

Dr. Daruka Norbert[Ⓐ], Dr. Dénes Kálmán[Ⓑ], Dr. Ember István[Ⓒ], Dr. Kovács Zoltán[Ⓓ], Dr. Vég Róbert[Ⓔ]

A 3D nyomtatási képesség kialakításának lehetőségei és korlátai a Magyar Honvédségben

[DOI 10.17047/Hadtud.2024.34.E.27](https://doi.org/10.17047/Hadtud.2024.34.E.27)

A cikkben ismertetett kutatás célja az additív gyártástechnológia, a 3D nyomtatási képesség kialakítási lehetőségének vizsgálata a Magyar Honvédségben. Bemutatjuk az additív gyártási eljárásokat, a 3D nyomtatási technológiát, valamint annak előnyeit és korlátait. Ismertetjük azokat a jogszabályi követelményeket, gyártási előnyöket és lehetőségeket, amelyek igazolják a 3D nyomtatás létjogosultságát a katonai feladatok végrehajtása során. Felvázoljuk azt a feltételrendszert, amely a 3D nyomtatási képesség kialakításához, annak eredményes alkalmazásához szükséges a katonai szervezeteknél. Részletesen ismertetjük azokat a személyi- és tárgyi feltételeket, amelyek szükségesek a 3D nyomtatási eljárás katonai alkalmazása során. Foglalkozunk a 3D nyomtatás hatékony és eredményes végrehajtásához szükséges oktatás feltételeivel és lehetőségeivel, valamint az oktatás személyi- és tárgyi feltételeivel.

Kulcsszavak: additív gyártástechnológia, 3D nyomtatás, 3D nyomtatási képesség

The Possibilities and Limitations of Establishing 3D Printing Capability in the Hungarian Defence Forces

The purpose of the research presented in the article is to examine the establishment of additive manufacturing technology, with a particular focus on investigating the 3D printing capability within the Hungarian Defence Forces. We introduce additive manufacturing processes, emphasizing one of its crucial types, 3D printing technology, along with its advantages and limitations. The main section of the paper presents the legislative requirements, manufacturing advantages, and opportunities that justify the relevance of 3D printing in the execution of military tasks. Subsequently, we outline the set of conditions necessary for the establishment and successful application of 3D printing capability within military organizations. We provide a detailed overview of the personnel and material requirements needed for the military application of 3D printing procedures. We address the conditions and possibilities for effective and successful training for the implementation of 3D printing, as well as the personnel and material requirements for education.

Keywords: additive manufacturing, 3D printing, 3D printing capability

[Ⓐ] Robbanóanyag-ipari szakmérnök, PhD, daruka.norbi@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7102-1787, PhD, Explosives industrial engineer

[Ⓑ] Építőmérnök, PhD, denes.kalman.1975@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2951-7172, PhD, Civil engineer

[Ⓒ] Tanársegéd, HHK Műveleti Támogató tanszék, PhD, ember.istvan@uni-nke.hu, ORCID: 0000-0002-9877-0366, PhD, Assistant lecturer, Department of Operations and Support

[Ⓓ] Egyetemi docens, HHK Műveleti Támogató tanszék, PhD, kovacs.zoltan@uni-nke.hu ORCID: 0000-0001-9098-1997, PhD, Associate professor, Department of Operations and Support

[Ⓔ] Egyetemi docens, HHK Haditechnikai tanszék, PhD, vegh.robert@uni-nke.hu ORCID: 0000-0002-9786-6702, PhD, Associate professor, Department of Military Technology

Bevezetés

A 3D nyomtatás a 21. század egyik forradalmian új, additív gyártási eljárása, ami az elmúlt években elért eredményei, valamint a technológiában rejlő még kiaknázatlan lehetőségek miatt okkal jelent meg az ipari gyártási folyamatokban és a védelmi iparban egyaránt.

Kiemelten foglalkozik a témával hazánk Nemzeti Katonai Stratégiája¹ is, ami deklarálja, hogy az elmúlt években jelentős változások történtek a globális technológiai környezetben, ami többek között a diszruptív technológiák fokozatos terjedésével, valamint az azokhoz való egyre könnyebb és gyorsabb hozzáféréssel tovább növeli hazánk biztonsági kockázatát. Többek között a mesterséges intelligenciával rendelkező robotok, a drónok, valamint az általunk is kutatott terület, a 3D nyomtatás katonai alkalmazása ugyanis alapjaiban változtatják meg a jelenlegi hadviselés szabályait és eljárásrendjét.

Mindezen kockázatok okán a Magyar Honvédségnek a képességfejlesztések, valamint a haditechnikai fejlesztések végrehajtásával a kor követelményeinek megfelelő, korszerűen felszerelt, magasfokú mobilitással és reagálóképességgel rendelkező, hatékonyan alkalmazható haderővé kell válnia. Ehhez a modern haderőhöz ugyanakkor nélkülözhetetlen a magas színvonalú képzésben, kiképzésben és folyamatos továbbképzésben részesülő kompetens, korszerűen felszerelt személyi állomány. A korszerű haderőhöz végezetül elengedhetetlen a kor követelményeinek megfelelő, folyamatosan megújulni képes nemzeti védelmi ipar kialakítása és fenntartása is.

A katonai stratégia célkitűzéseinek megvalósítása, továbbá a műszaki szakma és a műszaki tisztképzés fejlesztése motivált minket akkor, amikor az additív gyártástechnológiában, kiemelten a 3D nyomtatás területén végzett kutatásunk eredményeinek Magyar Honvédségben történő felhasználási lehetőségeit kezdtük el vizsgálni. Hipotézisünk szerint az additív gyártástechnológia, azon belül is a 3D nyomtatás katonai alkalmazása biztosítja azokat a gyártási lehetőségeket és ellátási előnyöket a feladatok végrehajtása során, ami igazolja a technológia létjogosultságát, így a 3D nyomtatási képesség kialakításának szükségét is a Magyar Honvédségben.

A 3D nyomtatási technológia bemutatása

Az additív gyártástechnológia legismertebb fajtája a 3D nyomtatás, amely eljárásban a tárgyat rétegről rétegre építi fel a nyomtató valamilyen (általában) digitális 3D modell alapján.

A 3D nyomtatási technológia folyamatosan fejlődik, aminek köszönhetően újabbnál újabb nyomtatási eljárások és anyagok válnak elérhetővé a felhasználók számára, ami többek között azt eredményezi, hogy egyre szélesebb körben, hatékonyabban és egyúttal olcsóbban lehet alkalmazni ezt a gyártási eljárást.

Ezeknek a fejlesztéseknek az egyik eredménye pl. egy olyan újszerű nyomtatási eljárás, amelyben egyetlen nyomtatófej képes ultrafinom szálakból és tömör rétegű lerakott anyagból

¹ 1393/2021. (VI. 24.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról

hierarchikus struktúrákat generálni.² A 3D nyomtatási módszereket többféleképpen is osztályozhatjuk, ezért cikkünkben mi a kutatásunk tekintetében releváns szempontok alapján csoportosítjuk azokat az alábbiak szerint:

1. A felhasználási terület alapján:

oktatás;
kutatás, fejlesztés;
prototípusgyártás, modellezés;
egyedi gyártás, sorozatgyártás (kis-, közepes-, nagysorozat) vagy tömeggyártás;
egyéb (művészet és design, orvostudomány, divat).

2. A nyomtatás folyamata alapján:

Az FDM/FFF (Fused Deposition Modelling/Fused Filament Fabrication) szálhúzásos nyomtatási eljárás során egy nyomtatófej a tekercsben lévő, hőre lágyuló műanyag szálát olvasztja fel, majd rétegről rétegre rakja le és az egyes rétegek mindig hozzátapadnak az előzőhöz.

Az SLA (Stereolithography) 3D nyomtatók a tárgyak elkészítéséhez folyékony műgyanta alapanyagokat használnak, amelyet az építési területen rétegről rétegre lefektetnek, majd egy lézer segítségével összekötnek és megkeményítenek.

Az SLM (Selective Laser Melting), a fémporok szelektív lézerolvasztása elvén működő eljárás során a nyomtató nagy energiájú lézersugarat használ fel a fémpor megolvasztáshoz, ami szinte bármilyen összetételű lehet. Lehetőség van ezáltal harc- és gépjárművek, munkagépek vagy repülőeszközök fém alkatrészeinek előállítására is. Szükség esetén tábori körülmények között is alkalmazható. A fémek lézerporágyas fúziós technológiája esetén a felületi minőség gyakran nem felel meg a felhasználási követelményeknek.³ A hivatkozott cikkben bemutatott kutatás különböző alapanyagok és technológiai beállítások esetén ismerteti a felületi érdességre ható paramétereket és azok hatását, amely nagy pontosságú gyártmányok esetén különösen fontos.

Az SLS (Selective Laser Sintering) szelektív lézer szinterezés technológia alapján működő 3D nyomtatók por állagú alapanyagokat (műanyag, fém, stb.) használnak az építésre, amit a nyomtatófej a nyomtatókamra tálcájára a kívánt rétegvastagságban elterít, majd egy lézer felolvasztja az egyes rétegeket, melyek összeolvadnak egymással.

A Polyjet nyomtatók a nyomtatás során folyékony fotopolimer cseppeket kötnek össze UV (ultra viola) fényforrás segítségével.

A Binder Jetting nyomtatási eljárás során a rétegenként lefektetett finomszemcsés poros alapanyagra kötőanyagot permeteznek, ami megszilárdul.

A DLP (Digital Light Processing) nyomtatók fotopolimer alapanyagot használnak fel a tárgyak felépítésére. Egyszerre egész rétegeket keményítenek meg egy fényforrás és digitális tükör felhasználásával.

² Kara et al. 2023

³ Markovits – Varga 2023

Az EBM (Electron Beam Melting) nyomtatók rétegenként lefektetett fémpor alapanyagot használnak, amit egy elektronnalábbal felolvasztanak. A tárgyat rétegről rétegre, azok összeolvasztásával építik fel.

A DMLS (Direct Metal Laser Sintering) technológia alapján működő nyomtatók fém alapanyagot használnak fel az alkatrészek rétegről rétegre történő előállításához.

A CJP (Color Jet Printing) technológia olyan additív gyártási eljárás, amely kompozit por alapanyag felhasználásával történik, ahol a rétegeket ragasztó köti össze.

3. Az alapanyag típusa alapján:

3.1. Műanyagok:

ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene): erős, kopásálló és strapabíró műanyag.

Nylon: erős, kopásálló és könnyű műanyag, kiváló mechanikai tulajdonságokkal.

ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate): hőre lágyuló műanyag jó UV-állósággal, kedvező mechanikai és esztétikai tulajdonságokkal.

DIRAN: tartós és szívós, nylon alapú hőre lágyuló műanyag.

PLA (Polylactic Acid): Jó UV-állósággal és rétegtapadással, ugyanakkor alacsony nedvességállósággal rendelkező merev és erős műanyag.

PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol-Modified): erős, tartós, kopásálló és hőálló anyag, jó mechanikai tulajdonságokkal.

TPU (Thermoplastic Polyurethane): rugalmas műanyag jó ütésállósággal és kopásállósággal.

PC (polikarbonát): Magas szakító- és hajlítószilárdsággal rendelkező erős műanyag.

HIPS (High-Impact Polystyrene): nagy tartósságú és ütésállóságú polisztirol.

3.2. Fémek:

bronz ötvözetek;

rézötvözetek;

szerszám és martenzites acélok;

rozsdamentes acélok;

alumínium ötvözetek;

titán és titán ötvözetek;

nemesfémek (arany, platina, ezüst, stb.).

3.3. Kompozitok:

műanyag és fémpor keverékek;

műanyag és más, nemfém porok keveréke (pl.: farost, gipsz, kőpor stb.);

műanyag és mikroszálak, vagy folyamatos szálerősítés (szénszál, üvegszál, kevlár, stb.).

Az elmúlt évek tendenciája azt mutatja, hogy a szálerősítésű polimer kompozit (FRPC) anyagok folyamatosan felváltják a hagyományos mérnöki anyagokat a repülőgépiparban, az autópárházban és a sportfelszerelés-iparban, ahol a szerkezetek biztonsága és megbízhatósága döntő fontosságú. Az FRPC növekvő népszerűsége a kedvező mechanikai tulajdonságokkal magyarázható. Az FRPC anyagok komoly problémája azonban a túlterheléskor jelentkező meghibásodásuk és a rugalmas viselkedés hiánya. Ez a probléma olyan roncsolásmentes vizsgálati módszer kidolgozását teszi szükségessé, amely képes megbecsülni a szerkezeti integritást és megjósolni a kompozit szerkezet fennmaradó tulajdonságait a részleges károsodás után is.⁴ A hivatkozott cikkben a szerzők a probléma megoldására egy digitális képkorreláción (DIC) alapuló új módszert javasolnak, amely képes megfelelni a vonatkozó követelményeknek, továbbá automatizálható, gyors, pontos, és kizárja az emberi tényezőt.

A napjainkra egyre növekvő felhasználói területen elérhető 3D nyomtatási technológiák, alkalmazások, valamint nyomtató alapanyagok száma a felhasználói igények további megjelenésével és bővülésével együtt folyamatosan nő. A 3D nyomtatásnak ugyanis számos előnye van a hagyományos gyártási technológiákhoz, pl. az anyagleválasztó megmunkálási eljárásokhoz képest, amelyek közül az alábbiak relevánsak a vizsgált téma vonatkozásában:

- egyedi tervezés és testre szabás lehetősége;
- gyors prototípuskészítés;
- költséghatékony gyártás;
- a gyártás helyszínének szabad megválasztása (pl. katonai táborokban);
- azonnali gyártás;
- széles anyagválaszték;
- optimalizált geometriai kialakítás és keresztmetszeti kitöltés;
- kreativitás és innováció;
- kevesebb hulladék.

A felsorolt, jelenleg is meglévő előnyök, valamint a technológia további fejlesztésének eredményei mind hozzájárulnak a gyártási folyamatok hatékonyságának, rugalmasságának és fenntarthatóságának további növeléséhez.

A 3D nyomtatási technológia alkalmazása a Magyar Honvédségben

Új eszközöket, innovatív megoldásokat és modern technológiákat a gazdasági élet minden szereplője előszeretettel alkalmaz annak érdekében, hogy hatékonyabban, gyorsabban, olcsóbban, egyszerűbben és biztonságosabban tudjon működni. Hosszasan lehetne még sorolni azokat az előnyöket, amelyek miatt a védelmi ipar is használja és alkalmazza a korszerű megoldásokat. Természetesen a védelmi szféra, így a honvédelem is jelentős mértékben támaszkodik a termékfejlesztések eredményeire, a különböző innovációknak pedig számos esetben kezdeményezője és megvalósítója is. Ezért sem meglepő, hogy a 21. század

⁴ Hliva – Szabó 2023

jelentős vívmányának számító 3D nyomtatási technológia különböző szinteken és mélységben megjelent a hazai honvédelemben.

A katonai stratégia célkitűzéseinek megfelelően a Magyar Honvédségnek a kor követelményeinek megfelelő modern haderővé kell válnia, amihez elengedhetetlen a megújulni képes nemzeti védelmi ipar kialakítása, valamint olyan kompetenciák kialakítása, amelyek megfelelnek a jelen és a jövő kihívásainak. Megítélésünk szerint a gyorsuló ütemű technológiai fejlődés megköveteli a Magyar Honvédségben új képességek kialakítását és integrálását, az ezekhez kapcsolódó doktrínák kidolgozását, valamint a szükséges kiképzést és felkészítést egyaránt.

A Magyar Honvédségben évek óta tartó folyamatos és átfogó fejlesztések eredményei sikeresen hozzájárulnak többek között a nemzeti védelmi ipar újjáélesztéséhez, napjaink legmodernebb technológiáinak hazánkban történő megjelenéséhez, valamint a képzési, oktatási és műszaki rendszerek hazai megjelenéséhez és megerősítéséhez. A hazai ellátási képesség (gyártás, kutatás-fejlesztés) megteremtésével jelentősen csökkenthető a külső beszállítóktól való függőség, a kritikus területeken pedig lerövidíthető az ellátási lánc, ami együttesen hozzájárul a katonai feladat végrehajtásának sikeréhez (1. és 2. ábrák).



1. ábra

Gépjármű váltókar házának digitális tervrajza
(forrás: a szerzők felvétele)



2. ábra

A kész 3D nyomtatott váltókar ház, utómunkálatok előtti állapotban
(forrás: a szerzők felvétele)

A stratégiai célok megvalósítása érdekében a honvédség modernizálása során megítélésünk szerint jelentősebb szerepet kell szánni a katonai célokra jelenleg is alkalmazott 3D nyomtatási eljárásnak, mivel technológiai fölényt és további jelentős előnyöket jelenthet az alábbi területeken:

- oktatás;
- kutatás, fejlesztés;
- innováció;
- prototípusgyártás;
- helyszíni, azonnali alkatrészpótlás lehetőségének megteremtése;
- egyedi szerszámok, eszközök és felszerelések gyártása;
- digitális alkatrészraktár létrehozása a honvédelem számára.

A 3D nyomtatást jelenleg is használjuk a Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar (HHK) oktatási, valamint újításokhoz vezető fejlesztői munkájában (3. ábra).



3. ábra

Honvéd tisztjelöltek utómunkákat végeznek 3D nyomtatással készített tárgyakon

(forrás: a szerzők felvétele)

Számos kutatási eredmény, megvalósult fejlesztés, megjelent publikáció, doktori értekezés és hallgatói munka támasztja alá az igényt a technológia alkalmazására, és igazolja annak létjogosultságát a védelmi iparban. Az említett kutatások eredménye okán valószínűsíthető, hogy a 3D nyomtatás a jövőben várhatóan egyre nagyobb szerepet kap a Magyar Honvédségben nem csak a kutatási- és oktatási feladatokban, hanem az alkatrész biztosítás, utánpótlás és javítás területén is. A kimondottan katonai feladatok végrehajtására optimalizált 3D nyomtatók már elérhetők, amelyek a technológia biztosította előnyök által a telepítést követően bárhol, akár külföldi katonai missziók során tábori körülmények között is képesek helyben, hatékonyan és gyorsan megoldást nyújtani a felmerülő ellátási igényekre.

A 3D-nyomtatási technológia katonai alkalmazása⁵ számos lehetőséget kínál az alkatrészellátási problémák megoldására, a hatékonyság növelésére és a logisztikai kihívások kezelésére. Az alábbi felsorolás néhány lehetséges alkalmazási területet mutat be, amely véleményünk szerint a katonai stratégia célkitűzéseivel összhangban igazolja a képesség kialakításának szükségességét a Magyar Honvédségben:

Prototípusok, mintadarabok gyártása: A tervezési és fejlesztési folyamatok során a 3D-nyomtatási technológia segítségével rövid időn belül, különböző alapanyagok felhasználásával, akár helyben el lehet készíteni prototípusokat és alkatrészeket, ami lehetővé teszi a gyorsabb tesztelést és a további fejlesztést.

Generatív tervezés lehetősége: A generatív tervezés során a mesterséges intelligenciára épülő szoftverek alkalmazásával lehetővé válik, hogy akár több ezer tervváltozatot hozunk létre egy tervezési feladat megoldása során az alapvető paraméterek (pl. terhelés, szilárdság, méret, anyag) megadásával. Az additív gyártás lehetőséget ad összetett generatív tervezésű testek nyomtatására.⁶ A hivatkozott cikkben bemutatott kutatás egy drón hasznos teherkamera poliamid (PA12) polimerből készült mozgó konzoljának vizsgálatával foglalkozik, amelynek titánból (Ti6Al4V) való helyettesítését generatív tervezéssel vizsgálták.

Az alkatrészek mechanikai igénybevételekkel szembeni optimalizálása: A tervezési fázisban lehetőség van az alkatrészek szimulációs elemzésére, amelynek eredménye optimális kialakítást tesz lehetővé. A szálirányszegmentációs szimulációk főleg a vizsgált profil merevségére adnak pontos becslést, továbbá a várható meghibásodási, törési helyek előrejelzésére is alkalmazhatóak.⁷

Egyedi, akár személyre szabott felszerelések gyártása: A speciális katonai követelmények és egyedi igények miatt a 3D-nyomtatási technológia alkalmazásával lehetővé válik a testreszabott felszerelések, eszközök, markolatok vagy egyéb kiegészítők egyszerű és gyors létrehozása.

Töltetházak gyártása robbantási feladatokhoz (4. ábra): Kis sűrűségű alapanyagok felhasználásával lehetőség van különböző kialakítású töltetházak⁸ gyártására, amelyek tartószerkezeti elemek rombolására, vagy robbanótestek hatástalanítására is felhasználhatók. A mesterséges intelligencia erre a célra történő alkalmazása a meglévő kutatások⁹ eredményeivel együtt a tűzszerészfeladatok biztonságos végrehajtását és hatékonyságát tovább növelheti.

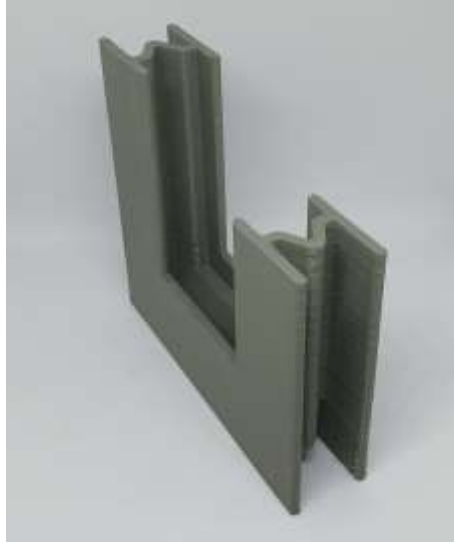
⁵ Németh – Gál 2019, 231–249.

⁶ Markovits – Eröss – Fendrik 2023, 45–51.

⁷ Szederkényi et al. 2022, 82–87.

⁸ Ember – Ádám 2022, 35–44.

⁹ Ádám 2023, 15–27.



4. ábra

Robbantási feladathoz 3D nyomtatással készített kumulatív töltetváz

(forrás: a szerzők felvétele)

Drónok és robotok gyártása:¹⁰ A technológia biztosítja a kis sűrűségű,¹¹ ugyanakkor kiváló mechanikai tulajdonságokkal rendelkező alapanyagok felhasználását, amelyek ideálisak lehetnek drónok, vagy robotok alkatrészeinek gyártására. Ezek a drónok ilyen módon akár 24 óra alatt elkészíthetők, bármilyen feladatra (pl. légi megfigyelés, kommunikáció, szállítás, stb.) konfigurálhatók és optimalizálhatók.

Fegyverek és lőszer fejlesztése: A 3D-nyomtatási technológia lehetővé teszi új típusú fegyverek és lőszer tervezését, rövid idő alatti gyártását, valamint tesztelését.

Fegyveralkatrészek gyártása: A 3D nyomtatási technológiával rövid időn belül elő lehet állítani különböző fegyveralkatrészeket, pl. táraikat, markolatokat, válltámaszokat, amelyek a különböző feladatokhoz vagy a katonák egyéni igényeihez, testfelépítéséhez testre szabhatók.

Taktikai térképek nyomtatása: A földrajzi viszonyok, vagy a településszerkezet könnyebb megértése érdekében fontos lehet a térképek¹² és más tájékoztató eszközök gyors, 3D nyomtatással történő elkészítése.

Szállítási logisztika/ellátási lánc egyszerűsítése: A gyártástechnológia lehetőséget kínál a feladatokat végrehajtó alegységek számára, hogy a helyszínen előállítsák azokat az eszközöket vagy alkatrészeket, amelyekre szükség van. Ez lerövidíti az ellátási láncot, és csökkenti a szállításra fordított időt és költségeket.

Digitális adatbázis létrehozása: Az adatbázis létrehozása, és nyomtatható digitális 3D modellekkel történő folyamatos bővítése biztosítja, hogy a hozzáférésre jogosult

¹⁰ Hegedűs – Hennel – Végvári 2023, 33–36.

¹¹ Pl.: FDM Nylon 12CF alapanyag sűrűsége: 1,19 g/cm³

¹² Kállai 2023, 330–392.

felhasználók onnan a szükséges elemeket letöltsék és kinyomtassák, idő megtakarítva ezzel.

A 3D nyomtatási technológia az iparban és a védelmi szférában egyaránt igazolta térnyerését a hagyományos gyártási eljárásokkal szemben. A technológia fejlődésével, valamint a nyomtatható alapanyagok folyamatos bővülésével együtt pedig várhatóan további katonai alkalmazási területek is megjelennek a jövőben. A mesterséges intelligencia szélesebb körű alkalmazása a honvédelemben pedig nem csupán a tűzszerészfeladatokat¹³ tudja megkönnyíteni, hanem a 3D technológiához kapcsolódó tervezési és szimulációs munkákat is. Ezek együttesen, a katonai stratégiában megfogalmazott célokkal összhangban alátámasztják a jelen és a jövő kihívásainak egyaránt megfelelő 3D nyomtatási képesség kialakításának szükségességét.

A 3D nyomtatási képesség kialakításának személyi- és tárgyi feltételei a Magyar Honvédségben

A Magyar Honvédség szervezetébe történő integráláshoz a 3D nyomtatási képesség kialakításakor biztosítani kell a szükséges személyi- és tárgyi feltételeket, amelyeket az alábbiakban sorolunk fel:

1. Személyi feltételek:

1.1. Mérnökök:

Szakképzettséggel és végzettséggel, tapasztalattal rendelkező mérnökök, akik értenek a 3D modellezéshez és a nyomtatási folyamatokhoz.

Grafikus tervezők: Képesek megtervezni és optimalizálni a 3D-modelleket a nyomtatáshoz.

1.2. Technikai személyzet:

Képesek üzemeltetni, karbantartani és javítani a 3D-nyomtatókat és szkennereket. Naprakész ismeretekkel rendelkeznek a különböző 3D-nyomtatási technológiákról és a gépek kezeléséről.

1.3. Képzés:

A személyi állomány oktatása, folyamatos képzése szükséges a 3D nyomtatási technológia hatékony alkalmazása érdekében. A 3D nyomtatási technológia oktatását, az állomány át- és továbbképzését véleményünk szerint az NKE HHK oktatási rendszerébe szükséges integrálni.

2. Tárgyi és szabályozási feltételek:

2.1. 3D nyomtatók:

az igényeknek megfelelő, adott esetben különböző típusú 3D nyomtatók biztosítása, amelyeket az alkalmazási területeknek megfelelően lehet használni.

2.2. 3D szkennerek:

¹³ Ádám 2023, 23–35.

az igényeknek megfelelő, adott esetben különböző típusú és felbontású 3D szkennerek biztosítása, amelyeket az alkalmazási területeknek megfelelően lehet használni.

2.3. Szoftverek:

3D-s tervező szoftverek biztosítása a modellek létrehozásához és optimalizálásához.

szoftverek biztosítása a modellek réteges felépítéséhez és a nyomtatási paraméterek beállításához.

2.4. Nyomtató alapanyagok:

a felhasználási területnek és a követelményeknek egyaránt megfelelő nyomtatható alapanyagok biztosítása és a szakszerű tárolási feltételek megteremtése.

2.5. Megfelelő munkaterület:

Biztosítani kell a megfelelő munkaterületet és munkakörülményeket (hűtés, fűtés, páratartalom, légtechnika, stb.) a 3D nyomtatási folyamatok számára, amibe beletartozik az előkészítés, a tisztítás, az utókezelés és az egyéb folyamatok.

2.6. Biztonság és környezetvédelem:

A megfelelő biztonsági intézkedések és környezet kialakítása a munkavállalók és a környezet védelme érdekében.

2.7. Az üzemeltetés folyamatos biztosítása:

A nyomtatókhoz alapanyagok, alkatrészek, javító- és tisztítóanyagok, valamint a megfelelő szünetmentes áramellátás biztosítása.

2.8. Szabályozási környezet:

A szükséges szabályozási környezet kialakítása a vonatkozó jogszabályok (pl. gyártási jogok megszerzése) figyelembe vételével.

A felsorolásban tudatosan nem tüntettük fel a személyi állomány létszámát és a 3D nyomtatók darabszámát, mivel ezek az ellátandó szervezettől és a végrehajtandó feladattól alapvetően függenek. Véleményünk szerint önálló (még ha az kis létszámú is) szervezet létrehozása indokolt, a munkát nem szabad többletfeladatként valakire rábízni.

Összefoglalás

A jövő biztonsági kihívásaira ma kell felkészülni, ennek megfelelően a Magyar Honvédség szervezetének és harci-technikai eszközeinek a folyamatos modernizálása elengedhetetlen.

A korszerűsítések és fejlesztések révén a honvédségnek a kor követelményeinek mindenkor megfelelő haderővé kell válnia. A stratégiai cél teljesítéséhez a meglévő képességek fejlesztése és a haditechnika korszerűsítése mellett megítélésünk szerint a 3D nyomtatás, mint új képesség kialakítása hatékonyan járulhat hozzá. A gyártástechnológia széleskörű alkalmazhatósága, a felhasználható alapanyagok kedvező tulajdonságai, valamint az alkatrészellátási feladatokban várható pozitív hatások megítélésünk szerint alátámasztják a rendszerbeállítás szükségességét.

A 3D nyomtatási képesség Magyar Honvédségben történő kialakításához ismertettük azokat a személyi- és tárgyi feltételeket, amelyek biztosítása lehetővé teszi a 3D nyomtatás hatékony és eredményes használatát a katonai feladatok végrehajtása során. Véleményünk szerint a 3D nyomtatási képesség kialakítása hozzájárulhat a kor követelményeinek megfelelő védelmi ipar, valamint a magasfokú reagálóképességgel rendelkező modern Magyar Honvédség kialakításához is.

„A 2022-2.1.1-NL-2022-00012 számú "Kooperatív Technológiák Nemzeti Laboratórium" projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási és Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Nemzeti Laboratóriumok pályázati program finanszírozásában valósult meg.”

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Ádám Balázs 2023a. Mesterséges intelligencia a tüzserészfeladatokban: A tüzserészfeladatok keretei hazánkban I. rész, *Műszaki Katonai Közlöny* 33 (2): 23–35. DOI: [10.32562/mkk.2023.2.2](https://doi.org/10.32562/mkk.2023.2.2)
- Ádám Balázs 2023b. Mesterséges intelligencia a tüzserészfeladatokban: A mesterséges intelligencia által nyújtott lehetőségek II. rész, *Műszaki Katonai Közlöny* 33 (3): 15–27. DOI: [10.32562/mkk.2023.3.2](https://doi.org/10.32562/mkk.2023.3.2)
- Ember István – Ádám Balázs 2022. Kumulatív töltetházak 3D nyomtatása. *Hadmérnök* 17 (3): 35–44. DOI: [10.32567/hm.2022.3.2](https://doi.org/10.32567/hm.2022.3.2)
- Hegedűs Ernő – Hennel Sándor – Végvári Zsolt 2023. A Bayraktar drónok II. rész, *Haditechnika* 57 (3): 33–36. DOI: [10.23713/HT.57.3.06](https://doi.org/10.23713/HT.57.3.06)
- Hliva Viktor – Szabó Gábor 2023. Non-Destructive Evaluation and Damage Determination of Fiber-Reinforced Composites by Digital Image Correlation, *Journal of nondestructive Evaluation* 42 (2): Paper 43. DOI: [10.1007/s10921-023-00957-7](https://doi.org/10.1007/s10921-023-00957-7)
- Kállai Attila 2023. Térkép és tereptani alapismeretek. In. *Honvédelmi alapismeretek tankönyv*. 330–392. Budapest HM Zrínyi Térképészeti és Kommunikációs Szolgáltató Nonprofit Kft.
- Kara Yahya – Kovács Norbert Krisztián – Nagy-György Péter – Boros Róbert – Molnár Kolos 2023. A novel method and printhead for 3D printing combined nano-/microfiber solid structures, *Additive Manufacturing* 61: Paper: 103315. DOI: [10.1016/j.addma.2022.103315](https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.103315)
- Markovits Tamás – Erőss László Dániel – Fendrik Ármin 2023. Analysing the Generative Design of Payload Part for the 3D Metal Printing, *Komunikacie/Communications* 25 (1): B45–B51. DOI: [10.26552/com.C.2023.010](https://doi.org/10.26552/com.C.2023.010)
- Markovits Tamás – Varga László Ferenc 2023. Investigating the surface roughness of 3D printed metal parts in case of thin 20 µm build layer thickness, *Journal of materials research* DOI: [10.1557/s43578-023-01254-9](https://doi.org/10.1557/s43578-023-01254-9)

Németh András – Gál Bence 2019. Additív gyártástechnológiák katonai alkalmazásának vizsgálata, különös tekintettel a katonai elektronika területére. *Hadmérnök* 14 (1): 231–249. DOI: [10.32567/hm.2019.1.19](https://doi.org/10.32567/hm.2019.1.19)

Szederkényi Bence – Turcsán Tamás – Kovács Norbert Krisztián – Czigány Tibor 2022. Additív gyártástechnológiával készített, folytonos szállal erősített kompozitok szimulációs elemzése. *GÉP* 73 (3–4): 82–87. ISSN 0016-8572 <http://real.mtak.hu/id/eprint/160333> Letöltés ideje: 2024. 01. 17.

JOGI FORRÁSOK

1393/2021. (VI. 24.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról; <https://njt.hu/jogszabaly/2021-1393-30-22> Letöltés ideje: 2023. 12. 03.