

# MODEL WIRTUALNY A OBIEKT ARTYSTYCZNY W KONTEKŚCIE TECHNOLOGII PRZYROSTOWYCH

Paweł Dudko

Politechnika Białostocka, Wydział Architektury, ul. O. Sosnowskiego 11, 15-893 Białystok  
E-mail: p.dudko@pb.edu.pl

DOI: 10.24478/aea-2018-vol10-no4-01

## VIRTUAL MODEL AND ARTISTIC OBJECT IN THE CONTEXT OF ADDITIVE TECHNOLOGIES

### Abstract

The paper is a reflection upon additive manufacturing technologies in the context of artistic activities. This relatively new phenomenon has attracted many enthusiasts and gained widespread popularity in the last decade, while running into some controversy (e.g. the prospect of producing firearms). However, the road from the niche, through the fashionable yet controversial to mundane characterizes each new technology. Less than eight years following the completion of the first 3D printer based on the RepRap Mendel model in Poland, the author attempts to analyse the phenomenon with regard to its usage and involvement in artistic creation, with particular emphasis on the relation between the virtual digital model and its physical realization. The proposed approach involves the interpenetration and mutual influence of the digital plane, reserved for the project phase, and the physical plane which ultimately shapes the reception of the work. It serves to provide a more comprehensive analysis of the applied technology as a creative process significantly affecting the formal aspect. The observed phenomena allowed for appreciation of the artistic value of the created objects. Thus, the completed project becomes a pretext for proposing that the seemingly automatic and soulless process of realizing a digital model using FDM technology may be an important factor determining the character of the work and become a contribution to in-depth exploration in the sphere of artistic creation. Article based on the doctoral dissertation *'The Faces of the Circle' Three-dimensional print as a medium. The meaning of work of art in virtual and real aspect.*

### Streszczenie

Artykuł jest rozważaniem na temat technologii addytywnych w kontekście twórczości artystycznej. Relatywnie nowe zjawisko w ostatniej dekadzie przyciągnęło wielu entuzjastów i zyskało szeroką popularność, ocierając się o kontrowersje (np. możliwość produkcji broni palnej). Droga, od niszowej, przez modną i jednocześnie kontrowersyjną, do stającej się codziennością, cechuje jednak każdą z nowych technologii. W niespełna osiem lat po zbudowaniu w Polsce pierwszej drukarki 3D opartej na modelu RepRap Mendel autor stara się dokonać analizy zjawiska pod kątem jego zastosowania i udziału w twórczości artystycznej, ze szczególnym uwzględnieniem relacji wirtualnego modelu cyfrowego i jego fizycznego urzeczywistnienia. Zaproponowane ujęcie podejmuje temat przenikania się i wzajemnego wpływu płaszczyzny cyfrowej, zarezerwowanej dla projektu, oraz fizycznej, czyli stanowiącej o ostatecznym odbiorze prac. Służy ono pogłębieniu analizy zastosowanej technologii jako procesu twórczego, wpływającego znacząco na aspekt formalny. Pozornie automatyczny i bezduszny proces urzeczywistnienia cyfrowego modelu przy wykorzystaniu technologii FDM może być istotnym czynnikiem decydującym o charakterze utworu i stać się przyczynkiem dla pogłębionych poszukiwań w sferze twórczości artystycznej. Artykuł napisany został na podstawie rozprawy doktorskiej *„Oblicza koła”. Druk przestrzenny jako medium. Znaczenie utworu artystycznego w aspekcie wirtualnym i rzeczywistym.*

Keywords: additive technology; FDM; FFF; modern art; digital art; work of art; rapid prototyping

Słowa kluczowe: technologia przyrostowa; technologia addytywna; FDM; FFF; utwór artystyczny; sztuka współczesna; szybkie prototypowanie

## WPROWADZENIE

Druk przestrzenny, druk trójwymiarowy, szybkie prototypowanie (ang. *rapid prototyping*) czy technologie addytywne – każde z wymienionych określeń używane jest do nazwania procesu powstawania fizycznego obiektu poprzez dodawanie materiału w wyniku pracy urządzenia sterowanego komputerowo. Funkcjonuje on w wielu wariantach, z wykorzystaniem różnych materiałów, od najpopularniejszych tworzyw sztucznych poczynając, przez zaawansowane technicznie maszyny spiekające metale, a kończąc na masach ceramicznych, czy nawet produktach spożywczych. Pomimo tak dużej różnorodności łączy je z sobą wiele cech powiązanych z przestrzenią wirtualną.

Do czasu upowszechnienia się technologii druku trójwymiarowego, który stopniowo przenika(ł) ze świata przemysłu i sztuk użytkowych do kategorii działań artystycznych, druk cyfrowy w powszechnej opinii oznaczał wierne przeniesienie wirtualnego obrazu na papier. Tekst, rysunek czy fotografia pozwoliły urzeczywistnić się, a do tego reprodukcja w nieznanym dotąd innym mediom tempie i ilości. Paradoksalnie ten sam cel stawia sobie sztuka w rękach człowieka od najwcześniejszych jej przejawów – ucieleśnić *virtualis*. Sięgając do łaciny średniowiecznej, pozwalającej zdekonstruować dzisiejsze zastosowania pojęcia wirtualności, dowiemy się, że ówczesny sens tegoż przymiotnika oznacza tyle, co we współczesnym języku „potencjalny”, a więc niosący możliwość zrealizowania jakiegoś działania [A. Pawłowski 2013, s. 12-13]. Niemal wszystkie definicje słownikowe zawierają dziś w sobie dodatkowy element, mówiący o tym, że „wirtualny” to także „pozorny”, „stworzony w ludzkim umyśle, ale teoretycznie możliwy”. Oba czynniki ustanawiają źródło wirtualności w wyobrażeniu, którego macierzą jest ludzki umysł. Adam Pawłowski, analizując współczesne znaczenie wirtualizacji, pisze:

„Wirtualność w sensie współczesnym nie ma więc cechy potencjalności, obecnej w dawnych definicjach, nie jest też naukową idealizacją procesu lub wielkości fizycznej. Pod względem funkcjonalnym i użytkowym to, co wirtualne, istnieje i działa najzupełniej realnie, podlega ocenie, musi respektować normy prawne i społeczne, brak mu jedynie pierwotnego fizycznego lub biologicznego nośnika. Wirtualność oznacza zatem cyfrowy charakter reprezentacji dowolnego obiektu lub procesu, zwykle połączony z jego obecnością w cyberprzestrzeni” [A. Pawłowski 2013, s. 12-13].

Niniejsza praca jest propozycją zarysowania relacji pomiędzy *virtualis* a *physis* obiektu powstającego w procesie druku 3D. Na poziomie filozoficzno-estetycznym głównym problemem, który wydaje się nieustannie powracać i nadaje ton niniejszemu badaniu,

jest platońska relacja pomiędzy światem idei a jego odbiciem w świecie rzeczy. Relacja, która stawia szereg pytań o naturę obiektu wywodzącego się ze środowiska komputerowego, przechodzącego przez zautomatyzowany proces, aż po finalny byt, którego tożsamość dowodzi utopijności zero-jedynkowych technologicznych założeń.

Chcąc mówić i postrzegać technologię w przedstawiony tu sposób, należy uwolnić się od pragmatycznego spojrzenia na to medium. Użytkowe pojmowanie technologii addytywnych ograniczy rozumienie do analizy jedynie wartości wytwórczych. Jednakże mając na celu poszerzenie znaczenia technologii w aspekcie twórczym i starając się odkryć wartości istotne dla artystów, należy próbować dotrzeć do jej sedna w taki sposób, aby wykorzystanie nie ograniczało się jedynie do powierzchownego traktowania narzędzia, ale do wydobycia esencji i sensu, które oferują potencjał pogłębianego rozumienia.

## 1. MODEL WIRTUALNY

W użytkowym zastosowaniu druk przestrzenny rozpoczyna się od przygotowania modelu trójwymiarowego. Aby otrzymać jak najlepszy rezultat, model taki spełnić musi szereg wymagań, niezależnie od wybranej technologii przyrostowej. To, co jednak jest wspólne dla technologii wspieranych przez komputerowe sterowanie, to idea obiektu cyfrowego, wirtualnego.

Model cyfrowy powstaje na ekranie komputera przy użyciu różnych metod, od – najpowszechniejszego – modelowania, przez skanowanie przestrzenne i fotometrię, po *digital sculpting*. W swojej ostatecznej formie ma jednak pewną cechę, która łączy wszystkie zjawiska wirtualne: jest nią niezmienność i perfekcyjna replikacja. Cyfrowe dane niezależnie od sposobu powielenia (skopiowania na nośnik, przesyłania w sieci) nie ulegają zniekształceniu. Pod warunkiem oczywiście, że zniekształcenie nie jest efektem działania użytkownika lub wynikiem błędu. Powielane dane, w swojej najbardziej podstawowej formie, pozostają niezmiennie i identyczne z oryginałem, są bowiem jedynie informacją, którą należy przepisać. Właściwa wydaje się analogia do treści książki – treść poddana nowemu składowi i wydrukowana czy współcześnie wydana jako e-book nie zmienia się. Plik cyfrowy, model wirtualny pozostaje podobnie niezmienny. Jego dokładność została matematycznie, precyzyjnie zdefiniowana i nie ma możliwości, aby któryś z punktów w momencie powielania nagle zmienił swoją pozycję, choćby o pomijalną, nieznaną wartość. Można powiedzieć, że na tym poziomie analizy percypowalny dla człowieka model wirtualny praktycznie nie istnieje. Istnieje jedynie jego zapis

w formie elektronicznych stanów wysokich i niskich czy poziom wyżej – w postaci kodu.

## 2. OGRANICZENIE URZECZYWISTNIENIA

Na fali zachwytu nad nową technologią w mediach często wspominało o możliwości otrzymania dokładnie tego samego obiektu w dowolnym miejscu na świecie, w ciągu zaledwie kilku godzin wymaganych przez proces, bez konieczności transportowania samego obiektu. Wystarczy przesłać cyfrowy model za pośrednictwem Internetu, aby można było na własnym urządzeniu otrzymać żądany rezultat. Samej idei trudno zaprzeczyć, ale nie można też w pełni z nią się zgodzić, ponieważ, w najlepszym wypadku, uda nam się otrzymać co najwyżej dokładną kopię o takich samych wymiarach, funkcji, wykończeniu. Jednakże nawet w przypadku powielania tego samego modelu cyfrowego, w tym samym miejscu, na tym samym urządzeniu, stosując ten sam materiał z jednej partii, możemy być pewni zaistnienia różnic między poszczególnymi produktami końcowymi. Im większą kontrolę mamy nad samym procesem, tym różnice będą mniejsze, jednak trudno założyć, że zostaną zupełnie wyeliminowane, składa się na nie bowiem wiele czynników wewnętrznych i zewnętrznych.

Przede wszystkim – sam materiał nie jest w pełni jednorodny. Nieraz zdarza się, że z tego właśnie powodu blokuje się w trakcie pracy i konieczne staje się ręczne wstrzymanie druku, usunięcie problemu i wznowienie procesu. Jednak nawet odrzucając tak skrajny przypadek, musimy mieć świadomość, że używany materiał nie posiada jednorodnej struktury, choć producenci usilnie do tego dążą. Nierównomierne rozłożenie pigmentu, wahania średnicy, pęcherzyki powietrza, zanieczyszczenia, czy nawet osiadający kurz – to wszystko wpływa na zwykle niewielkie, ale jednak istniejące różnice pomiędzy otrzymywanymi rezultatami.

Trzeba mieć również na uwadze fizyczne ograniczenia samego urządzenia. Dość powiedzieć, że z każdym ruchem części mechaniczne ulegają zużyciu, przez co ich precyzja spada. Wymieniony element, zastępujący zużyty, potrzebuje czasu na „dotarcie”, zanim rozpocznie okres optymalnej pracy, charakteryzujący się najwyższą jakością i dokładnością. Po tym, niejednoznacznie określonym czasie zacznie postępować powolna degradacja, a odchyłki będą się powiększać. Błat roboczy, czyli tzw. stół, porysuje się od zdejmowania kolejnych, zbyt mocno przytwierdzonych modeli, może też ulec wyboczeniu wskutek działających na niego temperatur i naprężeń. Nawet różnice w prędkości przesyłania danych, w zależności od wy-

branego interfejsu, powodują czasem mikrosekundowe opóźnienia w ruchu elementów, których skutkiem jest inna już dystrybucja materiału.

Na koniec warto wspomnieć, że większość tego typu maszyn nie posiada zamkniętych komór, które odgradzałyby je od czynników zewnętrznych, a więc tu także pojawia się duża możliwość wahań. Różnice temperatur, nadmierne chłodzenie wywołane przeciągami czy zmienna wilgotność powietrza wpływają na urządzenie i na materiał. Mogą one powodować szereg zmian w kolejnych powstających kopiach.

Wystarczy więc drobna ilość materiału umieszczona w niewłaściwym miejscu na warstwie grubości rzędu dziesiątych części milimetra, aby zaobserwować multiplikowane, powoli gasnące konsekwencje na kolejnych wyższych warstwach. Trudno oprzeć się tutaj porównaniu do zmarszczek na tafli wody wywołanych przez wrzucony kamień.

## 3. ROLA URZĄDZEŃ ADDYTYWNYCH

Warto zastanowić się nad rolą urządzeń addytywnych. Jako wykładnię do interpretacji ich znaczenia i roli w twórczości można ekstrapolować teorię fotografii Viléma Flussera, który zdefiniował pojęcie aparatu najpierw w kontekście fotograficznym, a później jako urządzenie w ogóle:

*„Narzędzie jest urządzeniem funkcjonującym niezależnie od człowieka. Maszyna jest urządzeniem, którego funkcjonowanie uzależnia człowieka, a zatem jest to relacja odwrotna. Aparat zaś jest urządzeniem, w którym relacja pomiędzy człowiekiem a urządzeniem jest odwracalna” [E. Bonse 2001/2002].*

Intuicyjne rozumienie kieruje w stronę stwierdzenia, że urządzenia addytywne traktowane powierzchownie jedynie w kategoriach wytwórczych mogą funkcjonować na zasadzie maszyny we Flusserowskim rozumieniu, tj. być „narzędziem, które na podstawie teorii naukowych naśladuje ludzkie ciało” [V. Flusser 2015], tu – umiejętności wytwórcze. Takie pojmowanie można odnieść do aparatów w rozumieniu, w jakim Piotr Zawojski przedstawia je w kontekście urządzeń fotograficznych:

*„Aparaty usamodzielniały się do tego stopnia [...], że nasza rola sprowadza się do funkcji „pstrykacza”, który jest wyłącznie realizatorem programu zdeponowanego wewnątrz „czarnej skrzynki” [...] na tyle tajemniczej i nieprzejrzystej dla zwykłego użytkownika, że może ona całkowicie nad nim panować. [...] Taki użytkownik to zwykły ‘funkcjonariusz’, dodatek do maszyny zaprogramowanej według skomplikowanego algorytmu narzucanego przez nią człowiekowi. Może w pewien sposób kontrolować wyłącznie output i input aparatu,*

*ale jest zdominowany przez wnętrze „czarnej skrzynki”* [P. Zawojski 2015].

Możemy tę obserwację przenieść na pole urządzeń addytywnych. Wielu twórców korzysta z możliwości formalnych i technicznych, jakie oferuje urządzenie, posiłkując się umiejętnościami wyspecjalizowanych techników. Sprowadzają oni urządzenie do roli „czarnej skrzynki”, funkcjonującej według narzuconych z góry programów. Jednakże, jak pokazała historia projektu RepRap, jest to technologia zachęcająca do spojrzenia do wewnątrz, do zrozumienia i dialogu. Sprzężony zwrotnie z obsługującą go osobą aparat może stać się zwykłą maszyną, tj. „urządzeniem, którego funkcjonowanie uzależnia człowieka” w przypadku, gdy ograniczymy się jedynie do wydawania poleceń urządzeniu. Może także przekroczyć definicję aparatu, gdy *„relacja pomiędzy człowiekiem, a urządzeniem jest odwracalna”* [E. Bonse 2001/2002]. Takie podejście przedstawiają między innymi twórcy, których poszukiwania nie ograniczały się tylko do korzystania z gotowych urządzeń, ale do budowy i udoskonalania własnych. W tym wypadku tajemnicza „czarna skrzynka” otwiera się przed twórcą, a jej wnętrze może stać się inspiracją i polem poszukiwań formalnych.

Flusser zdaje się implikować, iż to właśnie sprzężenie zwrotne, obecne w procesie kreacji, daje podstawy temu, aby określić coś mianem aparatu. Jednakże, w omawianym kontekście, urządzenie addytywne może też starać się przekroczyć granicę definicji aparatusa, nawet jeżeli nie całkowicie, to na pewno na tyle, aby zmienić użytkownika z „funkcjonariusza”, *„kontrolującego wyłącznie output i input aparatu, ale zdeteterminowanego przez wnętrze czarnej skrzynki”* [V. Flusser 2015], w pełnoprawnego twórcę. Poznanie tego „wnętrza”, jego dokładna analiza i zrozumienie na wielu poziomach, w tym na poziomie technicznym, pozwala prowadzić niewerbalny dialog z programem. Już nie mówimy o walce przeciw, o której pisze Flusser, ale raczej o badaniu reakcji na zadania i bodźce. To właśnie zrozumienie ograniczeń i języka komunikacji odkrywa nieznane formy i wyrażenia, z którymi twórca może polemizować i z których może czerpać, zamiast ścierać się z ograniczeniami.

Technologia komputerowa przez wiele lat jawiła się jako nieprzystępna i hermetyczna, wymagająca specjalistycznej wiedzy i kwalifikacji. Rewolucja interfejsu wprowadzona przez komputery Apple i Steve'a Jobsa zmieniła diametralnie to postrzeganie i umożliwiła intuicyjne posługiwanie się urządzeniem. Od tej pory miał być to element codziennego życia, przedłużenie ludzkich zmysłów. Tak też się stało. Współcześnie możemy obserwować pełne zatracenie w bezrefleksyjnym konsumowaniu i tworzeniu treści. Jednak artyści

i twórcy od wieków badali i uczyli się używanych przez siebie technologii, aby móc je w pełni zrozumieć i wykorzystać. Dlatego moja propozycja spojrzenia na druk przestrzenny wiedzie tą tradycyjną drogą, wymagającą spojrzenia na dualistyczny charakter procesu oraz, między innymi, wiedzy z pozornie nieprzystających obszarów nauk technicznych i humanistycznych.

#### 4. ZETKNIĘCIE

W technologii druku przestrzennego następuje zetknięcie niewzruszonego, określonego, ale również nierzeczywistego pierwowzoru z jego późniejszą fizyczną manifestacją. Rezultat realizacji (urzeczywistnienia) modelu wirtualnego zawsze pozostanie niedokładny, szacunkowy, zgrubny, dokładność będzie do pewnego stopnia ograniczona. Zmienną pozostanie jedynie rząd wielkości. Fizyczny obiekt okazuje się, jak w jaskini Platona, jedynie cieniem idei obiektu wirtualnego, ograniczoną przez szereg czynników projekcją idei.

Jednak czy ten dualizm idei i jej cienia, nieosiągalnej perfekcji i jej urzeczywistnienia jest czymś niewłaściwym? W moim przekonaniu istnienie tej relacji poszerza rozumienie sztuki cyfrowej i zyskuje elementarną wartość w całym procesie. Ukazuje nam, że za każdym razem, gdy odbieramy dzieło powstałe w wyniku kreacji cyfrowej, odbieramy jedynie jego konkretną reprezentację. Tak jak w przytoczonym przykładzie niedoskonałości maszyny i materiału, tak w przypadku obrazu i dźwięku efekt finalny zależy od zastosowanych urządzeń końcowych, a także kontekstu, w jakim to dzieło wystąpi. Pomimo usilnego poszukiwania standaryzacji i dążenia do perfekcji świat rzeczywisty i jego piękna niedoskonałość odcisną swoje piętno na stworzonej przez artystę idei. Każda fizyczna manifestacja wirtualnego, nieuchwytnego ideału będzie tylko kolejnym, za każdym razem innym cieniem w jaskini Platona.

#### PODSUMOWANIE

Czy wobec powyższego, obiekt cyfrowy może nas poruszać na równi z tradycyjnymi dziełami sztuki? Czy trójwymiarowy, przestrzenny model wirtualny ma szansę wywołać w odbiorcy emocjonalne poruszenie lub wysublimowane doświadczenie estetyczne? Czy może *„zaznajamiać z czymś Innym, objawiać coś Innego, być alegorią”,* być „symbolem” [M. Heidegger 1992]?

Sytuacja nie jest tak jasna, jak mogłoby się wydawać. Z jednej strony, nigdy nie będziemy obcować z czystym, nagim modelem z taką możliwością, jaką dysponuje komputer. Możemy doświadczać jedynie

jego reprezentacji w formie obrazu w programie komputerowym (zmiennym w zależności od interfejsu) albo w formie „ubranego” w tekstury i materiały renderu. Możemy umieścić go w środowisku przestrzeni wirtualnej i obejrzeć z każdej strony, jednak nigdy nie będziemy w stanie doświadczyć go bezpośrednio. Zawsze będzie to doświadczenie zapośredniczone i zdeterminowane, z jednej strony przez nadane mu cechy, z drugiej przez interfejs i ekran, jakim się posłużymy. Jednakże nawet najsłabsza reprezentacja, ukazująca kluczowe cechy modelu i myśl stojącą za jego kreacją, może powodować w umyśle odbiorcy poszukiwanie Innego w sensie Heideggerowskim. Poruszyć może sama idea koła, kiedy w odbiorcy rozpocznie się proces utożsamiania i poszukiwania jego sensu, kiedy odnajdzie w nim nieśkończoność, absolut, archetyp. Model wirtualny staje się więc wcieleniem idei, choć tylko w nierzeczywiste ciało, tworząc jeszcze jeden „ekran” w jaskini Platona. Jest czystą informacją.

Walter Benjamin pisał o aurze dzieła i jej braku w przypadku reprodukcji. Jeżeli przyjmiemy na chwilę, że dziełem jest obiekt wirtualny, wówczas jego reprodukcją może stać się obiekt rzeczywisty, a biorąc pod uwagę powyższe zjawiska, nie można odmówić mu aury. W tym rozumieniu trudno mówić o aurze dzieła sztuki, o której pisał Walter Benjamin. Nie ma możliwości, aby umiejscowić wirtualny model w miejscu i czasie jego istnienia, zatem umieszczenie kopii w sytuacji nieosiągalnej dla samego oryginału nie jest niczym nadzwyczajnym. Codziennie, bez refleksji, wiele osób kopiuje i umieszcza w coraz to nowych kontekstach swoje zdjęcia. Warto zapytać, co jest kontekstem cyfrowego dzieła sztuki w ogóle. Czy będzie to urządzenie, na którym obiekt powstał? Jeżeli tak – czy jest to kontekst znaczący? Nie widzę żadnego powodu, dla którego miałoby tak być. Dane przeniesione na inny nośnik, odczytane na innym urządzeniu, nie zmieniają swojego oddziaływania. Oddziaływanie to może zmienić jedynie kontekst rzeczywisty, w jakim zostaną odczytane, i ograniczenia urządzenia użytego do ich odczytania, np. przez redukcję rozpiętości tonalnej, która pozbawi obraz detalu. Skłaniam się więc w kierunku postrzegania dzieła cyfrowego jako abstrakcyjnej idei, która przez urzeczywistnienie może być odczytywana, ale jednocześnie pozbawiona części charakterystycznych cech.

Jednakże już reprodukcja (a może produkcja?), czyli fizyczny obiekt, może sprostać wszystkim powyższym wymaganiom. Benjamin stwierdza, że w kontekście płyt fotograficznych „*pytanie o autentyczną odbitkę nie ma sensu*” [W. Benjamin 1996]. Jak sytuacja wygląda w kontekście technologii addytywnych? Czy odbitką, jedną z wielu, nie do odróżnienia od pozostałych, staje się każdy kolejny obiekt? Jestem przekonany, że w technologii FDM nie można tego stwierdzić bez wątpliwości. W swojej twórczości każdy z obiektów traktuję indywidualnie. Być może samej technologii bliżej jest do multiplikowalnej grafiki czy fotografii aniżeli do opartego na unikalności malarstwa, jednakże tak jak w przypadku grafiki odbitki mogą różnić się od siebie, tak w tym przypadku zróżnicowanie obiektów może być wyraźnie czytelne, pomimo wykorzystania tego samego źródła.

## LITERATURA

1. **Benjamin W. (1996)**, *Dzieło sztuki w dobie reprodukcji technicznej*, [w:] tenże, *Anioł historii. Eseje szkice, fragmenty*, Wyd. Poznańskie, Poznań.
2. **Bonse E. (2001/2002)**, *The Adventure of the Future: Vilem Flusser's Last Interview*, "European Photography" nr 2, t. 22, za: P. Zawojski, *Człowiek i aparat. Vilema Flussera filozofia fotografii*, [w:] V. Flusser, *Ku filozofii fotografii*, Wyd. Aletheia, Warszawa.
3. **Dudko P. (2018)**, „*Oblicza koła*”. *Druk przestrzenny jako medium. Znaczenie utworu artystycznego w aspekcie wirtualnym i rzeczywistym*, rozprawa doktorska, Wydział Rzeźby i Intermediów ASP, Gdańsk.
4. **Flusser V. (2015)**, *Ku filozofii fotografii*, Wyd. Aletheia, Warszawa.
5. **Heidegger M. (1992)**, *O źródle dzieła sztuki*, „Sztuka i Filozofia” nr 5.
6. **Pawłowski A. (2013)**, *Wirtualizacja – historia i próba rekonstrukcji pojęcia*, [w:] L.W. Zacher (red.), *Wirtualizacja. Problemy, wyzwania, skutki*.
7. **Zawojski P. (2015)**, *Człowiek i aparat. Vilema Flussera filozofia fotografii*, [w:] V. Flusser, *Ku filozofii fotografii*, Wyd. Aletheia, Warszawa.
8. **Zawojski P. (2009)**, *Vilém Flusser. Aparat jako filozoficzne wyzwanie*. [online] [dostęp 2015.04.21]. <http://www.zawojski.com/2012/03/30/vilem-flusser-aparat-jako-filozoficzne-wyzwanie-2/>.

Badania zrealizowane w ramach zadań finansowanych ze środków na naukę MNiSW, w ramach pracy S/WA/3/2017.