerszámmal kialakított tárgynál, a szoftverek sok esetben hagynak az eredményen nyomokat, különösen, ha valaki nem eléggé gondos a tervezésnél visszaolvasható a digitális eredet. A stílus és egyéni megközelítések elkopnak, részben a szoftveres parancsok mentén kialakítható formavilág miatt. A program logikáját átveszik a tervezők, úgy készülnek a formatervek, ahogy kényelmesebb a programban előállítani. Minden ugyanolyanná válik, mintha mindent egy ember tervezne, egy ízléssel. Formai hibák nem léteznek, mert a szoftverben nem keletkezik ilyen, mert ott minden tökéletes. Meglepő, hogy a legyártásnál – még akkor is, ha digitális gyártást választunk – keletkezik hiba. A steril formavilág, a személytelen megfogalmazás és a játék teljes mellőzése gépies eredményeket produkál. Érdekes kísérlet lehetne, hogy ha létrehoznánk egy házat, ahol minden formailag tökéletes, milyen érzelmeket váltanának ki a lakóiban. Kedvelnék-e, vagy szorongának?

---



13. kép / 3Ds felületképzés

A másik probléma – amivel gyakran lehet találkozni –, hogy ezek a szoftverek eléggé komplexek, jelentős energia és időráfordítás az elsajátításuk. Esetenként felmerül a kérdés, hogy a tervező ezt szeretne volna, vagy ezeket a megoldásokat sajátította el a programban. Nem meglepő, hogy létrejött egy külön szakma (3D modellező), aki rajzok, vagy egyeztetés alapján elkészíti megrendelésre a 3D-s állományt. A nagy projekteket azonban már nem egyedül készítik, sok esetben egy több (száz) tagból álló csapat hozza létre.

A copy-paste formák létrehozása, különösen az építészetben okoz látványosan szellemi sivárságot, valahogyan kivesszik belőlük az építész. A tucat számra felhúzott családi és irodaházak jellegtelensége a tökéletesen, számítógéppel megtervezett struktúrái: maga a szellemi üresség. Ellenpélda erre Frank O' Gerhy munkássága, aki már korán, az elsők között használt digitális tervezést a Bilbao-i Guggenheim Múzeumnál (1997), ami mára már elsőszámú látványossággá vált, éppen formája miatt. Az épület eléggé összetett, ezért és a költségkeret megtartása miatt alkalmazta a CATIA programot; így az eredmény szoborszerű lett, nincs visszaolvasható jele a legegyszerűbb szoftveres eszközöknek.

## III. Digitális tervezéstámogató eszközök

### III.1 Bevezetés

A számítógépes munkához alapvetően adatra van szükségünk, a digitális alapanyag pedig az adatállomány. A szoftverek a teret pontok sorozataként (ponthálóként) tudják értelmezni; vagyis úgy értelmezik, mintha mindenre egy harisnyát húznánk, a rácspontokat (koordináta pontokat) pedig szigorúan könyvelik. A tervezés alapja a rácspontok létrehozása, építése, kijelölése, torzítása mentén folyik. Egy pont értelemszerűen nem tér, ahogyan egy pontsor sem; legalább három pontot kell létrehozni, de még az csak egy síkfelület. Tehát rengeteg pont adataira van szükségünk, hogy hozzákezdhessünk egy tervezési, fejlesztési munkához.

*Hogyan lesz egy olyan térhálónk, térszerkezetünk, amivel tudunk dolgozni?*

Két lehetőség áll rendelkezésünkre, hogy ilyen ponthalmazokat szerezzünk munkánkhoz: az egyik az, hogy egy létező hálót betöltünk a programba, a másik, hogy szoftveresen létrehozunk.

Ha nem szeretnénk foglalkozni a létrehozással, akkor meglévő dolgokkal is kezdhethetünk valamit. Meglévőnek nevezhetjük a valódi térben lévő valódi tárgyakat, de ide tudjuk sorolni a már elkészített állományokat, amikhez bárkinek hozzáférése lehet. Egyre több 3D-s könyvtár kezd kialakulni, ahol megtalálhatunk lassan minden tárgyat, amivel már találkoztunk eddig, sőt ismert műalkotásokat ugyanúgy le tudunk menteni. Elképesztő, hogy a szabvány csapágytól a design bútorokon át egészen a mezőgazdasági kombájnig minden letölthető, nyomtatható formátumban megvan. A hozzáférésben egy dologra figyelni kell, mert kétféle állományt tudunk letölteni; megbonthatatlan forma egységeket és olyan formákat, ahol a további szerkesztés is engedélyezett. Ha mégsem találjuk meg azt, amit keresünk, akkor érdemes megterveznünk, vagy ha kéznél van, beszkennehetjük.



### *III.2 A digitális tér*

A körülöttünk lévő világot érzékszerveinken keresztül ismerjük meg, ahol minden impulzus hat ránk, legyen az illat, íz, hang, vizuális élmény vagy tapintás. A design és a tárgyalakítás területe koncentrálna látványra és a taktilis élményekre, ezért a tömegek, formák, irányok, arányok megértése, megfogása és azok térbeli rögzítése jelentős szerepet játszik életünkben, illetve a tervezői gondolkodásban. A téri világ elég komplex élmény, a szemünk tulajdonképpen két-két „kamera”; aminek az információit az agyunk alakítja át térbelivé. A távolság, a méret, fény-árnyék, mind olyan adat, ami segít megérteni a tér viszonyrendszerét világunkban. Mindezt a kapott információsomagot segíteni tudja a tapintás is. A látás során a tapintással alakul ki az agyunkban egy kép, amit képzeletben meg tudunk forgatni, emlékezhetünk rá több irányból. Az agyunk és a szemünk majdnem úgy működik, mint egy kamera.

#### *III.2.1 A tér értelmezése, másolása*

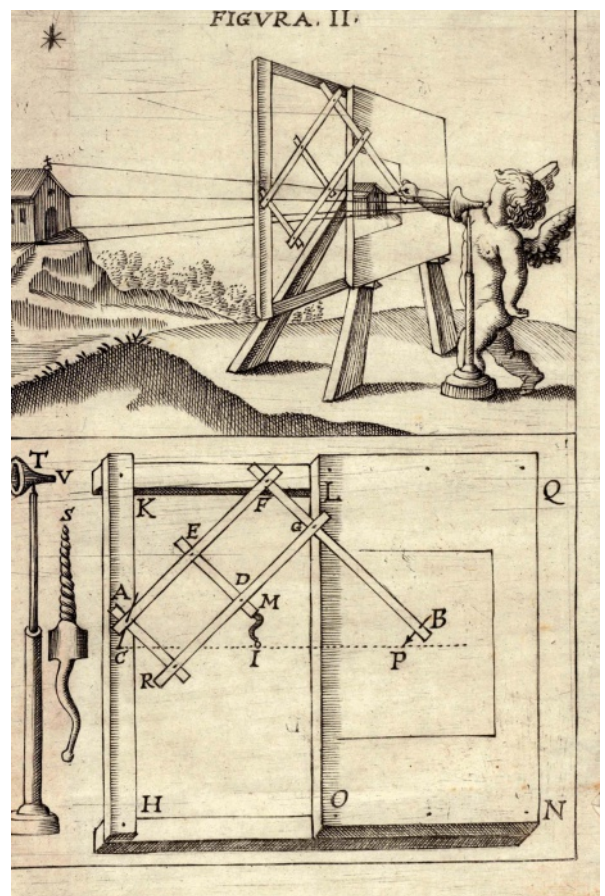
A megőrzés és rögzítés sok fajtáját ismerjük; a kézi rajzok, vázlatok, skiccek, a fotó-videó mind ide tartoznak, de ezek a technikák nem különösebben érintik a térbeli test jellegüket. Manapság viszont közelít e kettő. A valós tárgyak és a digitális tárgyak között egyre inkább eltűnik a választóvonal, hiszen egyre többen töltünk a virtuális térben, legyen az egy telefonos alkalmazás vagy egy videojáték, lakberendezési szoftver. Lassan elmosódik közöttük a határ, létrehozhatunk világunkba kézzel fogható tárgyakat a virtualitásból, másfelől digitalizálhatunk mindennapi tárgyakat, hogy a virtuális világban is létezzenek. Mintákat tudunk venni, le tudjuk tapogatni, tárolhatjuk, akár egy pendrive-on.

---

A síkágys szkennelést, fénymásolást nem kell magyarázni, hiszen minden irodában megtalálható eszköz, a nyomtatóval és a fénymásolóval összeépítve. A 3D szkennel is másolatot készít, viszont az eredmény fordított; a valóságosból lesz virtuális. Térben mozogva azonban több információval dolgozik, nem csak az adott sík pont helyét és a fekete-fehér tónusát adja vissza, értelemszerűen itt belép a harmadik dimenzió; maga a térbeliség, a megmért téri pozíció. A feldolgozásnál elsődlegesen nem fontos a szín, csak a pontok tökéletes mért helyzete XYZ koordináta rendszerben.

A kiinduló tárgyak térszerkezetének elmentése, valamint másolása, nem mai gyakorlat, hiszen már elég korán keletkezett igény arra, hogy bizonyos tárgyak formáját rögzítsük, másoljuk, sokszorosítsuk. A legkorábbi forma megismétlő eszközök a gyártóformák alkalmazása volt, gondolok itt a különféle prés- és öntőformákra. Elterjedésük minden szakmában jelentős: gondoljunk a kuglófsütőkre, mézeskalácsformákra, üvegfüjő faformákra, kerámia öntőformákra. A legkorábbi présformák a puha agyaggal készültek, a kiinduló, másolni kívánt formára rányomkodták, így az felvette az eredeti formát; átörököltette, rögzítette a felületet és a részleteket. A megszáradt agyagot azután, hogy nem olvadjon el víz hatására, kiégették, így tették tartóssá a sokszorosítás számára. Azonban ebből a történetből nem a gyártás részre koncentrálnék, hanem a formai, téri rácsszerkezet alternatív konzerválására. Az eredeti elpusztulhat, mégis újra előállítható. Lényegében már az ősi civilizációknál megjelent egy archaikus formamásolás (ma szkennelés), csak a letapogatás nem digitális, egy köztes anyag beiktatásával kézzel készült. Van kiinduló felület, van beolvasás és a rögzítés megtörténik ugyanúgy, mint ma, csak az adatokat nem egy tárhelyen tároljuk, hanem maga az anyag raktározta el. Forma megtartásra nem csak az agyag alkalmas, ma is alkalmazunk hasonlóan viaszt, gyurmát, enyvét, gipszet forma átvitelre és rögzítésre.

Nagyot lépve az időben a következő meghatározó rögzítő eszköz a pantográf, ami egy mérhetetlenül egyszerű, mégis elég megbízhatóan működő, tökéletes másolatokat készítő segédeszköz. Működési elve a mechanikus másolás, egy négykaros szerkezet, amit Christopher Scheiner német jezsuita pap fedezett fel<sup>33</sup>. Felfedezésének továbbfejlesztése a szobrászati pontozó, ami alapvetően egy tárgymásoló, ahol a távolság átmásolható a mérőrúd mozgásával, illetve megjegyezhető a rúdon elhelyezett csavarral. A lemért távolságot kell rápróbálni a másolni kívánt tárgyra vagy szoborra, ahol mindkét tárgyon azonosak a viszonyítási pontok. Így a kapott távolságokat csak össze kell vetni; amennyiben a mért pont nincs a helyén, akkor a mérőrúd elakad, ha pedig nem érinti a másolat felszínét, akkor már túlfaragták a másolatot. A középkorban a lelemény ebben az volt, hogy ismétlődő díszítő elemeket, illetve a mester által elkészített darabokat a módszerrel már szinte bárki át tudta tenni kőbe. A pontozóban már érezhető az a logikai elv, ami hozzásegítette a digitális eszközök fundamentumát.



14

<sup>33</sup> SCHEINER, Christoph (1637): *Pratica del parallelogrammo da disegnare del P. Christoforo Scheiner... nella quale s'insegna una nuova arte di disegnare. Padova, Sebast. Sardi*

## III.3 Szkennelés szín nélkül

### III.3.1 Kontakt szkennер (CMM)



15 kontakt szkennер használatban

A kontaktszkennер eredeti elnevezése: koordináta mérőeszköz (coordinate measuring machine), amit a már a hatvanas években felfedeztek. Érdekes mérnöki terep meghatározó eszköze, a reverse engineering használja, fordított tervezéssel, kész tárgyak visszaalakításával foglalkozik.

Az első verziók kötöttek voltak egy alaptesthez, vagy a készülékhez, de a nyolcvanas évektől kezdve beszélhetünk kézi, nem összekötött verziókról<sup>34</sup>. A szkennelést talán úgy a legegyszerűbb megérteni, hogy az eszköz végpontját

tetszőlegesen hozzáérintjük a feldolgozni kívánt tárgy felületére, mint a szobrász pontozóját, így az eredményeket már digitálisan gyűjtjük be. Nem csak egy pontot viszünk így be, hanem egy egész ponthalmazt, annyit, hogy visszagenerálható legyen virtuálisan az eredmény. A pontok távolsága összeadódik, így létrehozva azt a térbeli hálót, ami megadja a tárgy virtuális alakját, amit utána bármelyik 3D-s programban lehet kezelni, manipulálni, továbbfejleszteni. Vannak már olyan változatai, ahol lézer végzi a távolságmérést, így már a hozzá érintés sem szükséges.

---

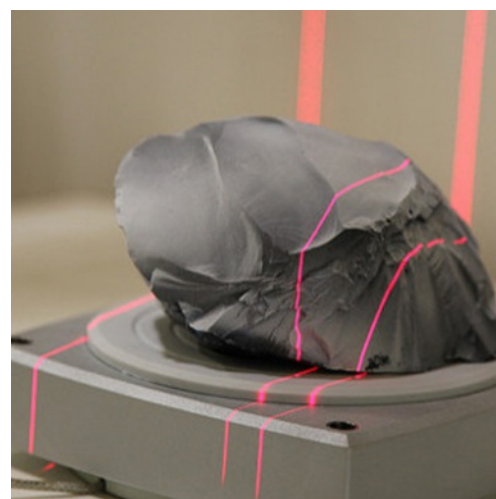
<sup>34</sup> MOTLEY, Derryl (2017): *Examining the Reverse Engineering Workflow from 3D Scan to CAD*, GoMeasure3D, <https://gomeasure3d.com/blog/reverse-engineering-workflow-scan-to-cad/#annotation>, 2021. 04. 03 mentés

A kontakt szkennelés apró és finom tárgyakkal (autógyártásban, elektronikában, vagy alkatrészgyártásban) igen hasznos, hiszen sokkal részletgazdagabb pontos hálót ad, mint például a fotó alapú lehetőségek. Pontról-pontra megérinti az eredeti modellt, szinte nem tud téveszteni, nano és mikro méreteket határokon<sup>35</sup> egyaránt érzékel. Így nagyon kevés beolvasási zaj keletkezik, a lehető legpontosabb eredményt tudjuk elérni, ezért később sokkal egyszerűbb az adatokkal dolgozni. Szuper érzékeny, viszonylag gyors adatkinyerés érhető el vele, azonban a design területén terjedt el a magas ára miatt, valamint a túlzott pontosság nem szükséges egy átlagos projektnél. Természetesen adódhat olyan megkeresés, ahol az előnyeit ki lehet használni, mint például apró ötvösmunkáknál, egészségügyben, makett készítésnél, alkatrészgyártásnál, ezért nem meglepő, hogy leginkább ilyen a területeken alkalmazzák.

Nagy előnye, hogy a kiinduló tárgy felülete lehet fényes, fényvisszaverő, ami többi technológiánál kifejezetten nehézé, lehetetlené tenné a munkát. Pozitívum az is, hogy mivel egy érzékeny fej tapogat (vagy lézer), így rejtett területeket is detektál, ellentétben a fotó alapú technológiákkal. A legmodernebb verziók automatikusan végzik a tapogatási folyamatot, így emberi beavatkozás nélkül, önjáró. Hátránya, ha folyamat közben hiba történik, akkor újra fel kell venni az adatokat.

### III.3.2 Szkennelés lézerrel

A legelterjedtebb 3D szkennelési technológia manapság vitathatatlanul a lézeres változat, ami ugyanazon a mérési elven működik, mint a többi, csak itt a mérést két lézernyaláb végzi egy kamerával kiegészítve.



16. kép / Lézer sugaras beolvasás

<sup>35</sup> S. HAMMAD MIAN A. AL-AHMARI (2014): New developments in coordinate measuring machines for manufacturing industries, *Int. J. Metrol. Qual. Eng.* 5, 101, 5. oldal



17. kép / Forma letapogatás

A történetét tekintve a kísérletezések már a hatvanas években elkezdődtek, mégis az áttörést a lézer bevezetése hozta meg. A fejlődés nem volt azonban zökkenőmentes, hiszen a jobb felbontásért kiegészítő technológiáknak is követnie kellett a ritmust. Számítástechnikai, optikai fejlesztések elengedhetetlenek voltak ahhoz, hogy mint használati eszközöket lehessen alkalmazni, a fizikában korábban kifejlesztett technikát.

A legtöbb lézeres eszköz úgy működik, hogy három „kamera” figyeli a tárgyról visszaverődő sugarakat, a begyűjtött adatokból határozza meg a tárgy pontjainak koordinátáit. Legegyszerűbben úgy lehet értelmezni, hogy egy központi fejből indulnak ki a lézernyalábok, amit a másik kettő felfog, majd értelmezi az adatokat; így alakul ki a tárgy digitális állománya. A két adat összevetése alapján, a háromszögek befoglalóinak eltérése és a fix kamerák helyéből meghatározható a pont koordinátája. A lézeres módszerrel ezért nagyon pontosan lehet mérni a távolságot, viszont tárgyak letapogatásánál figyelni kell a részletekre.

Az adatokban lehet átfedés, esetleg hiba, zaj, de a szkennelési fázisban ezzel nem kell törődni, a lényeg, hogy minél több pontot tudjunk meghatározni a tárgyon. A monitoron mindenképp ellenőrizzük munka közben, mit lát a kamera, a pontatlan részekre vissza kell térni. Gyakorlással hamar el lehet sajátítani a kamera megfelelő beállítását, de kézi rázkódásmentesítő segédeszközt is tudunk alkalmazni. Állványok ugyancsak alkalmasak összetettebb, nagy állományok beolvasására, kompakt gépek forgó korongot alkalmaznak.

### III.3.3 Strukturált fény szkennelés

Strukturált fény szkennelés nem jelent mást, mint hogy egy meghatározott geometrikus struktúrát vetítünk ki a beolvasandó témára. A geometrikus struktúra vonalakból, csíkokból, négyzetes felületekből áll, (fények és árnyékok alkotják), ami projekció miatt a felületen eltorzul, és ezt egy másik kamera fix pontból beolvassa. A kivetített és a beolvasott kép torzulásaiból meghatározható a téri távolság, és az összesített adatokból egy egybefüggő digitális felület jön létre. Természetesen, ahhoz, hogy zárt legyen ez a felület, több irányból kell rávetíteni ezt a kalibrációs ábrát.



18. kép / Strukturált fény projekció

A legszórakoztatóbb módja amúgy a tárgyak beolvasásának, mert nem lézernyalábbal dolgozunk, hanem a fénnel és kamerákkal. Az érdeklődők saját magukat digitalizálják, aztán a képernyőn figyelik az eredményt, mert egy pillanat alatt értelmezhető a lényeg. A nagy népszerűség miatt ez a leggyorsabban fejlődő terület ebben a témában, szinte követni se lehet a márkákat és termékeiket. Fontos azonban némi különbséget tenni köztük, mert a tárgyak fizikális tulajdonságai miatt érdemes más-más típust használni. A lézeres és a detektáló módszer inkább mérnöki felhasználásra alkalmas, a strukturált fény pedig általános igényeknek felel meg. A kiválasztásnál érdemes tisztában lenni gyakori hibákkal, amiket a technológia vagy a rosszul megválasztott eszköz okozhat.

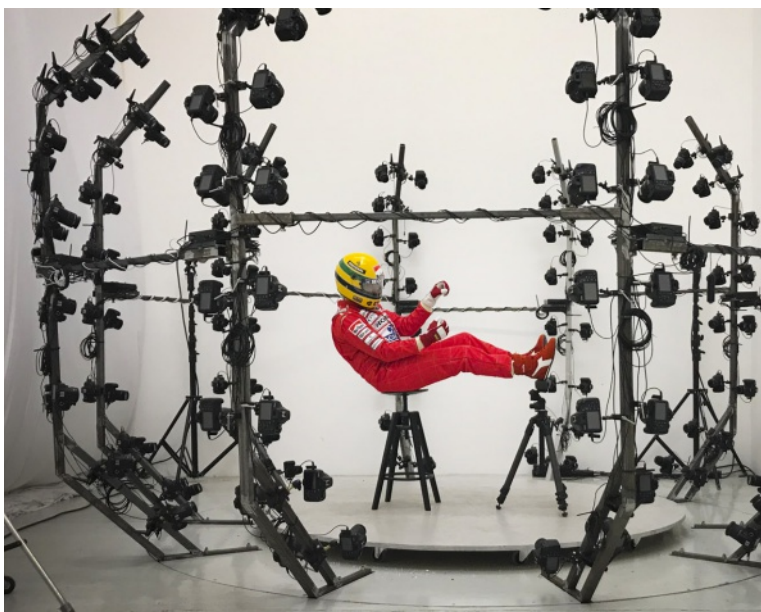
Következő sajátosságokat kell megemlíteni:

- Ha a tárgy kicsi, azt érdemes egy korongon forgatni, mivel a pontosság megkívánja, hogy minél kisebb adathiba keletkezzen. Sok olyan termék kapható, ami eleve forgató porond összeépítésével készül, értelemszerűen apróbb feladatokra készítik. Előnye, hogy a kézi remegés nem generál hibát, egyenletes forgatási sebességgel operál.
- Ha a tárgy nagy, akkor jobb, ha az állványos variációkban gondolkodunk, ilyenkor a tárgyat nem mozgatjuk, értelemszerűen a kamera forog a téma körül.
- Ha általános célokra szeretnénk 3D szkennert venni, nem hátrány, ha könnyen szállítható, nem feltétlenül a legjobb tudású verziókat létesítjük előnyben. A kompakt és könnyű eszközök talán a legelterjedtebbek, amit a használhatóság, az ár/érték arány is magyaráz. Nem elhanyagolható az a tény sem, hogy könnyűek: sokan nem is gondolnák milyen nehéz kitartani, és lassú egyenletes mozgatással körbejárni a szkennerral és az adatkábelrel a témát.
- Több részletből összeállított képnél kalibrációs háttérrel, vagy kontroll pontokat kell használni, hogy az adott eredeti torzulás és zajmentes legyen. A számtalan adatot össze kell hangolni, ami elég időigényes, sokszor később magunknak kell kézzel javítani. Szerencsére a szoftveres támogatás, zavar és zajszűrés évről évre jobb, így kevésbé zavaróak az eszközök tévedései.
- Reflektív felületekkel nehéz vagy egyáltalán nem tudunk dolgozni (például az üveg, porcelán, tükör, rozsdamentes acél), a megoldás ilyenkor, hogy talkummal beporozzuk, vagy krétaspray-vel lefújjuk az adott tárgyat. Később ez könnyen eltávolítható, de ha nem szükséges (nem értékes tárgyról beszélünk), egyszerűen matt spray-vel kell lefújni.



## III. 4 Szkennelés színesben

### III.4.1 Digitális fotogrammetria (DGF)



19. kép / Fotogrammetriás leképezés

A hagyományos szkennelésnél a színes világból nem kapunk mást, csak átlagszürke térbeli állományokat, ami a formatervezéshez ideális, de bizonyos projektek szín nélkül értelmezhetetlenek, szükséges színeket, mintákat, tónusokat rendelni. Egy nagyon érdekes színes megközelítés a fotogrammetria, ahogy az elnevezésben is benne van; a fotó adja az információgyűjtés alapját.

Természetesen itt sem kerülhető meg a fix koordinátarendszer, a felvételi pozíciók összevetése. Tulajdonképpen ezt nem a legprecízebb beolvasásként kell felfogni, sokkal inkább egy nagy kupac adat okos értelmezéseként, aminek van egy belső mérnöki logikája. A szakirodalomban a létrejött adatot pontfelhőnek (pointcloudnak) nevezik. A lényege az eljárásnak, hogy készül rengeteg fotó, amiből később szoftveresen, az expozíciók koordinátaival összevetve alakul ki az igen meggyőző 3D s állomány. A szoftver logikája, hogy az átfedéseket kidobja, az azonosságokat összeolvasztja a felvételt készítő kamera helyének ismeretével. Teljesen élethű, színes, részletgazdag végeredményt kapunk. A felbontás egészen elképesztő lehet, mégis sokszor a végeredmény enyhén „műanyag” hatású, amit leginkább az állandó fények és az árnyékok valószerűtlensége okoz.

A legérdekesebb változata, amikor egy kisebb szoba, épített fotósátor épül meg nem kevés DSRL kamerával. Itt a fényképezőgépek márkája és felbontása nem játszik különösebb szerepet, de azért, ha igazán jó eredményt szeretnénk, akkor igencsak nagy befektetés árán a legjobbakkal érdemes felszerelni.

A legújabb kutatási program eredménye, hogy már elhanyagolható a rengeteg kamera és pozíciójának rögzítése. A felgyorsult szoftverfejlesztéseknek

köszönhetően van más lehetőség is. A könnyebbség és az újdonság abban áll, hogy bárki egy kamerával, akár a telefonjával is készíthet rengeteg képet, amiből létre tud jönni az adatfelhő. A telefon egy alkalmazás segítségével dolgozza fel az adatokat,

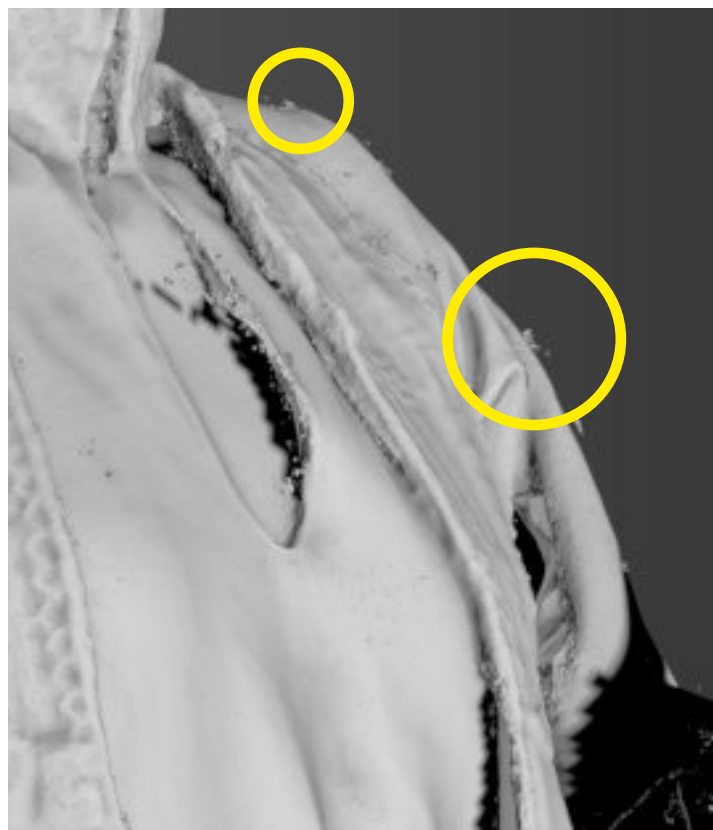
állítja össze a direkt nyomtatásra alkalmas állományt. A gyakorlatban nem kell mást tenni, csak választani egy mozdulatlan tárgyat, és telefonunk kameráját bekapcsolva a szoftver irányítása alapján több irányból kell rögzíteni a témát. A jó minőség érdekében semleges környezetet kell alkalmazni, de ha még jobb eredményt szeretnénk elérni, érdemes kalibrációs hátteret alkalmazni. Könnyen le tudjuk tölteni ezt a segédeszközt az internetről; kinyomtatva a megfelelő méretben azonnal alkalmazni tudjuk. A kalibrációs eszköz fekete-fehér struktúrája ki tudja szűrni a zavaró tényezőket, a végeredmény kevesebb zajt fog tartalmazni.

Az alkalmazás a rögzített képek alapján kigenerálja a térbeli testet, mindezt színnel együtt. Jelen pillanatban ez még nem a legprofibb mód, de már apróbb feladatokra felhasználható. A telefonunkra nemcsak kommunikációs eszközként tekinthetünk ezen túl, hanem egy zsebre tehető, legegyszerűbb kézi szkennerre is.



20. kép / Fotogrammetria telefonos applikációval

A szkennerek nem dolgoznak digitális zaj nélkül, de mértéke jelentősen eltérhet. A probléma elkerülésében mindegyik alkalmaz saját fejlesztésű szoftvereket. Többé-kevésbé megfelelőek, de természetesen a szoftverek nem tudják kizárni a rossz használatból adódó többlet hibát. Igazából nem kell profinak lenni, mert kiegészítő alkalmazások át tudják változtatni a hibákat, kisimítani a felületi zavarokat.



A második szakasz nyomtatás vagy szerkesztés előtt, amikor elkezdjük a számítógépen feldolgozni a nyers verziót kézzel vagy javítószoftverekkel (post-scan software). Szerencsére számos és egyre jobb, hatékonyabb alkalmazás található meg ezen a területen, így egyre kevesebb időre van szükség a kitisztázáshoz. A lényeg, hogy a végeredményünk egy átfedés mentes, lyukak nélküli egyesített felület legyen, ami a lehető legközelebb áll a valósághoz. Fontos, hogy hiba nélküli legyen az állomány, hiszen amennyiben nincs probléma, akkor direkt nyomtatást is lehet készíteni, mindenféle szerkesztés nélkül.

Lehet találni erre a célra olyan online-platformokat, mint például a TinkerCad, ami kisebb projekteket telepítés nélkül egyszerű feltöltéssel korrigál. Egy másik ingyenes program, amit ugyancsak az Autodesk cég fejlesztett ki a MeshMixer, ami az előbbihez képest komolyabb számításokat tud végezni a tisztítás mellett; a nyomtatványoknak az állékonyságát, falvastagságát beállítja, valamint az ideális nyomtatási elhelyezésére tesz javaslatot.

## III.5 Technológia kutatás

### III.5.1 Rapid Prototyping

A rapid prototyping a tervezést követő szakasz, ami egy gyűjtőfogalom, leginkább gyors gyártásnak nevezhetünk, aminek megvan a feltételrendszere, és az elhanyagolhatatlan eszközei is. Az innováció benne viszont az, hogy a szoftveresen elkészített virtuális tárgyat gyors gyártóeszközökön pár óra alatt elkészíthetjük. Nem feltétlenül kellnek szerszámok és jól felszerelt műhely, csak egyetlen egy eszköz. Végig sorolni is nehéz lenne, mi minden tartozik ide (FDM, SLS, CNC); technikailag alapvetően azonosak, csak a tárgy létrehozásában és alapanyagában térnek el. A „designer”-ek alapvető gépeire később térek ki.



22. kép / DIY agyagnyomtató

Függetlenül attól, hogy egy profi vagy egy amatőr tervez meg egy tárgyat, a jelentős ideig csak elképzelésként, a fejében létezik. Fizikálisan nem ölt testet, még akkor sem, amikor a számítógépen már napok óta dolgozik vele. A tárgyfejlesztésnek meghatározó szakasza a modell és mock-up készítési fázis, ahol igazi előny a gyors és megfogható próbatárgy. Nem elég csak a terveket virtuálisan megrajzolni, át kell tenni anyagba; ezért keresünk a tervhez kivitelezőt, de magunk is hozzáfoghatunk. A technikai lehetőségek ma már áthidalják ezt az időigényes és szaktudást feltételező szakaszt, bárki számára elérhető<sup>36</sup>, otthon létesíthetünk egy ilyen munkaállomást. A rapid-prototyping<sup>37</sup> tulajdonképpen nem jelent mást, minthogy

---

<sup>36</sup> MIT otthoni kuzusai segítségével: ADDITIVE MANUFACTURING FOR INNOVATIVE DESIGN AND PRODUCTION, [https://learn-xpro.mit.edu/additive-manufacturing?utm\\_medium=ppc&utm\\_source=google&utm\\_campaign=amx&utm\\_term=rapid%20prototyping&utm\\_content=aw-b&hsa\\_acc=5861714288&hsa\\_cam=8550051519&hsa\\_grp=89251622](https://learn-xpro.mit.edu/additive-manufacturing?utm_medium=ppc&utm_source=google&utm_campaign=amx&utm_term=rapid%20prototyping&utm_content=aw-b&hsa_acc=5861714288&hsa_cam=8550051519&hsa_grp=89251622)

<sup>37</sup> FRIIS, Rikke & DAM, Teo Yu (2020): Design Thinking: Get Started with Prototyping, <https://www.interaction-design.org/literature/article/design-thinking-get-started-with-prototyping>, 2021.04.15 mentés



23. kép / Női bolero, filamentből

bárkinek lehet otthon egy 'mini gyára', azaz kivitelező eszköze, amivel változatos tárgyakat és alkatrészeket hozhat létre, később ezek akár működőképesek is, mindezt viszonylag gyorsan. Elképzelhető egy olyan jövőkép is, hogy mindent, amire tárgy formájában szükségünk lesz, úgy szerezzünk be, hogy elkészítjük magunknak otthon akkor, amikor szükségünk van rá. Ha épp cipő kell, azt, ha letört a hűtő nyitófogantyúja, akkor azt, de akár az esti vendégséghez a poharakat névvel ellátva is kinyomtatjuk. A lehetőség már adott, kérdés,

hogymennyire fog elterjedni az alkalmazásuk. A vásárlási szokások, valamint a dömpingáru értékének csökkenése egy ideje átalakítja a gyártás volumenét. A darabszámok esnek, kapszula-kollekciók készülnek; a piac elaprózódása miatt a modern gyártás kezd strukturálisan átalakulni. Jól látszik, hogy mindinkább fókuszba kerül minden, ami kézműves, kreatív, egyedi. A sorozatgyártás viszont csak nagy léptékben rentábilis (formaköltségekkel és a fejlesztésekkel), akkor éri meg a befektetés, ha nem csak egy darab készül el. A tömeggyártásnak már más a társadalomban megítélt értéke, egyre inkább közelítünk az egyedi gyártás felé, ami jelzi a két világ feszültségét. A vállalkozások mérete és termelési kapacitása a design szektorban csökken, a giga vállalatok mellett kis cégek, tervező stúdiók jöttek létre. Részben e változás sarkallta a nagy gépek hely és energiafogyasztásának csökkentését, hiszen az összes digitális gyártóeszköz korábban óriási méretben létezett. Tulajdonképpen újra egyfajta modern műhelyrendszer, újra strukturált szellemi és gyártói közösségek kialakulását figyelhetjük meg.

A gyors modellezési technológiák (rapid prototyping) elnevezés kicsit csalóka, mivel a rapid (gyors) meghatározás mindenkinek viszonylagos. Mégis, amit értenek rajta, egy gyűjtőfogalom: olyan kisléptékű, könnyen hozzáférhető és gyors kivitelezési eljárásokat

foglal magába, ami automatikus és parancsokkal vezérelt. Előre bocsátva, tapasztalataim szerint nem a legjobb elnevezés, mégis ez ragadt meg a köztudatban és a szakzsargonban egyaránt. Összevetve egy klasszikus gyártmányfejlesztéssel, valóban gyors. Sok tervező pont azért választja e technikákat, mert a határidő és a megrendelők sürgetése miatt kecsesgöngy hangzik. A valósággal szembesülve átértelmeződik a gyors, mint jelző, mert gyakori, hogy egy tárgy kinyomtatása például két és fél nap folyamatos gépidő. Pontosítva az elnevezést, én inkább alternatív kis volumenű digitális gyártási technikáknak nevezném el, bár igazán nem lenne túl figyelemfelkeltő a marketing brosúrákban.

Alternatív, több szempontból is, hiszen eleve több technológiát foglal magába, másrészt, ami számomra a legörömtelibb, szabad, több irányból hasonlóan jó végeredmények születhetnek. A klasszikus modellben csak a gyár gyárt. A házon belüli termék-evolúciónak a lépései: ötlet, fejlesztés, tesztelés, értékesítés és integráció csakis a cégben vagy vállalat irányítása alatt. Amíg vállalatok birtokolták a termelőeszközöket és know-how-t, csak olyan tárgyak jöttek létre, amire a menedzsmentben igent mondtak. Így, ha valakinek volt egy jó ötlete, tervezőként házalnia kellett vele, győzködni a cégeket és befektetőket, rengeteg rajzzal és tervekkel, érvelni mellette, hogy termékké váljon. Ma viszont a rapid prototyping technológiákkal mindez megkerülhető, egy próbatárggyal kampányt lehet indítani<sup>38</sup>, pénzt gyűjteni rá, és ha összejön, kezdődhet a gyártás. A tervező egymaga lehet ötletember és a gyáros, ami gyorsabb eredményt és szabadabb alkotást jelent. Liberalizálódott a gyáripar.

*Az új lehetőségekkel a design már nincs kiszolgáltatva a gyáriparnak. Mi ez, ha nem szabadság?*

Bárki bármit kitalál, és piacra dob, ha kellően felvértezi magát eszközökkel, sztár designer lehet. Természetesen ennek ellenére még érdemes látogatni a design egyetemeket, a szakmai gyakorlatokat, mert hiába a technikai és számítógépes segítség, tapasztalatom alapján rengeteg hátránnyal indul, akinek nincsenek anyag- és klasszikus technológiai

---

<sup>38</sup> PENN, Sharon (2020): *How to Market Your Product for Fundraising*, <https://smallbusiness.chron.com/market-product-fundraising-21976.html>, 2021. 04. 16 mentés

ismeretei. A 3D mindent elbír és elhítt, aztán kivitelezésnél derül ki, nem lehet megcsinálni, nagyon drága, vagy értelmetlen az elkészítése. A tervezés nem szorítkozik arra, amit látunk, a design inkább egy gondolkodásmód. Mindenesetre kiemelhető, hogy a legnagyobb vívmánya az újfajta tárgyalakotásnak, hogy szélesre nyitja a lehetőségeket, ezért nevezném inkább alternatívnak.

A kis volument nem kell nagyon magyarázni; mivel a későbbiekben bemutatott technológiák milliós darabszám gyártására nem alkalmasak, van egy pont, ahol gazdaságosabb áttenni hagyományos célgépekre. Ha lehetne találni jó kifejezést magyarul az „in between production”-ra, talán ez fejezné ki a leginkább ezt a tevékenységet. A designerek által alkalmazott technológiák léptéke miatt, valamint az általuk tervezett mennyiség és a tárgyak méretei miatt, nem meglepően „hobby” gépeknek hívják a 3D-s eszközöket; a mai asztali nyomtatókat és kicsi CNC marókat. A hobby szó itt félre visz, mivel pejoratív felhangja van, pedig sok eszköz meglehetősen pontos munkát végez. Szerencsésebb elnevezés, ha kompakt gépeknek hívjuk, amik alkalmasak arra, hogy kis stúdiók, egyéni tervezők léptékében működjenek. Alkalmazásuk előnye az, hogy nem kell már várni alvállalkozók és kivitelezők által elkészített prototípusra; hanem kialakul egy igen gyors oda-vissza áramlás (reflexió) a számítógépen kidolgozott terv és a modellező gépekkel létrehozott próbatárgyak közt. Így a tervezői munka során gyors visszacsatolásokkal intenzívebb és körültekintőbb folyamatokon keresztül juthatunk el a termékhez, az így létrehozott tárgyakat be lehet már mutatni funkcionális modellként. Meg lehet fogni, használójuknak megfeleltetni, és az összes begyűjtött adattal, véleménnyel újra lehet kezdeni, ha szükséges.



24 FabLab / Roland 40 "hobby" CNC maró

---

<sup>28</sup> MARKOFF, John, (2012), "Skilled Work, Without the Worker," *The New York Times*, (augusztus 19. megjelenés), [<http://www.nytimes.com/2012/08/19/business/new-wave-of-adept-robots-is-changing-global-industry.html?pagewanted=all>], 2015.01.20 mentés

<sup>29</sup> MARTIN: *How to Calculate 3D Printing Times – Guide with Examples, The 3d PrinterBee*, <https://the3dprinterbee.com/how-to-calculate-3d-printing-times/>, 2021-04-03 mentés

A prototípuskészítés a digitális korban sem elkerülhető, hiszen amit az ember elképzel tárgyként, az közegében másképp viselkedik. Lényeges, hogy kézbe vegyük, és a maga valóságában megvitassuk, mielőtt gyártásba kerül, és esetleg hatalmas darabszámban állítják majd elő. Természetesen az ipari tervezés sajátja a rengeteg minta, fejlesztési vázlat, de nagyon hasznos tud lenni kis kézműves cégek tervezői szakaszaiban egyaránt. A kézzel nem létrehozható próbáknál különösen.

A rapid prototyping legerősebb állítása a prototyping, hiszen ezzel közelebb vagyunk az elképzeléshez, de még nem késztermékről beszélünk, hanem egy létrehozott próbatárgyról, amihez már eléggé közel állhat a végleges. Fontos figyelemben venni, hogy az elkészült prototípus ilyenkor még átmeneti állapotban van: felületét és anyagát tekintve, de a fotónál jóval több információt ad, sok esetben kipróbálható működés közben. A rapid prototyping előnye, hogy gyorsan elkészül, már érzékelhető térbeli test jön létre, amit kézbe lehet fogni, megvitatni, bemutatni a megrendelőnek vagy későbbiekben a gyártónak.

Alkotóként ebben látom hatalmas előnyét, hiszen a tárgyaknál a rengeteg hibalehetőség sokkal hamarabb körvonalazódik, mint a hagyományos technológiáknál. A fémöntés, a porcelánból való sokszorosítás, a műanyagok világában a végeredményhez való eljutás időben nagyon hosszú, és sokszor az eredmény nem megfelelő. Így ezek a felgyorsított technológiai megoldások valóban nagyon sok segítséget tudnak nyújtani a termékfejlesztésben. Beépül egy kontroll pont, egy újabb szűrő, ami segít a hibákat időben észrevenni.



Az elmúlt évtizedben szembetűnő változás történt, az emberek elkezdtek bírálni a tömegtermelést, valamint egyre inkább a szembetűnő, megtapasztalhatóvá vált túltermelésből eredő rendszerszintű problémákat. Többek magukhoz ragadták a kivitelezés jogát, illetve elkezdett virágozni a csináld magad (Do It Yourself) mozgalom. A lelkesedésből nem jöttek létre komolyabb eredmények, de ezzel párhuzamosan sorra alakultak alternatív kivitelező műhelyek, Itt a gyerekektől kezdve, az egészen vad ötletekkel jelentkező tudósokig mindenkit szívesen látnak, hogy rövidebb vagy hosszabb ideig platformot biztosítsanak alkotómunkájukhoz. Az eszközök közös használata miatti igényre jöttek létre az ilyen innovációs tudásközpontok, amiket nevezhetünk „hackerspace”-nek, vagy „makerspace”-nek. A legjobban artikulált formája fabrikációs laborok, azaz a FabLabok<sup>39</sup>.

Az első ilyen műhely még „Media Lab”-ként indult az MIT-n (Massachusetts Institute of Technology) egyetemen Amerikában, ami később mintaként szolgált a hasonló digitális gyártásban érdekelt bázisok kialakításában. A világ számos pontján megtalálhatóak mostanság hasonló, vagy partner műhelyek, melyek igen erős kapcsolatot ápolnak egymással. A „know-how” így pillanatok alatt eljut egyik pontról a másikra, akár Budapestre is.

A kutatók, tervezők, mérnökök a digitális laborokban hozzáférést kapnak elméleti és gyakorlati tudáshoz, azonban javarészt mindenki saját projektjeivel van elfoglalva. Egy laborban igazán pezsgő szellemi közegben találhatjuk magunkat, a digitális területen érdeklődő, vizsgálódó profik és nem profik közt. A FabLabok tehát az egyik ilyen zászlóshajója ezeknek a digitális alkotói tereknek, ahol széles spektrumban lehet foglalkozni a gyártási lehetőségekkel, a szoftveres tervezéssel, de akár tudományos határterületekkel, mint például a biodesign. Jól látható, hogy nem kizárólag kivitelezésről vagy tervezésről beszélünk, hanem együtt gondolkodásról, kutatásról egyaránt. A tudásmegosztás pedig

---

39 PETER TROXLER (2016): *Fabrication Laboratories*, Researchgate publikáció, 2016, DOI: 10.1007/978-3-319-31686-4\_6

gyorsabb, és dinamikus, számos rezponzív eredményt tud felmutatni. Segítheti a munkát, a szabad információáramlás a digitális műhely világa, de az „on-line” párhuzamos maker társadalomban is rengeteg tudásmegosztó site, fórum létezik, ahonnan választ találhatunk kérdéseinkre. Problémánkat érdemes valamilyen topic-ban megosztani, hiszen gyorsabban érkezik rá válasz, mint bármilyen szakkönyvből. Egy ilyen interaktív közösség részese lenni sokkal jobb, mint otthon dolgozni.

Kutatásom során magam is részt vettem egy ilyen továbbfejlesztésen, ahol egy nagyon izgalmas csapattal fedeztünk fel a szkenneléstől kezdve a programozás alapjain át mindent, hogy egyáltalán gondolkodni tudjunk benne. Mindenki másban volt jó, és nagyon érdekes volt az a változatos megközelítés, ahogyan a különböző területről érkező emberek miként értették meg, fogták fel, és valósították meg az adott feladatot.

### *III.5.3 Egyszerű gépek, lehetőségek két dimenzióban*

Ma már elképzelhető, hogy csak gépekkel készítünk el tárgyakat, ha nem szeretnénk kézzel kivitelezni, de alapvetően két csoportba oszthatjuk a gépeket. A téri mozgás határozza meg jellegüket: hány tengelyen képesek anyag megmunkálására. Egy meghatározott síkban mozognak, vagy több tengelyen, és komplexebb mozgással képesek a formaalkotásra. A sík technológiák általában elég hasonlatosak a végeredményt tekintve, de nem feltétlen csak lapos, síkszerű dolgokra kell gondolni, mert a darabokat össze is lehet építeni, mint a lépcsős piramist. Lehet szeletekből, lapokból építkezni, ami mégiscsak valamiféle térbeli élményt tud kelteni. Számos designtárgynál alkalmazzák kreatívan, első pillantásra fel se tűnik, hogy egy egyszerű síkmanipulációval jött létre egy komplex téri formáció. Gondolhatunk itt például a népszerű gyerekjátékokra, ahol egy fal alapból kell kitörögetni elemeit a dinoszauruszoknak. A végén mégis egészen plasztikus eredményt lehet kirakni belőle.

---

### III.5.3.1 Fóliavágó (plotter, vinyl cutter)

A számítógép által vezérelt lehetőségek közt az elsők között került piacra a „plotter”, a nem kézi betűvágásra alkalmas gép, de hamar felfedezték maguknak a designerek és más művészek, mivel alakzatok kivágására is alkalmas. Kezdetben itthon a dekoratőrök ismerkedtek meg ezzel az eljárással, hiszen számos cégér, rendezvény elengedhetetlen velejárója volt a használata. Egy adott betűtípus, céges logo szerepeltetése síkfelületeken mindig meghatározó volt, gondoljunk akár a régi zománcablákra. Hatalmas változást hozott a reklámparban az új eszköz alkalmazása, mivel a vállalkozások és hirdetőik már nemcsak kis méretekben tudták felhívni a figyelmet magukra, hanem hatalmas méretekben is, mindezt igen gyorsan. A technika hamar elvette a címfestők munkáinak nagy részét, viszont a betűtervezésnek újabb lendületet adott.



25. kép / Betűkivágás plotterrel

A fóliavágó egy elég egyszerű gép, mégis már beszélhetünk digitális gyártásról, hiszen generált parancssor irányítása alapján vág bele az adott méretű fóliába, összehangolva azt az alapanyag mozgatásával. Komplex mozgásokra képes, ahol egy fájl alapján a világ bármely pontján elvégezhető a vágás. A parancsoknak megfelelően a gépi mozgás csak egyetlen síkban (egy tengelyen) történik a fólia szélességében, a többi irányváltás az előre-hátrátörtető fólia eltolás eredménye. A kivágható elemek mérete szorosan összefügg a penge méretével, túlságosan apró és összetett elemeket nem lehet kivágni, de ez a fólia fizikai paramétereinek miatt sem lehetséges. A vágásmélység állítható, így nemcsak fóliát, hanem megfelelő méretű papír anyagokat is tud vágni, egy bizonyos vastagságig.

Működését felfoghatjuk egy digitálisan forgatott tapétavágókésként (sniccer), amit a számítógép vezérel. A gép alapvetően vágni tud, állítható a vágás mélység, így be- és átvágni tudja a befogott alapanyagot. A kivágásnál csak a beállított mélységet vágja át, érdemes próbavágást készíteni, hogy a felső réteget átvágja, de a hordozót már nem. A technológiai részletekbe nem túlságosan elmerülve azért fontos tudni, hogy a vágókés inkább egy nagyon apró éles lánzsza alakú penge, amit 3-féle szögzárással lehet beszerezni. A tűkést egy nagyon érzékeny szerkezet mozgatja és forgatja a vektoros grafika pályáját lekövetve. Nagyon fontos ellenőrizni, hogy a pálya folytonos legyen, a görbéké alakított vonalakban ne legyen szakadás.

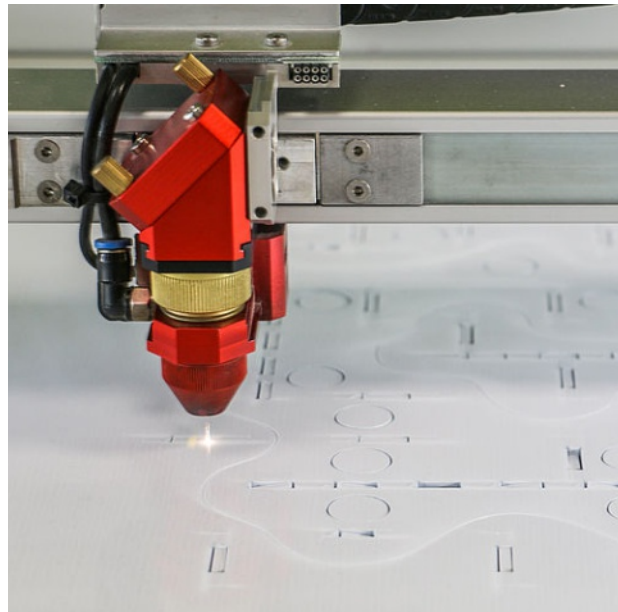
A fóliavágás alapvetően nem kifejezetten tárgyalkotó technika, de mégis látványos művészeti munkatámogató lehetőség. A digitális műhelyek alaptartozéka, stencileket, festési maszkokat készíthetünk vele. Jól használható ez a technika a homokfújásnál, mint kitakaró fólia, megvédve az üveg vagy a fém eredeti magas fényét. Felületeket lehet így létrehozni, gyorsan és költséghatékonyan. Kiállítások rendezéséhez nélkülözhetetlen, ha szövegeket szeretnénk felmatricázni különböző felületekre.

A felhasználható fóliákat sokféle színben lehet beszerezni, viszont gyári méretei kötöttek. Változó vastagságokból és ragaszthatósági tulajdonságokból egyaránt lehet választani, létezik áttetsző, reflektív kivitel is. A fóliát számos felületre lehet felragasztani, hátránya, hogy nem bírja a szélsőséges hőmérsékleteket és öregszik, ami töredekezést eredményez hosszú tárolás esetén.

### III.5.3.2 Lézervágó gépek

A lézer technológia egészen a hatvanas évekig nyúlik vissza, akkor sikerült előállítani nagy erősségű lézer nyalábot, korábban csak elméletekkel volt bizonyítható ennek lehetősége, első ipari alkalmazásuk 1967-ben történt meg. A lézervágásnak jellegétől függően háromféle technológiai megközelítése van: oxidációs vágás, olvasztó vágás és a szublimációs vágás.

Az első két verziót az ipari léptékű fémipar használja, mivel eléggé komoly technikai háttérrel kíván meg. A darabolandó anyagot a vágáshoz olvadáspontig hevítik az elsőnél, ahol kilágyul és elválk. Másiknál a nagynyomású segédgáz lövi ki a felesleges olvadékot.



26. kép / Vágás lézerrel

A szublimációs vágás a legelterjedtebb formája az otthoni lézervágóknak, működési elvük lényege, hogy átégetik az anyagot, vagy elpárologtatják. A vágandó felületen a lézer „elveszi” az anyagot, így választódik ketté az alap és a kivágott felület. Szublimációs vágással fát, papírt, műanyagokat, bőrt, nemezt, textilt lehet aprólékosan formára vágni, vastagságtól függően nagyon gyorsan. A műanyagokra kitérve elmondható, hogy a hőre nem keményedő változatok a legalkalmasabbak: ABS, akril, plexi, fóliák és technikai műanyagok mind megfelelőek vágásra. Az erős reakciók miatt füstök, gázok keletkeznek, ezért minden lézervágó gépet mesterséges tisztító elszívással szerelnek fel, hogy a káros anyagok ne

tudjanak eltávozni. Bizonyos műanyagokat azonban ennek ellenére érdemes elkerülni, mert az elszálló füstjük rendkívül toxikus. Ilyen például a PVC, aminek égéséből szabadul a felhidrogén-klorid, ami halálos, mindamellett környezetszennyező. Speciális igényeket kielégítő területeken kezdték el alkalmazni kezdetben, hiszen nagyon pontos, célozható beavatkozásokhoz tudják felhasználni. Az egészségügy (lézeres szemműtétek), a gyáripar (alkatrészgyártás) fedezte fel magának; amikor pedig már elérhetőek voltak kisebb léptékben, akkor használatuk beépült a designba. A faalapú ajándéktárgyak, dekorációs elemek és gyerekjátékok készülnek nagyszámban manapság ezzel a technológiával.

*A lézervágógép alapvetően két dolgot tud: vágni és gravírozni.*



27. kép / Fém stancolása

A digitális vágás legfontosabb előnye, hogy a legtöbb táblás alapanyag vágható vele, anyagvastagságtól függően. A vágásnál a pontos beállítás elengedhetetlen, mivel meg kell határozni a lézer erejét, sebességét és fókuszpontját egyaránt. Ha nincsen beállítva a gép megfelelően, akkor nem fogja átvágni a lézer a munkadarabot, vagy szétégeti azt. A vágásmélységnek anyagtól függően vannak határai, de nagyjából két centiméter mélységben a legtöbb anyagot el lehet vágni. Érdekes azonban figyelembe venni, hogy a lézersugár az anyagban haladva elhajlik, ezért nem feltétlen derékszögben vág, ami illesztéseknél zavaró lehet. A

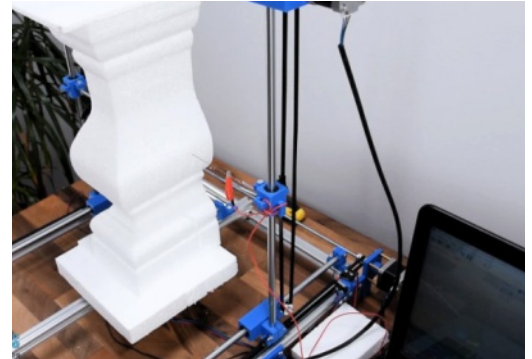
vágási pontosságot az anyag jellege befolyásolja, hiszen olvadékony anyagokban a hő tovább fut, ami akár torzulásokhoz is vezethet. A vágásfelszín enyhén érdes, ezt figyelembe kell venni, amit utólag csiszolással el tudunk tüntetni.

Gravírozás a lézer esetében azt jeleneti, hogy az anyagok felszínét megégeti, felületét megbontja, és egy sötét (éghető anyagokban barnás színű) felületet hoz létre. A fában az anyag elég, műanyagok szerkezetét pedig elgázosítja, így jön létre a bemélyedés, ahol mindkét esetben jól kitapintható az anyagveszteség. Sajnos a megperzselt szín nem változtatható meg, kizárólag tónusában, amit a lézer erősségével határozhatunk meg.

Noha összességében elég kevésnek hangzik elsőre a lézervágás felhasználhatósága, kreativitással igencsak sokféleképpen lehet alkalmazásra művészeti területeken, akár csak hobby célokra. Kiállításrendezésnél és segédformák, terepasztalok, apró ékszerek készítésénél jó hasznát lehet venni. Leggyakrabban faalapú anyagoknál használják, de a bőr is egy izgalmas terület, ahol lehet alkalmazni. Kreatív pecséteket, nyomtató dúcokat, létre tudunk hozni egy speciális gumi alapanyag alkalmazásával. Használva a finom felületi differenciálást, lehetőségünk adódik apró finomságú domborművek és plasztikus felületek létrehozására.

### III.5.3.3 Digitális habvágógépek

Talán sokak gyerekkori élménye, amikor egy izzószállal ki lehetett vágni kicsi formákat habosított polisztirol (EPS) habból előregyártott minták, vagy saját fantázia alapján. Természetesen az a kis játék nem használható fel komolyabb célokra, mivel nem erre tervezték, azonban a habok olcsósága és a vágási gyorsaság sok projektben kifizetődő. A habok nagy előnye, hogy fajsúlyuk alacsony, mivel a habosítási eljárás miatt saját tömegükhöz képest akár 95%-kal is könnyebbé<sup>42</sup> alakítják, így az anyagköltség és felhasználás kifizetődő egy modellezési szakaszban. Nagy léptékű tárgyakat lehet pontosan és rövid idő alatt létrehozni felhasználásukkal, vízállósága miatt építészeti és reklám célokra is (gyakran alkalmazzák plasztikus betűknél) kiváló. A felhasználható habok alapanyaga nem kizárólag polisztirol (pl.: Nikecell, Hungarocell), lehetnek XPS vagy egyéb kemény habtáblák. Célszerű mindent káros anyagmentesen vágni, olyan szerkezetű műanyaghabokból, amik eléggé homogének; így az élek pontosak, hiánymentesek lesznek



28. kép / Arduino meghajtású DIY habvágó

A habok megmunkálására ma már sokkal komplexebb gépeket használhatunk a kézi, asztalos verzióktól<sup>43</sup> elkezdve a nagy keretes szerkezetű vezérelt típusokig. A gép lényege, hogy egy kifeszített és felizzított szál (ellenállás huzalt<sup>44</sup>) mozgatnak a kicsi step motorok, azonos elven, mint a 3D nyomtatóknál egy keretrendszerbe integrálva. A kihúzott izzószál, vagy merev profildrót maga a vágóeszköz: tehát minden vágás fix alakzat mentén történhet. A szerkezet nem csak síkban tud vágni, meghatározott körvonalak alapján, hanem akár a harmadik tengely irányában is. Egy plusz tengely beiktatásával négy tengely vezérlésre képes eszközzé változtathatjuk habvágó gépünket, így tojásformák, hengerek, gömbök is létrehozhatóak, csak a vágási síkot kell figyelembe venni. Természetesen a vágott elemek a technológiából adódóan nem tudnak részletgazdagok lenni, a felület sem teljesen homogén, ami a mozgatási és izzítás egyenetlenségéből származik. A nagy méreteknél azonban ezek a problémák elhanyagolhatóak, hiszen arányosan összevetve a teljes mérettel jelentéktelen.

<sup>42</sup> DOGOSSY Gábor ( 2015 ) : Polimer habok, Széchenyi István Egyetem publikációi, 212old.

<sup>43</sup> PROXXON: Product katalógus, <https://www.proxxon.com/en/micromot/27080.php>, 2021.03.24 mentés

<sup>44</sup> KANTHAL: Product katalógus, <https://www.kanthal.com/en/products/>, 2021.04.05 mentés



Az alap koncepció, hogy azonnal és könnyedén –mint egy csodaceruzával– belerajzolhatjuk a térbe az elképzelt tárgyat, amit a végén azonnal kézbe tudunk venni. Szerencsére elég nagy a kínálat mostanában típusokból, rengeteg gyártó foglalkozik ezzel a termékkel<sup>45</sup>. Alapvetően nem soroljuk komoly eszközök közé, de megkerülhetetlen, mert közvetíti a maker movement alapfilozófiáját, hiszen gyors létrehozást segítő a rapid prototyping eszköz.



29. kép /  
3Ds játéktoll

Természetesen célközönsége inkább a gyereket, hiszen játékosan lehet használatával megértetni a digitális nyomtatást.

A digitális toll nem egy klasszikus értelemben vett íróeszköz, hanem tulajdonképpen egy mini 3D-s nyomtató. Filamenttel működik, alapvetően nagyon hasonlít a ragasztópisztolyhoz, ahogy megmelegíti az alapanyagot az apró fúvóka, majd egyenesen sebességgel nyomja folyamatosan. Valóban egy varázslat az egész, de sokszor használata mégsem olyan egyszerű, mint a promóciós videókban. A gyakorlatban elég nehéz ugyanis bármit is létrehozni vele, mivel nagy problémája, hogy a filament lassan húl vissza, így elég sokáig kell várni arra, hogy tovább haladhassunk a munkával. Gyakran túlmelegít és lecsurog az anyag.

További probléma adódhat abból, hogy nehézség maga a rajzolás, hiszen amikor hagyományosan írunk, vagy rajzolunk, akkor a finom kézi mozgást megtámasztja a papír. A térbeli rajzolásnál ez az ellenhatás egyáltalán nincsen, teljesen pontosan kéne a levegőben rajzolni, ami szerintem képtelenség.

---

<sup>45</sup> WiredShopper: The 10 Best 3D Printing Pens Of 2021, 2021, <https://thewiredshopper.com/best-3d-printing-pens/> 2021. 04. 07 mentés

Másik problémája, hogy nincsen semmi, ami vezérli, leginkább apró darabokat építhetünk meg, amit a kézügyességünk behatárol. Téri vázlatozáshoz jó, de annak nem nagyon van értelme. Mindenesetre jó szemléltető eszköz gyerekeknek, professzionális célokra lassú, pontatlan és komolytalan.

### **III.6 Összetett gépek és lehetőségeik**

Természetesen a sík alkotásnak meg vannak a korlátai, bár gyorsaságuk, olcsóságuk komplexebb feladatok kiváltására alkalmas, de valójában erősen redukálja az elképzeléseinket. Mind az anyagok köre, illetve a lapszerűség, a lapokból való építkezés kevésbé tud élménydús és innovatív lenni, a formák, bárhogy is vannak variálva, az összkép fapados. Bizonyos területeken, mint például a bútortervezés, vagy az egyszerű tárolási funkcióknak megfelelő dobozos jellegű tárgyak akár előnyt is nyújthat, a gyors gyárthatóság, vagy olyan területeken, ahol a kinézet nem elsődleges.

Az átlépés a komplexebb gépe felé a harmadik tengely megjelenése lett, kialakult a gyártótér. Az a zárt doboz, amin belül az automatizált mini gyártás megvalósulhat, attól függetlenül, hogy az eszköz milyen fejekkel és milyen alapanyagból hozza létre a végeredményt, később ez a gyártási befoglaló forma határozza meg a maximális méretét az elkészíthető tárgyaknak, ettől nagyobb dolgokat darabolással vagy ipari méretű munkaterű gépekkel lehet véghezvinni.

A gyártótér mellett kulcsfontosságú az „önműködő” gyártás, ahol a működtető elvet kellett kidolgozni, hogy a rengeteg elemből összeálló, komplex gépek hiba nélkül hajtsák végre a parancsokat. Fundamentuma a numerical control (NC); ahol igen egyszerű számadat alapú vezérléssel – lyukkártyákkal, papírszalagos bevitellel – határozták meg a gép tevékenységét. Korábban is léteztek már gépesített maró eszközök, de ezek csak kézi vezérléssel működtek, de már meghatározott X-Y-Z tengelyen. Számos olyan terület merült fel a gépgyártás területén, ahol már emberi készségekkel lehetetlen termékeket, alkatrészeket olyan pontosságra előállítani, mint gépekkel. Az esztergák és maró gépek azonban nem működnek vezérlés nélkül<sup>46</sup>; ezen a ponton lép be a számítógép. Az összes digitálisan vezérelt gépnek van egy programnyelve, hiszen a számítógépes szoftvereknek és a kivitelező komplex gépeknek azonos parancsokat, meghatározott sorrendben és pályán kell lekövetnie. Az vezérlés lényege, hogy amint a végleges filé a gépre van küldve, utána lépésről lépésre a kivitelez az eszköz, itt már csak a vészleállítással tudjuk a folyamatot megszakítani.

A közös nyelvezet, beszéljünk itt a 3D nyomtatókról, vagy egyéb más gyártó perifériáról a G kód, ami a Gerber Scientific plottereit vezérelte először, de később ezt a digitális nyelvet adaptálták a CNC-s és 3D-s területre is, mint a gépek közös irányítási-utasítási rendszerét. Összességében szoktunk róla beszélni, hiszek a G-kód egy parancssor, mit mikor és számadattal rögzítve milyen értékkel kell kivitelezni az adott eszköznek. A kivitelezés megkezdése előtt vagy automatikusan, vagy manuálisan generálni kell a kódot, hogy el tudjuk kezdeni a vezérlést. A generálás eltarthat egy ideig, mivel számtalan információt, pontot, gépmozgatási logikát kell a szoftvernek figyelembe vennie. Néha egészen meglepően, nem emberi gondolkodásmóddal alakítja ki a végleges mozdítási (pálya) verziót. De nem kell megijedni menet közben, ha másképp kezd bele, mint ahogy tippeltük. Hasonlít ez az élmény ahhoz, ahogyan a GPS a kocsival a célba nem feltétlenül az általunk megszokott módon vezet.

---

<sup>46</sup> AUTODESK(2014):*Fundamentals of CNC Machining*,[https://academy.titansofcnc.com/files/Fundamentals\\_of\\_CNC\\_Machining.pdf](https://academy.titansofcnc.com/files/Fundamentals_of_CNC_Machining.pdf), 2021. 04. 02 mentés

Az első CNC marók az ipar területeire törtek be hatalmas méretekben, főként az alkatrészipar, a gépipar és az autógyártás területére, ezért óriási értékű gépekre kell itt gondolni. A kerámiagyártásban is van szerepe, mint például az égetési segédeszközök gyártásánál vagy tetőcserépgyártásnál a nagy pontosság miatt megtérül az ipari CNC gépek alkalmazása. A könnyű hozzáférhetőség és a munka könnyebbsége miatt egyre többen használják design feladatokra kis műhelyekben a marást. Pár projektnél



30. kép / Alumínium CNC marása

érdeemes kiszervezni vagy kiadni bérnyújtásba a CNC-s modellkészítést; hiszen ebben a léptékben nem feltétlen költséghatékony a működtetése, beszerzése. Folyamatos munkaszervezéssel, illetve közösségi műhelyekben van létjogosultsága.

Kutatásaim során számomra ezt a digitális gyártási formát alkalmaztam sok esetben, noha az általános érdeklődés általában a nyomtatók felé húz, mégis ez a gép tud „igazi” anyagokat megmunkálni. A létrejövő tárgyak nem átmeneti, bemutató céllal jönnek létre, hanem készterméket képesek létrehozni a marás végén. Tapasztalataim alapján a nyomtatók alapvetően csalódást tudnak okozni, mivel nyomtatásaik csak bizonyítják létjogosultságukat, de a nyomtatványok használhatósága kérdéseket vet fel. A probléma gyökere az anyag, amivel mindkét nyomtatótechnológia küzd; hogyan és mivel készüljön a nyomtatvány, s mi a célja. A marás a problémakört gálánsan átlépi, mert lényege, hogy a rendelkezésre álló anyagból veszi el a felesleget, kifaragja, mint egy szobrász a kőtömbből az alkotást.

A későbbiekben kifejlesztettek kisebb léptékekre is felhasználóbarát és elérhető árú kisgépeket. A legjobban elterjedt „hobby” marógép a Roland MDX40, a legtöbb hackerspace-ben, kis digitális laborokban biztosan meg lehet találni.

A marást elmagyarázni nem egyszerű, mivel elsősorban talán mindenki vegyi reakciókra gondol, azonban leginkább a gyaluláshoz és a fúráshoz hasonlít az eljárás. A nagy sebességgel forgó függőleges marófej halad meghatározott kódok alapján az útvonali mentén, ahol minden anyagot lemarnak a forgó pengék. Működése egy kötött zárt térben történik, menetén munka közben változtatni nem lehet. A 3 tengely által meghatározott marótérbe kell behelyezni a kiinduló testet, alapanyagot, amiből szeretnénk elkészíteni a szoftveresen megtervezett tárgyat. Fontos, hogy szinkronizáljuk a szoftvert a betett kiindulási alapanyag fizikai tulajdonságaival, egy detektor segítségével. Az indítás előtt először rögzíteni kell az alapot, mivel –ha nem is nagy erővel– a bitfej el tudja mozdítani pozíciójából a megmunkálandó alapanyagot, ami tönkre teheti a marásunkat. Marást vezérlő szoftverrel felvesszük a szükséges kezdőpontot és a kiinduló síkot, amennyiben nincs síkunk, akkor ennek létrehozásával kell kezdeni. Ha sikerült ezeket összevetni, és minden a helyén van, akkor érdemes virtuálisan szintenként végignézni a marópályát, amikor pedig ez megtörtént, el lehet indítani a gépet. A haladási iránya a fentről lefelé: lépésenként veszi el a felesleget a gép, nagyolással kezd, aztán lehet finomítani egy másik fejjel a felületet. Komplexitástól és a marófej méretétől függően a marási idő elég széles skálán mozoghat; a pár órától akár a több napos projektekig.

A fejek kiválasztása igen fontos, hiszen ez határozza meg a későbbi felület karakterét és finomságát. Többféle CNC marófejet (bitet) választhatunk ki, ami függ az alapanyagtól, valamint az elérni kívánt részletgazdagság mértékétől. Egészen nagyméretűektől akár az 1 mm-es fejjig széles a skála, viszont érdemes figyelembe venni a bitvég kiképzését, hiszen különböző típusok léteznek

*lapos fejű, mely síkfelületet hagy maga után  
golyós fejű, mely íves felületet hagy maga után  
T maró, nút vágó fejű, amely nütöt vág*



31. kép / CNC marófejek

A céljainkhoz válasszuk a profilban legmegfelelőbbet, mert akkor kevesebb utómunkával kell számolni. A marás simítása, a felületi finomítás kisebb és kisebb fejek behelyezésével érhető el, ám a kis fej munkatempója érhető módon megnöveli az elkészítési időt. Adódhat probléma a fejtörésekből is, mert az apró eszköz nagyobb erőkarnak van kitéve. Ha jól rögzítjük az alapot és a vezérlés sincs a fizikai paraméterek sem túlzóak, akkor ennek lehetősége csökken.

## III.6. Marható alapanyagok vizsgálata

### III.6.2 1 Hab alapú lemezek (hungarocell, XPS)

Az építőiparban számos szigetelő lap, rezgés gátló habosított lemez kapható táblában, változatos vastagságban. Szivacsosságuk (a levegőbuborék nagysága) eltérő, viszont nagy általánosságban elmondható, hogy olcsók.

Egy próbagyártásnál fontos szempont az alapanyag költsége, különösen nagyobb daraboknál. Másik nagy előnyük, hogy nem tömör alapanyagok, inkább puhák, így a marófej igen gyorsan tud haladni. Az egyik leggyorsabb eredményt akkor kaphatjuk, amennyiben a projekt nem kíván meg nagy részletgazdagságot, és a precíz, sima felület sem mérvadó. Hátrányuk viszont, hogy rengeteg por keletkezik, ami bizonyos műanyagoknál káros is lehet.



---

<sup>1</sup> mindenhol érzékelhető hasonlóan az ipari forradalomhoz, korszakos paradigmaváltásként

<sup>2</sup> MARKOFF, John, (2012), "Skilled Work, Without the Worker," *The New York Times*, (augusztus 19. megjelenés), [<http://www.nytimes.com/2012/08/19/business/new-wave-of-adept-robots-is-changing-global-industry.html?pagewanted=all>], 2015.01.20 mentés

<sup>3</sup> értelmezhetjük

### III.6.2.2 Fa és fa alapú ragasztott lemezek

A fa, a ragasztott, illetve rétegelt lemezek használhatósága is felmerül a marásnál, de a tesztheimnél hamar kiderült, hogy a fa mégis a legmegfelelőbb, ha a fa homogén. A ragasztott lapoknál, ha a marási eltolás azonos a rétegvastagsággal, egyszerűen lehámozza a munkamenet során azt a réteget. Fontos figyelembe venni az eltolás mértékét, minden esetben nagyobbra kell állítani, ilyenkor nem okoz gondot, vagy csak vágásra szabad alkalmazni a gépet. Előnyben érdemes részesíteni a faporból készült lapokat vagy a tömör fát, hiszen ilyen jellegű problémák nem merülnek fel. Igaz, az ár ilyenkor emelkedik. A marási gyorsaság a fánál lassul, de még mindig jelentősen gyorsabb, összevetve a fémmel.



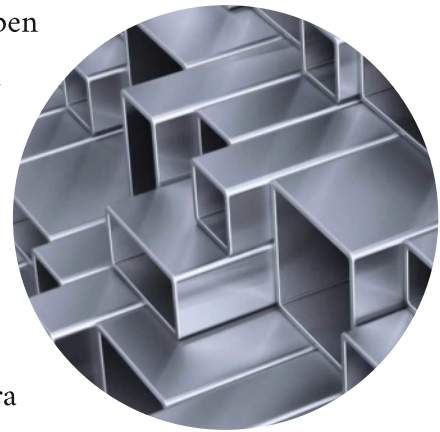
### III.6.2.3 Műanyagok, Corian

Corian a DuPont cég terméke, egy fantázianév, igazából egy akrilpolimer, ami ásványi adalékokkal van keverve, nagyon jól megmunkálható alapanyag. Ideális marásnál, de fizikai paramétereit igazán alkalmassá teszik változatos felhasználásra, homogén és jó él tartó. Mivel egy mesterséges anyag tulajdonságai megváltoztathatók, különböző keménységekben vásárolható meg. Sajnos az ára miatt nagyobb méretekben már csak megfelelő költségkerettel valósítható meg a kivitelezés.



### III.6.2.4 Fémek

A fémekből létrehozott tárgyak a legtöbb esetben megkívánják a nagy precizitást, ahol fontos, hogy minden egyes részlet kidolgozása mérettartó és a műszaki rajzot követve megfelelő legyen. Kifejezetten alkalmas a CNC marás a fémmegmunkálásban, noha a fémek nagyon kemény alapanyagok, más típusú fejekkel mégis megoldható. Fémre meghatározott biteket kell behelyezni a gépbe, fajtájuk szerint. A haladási sebesség sem lehet annyira gyors, mint a puhább anyagokban, és még az eltolás mértékét is kisebb lépcsőkben kell végezni. A rengeteg kézimunkát igénylő ötvös darabokhoz képest a kivitelezés gyorsabb, ettől függetlenül egyedi darabokat lehet létrehozni CNC marással. Nem kézi, mégis egyedi, ugyanakkor megismételhető. Időt lehet megtakarítani azzal, ha egy gép végzi el a munka egy részét, különösen ott, ahol például a nagyolás nagyon körülményes. Bizonyos munkáknál részfeladatokat is ki tudunk váltani, mint például a kivágás, lyukasztás, de tiszta geometriát tartalmazó daraboknál szinte ez az egyetlen mód. Az ötvösmunkáknál, ahol a készítést és a szaktudást is értékeljük, azért jobb, ha nem csak a gépesített gyártást alkalmazzunk.

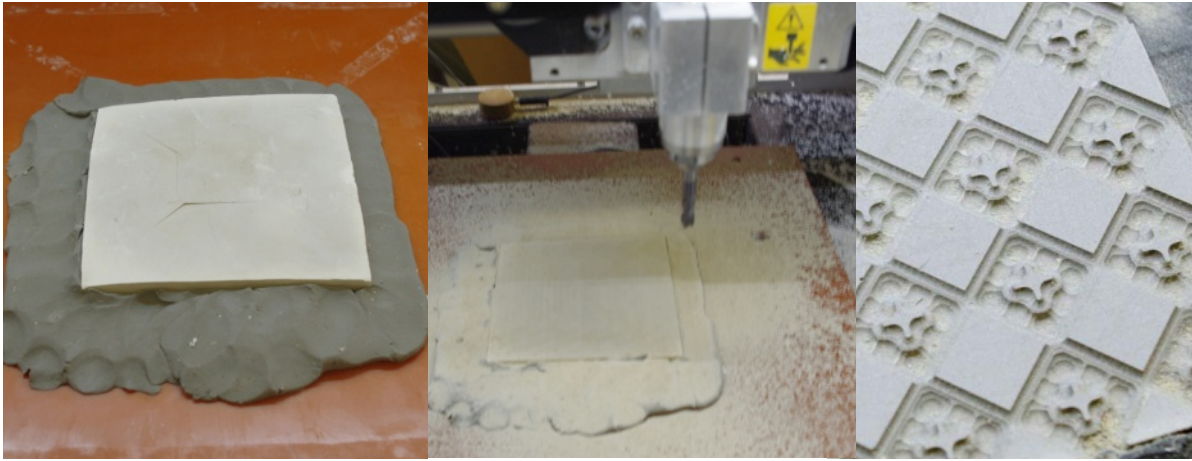


### III.6.2.5 Gipsz és agyag

Nem sokan alkalmazzák a szilikátiparban elérhető alapanyagokat CNC marásra, mert eléggé speciális tudást követel meg, ezeknek az alkalmazása. Nehéz a hozzáférés, valamint az alapanyagok előkészítése miatt első körben ritkán szokott eszébe jutni egy általános tervezőnek. A keramikusoknak azonban ez az első; ez a kéttípusú







32. kép / Agyag felületi marása CNC maróval

alapanyag jut az eszközbe, melyek meglepő módon elég jól alkalmazhatók digitális marásnál is. Az agyag természeténél fogva körülményes, de mindenképpen elmondható, hogy nagyon érdekes felületképzéseket lehet létrehozni általa, melyeket kézzel teljesen lehetetlen lenne megmintázni.

A gipsz, marásnál is egy általánosan elfogadható, jól működő alapanyag, hiszen nem csak kerámiaipari felhasználása lehetséges, hanem a design más területein is nagyon jó modellező alapanyag. A gipszet könnyen lehet marni, elég gyorsan halad rajta a gép, és gyorsan egész finom felületeket lehet létrehozni általa. A marásnál érdemes a gipszet előnedvesíteni, hiszen sokkal könnyedebben dolgozik úgy a gép, amikor nincs teljesen kiszáradva. Van egy jó tulajdonsága, hogy könnyen megmunkálható kézi szerszámokkal is, így hogyha mégsem teljesen tökéletes a felület, amit a gép befejezettnek tekint, azt csiszolópapírral erősen fel lehet javítani. A további előnyei, hogy könnyű és olcsó, nagyon jól lehet használni formatervező mintáknál, glettelhető, festhető, viszonylag környezetkímélő. Egyenesen a kerámia- ipari technológiai sorba is be lehet építeni a gipszmarásokat, öntőformákként, vagy pozitív formákat lehet készíteni használatukkal, nagyon gyorsan. A gipsz bizonyos méretekben nem egy jó kivitelező anyag, hiszen a vékony és kis méretben igencsak törékeny. Függetlenül ettől, fordítva gondolkozva, egyből negatív formákból kiindulva gyorsabb és kevésbé törékeny gyártási formákat lehet létrehozni vele. A kerámia sorozatgyártás alapvető lényege, hogy öntőformákat hozzunk létre, a pozitív formák elhagyhatók az új technológiával, egyből elkészíthetjük az öntőformát. A pozitív forma már csak virtuális marad.

CNC marásnál alapvetően nem lehet hibázni, hiszen a bevitt adatállomány minden pillanatában ellenőrizhető, és a gép fokozatosan fejt ki a tömb alapanyagból a végleges formát. Nem szokott semmiféle hiba lenni, az egyetlen egy hibafaktor a lehetséges marásnál; az emberi tényező.

Lassan és fokozatosan közelít a külső körvonalakhoz a marógép, logikája az, hogy gyors fordulaton, minél több alapanyagot vegyen el a kiinduló alaptestből. Természetesen az első lépcső eredménye nagyon távol van a tervezett tárgytól, még ha valami hiba is kerül a vezérlésbe, könnyen javítható, mert ráhagyással dolgozik. A második marási körnél már egész közel van a tárgyhoz, végleges formáját marja meg a gép, de még ekkor sem a végleges felszint készíti. Az utolsó szakaszban közelít és érinti meg, követi le a gép a tárgy végleges formáját.

Egyetlen egy probléma, ami történhet a marás közben, az áramkimaradás vagy a bitfej eltörése. Természetesen a vezérlő szoftver erre nem ad lehetőséget, de pontatlanságból azért ez is sikerülhet. Ha túl gyorsan marunk, vagy túl nagy bevágásra vezéreljük a gépet, ez bitfejtörést okozhat. Még akkor is létrejöhet ez a hiba, hogyha nincsen rendesen lerögzítve a kiinduló test. Ilyenkor a 'lötyögés' miatt, az elmozdult pozícióban rossz helyen és rossz módokon kezd bele a marásba a gép, ami feszülést idézhet elő. A nagyolásnál a fej alapvetően nem tud eltörni, hiszen olyan erősek ezek a bitek, hogy szinte képtelenség egy vastag változatban kárt tenni. A hiba jellemzően akkor fordul elő, amikor finomítunk, vagy simítunk, tehát nagyon vékony fejeket alkalmazunk. Sokkal nagyobb fizikai hatásoknak vannak kitéve ezek a vékony fejek, ezért gyorsan tudnak elkopni, illetve ahol az erőkar nagyobb, ott könnyebb minden egyes pontnál eltörni, azonban rendeltetésszerű használat esetén ez a probléma nem jelentkezik.

---

## III.7 3D nyomtatás

### III.7.1. Additív gyártási eljárások

Az előző bekezdésben olyan kivitelezési technikát mutattam be, ahol a direkttárgy és forma úgy jön létre, hogy a felesleges anyagot a CNC gép eltávolítja a kiinduló alapanyagból. A nagyoló, elvonó metodika a kőszobrász munkamódszere, a marás, vésés, kifaragás egy tömbből, ahhoz képest pont egy fordított megközelítés az additív gyártás.

#### *Felmerülhet a kérdés: Miben marad alul az lebontó (szubtraktív) gyártás?*

Az ilyen gyártási módszerek egy nagy egészből bontják ki, vágják ki a számunkra fontos végeredményt, azonban rengeteg felesleges anyagpazarlást eredményeznek, hiszen minden olyan alapanyag, ami nem képezi a cél forma részét az hulladékká válik. Természetesen abban az esetben, ha kevesebb vagy elhanyagolható az anyag elvételével képződő felesleg, akkor elfogadható ez a megközelítés, de sok esetben igencsak sok anyag tűnik el. Tervezői etikai kérdéssé válik, hogy utat lehet-e engedni a felesleges hulladékképzésnek.

További probléma például a CNC marásnál, hogy a megmunkált darabot elég erős mechanikai és fizikai hatások érnek, ezért valamilyen formában rögzíteni kell. Sokszor azonban a rögzítés nem lehetséges, vagy a tárgyban fizikai beavatkozásokat kell létrehozni, le kell csavarozni, lukat kell fúrni azért, hogy a kellő rögzítés meglegyen, ami bizonyos projekteknél problémaként jelentkezhet.

Az additív gyártás mód pont az ilyen hibákra ad megoldást, hiszen a tárgy tulajdonképpen a semmiből jön létre, és csak annyi alapanyagból, ami a létrehozáshoz feltétlen szükséges. Nem keletkezik hulladék, másrészt az általánosan felhasznált műanyag számos területen megfelelő a tárgyak előállításához.

---

Általánosságban az additív gyártás alatt értjük a tárgynyomtatókat, a köztudatban leginkább ez jelenti a digitális gyártást. A tárgynyomtatás történetében azonban visszatérő alapkérdés, hogy mi legyen a kivitelező alapanyag, és milyen formában juttassuk be azt a nyomtatóba. Az alapanyagok kiválasztásának sorrendje (por, filament, műgyanta) jól mutatja be fejlődés ívét.

### III.7.2 Kezdeti nyomtatók

A digitális nyomtatás nem minden előzmény nélkül jött létre, hanem korábbi gyakran használt műveletből, a szinterezésre vezethető vissza, amit már a negyvenes évektől kezdve kezdtek alkalmazni az iparban. A nyomtatás folyamatát úgy kell elképzelni, hogy egy tárgylemezre rengeteg por kerül, amit egy lézernyaláb adott ponton felmelegít, így ott a porszemcsék összetapadnak. A tárgylemez minden egyes rétegnél lejjebb és lejjebb süllyed, miközben folyamatosan adagolja minden egyes lehúzásnál a további por alapanyagot. A nyomtatás során rétegenként ragasztja meg a kisimított porfelületet a gép. Ott, ahol az építéshez szükséges részeknek folyamatosan érintkezniük kell, ott összeolvadnak, lépésről-lépésre alakul a forma, az elszeletelt tárgy körvonala sziluettje mentén a nyomtatvány.



33. kép / Nyomtatott tárgy feltárása

Ha elkészül a nyomtatás, kiemeli a tálcát a gép, és apró ecsetekkel lesöprik a felesleget. A be nem „ragasztózott”, össze nem tapadt szemcséket el kell távolítani úgy, mint ahogyan egy régész ássa ki a homokból a tárgyat. A tárgyak egyenletes poros felületűek,

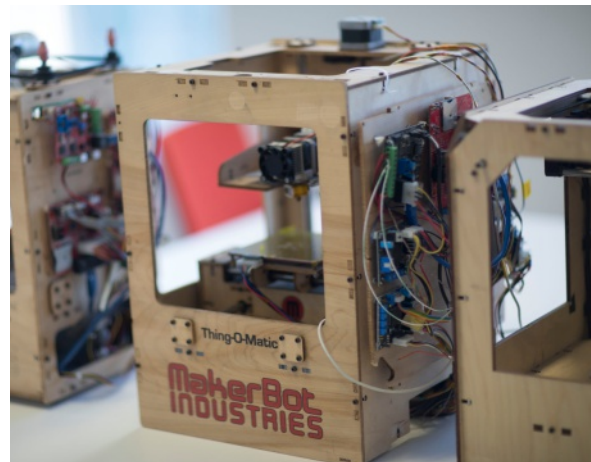


34. kép / Z-corp nyomtató használatban

érdeemes jól átnézni, hogy minden pontjából kihulljon a felesleges anyag. Sűrített levegő használata javasolt olyan területeken, amit nem tudunk elérni ecsettel. A maradéktalan poreltávolítás a felületről a részletgazdag felületek néha egészen nehézkes. Végül az elkészült tárgyak enyhén érdesek, de ellentétben a szálhúzott technikával az illesztési szintek nem zavaróak, mivel nincsenek, kevesebb utómunkával alakulnak ki a tárgyak.

Noha a kor legsikeresebb nyomtatója volt Z-corp nyomtató (annak ellenére, hogy bevezető ára 40.000 dollár volt), az elsőség sokáig nagy piaci részesedést adott a gyártó cégnek, de nem maradt sokáig fent. A kutatásom alatt eltelt idő során kiderült számomra, hogy a nemrég még kecsegtető por alapú nyomtatók mellett elhaladt a technikai fejlődés, hiszen elbukni látszik az újabb és újabb technológiák mellett. Milliós nagyságrend egy-egy toner beszerzése, így elég borsos ára van bármilyen tárgy kinyomtatásának. Az eltűnés oka tehát a magas nyomtatási ár, ami miatt így fenntarthatatlanná vált, bár önmagában a technológia nem egy rossz megközelítés.

Maker-bot projekt úttörő koncepciója volt az irányváltás a tárgynyomtatás terén, a három alapítóval indult fejlesztő cég kezdetben kísérleti jelleggel építette meg a saját nyomtatóját, amiről úgy gondolták, hogy majd pár hónap alatt el tudják adni. A hatalmas érdeklődés miatt ez két héten belül sikerült; ez volt az a pont, amikor meg lehetett tapasztalni a későbbi több millió dollárt termelő piacot. Az első nyomtatójuk, ami még igazán prototípus szinten volt, de már működött,



35. kép / MakerBot

az a Cupcake elnevezést kapta. Az első időszakban röviditalos poharakat nyomtattak ki a kis mérete miatt. Ma már legendának tűnhet, hogy kocsmákba mutatták be, és ott találtak az első vevőkre. Bárki hamar megérezhette a lehetőséget, hamar befektetőkre leltek, és a cég mind létszámban, mind értékben dinamikusán nőni kezdett.

A Maker-bot lett a piacvezető 3D-s nyomtató, ami egy igen egyszerű szerkezetű, szinte DIY eszköz, amivel már lehetett jól –ha nem a mai minőségre gondolunk, nem csúcs minőségben– nyomtatni. A Maker-bot igen egyszerű alkatrészekből állt, lapra szerelve és az alkatrészeket mellé csomagolva érkezett meg a doboz, bárki össze tudta állítani a leírás alapján. A ma már kezdetlegesnek mondható nyomtató és technológiája az alapja az összes további márkának és eszköznek. Ma már, amikor 3D nyomtatásról beszélünk, szinte kizárólag a szálhúzásos nyomtatókra gondolunk. Az eltelt 10 évben eldőlt a verseny, ez lett a legelterjedtebb, legpopulárisabb eszköz. Az építés alapanyaga egy műanyag szál (filament), amit egy tekercsből kell befűzni, mint a cérnát a varrógépbe, utána automatikusan nyomtat, húzza, ahogyan a vezérlés kezeli. A technikát röviden úgy lehet bemutatni, hogy szükséges hozzá a betöltött szál, az alapanyag, az eszköz pedig nem más, mint egy három tengelyen

mozgó melegített nyomtatófej, ami kinyomja a szálát a vezérlés koordinátái alapján. Felhevül a fej, és ebbe tolja bele a filamentet az adagoló. így a szilárd alapra a lágyuló új réteg rárakódik, és ez a nyomtatási fázis mindaddig folytatódik, amíg a tárgy el nem készül. A felmelegített, olvadó műanyag tapad bele rétegről rétegre, felfele épül.

Egy egyszerű építkezés a logikája, de néhány alapvetést érdemes figyelembe venni; ez a szál a levegőben nem tud megállni. Van egy minimális falvastagság, ami szükséges ahhoz, hogy a nyomtatványok kellően statikusak legyenek, bizonyos formákhoz support kell, máskülönben lehetetlen kinyomtatni a fájlt. Fontos tudni, hogy alapvetően a műanyag melegítése és megolvasztása alapján működik ez a technológia, pontosan ezért a melegedés és a lehűlés közt előfordulhat torzulás. Az FMD technológia nem feltétlenül a legjobb megoldás a 3D nyomtatás terén, de elterjedése, viszonylagos olcsósága, gyorsasága, hibái ellenére, alapvetően kárpótol.

Minden, a 3D nyomtatással kapcsolatos kifejezésünk az angolból ered, szó szerint ez a nyomtatási támasztékot jelöli. Nagyon fontos része a nyomtatási technikáknak, hiszen akár csak a kerámiában, fontos, hogy ha egymásra építünk dolgokat, ne építsünk semmit a levegőbe, hiszen akkor az összedől. Szinte teljesen mindegy hogyan húzza fel a nyomtató a falat; a vastagság, a torzulásmentesség és az állékonyság miatt minden nyomtatvány tartalmaz támasztékot. A támaszték is fogyaszt a filamentből, s amikor azt szeretnénk tudni, hogy mennyi ideig tart a nyomtatás, illetve mennyi alapanyagot kell megvásárolni, fontos belekalkulálni ezt a részt is. A support valójában egy rácsvonalakból álló cella, ami kitölti a negatív tereket. A vezérlőszoftverek már egyre több lehetőséget kínálnak fel, hogy az adott projekten belül milyen arányban használjanak támasztékot, illetve ezeknek a celláknak a felépítésének milyen legyen a jellege, sűrűsége. A supportot nem nyomtatja olyan makulátlanul a gép, de mivel ez általában belül van a tömör részeken, teljesen elhanyagolható ennek minősége. Automatikusan kiszámolja a vezérlés, hogy milyen a rácsvonalak

elrendezése, megerősítési részletei. Sok esetben a program kívülre generálja a támasztékot, gyakran lepődnek meg nyomtatásnál, hogy nem is látják a tárgyat magát, pedig ki lett nyomtatva, ilyenkor körbefogja a támaszték. A támasztékot azonban könnyen el tudjuk távolítani fogóval, de óvatosan kézzel is eltávolíthatjuk. A support növeli a súlyt is, amit ugyancsak érdemes figyelembe venni.

Természetes, hogy megkapjuk a tervezett tárgyat miután a felesleget eltávolítottuk. A legegyszerűbb, ha levagdossuk, lefeszítjük, finoman lepattinthatjuk, hiszen ezek a vékony szálak nem túl erősen kötődnek a sűrűbbre nyomtatott végeredményhez. Kitorés után általában nyom nélkül el lehet tüntetni minden support elemet. Egy kicsit szőrös marad ezután a felület, ha ez zavaró, akkor ezeket az apró felületi szőröcskéket a legegyszerűbben finom csiszolópapírral lehet eltávolítani. Az arra alkalmas műanyagokat vegyszerrel is simábbá lehet tenni, azonban itt vigyázni kell, hiszen meg is roncsolhatjuk a túl sok acetonnal a felületet.

A tervezés során érdemes a supporttal is számolni, lehetőleg olyan tárgyakat érdemes tervezni, ahol minél kevesebb az ilyen terület. Sok esetben jó megközelítés az is, hogy statikai szempontból darabolva külön részekben nyomtatjuk a tárgyainkat, amit később össze lehet állítani, így nem kell vesződni a support eltüntetésével hagyományos tárgyainkat vizsgálva, van egy jellege, karaktere, amit egyértelműen az anyagra kell visszavezessünk.

A nyomtatás kivitelezéséhez alapanyagot kell választanunk, nyomtatószalakat, amiket be tudunk tölteni a gépbe, közös elnevezése a filament. Filamentből azonban sokféle szerkezetű létezik, színben és alapanyagára nézve változatosan szerezhetőek be. A filament lesz a későbbi tárgyunk alapanyaga, ebből készül el a végleges tárgy, ezért nem mindegy milyet választunk. Árban, minőségben, felületi finomságban, más és más karakterűek. Kezdetekben ezek igen borsos árban voltak elérhetőek, de – jelenleg a népszerűség miatt - ma már számos beszállítótól rendelhetünk igen kedvező áron, különösen olcsón a távol-keletről. Rengeteg rövidítés csak nehezíti az eligazodást, de már találhatunk útmutatókat .



A leginkább elterjedt nyomtató műanyag a PLA, ami az elnevezése alapján elég veszélyesnek hangzik, pedig egyáltalán nem az: növényi eredetű, könnyebben lebomló, nehézfémeket nem tartalmazó politejsav (polyactic acid, röviden PLA). A leggyakrabban alkalmazott szál, hiszen több szempontból is kielégítő paraméterekkel bír. Könnyű vele nyomtatni, kellemes az illata (enyhén édeskés), eléggé illékony, élelmiszerbarát, újrahasznosítható.

Meghatározóak lehetnek más jellemzők, mint például a szín és a jelleg. A színek mellett egyéb extrákat is vehetünk, gondolok itt a glitteres, fluoreszkáló, mágneses, áttetsző verziókra. A végeredmény mégis monokróm lesz, mert menet közben nem tudunk színt cserélni, alapvetően ez a nyomtatási forma nem alkalmas színes tárgyak nyomtatására

A nyomtatott tárgyak sok esetben műanyagos hatásúak, az eredmény nem ad élethű hatást, elég nagy fantáziának kell lennie a használónak az anyagszerűséget tekintve. A hagyományos tárgyainkat vizsgálva, van egy jellege, karaktere, amit egyértelműen az anyagra kell visszavezessünk. A meggyőzés érdekében anyagszerű filamentet fejlesztettek a gyártók, változatos adalékokkal lehet találkozni, van köztük sok egészen meglepő:

A fémes nyomtatás során a fémet utánozó szálba apró darálékot adagolnak, ez a keverék adja a fémes hatást. Nagy előnye, hogy szilárdabb nyomtatványt ad, de a nyomtatót erősen koptatja. Az alumínium kivételével fémdörzsölővel polírozható, tapintásra egészen meggyőző tud lenni.

Az alga tartamú nyomtatók érdekessége, hogy gyorsan lehet vele nyomtatni, hiszen a tengeri alga adalék csökkenti a felfűtést, és erősebb a végeredmény, mint a hagyományos PLA esetében.

A fatartalmú nyomtatás során fapor hozzáadásával készül, törésre hajlamos, matt. Talán a legrosszabbul sikerült anyagutánzó filament, mert gyakorlatilag barna műanyag (csúnya) színe van. Tapintásra még nyújt némi illúziót, de sajnos az erezet kialakulása és struktúra nélkül nem jut róla eszünkbe a fa.



A gipszet utánzó verzió egy fokkal jobb, mint a fát utánzó, hiszen mattosan fehér a nyomtatványunk, és szerencsére a gipsznek nincsen karaktere. Nagy előnye, hogy mivel gipszet is tartalmaz, sok jó tulajdonságot örököl ezzel. Jól kezelhető, könnyű és csiszolható, ami a rétegenként lerakott nyomtatás eltüntetésénél nagy előny.

A különféle anyagok nyomtatása iránti igény már a kezdetektől jelen volt, de a technikai határok sokáig nem tették lehetővé a műanyagon kívül más anyag használatát. Általános nyomtatófejlesztések és az anyagkutatások tették lehetővé az áttörést. Rengeteg technikai próbálkozást és kudarcot kellett átlépni ahhoz, hogy tökéletesen működjenek. A hevítéssel működő szálhúzásos nyomtatók logikája adta az ötletet, hogy melegítéssel nyomtathatóak más hasonló tulajdonságokkal rendelkező anyagok is, nem meglepő módon a csokoládé és a viasz lett az a két kísérleti terület, ahol az analógiát alkalmazva működtethető nyomtatókat sikerült bemutatni.

A nyomtatható alapanyagokban megindult egyfajta fantáziálás, elkezdtek sokan gondolkodni azon, hogy a saját szakterületükön hogyan tudna beépülni a digitális gyártás. Hol helyettesíthető a korábban kézi munkával elvégzett folyamat, ezért például cukrászok, séfek vizsgálták meg, hol nem feltétlen szükséges az emberi munka, vagy hol lehet a monotonitást felváltani, illetve a kreativitásnak teret engedni. Nem gondoltuk volna korábban, hogy akár az élelmiszeriparban, vagy a vendéglátásban





36. kép / Csokoládényomtató

lesznek digitális élelmiszernyomtatók. Az elsőre bizarr elképzelés ma nem utópia, ehető alapanyagokkal ugyanúgy lehet nyomtatni, például a csokoládét, mert hasonlít a műanyaghoz, van egy meghatározott olvadási pontja, és ezt az olvadási pontot kihasználva, visszahűtve szilárdná válik, így alkalmas szilárd testek létrehozására. Természetesen a hagyományos nyomtatót át kell kicsit alakítani, hogy extrudálásra alkalmassá váljon. A létrehozott csokoládényomtató egyedi darab csokoládék elkészítésére alkalmas, lehetséges, hogy valaki otthon megtervezze a számára legkedvesebb formájú csokoládét, és kinyomtassa, legyen egyedi design csokija. Bármilyen más állékony, puha állagú édességgel tudjuk folytatni, mint a zselé, tejszínhab, pudingok. Tökéletes céltárgyak az édességek, mert itt nem kell foglalkozni a szemétképződéssel, és mindig lesz új érdeklődő, vásárló.

## IV. Digitális alkotói praxis

### IV.1 Alkalmazott kutatásaim

A digitális technológiák iránti érdeklődésem még egyetemi éveim alatt kezdődött, ahol tulajdonképpen szemtanúja lehettem annak a digitális átalakulásnak, amit ma már visszatekintve digitális forradalomnak nevezhetünk. Számomra akkor nem volt olyan meghökkentő az a gyors fejlődés, hiszen fokozatosan szoktam hozzá, sajátítottam el a design szoftvereket. Először a pixelgrafikus, majd a vektoros szoftvereket alkalmaztam, csak a diploma év felé szereztem be az első 3Ds szoftveremet. Akkoriban ismerkedett mindenki a 3D Max-xal, ami a legkorábbi elérhető alkalmazás volt. Így utólag vizsgálva, tulajdonképpen nem a legjobb választás volt, mert túl komplex program azoknak, akik csak bele akartak pillantani a terméktervezés digitális világába. A nehézségek ellenére számos tárgytervet készítettem, a középpontban főként a kerámia tervezés digitális lehetőségeinek keresése volt. Szerencsére a kerámia főként forgástesteket jelent, amit viszonylag könnyedén lehet létrehozni még digitálisan is. A virtuális térben hamar sikerült elérnem azokat a célokat, amiket már le tudtam kézzel rajzolni, de virtuálisan a képernyőn vizsgálni, tökéletes geometriaként, igencsak meglepő volt.

2004-ben készült az első olyan saját digitális tervem, amit már kifejezetten a piaci igényeknek megfelelően készítettem el, majd a frankfurti szakvásáron mutattam be ázsiai gyártóknak, hátha felkelti az érdeklődésüket. Két típusú terv portfolióval készültem, az egyik



37. kép / Nyomtatott betonelem

kifejezetten a dekorok világát célozta, ahol egyszerű grafikákkal gondoltam termékeiket feljavítani. A másik érdekesebb portfólió a formaterves volt, ahol már három dimenzióban készült készletek, amik hotel tárgyak voltak nagyrészt. Felfejlődtem olyan szintre, hogy képes voltam valóságghűen ábrázolni porcelánokat, azok felületét, valamint már az sem okozott gondot, hogy akár nemesfém preparátumok illúzióját tudjam kelteni. A tervek közül volt, amelyik nem nyerte el a tetszésüket a gyártóknak, de készült olyan terv is, amit megvásároltak és gyártásba is került. Belegondolva ez akkor igazán érdekes eredménynek számított, hiszen a digitális tárgytervezés segítségével egy itteni ötletből, egy ázsiai gyártó által kész tárgy tudott készíteni, amit egy német ipari szakvásáron mutattak be. Így belesöpöpent a termék tervezői folyamatba, megéreztem, hogy milyen nagy potenciál lehet abban, ha valaki kifejezetten számítógépes formaterv eladásával és készítésével foglalkozik. Természetesen ez a piaci szegmens kevéssé tartalmaz művészi értékeket, leginkább az eladás orientált, átlagos formavilág és díszítmény jellemzi. Pár év után úgy gondoltam, nem teljesen az én utam, mindenesetre az azért tisztán körvonalazódott, hogy fontos ismerni és kezelni az új technológiát, még akkor is, ha az ember nem használja nap mint nap.

Nagyon izgalmas volt az a tudat, hogy szemtanúja lehetek egy új technika beépülésének, kortársaimmal együtt éltük meg a hőskorszakot. Minden fejlesztés alatt volt, a programok a kiviteli eszközök, minden nagyon látványosan és gyorsan változott. Mára már sokkal köznapivá váltak a rapid prototyping eszközök használata, nem jelent meglepetést az említésük. Magyarországon abban az időben volt már FabLab, ahol ezek a technológiák nem voltak ismeretlenek. Visszatérve a kezdetekhez, szinte meglepő, hogy pár géppel is számtalan megközelítést lehetett kipróbálni. Szerencsére a kerámia nem dolgozik túl nagy pontossággal –ami még akkor komoly problémának számított a szálhúzó nyomtatók fejlesztése terén–, ezért a gyerekcipőben lévő technológiai szint már e területen nem számított hátráltató elemnek. A technikai fejlesztések főként a nyomtatási finomságra koncentráltak akkoriban és most is, hiszen a láthatatlan nyomtatási felület sok területen elvárt.

A Moholy-Nagy László Formatervezési Ösztöndíj (2011) segítségével nyílt további lehetőségem arra, hogy betekintsek a digitális gyártástechnológiák világába; keveset tudtam még mindig erről a területről, és az a pár év kihagyás meglepően sok volt az IT világában. Sok új eszközt fejlesztettek, így egy kalandnak tekintettem a visszatérést, később ez az experimentális gyakorlat egészítette ki a doktori kutatásomat. Kevés információhoz lehetett hozzájutni, továbbá igen kevés nyitott hely adott lehetőséget Magyarországon arra, hogy bárki közelebb kerüljön az új gépekhez. Nem meglepő, hiszen a mai árakkal összevetve igen magas gépköltséggel kellett számolni és a tárgy kivitelezés is felfoghatatlanul költséges volt, nem beszélve, hogy több munkaóra volt, mint most.

Mind a költségcsökkentés, mind a fejlesztési időszak lerövidítése kedvező változást hozott, bővültek azóta az alkalmazási területek, felgyorsultak a fejlesztések. Az ösztöndíj óta folyamatosan követtem és vizsgáltam az újítások lehetőségeit, érdekelt, hogy hogyan tudnám beépíteni a saját munkáimba a digitális megoldásokat. Új élmények értek Ázsiában; a Szöuli design kiállításon megtapasztalhattam a keleti hozzáállást, amely rávilágított arra, hogy ők hogyan közelítenek a digitális témákhoz. Az egyből látszott, hogy a technikai felkészültségük, szoftveres hátterük előrébb tart az európaihoz képest 2014-ben. Maguk az eszközök eltérő formában készültek; az első színes szkennert, amit ma már több helyen lehet alkalmazni, ott tudtam először kipróbálni. Ez abban az időben még ott is kuriózumnak számított, hiszen leginkább az összes cég a formai beolvasásra koncentrált.

Volt egy másik érdekes eszköz, amit ott piaci bevezetésre szántak: egy asztalra helyezhető 3D-s egér. Figyelemfelkeltő volt, hiszen a beviteli módoknál főként a szoftveres megközelítésre koncentráltam, mert a programok lényege abban áll, hogy lépésről lépésre



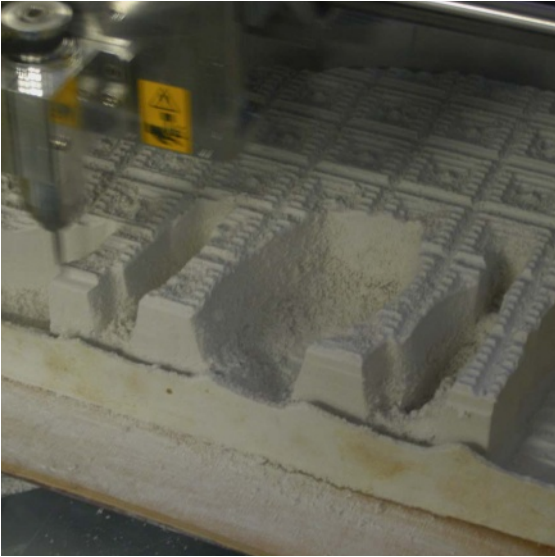
38. kép / 3Ds térbeli egér alkalmazása

parancsokon keresztül hozunk létre, építünk meg egy virtuális tárgyat. Sokan indultak el ezen az alternatív vonalon, hogy akár direktben is lehetne rajzolni a 3D-s térben. Nem kell így egy felépített stratégia alapján létrehozni a virtuális tárgyat, hanem belerajzolhatunk a térbe az egérrel. Az egér valójában egy robotkarszerű toll, ami nem tesz mást, csak rögzíti a kéz mozdulatát a térben, és ezt szinkronizálja a képernyőn látható munkával.

Az elképzelés többek fejében is létrejött, hiszen a magyar fejlesztésű Leonardo-projekt hasonló alapötlettel rendelkezik, de ott az egér nincsen az asztalra telepítve. Ha testeket hozunk létre, nagy előnyt szerezhethetünk abból, ha egyből a szoftveren belül úgy kezeljük, mintha megérinthetőek lennének. Hasonlóan a kézi mintázáshoz, ezek az eszközök képesek digitális formaalakításra, amit valós időben követhetünk a monitoron. Figyelve elterjedésüket, tapasztalhatjuk, hogy nem igazán robbantak be ezek a téri egerek a használatba. Feltételezésem szerint a piac hűvös fogadtatásának oka, hogy a koncepció igazán praktikusnak tűnik, de a gyakorlatban használatuk fárasztó, nehézkes, mégsem tűnik annyira egyszerűnek, mint ahogy az látszik.



#### IV.1.1 Mestermű kivitelezési kutatás: Test és felületképzés



39. kép / Fél magforma marása

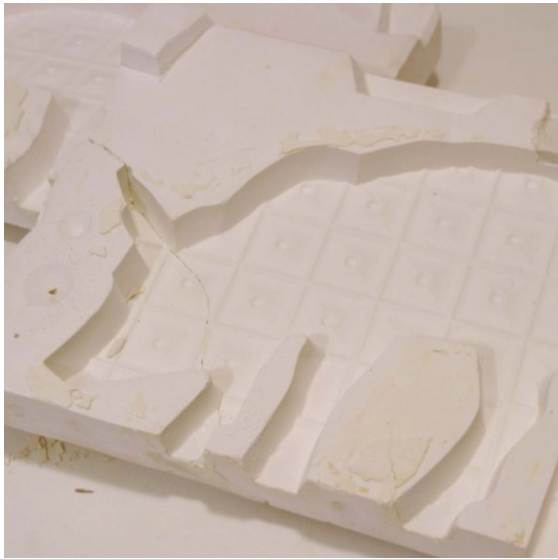
Megfogalmazott célnak tartottam, hogy egy használati tárgyon keresztül kutassam meg a CNC marógéppel létrehozható test és felületkialakítási metodikáját. A kiindulási koncepció a kísérleti technológiai elemzés volt, hogy három-tengelyes fej mozgatással (XYZ tengely), milyen jellegű tárgykaraktereket lehet kialakítani. Hogyan tud felületet létrehozni a marófej, mi a különbség simított és mart anyagmegmunkálás során? Fontos volt az is, hogy ne

legyen túl nagy tárgy, mert minden marásnak alapvetően meghatározott a mérettartománya, ami az alaplagra rögzíthető nyersanyagnak a befoglaló méretei.

A pénzgyűjtés lett a funkcionális tartalom, mivel a persely tárgyaknak semmiféle formai kötöttsége nincs, valamint a malac gyakran alkalmazott formája, de bármi lehet persely, amibe be lehet pénzt dobni. A malacforma egy klisé, de céлом az volt, hogy valamiféle dekoratív tárgy legyen belőle, egy egyszerű geometriával. Hogy oldjam a geometriát, rájöttem, hogy a felületképzésre a szoftverekben külön lehetőségeket lehet megtalálni, így került a figyelmem középpontjában a panel, mint fogalom. A szoftver panelként kezel mindent, ami egy meghatározott formai egység, később ezekkel a panelekkel rengeteg lehetőség nyílik. Tulajdonképpen egy digitális csempézésről beszélhetünk, hiszen egy rácsszerkezete felépítve végtelenségig megismételhető az adott geometria. Digitálisan könnyedén létrehozhatóak hasonló panel formák, így a végtelenségig tud a számítógép izgalmas felszíneket generálni.

A test megépítési kiindulási pont egy fotó volt, majd ebből a fotóból készült egy vektoros szoftverrel maga a sziluett, ez adta azt a zárt vektort, ami megragadta a malacnak a főbb karakter jegyeit. Természetesen a következő lépés az volt, hogy át kellett utána tenni a harmadik dimenzióba, vastagságot adni, mert egy lap még nem tárgy. A test egy nagyon hasznos paranccsal készült, ez az extrudálás, amivel bármiféle zárt vonalat könnyen át tudunk tenni a harmadik dimenzióba.





40.kép / Elkészült öntőforma

Utolsó lépésként az alaptestet és a kialakított generált felszínt kellett csoportosítani, ez adta a végleges formáját a malac persely felének. A CNC maró ekkora méretben nem tud két oldalról hozzáférni az alapanyaghoz, ezért azt a döntést kellett hozni, és ketté kellett választani a virtuális térben a virtuális magformát, így tulajdonképpen két különálló tárgyat kellett marni, amit később, mint kész munkadarabot

össze lehetett ragasztani. A marás választott anyaga a gipsz lett, hiszen olcsó és viszonylag könnyen lehet vele dolgozni, tökéletes kiindulási alapanyag bármiféle kerámia modellkészítésnek. A gipszet nagyolással, majd simítással munkáltam meg, de nagy nehézséget okozott, hogy egy ilyen nagy tömb marás közben el ne mozduljon, azonban rájöttem, hogy a kerámiában gyakorta alkalmazott ragasztási módszer itt is alkalmazható. A körbetapasztás nem agyaggal történt, hanem plasztilinnel, aminek megvan az a nagy előnye, hogy nem szárad ki, nem veszi el tapadó képességét nem beszélve arról, hogy könnyen tisztítható és mégsem egy drága alapanyag.

Angliában, a TENT LONDON designvásáron mutattam be először a design iránt érdeklődő nagyközönségnek, de szerepelt ebben az évben a Kozma Lajos ösztöndíj beszámoló kiállításának a sajtó anyagaiban<sup>51</sup> is. Az előremutató design, valamint a látványos technika integráció miatt felkértek, hogy fogjam össze digitális tapasztalataimat, és publikáljak angolul egy születendő design kötetben egy bekezdést<sup>52</sup>, ami a kerámia és új tendenciák kapcsolatát mutatja be.

---

<sup>51</sup> HERING András (2012) : *A hét kreatívja* Lublój Zoltán, *Phenom'emon magazin*, <http://phenomenon.hu/a-het-kreativja-lubloy-zoltan/>, 2021-04-04 mentés

<sup>52</sup> PELCL, Jiří (szerk.) 2013 : *Design. Od myšlenky k realizaci / From Idea to Realization*, VŠUP v Praze, Prága

#### IV.1.2 Mestermű kivitelezés kutatás: Geometrizált felületképzés



41. kép / Öntött tárgyak



42. kép / Pozitív marás gipszben

A másik CNC marással készített (mestermű)tárgyam egy kiöntő, ami olaj és ecet tárolására alkalmas, először 2012-ben publikáltam<sup>53</sup>. A tárgy felvetett egy izgalmas tervezési problémát, miszerint a kivitelezésnél rávilágított hibás preconcepciómra, hogy alapvetően teljes pozitív formákban gondolkodhatunk csak. A megszokás miatt feltételezzük, hogy a mintavételezési kiinduló forma mindig komplett, de ezt újra kell definiálni, hiszen a digitális lehetőségekkel egy szimmetrikus tárgy egyik fele azonos a másikkal. A tökéletes gépi szimmetria megadja azt a lehetőséget, hogy egy olyan magformát hozzunk létre, ami matematikailag pontos, tehát a bal oldala és a jobb oldala mindenképpen megegyezik, tükör szimmetrikus.

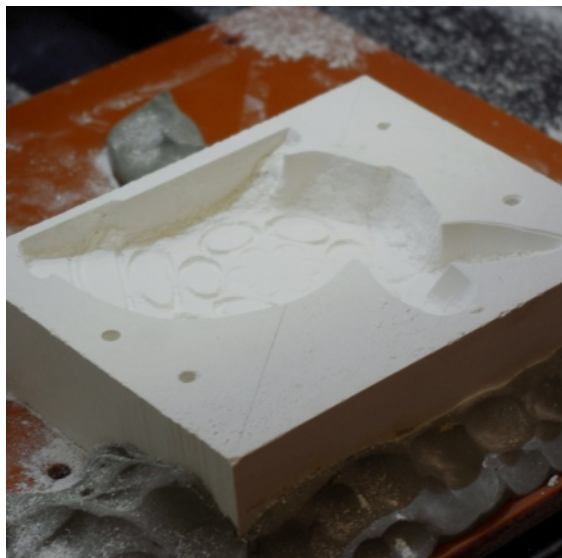
A feltételezés bizonyításaként a kivitelezés során elegendő egy fél testet megvalósítani, amit izgalmas átgondolni, hiszen sok esetben a betanult kivitelezési technikák rutinja elhalványítja a gondolkodásnak nyitottságát. Meglepő, hogy az egész kezdetitárgy nem is létezett soha, de a formakészítés ennek ellenére zökkenőmentesen végig tudtam vinni.

Természetesen azon kívül, hogy meghatároztam a próbatárgy gyártási és kivitelezési koncepcióját, egy az építészetben gyakran alkalmazott felületi rátéttel kombináltam. A felületre torzított síkrácsszerkezet Integrálja a digitális felületképzési módszert, az eredményt látva tényleg nagyon érdekes, ahogy a harmadik dimenzióban megcsavarodik egy nagyon egyszerű rácsszerkezet. Kézzel egyáltalán nem lehet ilyen pontosan metrikus térrácsot létrehozni, megismerve a marási eljárást, a jövőben nem fog egyáltalán felmerülni a kézimunka.

<sup>53</sup> HERING ANDRÁS: A hét kreatívja Lublój Zoltán, *Phenom'emon magazin*, 2012, <http://phenomenon.hu/a-het-kreativja-lubloy-zoltan/>, 2021-04-04 mentés



### IV.1.3 Mestermű kivitelezés kutatás: Magforma nélküli öntőforma készítés



43.kép / Átértelmezett passzer kialakítás

A megelőző kutatások rávilágítottak arra, hogy az új technológiával másképp lehet értelmezni a gipszforma készítést. Minek készüljön el magforma, ha azt a sokszorosítási folyamatban egyáltalán nem vesz részt? Így kihagyható e gyártási lépés, mert a negatívot egyből el lehet készíteni, a marás végeztével tulajdonképpen már felhasználható öntésre.



44. kép / Marófej utja a gipszben

Nem kell részletezni, hogy bármit el tudunk készíteni kerámiából, ami fizikailag már létezik, így reprodukálható, de az, hogy létrehozzuk egy virtuális testet, majd arról történjen meg a „mintavétel” az egészen innovatív. Hiszen ez a prototípus tárgy egyáltalán nem is létezett fizikailag, nem fogtuk meg, nincsen alapanyaga. Mégis beilleszthető a hagyományos termékfejlesztési sorba.

Egy gyárban rengeteg igazi magformát tárolnak, mivel bármikor szükség lehet új prés, vagy öntőformára, de a tárolás rengeteg helyet, kezelése nem kevés energiát emészt fel, a költségekről nem is beszélve. A virtuális pozitív őrzése jelentheti a megoldást a tárolási problémákra, ami a másik folytonos problémára is megoldás lehet, mivel a gipszben hosszú évek után jelentős minőségváltozás következik be.

A nyúl (próbatárgy) elkészítésével tudom bizonyítani, hogy gyorsítani lehet a formakészítési folyamatokat a kerámiaiparban, hiszen, ha egy koncepció alkalmas arra, hogy direkt negatív marással gyors öntőformát hozzunk létre egy gipsztömbből, akkor ez gond nélkül megoldható bárhol.



#### IV.1.4 Mestermű kivitelezés kutatás: CNC marás kis méretekben



45. kép / Öntött beton érme



46. kép / Öntött beton érme mart öntőformája

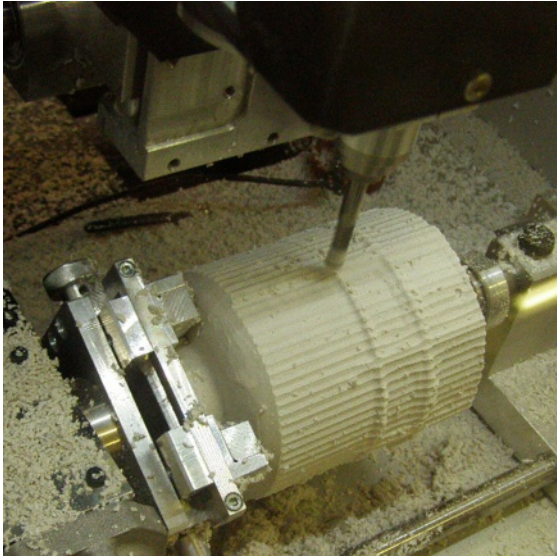
A következő anyag és technika kutatási kísérletem egy műanyag öntőforma elkészítése volt, pontosabban egy mini betonzsaluzat készítése. El kellett készítenem egy pénz kétféles öntőformáját, ahol a próba kedvéért valós, húsz forintos méretében gondolkodtam.

Mivel a CNC maró egy igen precíz gép (+/- 0.01 mm), nagyon pontosan tud különbözőféle alapanyagokat megmunkálni. Keramikusként egyébként nem gyakran találkozom olyan feladattal, hogy egészen kis méretekben kelljen létrehozni formákat, de szélesebben vizsgálva a tárgyalatáson belül az ötvösöknek sokszor adódhatnak olyan feladataik, ahol igen kis méret tartományban szükséges megmunkálni bizonyos alapanyagokat. A kis méret fogalma relatív, fogalmazzunk úgy, minden ami 2x2x2 centiméteres befoglaló kockánál kisebb.

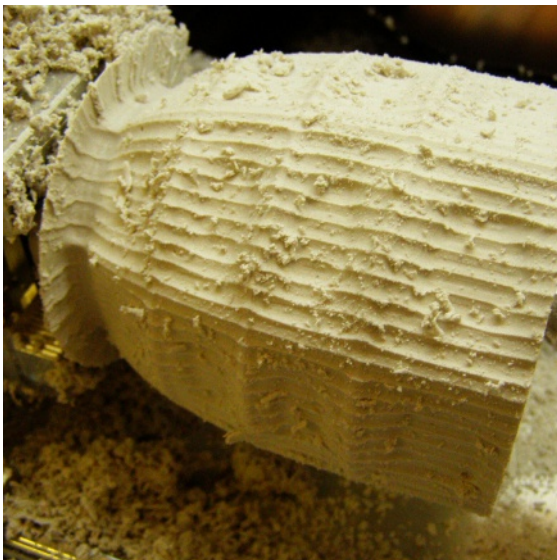
Ilyen mérettartományban próba munkáim alapján már a megfelelő anyagválasztás sem elkerülhető. Az anyagszerkezet és a marógép fizikai igénybevétele meghatározó: egy jó minőségű felülethez, ami homogén és kitörésmentes nagy (mesterségesen) sűrűségű alapanyagok elengedhetetlenek. A kerámiában gyakran használt gipsz itt nem megfelelő, de más természetes anyagok, mint például a fa sem hoz megfelelő eredményt. A fémek speciális műanyagok, mint például a Corian, hozzásegítenek a tökéletes síkok és élek formák létrehozásához.



#### IV.1.5 Mestermű kivitelezés kutatás: CNC marás 4 tengelyen



47. kép 4 tengelyes marás



48. kép / Marási felület közelről

A marás leginkább 3 tengelyes technológia, ami a korábbi kutatásaimban már körvonalazódott, alapvetően az XYZ tengelyen működtetett eszköz semmiféle olyan tárgyat nem tud hiánytalanul kivitelezni, aminek alá fordulása van. Fejlesztőknek köszönhetően elérhetővé vált a négytengelyes marás, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy rá lehet szerelni egy kiegészítő, forgatható tengelyt. Például a Roland 40-s gépen ez egy külön szerelék, amivel lehet körbe forgatni a marni kívánt alapanyagot. Az ilyen asztali gépeknél is nagyon sok lehetőséget aknázhatunk ki a beépíthető kiegészítő egységgel, így belép a negyedik dimenzió.

A kutatásom során egy bögre alapformát próbáltam ki, ahol azért volt szükség erre a lehetőségre, mivel a felületén szétszórtan egy ismétlődő, torzított mintát alkalmaztam. Kézzel természetesen az ilyen felület létrehozása lehetetlenség abban a precizitásban,

amiben a CNC el tudja készíteni. A feladatot meg lehetett volna oldani szálhúzásos nyomtatással is, de itt engem az érdekelt, hogy a kerámiaipari alapanyagot; a gipszet direkt faraghasam. Előnye az volt így, hogy nem kellett semmiféle támasztékkal és felületi javítással foglalkoznom. Az öntőformát egyből el lehet készíteni a darabról, mert a kész eredmény már a gipszmag. Összevetve a 3D nyomtatással; ugyan nagyobb az anyagvesztés, azonban a gipsz esetében költségben ez nem jelentős.

<sup>54</sup> BDEINC (2017): *Understanding Accuracy, Precision, & Tolerance of CNC Machining*, <https://www.bdeinc.com/blog/understanding-accuracy-precision-tolerance-cnc-machining/>, 2021. 04. 15 mentés

## IV.2 Digitális tárgyalakotás szinterei

### IIV.2.1 Eindhoven



49. kép / Oliver van Herpt diplomája



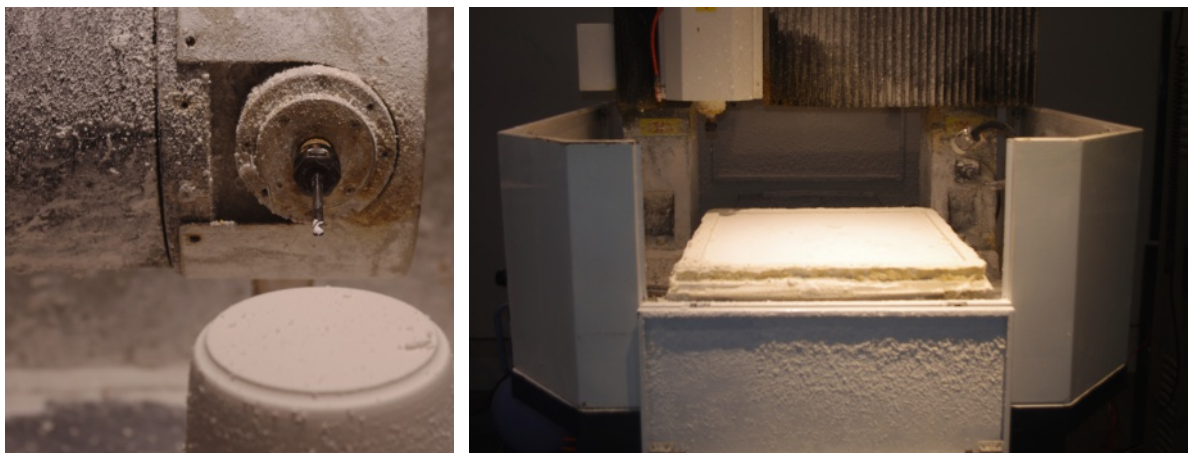
50. kép / DDW sajtóközpontja

A holland designweek-en (DDW) kutattam a témaköreim nagy részét, hogy hogyan és milyen tárgycsoportokban és technológiával készülnek a tárgyak. A holland megközelítés hallatlanul izgalmas és karakteresen más, mint a hazai. A feldolgozott témák minden évben teljesen eltérőek, nagy hangsúlyt fektetnek a természetbarát tervezésre, a technikai megoldásokkal megtűzdelt designra.

Magyarországon a nem ipari felhasználású digitális technológia még gyerekcipőben járt 2011-ben, ezért az egész kutatást több tanulmányúttal kezdtem Eindhovenben, Hollandiában. A holland tervezők már a munkáikból ítélve alkalmazták a gépek által nyújtott új lehetőségeket. A holland Design Week-en történt az a legtöbb felmérés, hogy hogyan, milyen tárgycsoportokban és milyen technológiával készülnek a digitális tárgyak. Az egész izgalmas és karakteresen más jellegű volt, mint a hazai alkalmazás.

A témák, amiket feldolgoznak, teljesen más technikával készültek, nagy hangsúlyt fektettek a természetbarát tervezésre, a digitális megoldásokkal megtűzdelt designra. Pont erre voltam kíváncsi, ezért végignéztem a technológiákat, s az ezzel a módszerrel létrehozott termékeket. Hamar kiderült, hogy a fejlett ipari háttérrel rendelkező országokban hamarabb kezdtek el foglalkozni az új lehetőségekkel, hiszen jelentős anyagi ráfordítással jár a berendezések beszerzése és fenntartása.

A Shapeways nevű cég európai főhadiszállása is pont itt van. A cég arról ismert, hogy Európában ők kezdtek nyomtatási szolgáltatásokat nyújtani on-line platformokon, anyagkutatással is foglalkoznak.

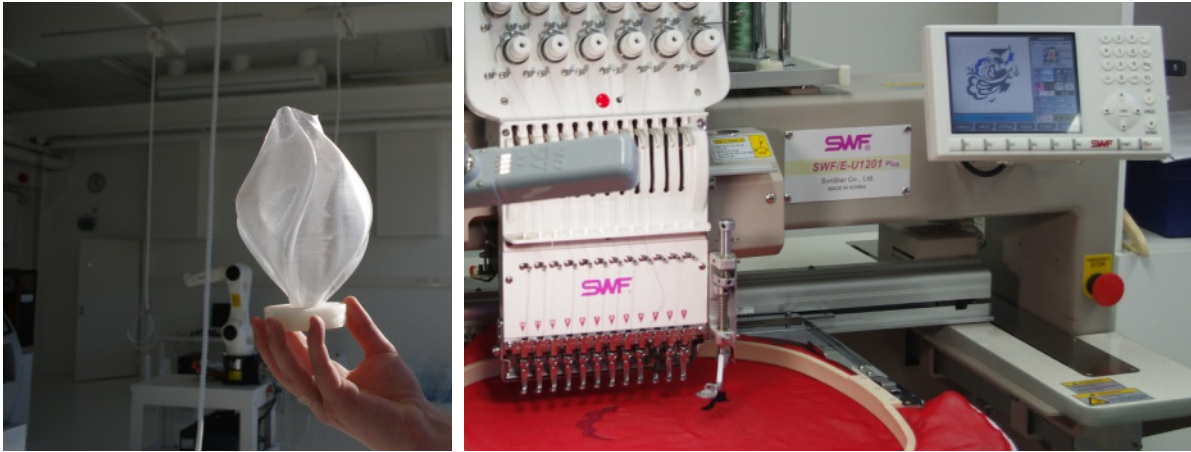


51.kép / Gipszforma CNC marása

## VI.2.2 Jingdezhen

Kína vitathatatlanul a kerámia őshazája, a legkorábbi porcelánokat itt állították elő, sokáig képesek voltak titokban tartani a porcelán és az alapanyagok összetételét, amit csak a meissenai porcelán gyárban tudtak jóval később reprodukálni, az európai porcelángyártás története tulajdonképpen innen kezdődik. Sikerült kétszer is látogatást tennem abban a városban, ahol az egész szakma elindult. Jingdezhen egész lakossága szinte elmondható, hogy kerámiát, de főként porcelánt állít elő, ha van valamiféle központja a kerámia hagyománynak, akkor az ez a város. Több száz évre visszamenőleg egymásra épülő tudásról alakult ki a mai is világszínvonalú szakmai tudás, ennek ellenére magam is meglepődtem, hogy a kínaiak a hagyománytisztelet mellett nagyon érdeklődőek, mint a legtöbb ázsiai ország a technika iránt. A városon belül kiemelt művészeti bázison létrehoztak egy 3Ds kivitelező, kísérleti gyártóbázist, ahol kezdetben kizárólagosan műanyag alapú kiviteli technikákkal foglalkoztak. Leginkább a szálhúzásos (FMD) technikák variációira lehetett felfigyelni, azonban érthető módon a kerámia, mint lehetőség a digitális gyártásban náluk ugyancsak fókuszba került.

Sok helyen megfordultam már ahol foglalkoznak kerámiával, viszont azt még sehol nem láttam sehol, hogy a CNC gépeket a gipsz esztergákba integrálják, ezért emberi munka nélkül tudják a magformákat létrehozni. Egészen előremutató megoldásnak gondolom, mert a kerámia anyagaihoz rendelték a technikát és nem egy másik alapanyaghoz.



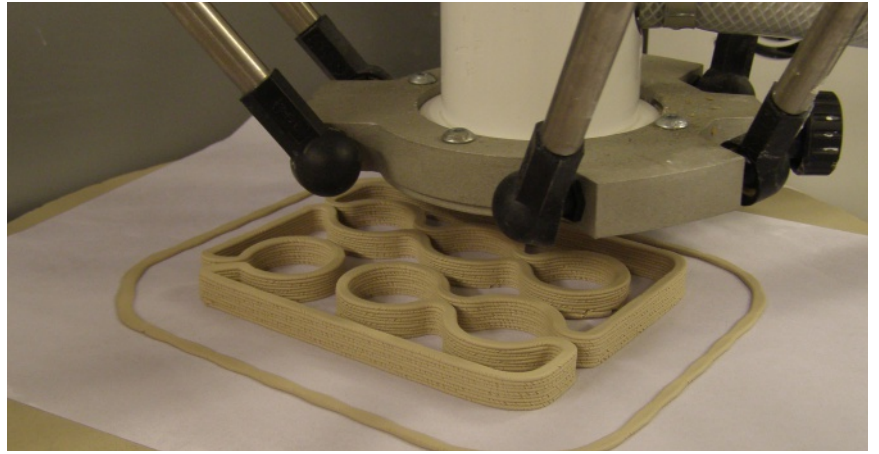
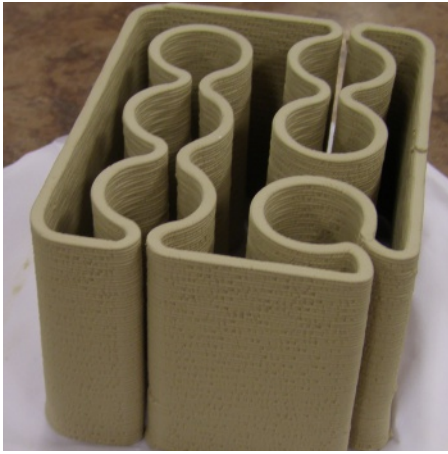
52. kép / Alvar Alto Egyetem digitális eszközparkja

### VI.2.3 Helsinki

A finn design egy fogalom a tárgyalkotásban, hiszen számos híres tervező, és jól ismert finn design cég termékei ikonikusak, Fiskars, Marimekko, Iittala, Arabia, Tonfisk. Az elmúlt években már nem nagyon hallunk annyit, de ettől függetlenül, még mindig ott vannak az élbolyban, a design előremutató tendenciáit kutatva és felhasználva. Nem kizárólag jó designtermékeket tudnak létrehozni, hanem a műszaki tudományokban is meghatározóak, e két kedvező folyamat eredményezte az erős digitalizációt művészetük terén.

Helsinkiben az Alvar Aalto Egyetem jó egy évtizede létesített digitális laboratóriumot, ahol a hallgatók megismerkedhetnek az új digitális gépekkel, majd munkájuk során gyakorlatot szerezhetnek alkalmazásukban. A két campuson a profil kicsit eltér, egy médialabort létesítettek az egyikén, ahol általánosságban lehet megismerkedni a digitális világgal. Látogatásom alkalmával számos digitális vezérlésű eszközzel tudtam megismerkedni, mint például a szövőgéppel, a hímzőgéppel, az textil alapanyagnyomtatóval, természetesen mind a legmodernebb számítógépes vezérlésű volt.





53. kép / MOME digitális kurzshete, agyagnyomtatás

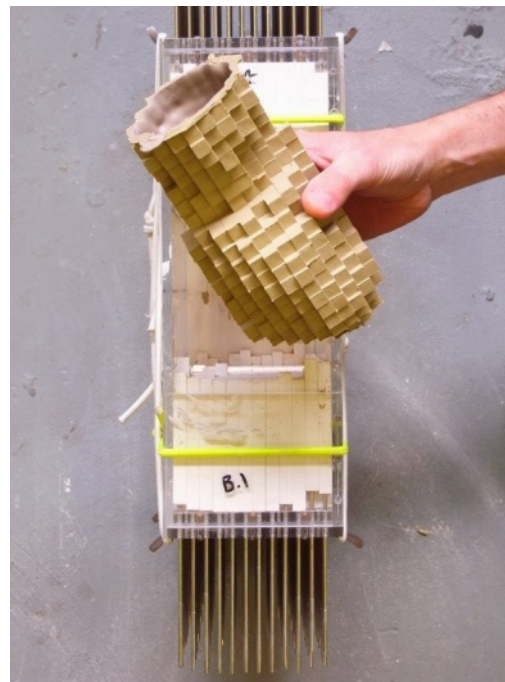
#### VI.2.4 Budapest, MOME

Budapesten a MOME digitális tárgyalkotó laborja sem marad el a többi külföldi egyetemi hasonló laborjától. Sőt azt lehet mondani, hogy igen csak jól felszerelt gépekkel várja a hallgatókat, hogy megismerkedhessenek az új lehetőségekkel, azonban hamar kiderült, hogy nem elég a gépeket üzembe állítani, be kell vonni az oktatásba, vezetett kurzus keretén belül.

Egy kurzus hét keretén belül (2020) kollégáimmal (Dezső Renáta, Kondor Edit) dolgoztuk ki a labor használhatóságának a részleteit, második alkalommal indítottunk egy agyagnyomtató alkalmazásával foglalkozó hetet. Bemutattuk, hogy alapvetően egy elég egyszerű szerkezet, hiszen ez is a három tengelyen mozgatott fej használatával alakít ki testeket, klasszikus Delta-nyomtató. Másik alapanyaggal dolgozik azonban, nem műanyaggal, ezért mind az anyag előkészítés, mind a tárgyak tervezésének a metodikája eltérő. Kitapasztaltuk, hogy hogyan kell megfelelő alapanyagot, illetve megfelelő tárgyakat tervezni, hogy lehetőleg hiba nélkül legyenek kinyomtatva tárgyak.

A koncepció felépítésben segítettem, hiszen fontosnak gondolom az épített gyakorlati sort a tanulóssorán, a gép működésének megértése érdekében három feladatot határoztam meg. Az első feladat arról szólt, hogy hogyan néz ki egy síklap nyomtatva, tehát hogyan alakítunk ki síkot, aminek alig, vagy elhanyagolható harmadik dimenzióban a forma karaktere. Másodikként már egy kombinált forma volt a cél, ahol az oldalfalra koncentráltunk, beindult a Z-tengely, már számított a magasság is. Utolsó feladatként pedig már a szabadon választott, önálló alkotásra jutott idő.

Az elsők közt mutatok be egy projektet, ami nem szorosan kapcsolódik a digitális gyártáshoz, mégis már magában hordozza azt a kortárs gyártási alkalmazást, ami része az új megközelítésnek, ami elvezet egészen a tárgynyomtatásig. Julian F. Bond kerámia vázáinak a készítési módja szakít a hagyományos gipszforma készítéssel, a monoton öntéssel és a tömeggyártás negatív eredményeivel. Minden gyár napi rutinja a sokszorosítás, ugyanaz a termék, ugyanaz a forma tonnaszám. A tervező ebben az esetben szakít a klisékkel, az öntőszerkezet adja a variálhatóságot. Manuálisan lehet beállítani a következő formát, itt még nem számítógép generált G-kódról beszélünk, a kivezérlés a tervező akarata.



54. kép / Pixel machine

A projekt újdonság értéke, hogy a forma nem ismételt tárgyakat hoz létre; mondhatnánk inkább nyomtat, csak folyamatában azonos a megszokott kerámiaöntéssel. A szögletes vázák random módon, emberi algoritmus alapján jönnek létre. A mozgástér, hasonlóan a 3D-s nyomtatókhoz, kötött, a kialakított keretben befogott gipszpálcák mozgatásával változtatható. Egy öntés egy térbeli alakzat, egyedi, részben megismételhető, mégsem beszélhetünk gyártásról, mivel egy kezdeti öntőgép használatával történik.

A pixel-öntőgép 2010-ben, érthető módon, hamar felkeltette a szakma és a média érdeklődését, mivel ez az eljárás a gyártás és az egyediség határait feszegeti; képtelenség felcímkézni, hova is tartozik. Elnevezésében és kinézetében egyértelmű a digitális világ és a hagyományos tárgykultúra közti párhuzam, valós térben átlép a pixelek virtualitásából a kézzel fogható funkció tárgyba. A váza tökéletesen alkalmas forma az új megközelítés tesztelésére, hiszen csak egy negatív tér, valójában nem kötik funkcionális előképek.

## IV.4 Művészeti előzmények, előtanulmányok

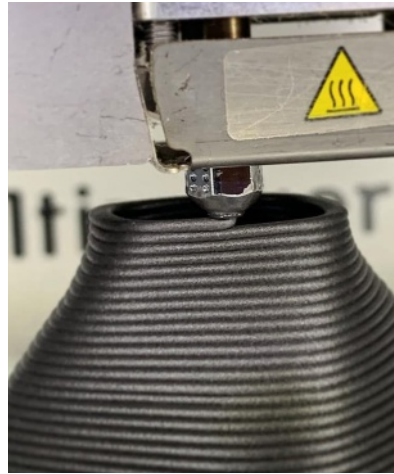
### IV.4.1 Tárgy referenciák, referencia tárgyak

A műszaki fejlesztések után, közel tíz éve kezdtek megjelenni a digitális technológia segítségével előállított alkotások, ekkor már sok munkában érezhető volt az eltérő hozzáállás. A hagyományokra épülő szakma (kerámia) régi mozgatórugói már egy ideje egyfajta fáradt lassuló fejlődést mutattak –amikor új célként–, melyből a frissítés, a technikai innovációk jelentették számomra a kiutat. Sokáig tartotta magát az az elképzelés, hogy egy ennyire ősi, technológiailag kötött területen nincs lehetősége/értelme alkalmazni a technikai innovációt. Ma már jól látszik, hogy lényegében erejét veszítette ez a kritikai megközelítés; a fókuszba pont e terület került, noha egy nagy művészettörténeti háttérrel és komoly képességeket feltételező szakterülettel rendelkező területen váltani nagy bátorság, kiváltképp úgy, hogy az eredmény nem feltétlen pozitív. Szemmel látható volt, figyelve a nemzetközi trendeket, hogy a kerámiát is meg fogja érinteni ez a paradigmaváltás.

Elhatároztam, hogy összegyűjtöm azokat a példákat, amik vagy eredményeikben, vagy gondolati megközelítéseikben úttörő példát mutatnak a mestermunkám elkészítéséhez, vagy más tárgyalkotóknak. Az eszközök elérhetősége művészeti és design területen egyre elterjedtebb, valamelyik digitális gyártási technológia alkalmazásával vagy a formavilágból visszakovethető. A szoftveres tervezés tanulságos, ezt megismerni kifejezetten hasznos. Nagyon fontos, hogy ezeknek az új formavilágoknak az ismeretében megismerkedjünk azzal, hogy milyen felszíneket, új formákat lehet létrehozni, amikben korábban nem lehetett gondolkodni, hiszen a kezünk nem egy gép. Egészen meglepő új formákat lehet alkotni úgyis, hogy nem használjuk a gondolatainkat, hanem a gép által generált formai megoldásokból válogatunk, illetve később azt szerkesztve egy összetett ember és gép által tervezett formát alkotunk.



55. kép / Hagyományos felrakás



56.kép / FDM nyomtatás



57. kép / Fekete László : Torzó

Az agyag végigkíséri a történelmi korszakokat; gondoljunk a római olajmécsestől kezdve egészen a benzinmotoros autók szűrőbetéjére. Sokoldalúsága miatt nem véletlen az alkalmazása: könnyen megmunkálható, költséghatékony, nem feltétlenül feltételez magas műszaki és technológiai háttérrel; kevés szennyező anyagot hagy maga után, szinte a föld minden pontján megtalálható, hozzáférhető. A kerámiakészítés technikája az egyik legrégebbi tárgyalkotó technológia, nem véletlen, hogy az épített tárgyak alapsémája szolgálta a későbbi digitális technológia alapjait.

Feltűnő, hogy maga a 3D-s nyomtatók működési elve, a tárgyfelépítés módja mennyire megegyezik a kerámia építésmódjával; rétegesen haladva felfelé épül, akár csak a klasszikusan épített agyagedények. A logika teljesen megegyező, hiszen hurkából/szálakból szintenként felfele halad, az adott átmérővel a tárgy, kerámiánál az összedolgozás, a nyomtatóknál a tapadás tartja egyben a tárgyat. Visszatekintve a 80-as évekre, Fekete László csurgatott plasztikáira, még megdöbbentőbb ez a hasonlat, hiszem munkáit ma felnagyított 3D-s nyomtatványokként is tudnánk értelmezni.



58.kép / SolarSinter Projek



59. kép / kinyomtatott tárgy

#### IV.4.2 Marcus Kayser

A digitális gyártásnak és az eszközöknek a fejlődési görbéje könnyedén modellezhető, mert, mint minden műszaki tudás egymásra épül, egyikből következik a másik. Marcus Kayser SolarSinter Projek néven futó koncepciója azonban egy olyan felvetés, ahol egyszerre jelenik meg a high-tech gépek építésének professzionalizmusa, illetve a do-it-yourself attitűd.

Marcus arra építette nyomtatójának koncepcióját, hogy rengeteg kihasználatlan energia létezik a Napban, akárcsak homok a sivatagban, amit alkalmazni lehetne, mint energiaforrás. Elsőre még nem is a szinterezés került látókörébe, hanem egy DIY lézervágó gép, erős lencsékkel gyűjtötte egy nyaládba a nap sugarait; így létrehozva a jól ismert gép alternatív verzióját. A szinterezés azonban már nagyobb apparátust igényel, de egy évvel később – ugyancsak a Szaharában - kipróbálta felvetését és sikerült nagyon magas hőmérsékletre hevítenie a homokot, hogy alkalmassá váljon prototípus nyomtatásra így az egészen üveges fázisba lépve, összetapadt.



60. kép / Szinterezett homok tárgy

Az így készült 'proto' tárgyak természetesen még nem értelmezhetőek funkcióval bíró használati tárgyként, de az a megközelítés finomításával akár elérhető. Tervező szemszögből ezt már 3D-s nyomtatásnak tekinthetjük, hiszen a tárgyak formája már előzetesen elkészült, a gép a napenergiával és a lencsékkel pontosan olyan alapszerkezet, ami későbbiekben minden Maker-bot alapja.

Ha korstílusról kéne beszélnünk, akkor nyugodtan említhetjük a művészetekben is jól észrevehető digitalizmust. Az átállást analóg eszközökről digitálisokra. Ez a jelenség nemcsak a tárgyakon keresztül figyelhető meg, hanem maga a gondolkodásmód is digitalizálódik; az új muníciót az újdonságok létrehozásához a technológia is adja, így az alkotók használják az új lehetőségek előnyeit.



61. kép / Végeredmények a helyszínen

---

<sup>55</sup> NITZ, Brian (2012):Markus Kayser's 3D Solar Sinter Prints on Sand, Greenprophet, <https://www.greenprophet.com/2012/02/solar-sinter-sun-markus-kayser/>, 2021. 04. 15 mentés



62. kép / Urna váza



63. kép / Digitális Portland váza

#### IV.4.3 Michael Eden

Az elmúlt évek egyik legismertebb digitális tárgyalkotó művésze, tanulmányait, mint keramikus kezdte és 25 évig dolgozott stúdió keramikusként. Dekoratív tárgyakat és használati tárgyakat készített kis műhelyében feleségével. Korai alkotásaira jellemző volt, az úgynevezett slip-ware, ami egy klasszikus angol dekorálási eljárás<sup>56</sup>, a magyar engóbozás hasonlít leginkább hozzá. A művészt azonban mostanában egyre inkább a digitálisan átdogozott Wedgwood klasszikus formákról ismerhetjük meg, mint például a híres Portland váza.

A digitális területre meglepő módon keveredett, hiszen szeretett volna magának egy honlapot készíteni, ezért részt egy vett esti programozó kurzuson, itt ismerkedett meg a HTML kódolással. A tanfolyam alatt jött rá arra, hogy tárgyakat is fel lehet építeni digitális megközelítéssel. Elmesélte<sup>57</sup>, számára a készítés lényeg, hogy egyszerre dolgozik az agy és a kéz: így komplexen tanul, Moholy is hasonlóan vélekedett ennek fontosságáról<sup>58</sup>. A digitális munkáknál viszont nincsen kézimunka, de ott van az egér, mint egy lehetőség a formai manipulálása. Kezdeti munkáiban kereste a kapcsolatot a korongolt tárgyak és a belső üreges formák között, később ezeket kezdte el megépíteni Rinocérosz szoftverrel. A digitális nyomtatás mellett nagyon érdekelte őt is a CNC marás, ez a két technika, amit rendszerint

<sup>56</sup> EDEN, Michael & Victoria (1999): *Slipware: Contemporary Approaches*, A & C Black Publishers Ltd.

<sup>57</sup> EDEN, MICHAEL: *Skillshare Network webinar*, 2021.04.01 ZOOM

<sup>58</sup> MOHOLY-NAGY László: (2014):

alkalmaz, amit a Royal College of Art kutatóösztöndíjának megnyerése során sikerült részletesebb tudásokhoz hozzájutnia.

Legújabb munkái digitális parafrázisai a brit kerámia hagyománynak, munkamódszerével elkezdte újra szerkeszteni digitálisan a formákat, aminek az eredményei a futurisztikus megjelenésű, kerámia ihletésű díszvázák. A strukturális szerkesztés tökéletesen megfelelő a digitális építkezésnél, mivel generált formákat készít.

#### *IV.4.5 Kővér Dóra Rea*

Kiindulási pontja a természet formaalkotási módjait alapul vevő generatív, perszonalizált ékszertervezés. A digitális kivitelezésben jól felismerhető az SLS, azaz a szelektív lézer szinterézés. A technológia nem tartozik a közismert lehetőségek közé, hiszen mind árában, mind kivitelezési minőségében igen magas színvonalat képvisel. Fém tárgyak esetén azonban, különösen ékszer kategóriában más költségvetéssel és más megközelítéssel lehet dolgozni.



*64. kép / Karperec*

A projekt érdekességét a technikától eltekintve még az is adja, hogy az online platformon egy ismeretlen megrendelő saját maga készíti el az ékszerét. A tervező csak a szemléletet adja, azt is csak egy algoritmus keretében, így elkészítés pillanata adja a tárgyak végleges formáját tárgykonceptiója, reagál a virtuális térben eltöltött időtartamainkra, felveti a virtuális slow-design lehetőségét, kutatja, hogyan folytatódhat a kézművesség evolúciója a digitális korban.





65. kép / mart felületi kialakítás



66. kép / Elkészült pálinkás készlet

#### IV.4.6 Monori Anita

Monori Anita pálinkáspalack fejlesztése digitális technológiával egy jó példája a komplex gondolkodásnak, miként integrálja az alkotó egy projekten belül a régi és új szakmai megoldásokat. A technikákat nemcsak önmagukban lehet alkalmazni, hanem nagyon fontos az, hogy hol lehet beépíteni egy meglévő technikába, a kevert gyártástechnológia egy igen izgalmas lehetőség. Nagyon fontos az ilyen projekteknél, hogy nem feltétlenül kell egy technológiában és egyfajta anyag megközelítésében gondolkodni, hanem analízáló, a lehetőségeinket értelmezve, részleteiben is meg tudjuk közelíteni a gyártási lehetőségeket.

A költségek miatt, illetve a gyártásiidő lerövidítése érdekében, ki lehet alakítani egy modern modellkészítési rutint, ahol mindig azt választjuk, ami a kedvezőbb. Ha kell, megbontjuk a formát, hiszen a formakészítési folyamatát nem feltétlen kell egy anyagban, egész formában gondolkodni. A végleges magforma lehet, hogy eltérő eszközökkel jön létre, és mint egy puzzle épül össze. A domborított részeket gumilap lézerezésével alakította ki a művész, így tudta a kézi vésés pontatlanságát kiküszöbölni.

A végeredményben nem látható az az összetett kivitelezési sor, amin keresztül ment a designtárgy. Rengeteg digitális eszköz és rengeteg kézműves technika épül be, így elmondhatjuk, hogy tipikus maker movement szellemiségével átítatott tárgy jön létre. Az átlag szemlélő erről mit sem tud, de jól mutatja, hogy régi fogalmak, mint az iparművészet, műszaki tervezés, design már egy újabb szintre lépett és keresni, vagy alkalmazni ezeket a kifejezések nem tudjuk, vagy nem érdemes a megszokott módon. A világ és a tárgyalkotás megváltozott, összetettebbé vált, érdemes újraértelmezni fogalmát.



67. kép / Táskák kollekció

#### IV.4.7 Gspann Zsuzsa

Gspann Zsuzsa öltözképző kiegészítői olyan funkcionális tárgyak, melyekben a síkból a térre alakítás határterületeit vizsgálja, minden megalkotott táskája, cipője a lapszerű anyagból indul ki. Az alkotó már egyetemi éve alatt foglalkozott az ismétlődő struktúrákkal (Collapsible kollekció, 2014), elsősorban a táskákat vizsgálta. Legyen a műanyag, bambuszlap, vagy lamináltfa bevágott minták jelenjenek meg a felületükön, utóbbi egyszerre dekoratív, illetve struktúraalakító. Hajtásokkal, kiemelésekkel térré változtatja a merev anyagokat. A szerkezet kialakítása lézerrel történik, a bemetszés látványa grafikai értéként jelenik meg. Fontos szerepet kap a ritmus, az art deco diszkrét bája, a messzemenő részletgazdagság. A finom vágás elosztást ebben a geometriai rendszerben kézzel nem lehetne ilyen színvonalon megcsinálni.

Kivitelezésnél használja a lézervágást, amit később klasszikus kézműves technikákkal vegyít. Jól érződik a maker movement hatása, hiszen nem szakít szakmájának hagyományaival, de mégis képes szintetizálni az új technikai lehetőségekkel. A puritán színvilág jó kontrasztja az alig felfedezhető ipari technológiának, hiszen elegánsan elegyíti koncepció tárgyaiban a két világ értékeit.

## V. Mestermunka

### V.1.2 A mestermű problémafelvetése

A digitális technológiáról és a tárgyokról érdemes néhány konklúziót megemlíteni. Észrevehető, hogy annak ellenére, hogy ez a technológia igazán nagy szabadságot ad a tervezők kezébe, mégis végeredményeikben nagyon hasonlatos tárgyak jönnek létre. Pontosan fellelhető azoknak a parancsoknak az alkalmazása, amiket használtak, de még gyakran a használt program is felfedezhető. A felmerült probléma mellett nagyon sok tárgyat lehet adatbázisokból, digitális könyvtárakból letölteni, ezért az ilyen tárgyból hiányzik valami, túl steril. A hiány sokszor a stílus vagy az egyéniség, szinte minden egy kézből származik, csak néhány alkotónál fedezhető fel némi eltérés. Az okok közt lehet, hogy a művészek még nem tudják egészen kifinomultan alkalmazni, perszonalizálni a lehetőséget, ezért sorakoznak a márkaképviselők unalmas tucat 3D-s nyomtatványai a gépeiket népszerűsítő szakvásáron, szinte ugyanazokat a minta tárgyakkal lehet találkozni. A mestermunka probléma felvetésének pont ezt a hiányt vettem alapul, tárgyakon keresztül irányított változatos, alternatív szituációkat vizsgáltam meg.

Bár sok egyéb területen lehetne azonban alkalmazni a digitális lehetőségeket, gyakran mégsem történik meg, gondoljunk csak arra, hogy milyen jó lehetne, ha bármelyik elromlott háztartási eszköznek az alkatrészeit otthon pótolni tudnánk. Az eltört visszapillantó tükröt a kocsik típusa és gyártási száma alapján ki kereshetnénk egy on-line adatbázisból, és elugorhatnánk a sarki nyomtató helyre, ahol a kiválasztott színből ott kinyomtatható lenne. Az ipari pontosság monoton, érzelemmentes, tucat termékeket képes létrehozni, ha nem ékelődik be a folyamatba egy tervező.

Kérdés azonban, hogy egy digitális korszakban egyáltalán az egyedi stílus létezése szükségességes-e? Aki korábban született, annak ez egy hiátus, aki pedig ebbe született bele, elképzelhető, hogy annak fel se tűnik. Az uniformizált tárgyak alapvetően mindig

---

tartalmaznak valamiféle unalmasságot, nem véletlen, hogy a művészeti darabok, az egyediség minden korban értéknek számítottak.

*A digitális világban azonban mi lesz az érték? Érték lesz-e a kézműves kivitelezés?*

Az iparművészet láthatóan egészen más, mert nem a tökéletességet keresi, hanem az őszintét, az igazit, vagy a különlegeset. A mestermunkámban, olyan tárgykollekcióban gondolkodtam, ahol meghatározhatóan alkalmazok valamilyen digitális manipulációt. A kellemesebb összkép kedvéért pedig vegyítem a kézi munkát a gépi keletkezésű formavilággal, különböző arányban.

Értelmezésemben fontos összevetni a régi tudást az új lehetőségekkel, és mérlegelni kell, hogy melyik visz közelebb célunkhoz, illetve melyik tudja még pontosabban visszaadni az elképzelt ötletünket. Nem beszélve arról, hogy minden design feladat kerékkötője a mindenkori technológia, elképzelhető egy olyan tárgy, ami eddig csak elméletben létezhetett, de mindeddig technikailag nem tudtuk megvalósítani. Jó példa erre például a Gömböc, léte a matematikai logikának köszönhető, materializált megvalósulása csak a közelmúltban volt lehetséges<sup>59</sup>, digitális gyártással. Egy ilyen testnél még egy ezredmilliméter is számít, teljes képtelenség kézzel elkészíteni.

Úgy gondolom most egy nagyon jó időszakban tudunk tervezőként dolgozni, hiszen az újítások, a technológiai innovációk közepében vagyunk, így most meg lehet határozni a design feladatait és reflexióját az innovációra, de új gondolkodási és kivitelezési jövőképet kell kialakítani. Ez egy járatlan út, velünk együtt változik, de rengeteg gyakorlati tapasztalattal, forma kísérlettel és koncepció tárggyal tudjuk megkeresni a helyét a technológiának.

## *Mit ad a digitális világ egy alkotó számára?*

A műtárgy létrehozása alapvetően technika független, de az iparművészet hajlamosak elsajátított szakmájuk szerint gondolkodni. Az önálló alkotói tevékenységet a kezük képességeik szerint behatárolják, sok esetben geometriai értelemben nem pontosak, de ettől emberi, kézműves megközelítésű. Az a romantikus kép, hogy valami eszközök nélkül, csak és kizárólag kézzel készül, eleve hamis. Az eszközhasználat nyilvánvaló, olyan tradicionális szakmáknál, mint a fazekasság, vagy az ötvösség, hiszen fellelhető a célgépek alkalmazása. Természetesen a korong, magától érthetően egy jóval egyszerűbben kezelhető eszköz (low-tech), mint a digitális eszközök, a vizsgálódásaim során arra a konklúzióra jutottam, hogy:

*A digitális kivitelező eszközöket vegyíteni kell, a hagyományos eljárásokkal, mert a fúzió új formákat, tervezési és koncepcióépítési lehetőségeket vázol fel.*

Feltérképezve a digitális technológia gyakorlati lehetőségeit, úgy a mestermunkában fessegetem azokat a gyakran felmerülő kérdéseket, amiket eddig a hagyományos eljárásokkal „nem lehetett megcsinálni”. A kritikus problémák a következők:

- Nem tudunk semmiféle metrikus szabályos vonalából felépülő szerkezetet mérettartóan elkészíteni, nagyon pontatlanul készülnek a párhuzamos, merőleges szabályos szögeket bezáró formakapcsolatok, teljes mértékben a tökéletes e képzés paraméterek alapján nagyon nagy koncentrációt kívánnak, illetve szinte lehetetlen ezeket elkészíteni.
- Nem tudunk semmiféle metrikus, szabályos vonalából felépülő szerkezetet, rácsot mérettartóan elkészíteni.
- Nagyon pontatlanul készülnek a párhuzamos, merőleges szabályos szögeket bezáró formakapcsolatok, teljes mértékben a tökéletes e képzés paraméterek alapján nagyon nagy koncentrációt kívánnak, illetve szinte lehetetlen ezeket elkészíteni.
- Izgalmas geometriai testeket (spirál, kocka, tórusz) csak fáradtságosan, sokáig tartó mintázással tudunk létrehozni.

## V.2.1 A mestermű témája

Művészeti értelmezésben nehéz megítélni a csak gépi alkotásokat<sup>60</sup>, hiszen alapvetően műalkotásokat és design tárgyakat (eddig) emberek hoztak létre. Minden digitálisan tervezett tárgynak van egy művi, gépi hangulata, mivel túl pontos, túl merev. Minden tervezőnek ki kell alakítania saját állásfoglalását a digitális kivitelezési, felhasználási kérdéskörben. A mestermunka tárgyaiban ragaszkodtam ahhoz, hogy a kollekcióban, noha nyomon követhető a szoftveres jelenlét, mégse kapcsolódjon hozzá negatív asszociáció. A feldolgozott ismeretanyag alapján úgy gondolom a jövőben egyre gyakrabban fog beépülni a 3D-s tudás valamilyen formája az iparművészeti, valamint a képzőművészeti alkotásokba.

### *A mestermű hipotézisem:*

*A jövő iparművészeti tárgyai már hibrid tárgyak lesznek, technológiailag nem állapítható meg a homogén formaképzés jellege.*

A célom a munkáimon keresztül, hogy elkezdődjön a párbeszéd egy tárgyon belül, reflektáljon a készítés módja az általam feltérképezett lehetőségekre. A mestermű tárgyainak az alap logikája, hogy milyen formákban lehet keverni hibriddé alakítani egy funkcionális tárgyat. Minden darab egy viszonyrendszer, gondolati megközelítés.

Korábbi munkáimnál is feszegettem már hasonlóan két eltérő világ kontextusát, például az Asztalos tálamnál, ahol az alap tárgy élettelenységét ütköztettem, az „igazi”, az élővel. Szokatlan formákat, asszociációkat kapcsolok össze, a művészi eszközöm a kontraszt, ami meghatározza egy tárgynak az érdekességi faktorát, különféle aspektusok játéka.

A mestermunkám nem kizárólag egyetlen egy munkában testesül meg, hanem egy kollekció, hangsúlyozva a digitális technológiáknak a változatosságát, hiszen láthattuk eszközökben és tervezési metodikákban többféle megközelítés létezhet. Úgy artikulálom ezért ezt a színességet, hogy vegyes kivitelezési árnyalatokat sorba téve vázlok fel egy ívet a két végpont között. A kollekcióm alaptémája a tudatos technikai keverés, játék a gépi és kézi formáltság közt.

---

<sup>60</sup> CHRISTIE'S (2018): *Is artificial intelligence set to become art's next medium?*, <https://www.christies.com/features/A-collaboration-between-two-artists-one-human-one-a-machine-9332-1.aspx>, 2021. 04. 14 mentés

Hamar rá kellett jönnöm, hogy a digitális gyártásnak vannak korlátai, egy alkotónak magának kell irányt mutatni. Egy tárgy elkészülésének a jellege, a korábban felvázolt elméleti keretrendszerben erősen leegyszerűsítve vagy kézimunka, vagy iparilag előállított karakterű. Az ipari formai jelleg –még az avatatlan szemnek is– egyből szembetűnő, mert hiányzik belőle minden emberi rezdülés, a tiszta, pontos geometria határozza meg. Másképpen megközelítve a tárgy a szoftveres tervezésnek köszönhetően teljesen egzakt, a számítógépes átalakítás csökkenti a hiba lehetőségét.

A kollekció tárgyainak elkészítésében arra a következtetésre jutottam, hogy sem önállóan a kézműves korongozott tárgyak nem igazán felelnek meg az elképzeléseinek, de a tisztán digitálisak sem. Meg kellett határoznom egy másik olyan alkotói módszert, amivel leginkább ki tudom fejezni azt törekvésem, ami legjobban közvetíti a feltérképezett területet, de nem rugaszkodik el túlságosan a kerámia világtól sem. Rájöttem, hogy nem kell feltétlen egy tárgyban alkalmazni a digitáliákat, hanem elég egy illúzió létrehozására, legyen a szemlélőnek egy olyan benyomása, hogy érezze tartalmaz ipari jelleget.

A digitális szekvenciáknak neveztem el azokat az elemeket, amik digitálisan készültek el, és így épültek be egy tárgyba. Az apró elemek tisztán legfőképpen 3D nyomtatással jöttek létre, később ezeket sokszorozó formákkal fordultak át kerámiába. Nagyon izgalmas összehatást lehet elérni ezzel a keverési eljárással.

### **V.3. Digitális tárgysorozat bemutatása**





### Malac persely

Formaalakítás CNC maró segítségével, mert gipszpozitív mintavételével készült használati tárgy. Ismétlődő geometria jelenik meg a tárgy felszínén, ami egy szoftveres lehetőségből (panelling) származtatott felületképzési eljárás.

## **OBJEKT Nr. 1**

manuális: 70 %  
digitális: 30 %



## Olajkiöntő

Mechanikus rácsképzés kialakítása porcelán testen, ahol az alaptest karakterét leköveti a felületi játék. A teljes magforma nem készült el, a digitális gyártás hozzásegítette az öntőformagyártást.

### **OBJEKT Nr. 2**

---

manuális: 60 %  
digitális: 40 %



## Gyümölcsös tál

Három elemből létrehozott kompozit hmagforma alapján létrehozott tárgy. A tölcsér pereme CNC marással készült el egy tömbbe, majd azt hagyományosan tovább esztergáltam. A szűkülő vékony rész pedig 3D nyomtatóval készült el.

### **OBJEKT Nr. 3**

---

manuális: 70 %  
digitális: 30 %



## Kínáló tál

Digitális szekvenciákból összeállított formavilág, az önálló öntőformákkal bármilyen forma létrehozható. a tárgy koncepciót határoztam csak meg, de teret enged a variációknak és a szabad játéknak.

## **OBJEKT Nr. 4**

manuális: 70 %  
digitális: 30 %



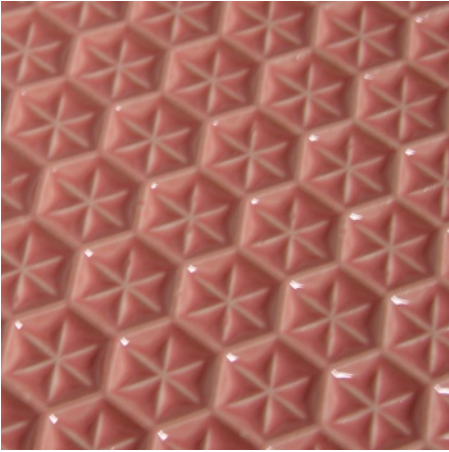
## Bögre Nr1.

Négy tengelyes marással létrehozott használati tárgy, egy hibrid készítés eredménye, a bögre füle kézzel készült, azonban a testet CNC marással hoztam létre.

## **OBJEKT Nr. 5**

---

manuális: 70 %  
digitális: 30 %



*digitális szekvencia*



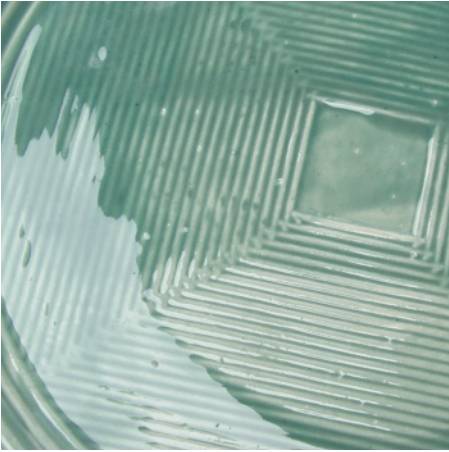
## Kínáló

Hibrid gyártással készített nagy elemszámú ismételt szekvencia alkalmazás, kellemes kontraszt, számomra izgalmas stílus keveréssel.

## **OBJEKT Nr. 6**

---

manuális: 50 %  
digitális: 50 %



*digitális szekvencia*



## Tányér

CNC marással készített magformáról készített tányér test, érdekessége, hogy a marási pálya alakította ki a felületi kiképzést.

## **OBJEKT Nr. 7**

manuális: 70 %  
digitális: 30 %



*digitális szekvencia*



## Váza koncepció tárgy

Szekvenciákat egyenként megöntve felépített tárgy, keveréke a hagyományos gyártásnak és a 3Ds nyomtatának.

## **OBJEKT Nr. 8**

---

manuális: 70 %  
digitális: 30 %





*digitális szekvencia*



## Díszváza

Digitális grafikai ismétlődés, az alap test hagyományos eszközökkel készült, azonban olyan díszítést választottam, ahol a kézi festés értelmezhetetlen, csak digitálisan oldható meg.

## **OBJEKT Nr. 9**

---

manuális: 80 %  
digitális: 20 %



*digitális szekvencia*



## Díszváza

Digitális grafikai ismétlődés, az alap test hagyományos eszközökkel készült, azonban olyan díszítést választottam, ahol a kézi festés értelmezhetetlen, csak digitálisan oldható meg.

## **OBJEKT Nr. 10**

manuális: 80 %  
digitális: 20 %

# Irodalom jegyzék

- <sup>1</sup> BROOKS, Michael (2011) : *A tudomány titkos anarchiája* , HVG Kiadói Zrt, 233.oldal
- <sup>2</sup> JUHÁSZ Edina (2021): *Csetüzenetben hirdetnek ítéletet a kínai bíróságok*, INDEX, [https://index.hu/techtud/2019/12/10/kina\\_igazsagszolgalattas\\_wechat/](https://index.hu/techtud/2019/12/10/kina_igazsagszolgalattas_wechat/), 2021-04-11 mentés
- <sup>3</sup> SHY (2014): *Mi a fene az a STARTUP?*, Startupper, <http://startupper.hu/mi-fene-az-startup/>, 2021-04-11 mentés
- <sup>4</sup> MARKOFF, John, (2012), "Skilled Work, Without the Worker," *The New York Times*, (augusztus 19. megjelenés), (2015.01.20 mentés), [<http://www.nytimes.com/2012/08/19/business/new-wave-of-adept-robots-is-changing-global-industry.html?pagewanted=all>]
- <sup>5</sup> ADAM, William (2012): *Scream & shout feat. Britney Spears*, UMG, <https://www.youtube.com/watch?v=kYtGl1dX5qI>, 2021-04-11 mentés
- <sup>6</sup> [http://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/31537/1/PubSub9037\\_522a\\_Holt.pdf](http://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/31537/1/PubSub9037_522a_Holt.pdf) 2019.01.12 mentés
- <sup>7</sup> SZEBENYI Marianna, *Digitális Jólét program keretében közzétett tanárfüzet\_tanárfüzet 2016* <https://drive.google.com/file/d/0B03v2YN9TNBXcDhZcEZSZnllMXJIUHk1czBIVUdfUIZMcEV3/view> 2021.03.10 mentés
- <sup>8</sup> MOME Steam projekt <https://designisso.com/2017/05/08/be-steam-a-jovo-oktatasfejlesztési-iranyai/> 2021.01.11 mentés
- <sup>9</sup> WANIATA, Ryan (2018): *The Life and Times of the Late, Great CD*, Digitaltrends, <https://www.digitaltrends.com/features/the-history-of-the-cds-rise-and-fall/>, 2021-04-12 mentés
- <sup>10</sup> KSH : *Háztartások info-kommunikációs eszközhasználatának és egyéni használat jellemzői (2005–2014) felmérés*, [https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_oni006.html](https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_oni006.html)
- <sup>12</sup> Vincze, Anikó. (2013). *Digitális bennszülettek?: a dudari felső tagozatos általános iskolások IKT-használatának jellemzői*. 10.14232/belvbok.2013.58505.f.
- <sup>13</sup> EVA London: *EVA London 2014, Electronic Visualisation and the Arts konferencia*, Jonathan Peter Bowen: *Digitalizmus az új realizmus?* DOI: 10.14236/ewic/eva2014.38
- <sup>14</sup> YOUNGGIN Yoo: *Digitalization and Innovation*, Temple University, 2010, 7. oldal
- <sup>15</sup> <https://www.spindox.it/en/blog/emotional-algorithms-emotions/> 2020.12.21 mentés
- <sup>16</sup> KALIOUB, Ranael: *This app knows how you feel*, TED Woman 2015 conference , 2015 [https://www.ted.com/talks/rana\\_el\\_kaliouby\\_this\\_app\\_knows\\_how\\_you\\_feel\\_from\\_the\\_look\\_on\\_your\\_face?language=en](https://www.ted.com/talks/rana_el_kaliouby_this_app_knows_how_you_feel_from_the_look_on_your_face?language=en), 2021-04-07 mentés
- <sup>17</sup> Alicia Miller: *The evolution 3D printing: past, present, future*, 2016, <https://3dprintingindustry.com/news/evolution-3d-printing-past-present-future-90605/2020.december.16>. mentés

- 18 ALL3DP (2021): 2021 Best 3D Modeling Software/ 3D Design Software, <https://all3dp.com/1/best-free-3d-modeling-software-3d-cad-3d-design-software/>, 2021-04-16 mentés
- 19 DENHAM, Thomas (2020): What is rendering?, <https://conceptartempire.com/what-is-3d-rendering/>, 2021-04-16 mentés
- 20 AOUE, Rima Sabina : Algorithm designs seven million different jars of Nutella, Dezeen, 2017, <https://www.dezeen.com/2017/06/01/algorithm-seven-million-different-jars-nutella-packaging-design/> 2021-03-29 mentés
- 21 FREE3D: <https://free3d.com/3d-models/>
- 22 BOWERS, Micah (2020): Why You Don't Need Design Education, <https://www.toptal.com/designers/ux/design-education>, 2021-04-16 mentés
- 23 MOHOLY-NAGY László (1968): Az anyagtól az építészetig, Corvina Kiadó, 14. oldal
- 24 HEATER, Brian (2017): MakerBot's technology of the future grapples with its rocky past, TechCrunch, [https://techcrunch.com/2017/04/23/makerbot-ceo-interview/?guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAGAFPHylIwVfGAEclhIDliDAZGrfQtrVDIxOMeSfq3YRKydQvNB10fYOUtr8vc1Ju-\\_KZgkg-E5Up\\_lhmzr0nnnU9ojlXDUUgdgVH1bpkliaurFd2ZGhuda\\_cAEMWNPP5yTCiS16btZ4z3PjFdO7xVJ4-fO8WdZSkql1P8eNu\\_TO](https://techcrunch.com/2017/04/23/makerbot-ceo-interview/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAGAFPHylIwVfGAEclhIDliDAZGrfQtrVDIxOMeSfq3YRKydQvNB10fYOUtr8vc1Ju-_KZgkg-E5Up_lhmzr0nnnU9ojlXDUUgdgVH1bpkliaurFd2ZGhuda_cAEMWNPP5yTCiS16btZ4z3PjFdO7xVJ4-fO8WdZSkql1P8eNu_TO), 2021-04-12 mentés
- 25 <http://opendesignnow.org/index.php/article/made-in-my-backyard-bre-rettis> (2020.12.13 mentés), noha a bécsi első szereplés nem hozta az eredményt, de 2008-ban már sikeres projektként mutatkozott be az alapítók nagy örömére.
- 26 MARTINEZ, Sylvia: The Maker Movement: A Learning Revolution, ISTE, 2019, <https://www.iste.org/explore/In-the-classroom/The-maker-movement%3A-A-learning-revolution>, 2021-04-06 mentés
- 27 HATCH, Mark (2014): Maker Movement Manifesto, McGraw-Hill Education, 2014, <https://raumschiff.org/wp-content/uploads/2017/08/0071821139-Maker-Movement-Manifesto-Sample-Chapter.pdf>, 2021-04-16 mentés
- 28 SKIDMORE, Paul: Why is 3D Modeling Important for Product Manufacturing Companies?, CadCrowd, 2020, <https://www.cadcrowd.com/blog/why-is-3d-modeling-important-for-product-manufacturing-companies/>, 2021. 04. 04. mentés
- 29 MARTIN: How to Calculate 3D Printing Times – Guide with Examples, The 3d PrinterBee, <https://the3dprinterbee.com/how-to-calculate-3d-printing-times/>, 2021-04-03 mentés
- 30 GLAWION, Alex: Best Workstation Computer for 3D Modeling and Rendering, CGDirector, 2021, [https://www.cgdirector.com/best-computer-3d-modeling-rendering/#3D\\_Modeling](https://www.cgdirector.com/best-computer-3d-modeling-rendering/#3D_Modeling) 2021-04-02 mentés
- 31 PLURALSIGHT: The Great Flame Wars: Mac vs. PC for 3D Artists, <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/great-flame-wars-mac-vs-pc-3d-artists> , 2014, 2021-04-02 mentés

- 32 PICKAVANCE, Mark: *Best 3D modelling software of 2021*, Techradar, 2021, <https://www.techradar.com/best/best-3d-modelling-software>, 2021-04-02 mentés
- 33 SCHEINER, Christoph (1637): *Pratica del parallelogrammo da disegnare del P. Christoforo Scheiner... nella quale s'insegna una nuova arte di disegnare*. Padova, Sebast. Sardi
- 34 MOTLEY, Derryl: *Examining the Reverse Engineering Workflow from 3D Scan to CAD*, GoMeasure3D, 2017, <https://gomeasure3d.com/blog/reverse-engineering-workflow-scan-to-cad/#annotation>, 2021-04-03 mentés
- 35 S. HAMMAD MIAN, A. AL-AHMARI: *New developments in coordinate measuring machines for manufacturing industries*, *Int. J. Metrol. Qual. Eng.* 5, 101 (2014), 5 oldal
- 36 HATTAB, Ammar, GONSHER, Ian, MORENO, Daniel, TAUBIN, Gabriel (2017): *Differential 3D*
- 39 PENN, Sharon (2020): *How to Market Your Product for Fundraising*, <https://smallbusiness.chron.com/market-product-fundraising-21976.html>, 2021-04-16 mentés
- 40 TROXLER, Peter (2016): *Fabrication Laboratories*, Researchgate publikáció, 2016, DOI: 10.1007/978-3-319-31686-4\_6
- 41 DOGOSSY Gábor (2015) : *Polimer habok*, Széchenyi István Egyetem publikációi, 212old.
- 46 WiredShopper (2021): *The 10 Best 3D Printing Pens Of 2021*, <https://thewiredshopper.com/best-3d-printing-pens/> 2021-04-07 mentés
- 49 BURLINGTON, Mass: *Z Corporation Achieves Key Milestones*, PR Newswire, 2011, <https://www.prnewswire.com/news-releases/z-corporation-achieves-key-milestones-116819113.html>, 2021-04-02 mentés
- 50 WESTIN, SAM: *Best 3D Printing Filaments: A Comprehensive Guide to 3D Printing Materials*, Total 3D printing, 2019, <https://total3dprinting.org/a-comprehensive-guide-to-3d-printing-filaments/>, 2021-04-05 mentés
- 51 LANDONI, Boris (2014): *3Drag is now printing with Chocolate!*, OpenElectronics, <https://www.open-electronics.org/3drag-is-now-printing-with-chocolate/>, 2021-04-05 mentés
- 54 BDEINC (2017): *Understanding Accuracy, Precision, & Tolerance of CNC Machining*, <https://www.bdeinc.com/blog/understanding-accuracy-precision-tolerance-cnc-machining/>, 2021-04-15 mentés
- 56 NITZ, Brian (2012) : *Markus Kayser's 3D Solar Sinter Prints on Sand*, Greenprophet, <https://www.greenprophet.com/2012/02/solar-sinter-sun-markus-kayser/>, 2021-04-15 mentés
- 57 EDEN, Michael & Victoria(1999): *Slipware: Contemporary Approaches*, A & C Black Publishers Ltd.
- 58 EDEN, Michael: *Skillshare Network webinar*, 2021.04.01 ZOOM
- 60 ÁBRAHÁM Ambrus (2016): *Bekapná a nagyvilágot a legendás magyar Gömböc*, TMT KÖNYVTÁR- ÉS INFORMÁCIÓTUDOMÁNYI SZAKFOLYÓIRAT, 63. évfolyam, 9 szám, 365-66 oldal
- 61 CHRISTIE'S (2018): *Is artificial intelligence set to become art's next medium?*, <https://www.christies.com/features/A-collaboration-between-two-artists-one-human-one-a-machine-9332-1.aspx>, 2021-04-14 mentés

# Képek forrása

- <sup>1</sup> <http://www.michael-eden.com/2008-2010>
  - <sup>2</sup> saját render
  - <sup>3</sup> Oravec István / [www.mome.hu](http://www.mome.hu)
  - <sup>4</sup> <https://www.fabbaloo.com/blog/2020/7/10/yeggi-will-find-that-3d-model-for-you>
  - <sup>5</sup> <https://metrology.news/recreate-streamlines-reverse-engineering-from-metrology-scans/>
  - <sup>6</sup> <https://www.onwardsearch.com/blog/2016/06/product-designers/>
  - <sup>7</sup> Szegedi Zsolt
  - <sup>8</sup> <https://value3d.com/2d-drafting.html>
  - <sup>9</sup> [https://twitter.com/cg\\_director/status/1037993871295348736](https://twitter.com/cg_director/status/1037993871295348736)
  - <sup>10</sup> [https://www.google.com/search?q=rhino+drawing+3d&sxsrf=ALeKk002UyDu9mzRxAHFp7HTrfE23ppbg:1618835116758&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjV69XgporwAhVLx4sKHTS1APkQ\\_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=625#imgrc=GtGJYVjyUZab1M](https://www.google.com/search?q=rhino+drawing+3d&sxsrf=ALeKk002UyDu9mzRxAHFp7HTrfE23ppbg:1618835116758&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjV69XgporwAhVLx4sKHTS1APkQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=625#imgrc=GtGJYVjyUZab1M)
  - <sup>11</sup> <https://casadelpoeta.es/las-setas-sevilla-monumento-encanto/>
  - <sup>12</sup> <https://www.archilovers.com/projects/23/guggenheim-bilbao.html>
  - <sup>13</sup> <https://www.digitalmediaworld.tv/vfx/3329-3ds-max-2021-3-improves-remeshing-controls-launches-retopology-v1-0>
  - <sup>14</sup> <http://math-info.cried.tsukuba.ac.jp/museum/MathematicalInstruments/macchine/091bib.htm>
  - <sup>15</sup> <http://www.3dscannerindia.com/3d-scanners.html>
  - <sup>16</sup> <https://www.3dnatives.com/en/3d-scanner-laser-triangulation080920174-99/#/>
  - <sup>17</sup> <https://metrology.news/how-3d-laser-scanning-is-speeding-up-reverse-engineering/>
  - <sup>18</sup> <https://www.cncstepusa.com/structured-light-scanning>
  - <sup>19</sup> <https://time.com/3206731/3d-scanner/>
  - <sup>20</sup> <https://3dscanexpert.com/qlone-smartphone-3d-scanning-app-ios-android-review/>
  - <sup>21</sup> <https://www.3d-scantech.com/3d-scanning-technology-captures-all-details-in-forensic-investigations/>
  - <sup>22</sup> saját felvétel
  - <sup>23</sup> saját felvétel
  - <sup>24</sup> saját felvétel
  - <sup>25</sup> <https://topvinylcutters.com/vinyl-cutter-guide/>
  - <sup>26</sup> <https://www.3erp.com/blog/three-main-types-of-lasers-for-cutting/>
  - <sup>27</sup> <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-laser-cutting>
  - <sup>28</sup> <https://hackaday.com/2020/02/01/cnc-hot-wire-cutter-gives-form-to-foams/>
  - <sup>29</sup> [amazon.co.uk/3Doodler-Start-Essentials-Printing-Kids/dp/B01CL1FCRQ](https://amazon.co.uk/3Doodler-Start-Essentials-Printing-Kids/dp/B01CL1FCRQ)
  - <sup>30</sup> <https://ultraspecialties.com/precision-cnc-milling/>
  - <sup>31</sup> <https://www.exportersindia.com/meson-cutting-tools/form-cutters-5100025.htm>
  - <sup>32</sup> saját felvétel
  - <sup>33</sup> <http://fab.cba.mit.edu/classes/863.15/section.Architecture/people/Gumuskaya/weeks/WE4/detail4.html>
  - <sup>34</sup> <https://www.archdaily.com/491100/the-burgeoning-craft-of-3d-printing/53357524c07a8084890001ec-the-burgeoning-craft-of-3d-printing-image>
  - <sup>35</sup> [https://techcrunch.com/2017/04/23/makerbot-ceo-interview/?guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAANfLFLdIAvTODqt\\_ZyiTl6qXGwxuSahYtrx1eu4Sss8sNWVgF\\_Gf\\_m6x94hBRTTfcUq3YSz-YJehpNYhRnUc2SUGblcvMIWmCu0tJqYxCdkjo342n6BwruaTC\\_NisGqDENS63FAEwehB0OXPSV1-fJF7dBu\\_sA7hiHMzqVD8Jk](https://techcrunch.com/2017/04/23/makerbot-ceo-interview/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAANfLFLdIAvTODqt_ZyiTl6qXGwxuSahYtrx1eu4Sss8sNWVgF_Gf_m6x94hBRTTfcUq3YSz-YJehpNYhRnUc2SUGblcvMIWmCu0tJqYxCdkjo342n6BwruaTC_NisGqDENS63FAEwehB0OXPSV1-fJF7dBu_sA7hiHMzqVD8Jk)
  - <sup>36</sup> <https://www.assemblymag.com/gdpr-policy?url=https%3A%2F%2Fwww.assemblymag.com%2Farticles%2F94781-the-benefits-and-limitations-of-3d-printingchocolate>
  - <sup>37</sup> <https://all3dp.com/2/concrete-3d-printing-how-to-do-it-and-application/>
  - <sup>38</sup> saját felvétel
  - <sup>39</sup> saját felvétel
  - <sup>40</sup> saját felvétel
-

- 41 saját felvétel  
42 saját felvétel  
43 saját felvétel  
44 saját felvétel  
45 saját felvétel  
46 saját felvétel  
47 saját felvétel  
48 saját felvétel  
49 saját felvétel  
50 saját felvétel  
51 saját felvétel  
52 saját felvétel  
53 saját felvétel  
54 <https://www.yatzer.com/Pixel-Vases-Landscape-by-Julian-f-Bond-swing-gallery>  
55 <https://thepotterywheel.com/how-to-make-coil-pots/>  
56 <https://www.tomorrowsgarage.com/3d-printing>  
57 [https://www.kormendigaleria.hu/muvesz/fekete\\_laszlo.html?content=../alkotas/16602.html](https://www.kormendigaleria.hu/muvesz/fekete_laszlo.html?content=../alkotas/16602.html)  
58 <https://kayserworks.com/>  
59 <https://kayserworks.com/>  
60 <https://kayserworks.com/>  
61 <https://kayserworks.com/>  
62 <http://www.michael-eden.com/>  
63 <http://www.michael-eden.com/>  
64 Kövér Dóra Rea  
66 Monori Anita  
67 Gspann Zsuzsa

