

# Kierunki rozwoju druku 3D

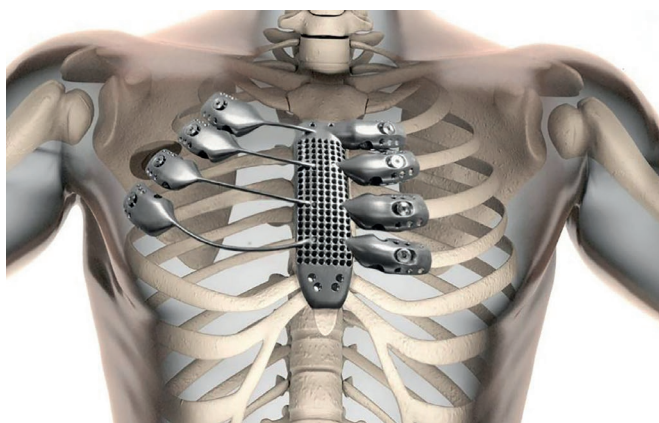
Helena Dodziuk

Przemysł druku 3D, 3DP, [1] znajduje się na ciekawym etapie rozwoju. Z jednej strony pandemia przyczyniła się do jego przyspieszenia [2], wykazując m.in. ważną rolę 3DP w przeciwdziałaniu zrywaniu łańcuchów dostaw [3]. Z drugiej – odbywają się na tym rynku interesujące przetarasowania, łączenia firm i ich zakupy. Ostatnio dyskutowano nawet o tym, czy legendarna firma 3D Systems „pożre” inną legendę – firmę STRATASYS [4]. Tym zjawiskom towarzyszy burzliwy rozwój 3DP. Główne jego kierunki to adoptowanie tej technologii wytwarzania do produkcji średnio- i wielkoseryjnej, nowe i bardziej efektywne zastosowania w różnych dziedzinach oraz opracowanie nowych materiałów znajdujących zastosowania w coraz to nowych dziedzinach.

**1. Adoptowanie tej technologii wytwarzania do produkcji średnio- i wielkoseryjnej.** Pierwszą jaskółką tej tendencji było wydrukowanie dysz do paliwa w silnikach odrzutowców w 2013 r. i uruchomienie ich wytwarzania na skalę przemysłową przez GE [5]. Uruchamianie średnio- i wielkoseryjnej produkcji przemysłowej z wykorzystaniem 3DP zachodzi już od jakiegoś czasu [6], ale obecnie nabrało ono szybkości ze względu na zwiększenie prędkości drukowania oraz polepszenie dokładności oraz powtarzalności wydruków. Wymagało to wprowadzenia na rynek szybkich drukarek o dużo większej precyzji. Towarzyszył mu rozwój metrologii pozwalającej na ocenę jakości wydruków [7] z jednej strony i rozwój oprogramowania, które pozwala nie tylko zaprojektować produkt [8], ale i scalić kierowanie całym procesem produkcyjnym w jeden pakiet oprogramowania [9].

**2. Burzliwy rozwój zastosowań w bardzo licznych dziedzinach.** Zastosowania medyczne – to już ważny i jeden z najbardziej perspektywicznych segmentów rynku [10]. Projektowanie operacji chirurgicznych (ang. *Virtual Surgical Planning*, VSP) w oparciu o wydrukowane w 3D modele miejsca operacji, np. guza rakowego [11] lub przy rozdzielaniu sióstr syjamskich [12], to już w najlepszych klinikach codzienność [13]. Wiąże się z tym zbliżenie technologii do pacjenta (ang. *Point-of-Care*, PoC), czyli korzystanie z niej w samym szpitalu, a nie wysyłanie wykonywania druków 3D na zewnątrz [14]. Istotnym ograniczeniem jest tutaj koszt zainstalowania drukarek 3D w szpitalu, uruchomienia całego ekosystemu designu i drukowania oraz brak pokrycia tych kosztów przez ubezpieczenie, mimo że wprowadzenie 3DP wpływa na skrócenie czasu leczenia, zwiększenie komfortu pacjentów oraz znaczne obniżenie całkowitych kosztów. Inną szybko rozwijającą się dziedziną zastosowań

medycznych jest produkcja implantów i protez [15]. Można tu zaobserwować następujące kierunki rozwoju. Są to wzrost liczby wydrukowanych implantów i protez biodra (firma GE już w 2018 roku pochwaliła się 100 000 wszczepionych pacjentom wydrukowanych w 3D implantów biodrowych [16]), a także znaczne rozszerzenie rodzajów drukowanych w 3D implantów obejmujące implanty kręgosłupa [17], fragmenty czaszki z metalu lub ceramiki [18], mostki i żebra (rys. 1) [19] itd. Jednym z pierwszych wydrukowanych w 3D implantów był już w 2012 r. wszczepiony 83-letniej pacjentce w Wielkiej Brytanii fragment dolnej szczęki [20].



Rys. 1. Mostek i fragmenty żeber wydrukowane w 3D, wszczepione następnie choremu na raka pacjentowi po usunięciu ich  
© Anatomics Pty Ltd [21].

Mogłam tu wymienić jedynie nieliczne inne zastosowania medyczne 3DP, ale nie mogę pominąć fascynującej technologii biodruku, czyli druku 3D komórkami [22]. Znajdują one zastosowania m.in. w drukowaniu narządów i tkanek. Te pierwsze mają w przyszłości zastąpić narządy pozyskiwane od donorów [23], te drugie – zastąpić testowanie leków na zwierzętach [24]. Innym, bardzo perspektywicznym zastosowaniem biodruku jest wytwarzanie modeli raków, co również ma w istotny sposób pomóc w poszukiwaniu nowych terapii antyrakowych [25].

Z innych zastosowań warto wymienić zastosowania w budownictwie, które wykazały swoje liczne zalety i dawno wyszły już z fazy prac eksperymentalnych [26]. Oczekuje się, że znajdą one zastosowanie w tanim budownictwie społecznym [27]. Obecnie 3DP jest również często stosowany w konfliktach zbrojnych, nie tylko w Ukrainie [28].

**3. Opracowywanie nowych materiałów** to temat rzeka. Chodzi o to, by były dostosowane do nowych specyficznych zastosowań oraz nie obciążały środowiska. Wymienimy tu tylko kilka interesujących trendów. Materiały kompozytowe [29] (moją uwagę zwróciła np. nietypowa mieszanka gliny, trocin i grzybni jako materiał budowlany [30]), materiały reagujące na niektóre impulsy, np. pamiętające nadany im kształt (ang. *shape memory materials*) [31], materiały animowane (ang. *animated materials*) [32], np. materiały samonaprawiające się (ang. *self-healing materials*) [33], stopy o zwiększonej odporności na zmęczenie [34], materiały do drukowania elektroniki [35], w przyszłości do nanoelektroniki, drukowane w 3D LEDy [36] itd.

Materiały z pamięcią kształtu, samonaprawiające się materiały i niektóre inne to przykłady materiałów stosowanych do druku 4D [37], gdzie czwartą współrzędną jest czas. Wbrew temu, co podano na portalu Benchmark.pl [38], pojęcie to oznacza nie tylko druk 3D, któremu towarzyszy następnie zmiana kształtu wydruku, ale każdą inną zmianę wydruku po jego wykonaniu. Do materiałów wykorzystywanych w druku 4D należą więc nie tylko materiały z pamięcią kształtu [31], lecz również takie, w których po wydruku zachodzi jakaś istotna zmiana, np. koloru, przewodnictwa, itd., czy też materiały samonaprawiające się [33].

Jak wspomniano uprzednio, nowe materiały dostosowane do zastosowań specjalnych wymagają opracowania nowych metod ich charakteryzowania i testowania [7]. Jako przykład mogą tu służyć badania materiałów do budowy silników naddźwiękowych odrzutowców, które muszą być odporne na bardzo wysokie temperatury i ciśnienie [39].

Reasumując, ciężka wieloletnia praca w dziedzinie druku 3D zaczyna przynosić coraz obfitsze owoce i tę metodę wytwarzania szeroko wprowadza się do produkcji średnio- i wielkoprzemysłowej. Jednocześnie coraz liczniejsze są jego zastosowania, również w oparciu o nowe materiały o fascynujących właściwościach. Jednocześnie coraz istotniejsze są, czasami niedoceniane, skutki społeczne 3DP [1, 40].

Warto dodać, jak na tym tle burzliwego rozwoju 3DP na świecie wygląda ta dziedzina w Polsce. Pominiemy przy tym filie firm zagranicznych, takich jak podwrocławski zakład belgijskiej firmy materialise [41] lub, o czym mniej u nas wiadomo, zastosowania w zagranicznych firmach przemysłu lotniczego w Polsce. Czasy, gdy zdarzały się polskie firmy nadające nie tylko u nas ton w branży, dawno minęły. Umieszczony na pierwszym miejscu w zestawieniu ze stycznia 2022 r. 7 topowych polskich producentów drukarek [42] Zortrax nadal sprzedaje modyfikacje swojego fantastycznego modelu M200 sprzed prawie 10 lat. Jego nowsze modele są niewiele młodsze, zaś wymienianie w 2022 r. nagrody z 2015 w tak intensywnie rozwijającej się dziedzinie, jak drukarki 3D, trąci myszką. Dobre opinie i nagrody zbierają obecnie na świecie produkty firmy Zmorph, które łączą funkcje drukarki 3D i możliwości obróbki CNC oraz grawerowania laserowego; są to tzw. systemy all-in-one [43]. Wydaje się, że produkująca drukarki przemysłowe firma 3D Gence [44] dotrzymuje kroku trendom światowym. Ostatnia, bardzo pozytywna opinia o ich drukarce, którą udało mi się znaleźć

pochodzi z 2018 roku [45]. Obawiam się jednak, że przyszłość przeważającej większości polskich firm już wkrótce będzie zagrożona, bo przemysł w dziedzinie 3DP nam uciekł i nie mamy szans go dogonić. Polskie firmy produkujące drukarki 3D usiłują się ratować sprzedając swoje, nie zawsze najnowocześniejsze wyroby szkołom w ramach specjalnych programów [46], nie mówię tu o firmie Skriware zasłużonej dla wprowadzania 3DP do edukacji w Polsce [47].


Brak perspektyw tym bardziej dotyczy wytwarzania materiałów do drukowania w 3D w Polsce. Włączenie się, obok firm chińskich, wielkich koncernów produkujących materiały chemiczne, takich jak BASF może wkrótce zmieść z rynku naszych wytwórców filamentów. Firma ta utworzyła niedawno spółkę córkę Forward-AM [48], która wykorzystując swoje ogromne możliwości rozwija zarówno wytwarzanie standardowych materiałów do 3DP na skalę przemysłową jak również opracowuje nowatorskie materiały do zastosowań specjalnych 3DP i rozwija usługi. Niestety, również w dziedzinie materiałów do drukowania w 3D nie będziemy konkurencyjni.

## Literatura

- [1] DODZIUK, H., Druk 3D/AM. Zastosowania oraz skutki społeczne i gospodarcze, PWN, Warszawa, 2019.
- [2] GRIFFITHS, L. 20 VIII 2020, Has the COVID-19 pandemic accelerated the adoption of 3D printing? <https://www.tctmagazine.com/additive-manufacturing-3d-printing-news/h/as-covid-19-pandemic-accelerate-adoption-of-3d-printing/>, dostęp 20 VII 2023.
- [3] LIPIEC, Ł. How 3D printing can affect your broken supply chain during the crisis caused by the Covid-19 outbreak? 3D printing vs coronavirus. <https://3dgence.com/3dnews/how-3d-printing-can-affect-your-broken-supply-chain-coronavirus/>, dostęp 20 VII 2023.
- [4] MOLITCH-CHOU, M. 6 VII 2023, The battle over 3D printing most valuable company, <https://www.forbes.com/sites/michaelmolitch-hou/2023/07/06/the-battle-over-3d-printings-most-valuable-company/>, dostęp 29 IX 2023.
- [5] KOVNER, A., 19 XI 2018, Transformation In 3D: ow A Walnut-Sized Part Changed The Way GE Aviation Builds Jet Engines, <https://www.ge.com/news/reports/transformation-3d-walnut-sized-part-changed-way-ge-aviation-builds-jet-engines>, dostęp 29 IX 2023.
- [6] ALDRETE, S. 14 VI 2017, Reimagine products, retool manufacturing and rethink business with additive manufacturing. [https://blogs.sw.siemens.com/nx-manufacturing/reimagine-products-retool-manufacturing-and-rethink-business-with-additive-manufacturing/?v=nDy\\_IBYX55I](https://blogs.sw.siemens.com/nx-manufacturing/reimagine-products-retool-manufacturing-and-rethink-business-with-additive-manufacturing/?v=nDy_IBYX55I), obejrzyj video w tym blogu, dostęp 28 VII 2020.
- [7] ELGENDY, M., 23 VIII 2023, How metrology ensures quality in 3D printing, <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=22938>, dostęp 30 IX 2023.
- [8] Best 3D printing software, <https://www.g2.com/categories/3d-printing>, dostęp 30 IX 2023.
- [9] Why integrate factory systems with 3D printing software? <https://markforged.com/resources/blog/why-integrate-factory-systems-with-3d-printing-software>, dostęp 30 IX 2023.

- [10] [https://www.researchandmarkets.com/reports/5696535/3d-printing-in-healthcare-market-size-share?gclid=EAIaIqobChMIoqPV4I\\_QgQMvldwYCh0O-Fw66EAAAYAiAAEGLWg\\_D\\_BwE](https://www.researchandmarkets.com/reports/5696535/3d-printing-in-healthcare-market-size-share?gclid=EAIaIqobChMIoqPV4I_QgQMvldwYCh0O-Fw66EAAAYAiAAEGLWg_D_BwE), dostęp 29 IX 2023.
- [11] 5 kwietnia 2021, Druk 3D nadzieją onkologii? <https://www.mp.pl/pacjent/onkologia/aktualnosci/263469,druk-3d-nadzieja-onkologii>, dostęp 29 IX 2023.
- [12] INSERRA, A., BORRO, L., SPADA, M., FREDIANI, S., SECINARO, A., Advanced 3D “Modeling” and “Printing” for the Surgical Planning of a Successful Case of Thoraco-Omphalopagus Conjoined Twins Separation, *Front. Physiol.*, 13 November 2020, Sec. Medical Physics and Imaging, Vol. 11, 2020, <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.566766>.
- [13] <https://www.materialise.com/en/inspiration/articles/3d-printing-hospitals>; Madeleine, P., dostęp 19 IX 2022; The integration of 3D printing in hospitals, <https://www.3dnatives.com/en/the-integration-of-3d-printing-in-hospitals-190920224/>, dostęp 29 IX 2023.
- [14] BESTAWROUS, S., WU, L., LIACOURAS, P. C., LEVIN, D. B., AHMED, M. T., STRZELECKI, B., AMENDOLA, M. F., LEE, J. T., COBURN, J., RIPLEY, B., Establishing 3D printing at the point of care: basic principles and tools for success, *Radiographics*, 4 II 2022. <https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/rg.210113>, <https://doi.org/10.1148/rg.210113>, dostęp 29 IX 2023.
- [15] <https://www.gminsights.com/industry-analysis/3d-printed-implants-market>, dostęp 30 IX 2023.
- [16] OLSON, P.D. 100,000 patients later, The 3D-printed hips is a decade old and going strong, <https://www.ge.com/news/reports/100000-patients-later-3d-printed-hip-decade-old-going-strong>, dostęp 28 IX. 2023.
- [17] FIANI, B., NEWHOUSE, A., CATHEL, A., SARHADI, K., SOULA, M., Implications of 3-dimensional printed spinal implants on the outcomes in spine surgery, *J Korean Neurosurg Soc.* 2021 Jul; 64(4): 495–504. doi: 10.3340/jkns.2020.0272, dostęp 28 IX 2023.
- [18] BEJERANO, P.B., Surgeons implant a 3D printed skull in a patient, <https://blogthinkbig.com/3d-printed-skull>, dostęp 4 X 2023.
- [19] Cancer patient receives 3D printed rib cage, <https://www.csiro.au/en/research/health-medical/biomedical/sternum-and-ribs>, dostęp 4 X 2023.
- [20] 8 III 1012, Transplant jaw made by 3D printer claimed first, <https://www.bbc.com/news/technology-16907104>, dostęp 28 IX 2023.
- [21] <https://www.csiro.au/en/News/News-releases/2017/3D-printed-sternum-in-world-first-surgery>, dostęp 2 XI 2023.
- [22] GŁADYSZ, K., SZYDŁOWSKA, J., ŻUCHNIK, O., ET AL., 3D bioprinting as a future of regenerative medicine and hope for transplantation. *J. Educ. Health Sport*, online. 23 November 2022. Vol. 13, no. 1, pp. 38-44 DOI 10.12775/JEHS.2023.13.01.005, dostęp 15 X 2023.
- [23] ROGERS, K., 10 III 2023, When we'll be able to 3D-print organs and who will be able to afford them, [https://www.cnn.com/2022/06/10/health/3d-printed-organs-bioprinting-life-itself-wellness-scn/index.html?utm\\_term=1678704945276f88e-e4b62edd&utm\\_source=cnn\\_Five+Things+for+Monday+%2C+March+13%2C+2023&utm\\_medium=email&bt\\_ee=E0L1o5P4lBKTUKb6TLX2Byd6Xflqy1iRPnamrZhQkp8qegTop1QOIy6OllhgaO1UP&bt\\_ts=1678704945279](https://www.cnn.com/2022/06/10/health/3d-printed-organs-bioprinting-life-itself-wellness-scn/index.html?utm_term=1678704945276f88e-e4b62edd&utm_source=cnn_Five+Things+for+Monday+%2C+March+13%2C+2023&utm_medium=email&bt_ee=E0L1o5P4lBKTUKb6TLX2Byd6Xflqy1iRPnamrZhQkp8qegTop1QOIy6OllhgaO1UP&bt_ts=1678704945279), dostęp 15 X 2023.
- [24] GAO, G., AHN, M., CHO, W.-W., ET AL., 3D printing of Pharmaceutical applications: drug screening and drug delivery, *Pharmaceutics*. 2021 Sep; 13(9): 1373, dostęp 15 X 2023.
- [25] SHARMA, R., PEREZ, M.N., DA SILVA, V.A., ET AL., 3D bioprinting complex models of cancer, *Biomater. Sci.*, 2023,11, 3414-3430, dostęp 15 X 2023.
- [26] J. PEEL, 28 X 2022, Concrete Dreams: A Reevaluation of the Potential in 3D Printed Construction, <https://3dprint.com/294797/concrete-dreams-a-reevaluation-of-the-potential-in-3d-printed-construction/>, dostęp 15 X 2023.
- [27] BELLAMY, C., 4 I 2022, How 3D printing can be the solution to the nation's affordable housing crisis, <https://www.nbcnews.com/news/nbcblk/3d-printing-can-solution-nations-affordable-housing-crisis-rcna10725>, dostęp 15 X 2023.
- [28] DANGWAL, A., 17 IX 2023, US Delivers Industrial-Size 3D Printers To Ukraine; Can Print Crucial Military Parts That Are Difficult To Obtain, <https://www.eurasiantimes.com/us-delivers-industrial-size-3d-printers-to-ukraine-can-print-crucial-military-parts-that-are-difficult-to-produce/>, dostęp 15 X 2023.
- [29] What Can You Do With a Professional 3D Printer, and Why? [https://markforged.com/resources/blog/what-can-you-do-with-a-professional-3d-printer-and-why?utm\\_source=email&utm\\_medium=em&campaign\\_term=2022-07&campaign\\_content=newsletter&mkt\\_tok=ODcxLURJTS03MjMAAAGMpyjy5bru00dEEBV2g6mAPIL2P\\_pacawzyiAq\\_iBaz4iIfMWs0bv8-2T2lqK\\_AhVULHgZ-7kynUZotZ7Ln3uCLSVJfLYIZd8xIyU63d-NSHB](https://markforged.com/resources/blog/what-can-you-do-with-a-professional-3d-printer-and-why?utm_source=email&utm_medium=em&campaign_term=2022-07&campaign_content=newsletter&mkt_tok=ODcxLURJTS03MjMAAAGMpyjy5bru00dEEBV2g6mAPIL2P_pacawzyiAq_iBaz4iIfMWs0bv8-2T2lqK_AhVULHgZ-7kynUZotZ7Ln3uCLSVJfLYIZd8xIyU63d-NSHB), dostęp 15 X 2023.
- [30] <https://www.youtube.com/watch?v=RMDpGJJPOew>, dostęp 8 X 2023.
- [31] NI, C., CHEN, D., YIN, Y. ET AL. Shape memory polymer with programmable recovery onset. *Nature* (2023). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06520-8>.
- [32] GANEWATTA, M.S., WANG, Z. & TANG, C. Chemical syntheses of bioinspired and biomimetic polymers toward biobased materials. *Nat Rev Chem* 5, 753–772 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41570-021-00325-x>. Materiały animowane.
- [33] DAN, C., CUI, Y., WU, Y. ET AL. Achieving ultrahigh fatigue resistance in AlSi10Mg alloy by additive manufacturing. *Nat. Mater.*, 22, 1182–1188 (2023), <https://doi.org/10.1038/s41563-023-01651-9>,
- [34] SANDERS, P. YOUNG, A. J., QIN, Y., ET AL., Stereolithographic 3D printing of extrinsically self-healing composites. *Sci Rep* 9, 388 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36828-9>, dostęp 15 X 2023.
- [35] ESPERA, A.H., JR., DIZON, J.R.C., CHEN, Q., ADVINCULA, R.C., 3D-printing and advanced manufacturing for electronics, *Progr. Additive Manuf.*, 4(3), (2019), mat. do mikro- i nanoelektroniki.
- [36] SEKITANI, T., NAKAJIMA, H. MAEDA, H., ET AL., Stretchable active-matrix organic light-emitting diode display using printable elastic conductors, *Nat. Mater.*, 8, 494–499 (2009).
- [37] KOWAL, A., 29 X 2022, Druk 4D i obiekty, które mogą się przekształcać. Jak działa ta technologia?, <https://www.chip.pl/2022/10/druk-4d-obiekty-zmieniajace-sie-po-wydrukowaniu>, dostęp 10 X 2023.
- [38] KULIK, W., 28 I 2016, Druk 4D – co to jest i jak to wygląda, <https://www.benchmark.pl/aktualnosci/druk-4d-co-to-jest-i-jak-to-wyglada.html>, dostęp 9 X 2023.

- [39] PEEL, J., 7 IX 2023, 3D Printed Ramjet Created by Lockheed Martin and Velo3D, <https://3dprint.com/303146/3d-printed-ramjet-created-by-lockheed-martin-and-velo3d/>, dostęp 9 X 2023.
- [40] DODZIUK, H., Druk 3D zmieni nasze życie, Pauza Akademicka, t. 644, 2023, <http://pauza.krakow.pl/indeks-autorski/d/>, dostęp 15 X 2023.
- [41] <https://www.materialise.com/en/about/locations/poland>, dostęp 17 X 2023.
- [42] 31 I 2022, <https://www.treco.pl/drukarki-3d-top-7-w-rankingu-polskich-producentow/>, dostęp 17 X 2023.
- [43] <https://all3dp.com/1/all-in-one-laser-3d-printer-scanner-cutter-engraver-cnc/>, dostęp 17 X 2023.
- [44] <https://3dgence.com>, dostęp 21 X 2023.
- [45] Petch, M. 1 VII 2028, Review: the 3DGence industry F340, a powerful peek 3D printing workhorse, <https://3dprintingindustry.com/news/review-the-3dgence-industry-f340-a-powerful-peek-3d-printing-workhorse-137311/>, dostęp 21 X 2023.
- [46] <https://programy.edukacja.gov.pl/czy-wiesz-ze-w-kazdej-szkole-podstawowej-w-polsce-jest-drukarka-3d/>, dostęp 2 XI 2023.
- [47] <https://skriware.com/pl/dla-szkoly/laboratorium-edukacyjne/>, dostęp 2 XI 2023.
- [48] <https://forward-am.com/>, dostęp 19 X 2023.

 Helena Dodziuk – IChF PAN  
e-mail: [hdodziuk@gmail.com](mailto:hdodziuk@gmail.com)

reklama

reklama