

Design and implementation of the VIP logotype rotary model using additive printing technology

Artur Ficek ¹, Michał Dziergas ², Grzegorz Polak ³, Damian Kolny ^{4,*}, Robert Droбина ⁵

- ¹ *University of Bielsko-Biala, Faculty of Mechanical Engineering and Computer Science, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Poland, arturficek00@gmail.com*
- ² *University of Bielsko-Biala, Faculty of Mechanical Engineering and Computer Science, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Poland, michal.dziergas79@gmail.com*
- ³ *University of Bielsko-Biala, Faculty of Mechanical Engineering and Computer Science, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Poland, grzegorz.polak@op.pl*
- ⁴ *University of Bielsko-Biala, Faculty of Mechanical Engineering and Computer Science, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Poland, dkolny@ubb.edu.pl*
- ⁵ *University of Bielsko-Biala, Faculty of Mechanical Engineering and Computer Science, University of Bielsko-Biala, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Poland, rdrobina@ubb.edu.pl*

* *Corresponding author, dkolny@ubb.edu.pl*

Abstract: The article describes the course of the process of carrying out activities related to the creation of a spatial and mobile object, which is the visual identification of the VIP - Virtual Industrial Production scientific club. FDM 3D printing technology was used to realize the object in question. The final stage of the work was to check the functioning of the object, with regard to the initial design assumptions.

Keywords: 3D printing; rapid prototyping; moving spatial object;

Projekt i realizacja modelu obrotowego logotypu VIP wykonanego w technologii druku 3D

Artur Ficek ¹, Michał Dziergas ², Grzegorz Polak ³, Damian Kolny ^{4,*}, Robert Droбина ⁵,

- ¹ *Uniwersytet Bielsko-Bialski, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Polska, arturficek00@gmail.com*
- ² *Uniwersytet Bielsko-Bialski, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Polska, michal.dziergas79@gmail.com*
- ³ *Uniwersytet Bielsko-Bialski, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Polska, grzegorz.polak@op.pl*
- ⁴ *Uniwersytet Bielsko-Bialski, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Polska, dkolny@ubb.edu.pl*
- ⁵ *Uniwersytet Bielsko-Bialski, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Polska, rdrobina@ubb.edu.pl*

* *Corresponding author, dkolny@ubb.edu.pl*

Streszczenie: W artykule opisano przebieg procesu wykonania przestrzennego, ruchomego logotypu koła naukowego VIP – Virtual Industrial Production. Do realizacji przedmiotowego obiektu zastosowano technologię druku 3D metodą FDM. Etapem końcowym pracy było sprawdzanie funkcjonowania przedmiotu, w odniesieniu do początkowych założeń projektowych.

Słowa kluczowe: Druk 3D; szybkie prototypowanie; obiekt przestrzenny;

1. Wstęp

Szybkie prototypowanie (RP, Rapid Prototyping) w znaczący sposób rewolucjonizuje proces tworzenia nowych produktów, zwłaszcza w zakresie z technologii druku 3D. Metoda ta pozwala na szybkie i efektywne przekształcenie cyfrowych modeli 3D, stworzonych za pomocą oprogramowania CAD, w fizyczne prototypy. Dzięki temu można niemal natychmiast testować i oceniać nowe koncepcje, co przyspiesza cały proces projektowania i wprowadzania produktów na rynek [1]. Jednym z największych atutów szybkiego prototypowania jest znaczne skrócenie cyklu rozwoju produktu. Tradycyjne metody wytwarzania prototypów, takie jak obróbka skrawaniem czy formowanie wtryskowe, są czasochłonne i kosztowne, zwłaszcza w fazie wstępnej, kiedy wymagane są częste zmiany i dostosowania do końcowych wymagań produktu. RP, wykorzystując technologię druku 3D, eliminuje wiele z tych problemów, umożliwiając szybkie tworzenie prototypów w ciągu kilku godzin lub dni, zamiast tygodni czy miesięcy [1]. RP nie tylko przyspiesza proces projektowania, ale także znacząco zmniejsza jego koszty. Ponieważ technologia druku 3D umożliwia wytwarzanie prototypów bez potrzeby inwestowania w kosztowne narzędzia i formy, przedsiębiorstwa mogą zaoszczędzić znaczne środki finansowe na etapie badań i rozwoju. Co więcej, możliwość tworzenia prototypów na żądanie, w krótkim czasie, sprawia, że firmy mogą eksperymentować z różnymi koncepcjami bez ponoszenia dużych kosztów, co sprzyja innowacyjności i kreatywności w procesie projektowania [1, 2]. Szybkie prototypowanie umożliwia także tworzenie funkcjonalnych prototypów, które mogą być testowane pod kątem różnych właściwości mechanicznych, takich jak wytrzymałość, elastyczność czy odporność na zużycie. Dzięki temu możliwe jest przeprowadzanie realistycznych testów, które dają pewność, że ostateczny produkt spełni wszystkie wymagania stawiane mu przez rynek. Co więcej, techniki RP pozwalają na weryfikację ergonomii produktu oraz jego dopasowania do innych elementów systemu produkcyjnego, co jest szczególnie istotne w branżach takich jak motoryzacja, lotnictwo czy medycyna [2]. Dodatkową zaletą szybkiego prototypowania jest możliwość tworzenia skomplikowanych geometrii, które byłyby trudne lub wręcz niemożliwe do wykonania tradycyjnymi metodami produkcji. To z kolei otwiera nowe możliwości w zakresie projektowania, umożliwiając tworzenie w krótkim czasie, bardziej ekonomicznych produktów, które lepiej spełniają swoje funkcje [2]. W kontekście współczesnego przemysłu, szybkie prototypowanie stało się nieodzownym narzędziem w rozwoju nowych produktów. Dodatkowo, technologia ta wspiera personalizację produktów, co jest coraz bardziej pożądane w dzisiejszych czasach, gdzie klienci oczekują dostosowanych do ich potrzeb rozwiązań [1, 2].

Celem pracy jest wykonanie prototypu ruchomego obiektu przestrzennego będącego logotypem koła naukowego VIP, które dodatkowo będzie połączone z obrotową podstawką w kształcie piramidy, wykonaną za pomocą technologii Fused Deposition Modeling (FDM) z PLA (Poliaktyd). W artykule opisano proces wykonania poszczególnych elementów wchodzących w skład obiektu oraz zasadę działania układu sterującego ruchem i oświetleniem LED. Projekt powstał w ramach prac koła naukowego VIP – Virtual Industrial Production, działającego na Uniwersytecie Bielsko-Bialskim.

2. Istota druku addytywnego w obszarze RP

Istota druku addytywnego polega na stopniowym budowaniu obiektu poprzez nakładanie kolejnych warstw materiału, co stanowi fundamentalną różnicę w stosunku do tradycyjnych metod obróbki ubytkowej, gdzie materiał jest usuwany, aby osiągnąć pożądany kształt [3]. Druk addytywny umożliwia szybkie tworzenie fizycznych modeli bez potrzeby stosowania form, narzędzi czy matryc, co znacząco redukuje czas i koszty produkcji prototypów. Ta technologia pozwala na realizację złożonych projektów z wysoką precyzją, które byłyby trudne do wykonania przy użyciu konwencjonalnych metod. Drukowanie addytywne jest wyjątkowo elastyczne, co oznacza, że zmiany w projekcie mogą być wprowadzone szybko i bez konieczności przebudowy całego procesu produkcyjnego [3]. Druk addytywny w RP pozwala również na efektywne wykorzystanie materiałów, ponieważ proces ten minimalizuje odpady produkcyjne – materiał jest nakładany tylko tam, gdzie jest potrzebny. To nie tylko zmniejsza koszty, ale także jest bardziej przyjazne dla środowiska w porównaniu do tradycyjnych metod wytwarzania [2,3]. W obszarze szybkiego prototypowania druk addytywny umożliwia wytwarzanie funkcjonalnych prototypów, które mogą być testowane pod kątem ich właściwości użytkowych, takich jak wytrzymałość, elastyczność czy odporność na warunki zewnętrzne. To z kolei przyspiesza proces iteracji w projektowaniu, pozwalając na szybkie wprowadzanie poprawek w odpowiedzi na wyniki testów. Dzięki temu, druk addytywny w RP jest nie tylko narzędziem do tworzenia modeli koncepcyjnych, ale także integralną częścią procesu inżynierskiego i rozwojowego, prowadzącą do szybszego i bardziej efektywnego wprowadzania produktów na rynek [2,4].

3. Metody i materiały stosowane w druku 3D

Technologia druku 3D obejmuje różne metody, które różnią się sposobem tworzenia obiektów. Polegają one na nakładaniu kolejnych warstw materiału, co może odbywać się m. in. poprzez uplastycznienie filamentu, utwardzanie żywic światłem UV lub spiekanie proszków laserem. Każda z tych technologii jest wykorzystywana do różnych zastosowań w zależności od wymaganej precyzji, wytrzymałości i rodzaju używanego materiału [5-7]:

- **SLA (Stereolitografia):** SLA wykorzystuje laser UV do utwardzania ciekłej żywicy fotonopolimerowej warstwa po warstwie, co pozwala na tworzenie obiektów o wysokiej precyzji i gładkich powierzchniach. Jest idealna do produkcji detali o skomplikowanych kształtach.
- **FDM (Fused Deposition Modeling):** FDM polega na uplastycznieniu i ekstruzji termoplastycznego filamentu, który jest następnie nakładany warstwa po warstwie, tworząc model. To popularna i przystępna metoda stosowana w prototypowaniu oraz małoseryjnej produkcji.
- **SLS (Selective Laser Sintering):** SLS używa lasera do selektywnego spiekania cząstek proszku, co pozwala na tworzenie obiektów z tworzywa sztucznego, metalu czy ceramiki. Technologia ta umożliwia drukowanie skomplikowanych geometrii bez potrzeby struktur podporowych.
- **DLP (Digital Light Processing):** DLP podobna do SLA, wykorzystuje projektor cyfrowy do utwardzania całych warstw ciekłej żywicy jednocześnie, co przyspiesza proces druku. Jest efektywna przy tworzeniu precyzyjnych obiektów.
- **SLM (Selective Laser Melting):** SLM to metoda, która używa lasera do całkowitego stopienia cząsteczek metalowego proszku, tworząc mocne, jednolite metalowe części. Znajduje zastosowanie w produkcji funkcjonalnych komponentów o dużej wytrzymałości.
- **EBM (Electron Beam Melting):** EBM wykorzystuje wiązkę elektronów do topienia metalowego proszku, budując warstwa po warstwie wytrzymałe części. Technologia ta jest stosowana głównie w przemyśle lotniczym i medycznym.
- **SHS (Selective Heat Sintering):** SHS polega na selektywnym spiekaniu proszku termoplastycznego za pomocą ciepła, bez użycia lasera. To ekonomiczna metoda do szybkiego prototypowania, oferująca solidne, funkcjonalne wydruki.

Materiały stosowane w druku 3D można podzielić na kilka głównych kategorii, z których każda ma swoje specyficzne zastosowania i właściwości. Oto najważniejsze z nich [5, 10, 18, 19]:

- Tworzywa sztuczne

Najczęściej używane materiały w druku 3D, szczególnie w technologiach takich jak FDM czy SLS. Wśród nich wyróżnia się:

- **PLA (poliaktyd):** Biodegradowalny, łatwy w druku, używany do tworzenia produktów konsumenckich.
- **ABS (akrylonitryl-butadien-styren):** Wytrzymały, często stosowany w przemyśle motoryzacyjnym.
- **Nylon:** Trwały, elastyczny materiał, odporny na ścieranie

- Metale

Wykorzystywane głównie w zaawansowanych technologiach druku 3D, takich jak SLM i EBM. Popularne metale to:

- **Tytan:** Lekki i mocny, używany w implantologii oraz w przemyśle lotniczym.
- **Aluminium:** Lekki metal, często wykorzystywany w produkcji części samochodowych i lotniczych.

- Ceramika

Stosowany głównie w aplikacjach wymagających odporności na wysokie temperatury oraz w przemyśle medycznym

- **Tlenek glinu (Al₂O₃):** Odporny na ścieranie i wysokie temperatury, używany do produkcji narzędzi.
- **Zirkonia (ZrO₂):** Wysoka twardość i odporność na pękanie, stosowana w stomatologii oraz w produkcji biżuterii.

- Materiały biokompatybilne

Kluczowe w medycynie, zwłaszcza w produkcji implantów, protez oraz modeli anatomicznych.

- **PCL (polikaprolakton):** Biodegradowalny i biokompatybilny, często stosowany w inżynierii tkankowej.
- **Hydroksyapatyt:** Materiał ceramiczny, wykorzystywany do produkcji implantów kostnych.

- Materiały kompozytowe

Łączą cechy różnych substancji, zapewniając unikalne cechy, takie jak zwiększona wytrzymałość lub elastyczność.

- **Włókno węglowe wzmocnione nylonem:** Lekki i bardzo wytrzymały, stosowany w przemyśle lotniczym i motoryzacyjnym.

- **Kompozyty węglowo-ceramiczne:** Używane w produkcji tarcz hamulcowych o dużej odporności na temperaturę.
- **Materiały elastyczne**

Znajdują zastosowanie w druku 3D tam, gdzie potrzebna jest giętkość i sprężystość.

- **TPU (termoplastyczny poliuretan):** Elastyczny i odporny na ścieranie, używany do produkcji uszczelek, obudów
- **TPE (elastomer termoplastyczny):** Używany w produkcji produktów konsumenckich, takich jak uchwyty, maski.

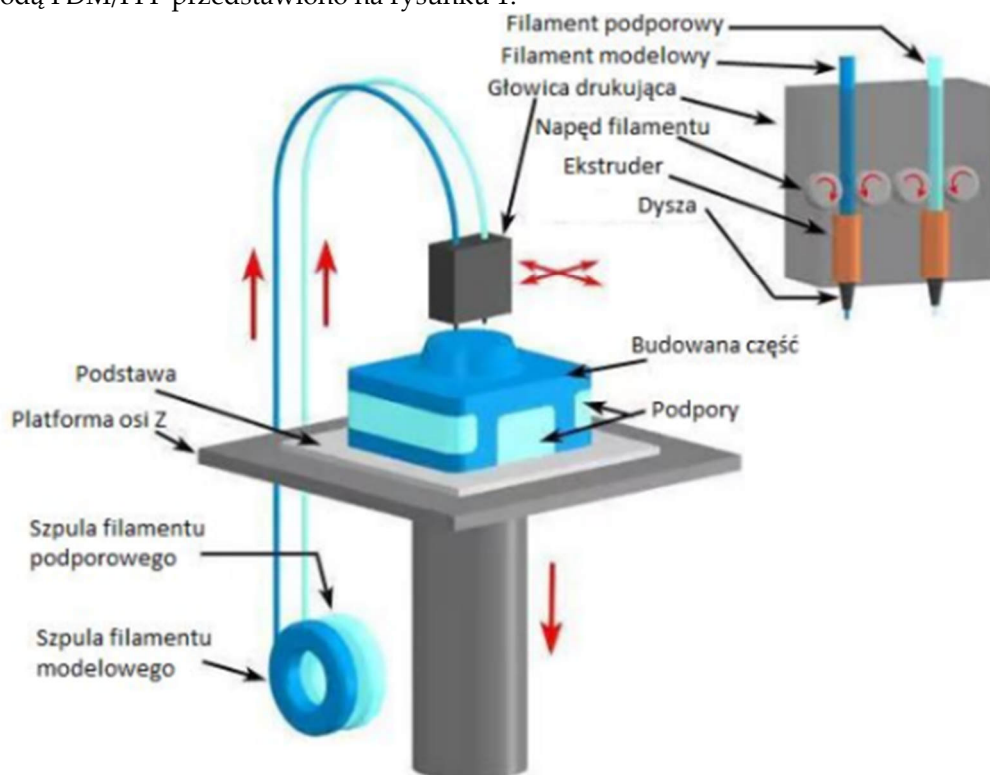
- **Materiały fotopolimerowe**

W druku 3D z zastosowaniem technologii SLA i DLP używa się materiałów fotopolimerowych.

- **Standardowe żywice fotopolimerowe:** Używane do produkcji prototypów, modeli koncepcyjnych i części o wysokiej szczegółowości.
- **Biokompatybilne żywice:** Stosowane w produkcji medycznych urządzeń, takich jak protezy dentystyczne.

Zasada działania drukarek 3D typu FDM/FFM

Fused Deposition Modeling to jedna z najpopularniejszych technologii druku 3D. W tej metodzie wykorzystuje się filamenty, czyli tworzywa sztuczne, które po podgrzaniu stają się plastyczne, a następnie są tłoczone i formowane, by po nałożeniu zastygły i stwardniały. Materiał z rolki jest rozwijany i wprowadzany do głowicy drukującej. Filament jest podgrzewany w bloku grzewczym do stanu plastycznego, a następnie wyciskany przez dyszę na platformę drukującą. Głowica drukująca, poruszając się w osiach XYZ (często również wraz ze stołem) zgodnie z wcześniej przygotowanym programem G-Code, nakłada warstwy materiału [9, 10, 12, 30]. Schemat drukarki do realizacji procesu druku 3D metodą FDM/FFF przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1. Zasada działania drukarki 3D pracującej w technologii FDM/FFF [30]

Proces druku 3D, na przykładzie technologii FDM/FFF, obejmuje kilka kluczowych etapów:

- **projektowanie modelu** - w pierwszym kroku tworzony jest cyfrowy model w przestrzeni trójwymiarowej. Można to zrobić za pomocą różnych programów do modelowania 3D. Model ten jest zapisywany jako plik STL, który jest standardowym formatem plików dla drukarek 3D. Projekt musi być dostosowany do konkretnej drukarki, na której będzie realizowany [30],
- **przygotowanie modelu do druku** - plik STL jest importowany do programu typu Slicer, który ustala parametry druku. Slicer dzieli model na warstwy i generuje kod G-code, który zawiera instrukcje dla drukarki, dotyczące ruchów głowicy, temperatury oraz innych ustawień procesu druku [12, 30],
- **proces druku 3D** - drukarka 3D przystępuje do realizacji projektu, nakładając warstwa po warstwie uplastyczniony filament. Podczas druku formowane zewnętrzne ścianki obiektu i jego wewnętrzne wypełnienie.

W przypadku skomplikowanych projektów, mogą być również budowane struktury podporowe. Platforma robocza, na której powstaje wydruk, może być podgrzewana, aby zwiększyć przyczepność pierwszych warstw oraz zapobiec skurczowi materiału [10, 12],

- **czyszczenie i wykończenie modelu** - po zakończeniu drukowania, gotowy obiekt jest oddzielany od platformy roboczej. W wielu przypadkach wymaga on dodatkowego czyszczenia. Jeśli podczas druku użyto struktur podporowych, należy je usunąć. Wykończenie obiektu może obejmować takie czynności jak, malowanie czy polerowanie, w zależności od wymagań projektu [10, 30].

4. Założenia projektu

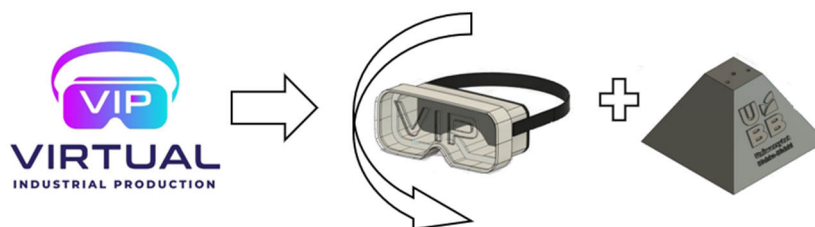
4.1. Założenia koncepcyjne

Koncepcja projektu obejmowała wykonanie prototypu obiektu 3D dedykowanego na potrzeby koła naukowego Virtual Industrial Production, działającego na Uniwersytecie Bielsko-Bialskim wzorowanego na logotypie organizacji (rys. 2).



Rysunek 2 Logo koła naukowego VIP

Do realizacji projektu została użyta drukarka Prusa i3 MK3S+, która wydrukowała całość konstrukcji, w tym piramidą podstawkę, okulary VR ze schowkiem na baterię oraz łącznik, który połączy okulary z podstawką. Okulary VIP będą składać się z czarnej opaski z miejscem na baterię, białej obudowy oraz przezroczystego frontu, co umożliwi podświetlenie dzięki zainstalowaniu paska LED. Podstawa została wykonana z filamentu PLA z dodatkową dolną osłoną przykręcaną śrubami. Schemat koncepcyjny konstrukcji obiektu został przedstawiony na rys. 3.



Rysunek 3 Idea projektu obrotowego logotypu VIP

Technologia FDM jest idealna do realizacji tego projektu, ponieważ pozwala na precyzyjne odwzorowanie szczegółów i jest doskonała do tworzenia skomplikowanych kształtów. PLA, jako materiał, zapewnia wysoką jakość i estetykę modelu, co jest kluczowe dla osiągnięcia zamierzonego efektu. Efektem końcowym będzie ruchomy, świecący i funkcjonalny obiekt, który będzie pełnił rolę modelu wystawowego. Logo w postaci okularów VR umieszczonych na podstawce umożliwiającej ich obrót wokół własnej osi, stanowi doskonałe rozwiązanie promocyjne, podkreślając nowoczesność i innowacyjność koła.

4.2. Założenia dotyczące realizacji

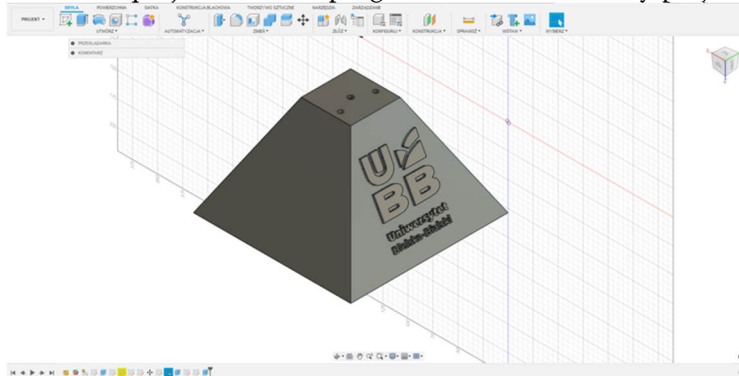
Na etapie koncepcyjnym założono, że podstawka (piramida) będzie wyposażona w silnik krokowy, by móc obracać okularami VR (będącymi logiem koła VIP), a same okulary będą dodatkiem identyfikującym. Ostatecznie podjęto decyzję, by logo wyposażyć w diody LED, które będą zapewniały również właściwe kolory koła VIP (gradient fioletowo-niebieski). Elementy wchodzące w skład budowy obiektu zaprojektowano w oprogramowaniu Autodesk Fusion, które jest dedykowane głównie do projektowania oraz modelowania obiektów w trójwymiarowej przestrzeni, a także umożliwia symulację, wizualizację i tworzenie dokumentacji technicznej w postaci rysunków technicznych.

Oprócz tego do wnętrza obu zespołów, wchodzących w skład projektowanego obiektu, zostaną zaimplementowane podzespoły oświetlenia (okular) oraz ich obrotu (podstawa).

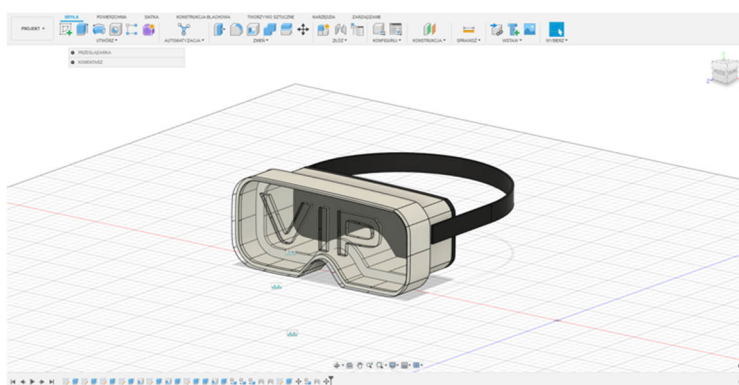
5. Realizacja projektu

5.1. Projektowanie elementów

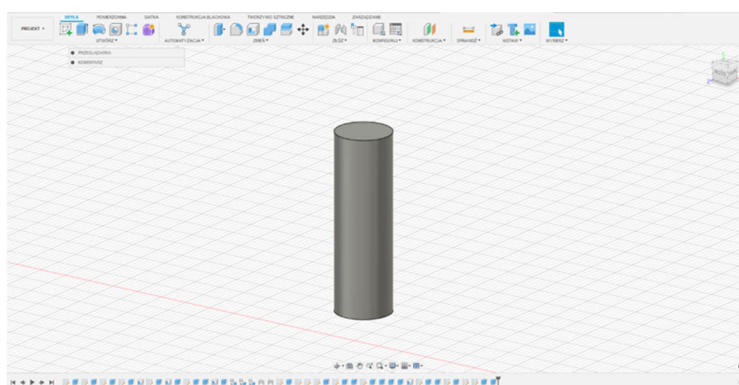
Proces tworzenia elementów za pomocą Autodesk Fusion obejmuje tworzenie realistycznych obiektów w trzech wymiarach, korzystając z odpowiednich parametrów (np. kształt, wymiary, zależności geometryczne, itd.) [31]. Na rysunkach (rys. 4-8) przedstawiono zaprojektowane w programie Fusion elementy projektu..



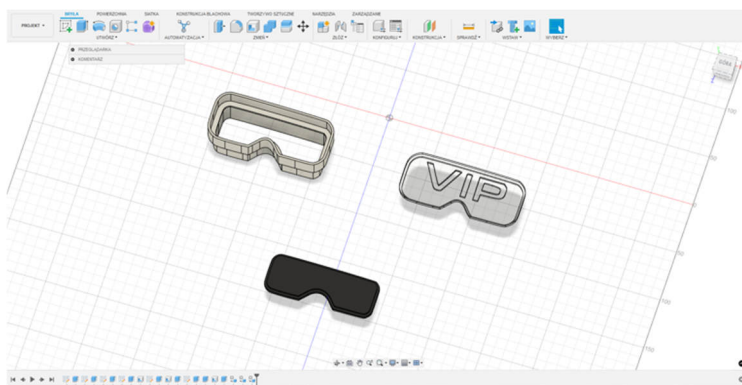
Rysunek 4. Model podstawki (piramidy)



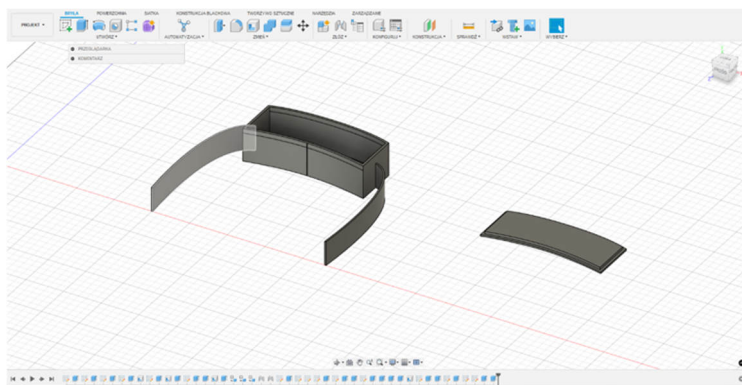
Rysunek 5. Model okularów



Rysunek 6. Model łącznika



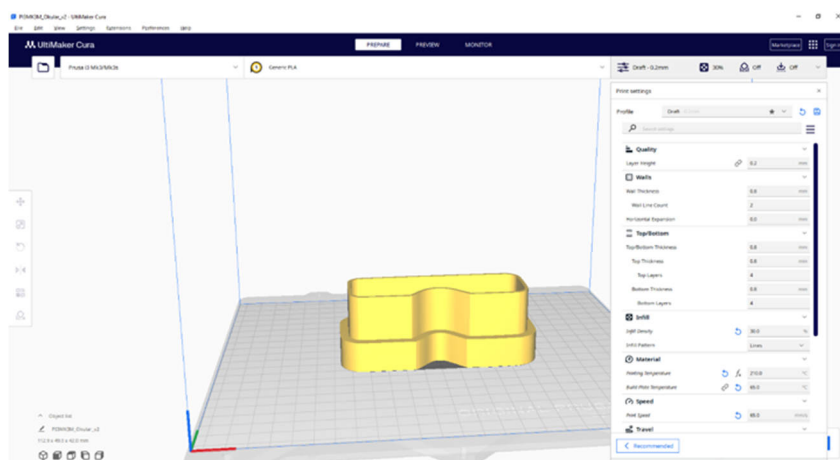
Rysunek 7. Modele poszczególnych części okularów



Rysunek 8. Model obudowy na baterię

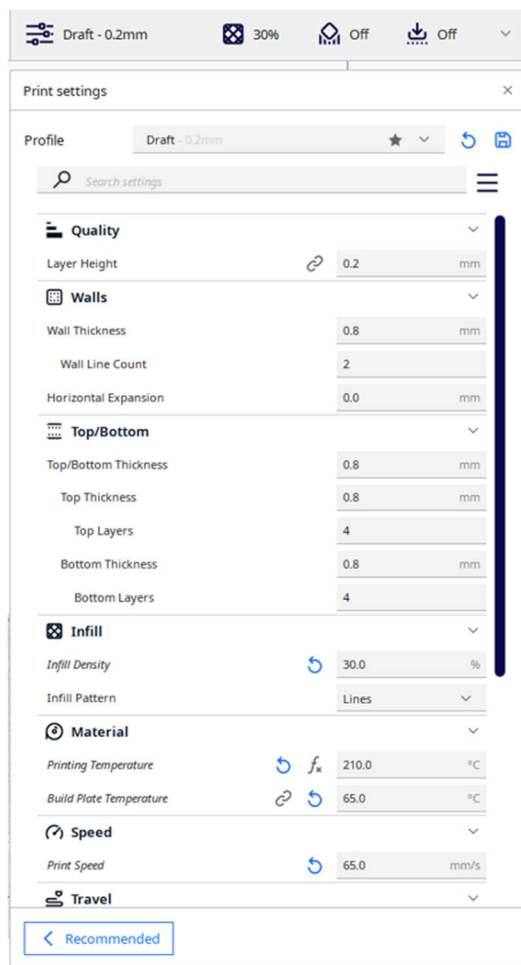
5.2. Przygotowanie modeli do druku

Wybór odpowiedniej koncepcji opierał się nie tylko na estetyce i proporcjach okularów względem podstawki, ale przede wszystkim na dobraniu odpowiednich wymiarów, które umożliwią ukrycie elementów elektronicznych bez naruszania wyglądu projektu. Po zaprojektowaniu modelu w programie Fusion 360, plik w formacie .stl został zaimportowany do dedykowanego programu – w tym przypadku do slicera Cura (rys.9). Program Cura został wybrany ze względu na, szeroką gamę funkcji i dużą popularność wśród użytkowników druku 3D. W slicerze model jest wyświetlany, a użytkownik może ustawić kluczowe parametry druku, takie jak grubość ścianek, wypełnienie wewnętrzne, a także dodanie struktur podporowych w miejscach, gdzie są one niezbędne.



Rysunek 9. Widok okna programu Cura - importowanie modelu

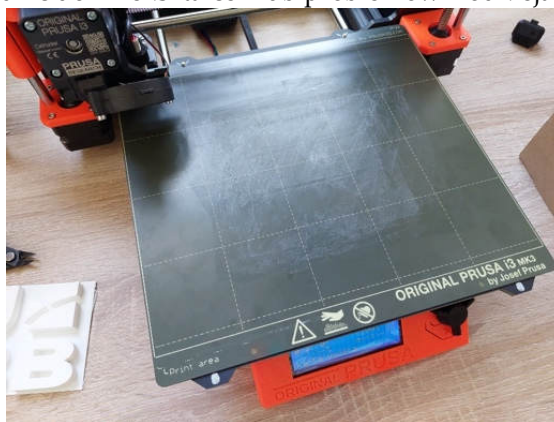
Predefiniowane przez program Cura ustawienia parametrów, które zapewniają równowagę pomiędzy jakością wydruku a czasem jego trwania, przedstawione są na rys. 10.



Rysunek 10. Ustawienia parametrów druku w slicerze Cura

5.3. Przygotowanie i kontrola druku

Przygotowanie drukarki 3D do druku to kluczowy etap, który ma ogromny wpływ na ostateczną jakość wydruku. Pierwszym krokiem jest dokładne oczyszczenie stołu roboczego (rys. 11) – usunięcie wszelkich resztek poprzednich wydruków oraz kurzu. To ważne, ponieważ nawet drobne zanieczyszczenia mogą wpłynąć na przyczepność pierwszej warstwy wydruku, co może prowadzić do zniekształceń lub problemów z odklejaniem wydruku od stołu.

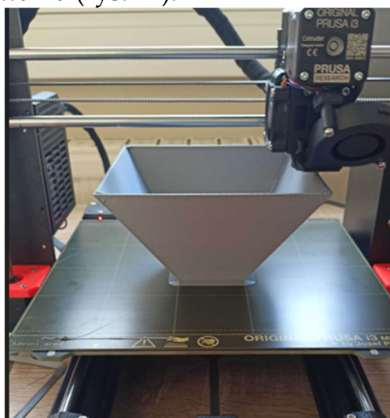


Rysunek 11. Stół roboczy drukarki przed oczyszczeniem

Następnie wczytano przygotowany program, , do drukarki. Program, zapisany w formacie G-code, zawiera wszystkie instrukcje dotyczące ruchów głowicy oraz parametrów druku.

Ważnym krokiem było też ustawienie temperatury stołu oraz głowicy drukującej. Dla różnych materiałów wymagane są różne temperatury, np. dla PLA głowica powinna być nagrzana zazwyczaj do ok. 210°C, a stół do około 60°C (zgodnie z kartą produktu). Oprócz tego można dostosować szybkość podawania filamentu oraz prędkość drukowania,

co wpływa na czas trwania wydruku i jego precyzję. Po odpowiednim skalibrowaniu i wstępnym nagrzeniu, drukarka jest gotowa do rozpoczęcia procesu drukowania (rys. 12).



Rysunek 12. Realizacja druku przez drukarkę (opracowanie własne)

Wzrokowa ocena jakości wydruków wykonanych technologią FDM z użyciem filamentu PLA przyniosła pozytywne rezultaty dla całości konstrukcji, zarówno pod kątem precyzji wymiarowej, jak i estetyki. Filament PLA doskonale odwzorował kształty obiektów, a poszczególne warstwy wydruku były równe i jednolite. Estetyka wykończenia poszczególnych elementów okazała się satysfakcjonująca, faktura wydruków jest odpowiednia, co podkreśliło wysoką jakość części finalnego produktu (rys. 13).



Rysunek 13. Podstawka

Początkowe ustawienia w slicerze dotyczące procentowego wypełnienia przekroju okazały się niewystarczające, co skutkowało osłabieniem struktury wydruku oraz miejscowymi deformacjami detalu (gogli). Po kilku próbach zwiększono wypełnienie, co znacząco poprawiło trwałość i stabilność elementów. Ustawienia druku związane z wypełnieniem były kluczowe dla uzyskania odpowiedniej wytrzymałości i estetyki (rys. 14).

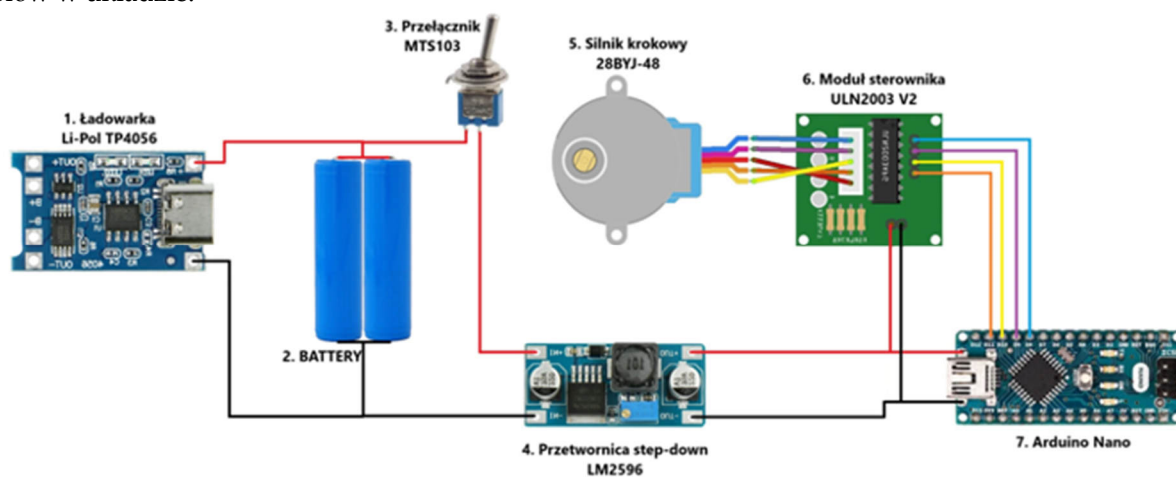


Rysunek 14. Detal wydrukowany przy wypełnieniu 80% (po lewej) oraz ten sam element (po prawej) wydrukowany przy wypełnieniu 30%

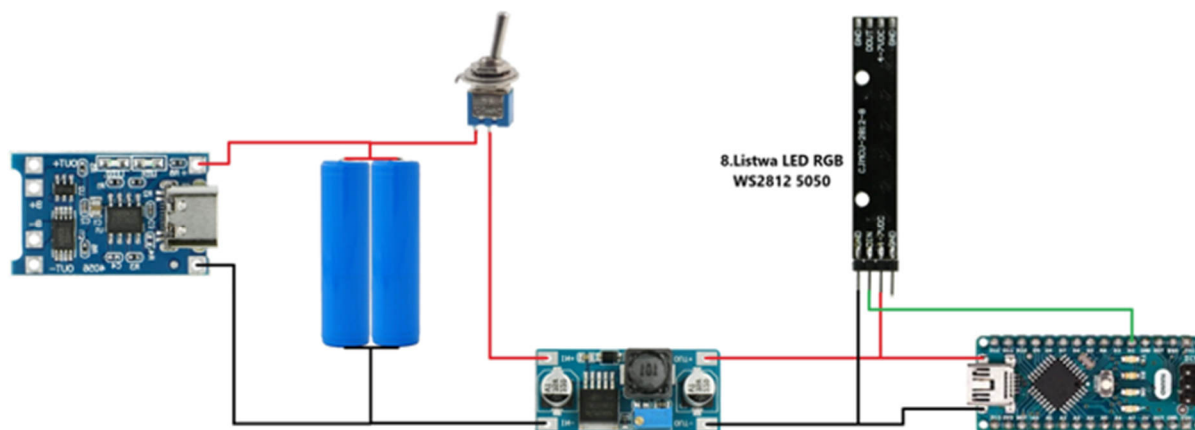
5.4. Układy elektryczne zastosowane w logotypie

Układy elektryczne są fundamentem jego funkcjonalności, umożliwiając nie tylko oświetlenie gogli, ale również zaawansowane sterowanie silnikiem elektrycznym, co pozwala na ich płynny obrót. W kontekście obrotu, kluczowe okazało się zapewnienie odpowiedniego magazynowania energii w akumulatorach umieszczonych w obu układach – w podstawie oraz w okularach. Takie rozwiązanie ma ogromne znaczenie, ponieważ umożliwia dłuższą pracę urządzenia oraz stabilne zasilanie podczas ruchu. Dzięki niezależnemu zasilaniu, każdy z układów może działać autonomicznie. Dodatkowo, wprowadzenie możliwości ładowania ogniw za pomocą uniwersalnego przewodu USB-C to nie tylko wygoda, ale i praktyczne rozwiązanie, gdzie standardy zasilania są coraz bardziej ujednoczone. Użytkownicy mogą łatwo podłączyć obie części logotypu do różnych źródeł zasilania, co eliminuje problem z różnorodnością kabli i złączy, przy tym wykorzystując potencjał ogniw zastosowanych w projekcie.

Na rys. 15 i 16 przedstawiono schematy elektryczne dla podstawy oraz modelu okularów. Opisano również działanie podzespołów w układzie.



Rysunek 15. Schemat elektryczny układu podstawy (opracowanie własne)



Rysunek 16. Schemat elektryczny układu okularów (opracowanie własne)

Zgodnie z powyższymi schematami w ramach projektu wykorzystano:

1. Moduł ładowarki Li-Pol TP4056 z portem USB typu C.
2. Akumulator 18650, ogniwo litowo-jonowe o cylindrycznym kształcie i standardowych wymiarach 18 mm średnicy oraz 65 mm długości, 3,7V, pojemność 3500 mAh.
3. Przełącznik dźwigniowy MTS-103.
4. Przetwornica step-down LM2596 .
5. Silnik Krokowy 28BYJ-48 5V.
6. Sterownik Silnika Krokowego ULN2003.
7. Arduino Nano.
8. Listwę LED RGB WS2812 5050 x 8 diod o standardowym rozmiarze 5x5 mm.

5.5. Ocena funkcjonalności i zgodności z założeniami projektowymi

W ostatnim etapie pracy przeprowadzono ocenę funkcjonalności oraz zgodności logotypu z założeniami projektu. Skupiono się na sprawdzeniu stabilności konstrukcji, działaniu oświetlenia oraz mechanizmu obrotowego. Zweryfikowano dopasowanie elementów, oraz położenie środka ciężkości, tak aby zapewnić stabilność podczas użytkowania logotypu. Dokonano również oceny czy ładowanie akumulatorów jest proste i intuicyjne, zapewniając pełną funkcjonalność i uniwersalność konstrukcji.

Wyniki przeprowadzonej analizy potwierdziły poprawność rozwiązań konstrukcyjnych i funkcjonalnych. Materiały wykorzystane do produkcji zapewniły estetykę oraz zgodność z założeniami wizualnymi projektu spełniając wszystkie kryteria wymagane dla zastosowań ekspozycyjnych..(rys. 17).



Rysunek 17. Finalny wygląd okularów na podstawie z zastosowaniem diod LED (opracowanie własne)

6. Podsumowanie

Projekt logotypu VIP w formie okularów VR na obrotowej podstawie został wykonany zgodnie z założeniami. Dzięki wykorzystaniu technologii FDM i materiału PLA stworzono estetyczny, funkcjonalny i trwały obiekt. Proces realizacji obejmował wszystkie etapy, od projektowania, przez druk 3D, po montaż części składowych i układu elektrycznego.. Wykonany prototyp pełni funkcję promocyjną, prezentując w efektownej formie logotyp koła naukowego VIP. Zrealizowany prototyp posiada potencjał rozbudowy poprzez dodanie elementów interaktywnych, takich jak czujniki lub przyciski aktywujące podświetlenie i obrót.

Uzyskany logotyp jest przykładem zastosowania druku 3D w tworzeniu estetycznych i funkcjonalnych elementów promocyjnych, wspierającego działania wizerunkowe koła naukowego.

Bibliografia

1. Dodziuk H. Społeczne skutki druku 3D. Czyli jak druk 3D zmieni nasze życie. *Napędy i Sterowanie* 2024, nr 26, s. 60-70 .
2. Laska-Leśniewicz A. Wykorzystanie metod szybkiego prototypowania (rapid prototyping) w nowoczesnej medycynie. *Zeszyty Naukowe Towarzystwa Doktorantów Uniwersytetu Jagiellońskiego. Nauki Ścisłe* 2017, nr 15, s. 39-48.
3. Gajewski, T. Druk 3D jako technologia zakłócająca w systemie międzynarodowym. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sectio K–Politologia* 2020, nr 27, s. 43-64.
4. Cieślik, M. Technologia wytwarzania addytywnego przewodzących nanokompozytów węglowych z matrycą polilaktydową w aspekcie zastosowań elektrochemicznych. Praca doktorska, Politechnika Gdańska 2022.
5. Fiał Ch., Pieknik M. Druk 3D jako technologia przyszłości–część 1. *Technologia i Jakość Wyrobów* 2020, nr 65, s. 92-105.
6. Kowalewski, J., Całka R. Użyteczność metody 3DP techniki szybkiego prototypowania w procesie dostosowywania broni małokalibrowej do oddawania strzałów symulowanych. *Problemy Techniki Uzbrojenia* 2010, nr 39, s. 53-62.

7. Siemiński P., Budzik G. Techniki przyrostowe: druk drukarki 3D. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2015.
8. Chennakesava, P., Narayan, Y.S. Fused Deposition Modeling—Insights. Proceedings of the International Conference on Advances in Design and Manufacturing (ICAD&M'14), Tiruchirappalli, Tamil Nadu, Indie, 5–7 grudzień 2014.
9. Dudek P. FDM 3D printing technology in manufacturing composite elements. Archives of Metallurgy and Materials 2013, nr 58, s. 1415–141.
10. Stryczek R., Wyrobek K. Projektowanie operacji druku 3D metodą FFF. Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku Białej, Bielsko-Biała 2022.
11. Dikshit V., Bhudolia S.K., Joshi S.C. Multiscale Polymer Composites: A Review of the Interlaminar Fracture Toughness Improvement, Fibers 2017, nr 38.
12. Sobotka A., Wrońska K. 3D w budownictwie. Część 1. Builder 2015, nr 10, s. 26-29.
13. Budzik G. Woźniak J., Przeszlowski, L., Druk 3D jako element przemysłu przyszłości. Analiza rynku i tendencje rozwoju. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2022.
14. Xu X., Goyanes A., Trenfield S.J., Diaz-Gomez L., Alvarez-Lorenzo C., Gaisford S., Basit A.W., Stereolithography (SLA) 3D printing of a bladder device for intravesical drug delivery. Materials Science and Engineering: C 2021, nr 120.
15. Stansbury J., Idacavage M. 3d printing with polymers: Changes among expanding options and opportunities. Dental Materials 2016, nr 32, s. 54-64.
16. Chen H., Lee S.-Y., Lin Y.-M. Synthesis and Formulation of PCL-Based Urethane Acrylates for DLP 3D Printers. Polymers 2020, nr 12(7).
17. Tagliaferri V., Trovalusci F., Guarino S., Venettacci S. Environmental and Economic Analysis of FDM, SLS and MJF Additive Manufacturing Technologies, Materials 2019, nr 12, s. 1-21.
18. Swinarew A., Swinarew B., Popczyk M., Gabor J., Przybyła M. Druk 3D: wpływ gęstości ułożenia warstw na parametry mechaniczne. Przetwórstwo Tworzyw 2018, nr 24, s. 34-40.
19. Guerra, A.J., San, J., Ciurana, J. Fabrication of PCL/PLA Composite Tube for Stent Manufacturing. Procedia. CIRP 2017, nr 65, s. 231-235.
20. Nakagawa Y., Ken-ichiro M., Maeno T. 3D printing of carbon fibre-reinforced plastic parts. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 2017, nr 91, s. 2811–2817.
21. Szafranski B., Druk 3D w prototypowaniu i produkcji. Główny Mechanik 2017, nr maj-czerwiec, s. 17-23.
22. Perez A.R.T., Roberson D.A., Wicker R.B. Fracture surface analysis of 3Dprinted tensile specimens of novel ABS-based materials. Journal of Failure Analysis and Prevention 2014, nr 14, s. 343-353.
23. Kumar M.A., Khan M.S., Mishra S.B. Effect of Machine Parameters on Strength and Hardness of FDM Printed Carbon Fiber Reinforced PETG Thermoplastics. Materials Today Proceedings 2020, nr 27, s. 975-983.
24. Ibrahim M., Barnes M., McMillin R., Cook D.W., Smith S., Halquist M., Wijesinghe D., Roper T.D. 3D printing of metformin HCl PVA tablets by fused deposition modeling: drug loading, tablet design, and dissolution studies. Aaps Pharmscitech 2019, nr 20.
25. Hu Q., Suihong L., Yan G., Zhicheng S. Topological Structure Design and Fabrication of Biocompatible PLA/TPU/ADM Mesh with Appropriate Elasticity for Hernia Repair. Macromol Biosci 2021, nr 32, s. 54-64.
26. Lewandowski, J., Macko M., Szczepańczyk A., Szczepański Z., Lewandowski T., Przegląd technik druku 3D stosowanych w prototypowaniu i planowaniu obszarów miejskich. Studia i Materiały Informatyki Stosowanej 2024, nr 2, s. 5-12.
27. Clegg W.J., Kendall K., Alford N., Button T. W., Birchall J.D. A simple way to make tough ceramics. Nature 1990, nr 347, s. 455-457.
28. Duan B., Kapetanovic E., Hockaday L., Butcher J. 3D printed trileaflet valve conduits using biological hydrogels and human valve interstitial cells. Acta Biomater 2013, nr 10, s. 1836-1846.
29. Li W., Mille L., Robledo L.J., Uribe V.T., Huerta V., Zhang Y.S. Recent advances in formulating and processing biomaterial inks for vat polymerization-based 3D printing. Advanced healthcare materials 2020, nr 9, s. 1-18.
30. Terczyński S., Gąsiorek D., Smyczek M., Kądziałowski G. Buduję swoją pierwszą drukarkę 3D, iTst@rt, Piekary Śląskie 2018.
31. Jaskulski A. Autodesk Inventor Professional 2021 PL / 2021+ / Fusion 360. Metodyka projektowania, Wydawnictwo Helion 2020.