

„Nihil fit ex nihilo (Semmiből nem lesz semmi) – Parmenides”

## A 3D NYOMTATÁS TÖRTÉNETE ÉS JÖVŐBELI KÉRDÉSEI

HORVÁTH ÁDÁM<sup>1</sup> – KURUCZ ATTILA<sup>2</sup>

### Összefoglalás

Az innováció újabb arcát mutatja meg századunkban különösen a technológiai fejlődés területén. Egy ilyen új terület a 3D nyomtatás is, amely jelen írásunk központi témája. A 3D nyomtatás technikai története nem mai, nagyon sok gyökere nyúlik vissza 1800-as évek második felére. Másfelől nagyon sok kétség és kérdés merül fel a jövőbeli használatáról, hasznáról. A tanulmány első felében a történeti előzmények kerülnek bemutatásra, majd a 3D nyomtatás felhasználási területeire térünk ki. Célunk láthatóvá tenni az egyes alkalmazási lehetőségek tisztázatlanságát, mind humánus, mind pedig morális és jogi nyitott kérdéseket.

### Kulcsszavak

3D nyomtatás, 3D nyomtatók, Irodaautomatizálás, műanyagipar fejlődése, nyomtatott termékek

### Summary

The innovation shows brand-new faces especially in the field of technology. The 3D printing is the main topic of this issue. The history of 3D printing goes back to the late 19<sup>th</sup> century, when the office automatization started. The first part of the article is about the roots of 3D printing, then there can be found some questions of the future. In the second part we present the application of 3D printing, and our aim is to uncover the questions of humanity, morale and legality, which are still open.

### Keywords

3D printing, 3D printer, office automatization, development of plastic industry, 3D printed products

---

<sup>1</sup> Végzett gazdaság hallgató, Kodolányi János Főiskola; e-mail: [rocksbelow@gmail.com](mailto:rocksbelow@gmail.com)

<sup>2</sup> egyetemi adjunktus, Széchenyi István Egyetem, Kautz Gyula Gazdaságtudományi Kar; e-mail: [kurucz.attila@sze.hu](mailto:kurucz.attila@sze.hu)

## **Bevezetés**

A teremtés vágya egyidős az emberiséggel. A világ majd minden vallásában található utalást arra, hogy az ember az ősidők óta szeretne teremtőjével egyenrangúvá válni az alkotás képességének megszerzésével. Az új dolgok teremtése összefonódik az innovációval, az innováció pedig az emberi találékonysággal és az ebből fakadó műszaki-technológiai fejlődéssel. Ennek egyik szegletére a 3D nyomtatásra figyeltünk fel.

A 3D nyomtatás kérdése a már nem új, de mégis mindig új, ha azt tekintjük, hogy korán sem biztos, mi fog kisülni belőle. Az innovációs folyamat több tudományterület támogatására indult el, nem csak a műszaki gyártás, de az orvostudomány és a high-tech iparágakban is. Hod Lipson és Melba Kurman 2013-as könyvét is úgy kezdi, hogy „Helyszín: A Te életed. Dátum: ...néhány évtized múlva” (Hod–Melba 2013, 1). Arra utal, hogy ez csak kitaláció lehet, mert valójában fogalmunk sincs, hogy mi is fog történni a 3D nyomtatás világában. A megfejthetlent kutatni nagyszerű kihívás, ezért írásunkban összeszedtük, hogy milyen ismert múltja és milyen jövőbeli kifürkészni való kérdései lehetnek a 3D nyomtatásnak.

## **A feltalálástól napjainkig**

Az ipari termelés alapjai egészen a 20. század végéig két egyszerű eljárásra korlátozódtak: Valamely anyag formába öntése és/vagy megmunkálása. Ezen technikák különböző formái határozzák meg napjaink gyártósorainak a működését, használati és berendezési tárgyaink létrehozási alapjait. Az eljárásokat összefoglaló néven „elvevéses gyártásnak” (subtractive manufacturing) hívjuk, hiszen a formázás során az alapanyagot alakítva – abból elvéve – marás, faragás, formába öntés útján kapjuk meg a kívánt végső munkadarabot (Singh 2006, 4). Gépiesített gyártósorokon az említett műveletek közös tulajdonsága, hogy egy gép egyszerre egyféle feladatot tud ellátni, illetve formába öntés esetén a negatív formák állandóak. Mindezek a tulajdonságok egyszerre járnak szükségszerű anyagvesztéssel, illetve véges variációs lehetőséggel.

Ugyan a 20. század specializálódott gyáróriásainál ezek a tényezők megszokott részei voltak a működésnek, de a század második felére felmerült az igény arra, hogy költség- és anyag-hatékony módon, akár kis szériában lehetőség legyen térbeli formák precíziós létrehozására.

Az igény elsősorban a tervezési oldalon jelent meg, név szerint a prototípusgyártásnál. A termékfejlesztés ezen stádiumát korábban emberi kéz által létrehozott egyedi darabok használata jellemezte, ám könnyen felismerhető, hogy a legaprólékosabban így létrehozott modell sem érheti el egy gépi vezérlésű darab precizitását, főként ha az a cél, hogy könnyen lehessen kisebb-nagyobb változtatásokat eszközölni a munkadarabon, illetve ha több pontosan egyforma mintát szeretnénk létrehozni (Singh 2006, 18).

A technológiai áttörés, és a vizsgálat tárgyát képező 3 dimenziós nyomtatás megjelenése az 1980-as évek elejére tehető, azonban a „hozzáadásos gyártás” (additive manufacturing) és a térbeli modellezés alapjai a 19. századig nyúlnak vissza és két szabadalomhoz köthetőek.

Francois Willéme, francia festő, fotós és szobrász 1860-ban egy olyan technológiát (fotószobrászat – Photo-sculpture) fejlesztett ki, amivel tárgyakat és személyeket 24 szögből fotózott, majd a képek segítségével hozta létre a modellek 3 dimenziós mását. Ez a technológia adja az alapját a mai számítógépes 3 dimenziós modellezésnek és szkennelésnek (Szobieszek 1980).

*1. ábra: Az irodai technológia első innovátorai*



U. S. Grant



Admiral Farragut

*Forrás: civilwar.org*

A másik alapkövet Joseph E. Blather egyesült államokbeli térképész tette le 1892-es szabadalmával, melyben szintvonalas domborzati térképek térbeli leképzsését az egymás feletti szintvonalak által határolt területek egymásra rétegezésével hozta létre (Blather 1892).

Blather elképzeléseit 1956-ban, John Munz gondolta tovább szabadalmában, mely szerint az egymásra épülő rétegeket egy fényérzékeny anyag kamrában történő megvilágításával hozta létre (Munz 1951). Munz szabadalma nyomán az elkövetkező évtizedekben számos kísérlet történt a technológia gyakorlati megvalósítására, ám a végső áttörés a 80-as évekig váratott magára.

A kezdő lökést Charles W. Hull 1983-as felfedezése adta. Hull egy műanyagipari vállalatnál dolgozott, melynek fő profilja a bútorelemekre UV fény segítségével műanyag réteg felhelyezése volt. Felismerte, hogy ezekből a rétegekből akár több ezret is egymásra helyezhetne, a megfelelő rétegpáraméterek számítógépes meghatározása segítségével pedig végül összefüggő térbeli alakzatot nyerhet. Szabadalmát 1986-ban jegyeztette be „Három dimenziós objektumok létrehozása sztereolitográfia által” címmel (3D Systems 2013).

Valójában ezt a pontot tekinthetjük a modern 3D nyomtatás megszületésének. Még ebben az évben létrehozta vállalatát 3D Systems néven, mely a mai napig piacvezető az iparágban. 1987-ben hozták létre az első sztereolitográf gépet, a 3D Systems SLA-1-et, mely az első, piacra készült 3D nyomtatónak tekinthető (3D Systems 2013).

Ugyan Hull szabadalma volt az első, ám a korszakban korántsem az egyetlen. 1987-ben Carl Deckard, az University of Texas kutatója feltalálta a „szelektív lézerszinterézést”, mely egy másik eljárással ért el Hull metódusához hasonló eredményt<sup>3</sup> (Hopkinson et al. 2006, 64).

<sup>3</sup>A szabadalom jogait birtokló DTM Inc.-t végül a 3D Systems vásárolta fel.

A harmadik piacot meghatározó eljárást 1987-ben dolgozta ki Scott Crump, a későbbi Stratasys Inc. alapítója. A „szálolvasztásos” eljárás azért érdemel különleges figyelmet, mert ez lett az alapja lett a 90-es években induló házi fejlesztéseknek (Hopkinson et al. 2006, 75).

Az elkövetkező évtized ezen eljárások tökéletesítésével telt, számos új versenytárs szállt be a piacra, azonban az elmúlt évtized legszámottevőbb eseménye 2005-re tehető.

Egy csapatnyi lelkes amatőr közösség egy nyílt forrású projekt képében a nagyközönség számára elérhetővé tette a 3D nyomtatást. Ez a projekt a RepRap (Replicating Rapid Prototyper), mely a Stratasys-féle szálolvasztásos technológia egy módozatát veszi alapul, olcsó alapanyaggal és elérhető árú „csináld magad” gépkészlettel. Mi több, a gép felépítése úgy lett megálmodva, hogy alkatrészeit saját maga le tudja gyártani (megjegyzés: valójában csak a báziselemeit, ezzel megalkotva az önmagát reprodukáló gép fogalmát.) Az első „Darwin” kódnevű RepRap gép 2008-ban született meg (Hopkinson et al. 2006, 78).

Az FDM technológia szabadalmának lejártával az olcsó 3D nyomtatás elképzelése más vállalatokat is inspirált, köztük a MakerBot-ot, mely 2013-ban a Thingiverse honlapot is létrehozta, nyílt forrású 3D modellek letöltésére.<sup>4</sup>

A kezdeményezéseknek köszönhetően egyre nagyobb figyelem irányult a 3D nyomtatásra. Míg átlagos, otthoni felhasználásra a RepRap is viszonylag drágának mondható egyelőre, az egyéni tervezésű 3D modellek készítésére komoly igény merült fel.

Ezt használta ki a Shapeways, nyomtatószalonok mintájára, otthonról elérhető formában, olcsón, elfogadható minőségű nyomtatott előállítását kínálva, a jelenlegi otthoni felhasználási igényeket tökéletesen kiszolgálva. Hasonló koncepciót követve indította el az Amazon Ltd. 2014 júniusában személyre szabható, 3D nyomtatott modellek árusítását.

2013. február 12-én, Barack Obama, az Egyesült Államok elnöke évértékelő beszédében maga is méltatta a technológiát, valamint bejelentette, hogy Youngstownban (Ohio, USA) létrehozta egy kutatóközpontot – kizárólag innovatív 3D nyomtatási kutatási célra – 1 milliárd dollár támogatással, melyet három további fog követni, melyek a Védelmi- és Energia Minisztériummal kooperálva fognak működni (The White House 2013).

Ebből könnyen következtethető, hogy a 3D nyomtatásnak a legtöbb korszakos technológiai vívmányhoz hasonlóan a katonai célú felhasználás kutatásain keresztül lesz lehetősége arra, hogy drasztikus fejlődésen menjen keresztül.

### **A 3D nyomtatás jelenlegi gyakorlatának rövid értékelése**

A trendekről a következőkben lesz szó, de ez egy gyakorlati téma és így néhány gazdasági szempontú gondolatot érdemes kiemelni. Főként a költségek és az utómunkák szempontjából, továbbá érdekes lehet, hogy mire figyeljünk, ha ilyen termékeket szeretnénk vásárolni.

Ma már nem ritkák a házi használatú nyomtatók, amelyek egyszerű és kisebb térfogatú termékeket tudnak nyomtatni. 2 éve elérhetőek már egy több alapanyagot is használni, kombinálni tudó nyomtatók is. Az ipar 4.0 fontos építőköve a 3D technológia. 2014-ben 139500 kis méretű (személyi) 3D nyomtatót értékesítettek a világon, míg az eladott ipari 3D berendezések száma 12850 volt (Szalavetz 2016).

A hazai viszonyokat tekintve kisebb nyomtatók üzemelnek vállalkozásokban is, ezért Jason King (2014) írása alapján vesszük sorra a költségeket.

Először is az izzószál költsége a legjelentősebb, 52,48%-a a teljes nyomtatási költségnek, ez természetesen az anyagoktól és a technológia komplexitásától függhet, de mindig valamivel több lesz, mint a fele.

A gép amortizációja, kopása is lényeges elem, hiszen a nyomtató sincs ingyen. Itt az üzemórák alapján a modellben 33,14% jött ki.

---

<sup>4</sup>A vállalatot még ugyanebben az évben felvásárolja a Stratasys.

A felhasznált egyéb anyagok a technológiához szükséges alufólia, ragasztó, kés-penge, polírozáshoz, utómunkához szükséges anyagok értéke a teljes költség 1,53%-a.

A rezszi költség, fogyasztott energia nem jelentős, 0,6%.

A karbantartás, javítási költségek, amelyek általában 20 óra működés után szükségesek azok 3,15%-ot tesznek ki az egészből.

Technológiai selejt mértéke 9,09%, amit sajnos nem tudott a kísérletek során lejjebb nyomni a szerző sem.

Itt még kalkulálhatunk az idővel, amit a nyomtatásra fordítunk, vagy a tervezésre, esetleg szoftvervásárlásra, de résztvevőknél office környezetben ezek sem jelentősek, hiszen ingyen programok elérhetők és a munkatársak órábéré és adott programok elindítása, némi tervezési idővel számolva is 1–2% körül marad.

Az utómunkák még mindig nagyon megnövelik a nagyipari gyártásban a költségeket, mert a technológiától függően vannak kémiai és egyéb felületkezelési tevékenységek, amelyek szakértelmet követelnek, továbbá nagy tudású, drága munkaerőre és külön technológiai berendezésekre is szükség lehet.

A 3D-s termékek esetében érdemes odafigyelni, hogy milyen anyagokból készülnek a termékek, és milyen technológiával (gépekkel) dolgoznak a szolgáltatók. A termelési kapacitás nagyon lényeges, mert bár gyorsul a nyomtatás, de még mindig időigényes, erről később is írunk, mint trend. A költségek felől közelítve az utómunka nagyon fontos, például szükség van-e merítésre, ami több időt vesz igénybe és az anyagszükséglete is drágább. Ez másik oldalról a minőségben térülhet meg, amit a felhasználás szempontjából kell mérlegelni. Mikroelektronikában vagy az egészségügyben ezek fontosak lehetnek, de a divatipar is kiemelt helyen kezeli az esztétikai paramétereket.

## **A technológia jövője**

A nagy érdeklődés, ami a technológiát övezi, kétélű jelenséggé vált 2016-ra. A 2010-es évek elejét jellemző óriási rajongás eltűzött felhasználói elvárásokkal párosult és nyilvánvalóvá vált, hogy jelen formájában a mindennapi felhasználást csak nagyon speciális területeken lehet alkalmazni.

A 3D nyomtatás várható technológiai fejlődését három területre lehet osztani a kívánt innovációk szerint.

### *Alapanyag*

Bár már most széles a felhasználható anyagok köre, olcsó, könnyen beszerezhető, nagy mennyiségben rendelkezésre álló és a környezetet nem károsító alapanyagok jelenleg még nem állnak rendelkezésre egyik nyomtatási módszer területén sem. Emellett nem csak az alapanyagok minősége és ára, hanem kombinálhatósága is fontos tényező. Jelenleg még nagyon csekély azon nyomtatók száma, melyek képesek többféle anyag egyidőben történő felhasználását támogatni, az ipari felhasználás kérdésében pedig egyértelmű áttörési pontot jelentene, ha fejlett, gazdaságos és hatékony, fémalapú 3D nyomtatási eljárások léteznének. Ezen terület megreformálására tesz kísérletet az izraeli XJet vállalat, mely nano részecskékkel dúsított folyékony fémet fecskendező nyomtatófej segítségével hozza létre a modelleket. A tényleges gépet 2016 második negyedévében mutatják be ([www.xjet3d.com/technology.html](http://www.xjet3d.com/technology.html)).

Egészségügyi területen pedig jelenleg is folynak a kutatások és kísérletek a testazonos szövetek sikeres nyomtatására (Barnatt 2014, 46).

### *Teljesítmény (Sebesség, pontosság, méret)*

A 3D nyomtatási technológia egyik legnagyobb hátránya sokáig a gyártási sebesség volt. 2014-ben ugyan megtörtént az áttörés és a 3D Systems sztereolitográf eljárással felülmúlta a

hagyományos fröccsöntés módszerének sebességét, ám ez a rekorderedmény csupán speciális körülmények között vált elérhetővé (Krassenstein 2014).

A valóságban még hosszú út előtt áll a technológia ahhoz, hogy komolyan felvegye a versenyt a hagyományos gyártósorok sebességével. Ennek az eléréséhez azonban számos új út vezethet.

Az egyik a Szilícium-völgy béli Carbon (régebben Carbon3D) vállalat CLIP (ContinuousLiquidInterfaceProduction) nevű fejlesztése lehet. Az eljárás hasonlatos a sztereolitgráfiához, azonban mikronméretű oxigénréteg közbeiktatásával folyamatos, gyors mozgással épül fel a modell a rétegenként történő gyártás helyett. Ugyan az eredmény rendkívül látványos, ám korlátai ennek is vannak, elsősorban az, hogy mint az összes sztereolitográf gép, ez is csak egyetlen anyaggal tud egyszerre dolgozni. A cég 2016 áprilisában mutatta be a technológiát elsőként használó nyomtatóját, az M1-est (Millsaps 2016).

A hagyományos nyomtatók piacvezetője, a Hewlett Packard 2013 óta tartja ébren az érdeklődést egy Multi JetFusion névre keresztelt géppel, mely állításuk szerint forradalmasítani fogja a 3D nyomtatást, főként sebesség tekintetében. Az eljárásról egyelőre keveset tudni, csupán annyit, hogy a szinterezéshez hasonlító folyamat során a gyorsan mozgó nyomtatófej rengeteg (30000) kiömlőnyílással különböző kémiai anyagokkal különböző módon kezelheti a munkaterületre terített poralapú bázisanyagot. Tesztnyomtatások során állítólag 12-szer gyorsabb sebességet értek el, mint a jelenleg piacon lévő leggyorsabb 3D nyomtató. Ígéretükhöz híven a gép valamikor 2016 végén kerülhet piacra.

A 3D Systems a sebesség problémájának megoldására futószalag rendszerű újítást készül bevezetni, ezzel növelve a gyártási kapacitást és a pontosságot is.

Méretbeli fejlesztések mindkét irányba történnek. Egyrészt a 3D nyomtatással létrehozható épületek és egyéb nagy struktúrák létrehozására, valamint a kicsinyítés jegyében a nanotechnológia alkalmazásában is egyre komolyabb eredmények születtek. Ez utóbbi számos áttörést hozhat az orvoslás területén, hiszen az emberi szövethez hasonló anyagokkal történő 3D nyomtatással párosítva olyan nehezen hozzáférhető területek gyógyítását könnyítené meg, mint az érrendszeri megbetegedések, valamint a csontszövetek és akár idegszövetek regenerálását segítheti (Zhang et al. 2015, 28).

Ezeken kívül olyan alapvető funkcionális tulajdonság fejlesztése várat magára, mint az automatikus hibaellenőrzés, illetve az elő- és utómunka kiküszöbölése. Sajnos jelenleg elég egy rosszul kalibrált nyomtatófej és az egész munkadarab a kukában köthet ki, a kézi elő- és utómunka pedig jelentősen megnöveli a nyomtatás idejét és költségeit (Holweg 2015).

A 3D nyomtatás napjaink talán legizgalmasabb gazdasági és technológiai kérdéseit hordozza magában. Míg a rohanó léptékben változó és fejlődő világ kommunikációs szimbóluma internet, a 3D nyomtatásnak minden esélye megvan arra, hogy ugyanennek az érának a gazdasági szimbóluma legyen.

Kérdések százait veti fel egyáltalán a létezése, ám ezek közül a legfontosabbak az, hogy milyen módon és mennyire változtathatja meg a világ termelési-gazdasági berendezkedését.

A 80-as években született technológiák számos fejlődési mérföldkövet hagytak maguk mögött, és még ennél is több előtt állnak. Várhatóan az igazán érdekes időszak ezután következik a jövő várható újításai és még nem ismert felfedezései révén. A jelenleg ismert technológiák a tökéletesítés útján vannak, várható, hogy pár évtizeden belül jelentősen átforgalmazhatják mind a gyártási folyamatok, mind a felhasználói igények világát.

A 3D nyomtatás már most jelen van a legkülönbözőbb ipari szektorok, egészségügy, oktatás és szolgáltatói piac világában, elsősorban speciális igényeket kielégítve, ám jövőbeni fejlődése függvényében további térnyerésre van esély.

Jelenleg a legszélesebb körű alkalmazása innovációs folyamatok támogatójaként történik, a gyors prototípusgyártásként ismert eljárás kutatók és fejlesztők munkáját megkönnyítve, lehetőséget adva részletes modellek gyors megalkotására, gazdasági haszna konkrét példákkal bizonyítható. Az eljárások tárgyalási metódusának és anyagfelhasználásának köszönhetően a kis szériás termelést is megreformálta, a gyártósori szerszámozás magas költségeit kiküszöbölve egyértelműen gazdaságosabb alternatívát biztosított az ilyen igényeknek.

A technológia és a felhasználási módozatok jövője azonban nehezen kifürkészhető, többnyire azért, mert speciális paramétereknek és tulajdonságoknak kell teljesülnie ahhoz, hogy érdemben lehessen számolható előrejelzést felállítani. Ezt figyelembe véve várható, hogy a közeljövőben a közvélemény által várt globális áttörés nem fog bekövetkezni, hanem szép lassan válik részévé a gyártási folyamatoknak, mint azokat támogató vagy kiegészítő eljárás.

### **Lehetséges problémák**

A lehetséges problémák és esetleges veszélyforrások előzetes értékelése feltehetően hasonlóan nehezen értékelhető terület, mint a korábban tárgyalt lehetséges jövőképek. Veszélye, hogy tárgyalása több kérdést vethet fel, mint amennyit megválaszol, csökkentve a tiszta konklúzió lehetőségét. Ennek ellenére rövid elemzésre mindenképpen érdemes a terület.

Kezdjük egy ténnyel. A továbbiakban vázolt felvetések, bár reális alapjuk van, egyelőre nem többek felvetésnél. Precedens értékű eset egyik tárgyalt témában sem történt még, és bátran kijelenthetjük: jelen pillanatban semmi veszélyt nem jelent senki számára a 3D nyomtatás. Egyrészt azért, mert az elterjedése rendkívül csekély mértékű, a fejlettségi szintje pedig – főleg ami a lakossági felhasználást illeti – messze nem közelíti meg azt a minőséget, ami szükséges ahhoz, hogy ezekről érdemben vitázni lehetne. A 3D nyomtatás jelentőségét bíráló értekezések erre gyakran ki is térnek és részben igazuk is van. Azonban azt se felejtjük el, hogy a fejlődő technológiák esetén mindig volt egy tagadási fázis, még azelőtt, hogy igazán elérte volna széleskörű támogatottságát.

Vegyük például a Newsweek-ben megjelent C. Stoll (1995) cikket, melynek címe „Why the web won't be nirvana” (Miért nem lesz megváltás az internet). Elég pár mondatot kiemelni – magyarázat szükségtelen – és látni fogjuk, hogy hiába ismerünk egy technológiát, annak valódi lehetőségeire nem lehet objektív rálátásunk egészen addig, amíg annak megvalósulása be nem következik. Ne feledjük, csupán alig több mint 20 éve hangzottak el ezek (Stoll 1995):

-„Kétkedem ebben az egész új trendben és a követőiben. Interaktív könyvtárakat és online oktatást vizionálnak. Elektronikus konferenciákról, virtuális közösségekről beszélnek és azt vetítik előre, hogy a gazdasági események az irodákból és piacokról a világhálóra fog költözni.”

-„Badarság. Semmilyen online adatbázis nem helyettesítheti a papíralapú újságírást, a CD-ROM nem léphet egy felkészült tanár helyébe és semmilyen számítógépes hálózat nem változtathatja meg a hivatali ügyek intézését.”

-„Van, aki szerint szükség van számítógépre a tantermekben? Persze, a kölykök szeretnek videójátékokkal szórakozni, de ezek a költséges játékszerek feleslegesek és rendkívül hosszadalmas betanításra lenne szükség a tanárok számára.”

-„Szóval azt ígérik, hogy internetes katalógusokból fogunk vásárolni? Hogy online rendeljük meg a repülőjegyjünket, éttermi foglalásunkat és komoly üzletek fognak így köttetni? Akkor hogyhogy a sarki közértnek nagyobb forgalma van egy délután, mint az egész internetnek egy hónap alatt?”

*–,Még ha lenne is biztonságos módja az online tranzakcióknak – ami nincs és nem is lesz –, az egész hálózati modellből hiányoznak a kapitalizmus alappillérei, az alkuszok és az ügynökök.”*

### **Jogi és szabadalmi kérdések**

A 3D nyomtatás lakossági (otthoni vagy bérnyomtatás keretein belül) érdekes, és egyben szabadalmi jog szempontjából aggasztó kérdéseket vet fel.

Legális-e egy létező termék otthoni reprodukciójának birtoklása?

A hagyományos gyártási eljárások világában ez a kérdés az esetek 99%-ában fel sem merül, hiszen az átlagos háztartások egyikében sem lehet megtalálni a bonyolult munkafolyamatokhoz szükséges alapanyagokat, a gyártósort és az összeszerelő üzemet. De mi a helyzet a 3D nyomtatóval? A technológia ugyanis lehetővé teszi – a korábban már bemutatott módon – egy lépéses gyártással elérhető, többféle anyagból álló, bonyolult, mozgó alkatrészeket és akár elektronikát tartalmazó végtermék létrehozását.

Ha el is tekintünk a késztermék kereskedelmi értékesítésétől és a saját felhasználást vesszük alapul, könnyen eljuthatunk a következő kulcskérdéshez. A 3D nyomtatás az illegális letöltések következő stádiuma?

Az internet megjelenésével dokumentumok, könyvek, szellemi termékek milliárdjai váltak elérhetővé egy kattintásra. A 90-es évek végétől az MP3 fájlformátumnak és a rohamos ütemben fejlődő fájlcsereplő platformoknak köszönhetően lehetőségünk van jogvédett hanganyagokhoz hozzájutni. Ez a 2000-es években – a hálózati sáv szélesség drasztikus növekedésével és tömörített video fájl formátumok megjelenésével – kiterjedt a mozgóképek világára is, és úgy tűnik, hogy a 3D modellek szabad cserélésével és azok otthoni megalkotásával egy újabb „kalózkodási éra” küszöbén vagyunk. Könnyen elképzelhető ugyanis, hogy amennyire nem érez felelősséget napjaink átlagfelhasználója az illegális zene- és filmletöltések piacra gyakorolt hatásáért, annyira nagy az esély, hogy ugyanezen minta szerint fog eljárni a jövőben az, aki fájlcsereplőkön keresztül jut hozzá használati eszközök digitális modelljéhez, hogy azt otthona kényelmében kinyomtassa és így „anyagáron” elkészítse saját magának (és/vagy azt továbbértékesítse szintén illegális csatornákon keresztül).

További jogi problémát jelent, hogy mivel a 3D nyomtatás technológiájával már most létre lehet hozni potenciálisan emberéletre veszélyes tárgyakat (pl. gyógyszerek, fegyverek), vizsgálat tárgya lehet a következő:

Ki a felelős egy esetleges baleset vagy haláleset előidézéséért?

- A nyomtató tulajdonosa?
- A nyomtató gyártója?
- A nyomtatott termék előállítója és/vagy a használója?

Ezeknek a változásoknak olyannyira a küszöbén vagyunk, hogy 2015 novemberében egy holland ügyvédi iroda, a De Clerq „The legal aspects of 3D printing from a European perspective” címmel egy tanulmány formájában foglalta össze a 3D nyomtatás lehetséges jövőbeni jogi problémáit és azok kezelési lehetőségeit az érvényben lévő jogi szabályok rendszerét alapul véve (De Clerq Advocaten 2015).

A tanulmány részletesen taglalja, hogy milyen jogi sztetenderdek felállítására lenne szükség ahhoz, hogy akadályok nélkül lehessen az otthoni felhasználást lehetővé tenni. Általános irányelvek felállítását sürgeti, mely némi rendszert hozhat az egyelőre „senki földje” területre, ugyanis a jelenlegi szabadalmi- és gazdasági jogi rendszer nem képes igazságot tenni sok kérdésben.

Külön taglalja a szabadalmi jogokat, a gyártók, tervezők és felhasználók felelősségét és potenciális kötelezettségeiket. Kitér a lehetséges kitételekre, például oktatási felhasználás



esetére, illetve csere- és javítóalkatrészek kérdésére, melyek terén például elfogadhatónak tartja a legális nyomtatást (Declercq Advocaten 2015).

Bár ez csak egy tanulmány, és a készítők is hangsúlyozzák, hogy tényleges precedenst majd élő esetekkel lehet teremteni, mindenesetre megfontolandó irányelveket fogalmaz meg a jövőre nézve.

### ***Morális problémák***

A szabad, otthoni 3D nyomtatás egyik legvitatottabb témaköre az, hogy valóban meg lehet-e engedni, hogy otthonunkban bármilyen használati tárgyat kinyomtathassunk. A kérdés indikáló eseménye pedig a technológia történetének egyik legnagyobb felháborodást – joggal – kiváltó mérföldköve jelentette: 2013. május 6-án felkerült a világhálóra a világ első 3D nyomtatással elkészíthető, működő lőfegyverének, a Liberator-nak a 3 dimenziós terve.<sup>5</sup>

Sajnos komoly esély van arra, hogy éveken belül – dacára törvényi szabályozási kísérleteknek – ellenőrizhetetlen mennyiségű 3D nyomtatott fegyver fogja ellepni az utcákat, ami a terrorizmustól való fenyegetettségében elő világunkat különösen érzékenyen érintheti (Gilpin 2014).

A törvényi szabályozás eredményének kétsége hasonló origóból eredeztethető, mint a Jogi kérdések fejezetben taglalt jog nélkül letöltött és nyomtatott termékek esetén. A fegyverek 3D modelljeit hiába távolítanak el szerverekről, azok peer-to-peer<sup>6</sup> fájlcsere-lőkön, tényleges tárhely nélkül, vagy akár ártalmatlan, ám ellenőrizetlen kommunikációs csatornákon (Whatsapp, Skype, Messenger, Viber) keresztül cserélhetnek gazdát, az otthoni nyomtatást meglévő modell esetén pedig lehetetlen lenyomozni, hacsak nem változik világunk Orwell lázálomszerű utópiájává.

Ez a tény pedig voltaképp egy olyan kérdést vet fel, ami magát a technológia létezését vonja kétségbe: szabad 3D nyomtatót magáncélra birtokolni?

2. ábra: FP-45 3D nyomtatott változata



Forrás: dailymail.co.uk

<sup>5</sup> Nevét az FP-45 Liberator pisztolyról kapta, melyeket a II. Világháború alatt a szövetséges csapatok dobtak nagy számban ellátmánynak álcázva a tengelyhatalmak által megszállt területekre az ellenálló csapatok megsegítésére. Tömeggyártásban, rendkívül alacsony előállítás költséggel voltak képesek gyártani

<sup>6</sup> Felhasználók közötti, szervereket és konkrét tárhelyet nélkülöző fájlcsere-eljárás

### **Gazdasági és környezetvédelmi problémák**

Bár a 3D nyomtatás mint olyan, már önmagában technológiai bravúrnak számít, nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a 21. században a pusztán teljesítmény önmagában már nem elég egy termék vagy technológia sikeréhez. A legtöbb, reputációját megőrizni akaró nagyvállalat mindent elkövet annak érdekében, hogy minél jobb környezetgazdasági megítélést vívjon ki magának, illetve gyáraik és termékeik minél jobb energiaosztályi besorolást kapjanak.

A 3D nyomtatók rengeteg energiát használnak el. Példaként összehasonlítva a direkt lézeres fémszinterezést a hagyományos fröccsöntés alkalmazásával, előbbi nagyjából 100-szor annyi áramot használ el működés közben, mint az utóbbi (Gilpin 2014).

Ráadásul a szálolvasztásos eljárással, speciális műanyagokkal dolgozó nyomtatók az egészségre rendkívül káros anyagokat bocsátanak magukból a légtérbe, melyeknek komoly tüdőkárosító hatásuk van, kiváltképp az asztmában szenvedők körében (Gilpin 2014).

Még ha ezekkel nem is kellene számolni, önmagában a tény, hogy ismét függeni akarnánk a 3D nyomtatás első számú alapanyagától, a műanyagtól, tökéletesen szembe megy az elmúlt 30 év újrahasznosítási és környezetvédelmi trendjeivel.

Amíg ezek a kérdések nem oldódnak meg, aligha nyerhet teret a szerencsére egyre több környezetvédelmi doktrínát követő ipari világunkban.

Bár jelen körülmények között még arra se látni reális esélyt, hogy a tömeggyártás hagyományos eljárásait le lehetne cserélni a 3D nyomtatásra, érdemes figyelembe venni azt is, hogy ha ez megtörténik, akkor számolni kell a lehetséges problémák kérdéskörével is, csak úgy, mint bármilyen más új eljárás vagy innováció esetében.

Hogy miért nem tekinthetjük ezt jelenleg időszerűnek? Egész egyszerűen azért, még messze nem tartunk ott, hogy ilyenek miatt aggódhatnánk. A legkézenfekvőbb bizonyíték az, hogy a 3D nyomtatás piacának nettó értéke egyelőre nem túl magas. Jelenlegi értéke 3,1 milliárd dollár, és a Wohlers Associate jelentései szerint 2020-ra el fogja érni az 5,2 milliárd dollárt. Ez az érték egész egyszerűen – még – nem elég magas ahhoz, hogy globális hatást válthasson ki bármilyen területen (Wohlers 2015).

És hogy ez mit is jelent? Ha visszatérünk az internet-szkeptikus példához, a következő példa szemléltetni fogja, hogy egy technológia széleskörű robbanása milyen pénzügyi folyamatokat gerjeszthet. John Chambers, a Cisco igazgatója 2015 februárjában elhangzott beszámolója szerint a teljes internet üzletág nettó értéke 19 trilliárd dollár. 1995-ben ez a szám 17 milliárd volt. Ez húsz év alatt több mint ezerszeres növekedést jelent (Cheng 2015).

Ez persze nem jelenti azt, hogy ugyanez a robbanás szükségszerűen be fog következni a 3D nyomtatás területén is, csupán annyit, hogy a lehetőségét nem szabad lebecsülni.

### **Irodalom**

3D Systems About Us (2013) *3D Systems*. Online: <http://www.3dsystems.com/30-years-innovation> Letöltve: 2016. 10. 22.

Barnatt, Ch. (2014) *3D Printing*. (Second Edition.) CreateSpace Independent Publishing Platform, Nottingham.

Blather, J. E. (1892) *Manufacture of Contour Relief Maps*. Patent 473901, USA

Cheng, R. (2015) *How much is the Internet of everything worth? Cisco says \$19 trillion*. <http://www.cnet.com/news/how-much-is-the-internet-of-everything-worth-cisco-says-19-trillion/> Letöltve: 2016. 10. 19.

De Clerq Advocaten Noratissen (2015) *The Legal Aspects of 3D Printing from a European Perspective*.

<http://www.declercq.com/images/stories/pdf/white%20paper%20legal%20aspect%20of%203d%20printing%20-%20de%20clercq.pdf> Letöltve: 2016. 10. 20.

- Gilpin, L. (2014) *The Dark Side of 3D Printing: 10 Things to Watch*. <http://www.techrepublic.com/article/the-dark-side-of-3d-printing-10-things-to-watch/> Letöltve: 2016. 10. 20.
- Hod, L., Melba, K. (2013) *Fabricated: The New World of 3D Printing*. John Wiley & Sons Inc., Indianapolis.
- Holweg, M. (2015) *The Limits of 3D Printing*. <https://hbr.org/2015/06/the-limits-of-3d-printing> Letöltve: 2016. 10. 22.
- Hopkinson, N., Hague, R. J. M., Dickens, P. M. (2006) *Rapid Manufacturing: An Industrial Revolution for the Digital Age*, John Wiley & Sons, USA.
- King, J. (2014) *The True Cost of Running a Desktop 3D Printer*. The 3D print Headquarters. Online: <http://3dprinthq.com/cost-running-desktop-3d-printer/> Letöltve: 2016. 10. 20.
- Krassenstein, B. (2014) *3D Systems Just Broke the Speed Barrier*. <https://3dprint.com/5723/3d-printing-speed-barrier/> Letöltve: 2016. 10. 20.
- Millsaps, B. (2016) *Butler The Revolution Arrives*. <https://3dprint.com/127741/carbon-m1-3d-printer/> Letöltve: 2016. 10. 22.
- Munz, O. J. (1951) *Photo-Glyph Recording*. Patent 2,775,758., USA
- Scott, C. (2016) *3D Printler Talks 3D Printing and Education at Paris Trade Fair*. <https://3dprint.com/124821/3dprintler-france-education/> Letöltve: 2016. 10. 18.
- Singh, R. (2006) *Introduction To Basic Manufacturing Processes And Workshop Technology* New Age International (P) Ltd., Publishers, New Delhi.
- Shapeways About Us (2007) <http://www.shapeways.com/about> Letöltve: 2016. 10. 20.
- Stoll, C. (1995) *Why the Web Won't be Nirvana*. Newsweek Ltd.
- Szalavetz A. (2016) Az ipar 4.0 technológiák gazdasági hatásai – Egy induló kutatás kérdései. *Külgazdaság*, 7–8. 27–50. o.
- Szobieszek, R. A. (1980) Sculpture as the Sum of Its Profiles: Francois Willeme and Photosculpture in France. *The Art Bulletin*, 4. pp. 617–630.
- The White House President Barack Obama's State of the Union Address*. Washington [s.n.], February 12, 2013.
- Wohlers Terry Wohlers Report 2015* [Report]. [s.l.] Wohlers Associates Inc., 2015.
- Zhang, L. G., Fisher, J. P., Leong, K. (2015) *3D Bioprinting and Nanotechnology in Tissue Engineering and Regenerative Medicine*. Elsevier Inc. Online: <http://www.techrepublic.com/article/the-dark-side-of-3d-printing-10-things-to-watch/> Letöltve: 2016. 10. 17.
- <http://civilwar.org>  
[www.xjet3d.com/technology.html](http://www.xjet3d.com/technology.html)