

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

DYSCYPLINA NAUKOWA ARCHITEKTURA I URBANISTYKA

DZIEDZINA NAUK INŻYNIERYJNO-TECHNICZNYCH

Rozprawa doktorska

mgr inż. arch. Emilia Dudzińska

**Konserwacja przez dokumentowanie – chmura punktów
a zagrożone dziedzictwo architektoniczne**

Promotor

dr hab. inż. arch. Cezary Głuszek, prof. PW

Promotor pomocniczy

dr inż. Andrzej Szymon Borkowski

WARSZAWA 2023

Pracę dedykuję babci, Marii Wisłockiej.

Chcę złożyć serdeczne podziękowania dr. hab. inż. arch. Cezaremu Głuszkowi, prof. PW, za opiekę naukową, motywację, wsparcie merytoryczne i poświęcony czas. Dziękuję za cenne rady, które przelożyły się na finalny kształt pracy.

Dziękuję dr. inż. Andrzejowi Szymonowi Borkowskiemu, promotorowi pomocniczemu, za życzliwość, merytoryczne rady i wskazówki. Miały one ważny wpływ na tę i przyszłą pracę naukową.

Dziękuję Panu Kamilowi Szczepkowskiemu, Starszemu Inspektorowi ds. kontroli w Wojewódzkim Urzędzie Ochrony Zabytków w Warszawie, Delegatura w Ciechanowie, za wsparcie w wyborze badanych obiektów i przekazanie materiałów. Szczególne podziękowania składam właścicielom dworów w Nużewie i Kliczewie Małym.

Za udzielone odpowiedzi i przekazane materiały dziękuję Panu Maciejowi Rymkiewiczowi i innym pracownikom Narodowego Instytutu Dziedzictwa.

Praca ta nie powstałaby bez wsparcia moich Rodziców i Partnera, którzy zawsze we mnie wierzyli.

Streszczenie

Skanowanie laserowe i fotogrametria stają się coraz popularniejsze w kontekście dokumentowania obiektów zabytkowych. Dzięki nim możliwe jest uzyskanie dokładnych, przestrzennych chmur punktów i modeli 3D.

Powyższa technika i technologie pomiarowe są szczególnie ważne w odniesieniu do obiektów zagrożonych utratą wartości zabytkowych i dla których istnieje wysokie prawdopodobieństwo destrukcji. Jest to realizacja postulatów związanych z konserwacją przez dokumentowanie.

W rozprawie doktorskiej dokonano analizy zbioru obiektów zagrożonych utratą wartości zabytkowych w skali kraju, województwa mazowieckiego oraz mazowieckiego z wyłączeniem m.st. Warszawy. Przedstawiono aspekt formalnych rozwiązań związanych z zagrożonymi zabytkami, wykreśleniem obiektu z rejestru zabytków oraz wykonywaniem i przechowywaniem ich dokumentacji.

W dysertacji przedstawiono użycie chmury punktów w badaniach naukowych oraz działaniach związanych z popularyzacją dziedzictwa architektonicznego. Przeprowadzono badania tych zastosowań dla dworów w Nużewie i Kliczewie Małym. Obejmowały one wykonanie skanowania laserowego oraz dokumentacji zdjęciowej na potrzeby fotogrametrii. Pozyskane chmury punktów zostały wykorzystane m.in. w celu opracowania dokumentacji 2D, weryfikacji dokładności dostępnej dokumentacji, dokumentacji detali, odczytania ciesielskich oznaczeń więzarów, porównania ujęć chmury punktów i dokumentacji zdjęciowej. Opracowano także animację, udostępniono dokumentację ścian wewnętrznych, wykonano cyfrową renowację i rekonstrukcję. Pomiary zostały wykorzystane także na potrzeby przedstawienia obiektów w wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości.

W opracowaniu udowodniono konieczność zabezpieczenia dla przyszłych pokoleń zapisu przestrzennego zagrożonych zabytków, zanim te obiekty przestaną istnieć. Istnieje także konieczność wypracowania schematu działań uwzględniającego konserwację przez dokumentowanie oraz zapewnienia ogólnodostępnej informacji o zagrożeniu zabytków. Ze względu na to, że z upływem czasu obiekty ulegają całkowitej destrukcji, zaproponowano system ustalenia kolejności wykonania pomiarów, będący interpretacją procedury triaż. Wykonanie zapisu w postaci chmury punktów pozwoli uniknąć utraty informacji i zapewni dostęp oraz rozbudowywanie bazy wiedzy przez obecne i przyszłe pokolenia.

Słowa kluczowe: digitalizacja, zagrożone dziedzictwo, skanowanie laserowe, fotogrametria, chmura punktów, inwentaryzacja, dokumentacja, zabytki architektury.

Abstract

Laser scanning and photogrammetry are becoming increasingly popular in documenting historic buildings. They make obtaining accurate spatial point clouds and 3D models possible. Those measurement techniques and technologies are fundamental for heritage at risk of losing their historic value and for which there is a high probability of destruction. It is the realisation of the postulate of conservation through documentation.

The paper analyses a set of buildings at risk of losing their historic values on a national scale, in the Mazowieckie Voivodeship and the Mazowieckie Voivodeship, excluding Warsaw. The aspect of formal solutions related to heritage at risk, deletion from the register of monuments and making and keeping their documentation is presented.

The research presents the use of the point cloud in scientific research and the popularisation of architectural heritage. A study of these applications was carried out for the manor houses in Nużewo and Kliczewo Małe. It included performing laser scanning and photo documentation for photogrammetry. The acquired point clouds were used, among other things, to develop 2D documentation, verify the accuracy of available documentation, document details, read carpentry rafter markings, and compare point cloud views and photo documentation. An animation, documentation of the interior wall, and digital restoration and reconstruction were carried out. The point cloud was also used for virtual and augmented reality.

The study demonstrates the need to secure the spatial record of endangered monuments for future generations before these objects cease to exist. There is also a need to develop a scheme of action that considers conservation through documentation and the provision of publicly accessible information about heritage at risk. A system, which is an interpretation of the triage procedure, is proposed for determining the order in which measurements should be taken. Recording point clouds can prevent loss of information and ensure access and expansion of the knowledge base by present and future generations.

Keywords: digitisation, heritage at risk, laser scanning, photogrammetry, point cloud, surveying, documentation, architectural monuments.

1 SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie.....	12
1.1 Definicje	12
1.2 Cel pracy.....	13
1.3 Uzasadnienie podjęcia tematu	14
1.4 Hipotezy i pytania badawcze	17
1.5 Metody badawcze	18
1.6 Ograniczenia zakresu rozważań	18
1.6.1 Ograniczenia tematyczne	18
1.6.2 Ograniczenie terytorialne	19
1.6.3 Ograniczenia czasowe	20
1.7 Analiza źródeł (Stan badań)	20
1.7.1 Analiza źródeł zagranicznych	20
1.7.2 Analiza źródeł krajowych.....	21
1.7.3 Omówienie nierozwiązanych problemów	23
1.8 Objaśnienia skrótów i znaków umownych.....	24
2 Obiekty zagrożone – kluczowe zagadnienia	25
2.1 Analiza zbioru obiektów zagrożonych w Polsce	25
2.1.1 Przyczyny zagrożenia utratą wartości zabytkowych.....	25
2.1.2 Kontekst legislacyjny zagadnienia obiektów zagrożonych w Polsce	27
2.1.3 Zasób obiektów zagrożonych w Polsce	29
2.1.4 Obiekty zagrożone w województwie mazowieckim – zasób i jego analiza	32
2.2 Działania podejmowane względem zabytkowych obiektów zagrożonych	41
2.2.1 Przykłady schematów postępowania w kontekście organizacji międzynarodowych i Wielkiej Brytanii	41
2.2.2 Konserwacja przez dokumentowanie	47
2.2.3 Dokumentacyjny triaż dla zabytkowych obiektów zagrożonych.....	54
2.2.4 Stan legislacyjny obejmujący zagadnienie wykonywania dokumentacji obiektów zabytkowych w Polsce	58
2.2.5 Wykreślenie z Rejestru Zabytków a dostępność dokumentacji	59
2.2.6 Digitalizacja dziedzictwa	65
2.3 Analiza charakterystyki i problematyki inwentaryzacji obiektów zagrożonych.....	68

2.3.1	Analiza danych wymaganych formalnie w inwentaryzacji architektonicznej i konserwatorskiej	68
2.3.2	Charakterystyka inwentaryzacji obiektów zagrożonych.....	72
2.3.3	Chmura punktów	89
2.3.4	Zastosowania chmur punktów w kontekście obiektów zagrożonych i ich przyszłego użycia w sytuacji destrukcji obiektu.....	103
2.3.5	Założenia użycia chmury punktów w badaniach	126
3	Analiza zastosowania chmury punktów obiektów zagrożonych w kontekście użyteczności w badaniach naukowych oraz popularyzacji obiektu zagrożonego	127
3.1	Badanie 1	127
3.1.1	Podstawowy opis i uzasadnienie wyboru obiektu.....	127
3.1.2	Założenia badania.....	128
3.1.3	Rys historyczny	131
3.1.4	Opis obiektu	132
3.1.5	Kompletność obecnej dokumentacji	135
3.1.6	Opis przeprowadzonego pomiaru.....	143
3.1.7	Opracowanie dokumentacji.....	149
3.1.8	Wnioski z badania dworu w Nużewie.....	169
3.2	Badanie 2	172
3.2.1	Podstawowy opis i uzasadnienie wyboru obiektu.....	172
3.2.2	Założenia badania.....	173
3.2.3	Rys historyczny obiektu	175
3.2.4	Opis obiektu	176
3.2.5	Kompletność obecnej dokumentacji	179
3.2.6	Opis przeprowadzonego pomiaru.....	186
3.2.7	Opracowanie dokumentacji.....	195
3.2.8	Wnioski z badania dworu w Kliczewie Małym	211
3.3	Wnioski z badań	212
4	Podsumowanie.....	214
4.1	Konkluzje dotyczące hipotez.....	214
4.2	Teza	215
4.3	Konkluzja o zrealizowaniu celu pracy.....	216
4.3.1	Konkluzja o zrealizowania celów szczegółowych	216

4.4	Postulaty	217
4.5	Przyszłe kierunki badań.....	218
4.6	Bibliografia	220
4.7	Spis ilustracji	237
4.8	Spis tabel.....	242
4.9	Spis wykresów	244
4.10	Spis załączników	244

1. WPROWADZENIE

1.1 DEFINICJE

W dysertacji przyjęto poniższe definicje pojęć:

1. Chmura punktów – zbiór punktów o współrzędnych XYZ, tworzący przestrzenną reprezentację obiektu w skali 1:1. Jest to wierne odwzorowanie stanu rzeczywistego, w jakim znajdował się obiekt w trakcie pomiaru.
2. Konserwacja zabytków – „działania mające na celu zabezpieczenie i utrwalenie substancji zabytku, zahamowanie procesów jego destrukcji oraz dokumentowanie tego procesu”¹.
3. Konserwacja przez dokumentowanie – pojęcie ujęte w publikacjach prof. Andrzeja Tomaszewskiego jako „konserwacja przez dokumentację”, odnoszące się do działań związanych z opracowywaniem dokumentacji zabytków, których „zniszczenia lub przekształcenia nie jesteśmy w stanie zapobiec”². Celem tych działań jest stworzenie dokumentacji, która pozwoli na zachowanie obiektu „w świadomości naukowej, a poprzez nią w pamięci społecznej”³. Zdecydowano się na zastąpienie słowa „dokumentacja” słowem „dokumentowanie” ze względu na przyjętą definicję konserwacji zabytków, która obejmuje działania (tu dokumentowanie), a nie ich efekt (tu opracowaną dokumentację).
4. Zabytek, obiekt zabytkowy – za art. 3 pkt. 1 i 2 „Ustawy z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami”⁴: „nieruchomość lub rzecz ruchomą, ich części lub zespoły, będące dziełem człowieka lub związane z jego działalnością i stanowiące świadectwo minionej epoki bądź zdarzenia, których zachowanie leży w interesie społecznym ze względu na posiadaną wartość historyczną, artystyczną lub naukową”, „zabytek nieruchomy – nieruchomość, jej część lub zespół nieruchomości”,

¹ Podstawowe pojęcia z zakresu konserwacji i rewitalizacji - Portal wiedzy o zarządzaniu dziedzictwem w gminach [na:] https://samorząd.nid.pl/baza_wiedzy/podstawowe-pojecia-z-zakresu-konserwacji-i-rewitalizacji/, udostępniono 5 grudnia 2022 r.

² A. Tomaszewski, *Na przełomie tysiącleci: międzynarodowa sytuacja konserwacji zabytków*, „Ochrona Zabytków” t. 50 nr 2 (1997).

³ Ibid.

⁴ Dz. U. 2003 Nr 162 poz. 1568.

5. Obiekt zagrożony – obiekt określony jako zagrożony utratą wartości zabytkowych w „Raporcie o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)”⁵.
6. Dane – (ang. *data*) „fakty zgromadzone w obserwacjach lub zapisach dotyczących zjawisk, obiektów lub ludzi”⁶.
7. Informacja – (ang. *information*), produkt przetworzenia danych ⁷ . Wynika z przetworzenia danych. Dzięki temu zwiększa zrozumienie i zmniejsza niepewność.
8. Model mesh – model poligonowy, model płaszczyznowy, model 3D zbudowany z siatki wielokątów, odwzorowujący geometrię obiektu.
9. Digitalizacja – „polega na sporządzeniu cyfrowych odwzorowań oryginalnych, zwłaszcza materialnych zasobów kultury”⁸.
10. Dziedzictwo architektoniczne – „dobra trwale obejmujące: 1. Zabytki: wszelkie budowle i obiekty wyróżniające się szczególną wartością historyczną, archeologiczną, artystyczną, naukową, społeczną lub techniczną, włącznie z ich częściami składowymi i ich wyposażeniem; 2. Zespoły budynków: jednolite zespoły zabudowy miejskiej lub wiejskiej wyróżniające się szczególną wartością historyczną, archeologiczną, artystyczną, naukową, społeczną lub techniczną, na tyle zwarte, aby tworzyć określoną jednostkę urbanistyczną; 3. Tereny: dzieła stworzone wspólnie przez człowieka i naturę, stanowiące obszary częściowo zabudowane, dostatecznie wyodrębnione i jednolite, aby tworzyły jednostkę urbanistyczną posiadającą szczególną wartość historyczną, archeologiczną, artystyczną, naukową, społeczną lub techniczną”⁹ . W rozprawie doktorskiej, w kontekście powyższej definicji, badaniami objęte są zabytki.

1.2 CEL PRACY

Celem pracy było zbadanie zasadności i możliwości wykorzystania chmury punktów jako metody konserwacji przez dokumentowanie obiektów zagrożonych utratą wartości zabytkowych, z uwzględnieniem możliwości destrukcji obiektu.

⁵ J. Brudnicki i in., *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*, Warszawa 2017.

⁶ M. Grabowski, A. Zajac, *Dane, informacja, wiedza – próba definicji*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie” nr 798 (2009).

⁷ Ibid.

⁸ *Program digitalizacji dóbr kultury oraz gromadzenia, przechowywania i udostępniania obiektów cyfrowych*, Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego, 2009 r., s. 5.

⁹ *Dz.U. 2012 poz. 210*, 2012 r.

Cele szczegółowe:

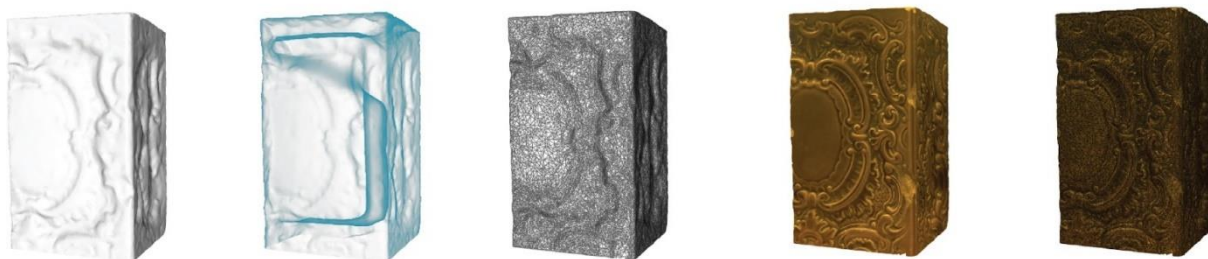
1. Zbadanie zasobu obiektów zagrożonych utratą wartości zabytkowych w Polsce.
2. Zbadanie zastosowania chmur punktów w kontekście obiektów zagrożonych i ich przyszłego użycia w sytuacji destrukcji obiektu.
3. Weryfikacja zastosowania chmury punktów jako źródła informacji w zakresie badań historycznych i popularyzacji nieistniejącego zabytku.

1.3 UZASADNIENIE PODJĘCIA TEMATU

Wraz z rozwojem skanowania laserowego, fotogrametrii i możliwości oprogramowania komputerowego wzrosło zainteresowanie tą tematyką. Łączy ona różne dyscypliny, w tym architekturę, konserwację, archeologię, geodezję i informatykę. Możliwość stworzenia „cyfrowego bliźniaka” (ang. *digital twin*) jest formą ziszczenia się wielopokoleniowej myśli o jak najwierniejszej formie zapisu. Rozwój technik inwentaryzacyjnych jest istotny dla dziedzictwa architektonicznego. Dokładność informacji i jej spektrum jest nieporównywalna do możliwości wcześniej stosowanych technologii.

Tematyka związana ze skanowaniem laserowym i fotogrametrią jest poruszana w wielu aspektach, m.in. zarządzania informacją, HBIM (ang. *Historic Building Information Modelling*), cyfrowej rekonstrukcji i wykorzystania danych w wirtualnej rzeczywistości. W kierunku obranym w rozprawie doktorskiej skupiono się na zastosowaniu chmury punktów jako formy digitalizacji zagrożonych obiektów zabytkowych w celu cyfrowego zachowania nieistniejącego dziedzictwa architektonicznego.

Problem obiektów zagrożonych był w polu zainteresowań autorki już w trakcie pracy nad dyplomem magisterskim „*Dwór w Gródkowie. Rewaloryzacja zabudowy dworskiej* –



Rysunek 1 Model 3D opracowany na potrzeby pracy magisterskiej. Model przedstawia fragmentu niezachowanego pieca znajdującego się w dworze w Gródkowie i wskazanego w karcie ewidencyjnej jako szczególnie cenny element wyposażenia. Źródło: opracowanie własne.

*współczesne trendy konserwatorsko-architektoniczne*¹⁰, opracowanym pod opieką dr. hab. inż. arch. Cezarego Głuszka. W ramach tej pracy opracowano przy użyciu fotogrametrii m.in. model 3D fragmentu pieca kaflowego (Rysunek 1). Obecnie, działając poprzez platformy internetowe, takie jak Facebook na grupach pasjonatów dziedzictwa, autorka rozprawy doktorskiej, w ramach autorskiego projektu „Zanim Zniknie”, zachęca użytkowników do wykonywania zdjęć obiektów zagrożonych, na podstawie których, przy użyciu fotogrametrii, mogą zostać stworzone chmury punktów i modele 3D.

W konserwacji podejmowane są działania mające na celu zachowanie zabytku i jest to podstawowy kierunek. Jest jednak grupa obiektów, która z różnych i złożonych przyczyn nie zostanie poddana pracom zabezpieczającym. W efekcie, w perspektywie lat obiekty te przestaną istnieć. Jest to sytuacja trudna do zaakceptowania, ponieważ świadczy o tym, że mechanizmy ochrony dziedzictwa zawodzą. Należy jednak uwzględnić ten stan rzeczy i zabezpieczyć informację o zabytku, tak aby mogły z niego czerpać wiedzę kolejne pokolenia, nawet gdy obiekt przestanie fizycznie istnieć. Zwraca jednak uwagę pewien rodzaj luki w działaniach mających na celu zabezpieczenie dziedzictwa. W rozprawie doktorskiej inspirowano się wypowiedziami prof. Andrzeja Tomaszewskiego i tematyką konserwacji przez dokumentowanie.

W ramach prowadzonych badań naukowych zweryfikowano dostępność informacji o przykładowych nieistniejących zabytkach wykreślonych z rejestru. Źródła ograniczały się do kart ewidencyjnych, fragmentu artykułu i książki. Na podstawie tych materiałów niemożliwy jest m.in. całościowy ogląd elewacji budynku, jego detali i rozwiązań związanych z wykończeniem wnętrza. Jest to przykład zasobu utraconej wiedzy przez obecne i kolejne pokolenia.

W rozprawie doktorskiej przedstawiono zastosowanie chmury punktów, która jest efektem skanowania laserowego i szerzej – fotogrametrii. Interpretacja danych w tej postaci w zakresie dziedzictwa leży często po stronie architekta, który przygotowuje odpowiednie opracowania. Dlatego w rozważaniach istotny jest głos i praktyka architektów. Inwentaryzacja jest uwzględniana w programie nauczania Wydziału Architektury Politechniki Warszawskiej w ramach praktyk w pierwszych latach nauki, a działania związane z inwentaryzacją i jej zabezpieczeniem zapisały się w historii Wydziału.

¹⁰ E. Dudzińska, *Dwór w Gródkowie. Rewaloryzacja zabudowy dworskiej - współczesne trendy konserwatorsko-architektoniczne.*, 2016 r.

W celu określenia systemu działań wobec obiektów zagrożonych utratą wartości zabytkowych przeanalizowano przykład Wielkiej Brytanii, gdzie monitorowanie stanu obiektów zagrożonych odbywa się co roku, a informacja o zagrożeniu jest dostępna publicznie, m.in. jako mapy dostępne internetowo. Polska posiada rozbudowaną bazę wiedzy związaną z informacjami o dziedzictwie. W 2022 r. udostępniono ponad milion dokumentów na stronie zabytek.pl¹¹, a mapy na stronie mapy.zabytek.gov.pl¹² zostały uzupełnione o nowe dane. W „*Raporcie o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*”¹³ obiekty zagrożone „i związane z nimi problemy, obok kwestii związanych z uporządkowaniem rejestru, winny stać się głównym przedmiotem zainteresowania konserwatorskiego na najbliższe lata”. Rozwinięte w Polsce rozwiązania związane z digitalizacją i udostępnianiem danych, także w formie chmury punktów, takie jak Cumulus, stawiają kraj na wysokim poziomie w tym obszarze.

Główną przeszkodą w pozyskiwaniu danych może być kwestia finansowa. Pozostawienie odpowiedzialności za wykonanie pomiarów na właścicielach i narzucenie relatywnie drogiej ich formy może doprowadzić do spowolnienia lub uniemożliwienia wykonania pomiaru, szczególnie uwzględniając fakt, że dla obiektów zabytkowych ważnym czynnikiem jest czas. Zapewnienie właścicielowi pomiarów może stanowić zachętę i pierwszy krok do przeprowadzenia prac konserwatorskich.

Ważnym problemem jest nadanie odpowiednich priorytetów w działaniach związanych z digitalizacją architektonicznych obiektów zabytkowych. Zgodnie z zaleceniami Unii Europejskiej z 2021 r., Polska powinna do 2030 r. poddać digitalizacji 3D wszystkie zabytki kwalifikujące się jako „zagrożone dziedzictwo kulturowe” oraz 50% najczęściej odwiedzanych zabytków¹⁴. Zalecenie to zostało wydane 5 lat po rozpoczęciu pracy nad rozprawą doktorską i podkreśla wagę cyfrowego zabezpieczenia obiektów zagrożonych.

Zakres tematyki podjętej w rozprawie doktorskiej jest ważny i aktualny, o czym świadczą działania krajowe i Unii Europejskiej. Wpisuje się także w inne tematy związane z organizacją i zabezpieczeniem danych o dziedzictwie, które są opracowywane na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej, Politechniki Lubelskiej oraz innych polskich uczelniach. Konieczne jest zmierzenie się z problemem zabezpieczenia informacji o obiektach zagrożonych

¹¹ [Zabytek.pl](https://zabytek.pl) [na:] <https://zabytek.pl/pl>, udostępniono 24 marca 2020 r.

¹² *NID Portal mapowy* [na:] <https://mapy.zabytek.gov.pl/nid/>, udostępniono 27 września 2022 r.

¹³ J. Brudnicki i in., *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*..., s. 165.

¹⁴ *Zalecenie Komisji (UE) 2021/1970 z dnia 10 listopada 2021 r. w sprawie wspólnej europejskiej przestrzeni danych na potrzeby dziedzictwa kulturowego.*

utrata wartości zabytkowych. Chmura punktów jest formą zapisu informacji, który odpowiada na szeroką gamę potrzeb związanych zarówno z badaniami naukowymi, jak i popularyzacją dziedzictwa przez obecne oraz kolejne pokolenia. Jest to szczególnie ważne w kontekście obiektów nieistniejących, ponieważ nie ma możliwości fizycznego zapoznania się z budynkiem.

1.4 HIPOTEZY I PYTANIA BADAWCZE

W ramach pracy sformułowano pytania badawcze, na podstawie których postawiono 4 hipotezy badawcze.

Hipoteza 1: Ze względu na liczebność zasobu obiektów architektonicznych zagrożonych utratą wartości zabytkowych istnieje konieczność zabezpieczenia dla przyszłych pokoleń ich zapisu przestrzennego, zanim zabytki przestaną istnieć.

Pytania badawcze:

1. Ile jest w Polsce zabytkowych obiektów zagrożonych utratą wartości zabytkowych?
2. Jakie są przyczyny zagrożenia obiektów zabytkowych?
3. Jakie są rozwiązania legislacyjne w kontekście zagrożonych obiektów zabytkowych i kto powinien podejmować działania?

Hipoteza 2: Występuje konieczność wypracowania i wdrożenia schematu działań obejmujących konserwację przez dokumentowanie dla obiektów zagrożonych, z uwzględnieniem możliwej destrukcji obiektu.

Pytania badawcze:

1. Czy istnieją schematy działań i jakie działania są podejmowane w Polsce?
2. Jakie działania względem zabytkowych obiektów zagrożonych podejmują organizacje międzynarodowe i inne kraje?
3. Jaki jest w Polsce stan legislacyjny dotyczący wykonywania dokumentacji obiektu zagrożonego?

Hipoteza 3: Istnieje konieczność zapewnienia ogólnodostępnej informacji o obiektach nieistniejących.

Pytania badawcze:

1. Jakie są działania związane z zapewnieniem dostępności do informacji o obiektach zagrożonych?
2. Co dzieje się z dokumentacją obiektu wykreślonego z rejestru zabytków?

Hipoteza 4: Chmura punktów pozyskana w czasie zagrożenia obiektu utratą wartości zabytkowych umożliwi badania naukowe i popularyzację nieistniejącego obiektu w szerokim zakresie, który może być wykorzystywany także przez przyszłe pokolenia.

Pytania badawcze:

1. Jakie są zalety i wady chmury punktów względem innych form dokumentacji?
2. Jaka jest charakterystyka inwentaryzacji obiektów zagrożonych?
3. W jakim zakresie, w kontekście obiektów nieistniejących, może być użyta chmura punktów?
4. Czy chmura punktów może stanowić cyfrowy substytut obiektu nieistniejącego?

Powyższe hipotezy powinny dać podstawę do sformułowania tezy.

1.5 METODY BADAWCZE

Metody badawcze objęły:

1. Studium literatury przedmiotu;
2. Analizy porównawcze;
3. Zestawienia danych;
4. Opracowania stworzone na podstawie dwóch chmur punktów obiektów zagrożonych;
5. Syntezy w postaci wniosków.

1.6 OGRANICZENIA ZAKRESU ROZWAŻAŃ

1.6.1 Ograniczenia tematyczne

Zakres problemowy rozprawy doktorskiej dotyczy:

1. Problematyki przyczyn i skali zagrożenia utratą wartości zabytkowych obiektów architektonicznych, ujętych w rejestrze zabytków, na terenie Polski.
2. Kontekstu legislacyjnego związanego z zagrożeniem obiektów zabytkowych, ujętych w rejestrze, ich dokumentacją i digitalizacją.
3. Schematu postępowania wobec obiektów zagrożonych w wybranym kraju.
4. Konserwacji przez dokumentowanie w kontekście obiektów zabytkowych, ujętych w rejestrze zabytków, zagrożonych destrukcją i nadawanie priorytetów działaniom związanym z dokumentacją.
5. Wykreślenia obiektu zabytkowego z rejestru i dostępności jego dokumentacji.

6. Digitalizacji obiektu jako metody zapewnienia przyszłym pokoleniom informacji o zabytku.
7. Charakterystyki chmury punktów jako źródła informacji o obiekcie dla przyszłych pokoleń.
8. Charakterystyki inwentaryzacji obiektów zagrożonych.
9. Wykorzystania chmury punktów, pozyskanej przed utratą wartości zabytkowych obiektu ujętego w rejestrze, w celach badawczych i związanych z popularyzacją nieistniejącego dziedzictwa.

W opracowaniu chmura punktów jako efekt skanowania laserowego i fotogrametrii SfM (ang. *Structure from Motion*) została potraktowana jako podstawowe źródło informacji 3D w inwentaryzacji.

Do tematyki rozprawy doktorskiej, pomimo powiązania tematycznego, nie należą:

1. Porównanie parametrów technicznych danych pozyskanych przez skanowanie laserowe i fotogrametrię – porównania parametrów związanych m.in. z dokładnością znajdują się poza głównym kontekstem badań związanych z architekturą. Charakterystyka została omówiona na podstawie dostępnych artykułów, jednak nie była badana jako taka.
2. Zabytki inne niż architektoniczne – do zabytków zagrożonych należą także m.in. założenia parkowe, zabytki ruchome, archeologiczne. W tym kontekście cenne byłyby opracowania sporządzone przez specjalistów w tych dziedzinach.
3. Kontekst związany z teorią konserwacji i filozofią – ze względu na rozbudowanie tematyki i brak bezpośredniego wpływu na badania postanowiono nie podejmować jej w rozprawie doktorskiej i ująć w ewentualnych przyszłych badaniach.
4. Opracowania związane z konstrukcją obiektów badanych – w tym kontekście cenne byłyby opracowania sporządzone przez specjalistów w tej dziedzinie.

1.6.2 Ograniczenie terytorialne

Ograniczenia terytorialne są uzależnione od omawianego kontekstu i są przedstawione każdorazowo w odniesieniu do danego fragmentu. W przypadku ograniczenia terytorialnego – Polska, mowa o granicach powojennych z 1958 r. Stosuje się obecnie obowiązujący podział administracyjny z 1999 r.

W głównej części dysertacji szczegółowym badaniom poddano obszar województwa mazowieckiego z wyłączeniem m.st. Warszawy. Województwo zostało wybrane ze względów logistycznych (konieczność komunikacji i transportu sprzętu) oraz dostępności informacji (odległość od delegatur Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków). Wyłączenia m.st.

Warszawy dokonano ze względu na jego odmienną charakterystykę na tle województwa, związaną ze zniszczeniami wojennymi oraz silną presją inwestycyjną. Następnie na podstawie analizy zbioru wytypowano delegaturę Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków, na obszarze której znajduje się najwięcej obiektów zagrożonych. Po konsultacji z przedstawicielem delegatury wybrano 2 obiekty, dla których wykonano inwentaryzację oraz dalsze opracowania. W badaniach zastosowania chmury punktów korzystano z opracowań z wielu krajów. Programy działań związanych z obiektami zagrożonymi i podejściem do tej problematyki, w ramach rozwiązań odgórnych, omówiono ze szczególnym uwzględnieniem Wielkiej Brytanii.

1.6.3 Ograniczenia czasowe

W dysertacji uwzględniono głównie opracowania, które powstały w latach 2000-2022, ze względu na rozwój technologiczny związany zarówno ze sprzętem mierniczym, jak i oprogramowaniem. W kontekście opracowań związanych z kartami ewidencyjnymi badania sięgają 1955 r. W zakresie rozważań teoretycznych dotyczących zabytków najwcześniejsze materiały źródłowe pochodzą z 1931 r.

1.7 ANALIZA ŹRÓDEŁ (STAN BADAŃ)

W rozdziale przedstawiono wybrane źródła zagraniczne i krajowe, omówiono nierozwiązane problemy oraz związek z innymi pracami. Wszystkie cytowane w rozprawie doktorskiej krajowe oraz zagraniczne opracowania są kluczowe i przyczyniają się do poznania tematyki.

1.7.1 Analiza źródeł zagranicznych

W źródłach zagranicznych nie odnaleziono opracowań omawiających zastosowanie chmury punktów jako formy digitalizacji zagrożonych obiektów zabytkowych w kontekście zachowania nieistniejącego dziedzictwa architektonicznego. Ważnymi źródłami zagranicznymi są:

1. Program „*Heritage at risk*” prowadzony przez „*Historic England*” i stworzone na jego potrzeby opracowania^{15 16 17 18} – omówienie zasad działania opieki nad zagrożonymi zabytkami w Wielkiej Brytanii.

¹⁵ *Heritage at Risk* 2021 [na:]

<https://historicengland.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=97e1547e0e234fa49c977b6fde2ad2fd>, udostępniono 26 września 2022 r.

¹⁶ *Photogrammetric Applications for Cultural Heritage. Guidance for Good Practice.*, Historic England 2017.

¹⁷ *Heritage at Risk Statistics : Method Statement 2022*, Historic England 2022.

¹⁸ *3D Laser Scanning for Heritage*, Historic England 2018.

2. Opracowania omawiające techniczne aspekty wykonywania pomiaru laserowego, fotogrametrii oraz użycia chmur punktów, m.in.: „*Heritage documentation using laser scanner and photogrammetry. The case study of Qasr Al-Abidit, Jordan*”¹⁹, „*Applying digital methods for documenting heritage building in Old Jeddah: A case study of Hazzazi House*”²⁰, „*Terrestrial Laser Scanning 3D Survey of the Bulow Plantation Ruins and the Dummett Sugar Mill Ruins, Florida*”²¹.

1.7.2 Analiza źródeł krajowych

W źródłach krajowych nie odnaleziono opracowań omawiających zastosowanie chmury punktów jako formy digitalizacji zagrożonych obiektów zabytkowych w kontekście zachowania nieistniejącego dziedzictwa architektonicznego. Ważnymi źródłami stanowiącymi inspirację i podstawę dla rozprawy doktorskiej są:

1. „*Ku nowej filozofii dziedzictwa*” autorstwa prof. Andrzeja Tomaszewskiego²² – podkreślenie kluczowej, integralnej roli dokumentacji w postępowaniach konserwatorskich oraz w poznaniu obiektu, popularyzacji dziedzictwa i przekazaniu wiedzy kolejnym pokoleniom, także gdy nie ma możliwości bezpośredniego poznania obiektu.
2. „*Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*”²³ opracowany przez Narodowy Instytut Dziedzictwa pod redakcją prof. dr hab. inż. arch. Małgorzaty Rozbickiej – statystyki ujęte w raporcie stanowią podstawę do określenia liczby obiektów zagrożonych, charakterystyki tego zbioru oraz przyczyn zagrożenia. Dodatkowym źródłem informacji jest szczegółowa kwerenda obiektów zagrożonych, ujętych w rejestrze zabytków, dla województwa mazowieckiego z wyłączeniem m. st. Warszawy, który został opracowany na potrzeby raportu.

¹⁹ Y. Alshawabkeh i in., *Heritage documentation using laser scanner and photogrammetry. The case study of Qasr Al-Abidit, Jordan*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 16 (2020), DOI: 10.1016/j.daach.2019.e00133.

²⁰ A. Baik i in., *Applying digital methods for documenting heritage building in Old Jeddah: A case study of Hazzazi House*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 21 (2021), DOI: 10.1016/J.DAACH.2021.E00189.

²¹ L.D. Collins, T.F. Doering, R. O’Sullivan, *Terrestrial Laser Scanning 3D Survey of the Bulow Plantation Ruins and the Dummett Sugar Mill Ruins, Florida*, „Digital Heritage and Humanities Collections Faculty and Staff Publications” t. 4 (2009).

²² A. Tomaszewski, *Ku nowej filozofii dziedzictwa*, Międzynarodowe Centrum Kultury 2012.

²³ J. Brudnicki i in., *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*...

3. „*Dziedzictwo architektoniczne. Wartościowanie w procesie projektowym*”²⁴ autorstwa dra hab. inż. arch. Cezarego Głuszka, prof. PW – szczegółowe teoretyczne i praktyczne przedstawienie zagadnień związanych z różnymi rodzajami wartości zabytków, zasad ich przypisywania oraz roli w ochronie dziedzictwa.
4. „*Metody pomiarów i badań zabytków architektury*”²⁵ autorstwa prof. dr hab. arch. Marii Brykowskiej – szczegółowe omówienie rozwoju technik pomiarowych oraz badań historycznych, a także ich zastosowania w kontekście obiektów zabytkowych.
5. „*Rejestr i ewidencja zabytków nieruchomych oraz ruchomych w działaniach Narodowego Instytutu Dziedzictwa*”²⁶ autorstwa p. Jerzego Szałygina – kompleksowe omówienie historii dokumentacji zabytków w Polsce.
6. Artykuły dra hab. inż. arch. Krzysztofa Koszewskiego: „*Baza wiedzy architektoniczno-historycznej jako narzędzie wartościowania w procesie projektowania*”²⁷ oraz „*Techniki informacyjne w ochronie i zarządzaniu obiektami architektury drewnianej – potencjał i wykorzystanie*”²⁸ – podkreślenie i omówienie kluczowej roli budowania bazy wiedzy oraz użycia narzędzi informatycznych.
7. Opracowania omawiające techniczne aspekty wykonywania pomiaru laserowego, fotogrametrii oraz użycia chmur punktów autorstwa m.in.: dr. Andrzeja Szymona

²⁴ C. Głuszek, *Dziedzictwo architektoniczne. Wartościowanie w procesie projektowym*, Warszawa 2022.

²⁵ M. Brykowska, *Metody pomiarów i badań zabytków architektury*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2003.

²⁶ J. Szałygin, *Rejestr i ewidencja zabytków nieruchomych oraz ruchomych w działaniach Narodowego Instytutu Dziedzictwa*, „Ochrona Zabytków” nr 1–2 (2012).

²⁷ K. Koszewski, *Baza wiedzy architektoniczno-historycznej jako narzędzie wartościowania w procesie projektowania* [w:] B. Szmygin (red.), *Wartościowanie zabytków architektury*, 2013.

²⁸ K. Koszewski, *Techniki informacyjne w ochronie i zarządzaniu obiektami architektury drewnianej – potencjał i wykorzystanie* [w:] *Dokumentacja i monitoring w zarządzaniu obiektami budownictwa drewnianego w Muzeum Rolnictwa im. ks. Krzysztofa Kluka w Ciechanowcu oraz Muzeum Ryfylke*, 2016.

Borkowskiego²⁹, dr. hab. Rafała Zapłaty, prof. UKSW^{30 31 32}, mgr. inż. arch. Piotra Glenia^{33 34}, mgr. inż. arch. Karola Argasińskiego³⁵, p. Andrzeja Gołembnika³⁶.

8. Opracowania Narodowego Instytutu Dziedzictwa³⁷, program digitalizacji oraz informacje umieszczone na platformie zabytek.pl³⁸ – Narodowy Instytut Dziedzictwa w trakcie pracy nad rozprawą doktorską opracowywał i udostępniał zbiory danych, w tym karty ewidencyjne obiektów, co ułatwiło dostęp do informacji o zabytkach.
9. Reportaże „Zapaść. Reportaże z mniejszych miast”³⁹ oraz „Był dwór, nie ma dworu. Reforma rolna w Polsce”⁴⁰ nakreślające społeczne i historyczne aspekty, które przyczyniły się do zagrożenia zabytków.

1.7.3 Omówienie nierozwiązanych problemów

Do kluczowych nierozwiązanych problemów związanych z zabytkami zagrożonymi utratą wartości zabytkowych i zabezpieczeniem informacji o nich należą:

1. Brak ogólnych rozwiązań uwzględniających zabezpieczenie informacji o zagrożonych zabytkach oraz priorytetyzacji takich działań.

²⁹ A.S. Borkowski, *Model BIM z chmury punktów*, „Builder” t. 270 nr 01 (2019), DOI: 10.5604/01.3001.0013.6405.

³⁰ M. Kędzierski i in., *Dokumentacja i modelowanie 3D ruin zamku w Ilży* [w:] P. Molski, B. Szmygin (red.), *Zamki w ruinie – zasady postępowania konserwatorskiego*, Politechnika Lubelska, Polski Komitet Narodowy ICOMOS 2012.

³¹ R. Zapłata, *Pomiar, inwentaryzacja i diagnostyka drewnianej architektury wernakularnej - wybrane zagadnienia zastosowania technologii skanowania naziemnego*, „Budownictwo i Architektura” t. 14 nr 4 (2015).

³² M. Kędzierski i in., *Metody teledetekcyjne i fotogrametryczne w ochronie, konserwacji i inwentaryzacji zamków w ruinie* [w:] P. Molski, B. Szmygin (red.), *Zamki w ruinie – zasady postępowania konserwatorskiego*, Politechnika Lubelska, Polski Komitet Narodowy ICOMOS 2012.

³³ J. Franczuk i in., *Direct use of point clouds in real-time interaction with the cultural heritage in pandemic and post-pandemic tourism on the case of Kłodzko Fortress*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 24 (2022), DOI: 10.1016/j.daach.2022.e00217.

³⁴ P. Gleń, K. Krupa, *Comparative method with the use of laser scanning as a starting point for the assessment of the state of preservation of the face of the walls in the Kłodzko Fortress*, „Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych” t. 16 nr 3 (2020), DOI: 10.35784/teka.2388.

³⁵ K. Koszewski, J. Franczuk, K. Argasiński, *Architectural Heritage Virtual Models in Conservation Practice*, „Wiomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” t. 68s (2021), DOI: 10.48234/WK68SHERITAGE.

³⁶ A. Gołembnik, *Rola nowych technik dokumentacyjno-pomiarowych w interdyscyplinarnych działaniach badawczo-konserwatorskich*, „Wiomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” t. 40 (2014).

³⁷ *Dobre praktyki w zakresie wykonywania dokumentacji zabytków architektury współczesnymi metodami naziemnej rejestracji cyfrowej*, Narodowy Instytut Dziedzictwa.

³⁸ *Zabytek.pl*.

³⁹ M. Szymaniak, *Zapaść. Reportaże z mniejszych miast*, Wydawnictwo Czarne 2021.

⁴⁰ A. Wylegała, *Był dwór, nie ma dworu. Reforma rolna w Polsce*, Wydawnictwo Czarne 2022.

2. Brak w dyskursie naukowym omówienia działań, jakie można podjąć wobec zagrożonych zabytków, które z dużym prawdopodobieństwem ulegną destrukcji.
3. Brak określenia najpełniejszej formy zapisu informacji o obiekcie, która uwzględniałaby użycie w celach naukowych oraz popularyzację wiedzy o zabytkach.
4. Brak ogólnodostępnej informacji o zagrożeniu obiektu zabytkowego.
5. Nieznajomość wśród specjalistów najnowszych rozwiązań związanych z technikami inwentaryzacyjnymi oraz możliwościami użycia chmury punktów.

1.8 OBJAŚNIENIA SKRÓTÓW I ZNAKÓW UMOWNYCH

Skrót	Znaczenie
ALS	Lotnicze skanowanie laserowe (ang. <i>Airborne Laser Scanning</i>)
AR	Rozszerzona rzeczywistość (ang. <i>Augmented Reality</i>)
BIM	ang. <i>Building Information Modelling</i>
GPS	ang. <i>Global Positioning System</i> ,
HBIM	ang. <i>Heritage Building Information Modelling</i>
NID	Narodowy Instytut Dziedzictwa
SfM	ang. <i>Structure from Motion</i>
TLS	Naziemne skanowanie laserowe (ang. <i>Terrestrial Laser Scanning</i>)
UAV	Bezzałogowy statek powietrzny (ang. <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>)
VR	Wirtualna rzeczywistość (ang. <i>Virtual Reality</i>)
WKZ	Wojewódzki Konserwator Zabytków

2 OBIEKTY ZAGROŻONE – KLUCZOWE ZAGADNIENIA

2.1 ANALIZA ZBIORU OBIEKTÓW ZAGROŻONYCH W POLSCE

Celem pierwszej fazy badań było określenie jakim procesom legislacyjnym podlegają zabytkowe obiekty w stanie zagrożenia, jakie są wymagania co do ich dokumentacji oraz jaki jest zasób tego typu obiektów w Polsce. Szczegółowym analizom poddano województwo mazowieckie z wyłączeniem m.st. Warszawy. Poniższe badania miały służyć określeniu skali problemu oraz charakterystyki omawianych obiektów.

2.1.1 Przyczyny zagrożenia utratą wartości zabytkowych

Przyczyny zagrożeń utratą wartości zabytkowych są złożone. Najczęstszym bezpośrednim powodem w skali kraju jest brak bieżących prac pielęgnacyjno-konserwatorskich oraz zabezpieczenia (63,34% obiektów zagrożonych)⁴¹. Inne wskazywane przyczyny to zużycie substancji zabytkowej i skutek braku użytkowania (60% obiektów zagrożonych). Niewłaściwe użytkowanie (7,23% obiektów zagrożonych) i zagrożenia inwestycyjne związane z obiektem (7,20% obiektów zagrożonych) stanowiły znacząco mniejszy wycinek zbioru. Nieuregulowany stan prawny został wskazany jedynie 19 razy⁴².

Dla jednego obiektu przyczyny mogą współwystępować. Zgodnie z *„Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)”*:

*„Zidentyfikowane zagrożenia często występują równolegle. Przeważnie dla obiektu wskazywano dwie różne przyczyny, z których jedną był zwykle brak użytkowania.”*⁴³

Biorąc pod uwagę grupy funkcjonalne, brak użytkowania jako źródło zagrożenia został najczęściej wskazany dla obiektów przemysłowych (75,08%⁴⁴), rezydencjonalnych (70,30%) i folwarcznych (68,78%). W raporcie został ujęty także podział ze względu na materiał i własność⁴⁵.

Na zaistniałą sytuację mają wpływ czynniki społeczne, ekonomiczne i historyczne takie jak:

⁴¹ J. Brudnicki i in., *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*..., s. 156.

⁴² Ibid., s. 157.

⁴³ Ibid.

⁴⁴ W odniesieniu do zasobu obiektów, dla których została wskazana przyczyna zagrożenia.

⁴⁵ J. Brudnicki i in., *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*..., ss. 157–158.

1. Zmiany administracyjno-polityczne w wyniku których pałace i dwory zostały niezamieszkałe lub zmieniono ich funkcję – m.in. w wyniku reformy rolnej z 1944 r.⁴⁶
⁴⁷ Możliwy jest także związek z migracją w trakcie i po II wojnie światowej. Dotyczy to głównie obiektów rezydencjonalnych. Przed 1939 r. z wyłączeniem „ziem odzyskanych” oraz Kresów istniało ok. 15 000 dworów⁴⁸. Z tego zbioru na 2015 r. zachowało się ok. 3000 pałaców z czego „2000 z nich jest w stanie ruiny, radykalnej przebudowy lub takiego ogołocenia (wycięcie parku, pozbawienie całej infrastruktury gospodarczej), że został jedynie zdewastowany budynek”⁴⁹. Obiekty te były niszczone, podpalane przed i zaraz po wojnie. Poddawano je także przebudowom, tak aby dostosować do nowych funkcji takich jak szkoły, przedszkole, budynki administracyjne i budynki wielorodzinne. W latach 90. w obiektach rezydencjonalnych lokowano mieszkania socjalne, nie wykonywano niezbędnych napraw oraz nie dostosowywano lokali do nowych standardów mieszkalnictwa. Ciąg tych zdarzeń przyczynił się do złego stanu całego zbioru obiektów o funkcjach rezydencjonalnych oraz powiązanych z nimi obiektów folwarcznych i gospodarczych.
2. Zmniejszenie roli przydomowych budynków gospodarczych, młynów, wiatraków – możliwe powiązanie z dążeniem do dużych gospodarstw produkcji rolnej, większą dostępnością produktów i migracją ze wsi do miasta.
3. Wypieranie istniejącej architektury przez nowe obiekty – możliwy związek ze zmianą standardu życia oraz wymaganą przez użytkownika funkcjonalnością⁵⁰.
4. Porzucenie obiektów przemysłowych w latach 90.XX w. – powiązanie z transformacją ustrojową i zamknięciem zakładów pracy szczególnie w mniejszych miejscowościach⁵¹.
5. Brak środków finansowych – remonty obiektów zabytkowych mogą być związane z wyższymi kosztami powodowanymi m.in. przez użycie specjalistycznych materiałów i rozwiązań budowlanych⁵².
6. Trudność adaptacji obiektów zabytkowych bez przebudowy.
7. Niechęć do architektury drewnianej jako potencjalnie „gorszej” od murowanej.

⁴⁶ A. Wylegała, *Był dwór, nie ma dworu. Reforma rolna w Polsce...*

⁴⁷ Ł. Lubicz-Łapiński, *Zagłada dworów* [w:] *Biuletyn Instytutu Pamięi Narodowej*, t. 74, 2007.

⁴⁸ *Siedziby ziemiańskie dzisiaj* [na:] <http://www.ziemianie.org.pl/siedziby-ziemianskie-dzisiaj/>, udostępniono 12 stycznia 2023 r.

⁴⁹ Ibid.

⁵⁰ C. Głuszek, *Dziedzictwo architektoniczne. Wartościowanie w procesie projektowym...*, s. 8.

⁵¹ M. Szymaniak, *Zapaść. Reportaże z mniejszych miast...*

⁵² C. Głuszek, *Dziedzictwo architektoniczne. Wartościowanie w procesie projektowym...*, s. 11.

8. Nieukończone remonty i modernizacje.
9. Celowe doprowadzenie do stanu zagrożenia, szczególnie w lokalizacjach atrakcyjnych pod kątem inwestycyjnym.
10. Brak zainteresowania zachowaniem zabytku ze strony właściciela.
11. Skomplikowana sytuacja własnościowa w tym wielu właścicieli – może prowadzić do nieskoordynowanych remontów.

Wnioski:

1. Zagrożenie utratą wartości zabytkowych jest powodowane złożonymi czynnikami społecznymi, historycznymi i ekonomicznymi.
2. Szczególnie istotny jest stosunek właściciela do zabytku.

2.1.2 Kontekst legislacyjny zagrożenia obiektów zagrożonych w Polsce

Obiekty zagrożone podlegają takim samym regulacjom jak inne obiekty zabytkowe, tj. *“Ustawie z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami”*⁵³, która jest jednym z głównych aktów prawnych regulujących te kwestie.

W art. 4. czytamy:

“Ochrona zabytków polega, w szczególności, na podejmowaniu przez organy administracji publicznej działań mających na celu: (...)

2) zapobieganie zagrożeniom mogącym spowodować uszczerbek dla wartości zabytków;”

oraz art. 5:

“Opieka nad zabytkiem sprawowana przez jego właściciela lub posiadacza polega, w szczególności, na zapewnieniu warunków: (...)

3) zabezpieczenia i utrzymania zabytku oraz jego otoczenia w jak najlepszym stanie;

4) korzystania z zabytku w sposób zapewniający trwałe zachowanie jego wartości;”

Zapobieganie zagrożeniom porusza także art. 18 ust. 2 pkt 2 (uwzględnianie w dokumentach planistycznych takich jak koncepcje, strategie, analizy, plany i studia zapobiegania zagrożeniom), art. 28 ust. 1 pkt 2 (nałożenie na właściciela / posiadacza zabytku obowiązku zawiadomienia Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków o zagrożeniu), art. 30 (obowiązek

⁵³ Dz. U. 2003 Nr 162 poz. 1568.

udostępnienia przez właściciela zabytku w celu przeprowadzenia badań), art. 49 ust. 1 (Wojewódzki Konserwator Zabytków ma możliwość nałożenia na właściciela obiektu obowiązku przeprowadzenia prac niezbędnych ze względu na zagrożenie zniszczeniem lub uszkodzeniem zabytku), art. 50 ust. 3:

“(...) starosta, na wniosek wojewódzkiego konserwatora zabytków, może wydać decyzję o zabezpieczeniu tego zabytku w formie ustanowienia czasowego zajęcia do czasu usunięcia zagrożenia.”

Art. 50 ust. 4 pkt 2 (możliwość wywłaszczenia przez starostę na rzecz Skarbu Państwa lub gminy w przypadku braku możliwości usunięcia zagrożenia), art. 98 ust. 2 pkt. 3:

“Główna Komisja Konserwatorska wydaje, w szczególności, opinie w sprawach: (...)

3) sposobu i zasad postępowania w przypadku wystąpienia zagrożeń dla poszczególnych zabytków.”

Obowiązują także kary administracyjne. Art. 107a. ust. 2 – nałożenie na właściciela lub posiadacza zabytku kary pieniężnej w wysokości od 500 do 2000 zł w przypadku niepowiadomienia Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków lub właściwego ministra o wystąpieniu zagrożenia w terminie 14 dni⁵⁴. Dodatkowo zgodnie z art. 107d, kara pieniężna w wysokości od 500 do 500 000 zł może zostać nałożona za podejmowanie bez zgody konserwatora zabytków działań określonych w art. 36 ust. 1 pkt 1-5 (m.in. prowadzenia robót budowlanych). Taka sama kara obowiązuje za podejmowanie działań niezgodnie z zakresem lub warunkami określonymi w pozwoleniu.

Dodatkowo w art. 108 wymieniona jest kara pozbawienia wolności od 6 miesięcy do 8 lat za niszczenie lub uszkodzenie zabytku. W przypadku działania nieumyślnego karą może być grzywna, ograniczenie wolności, pozbawienie wolności do 2 lat. Poza karą orzekana jest nawiązka na rzecz Narodowego Funduszu Ochrony Zabytków w wysokości wartości zniszczonego zabytku i/lub przywrócenie do stanu pierwotnego. W przypadku nieumyślnego zniszczenia lub uszkodzenia może zostać zasądzona nawiązka o równowartości od trzykrotnego do trzydziestokrotnego minimalnego wynagrodzenia. Kara w wysokości od 500 do 50 000 zł może zostać nałożona za niewykonanie zaleceń pokontrolnych (art. 107e.)

⁵⁴ Dz.U. 2017 poz. 1595.

Warto zwrócić uwagę, że w art. 87 ustawy na zarząd województwa, powiatu lub wójta nałożono obowiązek sporządzania gminnego programu opieki nad zabytkami, który może traktować o działaniach wobec obiektów zagrożonych.

Innym dokumentem na jaki należy zwrócić uwagę jest *“Krajowy program ochrony zabytków i opieki nad zabytkami na lata 2019-2022”*⁵⁵. W założonych celach nie ma poruszonych działań bezpośrednio dla obiektów zagrożonych.

Wnioski:

1. Zgodnie z przedstawionymi informacjami zapobieganie i informowanie o zagrożeniu obiektu zabytkowego spoczywa na jego właścicielu lub posiadaczu. Ustawodawca nałożył ten obowiązek i stworzył instrumenty prawne umożliwiające weryfikację stanu obiektu oraz ukaranie w przypadku niewypełnienia zobowiązań. Stworzył też możliwość wyłączenia dla uzasadnionych przypadków.
2. W dokumentach poruszany jest temat zapobiegania zagrożeniom, a nie zagrożonych obiektów jako takich.
3. Rozpatrując kwestię obiektów zagrożonych należy zwrócić uwagę, że zaniedbanie już wystąpiło na pewnym etapie. Obecnie przewidziane kary finansowe stają się niewspółmierne do nakładu jakiego wymaga usunięcie zagrożenia, przez co z ekonomicznego punktu widzenia właściciel może świadomie wybierać ukaranie.
4. Sprawa dotyczy często obiektów niezamieszkałych, więc nie zauważane jest stopniowe pogarszanie stanu zabytku. Wyłączenie przenosi zobowiązania, także finansowe na instytucje państwowe. Nie gwarantuje to usunięcia zagrożeń, szczególnie biorąc pod uwagę istotny czynnik czasu.
5. Na podstawie powyższego, można wnioskować, że obecnie przewidziane regulacje mogą potencjalnie wywoływać mechanizm świadomego nieinformowania, pogarszania zagrożenia zabytku, a końcowo jego całkowitą degradację.
6. Konieczne jest stworzenie dodatkowych systemów działania dla obiektów zagrożonych utratą wartości zabytkowych, mających na celu zabezpieczenie informacji o nich.

2.1.3 Zasób obiektów zagrożonych w Polsce

Opierając się na danych z *„Raportu o Stanie Zachowania Zabytków Nieruchomych w Polsce. Zabytki Wpisane Do Rejestru Zabytków (Księgi Rejestru A i C)”*⁵⁶ w Polsce na 2015 r.

⁵⁵ M.P. 2019 poz. 808.

⁵⁶ J. Brudnicki i in., *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*...

(weryfikacja przeprowadzona w latach 2009-2016) istniało 3871⁵⁷ obiektów szczególnie zagrożonych (5,97% zlustrowanego zbioru). Poza grupami weryfikacyjnymi pozostały:

1. obiekty skreślone przed dokonaniem lustracji terenowej,
2. zabytki, których przebudowy i remonty naruszyły oryginalną substancję, powodując zmianę pierwotnego wyglądu „*o ile ich stan techniczny nie zagraża dalszemu trwaniu lub umożliwia odtworzenie pierwotnej kompozycji*”⁵⁸,
3. obiekty wpisane na Listę światowego dziedzictwa UNESCO (dla 1 obiektu zakwalifikowanego usunięto zagrożenie w latach 2010-2012),
4. 89,9% Pomników Historii (44 obiekty zagrożone),
5. „*obiekty nieużytkowane, będące w dość dobrym stanie technicznym oraz obiekty zniszczone w stopniu niezagrożającym ich strukturom*”⁵⁹

Warto zwrócić uwagę także, na nałożenie danych porównania stanu technicznego, stanu zachowania historycznej substancji oraz stanu zachowania historycznej formy w „*Raporcie...*”⁶⁰. Obiekty będące w gorszym stanie technicznym charakteryzują się także wyższym poziomem zachowania historycznej substancji, której wartość badawcza jest szczególnie cenna.

Na początkowym etapie badań prowadzonych w związku z niniejszą rozprawą doktorską założono na podstawie „*Raportu...*”⁶¹ wytypowanie województwa, które reprezentowałoby uśredniony charakter zabytków szczególnie zagrożonych, które nie utraciły wartości zabytkowych. Miało to na celu uniknięcie oparcia badań o skrajne wartości.

Statystyki raportu mają charakter zasobowy i procentowy. Ze względu na priorytetowy czynnik zachowania reprezentatywnej różnorodności obiektów o różnym charakterze jako nadrzędne założono wartości procentowego udziału w zasobie.

Brano pod uwagę:

1. **Procent względem całości zasobu obiektów zabytkowych w województwie** – 5,97% całościowo, maksymalna wartość (15,42%) w województwie zachodniopomorskim, minimalna (1,75%) w województwie lubelskim, uśredniona wartość to 5,98% z najbardziej zbliżonym województwem łódzkim (5,86%)⁶².

⁵⁷ Ibid., ss. 138–139.

⁵⁸ Ibid., s. 117.

⁵⁹ Ibid.

⁶⁰ Ibid., s. 102.

⁶¹ J. Brudnicki i in., *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*...

⁶² Ibid., ss. 138–139.

2. **Funkcje pierwotna** – grupa najbardziej zagrożona to obiekty rezydencjonalne (16,27%) z maksymalną wartością w województwie zachodniopomorskim (32,42%), minimalną w województwie lubelskim (4,17%), uśredniona wartość to 15,75% z najbardziej zbliżonym województwem małopolskim (15,60%)⁶³. Grupą najmniej zagrożoną są obiekty sakralne (2,32%). W kontekście publicznego dofinansowania prac konserwatorskich, których częścią może być opracowanie dokumentacji i usunięcie zagrożenia, otrzymują one ok. 80% środków. Jest to znacząca dysproporcja wobec reszty zabytków, ponieważ obiekty sakralne stanowią ok. 24% wszystkich obiektów wpisanych do rejestru⁶⁴.
3. **Chronologie powstania** – grupa najbardziej zagrożona to obiekty powstałe w XIX w. (7,04%) z maksymalną wartością w województwie zachodniopomorskim (18,88%), minimalną w województwie lubuskim (1,93%), uśredniona wartość to 7,29% z najbardziej zbliżonym województwem warmińsko-mazurskim (6,76%)⁶⁵.
4. **Materiał / konstrukcje** – grupa najbardziej zagrożona to obiekty murowane kamienne (19,57%) z maksymalną wartością w województwie dolnośląskim (46,76%), minimalną w województwach lubuskim i łódzkim (0,00%), uśredniona wartość to 15,65% z najbardziej zbliżonym województwem podkarpackim (15,96%)⁶⁶.
5. **Własności** – ponieważ parametr obecnej własności nie determinuje wartości historycznej, architektonicznej i archeologicznej budynku został on pominięty.

Na powyższych wartościach widoczne jest, że ze względu na różną charakterystykę wyłonienie województwa najbardziej reprezentatywnego dla wszystkich kategorii jest niemożliwe. W związku z tym zdecydowano, że badania zostaną przeprowadzone dla województwa mazowieckiego z wyłączeniem obszaru m.st. Warszawy. Przyjęto jako jednostkę podział administracyjny, ponieważ jest on zgodny z organem administracji rządowej zespolonej – Wojewódzkim Konserwatorem Zabytków. Województwo mazowieckie jest korzystne także pod kątem logistycznym, ze względu na łatwość komunikacji i przewiezienia sprzętu mierniczego potrzebnego w kolejnych etapach pracy. Z obszaru badań wyłączono m.st.

⁶³ Ibid.

⁶⁴ J. Dąbrowski, *Środki publiczne w finansowaniu prac konserwatorskich (na podstawie ustawy o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami) - teoria i praktyka*. [na:] <https://www.youtube.com/watch?v=1-BV9tugUNo&t=1s>, udostępniono 10 maja 2023 r.

⁶⁵ J. Brudnicki i in., *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)...*, s. 151.

⁶⁶ Ibid., ss. 146–147.

Warszawę w granicach na dzień 12.12.2019 r. Zabieg ten jest spowodowany indywidualnym charakterem metropolii.

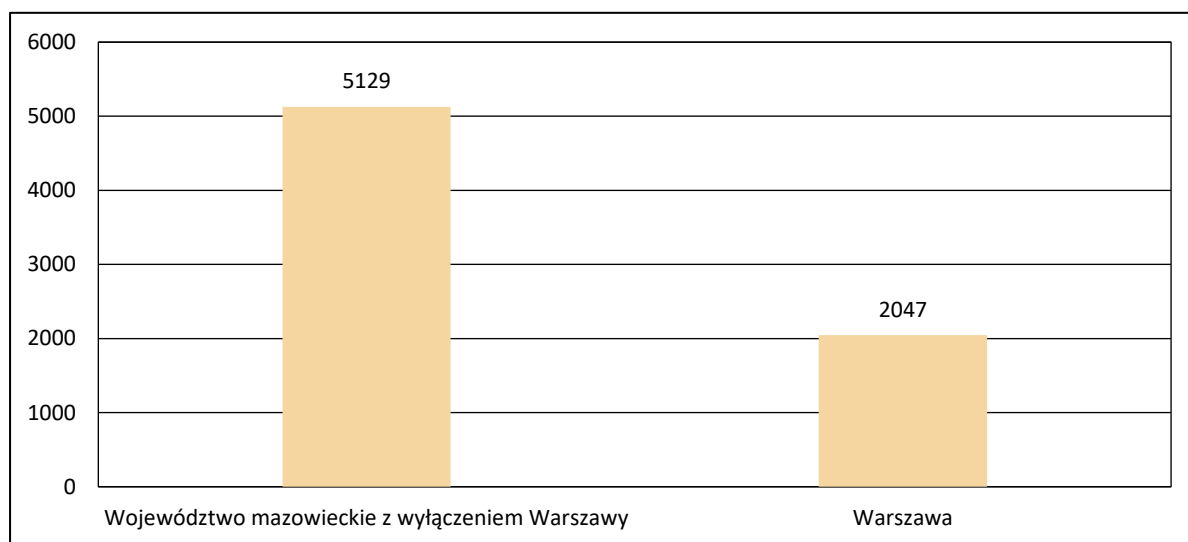
Wnioski:

1. Zasób obiektów szczególnie zagrożonych jest różny i niemożliwe wyłonienie jest województwa z uśrednionymi wartościami. W związku z tym podjęto decyzję, że w dalszych badaniach będzie brane pod uwagę województwo mazowieckie z wyłączeniem obszaru m.st. Warszawy.
2. Niemal co 17 obiekt jest zagrożony utratą wartości zabytkowych. Biorąc pod uwagę funkcję pierwotną najbardziej zagrożoną grupę stanowią obiekty rezydencjonalne – co 6 obiekt.

2.1.4 Obiekty zagrożone w województwie mazowieckim – zasób i jego analiza

2.1.4.1 Województwo mazowieckie na tle Polski

Powierzchnia województwa mazowieckiego jest największa ze wszystkich województw w Polsce⁶⁷. Na dzień 30.04.2016 r. w województwie mazowieckim znajdowało się 7176 zabytkowych obiektów nieruchomych wpisanych do rejestru o różnym stanie zachowania (10,12% zasobu krajowego) z czego 2047 w Warszawie (29,05% nieruchomych obiektów zabytkowych w województwie)⁶⁸ (Wykres 1).



Wykres 1 Liczba zabytkowych obiektów nieruchomych w m.st. Warszawa na tle województwa mazowieckiego.

⁶⁷ I. Budzyński, *Powierzchnia i ludność w przekroju terytorialnym w 2015 r.*, GUS, Departament Metodologii, Standardów i Rejestrów, 2015 r.

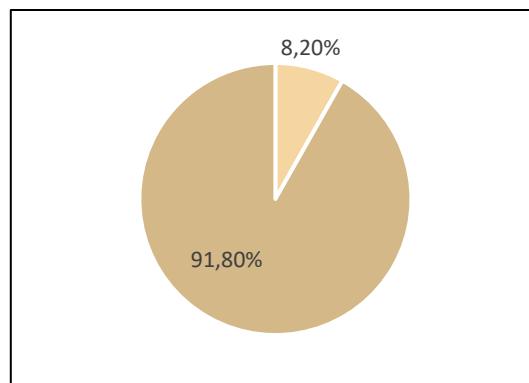
⁶⁸ A. Dymek, inni, *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w województwie mazowieckim. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*, Warszawa 2017, s. 32.

Obiekty zagrożone stanowią 2,62% (168 pozycji) zasobu województwa co jest niemal najniższą wartością – niższą wartość mają województwo lubelskie (1,75%) oraz lubuskie (2,02%))⁶⁹.

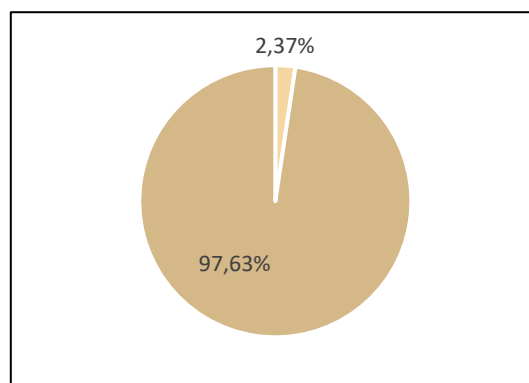
Poniżej omówiono liczbowy i procentowy udział zabytkowych obiektów zagrożonych wg podziału na funkcję pierwotną, materiał / konstrukcję, czas powstania oraz rodzaj własności. Dane procentowe odnoszą się do procentowego udziału w lustrowanym zbiorze biorąc pod uwagę zadany podział.

Pod względem funkcji pierwotnej obiektów zagrożonych najliczniejszą grupę, zarówno procentowo jak i liczbowo, stanowią **obiekty rezydencjonalne** – **40 obiektów**, stanowiące 8,20% tej części zbioru (Wykres 2)⁷⁰. Liczba obiektów w województwie mazowieckim znajduje się pośrodku (7 z 16 w porządku od największej liczby zagrożonych obiektów). Jednak patrząc na wartości procentowe województwo mazowieckie znajduje się na pozycji 14 z 16 w tym samym porządku.

Dla podziału wg materiału / konstrukcji najliczniejszą liczbowo grupę stanowią **obiekty ceglane** – **107 obiektów** stanowiące 2,37% tej części zbioru⁷¹ (Wykres 3). Mając na uwadze liczbę obiektów województwo mazowieckie znajduje się pośrodku (10 z 16 w porządku od największej liczby zagrożonych obiektów). Jednak patrząc na wartości procentowe województwo mazowieckie znajduje się na pozycji 13 z 16 w tym samym porządku. Warto zwrócić uwagę także na obiekty kamienne (11), ziemne (2) i metalowe (2).



Wykres 2 8,20% – Procent zagrożonych obiektów rezydencjonalnych w województwie mazowieckim na tle całości zasobu obiektów zabytkowych o tej funkcji w województwie.



Wykres 3 2,37% – Procent zagrożonych obiektów o konstrukcji ceglanej w województwie mazowieckim na tle całości zasobu obiektów ceglanych w województwie.

⁶⁹ J. Brudnicki i in., *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*..., ss. 138–139.

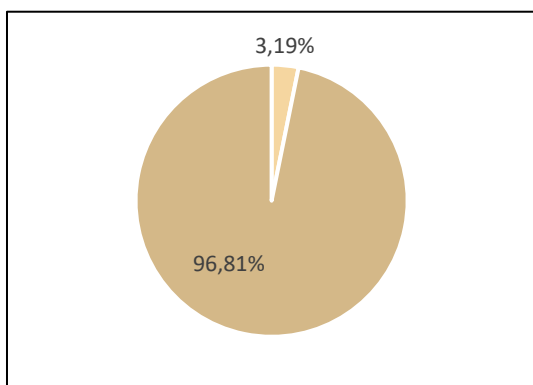
⁷⁰ Ibid.

⁷¹ Ibid., ss. 146–147.

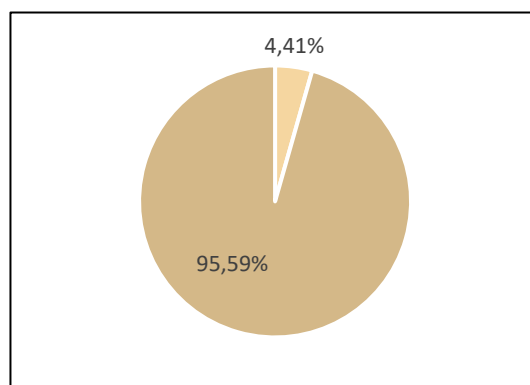
Chociaż są to nieliczne zbiory, to stanowią kolejno 11,54%, 11,11% i 16,67% wszystkich tego typu obiektów w województwie.

Dla podziału wg chronologii najliczniejszą liczbowo grupę stanowią **obiekty powstałe w XIX w. – 91 obiektów** stanowiące 3,19% tej części zbioru⁷² (Wykres 5). Pod względem liczby obiektów województwo mazowieckie znajduje się poniżej środka (11 z 16 w porządku od największej liczby zagrożonych obiektów). Jednak patrząc na wartości procentowe województwo mazowieckie znajduje się na pozycji 14 z 16 w tym samym porządku.

Dla podziału wg rodzaju własności najliczniejszą liczbowo grupę stanowią **obiekty prywatne – 53 obiekty** stanowiące 4,41% tej części zbioru⁷³ (Wykres 4). Liczba obiektów w województwie mazowieckim plasuje je poniżej środka (10 z 16 w porządku od największej liczby zagrożonych obiektów). Jednak patrząc na wartości procentowe województwo mazowieckie znajduje się na pozycji 14 z 16 w tym samym porządku.



Wykres 5 3,19% – Procent zagrożonych obiektów powstałych w XIX w. w województwie mazowieckim na tle całości zasobu obiektów powstałych



Wykres 4 4,41% – Procent zagrożonych obiektów prywatnych w województwie mazowieckim na tle całości zasobu o takim charakterze własności w województwie.

Wnioski:

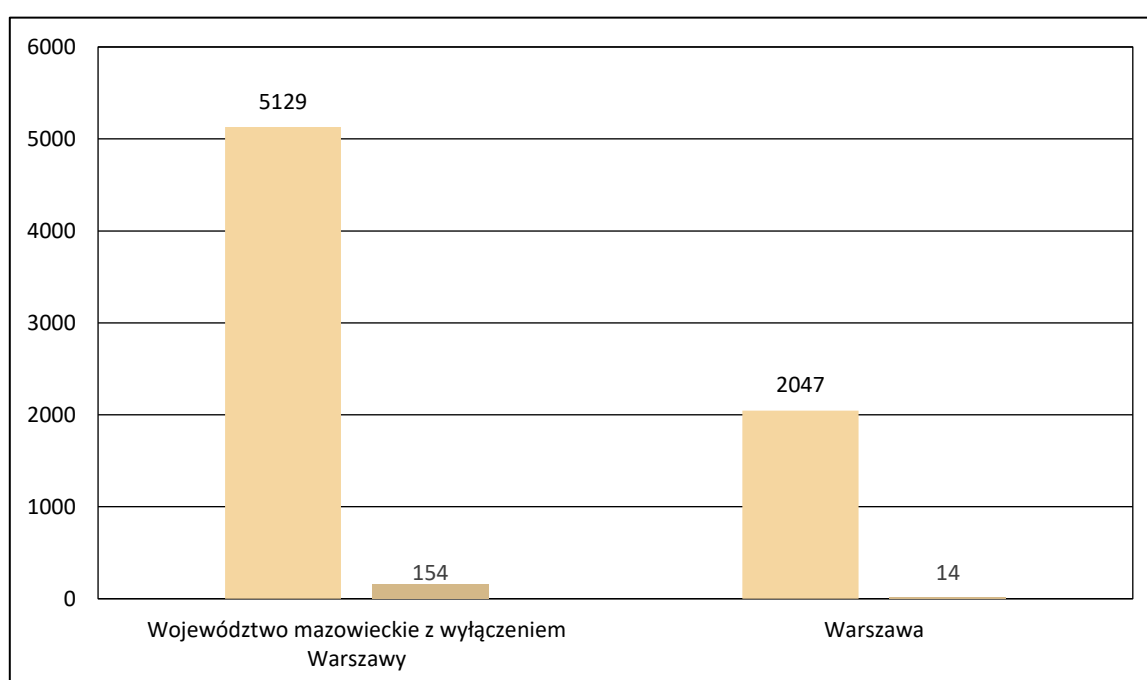
1. Liczba obiektów zagrożonych, które nie utraciły wartości zabytkowych, w województwie mazowieckim na tle Polski dla różnych kategorii plasuje je poniżej połowy układając zbiór od największej liczby / wartości procentowej.
2. Należy zwrócić uwagę, że niemal co 12. zabytkowy obiekt rezydencjonalny w województwie mazowieckim jest zagrożony.

⁷² Ibid., s. 151.

⁷³ Ibid., ss. 152–153.

2.1.4.2 Województwo mazowieckie z wyłączeniem m.st. Warszawy

Tak jak omówiono w poprzednim rozdziale w województwie mazowieckim znajdowało się 7176 obiektów zabytkowych z czego 2047 w Warszawie, co daje 5129 obiektów poza nią. Obiektów zagrożonych utratą wartości zabytkowych w województwie mazowieckim jest 168 z czego 14 w Warszawie i 154 poza nią⁷⁴. Oznacza to, że dla Warszawy procent obiektów zagrożonych wynosi 0,68%, a dla obszarów poza nią obiekty zagrożone stanowią 3,00% (Wykres 6). Dysproporcja jest znacząca i może świadczyć o silnej presji inwestycyjnej w Warszawie, a z drugiej strony o odmiennym charakterze miasta i mniejszych miejscowości w zakresie ekonomicznym.



Wykres 6 Wykres liczby obiektów zagrożonych w kontekście liczby obiektów zabytkowych w Warszawie i reszcie województwa mazowieckiego.

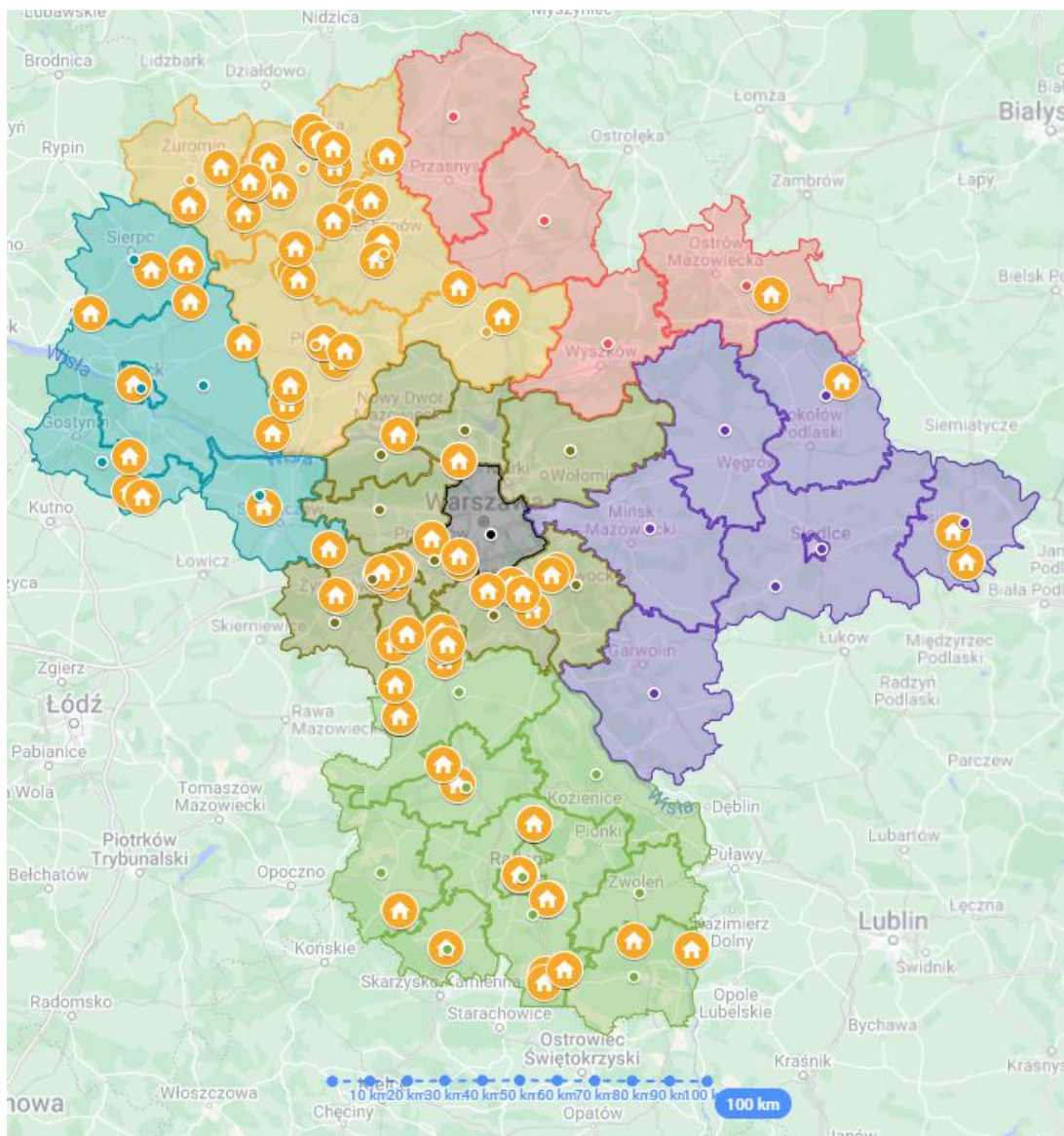
W celu określenia dokładnej lokalizacji obiektów zagrożonych utratą wartości zabytkowych w województwie mazowieckim z wyłączeniem m.st. Warszawy zwrócono się do NID. Otrzymano listę w formacie .xlsx obejmującą 316 pozycji z informacjami: powiat, gmina, miejscowość, określenie obiektu, ulica, stan zachowania, rejestr, określenie zespołu, słownikowa nazwa obiektu, uzupełniające określenie nazwy, klasyfikacja podrzędna, klasyfikacja, klasyfikacja równorzędna i typ rekordu. W pierwszej kolejności ukryto pozycje o stanie zachowania innym niż „weryfikacja - zagrożony” w wyniku czego otrzymano 124

⁷⁴ A. Dymek, inni, *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w województwie mazowieckim. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*..., s. 56.

pozycje. Następnie ukryto pozycje: „park dworski”, „aleja dojazdowa” i „ogród”, które nie są obiektami architektonicznymi. W ten sposób otrzymano 120 obiektów.

Różnica pomiędzy danymi z raportu (154) a kwerendą (120) może wynikać z różnicy czasu opracowania – dane w raporcie przedstawiają dane z lustracji przeprowadzonej w latach 2009-2015, a kwerendę otrzymano w 2019 r. Różnica obejmuje 34 wpisy. Może być spowodowana także zaliczeniem w pierwszym zbiorze cmentarzy, zieleni i innego rodzaju obiektów nie będących budynkami. Dodatkowo część obiektów została zabezpieczona przez co nie są już zagrożone. Do dalszych badań brane są pod uwagę 120 obiekty. Na podstawie danych stworzono mapę wystąpień (Rysunek 2)⁷⁵.

⁷⁵ E. Dudzińska, *Analysis of the endangered monuments in the Masovian Voivodeship, excluding Warsaw*, „Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych” t. 17 nr 1 (2021), DOI: 10.35784/teka.2624.



Legenda:

-  Obiekt zagrożony
-  Miasto powiatowe
-  Warszawa
-  Delegatura w Ciechanowie
-  Delegatura w Ostrołęce
-  Delegatura w Płocku
-  Delegatura w Radomiu
-  Delegatura w Siedlcach
-  Obszar bez delegatur

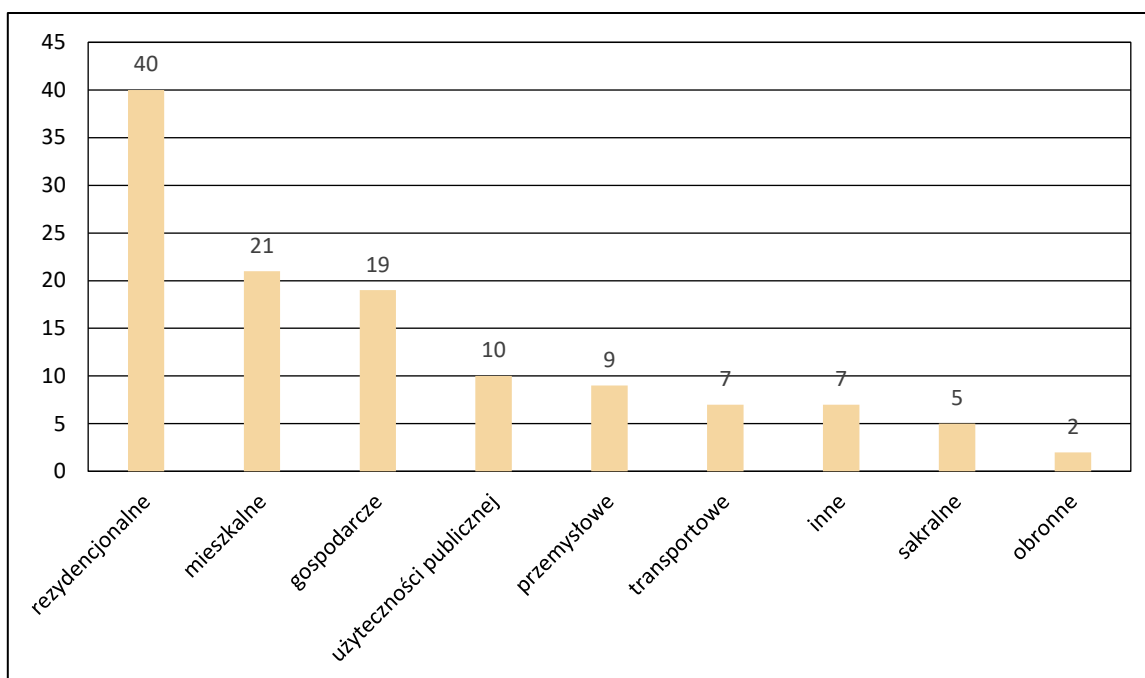
Rysunek 2 Mapa obiektów zagrożonych utratą wartości zabytkowych w województwie mazowieckim z wyłączeniem m.st. Warszawy.

Obiekty podzielono wg powiatu, funkcji pierwotnej i chronologii.

Tabela 1 Liczba obiektów zagrożonych w województwie mazowieckim z wyłączeniem m.st. Warszawy – podział wg powiatów.

Powiat	Liczba
białobrzeski	2
ciechanowski	9
gostyniński	3
grodziski	7
grójecki	6
legionowski	2
lipski	2
łosicki	3
mławski	21
nowodworski	1
ostrowski	1
otwocki	2
piaseczyński	11
Płock	1
płocki	3
płoński	6
pruszkowski	3
przysuski	1
pułtuski	7
Radom	4
radomski	9
sierpecki	5
sochaczewski	1
sokołowski	1
szydłowiecki	1
żuromiński	6
żyrardowski	2
Suma	120

Najwięcej obiektów zagrożonych znajduje się w powiecie mławskim (21) (Tabela 1). Należy zwrócić uwagę, że aż 7 z obiektów jest częścią Zespołu stacji kolei wąskotorowej w Mławie. W przypadku potraktowania tych obiektów całościowo jako jedną pozycję, na obszarze powiatu mławskiego jest nadal najwięcej obiektów zagrożonych (15). Na drugim miejscu, pod względem liczby obiektów zagrożonych, znajduje się powiat piaseczyński z 11 obiektami. Na obszarach powiatów ciechanowskiego oraz radomskiego znajduje się po 9 obiektów.



Wykres 7 Liczba obiektów zagrożonych w województwie mazowieckim z wyłączeniem m.st. Warszawy – podział wg funkcji.

Biorąc pod uwagę funkcję obiektu i podział województwa na powiaty zbiór przedstawiono na wykresie (Wykres 7). Podobnie jak dla całego województwa, dla wyznaczonego zakresu najczęściej liczbowo jest zagrożonych obiektów rezydencjonalnych (40). Na drugim miejscu znajdują się obiekty mieszkalne (21), a na trzecim gospodarcze (19). Kwalifikację do grup funkcjonalnych oparto na kolumnie „Klasyfikacja”, w której dane zostały dostarczone przez NID.

Tabela 2 Liczba obiektów zagrożonych w województwie mazowieckim z wyłączeniem m.st. Warszawy – podział wg chronologii.

Datowanie	Liczba obiektów
brak danych	2
XVI-XVIII w.	19
XIX w.	64
XX w.	35
Suma	120

W podziale wg chronologii, podobnie jak dla całego województwa, dla wyznaczonego obszaru najczęściej liczbowo jest zagrożonych obiektów powstałych w XIX w. (64) (Tabela 2). Na drugim miejscu znajdują się obiekty powstałe w XX w. (35), a na trzecim XVI-XVIII w. (19).

Wnioski:

1. Najwięcej obiektów zagrożonych znajduje się w powiatach mławskim, piaseczyńskim, radomskim i ciechanowskim. Rozpatrując funkcję pierwotną obiektów najliczniejsze grupy stanowią obiekty rezydencjonalne, folwarczne i mieszkalne. Pod względem chronologii najczęściej jest zagrożonych obiektów powstałych w XIX w.

W województwie mazowieckim Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków znajduje się w Warszawie. Dodatkowo istnieje 5 delegatur ⁷⁶:

1. Delegatura w Ciechanowie – powiaty ciechanowski, mławski, płoński, pułtusk i żuromiński.
2. Delegatura w Ostrołęce – powiaty makowski, ostrołęcki, ostrowski, przasnyski, wyszkowski oraz Ostrołęka – miasto na prawach powiatu.
3. Delegatura w Płocku – powiaty gostyniński, płocki, sierpecki, sochaczewski oraz Płock - miasto na prawach powiatu.
4. Delegatura w Radomiu – powiaty białobrzeski, grójecki, kozienicki, lipski, przysuski, radomski, szydłowiecki, zwolenński oraz Radom – miasto na prawach powiatu.
5. Delegatura w Siedlcach – powiaty garwoliński, łosicki, miński mazowiecki, siedlecki, sokołowski, węgrowski oraz Siedlce – miasto na prawach powiatu.

Liczbę obiektów zagrożonych pod względem jednostki przedstawiono poniżej (Tabela 3).

Tabela 3 Liczba obiektów zagrożonych w województwie mazowieckim z wyłączeniem m.st. Warszawy – podział wg delegatur.

Jednostka	Liczba
Delegatura w Ciechanowie	49
Delegatura w Ostrołęce	1
Delegatura w Płocku	13
Delegatura w Radomiu	25
Delegatura w Siedlcach	4
Poza delegaturami	28
Suma końcowa	120

⁷⁶ Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków w Warszawie [na:] <https://www.mwkwz.pl/>, udostępniono 12 lipca 2021 r.

Wnioski:

1. Najwięcej obiektów zagrożonych znajduje się na terenie delegatury w Ciechanowie (49 obiektów). Na drugim miejscu pod względem liczebności znajduje się obszar poza delegaturami (28 obiektów), na trzecim Delegatura w Radomiu (25 obiektów).

2.2 DZIAŁANIA PODEJMOWANE WZGLĘDEM ZABYTKOWYCH OBIEKTÓW ZAGROŻONYCH

Najkorzystniejszym i podstawowym działaniem wobec zabytkowych obiektów zagrożonych jest usunięcie zagrożenia i zapewnienie braku jego ponownego wystąpienia. Wiąże się to z przeprowadzeniem prac konserwatorskich, zapewnieniem odpowiednich funduszy i użytkowania obiektu. Powinien być to główny kierunek działań, który zapewni przekazanie obiektu w fizycznej formie kolejnym pokoleniom.

W celu określenia zagrożenia konieczne jest posiadanie wiedzy co do powodu i zakresu objęcia obiektu ochroną konserwatorską. W przeważającej liczbie sytuacji brak jest takich informacji⁷⁷, a pozwoliłyby one odpowiednio ukierunkować działania i nadać im priorytety.

W rozdziale zostały omówione m.in. przykładowe schematy postępowania wobec obiektów zagrożonych oraz konserwacja przez dokumentowanie jako metoda zabezpieczenia informacji w sytuacjach, gdy brak jest możliwości podjęcia prac konserwatorskich.

2.2.1 Przykłady schematów postępowania w kontekście organizacji międzynarodowych i Wielkiej Brytanii

Tematyka zabytków zagrożonych utratą wartości zabytkowych jest związana z pojęciem „*Heritage at Risk*” i działalnością podejmowaną w skali krajowej i międzynarodowej. Zagrożenie może być związane z⁷⁸:

1. Zmianą klimatu – w związku z ociepleniem klimatu, erozją i podniesieniem wód gruntowych, część obiektów zabytkowych może znaleźć się w przyszłości pod wodą,
2. Zagrożenia zniszczeniami wojennymi⁷⁹ – obiekty zabytkowe mogą być przypadkowym celem, celem jako takim lub być związane z niszczeniem kultury represjonowanej ludności,

⁷⁷ M. Gawlicki, *Ocena wartości zasobu zabytkowego – cele, metody, praktyka* [w:] B. Szmygin (red.), *Wartościowanie zabytków architektury*, Polski Komitet Narodowy ICOMOS Muzeum Pałac w Wilanowie 2013.

⁷⁸ J. Ziesemer, C. Machat (red.), *A Heritage at Risk. World Report 2016-2019 on Monuments and Sites in Danger*, hendrik Bäßler verlag 2020.

⁷⁹ G. Palumbo, C.L. Ogleby, *Heritage at risk and CIPA today: a report on the status of heritage documentation*, „International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences” (2004).

3. Klęski żywiołowe takie jak powodzie, trzęsienia ziemi, osuwiska, pożary, wybuchy wulkanów i inne,
4. Brak użytkowania obiektu i konserwacji,
5. Zbyt duża presja rozwijania turystyki,
6. Plądrowanie i wandalizm,
7. Rozwój zabudowy i miast.

2.2.1.1 Organizacje międzynarodowe

Tematykę tę podjęły organizacje międzynarodowe takie jak UNESCO (ang. *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) oraz ICOMOS (ang. *International Council on Monuments and Sites*).

UNESCO na podstawie art. 11.4 „*Konwencji w sprawie ochrony światowego dziedzictwa kulturalnego i naturalnego*”⁸⁰ publikuje „*Listę dziedzictwa światowego w niebezpieczeństwie*”⁸¹. Lista obejmuje obiekty światowego dziedzictwa, dla których konieczne jest podjęcie „wielkich robót” i dla których wniesiono prośbę o pomoc. Na dzień 6.09.2022 r. obejmuje ona 52 obiekty⁸². Lista ma charakter informacyjny, ma zachęcać do podjęcia czynności naprawczych, udzielenia międzynarodowego wsparcia i zaangażowanie organizacji do opracowania programu naprawczego. Daje także możliwość pozyskania środków z Funduszu Światowego Dziedzictwa.

ICOMOS od 1999 r. prowadzi program „*Heritage@Risk*” w ramach którego tworzone są raporty. Ich celem jest identyfikacja zagrożonych zabytków, określenie trendów, studiów przypadku i udostępnianie informacji o rozwiązaniach⁸³. Raporty publikowane są z różną częstotliwością. Są w nim uwzględniane opisy wybranej problematyki w wielu krajach oraz działania jakie zostały podjęte⁸⁴. W kontekście dokumentacji należy zwrócić uwagę na działania ICOMOS Albania, gdzie przy wsparciu jednostek państwowych podjęto się opracowania dokumentacji 214 zabytkowych kościołów i monastyrów. Dokumentacja obejmuje zdjęcia, rysunki, raporty oraz modele 3D stworzone przy użyciu programu Agisoft

⁸⁰ Dz. U. 1972 r. Nr 32 poz. 190.

⁸¹ UNESCO World Heritage Centre - *World Heritage in Danger* [na:] <https://whc.unesco.org/en/158/>, udostępniono 23 lutego 2022 r.

⁸² UNESCO World Heritage Centre - *List of World Heritage in Danger* [na:] <https://whc.unesco.org/en/danger/>, udostępniono 6 września 2022 r.

⁸³ *Heritage at risk reports - International Council on Monuments and Sites* [na:] <https://www.icomos.org/en/what-we-do/risk-preparedness/heritage-at-risk-reports>, udostępniono 26 września 2022 r.

⁸⁴ J. Ziesemer, C. Machat (red.), *A Heritage at Risk. World Report 2016-2019 on Monuments and Sites in Danger...*

Metashape. W Gruzji wykonano m.in. skanowanie laserowe oraz zabiegi fotogrametryczne Dawit Garedża, który jest uwzględniony w Liście Światowego Dziedzictwa UNESCO i jest zagrożony przez erozję.

CIPA (ang. *International Committee of Architectural Photogrammetry*) *Heritage Documentation* posiada dwie organizacje macierzyste: ICOMOS i ISPRS (ang. *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*) i jest międzynarodową organizacją, której celem jest śledzenie nowych technologii i dbanie, by były przydatne w zakresie rozpowszechniania, edukacji i ochrony dziedzictwa⁸⁵. Organizowane są konferencje podczas których, specjaliści różnych dziedzin prezentują zagrożenia związane z szeroko pojętą tematyką dokumentacji.

Powyżej omówiono przykłady jednych z najbardziej rozpoznawalnych organizacji międzynarodowych. W pracy magisterskiej Jayashree Bardhan pt. „*Optimising ICOMOS' 'Heritage at Risk' initiatives: towards a comprehensive framework for cultural heritage at risk*”⁸⁶ można zapoznać się ze szczegółowymi analizami w tym temacie.

2.2.1.2 Wielka Brytania

Jako kraj, którego postępowanie wobec zagrożonego dziedzictwa zostało omówione wybrano Wielką Brytanię, w której opracowany został program *Heritage at Risk*. Wyboru dokonano na podstawie szerokiej dostępności materiałów oraz rozbudowania programu i języka opracowań. Innymi przykładami działań krajowych jest projekt *Carta del Rischio del Patrimonio Culturale* (ang. *The Risk Map of the Cultural Heritage*) pod przewodnictwem *Istituto Centrale per il Restauro* (*Ministero per i Beni Culturali e Ambientali*) we Włoszech⁸⁷ oraz *The Heritage at Risk Survey* (*Carta de Risco do Património Arquitectónico*) pod przewodnictwem *Directorate General of National Buildings and Monuments* w Portugalii. Działania podejmowane w ramach programów obejmują pozyskanie i aktualizowanie danych o tym czy obiekt jest zagrożony, określeniu źródła zagrożenia, udostępnieniu danych oraz działaniach związanych z usunięciem niebezpieczeństwa.

W Wielkiej Brytanii jednostką odpowiedzialną za ochronę historycznego dziedzictwa Anglii poprzez m.in. sporządzanie wykazów i zachowanie obiektów są *Historic Buildings and*

⁸⁵ CIPA *Heritage Documentation – The International Committee for Documentation of Cultural Heritage* (CIPA) [na:] <https://www.cipaheritagedocumentation.org/>, udostępniono 26 września 2022 r.

⁸⁶ B. Jayashree, *Optimising ICOMOS' 'Heritage at Risk' initiatives: towards a comprehensive framework for cultural heritage at risk* [w:] BTU Cottbus-Senftenberg, Germany 2021.

⁸⁷ J.M. Lobo de Carvalho, *The heritage at risk survey*, „Historical Constructions” (2001).

*Monuments Commission for England*⁸⁸. Jest to rządowy organ publiczny finansowany przez Departament Cyfryzacji, Kultury, Mediów i Sportu. W ramach działań organizacji funkcjonuje od 1990 r. program „*Heritage at Risk*” (HAR). W jego ramach prowadzona jest lista zagrożonych obiektów. Kwalifikacja jako obiekt zagrożony jest uzależniona od typu zabytku. W kontekście budynków i budowli pod uwagę brane są obiekty świeckie uwzględnione w „*National Heritage List for England*” oraz:

1. zabytki I lub II stopnia lub
2. zabytkowe budynki II stopnia w Londynie lub
3. obiekty typu „*structural scheduled monument*” ze stojącymi pozostałościami⁸⁹.

Na podstawie wizji lokalnej jest oceniany z zewnątrz⁹⁰ stan obiektu i jego użycie. Co roku publikowane są także dane statystyczne obejmujące zagrożone dziedzictwo wszystkich kategorii. Opracowana została szczegółowa instrukcja metody kwalifikacji obiektów jako zagrożone⁹¹.

Odpowiednie służby aktualizują listę zagrożonych obiektów raz w roku, kontaktują się z właścicielami i ustalają działania, które zabezpieczą obiekt. W przypadku, gdy właściciel zabytku ujętego w rejestrze, nie podejmie działań możliwe jest wszczęcie postępowania karnego⁹². Określana jest także częstotliwość wymaganych wizji lokalnych.



Rysunek 3 Widok strony internetowej przedstawiający mapę obiektów zagrożonych prowadzoną przez Historic England, dostęp: 2022-09-26.

⁸⁸ *Historic England's Role* [na:] <https://his> udostępniono 26 września 2022 r.

⁸⁹ Tłumaczenie „*a structural scheduled monument with upstanding remains*” może wymagać doprecyzowania językowego

⁹⁰ J.M. Lobo de Carvalho, *The heritage at risk survey...*

⁹¹ *Heritage at Risk Statistics : Method Statement 2022.*

⁹² *Heritage at risk Milton Keynes Council* [na:] <https://www.milton-keynes.gov.uk/planning-and-building/conservation-and-archaeology/heritage-risk>, udostępniono 26 września 2022 r.

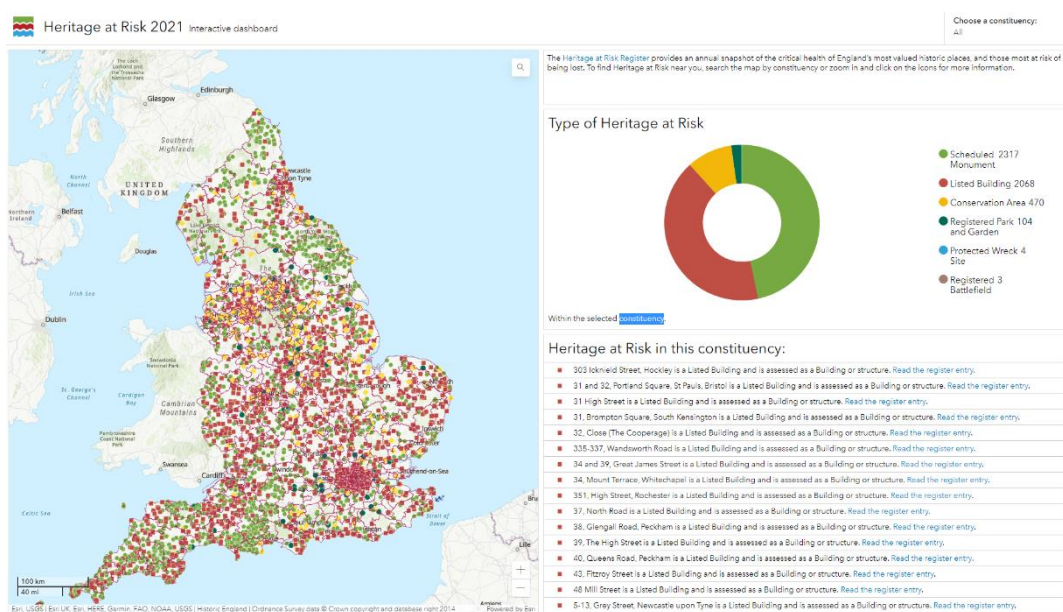
W jego ramach prowadzona jest też mapa⁹³ obejmująca zagrożone obiekty (Rysunek 3), gdzie po wyborze danego zabytku dostępne są informacje m.in. o numerze w rejestrze, kategorii, typie obiektu, rodzaju oceny, kondycji, użyciu, priorytecie i własności. Informacje są dostępne także w formie panelu, który oprócz mapy ma funkcje filtrowania obszarów oraz pokazuje w formie wykresu kołowego statystyki typów obiektów⁹⁴ (Rysunek 4).

Struktura oceny jest dodatkowo wyspecyfikowana i dostępna na stronie internetowej.

Lista jest co roku publikowana w formie pliku .pdf dostępnego online z podziałem na 6 obszarów. Oprócz wcześniejszych informacji uwzględniony jest w nawiasach priorytet jaki został nadany we wcześniejszym roku, co pozwala wstępnie ocenić, czy poprawia się stan budynku. W udostępnianym pliku .xlsx dostępne są arkusze zawierające instrukcję, wpisy do rejestru obiektów zagrożonych, pozycje nowe i usunięte.

W celu określenia pilności podjęcia działań stosuje się skalę (ang. *Risk Ratings*)⁹⁵:

A - Bezpośrednie ryzyko dalszego szybkiego niszczenia lub utraty tkanki; brak uzgodnionego rozwiązania,



Rysunek 4 Widok strony internetowej przedstawiający panel z mapą obiektów zagrożonych prowadzoną przez Historic England. Panel posiada funkcję filtrowania obszarów i posiada podstawowe statystyki, dostęp: 2022-09-27.

⁹³ *Heritage at Risk 2021*.

⁹⁴ *Dashboard - Heritage at Risk 2021* [na:]

<https://www.arcgis.com/apps/dashboards/e87a56c310e94debb02b21f7593665b3>, udostępniono 27 września 2022 r.

⁹⁵ *Terms and Abbreviations Explained* [na:] <https://historicengland.org.uk/advice/heritage-at-risk/search-register/key-to-terms-and-abbreviations/>, udostępniono 26 września 2022 r.

B - Bezpośrednie ryzyko dalszego szybkiego niszczenia lub utraty tkanki; rozwiązanie uzgodnione, ale jeszcze nie wdrożone,

C - Powolny rozpad; brak uzgodnionego rozwiązania,

D - Powolny rozpad; rozwiązanie uzgodnione, ale jeszcze nie wdrożone,

E - W naprawie, ale nie zidentyfikowano użytkownika; lub pod groźbą opróżnienia bez oczywistego nowego użytkownika (dotyczy tylko budynków z możliwością korzystnego wykorzystania),

F - Plan naprawy w toku i (w stosownych przypadkach) zidentyfikowano końcowego użytkownika i użycie; funkcjonalnie zbędne budynki o nowym przeznaczeniu uzgodnione, ale jeszcze nie wdrożone.

Najwyższym priorytetem działań są obiekty, dla których istnieje największe ryzyko ich utraty. Obiekty są usuwane z listy obiektów zagrożonych wraz z pełnym usunięciem zagrożeń i zabezpieczeniem przyszłości przez zapewnienie użytkowania lub odpowiednie zarządzanie.

Ważnym aspektem jest wykonywanie szacunkowej wyceny prac związanych z usunięciem zagrożenia. W tym kontekście pojawia się pojęcie deficytu konserwatorskiego (ang. *conservation deficit*), czyli sytuacji, w której istniejąca wartość zabytku powiększona o koszt przywrócenia go do użytku jest większa niż wartość obiektu po zakończeniu prac⁹⁶. Dla Wielkiej Brytanii deficyt ten wzrósł z 475,4 miliona £ do 613,4 miliona £ (dotyczy zabytków stopnia I, II oraz „*structural schedules monuments*”⁹⁷).

W omówionych w rozdziale materiałach źródłowych nie znaleziono informacji o programach związanych z konserwacją przez dokumentowanie. Należy jednak zwrócić uwagę na rozbudowane przewodniki związane ze skanowaniem laserowym⁹⁸ i fotogrametrią⁹⁹. Dokumentacja jest także standardem w wykonaniu prac zabezpieczających obiekt.

Wnioski:

1. Problematyka związana z zagrożonym dziedzictwem jest zauważana w skali międzynarodowej i krajowej.
2. Kraje takie jak Wielka Brytania, Portugalia, Włochy opracowały schematy postępowania w ramach dedykowanych programów, które umożliwiają monitorowanie stanu obiektów, tworzenie i udostępnianie baz danych w kontekście obiektów zagrożonych oraz wdrażanie rozwiązań mających na celu usunięcie ryzyka.

⁹⁶ GPA 4: *Enabling Development and the Conservation of Heritage Assets*, Historic England, 2020 r., s. 3.

⁹⁷ *Heritage Counts The Historic Environment in 2017: An Overview*, Historic England, 2017 r.

⁹⁸ 3D Laser Scanning for Heritage.

⁹⁹ Photogrammetric Applications for Cultural Heritage. Guidance for Good Practice.

3. W omawianych przykładach nie była poruszana tematyka konserwacji przez dokumentowanie w sytuacji, gdy obiekt może przestać istnieć. Inwentaryzacje były wykorzystywane w celu planowania prac konserwatorskich i oceny stanu budynku.
4. Omawiany program wprowadzony w Wielkiej Brytanii obejmuje udostępnianie danych w różnej formie, m.in. w zasobach dostępnych internetowo, co wpływa pozytywnie na dostępność danych i ich użycie zarówno w celach prywatnych jak i badawczych.
5. Działania podejmowane w Polsce można byłoby oprzeć na wzorze Wielkiej Brytanii z uwzględnieniem corocznych uproszczonych lustracji zbioru, udostępniania danych oraz szacunkowych obliczeń związanych z usunięciem ryzyka.

2.2.2 Konserwacja przez dokumentowanie

Problematyka konserwacji przez dokumentowanie jest szeroka i obejmuje wiele dyscyplin takich jak dziedzictwo architektoniczne, ale także archeologię, genetykę (banki DNA), muzealnictwo oraz literaturę. Konserwacja przez dokumentowanie występuje także w archeologii, gdzie po udokumentowaniu stanowiska może dochodzić do zniszczenia zabytkowej substancji¹⁰⁰.

Ten typ konserwacji jest także częścią działań związanych z konserwacją zapobiegawczą (ang. *preventive conservation*)¹⁰¹, która ma na celu zaangażowanie wszelkich środków i działań mających na celu minimalizowanie i unikanie przyszłego pogorszenia stanu lub straty obiektu¹⁰². Szczególnie w kontekście tego ostatniego, dokumentacja stanowi cenne źródło informacji.

2.2.2.1 Prof. Andrzej Tomaszewski

Jednym z głównych popularyzatorów konserwacji przez dokumentowanie (ang. *conservation through documentation*) był prof. Andrzej Tomaszewski. Poniżej przytoczone zostały cytaty, które trafnie ujmują rolę dokumentacji w kontekście obiektów, które mogą przestać istnieć:

„Dokumentacja jest integralnym (zarówno wyjściowym, jak i końcowym) składnikiem każdego postępowania konserwatorskiego. Bez niej proces ten jest działalnością niszczycielską i przez to karygodną. Dokumentacja występuje

¹⁰⁰ M. Bryk, *Dziedzictwo kulturowe warszawskiej dzielnicy Białoleśka: problemy ochrony, prezentacji i popularyzacji*, „MAZOWSZE Studia Regionalne” t. 7 (2011), s. 88.

¹⁰¹ A. Tomaszewski, *Rola dziedzictwa kulturowego dla współczesnej cywilizacji. Przestrzeń dziedzictwa*, „Rocznik Geomatyki” t. 5 nr 8 (2007).

¹⁰² *Terminology to characterize the conservation of tangible cultural heritage*, [w:] 15th Triennial Conference in New Delhi, 2008.

jednak również jako samodzielny element postępowania konserwatorskiego: wtedy mianowicie, gdy określonego zabytku z przyczyn obiektywnych nie da się zachować w jego materialnej formie. Dochodzi wówczas do głosu „konserwacja poprzez dokumentację” – naukowy zapis formy przestrzennej zabytku, w celu ocalenia go w świadomości naukowej i poprzez nią w pamięci społecznej. Dokumentacja stanowi również podstawową metodę konserwacji zapobiegawczej (preventive conservation), jest naukowym zapisem zabytku lub dzieła sztuki dawnej na wypadek ich utraty w wyniku kataklizmu. (...) W końcu dokumentacja jest podstawą upowszechniania w społeczeństwie wiedzy o dziedzictwie kultury własnego kraju i o dziedzictwie ludzkości oraz budzenia wrażliwości i poczucia odpowiedzialności. Jakże niewielką część dóbr kultury możemy poznać, docierając do nich bezpośrednio. Ale przychodzą one do nas z daleka w zapisie graficznym w publikacjach i w wirtualnej rzeczywistości na monitorach. Poznając i przeżywając je w ten sposób, nie pamiętamy, że za każdym wizualnym przekazem stoi dokumentacja. Im będzie ona doskonalsza i powszechniejsza i im większy pożytek edukacyjny potrafimy z niej uzyskać, tym większa będzie rola dziedzictwa kultury we współczesnej cywilizacji.”¹⁰³

„Obowiązkiem państwa jest zapewnić należytą dokumentację dóbr kultury, polegającą nie tylko na gromadzeniu i systematyzowaniu już istniejącej, lecz na wykonywaniu nowoczesnymi metodami i przez wykwalifikowanych specjalistów dokumentacji nowej, niezbędnej zwłaszcza tam, gdzie nie możemy uniknąć utraty lub przekształcenia zabytku.”¹⁰⁴

„Ale w żadnej epoce nie powstawały dzieła architektury i sztuki tak trudne, czy wręcz niemożliwe do konserwacji, jak w naszym stuleciu. Nie zdajemy sobie jeszcze sprawy z tego, co czeka naszych następców. Również wielkie jak nigdy dotąd są rozmiary zagrożeń i tempo niszczenia dóbr kultury. Jasno zdać trzeba sobie sprawę z faktu, że nie wszystkie zachować można w ich materialnej postaci. Konieczna jest mądra selekcja, ażeby za wszelką cenę ocalić to, co najcenniejsze.

Ale trzeba i można zachować prawie wszystkie z nich w świadomości naukowej, a poprzez nią w pamięci społecznej — a to dzięki dokumentacji.

¹⁰³ A. Tomaszewski, *Rola dziedzictwa kulturowego dla współczesnej cywilizacji. Przestrzeń dziedzictwa...*

¹⁰⁴ A. Tomaszewski, *Polityka ochrony dóbr kultury w Polsce*, „Ochrona Zabytków” t. 48 nr 3–4 (1995).

Rozwój technik dokumentacji i twarde wymaganie obowiązku dokumentowania każdego dzieła architektury i sztuki, którego zniszczeniu lub przekształceniu nie jesteśmy w stanie zapobiec, wydaje się obecnie zadaniem najważniejszym i najpilniejszym. Obok konserwacji zapobiegawczej i zintegrowanej o przyszłości naszej dyscypliny decydować będzie konserwacja przez dokumentację.”¹⁰⁵

W publikacjach naukowych prof. Andrzeja Tomaszewskiego był podkreślany także problem wykonywania dokumentacji głównie w celach praktycznych, związanych z przeprowadzaniem przebudów, adaptacji i innych prac. Nie wykonywano inwentaryzacji obiektów zagrożonych destrukcją w celach czysto naukowych:

„(...) Zabytki najbardziej potrzebujące dokumentacji, zwłaszcza te, popadające w ruinę bez realnej szansy na ratunek, nie mają również szansy na zapis ich formy w celach naukowych. Znikają z krajobrazu kulturowego i z pamięci.”¹⁰⁶

2.2.2.2 Dokumentowanie obiektów zabytkowych – działania ogólnie w Polsce

W niniejszym rozdziale omówione zostały działania związane z dokumentowaniem obiektów zabytkowych i gromadzeniem dokumentacji, które są prowadzone przez krajowe jednostki. Dokumentacja jest prowadzona także na zlecenie właścicieli budynków i przechowywana w archiwach krajowych i zagranicznych. Działania ogólnie dają większą gwarancję ciągłości i bezpieczeństwa zbiorów w długiej perspektywie czasowej.

Pierwszą instytucją odpowiedzialną za tworzenie dokumentacji zabytków nieruchomych był powołany w 1962 r. Ośrodek Dokumentacji Zabytków (ODZ), którego zadaniem było „*prowadzenie stale aktualizowanej i uzupełnianej ewidencji dóbr kultury w Polsce*”¹⁰⁷. Następnie zadania ODZ po połączeniu z Ośrodkiem Ochrony Zabytkowego Krajobrazu w 2002 r. przejął Krajowy Ośrodek Badań i Dokumentacji Zabytków (KOBiDZ). W 2007 r. po połączeniu KOBiDZ z Ośrodkiem Ochrony Dziedzictwa Archeologicznego powstał Krajowy Ośrodek Badań i Dokumentacji Zabytków, który w 2011 r. otrzymał obecną nazwę: Narodowy Instytut Dziedzictwa (NID)¹⁰⁸. Do zadań Instytutu należy m.in. monitorowanie stanu zachowania i ocena wartości zasobu dziedzictwa, archiwizowanie zbiorów dokumentów

¹⁰⁵ A. Tomaszewski, *Na przełomie tysiącleci: międzynarodowa sytuacja konserwacji zabytków...*

¹⁰⁶ A. Tomaszewski, *Rola dziedzictwa kulturowego dla współczesnej cywilizacji. Przestrzeń dziedzictwa...*

¹⁰⁷ R.M. Kunkel, *Ośrodek Dokumentacji Zabytków - instytucja ochrony dziedzictwa narodowego*, „Ochrona Zabytków” t. 55 nr 1 (2002).

¹⁰⁸ J. Szałygin, *Rejestr i ewidencja zabytków nieruchomych oraz ruchomych w działaniach Narodowego Instytutu Dziedzictwa...*

związanych z ochroną zabytków oraz ich digitalizacja i upowszechnianie, gromadzenie dokumentacji Krajowej Ewidencji Zabytków oraz monitorowanie i analizowanie zagrożeń dla dziedzictwa i wypracowanie metod przeciwdziałania tym zagrożeniom¹⁰⁹.

Nr	A	B	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M	O	P	R	S	T	U	V	W	X	Z
1. Obiekt zabytkowy <i>Stara Karczma</i>													2. Miejscowość <i>Borowe</i>									
3. Wiek <i>XVIII</i>		4. Styl <i>Klasycyzm</i>		5. Kątatura m ² <i>2.300</i>		6. Powierzchnia w m ² a) zabudowa <i>2.300</i> b) użytkowa		20. Przynależność administracyjna a) województwo <i>Woj. śląskie</i> b) powiat <i>Grójce</i> c) gmina <i>Borowe</i>														
7. Materiał budowlany		przed zniszczeniem		po odbudowie		11. Ilość budynków <i>1</i>		14. Grunty należące do zabytku		ha		21. Stacja nazwa stacji odległość od stacji w km a) kolejowa <i>Grójce</i> <i>4</i> b) autobusowa										
a) ściany		<i>cegła</i>				12. Ilość kondygnacji <i>1</i>		a) ogrody stylowe		-												
b) sklepienia		<i>-</i>				13. Użytkowanie wnętrza według ilości:		b) sady i grunty uprawne		-												
c) stropy		<i>drewno</i>				a) izb mieszkalnych <i>5</i>		c) lasy		-												
d) więzania dachu		<i>drewno</i>				b) innych pomieszczeń <i>1</i>		d) wody		-												
e) krycie dachu		<i>papa</i>				c) piwnic <i>1</i>		e) inne		-												
8. Wyposażenie architektoniczne <i>4 kalumny</i>						15. Przeznaczenie pierwotne budynku <i>mieszkalne</i>						23. Użytkownik i jego adres <i>J. W.</i>										
						16. Użytkowanie w latach ubiegłych <i>J. W.</i>						24. Inwestor i jego adres:										
						17. Użytkowanie obecne <i>J. W.</i>																
						18. Nadaje się do użycia na: <i>J. W.</i>																
9. Autorzy i data budowy i przebudowy <i>Zbudowana zapewne w końcu w. XVIII.</i>						19. Data rodzaj i stopień zniszczenia i odbudowy						25. Rejestr zabytku nr rok _____ miejsce przechowywania <i>Grójce 1955</i>										
						Data _____ O P I S						26. Nazwa księgi hipotecznej										
						VIII 1939 r.						27. Numer hipoteczny										
						XI 1939 r. <i>Spalony dach</i>						28. Akta										
						XII 1945 r.						29. Fotografie <i>P. D. S.</i>										
10. Udostępnienie <i>odbiornik</i>												30. Inwentaryzacja pomiarowa										

Rysunek 5 Karta zielona nieistniejącej karczmy w miejscowości Borowe, gmina Mogielnica, powiat grójceki, 1955 r., autor: Kaczmarczyk.

Ewidencja jest zbiorem wykonanych kart ewidencyjnych i jest traktowana jako forma ochrony. W ramach działań ewidencyjnych, w 1958 r. powstała karta zielona (Rysunek 5), która ujednoliciła formę zapisu. Miała 37 rubryk, w których uwzględniano podstawowe parametry obiektu, w tym informację o inwentaryzacji pomiarowej, fotografii i schematyczny plan. Taka forma zapisu była używana do końca lat 60. XX w. a sporadycznie 10 lat dłużej. Jest to materiał niezwykle istotny także dlatego, że uwzględnia obiekty dziś nieistniejące¹¹⁰.

W 1975 r. został opracowany nowy wzór karty ewidencyjnej zabytków architektury i budownictwa – karta biała (Rysunek 6). Jest to forma, która po niewielkich zmianach obowiązuje do teraz. Względem karty zielonej zawarte w niej dane są obszerniejsze. Oprócz

¹⁰⁹ Dz.Urz.MKiDN.2010.6.58.

¹¹⁰ J. Szałygin, *Rejestr i ewidencja zabytków nieruchomych oraz ruchomych w działaniach Narodowego Instytutu Dziedzictwa...*

OSRODEK DOKUMENTACJI ZABYTEKOW W WARSZAWIE KARTA KWIDENCYJNA ZABYTEKOW ARCHITECTURY I BUDOWNICTWA		A B C D E F G H I J K L M N O P R S T U V W X Y Z																										N W I E L K O P O L S K I E	
1. Obiekt 1508/1 D W O R OB. DOM NR 1.		2. Czas powstania Zbo. XIX w.		3. Miejscowość TARCHAŁY WLK.																									
11. Zdjęcia, rzuty, przekroje, sytuacja, orientacja		4. Adres Tarchały Wlk. nr 1 ul. Bpociżny																											
																													
		5. Przynależność administracyjna województwo <u>kaliskie</u> powiat <u>Opatowski</u> gmina <u>Dolanów</u>																											
		6. Poprzednie nazwy miejscowości																											
		7. Przynależność administracyjna z VI 1973 województwo <u>podkarpackie</u> powiat <u>Stróż Wlk.</u>																											
		8. Właściciel i jego adres Państwowe Gospodarstwo Rolne - Sośnie Zakład Rolny - Tarchały																											
		9. Użytkownik i jego adres I-4.																											
		10. Rejestr zabytków Nr _____ data _____																											

Rysunek 6 Karta biała dworu w miejscowości Tarchały Wielki, 1993 r., autor: B. Matusiak.

bardziej rozbudowanych informacji opisowych, historycznych i konserwatorskich zawierają także plany sytuacyjne, więcej dokumentacji fotograficznej i rzuty¹¹¹. Karta może być rozbudowywana przez załączniki. Oprócz wspomnianych kart, funkcjonują także karty adresowe zawierające podstawowe informacje o obiekcie oraz często zdjęcie obiektu.

NID prowadzi także bazy danych, w których uwzględniona jest informacja m.in. o inwentaryzacjach w zbiorach własnych jednostki, w zasobach Wojewódzkich Konserwatorów Zabytków i delegatur.

W kontekście obiektów nieistniejących, w przypadkach, gdy jedyny dostępny materiał to karta ewidencyjna, informacje te mogą nie być wystarczające do prowadzenia rozbudowanych badań naukowych w szerokim zakresie. Brak jest informacji „o wartościach i ich materialnych nośnikach”¹¹², wyglądzie elewacji (zdjęcia mogą nie pokazywać obiektu ze wszystkich stron), przekroju i związanych z tym danymi dotyczącymi wysokości, grubości przegród. Informacje o wyglądzie wnętrza, kolorystyce (zdjęcia w kartach ze względu na rozwiązania technologiczne dostępne w czasie ich sporządzania często są czarno-białe) są szczątkowe lub jest ich całkowity

¹¹¹ Dz. U. 2011 Nr 113 poz. 661.

¹¹² C. Głuszek, *Dziedzictwo architektoniczne. Wartościowanie w procesie projektowym...*, s. 37.

brak. Biorąc pod uwagę, że karta ewidencyjna jest całością zapisu obiektów nieistniejących jaki zostanie przekazany przyszłym pokoleniom, informacje w niej zawarte nie są wystarczające do budowania pełnej świadomości naukowej i pamięci społecznej.

2.2.2.3 Cele i wyzwania

Jako główne cele konserwacji przez dokumentowanie można wskazać:

1. Zapewnienie dokumentacji w nagłych sytuacjach zagrożenia budynku, np. działania wojenne¹¹³, pożary, kataklizmy.
2. Udostępnienie dokumentacji przyszłym pokoleniom w celach m.in. badawczych, także gdy obiekt nie będzie istniał.
3. Stworzenie dokumentacji dla odbudowy obiektu.

W kontekście pierwszego punktu skanowanie laserowe zostało zastosowane dla obiektów w Ukrainie po inwazji Rosji dokonanej dnia 24.02.2022 r. Skalę międzynarodowych wysiłków będzie można zapewne ocenić w dalszej perspektywie czasu. Są obiekty, dla których skan przeprowadzono po zniszczeniu i są jego udokumentowaniem. Powstały także oddolne inicjatywy takie jak „Backup Ukraine”, którą zorganizowały m.in. Polycam, Blue Shield Denmark i UNESCO Danish National Commission¹¹⁴. Dzięki użyciu aplikacji instalowanej na telefonach komórkowych wykorzystując fotogrametrię i skanowanie laserowe (dostępne dla wybranych modeli iPhone) możliwe jest stworzenie modeli 3D. Dane są następnie przechowywane w chmurze i udostępniane na stronie internetowej.

Przykładem trzeciego zastosowania może być to, że na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej w Zakładzie Architektury Polskiej po I wojnie światowej powstał ogólnokrajowy program inwentaryzowania zabytków. Jego celem była publikacja „*Dzieje budownictwa w Polsce*”. Działania zostały przerwane przez II wojnę światową, ale zgromadzona dokumentacja pomiarowa była wykorzystywana podczas odbudowy obiektów architektonicznych¹¹⁵.

Spełnienie wymienionych celów stawia szereg wyzwań, których rozwiązanie wymaga zaangażowania specjalistów różnych dziedzin. Ich przykłady przedstawiono poniżej:

1. Kompatybilność formatu danych – wraz z rozwojem technologicznym i digitalizacją zasobów powstają pliki w różnych formatach. Obserwując zmiany jakie zaszły w ostatnich dziesięcioleciach, otwarcie plików stworzonych 37 lat wcześniej może być

¹¹³ R.M. Kunkel, *Ośrodek Dokumentacji Zabytków - instytucja ochrony dziedzictwa narodowego...*

¹¹⁴ Backup Ukraine [na:] <https://poly.cam/ukraine>, udostępniono 21 września 2022 r.

¹¹⁵ A. Tomaszewski, *Rola dziedzictwa kulturowego dla współczesnej cywilizacji. Przestrzeń dziedzictwa...*

utrudnione¹¹⁶ lub niemożliwe. Rozważając horyzont dziesiątek i setek lat, zapewnienie możliwości ich otwarcia i edycji powinno być priorytetem w rozważaniach co do formy zapisu. Rozwiązania te powinny stać się częścią procesów standaryzacji związanych z przechowywaniem danych.

2. Zagrożenie zniszczeniem / skasowaniem danych – w przypadku papierowej formy dokumentacji istnieje zagrożenie jej fizycznego zniszczenia, np. przez pożar, ale także zaginięcie przy przenoszeniu¹¹⁷ lub zalanie. Taka forma wymaga także zapewnienia fizycznej przestrzeni przechowywania. Dla danych cyfrowych konieczne jest zapewnienie i utrzymanie infrastruktury cyfrowej. Oba przypadki wymagają zachowania kopii bezpieczeństwa. Należy zwrócić uwagę, na możliwość stosowania jednocześnie obu rozwiązań. Przykładem mogą być działania NID związane z digitalizacją zbiorów. Karty ewidencyjne są dostępne zarówno w formie papierowej jak i na ogólnodostępnym portalu internetowym zabytek.pl, gdzie są udostępnione pliki w formacie .pdf. Mogą one być ściągane przez użytkowników, co także jest formą ich rozproszonego zabezpieczenia.
3. Forma danych, spełniająca zapotrzebowanie wielu stron¹¹⁸ – z dokumentacji korzystają przedstawiciele różnych dyscyplin w tym architektury, archeologii, konserwacji. Dokumentacja ma też przyczyniać się do popularyzacji dziedzictwa. Forma zapisu danych powinna dawać możliwość korzystania wszystkim zainteresowanym stronom.
4. Sposób zapisu umożliwiający rozbudowywanie – konieczne jest przewidzenie możliwości dodawania i rozbudowywania informacji. Pozwoli to na uzupełnienie źródeł danych, które mogą zostać odkryte, także gdy obiekt nie będzie istnieć. Zapewni to tworzenie międzypokoleniowego, całościowego zbioru wiedzy.

Wnioski:

1. Z postulatów prof. Andrzeja Tomaszewskiego wynika konieczność prowadzenia konserwacji przez dokumentowanie ze szczególnym uwzględnieniem obiektów zagrożonych. Dokumentacja obiektów nieistniejących może budować świadomość naukową i pamięć społeczną. Dokumentacja powinna być wykonywana nowoczesnymi metodami.

¹¹⁶ P. Reilly, S. Todd, A. Walter, *Rediscovering and modernising the digital Old Minster of Winchester*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 3 (2016), DOI: 10.1016/j.daach.2016.04.001.

¹¹⁷ J. Szałygin, *Rejestr i ewidencja zabytków nieruchomych oraz ruchomych w działaniach Narodowego Instytutu Dziedzictwa...*

¹¹⁸ E. Mandelli, *Konserwacja przez dokumentację – jakie dokumenty?*, „Czasopismo Techniczne” t. 7-A (2015).

2. W ramach przewidzianych ustawowo struktur w których kompetencji leży opieka nad zabytkami jest m.in. NID, który zajmuje się opracowywaniem, gromadzeniem i popularyzacją dziedzictwa.
3. Bazy danych zgromadzone przez NID mają możliwość weryfikacji tego jaka jest dostępna dokumentacja o obiekcie.
4. Badania i poznanie przez przyszłe pokolenia obiektów nieistniejących, dla których jedynym źródłem informacji jest karta ewidencyjna, będzie ograniczone lub niemożliwe. Ogranicza to podstawowe założenia konserwacji przez dokumentowanie.
5. Nie trafiono na źródła traktujące o skoordynowanym, ogólnym działaniu mającym na celu inwentaryzację obiektów zabytkowych zagrożonych utratą wartości zabytkowych.
6. Konserwacja przez dokumentowanie wymaga współpracy wielu dyscyplin w celu zapewnienia dostępności i bezpieczeństwa danych.

2.2.3 Dokumentacyjny triaż dla zabytkowych obiektów zagrożonych

Działania związane z konserwacją przez dokumentowanie obiektów zabytkowych powinny być odpowiednio ukierunkowane. Zakładając jako priorytet zabezpieczenie informacji dla przyszłych pokoleń, pierwszeństwo powinny mieć obiekty zagrożone utratą wartości zabytkowych¹¹⁹. W celu określenia pilności przeprowadzenia dokumentowania można oprzeć się na medycznej procedurze triaż (segregacja medyczna), która jest związana z medycyną katastrof. Jest ona stosowana w sytuacjach katastrof, zdarzeń masowych, gdzie duża liczba poszkodowanych uniemożliwia pracę w normalnym trybie, konieczne jest zastosowanie kompromisów i zakłada się, że nie wszystkich poszkodowanych uda się uratować. Jest wtedy zbyt wielu pacjentów w ciężkim stanie i zbyt mało personelu medycznego, żeby realnie było udzielenie pomocy wszystkim w krótkim czasie¹²⁰.

Z góry przyjmuje się, że sytuacja przerasta wydajność systemu¹²¹. W ciągu 30 s medyk ma za zadanie ocenę stanu pacjenta¹²² i przyporządkowanie go w widoczny sposób do jednej z kategorii, którym są nadawane oznaczenia kolorystyczne.

¹¹⁹ W strukturze działań należy wziąć pod uwagę także sytuacje nagłe, jak np. wystąpienie zagrożenia zalaniem na danym obszarze, w których to należałoby reagować bezzwłocznie.

¹²⁰ Y. Światała, *Polski SOR*, Mando 2022.

¹²¹ Ibid.

¹²² K. Parszywka, *Rola i zadania ratownika medycznego w segregacji medycznej w Polsce*, Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego Wydział Zdrowia i Nauk Medycznych Ratownictwo, 2018 r.

Podobieństwo pomiędzy procedurą medyczną a działaniami związanymi z konserwacją przez dokumentowanie jest w zakresie tego, że ze względu na ograniczone zasoby czasu i środków finansowych nie jest możliwe wykonanie dokumentacji wszystkich obiektów zabytkowych w krótkim czasie. Istnieją, np. obiekty, dla których nie jest już zasadne wykonywanie dokumentacji, ponieważ utraciły wartości zabytkowe (odpowiednik pacjentów nie do uratowania). Jest też grupa, w której wartości zabytkowe zostały zachowane, ale są zagrożone, co uzasadnia pilne podjęcie działań. Liczba osób, która mogłaby dokumentację wykonywać jest ograniczona, a liczba obiektów potrzebujących pilnego wykonania dokumentacji duża.

Kategorie w systemie START będącą procedurą segregacji medycznej są określone jak poniżej:

„Czerwony – **pomoc priorytetowa**; ewakuacja, pomoc medyczna i transport w pierwszej kolejności. (...)

Żółty – **pomoc pilna**; pacjenci, którzy odnieśli obrażenia i wymagają pomocy medycznej, jednak opóźnienie w jej wdrożeniu nie zagraża ich życiu. (...)

Zielony – **pomoc odroczone**; są to pacjenci, którzy przeżyją, niezależnie od rodzaju udzielonej pomocy.

Czarny – **najniższy priorytet**; pacjenci prawdopodobnie nie do uratowania w danej sytuacji. (...)”¹²³

W celu określenia, które obiekty wymagają pilnego wykonania dokumentacji można zastosować analogiczną kategoryzację. W trakcie lustracji opisanej w „Raporcie o stanie zabytków nieruchomych w Polsce”¹²⁴ obiekty przyporządkowano do następujących grup kategoryzacyjnych:

1. „nieistniejące (rozebrane, spalone, zburzone, których zarówno historyczne istnienie, jak i obecne nieistnienie nie budzi wątpliwości),
2. które utraciły wartości zabytkowe (w wyniku daleko posuniętej dezintegracji substancji zabytkowej lub niszczącej przebudowy utraciły wartości, dla zachowania których zostały wpisane do rejestru zabytków; do grupy tej kwalifikowane są również obiekty o wątpliwej zasadności wpisu, co do których zachodzi podejrzenie, że w chwili objęcia ochroną takiej wartości nie posiadały),

¹²³ Triage [na:] <https://triage.pl/zasady-segregacji-poszkodowanych-w-wypadku-masowym>, udostępniono 20 września 2022 r.

¹²⁴ J. Brudnicki i in., *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*...

3. *zagrożone, które jednak nie utraciły jeszcze wartości zabytkowych (zachowały wartości zabytkowe, dla których wpisano je do rejestru zabytków, lecz ich dalsze trwanie jest zagrożone z jakichkolwiek przyczyn),*
4. *przeniesione do skansenów (pozostają w rejestrze zabytków mimo fizycznego przeniesienia ich do skansenów i wpisania do inwentarza muzealnego),*
5. *translokowane (przeniesione w inne miejsce po dacie wpisania ich do rejestru zabytków),*
6. *niezidentyfikowane w terenie (wskazanie ich w terenie na podstawie danych i opisów zawartych w decyzji o wpisie do rejestru jest niemożliwe). ”¹²⁵*
7. *obiekty proponowane do wpisu do rejestru zabytków*

Dodatkowo poza kategoriami znalazły się:

8. *obiekty niezagrożone zniszczeniem i utratą wartości zabytkowych.*

Na szczególną uwagę zasługują także obiekty ujęte w rejestrze, a nie posiadające dokumentacji w postaci karty ewidencyjnej¹²⁶, stąd także uwzględniono je w rozważaniach.

Bazując na danych powyżej opracowano tabelę możliwego zastosowania triażu w kontekście nadania odpowiednich priorytetów w kolejności wykonywania prac (Tabela 4).

Tabela 4 Propozycja zastosowania schematu opartego na triaż, w kontekście nadania priorytetów w działaniach związanych z konserwacją przez dokumentowanie.

Kategoria triaż	Opis	Kategorie stanu obiektu w oparciu o „Raport (...)”
Czerwony	działanie priorytetowe; wykonanie dokumentacji w pierwszej kolejności.	obiekty zagrożone, które jednak nie utraciły wartości zabytkowych
Żółty	działanie pilne; wykonanie dokumentacji pilne, jednak stan obiektu wskazuje, że	obiekty proponowane do wpisu do rejestru zabytków,

¹²⁵ Ibid., s. 50.

¹²⁶ J. Szałygin, *Rejestr i ewidencja zabytków nieruchomych oraz ruchomych w działaniach Narodowego Instytutu Dziedzictwa...*

	opóźnienie nie sprawi, że uzupełnienie dokumentacji będzie niemożliwe	obiekty ujęte w rejestrze, a nie posiadające karty ewidencyjnej
Zielony	działanie odroczone; obiekty, których stan nie wskazuje na zagrożenie	obiekty niezagrożone zniszczeniem i utratą wartości zabytkowych, obiekty zakwalifikowane do grupy czerwonej i żółtej posiadające dokumentację w wymaganym standardzie
Czarny	najniższy priorytet; obiekty, które utraciły wartości zabytkowe	obiekty, które utraciły wartości zabytkowe

W powyższej tabeli pominięto kategorie, które były uwzględnione w „*Raporcie...*”¹²⁷:

1. nieistniejące – ze względu na brak możliwości wykonania dokumentacji,
2. przeniesione do skansenów – formalnie powinny być wykreślone z rejestru zabytków,
3. translokowane – kategoria dotyczy głównie obiektów przeniesionych do muzeów, ale nie wpisanych do inwentarza. Translokowanie nie świadczy o stanie obiektu,
4. niezidentyfikowane w terenie – ze względu na brak możliwości wykonania dokumentacji.

Każdorazowo należałoby zweryfikować jaka dokumentacja obiektu jest w posiadaniu WKZ, NID oraz innych jednostek odpowiedzialnych w tym zakresie, zgodnie z bazą danych omówioną we wcześniejszym rozdziale. Jeśli obiekt posiada dokumentację w postaci chmury punktów, która spełnia wymogi standaryzacji, która miałaby zostać wprowadzona, nie ma konieczności ponowienia dokumentacji.

Obiektywna ocena stanu obiektu wymaga także standaryzacji na wzór, np. „*Uniwersalnej karty oceny stanu technicznego obiektów tradycyjnych i zabytkowych*”¹²⁸ oraz opracowania dr. hab. inż. arch. Cezary Głuszek, prof. PW, w którym przedstawiono uwzględnienie wartości szczególnych, historycznych, naukowych, artystycznych / architektonicznych, stopnia zachowania i czynników pozakonserwatorskich takich jak, m.in. struktura własności,

¹²⁷ J. Brudnicki i in., *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*...

¹²⁸ B. Szmygin i in., *Uniwersalna karta oceny stanu technicznego obiektów tradycyjnych i zabytkowych*, Lublin 2018.

użytkowanie obiektu ¹²⁹. Ocena powinna zawierać także kontekst zagrożenia wartości zabytkowych, które zdecydowały o ujęciu zabytku w rejestrze. Karta byłaby odpowiednikiem medycznej karty triaż.

Weryfikacja stanu obiektów jest wieloletnim, pracochłonnym procesem. Obiekty zagrożone, ze względu na ich stan, mogą nie doczekać ponownych działań związanych z lustracją zbioru. W związku z tym uzasadnionym wydaje się być zastosowanie propozycji oparcia kolejności działań o już zgromadzone dane (Tabela 4).

Wnioski:

1. Zastosowanie schematu opartego o triaż, z wykorzystaniem odpowiedniej kategoryzacji, może przyczynić się do nadania odpowiednich priorytetów w kolejności prac związanych z konserwacją przez dokumentowanie.

2.2.4 Stan legislacyjny obejmujący zagadnienie wykonywania dokumentacji obiektów zabytkowych w Polsce

Zgodnie z „Ustawą z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami” ¹³⁰ wg art. 3 wykonywanie dokumentacji może zostać zaliczone do prac konserwatorskich (pkt 6),

“działania mające na celu zabezpieczenie i utrwalenie substancji zabytku, zahamowanie procesów jego destrukcji oraz dokumentowanie tych działań”

badań konserwatorskich (pkt 9),

“działania mające na celu rozpoznanie historii i funkcji zabytku, ustalenie użytych do jego wykonania materiałów i zastosowanych technologii, określenie stanu zachowania tego zabytku oraz opracowanie diagnozy, projektu i programu prac konserwatorskich, a jeżeli istnieje taka potrzeba, również programu prac restauratorskich”

badań architektonicznych (pkt 10),

“działania ingerujące w substancję zabytku, mające na celu rozpoznanie i udokumentowanie pierwotnej formy obiektu budowlanego oraz ustalenie zakresu jego kolejnych przekształceń”

badań archeologicznych (pkt 11),

¹²⁹ C. Głuszek, *Dziedzictwo architektoniczne. Wartościowanie w procesie projektowym...*, s. 28.

¹³⁰ Dz. U. 2003 Nr 162 poz. 1568.

"działania mające na celu odkrycie, rozpoznanie, udokumentowanie i zabezpieczenie zabytku archeologicznego".

Zgodnie z art. 5 pkt. 1 zapewnienie warunków dokumentowania zabytku jest częścią opieki jaką sprawuje nad zabytkiem właściciel.

Dla obiektu wpisanego do rejestru na mocy art. 36 wymaga pozwolenia Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków, prowadzenie badań konserwatorskich, architektonicznych, a także robót budowlanych. Zgoda na działania związane ze zmianą przeznaczenia, a także mogące naruszyć lub zmienić wygląd zabytku, mogą być uzależnione od wykonania badań konserwatorskich, architektonicznych lub archeologicznych.

W art. 49.1. stwierdzono, że Wojewódzki Konserwator Zabytków może ze względu na zagrożenie zniszczeniem wydać decyzję nakazującą właścicielowi przeprowadzenie prac konserwatorskich lub robót budowlanych, a co za tym idzie nakazać wykonać dokumentację.

Wykonanie dokumentacji na podstawie §6.2 w „Rozporządzeniu Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego z dnia 6 września 2000 r. w sprawie prowadzenia rejestru zabytków i centralnej ewidencji dóbr kultury”¹³¹ w postaci m.in. inwentaryzacji może być także po stronie jednostek odpowiedzialnych za zbiory dokumentów zabytków.

Wnioski:

1. Ustawodawca przewidział możliwość nakazania właścicielowi wykonania prac konserwatorskich, a co za tym idzie dokumentacji.
2. Na mocy obowiązujących przepisów dokumentowanie i prowadzenie badań są związane z wykonywaniem różnego rodzaju prac budowlanych, badań konserwatorskich i architektonicznych. Brak jest podobnych nakazów dla obiektów zagrożonych, w których nie są planowane tego rodzaju prace.
3. Wykonanie dokumentacji obiektu zabytkowego, może leżeć po stronie jednostek odpowiedzialnych za zbiory dokumentacji tego rodzaju.

2.2.5 Wykreślenie z Rejestru Zabytków a dostępność dokumentacji

Na podstawie „Ustawy z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami”¹³² art.13 i art. 14. zabytek może zostać wykreślony z rejestru:

„Art.13.1 Zabytek wpisany do rejestru, który uległ zniszczeniu w stopniu powodującym utratę jego wartości historycznej, artystycznej lub naukowej albo

¹³¹ Dz.U. 2000 nr 86 poz. 965.

¹³² Dz. U. 2003 Nr 162 poz. 1568.

którego wartość będąca podstawą wydania decyzji o wpisie do rejestru nie została potwierdzona w nowych ustaleniach naukowych, zostaje skreślony z rejestru.”

Skreślenie całości lub części zabytku odbywa się także w przypadku wpisu obiektu do inwentarza muzeum, Listy Skarbów Dziedzictwa lub w skład zasobu bibliotecznego¹³³. Samo zniszczenie nie jest wystarczającą przesłanką, ponieważ musi zajść także utrata wartości zabytkowych (historycznej, artystycznej lub naukowej)¹³⁴.

Decyzja o skreśleniu zabytku jest podstawą do otrzymania pozwolenia na rozbiórkę (art. 39 ust. 2 „Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane”¹³⁵). Postępowanie może być wszczęte z urzędu lub w wyniku wniosku właściciela zabytku/użytkownika wieczystego gruntu.

Liczba decyzji wydanych w postępowaniach dotyczących skreśleń z rejestru w latach 1954-2016 waha się od ok. 1 do ponad 160, a od 1995 r. do 2015 r. jest w przedziale od ok. 38 do ponad 160, gdzie największa wartość przypada na 2005 r.¹³⁶.

Liczba obiektów skreślonych z rejestru w latach 1954-2016 waha się od ok. 1 do ponad 200, a od 1995 r. do 2015 r. jest w przedziale od ok. 40 do ponad 200, gdzie największa wartość przypada na 2005 r.¹³⁷

Rozpatrując łączną liczbę decyzji administracyjnych dotyczących skreśleń z rejestru zabytków w latach 2005-2016 największe wartości były dla województwa wielkopolskiego (149), mazowieckiego (123) i małopolskiego (97)¹³⁸.

Przyjmując jako kryterium funkcję pierwotną, najwięcej wykreślonych obiektów zakwalifikowano jako mieszkalne (30,6%) głównie drewniane, w małych miejscowościach i na wsiach¹³⁹, folwarczne (16,0%) i gospodarcze (11,2%)¹⁴⁰.

Zgodnie z informacjami pozyskanymi mailowo od NID karty ewidencyjne dla obiektów nieistniejących i skreślonych z rejestru zabytków oraz karty wykreślone przez Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków z ewidencji zabytków pozostają w kartotece i są dostępne do wglądu.

¹³³ Skreślenie z rejestru zabytków - Portal wiedzy o zarządzaniu dziedzictwem w gminach [na:] https://samorząd.nid.pl/baza_wiedzy/skreslenie-z-rejestru-zabytkow/, udostępniono 12 września 2022 r.

¹³⁴ J. Brudnicki, *Skreślenie z rejestru zabytków – teoria i praktyka w Polsce ostatnich lat* Wprowadzenie, „Kurier Konserwatorski” nr 13 (2016).

¹³⁵ Dz. U. 1994 Nr 89 poz. 414.

¹³⁶ J. Brudnicki i in., *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)...*, s. 95.

¹³⁷ Ibid.

¹³⁸ Ibid., s. 96.

¹³⁹ Ibid.

¹⁴⁰ Ibid., s. 97.

W celu określenia dostępności informacji o obiektach zagrożonych podjęto próbę pozyskania kart ewidencyjnych i innych dostępnych materiałów dla 3 wykreślonych obiektów. Na portalu Mazowieckiego Wojewódzkiego Konserwatora zabytków znajduje się lista skreśleń na sierpień 2014¹⁴¹. Lista zawiera skreślenia z lat 1952-2014.

Na podstawie założeń:

1. Możliwie najstarsza data skreślenia.
2. Położenie w województwie mazowieckim z wyłączeniem m.st Warszawy – wcześniejsze i dalsze badania oraz analizy dotyczą tego obszaru, co umożliwia odniesienie do reszty badań.
3. Pozycja dotycząca dziedzictwa architektonicznego – rozprawa doktorska dotyczy obiektów architektonicznych, więc wyłączone zostały parki, cmentarze i inne.
4. Pozycja dotycząca całości obiektu – w przypadku zachowania części wpisu w rejestrze dotarcie do materiałów jest łatwiejsze ze względu na dostępność informacji.
5. Obiekt nie przeniesiony do skansenu – w takich przypadkach wykreślenie nie dotyczy faktu, że obiekt przestał istnieć.
6. Obiekt nie został zniszczony w pożarze lub innym zdarzeniu losowym – sytuacja nie wynika z zagrożenia utraty wartości zabytkowych.
7. Obiekt, który istniał – lista obejmuje pozycje, które zostały wykreślone ze względu na fakt, że nigdy nie istniały.
8. Obiekt, dla którego nie zaistniała sytuacja niepotwierdzenia wartości zabytkowych stanowiących o wpisie do rejestru zabytków.

Wytypowano 3 obiekty, których podstawowe dane przedstawiono poniżej (Tabela 5).

Tabela 5 Zestawienie podstawowych informacji o 3 obiektach wykreślonych z rejestru zabytków, dla których zbadano dostępność informacji.

Powiat	Gmina	Miejscowość	Obiekt	Numer i data wpisu	Data skreślenia	Uwagi
grójecki	Mogielnica	Borowe	karczma	238 z 17.11.1959	13.05.1965	nie istnieje

¹⁴¹ *Metody dokumentacji* [na:] <https://www.mwkwz.pl/rejestr-i-ewidencja-zabytkow>, udostępniono 12 września 2022 r.

nowodworski	Nowy Dwór Mazowiecki	Nowy Dwór Mazowiecki	kościół ewangelicki, 1 poł XIX w.	674 z 12.04.1962	02.10.1967	nie istnieje
grójecki	Mogielnica	Borowe	chałupa nr 58, dr. XIX w.	466 z 23.03.1962	12.03.1968	nie istnieje

Następnie sprawdzono dostępność materiałów źródłowych. W tym zakresie brano pod uwagę jedynie źródła, których utrzymanie i zabezpieczenie jest po stronie jednostek państwowych. Założono ich istnienie, dostępność oraz bezpieczeństwo jako najpewniejsze w długiej perspektywie czasu. Dokumentacja taka mogłaby być gromadzona także ze źródeł takich jak blogi, prywatne strony internetowe, albumy rodzinne i inne, jednak nie są to źródła, których utrzymanie i bezpieczeństwo jest pewne.

Każda pozycja została zweryfikowana:

1. na portalu zabytek.pl¹⁴² na którym dostępne są karty ewidencyjne,
2. w źródłach, których zabezpieczenie leży w gestii Biblioteki Narodowej,
3. w Narodowym Archiwum Cyfrowym.

Dodatkowo wysłano do NID zapytanie czy istnieją dodatkowe materiały związane z dokumentacją wybranych obiektów. Otrzymano informację, że w posiadaniu instytucji nie ma takowych.

W ramach badań stwierdzono, że dostępna jest poniższa dokumentacja i informacje:

1. Karczma, Borowe:
 - a. Portal zabytek.pl¹⁴³ karta zielona¹⁴⁴ z podstawowymi danymi o obiekcie, jednym czarno-białym rzutem i opisem rzutu. Z karty wynika, że obiekt zbudowany pod koniec XVIII w., pomimo dachu spalonego w 1939 r., w 1955 r. był zamieszkiwany. Budynek w stylu klasycystycznym, miał ściany ceglane, strop i konstrukcję dachu drewniane. Czarno-białe zdjęcie przedstawia ścianę frontową z podcieniem z czterema kolumnami i fragment ściany bocznej. Zgodnie z opisem rzut na planie prostokąta o układzie trzytraktowym.
 - b. Biblioteka Narodowa:

¹⁴² [Zabytek.pl](http://zabytek.pl).

¹⁴³ *Karczma w miejscowości Borowe* [na:] <https://zabytek.pl/pl/obiekty/karczma-782441>, udostępniono 13 września 2022 r.

¹⁴⁴ Kaczmarczyk, *Karta ewidencyjna karczmy w miejscowości Borowe*, 1955 r.

- i. Czasopismo „Spotkania z zabytkami”¹⁴⁵ jedno czarno-białe zdjęcie karczmy, stan z 1958 r. przedstawiające pozostałości prawdopodobnie frontu obiektu. Widoczne są ściany zewnętrzne obiektu, bez stolarki okiennej, drzwiowej i dachu. W artykule jest informacja o rozebraniu obiektu ok. 1958 r.
 - c. Narodowe Archiwum Cyfrowe brak źródeł znalezionych w ramach badań
2. Kościół ewangelicki, Nowy Dwór Mazowiecki:
- a. Portal zabytek.pl¹⁴⁶ karta zielona¹⁴⁷ z podstawowymi informacjami, 6 czarno-białymi zdjęciami zewnątrz, schematycznym rzutem parteru w skali 1:200. Z informacji zawartych w karcie wynika, że neogotycki obiekt zbudowany w XIX w. nie został zniszczony w trakcie wojny. W 1958 r. pojawiła się adnotacja o zaniedbaniu, która powtórzyła się w 1964 r.
 - b. Biblioteka Narodowa – pozycje książkowe Marii Kaucz zawierające informacje o kościele i jego wspólnocie^{148 149 150 151 152 153 154}, 7 czarno-białych zdjęć zewnątrz z czego 1 powtarza się w karcie ewidencyjnej i 3 czarno-białe zdjęcia wnętrza.
 - c. Narodowe Archiwum Cyfrowe brak źródeł znalezionych w ramach badań.
3. Chałupa nr 58, Borowe:
- a. Portal zabytek.pl¹⁵⁵ karta zielona¹⁵⁶ z podstawowymi informacjami, 2 czarno-białymi zdjęciami, schematycznym rzutem parteru w skali 1:200. Zgodnie z informacjami zawartymi w karcie ewidencyjnej, chałupa drewniana z I poł.

¹⁴⁵ T. Chrzanowski, *Karczmy i zajazdy*, „Spotkania z zabytkami” nr 1 (1979).

¹⁴⁶ *Kościół ewangelicki w Nowym Dworze Mazowieckim - Zabytek.pl* [na:] <https://zabytek.pl/pl/obiekty/kosciol-ewangelicki-897811>, udostępniono 13 września 2022 r.

¹⁴⁷ *Karta ewidencyjna kościoła ewangelickiego w Nowym Dworze Mazowieckim*, 1958 r.

¹⁴⁸ M. Kaucz, *Pastor Edmund Hermann Schultz (1851-1903)*, Warszawa 2021, ss. 79, 101.

¹⁴⁹ M. Kaucz, *Ewangelickie varia nowodworskie i... nie tylko*. [Vol.] 1, Warszawa 2017, ss. 20, 37.

¹⁵⁰ M. Kaucz, *Ewangelickie varia nowodworskie i... nie tylko*. [Vol.] 2, Warszawa 2018, s. 17.

¹⁵¹ M. Kaucz, *Pastor Oskar Ernst (1872-1922) : w kręgu ewangelików nowodworskich*, Warszawa 2014, ss. 34, 35, 53, 58.

¹⁵² M. Kaucz, *Zapomniany pastor : ks. Robert Nitschmann - ostatni przedwojenny proboszcz parafii nowodworskiej*, Warszawa 2013, ss. 38, 44, 81.

¹⁵³ M. Kaucz, *Ewangelickie varia nowodworskie i... nie tylko*. [Vol.] 3, Warszawa 2019, ss. 68, 82, 88, 89, 92, 93.

¹⁵⁴ M. Kaucz, *Była kiedyś parafia... : Parafia Ewangelicko-Augsburska w Nowym Dworze : przegląd materiałów z polskiej prasy konfesyjnej 1863-1939*, Warszawa 2015, ss. 50, 75–77, 79–80, 85, 111, 163, 171.

¹⁵⁵ *Chałupa nr 58 w miejscowości Borowe* [na:] [https://zabytek.pl/pl/obiekty/dom-\(chalupa\)-nr-58-782484](https://zabytek.pl/pl/obiekty/dom-(chalupa)-nr-58-782484), udostępniono 13 września 2022 r.

¹⁵⁶ J. Wiśniewski, *Karta ewidencyjna chałupy nr 58 w miejscowości Borowe*.

XIX w. o wysokości 2,2 m, z dachem naczółkowym krytym słomą. W 1967 r. stan opisano jako dobry.

- b. Biblioteka Narodowa brak źródeł znalezionych w ramach badań.
- c. Narodowe Archiwum Cyfrowe brak źródeł znalezionych w ramach badań.

Powyższy zakres informacji został podsumowany w tabeli (Tabela 6).

Tabela 6 Zestawienie dostępności informacji o wybranych 3 obiektach wykreślonych z rejestru zabytków, dla których zbadano dostępność informacji.

Obiekt	Zdjęcia zewnątrz	Zdjęcia wnętrza	Rzuty	Inne
Karczma, Borowe	2 zdjęcia czarno-białe	Brak	Brak	Opis
Kościół ewangelicki, Nowy Dwór Mazowiecki	12 zdjęć czarno-białych	3 zdjęcia czarno-białe	1 rzut schematyczny parteru w skali 1:200	Opis
Chałupa nr 58, Borowe	2 zdjęcia czarno-białe	Brak	1 rzut schematyczny parteru w skali 1:200	Opis

Powyższe informacje nie są wystarczające, żeby odpowiedzieć m.in. na pytania:

1. Karczma, Borowe:
 - a. Jak wyglądała tylna i boczna elewacja?
 - b. Jaki był rzut budynku i jakie miał wymiary?
 - c. Jaka była baza i głowica kolumny przy podcieniu na elewacji frontowej?
 - d. Jaki był detal stolarki okiennej i drzwiowej?
 - e. Jaka była konstrukcja więźby dachowej?
 - f. Jak wyglądały wnętrza obiektu?
2. Kościół ewangelicki, Nowy Dwór Mazowiecki:
 - a. Jak wyglądały elewacje budynku? Na zdjęciach nie ujęto prawdopodobnie jednej z nich.
 - b. Jak wyglądało wnętrze kościoła i jego wyposażenie?
 - c. Jaki był detal stolarki okiennej i drzwiowej?
 - d. Jak wygląda konstrukcja więźby dachowej?

3. Chałupa nr 58, Borowe:

- a. Jaka była wysokość budynku? Podana wysokość 2,2 m dotyczy prawdopodobnie wysokości parteru.
- b. Jaki był detal stolarki okiennej i drzwiowej?
- c. Jaka była konstrukcja więźby dachowej?
- d. Jak wyglądały wnętrza obiektu?

Powyższe pytania mogą być rozbudowywane i uzupełniane. Zostały one wymienione w celu przedstawienia zakresu, który dla tych obiektów pozostanie prawdopodobnie niedostępny dla przyszłych pokoleń.

Wnioski:

1. Dokumentacja nieistniejących obiektów wykreślonych z rejestru zabytków, w postaci kart zielonych w formacie .pdf, jest dostępna na stronie internetowej zabytek.pl prowadzonej przez NID. Jest to ważne, ogólnodostępne i czasem jedyne źródło informacji o tych obiektach.
2. Na przykładzie 3 obiektów nieistniejących, dokumentacja zawarta w kartach zielonych i innych materiałach źródłowych, nie była wystarczająca do odpowiedzenia na pytania związane z architekturą budynku, szczególnie w zakresie detalu, wykończenia wnętrz, informacji wysokościowych, konstrukcji więźby dachowej. Czerpiąc doświadczenie z tego faktu i w celu zapewnienia przyszłym pokoleniom większej ilości informacji, należałoby przed skreśleniem obiektu z rejestru zabytków wymagać wykonania inwentaryzacji o jak najszerszym zakresie informacji. Należy zwrócić też uwagę, że w czasie, gdy obiekty były wpisane i skreślone z rejestru zabytków, nie było tak rozwiniętych technologii pomiarowych jakie są dostępne obecnie.

2.2.6 Digitalizacja dziedzictwa

Ważnym aspektem w kontekście obiektów zagrożonych jest digitalizacja. To na niej opiera się możliwość badania obiektu także po jego całkowitej destrukcji. Digitalizacja jest procesem polegającym na przekształceniu obiektu fizycznego w jego cyfrowy odpowiednik. W kontekście dokumentacji architektonicznej, może być rozumiana zarówno jako digitalizacja kart ewidencyjnych, zdjęć oraz innych materiałów, ale także jako digitalizacja całości obiektu. Do głównych celów digitalizacji należą:

1. utrwalenie zasobu,
2. zabezpieczenie zbiorów przed ich fizycznym zniszczeniem,
3. przechowywanie informacji dla przyszłych pokoleń,

4. udostępnianie pozyskanych danych w bardziej dostępny sposób (np. on-line) bez ograniczeń terytorialnych, liczbowych i czasowych¹⁵⁷.

Lista dokumentów związanych m.in. z digitalizacją przedstawił dr hab. inż. arch. Krzysztof Koszewski w rozdziale „*Techniki informacyjne w ochronie i zarządzaniu obiektami architektury drewnianej – potencjał i wykorzystanie*”¹⁵⁸. Poniżej omówiono przykłady działań po 2016 r. oraz dyrektywę INSPIRE z 2007 r.

W ramach współfinansowanego przez Unię Europejską projektu „*Digitalizacja i udostępnianie cyfrowych dóbr kultury – zabytków oraz grobów i cmentarzy wojennych*” NID w ciągu 2,5 r. dokonał digitalizacji i udostępnił on-line zbiory związane z wpisanymi do krajowej ewidencji zabytkami nieruchomym i archeologicznymi (1 300 000 dokumentów)¹⁵⁹. Digitalizacja obejmowała dokumenty ewidencyjne (712 727 dokumentów), obiekty zabytkowe 3D (25 obiektów), fiszki adresowe (659 300 dokumentów) oraz spuścizny i archiwalia (12 620 dokumentów). Obiekty nieruchome zostały także naniesione na mapy na portalu mapy.zabytek.gov.pl¹⁶⁰ przez wektoryzację.

Zgodnie z zaleceniami Unii Europejskiej z 2021 r. Polska powinna do 2030 r. poddać digitalizacji 3D wszystkie zabytki kwalifikujące się jako „*zagrożone dziedzictwo kulturowe*” oraz 50% najczęściej odwiedzanych zabytków¹⁶¹. W ramach NID działa także Centrum Kompetencji ds. Digitalizacji zabytków którego zadaniem jest „*koordynacja i wdrażanie zmian technologicznych dotyczących digitalizacji i przechowywania danych cyfrowych oraz koordynacja w zakresie ich gromadzenia, przechowywania i udostępniania*”¹⁶².

Znaczenie digitalizacji zostało uwypuklone w trakcie pandemii COVID-19, kiedy zwiedzanie obiektów nie było możliwe. Dzięki cyfrowym odpowiednikom, zwiedzanie obiektów które posiadały taką formę danych, było zapewnione w przestrzeni cyfrowej. Należy jednak zwrócić uwagę, że digitalizacja nie powstrzymuje fizycznej destrukcji.

W kontekście procesów związanych z digitalizacją istotnym dokumentem jest dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europy INSPIRE (ang. *Infrastructure for Spatial Information*

¹⁵⁷ Program digitalizacji dóbr kultury oraz gromadzenia, przechowywania i udostępniania obiektów cyfrowych.

¹⁵⁸ K. Koszewski, *Techniki informacyjne w ochronie i zarządzaniu obiektami architektury drewnianej – potencjał i wykorzystanie...*

¹⁵⁹ *Digitalizacja i udostępnianie cyfrowych dóbr kultury - zabytków oraz grobów i cmentarzy wojennych* [na:] <https://www.youtube.com/watch?v=8TT3a2vwPKo>, udostępniono 27 września 2022 r.

¹⁶⁰ NID Portal mapowy.

¹⁶¹ Zalecenie Komisji (UE) 2021/1970 z dnia 10 listopada 2021 r. w sprawie wspólnej europejskiej przestrzeni danych na potrzeby dziedzictwa kulturowego.

¹⁶² Centrum Kompetencji ds. Digitalizacji Zabytków [na:] <https://nid.pl/centrum-kompetencji-ds-digitalizacji-zabytkow/>, udostępniono 27 września 2022 r.

in Europe)^{163 164 165}. Jej głównym celem jest zapewnienie informacji dotyczącej przestrzeni w ramach Unii Europejskiej organom publicznym i prywatnym, administracyjnym, obywatelom i przedsiębiorcom. Obejmuje także dane związane z zabytkami kultury. Lokalizacje zabytków nieruchomych i archeologicznych, z przypisanymi odpowiednimi atrybutami udostępniane są od 2015 r. na portalu mapy.zabytek.gov.pl¹⁶⁶. Dane są aktualizowane w bazie danych geoprzestrzennych GIS.(ang. *Geographical Information System*) Do celów wprowadzenia rozwiązań związanych z dyrektywą INSPIRE można zaliczyć koordynację międzynarodowych działań w sytuacjach kryzysowych takich jak pożary, zanieczyszczenia powietrza i wody. Do osiągnięcia tego konieczne było wprowadzenie standaryzacji zapisu danych.

W skali Unii Europejskiej zgodnie z notą prasową z 21.06.2022 r. w ramach programu *Horizon Europe* (2021-2027) podjęto dialog związany z utworzeniem „*Collaborative Cloud for Europe’s cultural heritage*”¹⁶⁷. Celem programu jest umożliwienie, przy użyciu cyfrowych rozwiązań, międzynarodowej współpracy badaczy dziedzictwa kulturowego, archiwistów, konserwatorów i kuratorów.

W ramach działań europejskich powstał serwis *Europeana*¹⁶⁸, gdzie udostępniane są online wybrane dzieła sztuki m.in. modele 3D związane z architekturą i archeologią. Dane 3D są dostępne w formie modeli poligonowych.

Wnioski:

1. Podejmowane są wieloletnie działania związane z digitalizacją na szczeblu zarówno międzynarodowym jak i krajowym. Świadczy to o ważnej roli digitalizacji w podejściu do zarządzania dziedzictwem.
2. Działania NID, w ramach programów digitalizacji, zapewniły cyfrowy dostęp do milionów dokumentów, które mogą być wykorzystywane, m.in. w edukacji, pracach badawczych i planowaniu przestrzennym. Poziom zaawansowania ocenia się jako wysoki, innowacyjny i stawiający Polskę w czołówce w zakresie dostępności informacji o zabytkach.

¹⁶³ *INSPIRE Directive* [na:] <https://inspire.ec.europa.eu/inspire-directive/2>, udostępniono 14 września 2021 r.

¹⁶⁴ *INSPIRE - BIP GUGIK* [na:] <http://www.gugik.gov.pl/bip/inspire>, udostępniono 28 września 2022 r.

¹⁶⁵ *System danych o zabytkach - NID* [na:] <https://nid.pl/system-danych-o-zabytkach/>, udostępniono 28 września 2022 r.

¹⁶⁶ *NID Portal mapowy*.

¹⁶⁷ *Collaborative Cloud for Europe’s cultural heritage* [na:]

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3855, udostępniono 28 września 2022 r.

¹⁶⁸ *Odkryj cyfrowe dziedzictwo kulturowe Europy Europeana* [na:] <https://www.europeana.eu/pl>, udostępniono 28 września 2022 r.

3. Istnieje potrzeba w ramach istniejącej infrastruktury cyfrowej, na wzór Wielkiej Brytanii, udostępnienia informacji o zagrożeniu obiektu.
4. Dane 3D objęte programem NID charakteryzują się wysoką jakością danych i szerokim zakresem opracowania. Niewątpliwym atutem jest zastosowanie skanowania laserowego oraz fotogrametrii.

2.3 ANALIZA CHARAKTERYSTYKI I PROBLEMATYKI INWENTARYZACJI OBIEKTÓW ZAGROŻONYCH

Inwentaryzacja obiektów zagrożonych, ze względu na ich charakterystykę, która zostanie omówiona w rozdziale, wymaga zastosowania odpowiednich metod mierniczych.

Jako główne, ale nie jedyne, cele inwentaryzacji przyjęto: wykonanie rysunków pomiarowych, opis aktualnego stanu oraz poznanie zabytku¹⁶⁹. Wykonanie rysunków pomiarowych pozwala na dokładne zarejestrowanie wymiarów i kształtów obiektu. Opis aktualnego stanu umożliwia zapisanie informacji o stanie zachowania, co jest potrzebne do planowania i wykonywania prac konserwatorskich. Poznanie zabytku umożliwia lepsze zrozumienie jego historii, struktury i funkcji, co jest kluczowe dla jego ochrony i konserwacji.

Inwentaryzacja może służyć jako materiał, na podstawie którego wykonywane są m.in.:

1. badania i analizy,
2. projekt koncepcyjny,
3. projekt budowlany,
4. projekt wykonawczy,
5. projekt techniczny,
6. przedmiary materiałowe.

2.3.1 Analiza danych wymaganych formalnie w inwentaryzacji architektonicznej i konserwatorskiej

Dokumentacja obiektów ujętych w rejestrze zabytków opiera się na kartach ewidencyjnych, obecnie tzw. kartach białych. Mają one obowiązkowo zawierać rzuty pierwszej kondygnacji (przyziemia) w skalach od 1:20 do 1:800 w zależności od charakteru budynku. Rzut ma być nieodrębny i wierny, ma zawierać „*różnice grubości ścian, szerokości otworów i odstępów między nimi*”¹⁷⁰.

¹⁶⁹ B. Szmygin i in., *Badania techniczne historycznych ruin*, Lublin 2018.

¹⁷⁰ *Instrukcja opracowywania kart ewidencyjnych zabytków nieruchomych wpisanych do rejestru zabytków*, Narodowy Instytut Dziedzictwa, 2011 r.

Należy uwzględnić również osie belek, rodzaje sklepień i schody. Ściany murowane należy zaznaczyć czarnym wypełnieniem, a drewniane pozostawić bez wypełnienia zaznaczając elementy konstrukcyjne. Poza tym powinna się znaleźć informacja o wysokości budynku. Należy opracować także plan orientacyjny umożliwiający zlokalizowanie obiektu w otoczeniu oraz plan sytuacyjny obejmujący obszar związany z obiektem. Przekroje (wzdłużny i poprzeczny) powinny być dołączane jedynie w uzasadnionych przypadkach.

W załączniku do „Rozporządzenia Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego z dnia 22 czerwca 2017 r. w sprawie prowadzenia prac konserwatorskich, prac restauratorskich i badań konserwatorskich przy zabytku wpisanym do rejestru zabytków albo na Listę Skarbów Dziedzictwa oraz robót budowlanych, badań architektonicznych i innych działań przy zabytku wpisanym do rejestru zabytków, a także badań archeologicznych i poszukiwań zabytków”¹⁷¹ wyznaczono elementy, które ma zawierać dokumentacja prac konserwatorskich i restauratorskich prowadzonych przy obiektach ruchomych oraz dla badań archeologicznych. Brak jest wytycznych dla inwentaryzacji. To samo dotyczy „Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 2 września w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznej wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego”.¹⁷²

NID opracował dokument „Dobre praktyki w zakresie wykonywania dokumentacji zabytków architektury współczesnymi metodami naziemnej rejestracji cyfrowej”¹⁷³. Zawiera on wytyczne dla badań prowadzonych metodami cyfrowymi takimi jak skanowanie laserowe, fotogrametria naziemna i modelowanie bryłowo-powierzchniowe. Określone standardy dotyczą także opracowań przekazywanych NID, które mogą być zamieszczane na stronie zabytek.pl¹⁷⁴.

W dokumencie zastosowano podział na „dane surowe” i „opracowania”. Dokładność chmury punktów powinna być nie mniejsza niż 9 pkt/cm². Dane powinny być wzbogacone o wartości RGB i informacje o intensywności. Oprócz chmury punktów wymieniono zdjęcia fotogrametryczne (z plikiem kalibracji kamery), geodezyjne dane lokalizacyjne XYZ (także w odniesieniu do Państwowego Układu Współrzędnych Geodezyjnych 2000 w formacie .csv) oraz fotografie wykonane kamerą niemetryczną w formacie .tiff. W dokumencie używane jest pojęcie „rozdzielczość”, które może być rozumiane w zależności od kontekstu jako:

¹⁷¹ Dz.U. 2017 poz. 1265.

¹⁷² Dz.U. 2004 nr 202 poz. 2072.

¹⁷³ Dobre praktyki w zakresie wykonywania dokumentacji zabytków architektury współczesnymi metodami naziemnej rejestracji cyfrowej.

¹⁷⁴ Zabytek.pl.

1. Rozdzielczość obrazu – parametr wyrażony w liczbie pikseli w kierunku poziomym i pionowym,
2. Rozdzielczość danych przestrzennych – „średnia odległość pomiędzy identyfikowalnymi punktami pomiarowymi odniesionymi do zdefiniowanej jednostki powierzchniowej lub jako wektor określający minimalny rozmiar jednostki odwzorowania”¹⁷⁵.

Zakres opracowania powinien zawierać:

1. chmurę punktów („odfiltrowana, oczyszczona, zarejestrowana i zorientowana w układzie geodezyjnym państwowym PUWG'2000, zapisana w jednym z formatów: PTS, PTX, E57 wraz z dołączonym raportem złożenia w postaci pliku TXT”¹⁷⁶),
2. ortofotoplany (w formacie .tiff, rozdzielczość nie mniejsza niż 2 mm/px, dołączony plik georeferencji),
3. rysunki elewacji (w skali 1:50-1:10, w formatach .dwg i .pdf, pokazujących uszkodzenia, zawilgocenia murów i inne, przynajmniej fragmentarycznie powinny być widoczne elementy budowlane),
4. przekroje i rzuty wszystkich kondygnacji, więźby dachowej i dachu (w skali 1:50-1:20, w formatach .dwg i .pdf, linia przekrojowa powinna znajdować się na wysokości 1 m),
5. plan sytuacyjno-wysokościowy (formaty .dwg i .pdf, rzut dachu wraz z otoczeniem, charakterystycznymi poziomami, ukształtowaniem terenu, na aktualnej mapie geodezyjnej).

Dla modelu mesh opartego na trójkątnych poligonach wykonanego na podstawie chmury punktów przyjęto „dokładność 4 mm, rozdzielczość powierzchni płaskich modelu do 2 cm, detal architektoniczny z rozdzielczością do 6 mm przy zachowaniu dokładności”¹⁷⁷.

Model powinien zostać zoptymalizowany, zamknięty, tak aby był możliwy bezpośredni druk 3D. Tekstura powinna zostać przekazana w nieskompresowanym formacie, rozdzielczość powinna być nie mniejsza niż 2048 x 2048 pikseli.

Dla modelu mesh, którego produktem są poligony czworoboczne (metoda retopologii) dokładność modelu powinna wynosić 6-8 mm, rozdzielczość powierzchni płaskich 6-50 mm (uwzględniając ich krzywizny). Model powinien zostać oczyszczony w sposób umożliwiający

¹⁷⁵ D. Felcenloben, *Niepewność danych przestrzennych w systemach informacji geograficznej (GIS)*, „Acta Sci. Pol., Geodesia et Descriptio Terrarum” t. 9 nr 3 (2010).

¹⁷⁶ *Dobre praktyki w zakresie wykonywania dokumentacji zabytków architektury współczesnymi metodami naziemnej rejestracji cyfrowej.*

¹⁷⁷ Ibid.

jego bezpośredni widok 3D, tekstury powinny spełniać wymagania jak dla modelu opartego o trójkątne poligony.

Jest także zbiór danych, które nie są sformalizowane. W „Standardach w zakresie projektowania, realizacji i nadzorów prac konserwatorskich dotyczących zabytków architektury i budownictwa” autorstwa prof. dra hab. inż. arch. J. Tajchmana określono:

„Inwentaryzacja musi być nie tylko dokładna pod względem technicznym i przedstawiona w odpowiedniej skali (zazwyczaj 1:50), ale powinna odwzorowywać widoczne przekształcenia i deformacje. Zawsze musi być zaopatrzona w podziałkę graficzną. Układ przestrzenny zabytku, poza rzutami, zazwyczaj wymaga kilku, a nie tylko dwóch przekrojów pionowych. Musi też uwzględniać wszystkie detale zabytkowe, które poza oznakowaniem ich na rzutach powinny być narysowane oddzielnie w odpowiednich skalach, tj. 1:10 (wyjątkowo 1:20 lub 1:5) oraz szczegóły 1:1¹⁷⁸.”

Określony jest szeroki zakres inwentaryzacji. Odpowiednie przedstawienie wszystkich elementów oraz przekrojów jest procesem pracochłonnym i opartym na szeregu uproszczeń rysunkowych względem właściwej geometrii obiektu. Ważnym opracowaniem, w kontekście standardów rysunku technicznego, uwzględniającym historyczny aspekt architektury są „Wytyczne techniczne G-3.4. Inwentaryzacja zespołów urbanistycznych zespołów zieleni i obiektów architektury”¹⁷⁹.

W „Standardy w procesie digitalizacji obiektów dziedzictwa kulturowego”¹⁸⁰ podkreślono konieczność przyjęcia standardów, które zapewniłyby udostępnianie, wymianę oraz długotrwałe przechowywanie danych. Jednocześnie propozycje ujęte w opracowaniu nie dotyczą cyfrowych obiektów 3D.

Wnioski:

1. Brak jest jednolitej obowiązującej standaryzacji formalnej wymagań dotyczących inwentaryzacji obiektów zabytkowych.
2. Informacje, sposób graficznego przedstawienia oraz format plików są uzależnione od przeznaczenia inwentaryzacji.

¹⁷⁸ J. Tajchman, *Standardy w zakresie projektowania, realizacji i nadzorów prac konserwatorskich dotyczących zabytków architektury i budownictwa*, Toruń Warszawa 2014.

¹⁷⁹ J. Gała i in., *Wytyczne techniczne G-3.4. Inwentaryzacja zespołów urbanistycznych zespołów zieleni i obiektów architektury*, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, 1981 r.

¹⁸⁰ G. Płoszajski i in., *Standardy w procesie digitalizacji obiektów dziedzictwa kulturowego*, Warszawa 2008.

2.3.2 Charakterystyka inwentaryzacji obiektów zagrożonych

Obiekty zagrożone wykazują zbiór cech, takich jak:

1. Trudnodostępny teren^{181 182},
2. Wysoki stopień zalesienia i pokrycia roślinnością^{183 184},
3. Różnorodność geometryczna¹⁸⁵, nieregularność formy¹⁸⁶ (niepłaskie, nieregularne powierzchnie),
4. Nieczytelny zarys bryły budynku¹⁸⁷,
5. Części znajdujące się poza główną bryłą budynku, które odpadły w procesie niszczenia¹⁸⁸,
6. Liczne anomalie, uszkodzenia, odkształcenia i zniszczenia elementów¹⁸⁹,
7. Zagrożenie zawaleniem spowodowanym przez zniszczenie elementów konstrukcyjnych¹⁹⁰,
8. Zawilgocenie murów – brak użytkowania i zły stan obiektów zagrożonych prowadzą m.in. do zawilgocenia murów i innych elementów konstrukcyjnych. Wpływa to negatywnie na możliwości wykorzystania danych gromadzonych podczas skanowania laserowego związanych z mapą intensywności odbicia wiązki laserowej¹⁹¹,
9. Chęć monitorowania zmian ze względu na postępujący proces niszczenia i procesu degradacji¹⁹²,
10. Ograniczony dostęp światła i powietrza¹⁹³.

¹⁸¹ M. Kędzierski i in., *Metody teledetekcyjne i fotogrametryczne w ochronie, konserwacji i inwentaryzacji zamków w ruinie...*

¹⁸² K. Drobek, B. Szostak, W. Królikowski, *Metody inwentaryzacji obiektów znajdujących się w stanie ruiny*, „Ochrona Dziedzictwa Kulturowego” t. 6 (2018).

¹⁸³ M. Kędzierski i in., *Metody teledetekcyjne i fotogrametryczne w ochronie, konserwacji i inwentaryzacji zamków w ruinie...*

¹⁸⁴ G. Tucci, V. Bonora, A. Nobile, *New Technologies for Surveying Building Ruins* [w:] XXII CIPA International Symposium „Digital Documentation”, Interpretation&Presentation, 2009.

¹⁸⁵ K. Drobek, B. Szostak, W. Królikowski, *Metody inwentaryzacji obiektów znajdujących się w stanie ruiny...*

¹⁸⁶ G. Tucci, V. Bonora, A. Nobile, *New Technologies for Surveying Building Ruins...*

¹⁸⁷ Ibid.

¹⁸⁸ Ibid.

¹⁸⁹ K. Drobek, B. Szostak, W. Królikowski, *Metody inwentaryzacji obiektów znajdujących się w stanie ruiny...*

¹⁹⁰ G. Tucci, V. Bonora, A. Nobile, *New Technologies for Surveying Building Ruins...*

¹⁹¹ J. Markiewicz i in., *Utilisation of laser scanning for inventory of an architectural object using the example of ruins of the Krakow Bishops' castle in Ilza, Poland* [w:] SGEM Multidisciplinary Scientific Conferences 2014, 2014.

¹⁹² K. Drobek, B. Szostak, W. Królikowski, *Metody inwentaryzacji obiektów znajdujących się w stanie ruiny...*

¹⁹³ A. Baik i in., *Applying digital methods for documenting heritage building in Old Jeddah: A case study of Hazzazi House...*

W celu dalszego określenia charakterystyki inwentaryzacji obiektów zagrożonych przeanalizowano 5 artykułów naukowych rodzimych i zagranicznych. Ze względu na brak szczegółowej listy obiektów zagrożonych dla województw innych niż mazowieckie oraz brak odniesienia do klasyfikacji zagranicznych jako kryteriom doboru zastosowano fakt, że obiekt jest w złym stanie technicznym, po katastrofie budowlanej lub jest w stanie ruiny. Charakterystyka tych obiektów wpływa na proces inwentaryzacji i powinna być wzięta pod uwagę w wyborze metody podejmowanych działań.

Kryteria zostały przypisane na podstawie informacji bezpośrednich (ujęcie w opracowaniu) lub pośrednich (informacje graficzne ujęte w opracowaniach, interpretacje własne informacji – oznaczenie „*”).

Opracowania krajowe

1. Dokumentacja fotogrametryczna ruin palatium na wyspie Ostrów Lednicki¹⁹⁴

Krótki opis obiektu: Pałac z kaplicą-baptysterium jest kamienną rezydencją wczesnopiastowską na planie prostokąta, który łączy się z częścią dookołną o funkcji sakralnej. Wzniesiona została ok. 966 r.¹⁹⁵

Cel wykonania inwentaryzacji: Wykonanie dwuwymiarowego rzutu ruin i połączenie obrazu z wykonaną wcześniej ortofotomapą.

Przeprowadzona inwentaryzacja: Inwentaryzacja została wykonana bezzałogowym statkiem powietrznym wyposażonym w aparat oraz ręcznie. Loty były wykonywane kilka dni pod dachem chroniącym ruiny co zapewniało zbliżone zacienienie pomiędzy porami dnia i kolejnymi dniami, szczególnie istotne dla wykorzystania fotogrametrii. Efektem był model 3D obiektu, który został wyskalowany używając punktów kontrolnych oraz została mu nadana georeferencja¹⁹⁶ dzięki znanym współrzędnym geograficznym.

Powód zastosowania wybranych technik i urządzeń: Absolutna nieinwazyjność.

Dokumentacja opracowana na podstawie pomiaru: Model 3D, ortofotomapa ukazująca obiekt bez zadaszenia, wydruk 3D.

2. Fort Prusy w Nysie¹⁹⁷

¹⁹⁴ P. Stencel, *Dokumentacja fotogrametryczna ruin palatium na wyspie Ostrów Lednicki*, „Studia Lednickie” t. XIX (2020), DOI: 10.34698/sl.19.2020.13.

¹⁹⁵ *Zabytki ruchome Ostrów Lednicki* [na:] <http://lednicamuzeum.pl/wiadomosc,zabytki-ruchome-ostrow-lednicki.html>, udostępniono 7 października 2021 r.

¹⁹⁶ Georeferencja jest to zbiór danych, które umożliwiają transformację współrzędnych wyrażanych w układzie pikselowym do układu współrzędnych geodezyjnych elipsoidalnych oraz do dowolnego układu prostokątnego płaskiego.

¹⁹⁷ A. Borkowski i in., *Wykorzystanie danych skaningu laserowego do modelowania 3D fortów obronnych na przykładzie Fortu Prusy w Nysie*, „Architektura Krajobrazu” t. 4 (2013).

Krótki opis obiektu: Fort został zbudowany w latach 1743-1745 i był częścią systemu obronnego Nysy. Obiekt powstał na planie pięcioramiennej gwiazdy. W środku założenia znajdował się ceglany dwukondygnacyjny budynek kazamatów na planie pięcioboku. Budynek od góry i z zewnątrz osłonięty ziemią.

Cel wykonania inwentaryzacji: Stworzenie modelu 3D na potrzeby geoportalu „Opolskie w Internecie”, ocena stanu i ubytku murów.

Przeprowadzona inwentaryzacja: Inwentaryzacja opracowana technologią TLS i ALS. ALS wykonany systemem Lite Mapper opartym na skanerze Riegl LMS-Q680i z rozdzielczością 6 pkt/m². Chmura oparta o skany miała rozdzielczość 12 pkt/m². TLS został wykonany skanerem Leica ScanStation C10 z oprogramowaniem Cyclone 8.0 oraz rozdzielczością 2-20 mm. Do georeferencji i połączenia skanów wykorzystano punkty osnowy z tarczami pomiarowymi. Dokładność spasowania końcowej chmury była poniżej 1 cm. Poza skanami wykonano także cyfrową dokumentację zdjęciową o wysokiej rozdzielczości.

Powód zastosowania wybranych technik i urządzeń: Możliwość przedstawienia elementów znajdujących się pod roślinnością, standard zlecenia.

Dokumentacja opracowana na podstawie pomiaru: Chmura punktów, model 3D.

3. Zamek w Ilży¹⁹⁸

Krótki opis obiektu: Budowa obiektu o funkcji rezydencji obronnej biskupów krakowskich, rozpoczęła się ok. 1340 r. Założenie na planie nieregularnego owalu zawierało dom mieszkalny, wieżę obronną i obwód murów. Obiekt zaczął popadać w ruinę od ok. 1789 r. Obecnie pozostały zamek górny (m.in. wieża, mur obwodowy, zespół bramy) i dolny.

Cel wykonania inwentaryzacji: Stworzenie cyfrowej inwentaryzacji, rozpoznanie procesów destrukcji.

Przeprowadzona inwentaryzacja: Połączenie naziemnego skanowania laserowego i fotogrametrii. Skan odbył się w 2011 r. skanerem Leica ScanStation2 (skaner impulsowy) z wbudowaną kamerą cyfrową o rozdzielczości 6,4 mln pikseli. Parametry urządzenia pozwalają otrzymać chmurę punktów o gęstości mniejszej niż 1 mm. Dla zamku górnego pomiary odbyły się z 7 stanowisk i obejmowały także tarcze celownicowe HDS.

Wykonano także kamerą cyfrową KODAK DSC Pro 14 m dokumentację zdjęciową o rozdzielczości 4500x3000 pikseli. Złożeniowa chmura punktów o gęstości punktów 0,01 m miała dokładność ± 4 mm. Opracowanie rozszerzono o informacje jakie da się uzyskać w procesie analizy wartości intensywności sygnału odbitego.

¹⁹⁸ M. Kędzierski i in., *Dokumentacja i modelowanie 3D ruin zamku w Ilży...*

Powód zastosowania wybranych technik i urządzeń: Nieinwazyjność*, możliwość zastosowania w trudnodostępnym terenie.

Dokumentacja opracowana na podstawie pomiaru: Chmura punktów, model 3D z nałożoną teksturą, dokumentacja 2D fragmentów murów.

4. Poterna w Twierdzy Kłodzko¹⁹⁹

Krótki opis obiektu: Twierdzę wzniesiono w XVII w. na Górze Fortecznej w miejscu wcześniejszego grodu i zamku mieszkalno-obronnego. W 1742 r. twierdza została zdobyta przez Fryderyka II, a funkcję głównego projektanta przebudowy objął gen. Gerard Korneliusz Walrave²⁰⁰. Projekt obejmował plan umocnień na wzgórzu Fort Owcza Góra. Kolejne prace modernizacyjne wg projektu Franza Ignatza Pinto obejmowały m.in. powstanie Donjonu. Na przełomie XIX i XX w. przeprowadzono ostatnie prace obejmujące wybudowanie m.in. koszar, obozów warownych i szańców. Ze względu na rozwój technik wojennych twierdza straciła swoją funkcję obronną i zaczęła funkcjonować jako więzienie wojskowe i koszary. W trakcie II wojny światowej obiekt stał się kwaterą SS i więzieniem. Pod koniec wojny na terenach twierdzy mieściła się łódzka fabryka AEG²⁰¹, a po zakończeniu działań wojennych twierdza została przejęta przez wojsko. W latach 1950-1960 podejmowano próby wprowadzenia funkcji związanej z działalnością gospodarczą. Twierdza została wpisana do rejestru zabytków w 1960 r.

Założenie składało się z trzech bastionów, które były połączone kurtynami. Twierdza była następnie rozbudowywana m.in. o fort pomocniczy i donżon. Obecnie obiekt pełni funkcje muzealne i turystyczne. Inwentaryzacja dotyczyła poterny, która służyła transportowaniu zapasów i amunicji na wyższe poziomy twierdzy i była fragmentarycznie zasypana.

Cel wykonania inwentaryzacji: Uzupełnienie istniejącej dokumentacji, umożliwienie wykorzystania pomiarów w celu adaptacji i restauracji, wykonanie ekspertyzy technicznej i dokumentacji do badań architektonicznych

Przeprowadzona inwentaryzacja: Inwentaryzacja została wykonana w 2019 r., przez zespół z Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej i stanowiła uzupełnienie poprzednich badań z 2016, 2017 i 2018 r. Pomiary przeprowadzono skanerem 3D Leica C10,

¹⁹⁹ P. Gleń, K. Krupa, *The use of laser scanning in the survey of the postern of the Kłodzko Fortress*, „Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych” t. 16 nr 4 (2020), DOI: 10.35784/teka.2384.

²⁰⁰ *Twierdza Kłodzko* [na:] <http://www.klodzko.pl/umklod/index.php/pl/turystyka/warto-zobaczyc/twierdza-klodzko>, udostępniono 1 listopada 2021 r.

²⁰¹ *Dawne kłodzko* [na:] <http://www.dawneklodzko.pl/index.php?kat=klodzko&side=ciekawostki>, udostępniono 15 listopada 2021 r.

a do obróbki danych użyto oprogramowania Leica Cyclone. Dokumentacja fotograficzna nie została wykonana ze względu na brak naturalnego lub wystarczającego sztucznego oświetlenia.

Powód zastosowania wybranych technik i urządzeń: Niedostępność przestrzeni będącej przedmiotem badania, dokładność skanowania laserowego,

Dokumentacja opracowana na podstawie pomiaru: chmura punktów, przekrój 2D.

5. Kościół pw. św. Jerzego w Hajdukach Nyskich ²⁰²

Krótki opis obiektu: Jednonawowy, murowany, orientowany kościół wzniesiony ok. 1305 r. z dzwonnica i prezbiterium dobudowanymi w XV w. Drewniana więźba dachowa miała układ storczykowy. „W trakcie gruntownej przebudowy na przełomie XVII/XVIII wieku nad nawą główną wykonano sklepienie kolebkowe z sześcioma lunetami.”²⁰³ W miejscu romańskich lizen zostały przybudowane skarpy oraz dobudowano zakrystię. Kościół został wpisany do rejestru zabytków.

4.06.2018 r. podczas trwających robót budowlanych nastąpiła katastrofa budowlana – „Zawaleniu do nawy głównej kościoła uległa ściana szczytowa pomiędzy nawą główną i prezbiterium oraz około 1/4 powierzchni sklepienia kolebkowego wraz z częścią drewnianej konstrukcji więźby dachowej.”²⁰⁴

Cel wykonania inwentaryzacji: „Prace projektowe związane z zabezpieczeniem i odbudową zniszczonej części kościoła (...)”²⁰⁵, weryfikacja rozbieżności pomiędzy stanem rzeczywistym a istniejącą inwentaryzacją, pomiary widocznych elementów i odkształceń konstrukcji, podstawa dla przyszłej dokumentacji porównawczej.

Przeprowadzona inwentaryzacja: Inwentaryzacja wykonana skanerem laserowym i aparatem cyfrowym (częściowo przy użyciu bezzałogowego statku powietrznego).

Powód zastosowania wybranych technik i urządzeń: Wysoka dokładność *.

Dokumentacja opracowana na podstawie pomiaru: Chmura punktów, dokumentacja na potrzeby wykonania projektu wstępnego, budowlanego i wykonawczego.

Opracowania zagraniczne:

1. Zamek Bivona ²⁰⁶

Kraj: południowe Włochy

Datowanie: XII w.

²⁰² Ł. Bednarz, P. Opalka, *Katastrofa budowlana w obiekcie zabytkowym... i co dalej?*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” t. 60 (2019), DOI: 10.17425/WK60DISASTER.

²⁰³ Ibid.

²⁰⁴ Ibid.

²⁰⁵ Ibid.

²⁰⁶ G. Tucci, V. Bonora, A. Nobile, *New Technologies for Surveying Building Ruins...*

Krótki opis obiektu: Kompleks obronny obejmuje donżon z końca XII w., czworoboczne ogrodzenie i okrągłe narożne baszty. Dwa podziemne pomieszczenia zostały zasypane materiałem odpadającym z obiektu. Do 1680 r. w obiekcie działała cukiernia trzcinowa. Po tym czasie zamek został opuszczony i przed 1710 r. został opisany jako ruina.

Wcześniejsza istniejąca dokumentacja pochodziła z 1996 r. Od tych pomiarów w bryle budynku zaszły zmiany – część ścian się zawaliło, a kolejne były w procesie. Czterdzieści lat wcześniej przeprowadzono fragmentaryczne prace zabezpieczające, jednak na czas skanowania zabezpieczenia były częściowo zniszczone. Szczyty murów były niezabezpieczone co wystawiało je na niekorzystne nadbrzeżne warunki atmosferyczne przyspieszające proces niszczenia.

Cel wykonania inwentaryzacji: Opracowanie dalszych badań.

Przeprowadzona inwentaryzacja: Inwentaryzację przeprowadzono standardowymi technikami pomiarów topograficznych, skanerem laserowym oraz uproszczoną fotogrametrią. Skan został zlokalizowany w lokalnym układzie odniesienia przy użyciu urządzenia Leica TCR705. Proces ten miał na celu umożliwić badania porównawcze i zlokalizowanie ewentualnych zmian bryły budynku we wspólnym układzie odniesienia. Układ ten służył także do wyrównania względem siebie skanów 3D.

Skan laserowy wykonano z 14 punktów na zewnątrz i 19 wewnątrz urządzeniem Leica HDS600 bez informacji RGB. Dla pomiarów stworzono także mapę intensywności odbitego sygnału. Została ona wykorzystana w późniejszym nakładaniu informacji zdjęciowej, ponieważ intensywność odbicia zależy m.in. od koloru elementu.

Fotogramy zostały wykonane aparatem cyfrowym o wysokiej rozdzielczości tak, aby oś fotografowania była jak najbardziej prostopadła do elewacji budynku. Miało to zapewnić zbliżoną skalę wszystkich fotogramów. Fotografie wykonano także w sposób ułatwiający częściowe nałożenie na siebie sąsiadujących zdjęć.

Powód zastosowania wybranych technik i urządzeń:

*(*na podstawie własnych interpretacji danych)*

Tachimetr – możliwość kontroli ewentualnej postępującej destrukcji obiektu względem lokalnego układu odniesienia, odniesienie względem siebie skanów,

Skan laserowy – skala i nieregularność obiektu utrudniające zastosowanie tradycyjnych technik,

Fotogrametria – naniesienie informacji RGB na opracowaniach płaskich (brak informacji ujętej podczas skanu laserowego),

Ponadto: wysoka dokładność*.

Dokumentacja opracowana na podstawie pomiaru: Chmura punktów, 3 rzuty, 4 rozwinięcia elewacji, 2 przekroje. Opracowania w skali 1:100.

Wszystkie opracowania zostały zlokalizowane w lokalnym układzie odniesienia. Dla płaskich fragmentów elewacji wykorzystano technikę nałożenia zdjęć na obraz otrzymany na podstawie chmury punktów. Dla fragmentów o zaokrąglonej w wysokim stopniu bryle zastosowano obraz otrzymany na podstawie mapy intensywności odbicia dla chmury punktów.

Zastosowanie dokumentacji: Potencjalne prace związane z restauracją i waloryzacją, monitoring zniszczeń, analizy związane z identyfikacją patologii, turystyka, stworzenie map tematycznych dla planów restauracji.

2. Dom Hazzazi w Dżudda²⁰⁷

Kraj: Arabia Saudyjska

Datowanie: 1875 r.

Krótki opis obiektu: Budynek trzypiętrowy o usługowej funkcji w parterze i mieszkalnej na wyższych piętrach. Obiekt został wskazany przez jednostki konserwatorskie jako jeden z ważniejszych dla zachowania historycznej Dżuddy. Obiekt poddano przebudowie w celu najmu.

Przeprowadzona inwentaryzacja: Pomiary wykonane urządzeniem Leica Cyclone 8.1.1. W inwentaryzacji wykorzystano tarcze, umożliwiające późniejszą lokalizację skanów względem siebie. Ze względu na lokalizację obiektu w miejscu atrakcyjnym turystycznie szczególną uwagę zwrócono na potencjalne usunięcie lub zmianę lokalizacji tarczy przez osoby trzecie. Opracowanie zostało wykonane w układzie współrzędnych określającym wysokość nad poziomem morza i wzajemne położenie zestawów punktów. Pomiary i generowanie wyników trwało 3 dni. Do usunięcia szumów z chmury punktów wykorzystano oprogramowanie Leica Cyclone. Proces ten trwał około 10 h.

Powód zastosowania wybranych technik i urządzeń: Korzystny stosunek ilości informacji do nakładów finansowych, podniesienie dokładności dokumentacji.

Dokumentacja opracowana na podstawie pomiaru: chmura punktów, model 3D, składowe w postaci rysunków 2D dla obrysu rzutów, elewacji i otworów okiennych.

Zastosowanie dokumentacji: Opracowanie projektu przebudowy.

²⁰⁷ A. Baik i in., *Applying digital methods for documenting heritage building in Old Jeddah: A case study of Hazzazi House...*

3. Pałac Qasr Al-Abidit w Jordanii²⁰⁸

Kraj: Jordania

Datowanie: II w. p.n.e.

Krótki opis obiektu: Qasr Al-Abidit jest pałacem wzniesionym w II w p.n.e. przez Hyrcanusa. Pałac ma 18m szerokości i 38 m wysokości i otoczony był zbiornikiem wodnym. Obiekt posiadał dwa wejścia. Jego budowa nie została zakończona, więc budynek nie posiada sufitów. Obiekt miał być przyozdobiony 16 rzeźbami lwów i tygrysów, z których część została wykonana.

Przeprowadzona inwentaryzacja: Ze względu na cel, jakim było monitorowanie zmian związanych m.in. ze spękaniem kamienia zastosowano rozwiązanie hybrydowe. Inwentaryzacja została wykonana skanerem laserowym Leica z systemem C10 i aparatem cyfrowym Canon 400D o wysokiej rozdzielczości. Aparaty zostały skalibrowane w sposób umożliwiający eliminację zniekształceń. Została określona wzajemna lokalizacja aparatu i skanera laserowego. Wykonano 21 skanów, w tym 10 w części wewnętrznej. Skany były łączone, wykorzystując 3 wspólne cele w każdym z nich.

Zdjęcia były wykonywane w stałej odległości od obiektu i pozwoliły na uzupełnienie i uszczegółowienie informacji zawartej w chmurze punktów. Dane fotogrametryczne pozbawione były skali, którą można było odczytać z chmury punktów.

Powód zastosowania wybranych technik i urządzeń: Elastyczność, nieinwazyjność, efektywność kosztowa.

Dokumentacja opracowana na podstawie pomiaru: chmura punktów.

Zastosowanie dokumentacji: Monitoring zmian w tym spękań kamienia i szczegółów procesu niszczenia.

4. Sanktuarium Machu Picchu²⁰⁹

Kraj: Peru

Datowanie: II poł. XV w.

Krótki opis obiektu: Położony w lesie deszczowym Narodowy Park Archeologiczny Machu Picchu, gdzie znajdują się pozostałości kultury Inków, został wpisany na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO w 1983 r. Inwentaryzacja dotyczyła dwóch miast satelitarnych:

²⁰⁸ Y. Alshawabkeh i in., *Heritage documentation using laser scanner and photogrammetry. The case study of Qasr Al-Abidit, Jordan...*

²⁰⁹ B. Ćmielewski i in., *Mapowanie Historycznego Sanktuarium Machupicchu przy użyciu bezzałogowego systemu powietrznego wyposażonego w LiDAR. Wyzwania i wstępne wyniki (cz. 1)*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” t. 67 (2021), DOI: 10.48234/WK67LIDAR.

Chachabamba i El Mirador de Inkaraqay. Pierwsza z lokalizacji pełniła rolę głównie ceremonialną, ale także w mniejszym stopniu rezydencjonalną i agrarną. Druga lokalizacja została odkryta w 1982 r., znajduje się poza głównymi szlakami turystycznymi i pełniła funkcje obserwatorium astronomicznego.

Przeprowadzona inwentaryzacja: Bezzałogowy statek powietrzny został wyposażony w skaner laserowy Velodyne VLP-16 i połączony z czujnikiem GNSS Novatel OEM615, IMU Sensor STIM300 oraz mikrokomputerem AAEON. Dla każdej z lokalizacji wykonano 4 naloty. Do połączenia danych wykorzystano oprogramowanie LabScan3D, a plik złożeniowy w postaci chmury punktów wykonano w formacie .las. Maksymalny błąd chmury punktów wynosił 8 cm. Następnie przy użyciu oprogramowania TerraScan z chmury punktów zostały usunięte szumy i zastosowano filtrowanie mające na celu ukrycie roślinności powyżej ziemi. Różne sposoby wizualizacji chmury punktów zostały wykonane w oprogramowaniu ArcGIS Desktop 10.5²¹⁰ i stanowiły materiał badawczy do określenia lokalizacji obiektów architektury.

Powód zastosowania wybranych technik i urządzeń: Wysoki stopień zalesienia, który uniemożliwiał bezpośrednią eksplorację.

Dokumentacja opracowana na podstawie pomiaru: chmura punktów wraz z różną jej wizualizacją.

Zastosowanie dokumentacji: Określenie lokalizacji obiektów architektonicznych, dalsze badania archeologiczne.

5. Ruiny Bulow Plantation²¹¹

Kraj: Floryda, USA

Datowanie: 1831 r.

Krótki opis obiektu: Pozostałości konstrukcji młyna wybudowanego ok. 1831 r. i zburzonego ok. 1836 r. podczas II wojny Seminolów.

Ziemia, na której stał młyn została nadana Johnowi Russellowi przez rząd hiszpański w 1812 r. Właściciel zmarł w 1815 r., a w 1821 r. obiekt został sprzedany Charlsowi Wilhelmowi Bulow. Majątek po śmierci Wilhelma w 1823 r. objął jego syn John Joachim, który rozwijał plantację do 1836 r., kiedy to założenie zostało spalone w trakcie II wojny Seminolów. W 1945 r. teren został nabyty przez *Volusia Hammock State Park Association* z zamiarem ochrony

²¹⁰ ArcGIS Desktop [na:] <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop/overview>, udostępniono 22 marca 2023 r.

²¹¹ L.D. Collins, T.F. Doering, R. O'Sullivan, *Terrestrial Laser Scanning 3D Survey of the Bulow Plantation Ruins and the Dummett Sugar Mill Ruins, Florida...*

pozostałości obiektów i udostępnieniem dla zwiedzających. Elementy, które się zachowały obejmują pozostałości m.in. cukrowni, chat niewolników, studni i pochylni.

Przeprowadzona inwentaryzacja: Brak dokładnych danych. Zastosowano techniki TLS w wyniku czego otrzymano chmurę punktów przedstawioną bez informacji RGB. Z chmury punktów usunięto roślinność.

Powód zastosowania wybranych technik i urządzeń: Nieinwazyjność*, dokładność*, możliwość przedstawienia elementów znajdujących się pod roślinnością.

Dokumentacja opracowana na podstawie pomiaru: Chmura punktów, analizy porównawcze, dokumentacja 2D

Zastosowanie dokumentacji: Stworzenie pełniejszej dokumentacji, porównanie chmur punktów w celu identyfikacji zagrożeń i określenia koniecznych napraw.

W oparciu o powyższe przykłady obejmujące źródła krajowe i zagraniczne opracowano tabele podsumowujące:

1. Tabela 7 Czynniki utrudniające wykonanie inwentaryzacji obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.
2. Tabela 8 Powód wykonania chmury punktów obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.
3. Tabela 9 Technika wykonania inwentaryzacji obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.
4. Tabela
5. Tabela 12 Dokumentacja wykonana na podstawie inwentaryzacji obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.
6. Tabela 11 Pierwotna funkcja obiektu na podstawie inwentaryzacji obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.

Tabela 7 Czynniki utrudniające wykonanie inwentaryzacji obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.

CZYNNIKI UTRUDNIAJĄCE WYKONANIE INWENTARYZACJI												
L.p.	Czynnik	Ostrów Lednicki	Fort Prusy w Nysie	Zamek w Iłży	Twierdza Kłodzko (Poterna)	Kościół pw. św. Jerzego w Hajdukach Nyskich	Zamek Bivona	Dom Hazzazi w Dżudda	Pałac Qasr Al-Abidit w Jordanii	Sanktuarium Machupicchu	Ruiny Bulow Plantation	Suma
1.	Utrudniony dostęp	X	X	X	X	X	X			X		7
	Opis	Obiekt zakryty dachem	Rzeźba terenu, roślinność	Wysokość obiektu	Zamurowany dostęp do przestrzeni	Zły stan techniczny obiektu	Rzeźba terenu			Rzeźba terenu, roślinność		
2.	Wysoki stopień zalesienia i pokrycie roślinnością		X	X	X					X	X	5
3.	Różnorodność geometryczna, nieregularność formy (niepłaskie, nieregularne powierzchnie)	X	X	X	X		X		X	X	X	8
4.	Nieczytelny zarys bryły budynku	X	X		X	X	X			X	X	7
5.	Liczne anomalie, uszkodzenia, odkształcenia i zniszczenia elementów	X		X	X	X	X		X	X	X	8
7.	Zagrożenie zawaleniem spowodowanym przez zniszczenie elementów konstrukcyjnych					X	X					2
8.	Ograniczony dostęp światła lub powietrza				X			X				2

Tabela 8 Powód wykonania chmury punktów obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.

POWÓD WYKONANIA CHMURY PUNKTÓW												
L.p.	Kryterium	Ostrów Lednicki	Fort Prusy w Nysie	Zamek w Iłży	Twierdza Kłodzko (Poterna)	Kościół pw. św. Jerzego w Hajdukach Nyskich	Zamek Bivona	Dom Hazzazi w Dżudda	Pałac Qasr Al-Abidit w Jordanii	Sanktuarium Machupicchu	Ruiny Bulow Plantation	Suma
1.	Wykonanie dokumentacji 2D / 3D	X		X	X	X	X	X	X	X	X	9
2.	Inwentaryzacja jako część większego programu/założenia	X	X		X					X		4
3.	Stworzenie modelu 3D	X	X	X				X				4
4.	Opracowanie dalszych badań	X		X	X	X	X			X	X	7
5.	Podniesienie dokładności / uzupełnienie dokumentacji				X	X		X		X	X	5
6.	Rozpoznanie procesów destrukcji	X		X	X	X	X		X		X	7
7.	Wykorzystanie pomiarów do adaptacji / restauracji				X	X	X	X			X	5

Tabela 9 Technika wykonania inwentaryzacji obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.

TECHNIKA POMIARU												
L.p.	Opis	Ostrów Lednicki	Fort Prusy w Nysie	Zamek w Iłży	Twierdza Kłodzko (Poterna)	Kościół pw. św. Jerzego w Hajdukach Nyskich	Zamek Bivona	Dom Hazzazi w Dżudda	Pałac Qasr Al-Abidit w Jordanii	Sanktuarium Machupicchu	Ruiny Bulow Plantation	Suma
1.	TLS				X							1
2.	TLS + tachimetr + fotografia cyfrowa (na potrzeby fotogrametrii, uzupełnienia informacji RGB w chmurze punktów)						X					1
3.	TLS + fotografia cyfrowa (jako dodatkowa część dokumentacji)					X						1
4.	TLS + fotografia cyfrowa (na potrzeby fotogrametrii, uzupełnienia informacji RGB w chmurze punktów)			X				X	X			3
5.	Fotogrametria oparta na fotografii cyfrowej	X										1
6.	TLS + ALS + fotografia cyfrowa (na potrzeby fotogrametrii, uzupełnienia informacji RGB w chmurze punktów i modelu 3D)		X									1
7.	UAV bazowany na LiDAR									X		1
8.	TLS + GPS										X	1

Tabela 10 Powód wyboru technik wykonania inwentaryzacji obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.

POWÓD WYBORU TECHNIK POMIAROWYCH												
L.p.	Kryterium	Ostrów Lednicki	Fort Prusy w Nysie	Zamek w Iłży	Twierdza Kłodzko (Poterna)	Kościół pw. św. Jerzego w Hajdukach Nyskich	Zamek Bivona	Dom Hazzazi w Dżudda	Pałac Qasr Al-Abidit w Jordanii	Sanktuarium Machupicchu	Ruiny Bulow Plantation	Suma
1.	Korzystny stosunek jakości do czasu				X							1
2.	Stosunek ilości informacji do nakładów finansowych, efektywność kosztowa							X	X			2
3.	Możliwość wykonania inwentaryzacji obszaru pokrytego roślinnością i/ lub przedstawieniu elementów znajdujących się pod nią		X							X	X*	3
4.	Wysoka dokładność				X	X	X*	X			X*	5
5.	Nieinwazyjność	X		X					X		X*	4
6.	Elastyczność								X		X	2
7.	Standard zlecenia		X									1
8.	Możliwość zastosowania w trudnodostępnym terenie			X	X	X*	X					4
9.	Utrudnienie zastosowania tradycyjnych technik (np. przez skalę, nieregularność obiektu)		X*	X*	X*		X					4
10.	Ze względu na postępujący proces niszczenia chęć monitorowania zmian i procesu degradacji	X			X	X	X		X			5
Jako "X*" oznaczono kryteria przypisane na podstawie informacji pośrednich (informacje graficzne ujęte w opracowaniach, interpretacje własne informacji)												

Tabela 11 Pierwotna funkcja obiektu na podstawie inwentaryzacji obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.

FUNKCJA PIERWOTNA OBIEKTU												
L.p.	Funkcja	Ostrów Lednicki	Fort Prusy w Nysie	Zamek w Iłży	Twierdza Kłodzko (Poterna)	Kościół pw. św. Jerzego w Hajdukach Nyskich	Zamek Bivona	Dom Hazzazi w Dżudda	Pałac Qasr Al-Abidit w Jordanii	Sanktuarium Machupicchu	Ruiny Bulow Plantation	Suma
1.	Sakralna	X				X				X		3
2.	Rezydencjonalna	X							X			2
3.	Obronna		X	X	X		X					4
4.	Mieszkalna							X				1
5.	Przemysłowa										X	1

Tabela 12 Dokumentacja wykonana na podstawie inwentaryzacji obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.

DOKUMENTACJA OPRACOWANA NA PODSTAWIE INWENTARYZACJI												
L.p.	Czynnik	Ostrów Lednicki	Fort Prusy w Nysie	Zamek w Iłży	Twierdza Kłodzko (Poterna)	Kościół pw. św. Jerzego w Hajdukach Nyskich	Zamek Bivona	Dom Hazzazi w Dżudda	Pałac Qasr Al-Abidit w Jordanii	Sanktuarium Machupicchu	Ruiny Bulow Plantation	Suma
1.	Chmura punktów		X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
2.	Model 3D	X	X	X				X				4
3.	Ortofotografia	X										1
4.	Wydruk 3D	X										1
5.	Dokumentacja 2D			X	X	X	X	X			X	6
6.	Wizualizacje chmury punktów									X		1

Rozważając wybrane artykuły naukowe omawiające zastosowanie skanowania laserowego i fotogrametrii obiektów zagrożonych, ruin lub obiektów w złym stanie technicznym pod względem częstotliwości występowania kryteriów i rozwiązań pozyskano dane przedstawione w poniższych tabelach (Tabela 13-Tabela 18).

Tabela 13 Podsumowanie czynników utrudniających wykonanie inwentaryzacji dla omawianych źródeł.

Różnorodność geometryczna, nieregularność formy (niepłaskie, nieregularne powierzchnie)	8
Liczne anomalie, uszkodzenia, odkształcenia i zniszczenia elementów	8
Utrudniony dostęp	7
Nieczytelny zarys bryły budynku	7
Wysoki stopień zalesienia i pokrycie roślinnością	5
Ograniczony dostęp światła lub powietrza	2
Zagrożenie zawaleniem spowodowanym przez zniszczenie elementów konstrukcyjnych	2

Tabela 14 Powód wykonania inwentaryzacji dla omawianych źródeł.

Wykonanie dokumentacji 2D / 3D	9
Opracowanie dalszych badań	7
Rozpoznanie procesów destrukcji	7
Wykorzystanie pomiarów do adaptacji / restauracji	5
Podniesienie dokładności / uzupełnienie dokumentacji	5
Inwentaryzacja jako część większego programu/założenia	4
Stworzenie modelu 3D	4

Tabela 15 Technika pomiaru dla omawianych źródeł.

TLS + fotografia cyfrowa (na potrzeby fotogrametrii, uzupełnienia informacji RGB w chmurze punktów)	3
Fotogrametria oparta na fotografii cyfrowej	1
TLS + ALS + fotografia cyfrowa (na potrzeby fotogrametrii, uzupełnienia informacji RGB w chmurze punktów i modelu 3D)	1
UAV bazowany na LiDAR	1
TLS + tachimetr + fotografia cyfrowa (na potrzeby fotogrametrii, uzupełnienia informacji RGB w chmurze punktów)	1
TLS + GPS	1
TLS	1
TLS + fotografia cyfrowa (jako dodatkowa część dokumentacji)	1

Tabela 16 Powód wyboru technik pomiarowych dla omawianych źródeł.

Ze względu na postępujący proces niszczenia chęć monitorowania zmian i procesu degradacji	5
Wysoka dokładność	5
Utrudnienie zastosowania tradycyjnych technik (np. przez skalę, nieregularność obiektu)	4
Możliwość zastosowania w trudnodostępnym terenie	4
Nieinwazyjność	4
Możliwość wykonania inwentaryzacji obszaru pokrytego roślinnością i/ lub przedstawieniu elementów znajdujących się pod nią	3
Elastyczność	2
Stosunek ilości informacji do nakładów finansowych, efektywność kosztowa	2
Korzystny stosunek jakości do czasu	1
Standard zlecenia	1

Tabela 17 Dokumentacja opracowana na podstawie inwentaryzacji dla omawianych źródeł.

Chmura punktów	9
Dokumentacja 2D	6
Model 3D	4
Ortofotomapa	1
Wydruk 3D	1
Wizualizacje chmury punktów	1

Tabela 18 Pierwotna funkcja obiektu dla omawianych źródeł.

Obronna	4
Sakralna	3
Rezydencjonalna	2
Mieszkalna	1
Przemysłowa	1

Wnioski:

1. W zakresie czynników utrudniających wykonanie inwentaryzacji obiektów zagrożonych, ruin i obiektów w złym stanie technicznym najczęściej występują: liczne anomalie, uszkodzenia, odkształcenia i zniszczenia elementów, utrudniony dostęp i różnorodność geometryczna, nieregularność formy (niepłaskie, nieregularne powierzchnie). W 7 z 10 artykułów czynnikiem utrudniającym był nieczytelny zarys bryły budynku oraz utrudniony dostęp, a w 5 z 10 wysoki stopień zalesienia i pokrycia roślinnością. Czynniki te pokrywają się ze wstępnymi założeniami i stanowią cechy wspólne dla omawianych obiektów.

2. Głównym powodem wykonania inwentaryzacji (9 z 10 artykułów) była chęć wykonania dokumentacji 2D / 3D. W 7 z 10 artykułów dokumentacja miała stanowić podstawę do opracowania dalszych badań lub służyć do rozpoznania procesów destrukcji.
3. Tylko dla 5 obiektów dokumentacja miała być wykorzystana do adaptacji / restauracji. Na podstawie tej informacji można zauważyć, że użycie to nie jest głównym powodem wykonania pomiaru.
4. W zakresie technik inwentaryzacji dla większości (8 z 10) mianownikiem wspólnym było zastosowanie TLS. Kombinacja, która była najczęściej stosowana to „TLS + fotografia cyfrowa (na potrzeby fotogrametrii, uzupełnienia informacji RGB w chmurze punktów)”.
5. Jako kryteria wyboru przyjętych technik najczęściej wskazywano chęć monitorowania zmian i procesu degradacji, wysoką dokładność, utrudnienia zastosowania tradycyjnych technik, możliwość zastosowania w trudnodostępnym terenie oraz nieinwazyjność. Są to jedne z najważniejszych kryteriów stosowania skanowania laserowego także dla obiektów innych niż zagrożone.
6. Na podstawie inwentaryzacji w 9 z 10 przypadków wykonano chmurę punktów, która była produktem końcowym lub stanowiła bazę dla dalszej dokumentacji.
7. Tylko w jednym przypadku wykonano wydruk 3D.
8. Biorąc pod uwagę pierwotną funkcję obiektu, 4 z 10 obiektów pełniło funkcję obronną, a 3 z 10 sakralną. Cechy obiektów funkcji obronnej w tym wielkość założenia jest jednym z kryteriów uzasadniających użycie współczesnych technik inwentaryzacji. Dla funkcji sakralnej, ze względu na wysokie zróżnicowanie obiektów w tej grupie, ciężko upatrywać tendencji. Warto zwrócić uwagę, że tylko 2 badania dotyczyły funkcji rezydencjonalnych, z czego oba nie dotyczyły obiektów nowożytnych. Tylko 1 z 10 obiektów pełnił funkcję pierwotną mieszkalną.

2.3.3 Chmura punktów

Badacze architektury od dziesięcioleci szukali formy zapisu informacji o obiekcie, która byłaby najbliższa oryginałowi i pozwalałaby przekazać wiedzę o nim także w przypadku jego destrukcji. W „*Alois Riegl, Georg Dehio i kult zabytków*”²¹² można przeczytać

„Wartość historyczną nie dąży do tego, aby zakonserwować ślady dawności, zmiany wywołane wraz z upływem czasu działaniem natury od chwili powstania zabytku – w najlepszym razie są dlań obojętne, jeśli nie wręcz nieznosne. Chodzi

²¹² A. Riegl, G. Dehio, *Alois Riegl, Georg Dehio i kult zabytków*, Oficyna Wydawnicza „Mówią wieki” 2006.

jej raczej o zachowanie możliwie niezafalszowanego dokumentu-świadectwa dla przyszłej rekonstrukcyjnej aktywności historii sztuki na polu badawczym. Jest świadoma, że wszystkie ludzkie kalkulacje i uzupełnienia są wystawione na możliwość subiektywnego błędu; stąd dokument, jako jedynie pewnie dany obiekt, musi pozostać zachowany w stanie możliwie nienaruszonym po to, by nasi następcy byli w stanie skontrolować nasze usiłowania rekonstrukcji i – ewentualnie – zastąpić je działaniami lepszymi i solidniej uzasadnionymi.”²¹³

oraz

*„Z drugiej strony wobec stale rosnącego ulepszania artystyczno-technicznych środków reprodukcji trzeba mieć nadzieję, że w dającej się ogarnąć przyszłości (mianowicie po wynalezieniu absolutnie wiernej fotografii barwnej) powinny zostać odkryte możliwie doskonałe środki zastępcze dla oryginałów źródłowych.”*²¹⁴

Przez lata technologie miernicze rozwijały się dążąc do większej dokładności, pozyskania większej ilości informacji i skrócenia czasu pomiaru. W wyniku ich używania wykonuje się różne rodzaje dokumentacji takie jak rysunki 2D, kolorową fotografię. Zważywszy na dostępne obecnie formy zapisu informacji o zabytku architektury, na szczególną uwagę zasługuje chmura punktów.

²¹³ Ibid., ss. 46–47.

²¹⁴ Ibid., s. 52.

Chmura punktów to zbiór punktów, które tworzą przestrzenną reprezentację obiektu w skali 1:1. Jest to wierne odwzorowanie stanu rzeczywistego w jakim znajdował się obiekt w trakcie pomiaru ²¹⁵. Punkty są wykorzystywane do przedstawiania danych w przestrzeni. Chmurę punktów można pozyskać w wyniku skanowania laserowego oraz metody SfM (ang. *Structure from Motion*). Dokładność pomiaru zależy od użytej metody pozyskania, sprzętu oraz warunków związanych z oświetleniem, dostępem do pomieszczeń, warunkami



Rysunek 8 Przykład widoku fragmentu chmury punktów dworu w Kliczewie Małym wykonany w programie ReCap. Zbliżenie na pojedyncze punkty tworzące chmurę punktów.



Rysunek 7 Przykład widoku chmury punktów dworu w Kliczewie Małym wykonany w programie ReCap.

²¹⁵ K. Drobek, B. Szostak, W. Królikowski, *Metody inwentaryzacji obiektów znajdujących się w stanie ruiny...*

gęstości chmury punktów, jest wyrażany w liczbie punktów na metr kwadratowy (pkt/m²). Przykład różnych gęstości przedstawia Rysunek 9.

Chmury punktów mogą być zapisywane w różnych formatach, w zależności od tego, w jakim programie mają zostać użyte. Najczęściej stosowane formaty to:

1. E57 – otwarty format binarny służący do przechowywania i wymiany chmury punktów wraz z atrybutami takimi jak kolor, intensywność oraz obraz 2D pozyskany w trakcie pomiaru²¹⁶.
2. PLY (ang. *Polygon File Format, Stanford 3D geometry format*) – format pliku tekstowego, który umożliwia zapisanie informacji o chmurze punktów wraz z kolorami poszczególnych punktów.
3. LAS (ang. *LASer*) – otwarty format pliku binarnego, który jest używany do zapisywania danych pochodzących z skanerów LiDAR.
4. XYZ – prosty format pliku tekstowego, który zawiera informacje o współrzędnych punktów w chmurze punktów w układzie kartezjańskim.
5. PCD (ang. *Point Cloud Data*) – format pliku binarnego, który jest używany w bibliotekach oprogramowania do obróbki chmur punktów, takich jak PCL (ang. *Point Cloud Library*).
6. PTS – format pliku, w którym zapisywane są współrzędne punktów pozyskane za pomocą skanowania laserowego lub fotogrametrii. Pliki te zawierają informacje



Rysunek 9 Różna gęstość chmury punktów fragmentu elewacji dworu w Kliczewie Małym przedstawiona w programie ReCap. Lewy rysunek: gęstość z parametrem „*decimation grid*” o wartości 1 mm. Prawy rysunek: gęstość z parametrem „*decimation grid*” o wartości 50 mm.

²¹⁶ E57 - Lidar Point Cloud Data Format [na:] <https://docs.fileformat.com/3d/e57/>, udostępniono 9 grudnia 2022 r.

o położeniu poszczególnych punktów w przestrzeni 3D. Format jest stosowany w badaniach naukowych i inżynierskich, a także w przemyśle budowlanym i architektonicznym.

7. RCS / RCP – format opracowany przez producenta oprogramowania Autodesk. Jest wykorzystywany m.in. w programie ReCap, Revit i AutoCAD.

Wybór odpowiedniego formatu zapisu chmury punktów zależy od typu zapisywanych danych oraz oprogramowania, w którym plik będzie używany.

Pliki można otwierać i edytować w różnych programach, w zależności od planowanego zastosowania. Można tu wymienić:

1. CloudCompare²¹⁷ – darmowy program do edycji chmur punktów, który pozwala na otwieranie plików w formatach takich jak .las, .e57 .xyz, .ply i .pts. W programie uwzględnione jest m.in. filtrowanie, scalanie, docinanie, skalowanie, obracanie i porównywanie chmur punktów. Możliwe jest także na ich podstawie tworzenie geometrii mesh.
2. MeshLab²¹⁸ – darmowy i otwarty program do edycji chmur punktów. Zakres wykorzystania jest zbliżony do programu CloudCompare,
3. Autodesk ReCap²¹⁹ – profesjonalne oprogramowanie do edycji chmur punktów, które umożliwia otwieranie plików takich jak .rcp, .rcs i .ptx. W programie są funkcjonalności związane m.in. z docinaniem chmury punktów, eksportem do formatów takich jak .e57 oraz tworzeniem modeli 3D. Jest szczególnie istotny w kontekście użycia chmur punktów w programie Revit²²⁰, ponieważ program ten umożliwia dołączanie tylko formatów .rcp i rcs.

Chmura punktów znajduje szerokie zastosowanie w badaniach obiektów zabytkowych oraz ich popularyzacji co zostało dokładnie omówione w rozdziale 2.3.4. Wśród zastosowań można wymienić tworzenie dokumentacji 2D, ocenę stanu technicznego oraz tworzenie modeli 3D.

2.3.3.1 Skanowanie laserowe

Pomiar jest wykonywany przy wykorzystaniu skanera laserowego, który wykorzystuje technikę skanowania laserowego. W kontekście obiektów architektonicznych wykonywany jest głównie

²¹⁷ CloudCompare [na:] <https://www.cloudcompare.org/>, udostępniono 11 września 2022 r.

²¹⁸ MeshLab [na:] <https://www.meshlab.net/>, udostępniono 4 listopada 2022 r.

²¹⁹ ReCap [na:] <https://www.autodesk.pl/products/recap/overview>, udostępniono 26 lipca 2021 r.

²²⁰ Revit [na:] <https://www.autodesk.pl/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>, udostępniono 12 września 2022 r.

naziemne skanowanie laserowe (ang. *TLS*). Technologia ta znajduje zastosowanie w inwentaryzacji obiektów o różnym charakterze i skali.

Pomiary skanerem laserowym rozpoczyna się od określenia podstawowych wymagań jakie ma spełnić pomiar i są to m.in.:

1. Dokładność pomiaru,
2. Gęstość informacji²²¹,
3. Zakres przestrzenny pomiaru,
4. Konieczność uzupełnienia pomiaru o informację RGB,
5. Cel wykonania pomiaru (np. opracowanie dokumentacji 2D, stworzenie modelu 3D),
6. Forma i format przekazania pomiarów.

Następnie wykonywana jest wizja lokalna, która pozwala zapoznać się z podstawowymi cechami i specyfiką obiektu. Należy wziąć pod uwagę:

1. ewentualne uporządkowanie roślinności zakrywającej elewację,
2. dostosowanie aranżacji pomieszczeń tak, by były widoczne powierzchnie objęte pomiarem,
3. zapewnienie dostępu do pomieszczeń.

Na podstawie tych informacji należy wstępnie określić liczbę i lokalizację stanowisk pomiarowych, sposób orientacji chmur punktów w ramach układu geodezyjnego (np. przez integrację odbiornika GPS ze skanerem laserowym²²²) oraz sposób złożenia i edycji chmury punktów. Odpowiednia georeferencja w kontekście obiektów nieistniejących pozwoli na określenie lokalizacji obiektu, nawet gdy ten nie będzie widoczny. Można dzięki temu przeprowadzić prace archeologiczne elementów znajdujących się pod powierzchnią ziemi. Określenie powyższych parametrów pozwala na sprawne przeprowadzenie pomiarów.

Dokładność pomiaru, gęstość informacji, możliwość pozyskania RGB oraz zasięg zależą od specyfikacji urządzenia. Należy zwrócić uwagę czy urządzenie sprosta stawianym wymaganiom. W kontekście parametrów można wymienić (wartości przykładowe dla Faro Focus modele S70, M70, S150, S350²²³):

1. Maksymalna odległość skanowania 3D – 70-350 m,
2. Błąd pomiaru odległości – od +/- 1 mm do +/-3 mm,
3. Szybkość skanowania – od 500 000 do 1 000 000 punktów na sekundę,

²²¹ B. Mitka, *Możliwości zastosowania naziemnych skanerów laserowych w procesie dokumentacji i modelowania obiektów zabytkowych*, „Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji” t. 17b (2007).

²²² Ibid.

²²³ FARO Focus Laser Scanner Performance Specifications, FARO Technologies.

4. Pole widzenia – 300° pionowo, 360° poziomo,
5. Temperatura w jakiej może być używane urządzeni – 5-40°C,
6. Rozdzielczość aparatu – kolor do 165 megapikseli.

Na rynku są dostępne urządzenia różnych producentów, w tym Leica Geosystems²²⁴, Faro²²⁵, Hexagon²²⁶, Z+F²²⁷, Trimble²²⁸. Każdy z nich oferuje różne modele skanerów o różnych funkcjach i specyfikacjach technicznych.

W trakcie pomiaru skaner umieszczany jest na statywie (Rysunek 10), który zapobiega przemieszczaniu urządzenia podczas pomiaru. Urządzenie emituje stałą lub pulsacyjną wiązkę światła laserowego. W trakcie pomiaru skaner obraca się o 360° wokół własnej osi pionowej, co zapewnia poziomą dystrybucję wiązki. W tym samym czasie obrotowe lustro odbija wiązkę w



Rysunek 10 Zdjęcie skanera laserowego Faro w trakcie pomiaru dworu w Nużewie.

kierunku pionowym. Dzięki połączeniu tych dwóch kierunków wiązka lasera jest emitowana niemal sferycznie dookoła urządzenia. Ograniczeniem jest kąt pionowy, który zazwyczaj wynosi do 270°-300° ze względu m.in. na przesłanianie przez urządzenie.

Gdy wiązka trafi na przeszkodę (np. ścianę budynku) odbija się od niej i część jej energii wraca do skanera. Jeśli powracający sygnał jest wystarczająco silny, na jego podstawie wykonywane są w urządzeniu obliczenia współrzędnych punktu, w którym doszło do odbicia od powierzchni. Czasomierz oblicza odległość powierzchni od skanera, zapisywane są także informacje o kącie poziomym i pionowym. Po połączeniu tych danych możliwe jest określenie współrzędnych punktu XYZ.

W trakcie pomiaru można wykonywać sferyczną dokumentację fotograficzną modulem zewnętrznym lub wbudowanym w skaner. Zdjęcia nakładane są na chmurę punktów w wyniku

²²⁴ Leica Geosystems [na:] <https://leica-geosystems.com/pl-pl>, udostępniono 9 grudnia 2022 r.

²²⁵ FARO [na:] <https://www.faro.com/>, udostępniono 9 grudnia 2022 r.

²²⁶ Hexagon [na:] <https://hexagon.com/products/product-groups/measurement-inspection-hardware/3d-laser-scanners>, udostępniono 9 grudnia 2022 r.

²²⁷ Laser scanners: Zoller+Fröhlich [na:] <https://www.zofre.de/en/laser-scanners>, udostępniono 9 grudnia 2022 r.

²²⁸ Trimble [na:] <https://www.trimble.com/en/>, udostępniono 9 grudnia 2022 r.

czego, każdy punkt otrzymuje RGB. Wykonywanie dokumentacji zdjęciowej wydłuża czas potrzebny na wykonanie pomiaru każdego ze stanowisk. Pliki są zapisywane na kartę SD, sterowanie skanerem może odbywać się za pomocą ekranu dotykowego i połączenia WLAN (ang. *Wireless Local Area Network*).

Po wykonaniu pomiaru w jednym miejscu, plik jest zapisywany, a skaner jest przenoszony w kolejną lokalizację. Każdy kolejny pomiar powinien zawierać wspólne punkty referencyjne z poprzednim, tak by było możliwe połączenie pojedynczych pomiarów w chmurę punktów. Łączenie plików odbywa się zazwyczaj po zakończeniu pomiaru.

Istnieją urządzenia, które umożliwiają podgląd wstępnie połączonej chmury. W przypadku producenta Leica rozwiązanie to opiera się o technologię Wizualnego SLAM (ang. *Simultaneous Localization And Mapping*), która została opracowana dla grupy Hexagon i zakłada jednoczesną lokalizację skanera w przestrzeni i mapowanie²²⁹ oraz Technologię Wizualnego Systemu Inercyjnego (ang. *VIS, Visual Inertial System*). Podgląd wstępnego łączenia można oglądać w trakcie pomiaru np. na tablecie. Pozwala to zweryfikować czy cały obszar został objęty w chmurze punktów, dzięki czemu możliwe jest uniknięcie konieczności uzupełniania pomiarów.

Wspólne punkty referencyjne mogą być uwzględnione w różny sposób:

1. Kule referencyjne – „*wzorce sfery o określonych geometrycznie parametrach oraz wysokim albedo*”²³⁰. Obiekty takie są nietypową geometrią w środowisku, dzięki czemu łatwe jest ich wykrycie przez algorytmy lub ręczne.
2. Tarcze pomiarowa, np. szachownica – kwadratowa lub okrągła tarcza, na której naniesione zostały pola w kolorze czarnym tworząc wysoki kontrast z polami białymi. Tak jak dla kuli referencyjnej jest to nietypowy wzór, który można łatwo zidentyfikować.
3. Charakterystyczne elementy budynku takie jak okna, otwory drzwiowe.

Po pomiarze konieczne jest złożenie pojedynczych plików w chmurę punktów. Producenci skanerów dostarczają dedykowane temu oprogramowanie, jak Faro Scene²³¹ lub Leica

²²⁹ Technologia Wizualnego Systemu Inercyjnego (VIS) | Leica Geosystems [na:] https://leica-geosystems.com/pl-pl/products/laser-scanners/scanners/leica-rtc360/visual_inertial_system_technology, udostępniono 10 grudnia 2022 r.

²³⁰ E. Świerczyńska, *Wykorzystanie kul referencyjnych do badanie metrycznych właściwości naziemnego skanera laserowego* [w:] M. Kwaśniak (red.), *Techniki inwentaryzacji i monitoringu obiektów inżynierskich*, Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej 2015.

²³¹ FARO Scene [na:] <https://www.faro.com/en/Products/Software/SCENE-Software>, udostępniono 26 lipca 2021 r.

Cyclone²³². Programy takie, dzięki wbudowanym algorytmom, pozwalają na automatyczną detekcję punktów referencyjnych i automatyczne łączenie chmur punktów metodą chmura do chmury (ang. *cloud-to-cloud*). W przypadku braku możliwości automatycznej detekcji dla całości lub części skanów konieczne jest ręczne wskazanie punktów referencyjnych. Dedykowane oprogramowanie może zawierać także, moduły oczyszczające chmurę punktów z tzw. szumów spowodowanych poruszającymi się obiektami lub osobami, które znajdowały się w zasięgu wiązki lasera w trakcie pomiarów. Finalna chmura punktów może mieć różną dokładność, jednak zazwyczaj mieści się w dokładności 2-10 mm.

Do zalet skanowania laserowego należą:

1. Wysoka dokładność^{233 234},
2. Wierność odwzorowania²³⁵,
3. Szybkość pozyskania dużej ilości danych²³⁶,
4. Krótki czas pracy, biorąc pod uwagę ilość pozyskanych informacji^{237 238},
5. Odwzorowanie odkształceń, anomalii i nierówności²³⁹,
6. Możliwość pomiaru w ciemnych pomieszczeniach,
7. Możliwość podglądu chmury punktów w trakcie pomiaru.

Wśród wad wyróżnia się:

1. Ograniczenia penetracji otoczenia przez wiązkę lasera²⁴⁰,
2. Wysoki koszt skanera laserowego²⁴¹,
3. Konieczność wykorzystania sprzętu komputerowego o dużej mocy obliczeniowej²⁴².

2.3.3.2 Fotogrametria SfM

Chmura punktów może być pozyskana także w wyniku stosowania metody fotogrametrycznej SfM (ang. *Structure from Motion*). Jest to technologia, która pozwala na tworzenie modeli 3D

²³² Leica Cyclone 3D [na:] <https://leica-geosystems.com/pl-pl/products/laser-scanners/software/leica-cyclone>, udostępniono 10 grudnia 2022 r.

²³³ K. Drobek, B. Szostak, W. Królikowski, *Metody inwentaryzacji obiektów znajdujących się w stanie ruiny...*

²³⁴ H. Markowski, *Zastosowanie skanowania laserowego 3D w inwentaryzacji budynków zabytkowych*, „Builder” t. 24 nr 6 (2020), DOI: 10.5604/01.3001.0013.6405.

²³⁵ K. Drobek, B. Szostak, W. Królikowski, *Metody inwentaryzacji obiektów znajdujących się w stanie ruiny...*

²³⁶ B. Mitka, *Możliwości zastosowania naziemnych skanerów laserowych w procesie dokumentacji i modelowania obiektów zabytkowych...*

²³⁷ K. Drobek, B. Szostak, W. Królikowski, *Metody inwentaryzacji obiektów znajdujących się w stanie ruiny...*

²³⁸ H. Markowski, *Zastosowanie skanowania laserowego 3D w inwentaryzacji budynków zabytkowych...*

²³⁹ K. Drobek, B. Szostak, W. Królikowski, *Metody inwentaryzacji obiektów znajdujących się w stanie ruiny...*

²⁴⁰ Ibid.

²⁴¹ H. Markowski, *Zastosowanie skanowania laserowego 3D w inwentaryzacji budynków zabytkowych...*

²⁴² Ibid.

i chmur punktów na podstawie serii zdjęć wykonanych z różnych perspektyw. Fotogrametria SfM wykorzystuje algorytmy komputerowe do analizy i przetwarzania zdjęć, w celu określenia ich położenia w przestrzeni i wygenerowania informacji 3D.

Technologia ta jest stosowana w różnych dziedzinach, takich jak geodezja, budownictwo, archeologia czy geoinformatyka.

Faza przygotowawcza pomiaru jest zbliżona do tej dla skanowania laserowego. Należy zwrócić szczególną uwagę na to, czy pomieszczenia są odpowiednio doświetlone. W przypadku braku światła naturalnego lub sztucznego należy zapewnić dodatkowe oświetlenie. Należy zwrócić także uwagę czy obszar objęty pomiarem jest dostępny. Dla elementów znajdujących się wysoko należy rozważyć zastosowanie bezzałogowego statku powietrznego wyposażonego w aparat cyfrowy.

Pomiar polega na wykonaniu serii zdjęć. Dokładność końcowej chmury punktów i modelu 3D są uzależnione m.in. od:

1. Jakości i liczby zdjęć – im lepsza jakość i im więcej zdjęć zostanie wykorzystanych do tworzenia informacji 3D, tym dokładniejszy i bardziej szczegółowy będzie model.
2. Warunków oświetleniowych – zdjęcia powinny być wykonane w jasnym i równomiernym oświetleniu, bez cieni i refleksów.

Zdjęcia wykonywane być powinny z uwzględnieniem zasad:

1. Zdjęcia należy wykonać z różnych perspektyw i kątów, aby zapewnić pełne przedstawienie obiektu lub sceny. Najkorzystniejsze jest wykonanie zdjęć 360° dookoła obiektu. W przypadku obiektów architektonicznych jest to niemożliwe, więc należy wykonać zdjęcia poruszając się dookoła obiektu.
2. Wykonać co najmniej minimalną liczbę zdjęć wymaganych przez stosowane oprogramowanie.
3. Nie należy przesuwac obiektów, np. zamykać lub otwierać drzwi. Algorytmy automatycznie określające punkty wspólne mogą mieć problem z ich znalezieniem, gdy element zmieni swoją pozycję.
4. Nie należy stosować dla obiektów przezroczystych i luster. W takich sytuacjach należy zakryć lub zmatowić powierzchnię.
5. Dążyć do minimalizacji pola tła w zdjęciu.
6. Stosować rozproszone, jednolite oświetlenie bez wysokich kontrastów.
7. Nie używać lampy błyskowej, ponieważ tworzy ona silne kontrasty.
8. Wykonywać zdjęcia w najwyższej możliwej jakości.

9. Zapewnić 50% nakładania się kolejnych ujęć.

Po wykonaniu zdjęć przy użyciu specjalistycznego oprogramowania tworzony jest model 3D, dla którego fazą przejściową jest chmura punktów. Programy wykorzystujące technologię SfM działają na podstawie algorytmów komputerowych, które analizują i przetwarzają serię zdjęć w celu wygenerowania przestrzennej informacji. Ogólna kolejność wykonywania czynności to:

1. Import zdjęć – program importuje serię zdjęć do swojej bazy danych. Zdjęcia powinny być wykonane mając na uwadze powyższe zasady.
2. Analiza zdjęć – program wykorzystuje algorytmy komputerowe do analizy zdjęć i określenia ich położenia w przestrzeni. Mogą być wykorzystywane różne metody, takie jak korelacja obrazów czy triangulacja, aby zidentyfikować punkty charakterystyczne na zdjęciach i określić ich pozycję w przestrzeni.
3. Tworzenie chmury punktów i modelu 3D – po zakończeniu analizy zdjęć, program wykorzystuje wyniki tej analizy do tworzenia przestrzennej informacji.
4. Edycja i eksport – w zależności od rodzaju oprogramowania możliwa jest edycja modelu taka jak skalowanie, obracanie, usuwanie fragmentów siatki. Po zakończeniu tego procesu można wykonać eksport do różnych formatów plików, takich jak .ply, .obj, .e57.

Programy do fotogrametrii SfM to m.in.:

1. AgiSoft PhotoScan²⁴³ – profesjonalne oprogramowanie do fotogrametrii SfM, które umożliwia wygenerowanie dokładnych i szczegółowych modeli 3D z obrazów cyfrowych. Oferuje szeroki zakres narzędzi i opcji, umożliwiających precyzyjną kontrolę nad procesem tworzenia modelu. W przypadku braku automatycznego złożenia modeli istnieje możliwość ręcznego wskazania wspólnych punktów.
2. Autodesk ReCap Photo²⁴⁴ – program do fotogrametrii SfM, który umożliwia tworzenie informacji 3D z obrazów cyfrowych. Jest częścią oprogramowania Autodesk ReCap, które służy do obróbki chmur punktów. Program umożliwia skalowanie, przesuwanie modelu, optymalizację siatki oraz korekcję błędów. Tworzenie modelu odbywa się w chmurze, co utrudnia przewidzenie czasu potrzebnego do jego stworzenia. Nie jest także dostępny efekt pośredni w postaci chmury punktów. Istnieje jednak możliwość zapisania pliku jako .pts i późniejsze otwarcie jako chmury punktów.

²⁴³ Agisoft [na:] <https://www.agisoft.com/>, udostępniono 10 grudnia 2022 r.

²⁴⁴ ReCap.

3. Meshroom²⁴⁵ – darmowy i otwarty program do fotogrametrii SfM, który umożliwia tworzenie modeli 3D z obrazów cyfrowych. Program ten został stworzony przez firmę AliceVision i jest dostępny na wielu platformach, takich jak Windows, Linux i macOS. Program umożliwia zapis zarówno chmury punktów jak i modelu 3D. Kolejne zadania są wykonywane zgodnie z zadaniami reprezentowanymi przez moduły.

Programy używają różnych algorytmów dopasowania danych co powoduje to, że na podstawie tego samego zestawu zdjęć można uzyskać różne efekty (przykład przedstawiono w rozdziale 3.2.6.1). Są dostępne także aplikacje działające na telefonach komórkowych, dostępne dla systemu operacyjnego Android oraz Apple iOS (np. Polycam²⁴⁶).

Zalety fotogrametrii SfM to m.in.:

1. Dostępność darmowego oprogramowania do tworzenia informacji 3D,
2. Szeroka dostępność sprzętu w postaci aparatu cyfrowego,
3. Niski koszt sprzętu.

Wady to m.in.:

1. Konieczność zapewnienia odpowiedniego oświetlenia – w przestrzeniach ciemnych jest konieczność wydłużenia czasu naświetlania, co wydłuża czas stworzenia dokumentacji²⁴⁷.
2. Dla pomiarów wielu przestrzeni, szczególnie wewnątrz, może zaistnieć problem w automatycznym złożeniu danych. W takich sytuacjach należy zastosować ręczne wskazywanie punktów wspólnych.
3. Trudny do przewidzenia efekt końcowy.

2.3.3.3 Porównanie skanowania laserowego i SfM

Poniżej przedstawiono zestawienie porównawcze podstawowych cech dwóch omawianych technik pozyskania chmury punktów (Tabela 19):

²⁴⁵ Meshroom: 3D Reconstruction Software [na:] <https://github.com/alicevision/Meshroom>, udostępniono 23 września 2022 r.

²⁴⁶ Polycam [na:] <https://poly.cam/>, udostępniono 22 marca 2023 r.

²⁴⁷ CR hub: Challenging environment photogrammetry [na:] <https://www.youtube.com/watch?v=n9t--7gqtVA>, udostępniono 10 grudnia 2022 r.

Tabela 19 Porównanie cech charakterystycznych skanowania laserowego i SfM.

Informacja	Skanowanie laserowe	SfM
Urządzenie	Skaner laserowy	Aparat fotograficzny
Dokładność pomiaru	Od +- 1 mm do ok. +- 3 mm w zależności od użytego sprzętu.	Końcowa dokładność chmury punktów trudna do przewidzenia. Ogólnie przyjmuje się, że niższa niż dla skanowania laserowego ²⁴⁸ .
Koszt sprzętu	Wysoki	Niski
Mapa intensywności	+	-
Możliwość wykonania pomiaru w ciemnym pomieszczeniu	+	-
Możliwość zastosowania UAV	Możliwy, ale związane z wysokim kosztem i niższą dostępnością urządzeń.	Możliwy, niski koszt, szeroka dostępność.

Stosowanym rozwiązaniem jest połączenie tych dwóch technik i technologii. Z użyciem SfM i nalotu bezzałogowym statkiem powietrznym pozyskiwana jest informacja o kształcie dachu oraz innych miejscach, gdzie nie może dotrzeć wiązka lasera. Reszta obiektu jest skanowana, co zapewnia wyższą dokładność.

Mając na uwadze powyższe możliwości i ograniczenia sposobów pozyskania chmury punktów niemożliwym jest uniwersalne stwierdzenie, która metoda jest lepsza. Należy dostosować rozwiązanie do konkretnego zadania.

2.3.3.4 Wady i zalety stosowania chmury punktów

Rozważając chmurę punktów jako formę zapisu danych o obiekcie należy mieć na uwadze zalety i wady tego rozwiązania.

Zalety:

1. Szeroki zakres informacji – oprócz informacji odległościowych uwzględniona może być informacja kolorystyczna oraz dodatkowe mapy takie jak mapa intensywności.

²⁴⁸ D. Moon i in., *Comparison and utilization of point cloud generated from photogrammetry and laser scanning: 3D world model for smart heavy equipment planning*, „Automation in Construction” t. 98 (2019), DOI: 10.1016/j.autcon.2018.07.020.

2. Minimalizacja interpretacji danych ²⁴⁹ – chmura punktów jest najwierniejszym dostępnym zapisem informacji przestrzennej budynku zapewniająca wymianę danych „cyfrowe do cyfrowego” (ang. *digital – to - digital*). Inne techniki miernicze jak np. pomiar dalmierzem laserowym czy tachimetrem przedstawiają punkty charakterystyczne wybrane przez osobę dokonującą pomiaru.
3. Wysoka dokładność.
4. Szeroka możliwość zastosowania – omówione w rozdziale 2.3.4.
5. Przedstawienie 3D, jakim jest chmura punktów, jest zgodne z naturalną percepcją, dzięki czemu nie wymaga dodatkowego kodowania ²⁵⁰ i jest najbliższe temu, jak człowiek poznaje obiekt architektoniczny.

Wady:

1. Dokumentacja w formie wydruków pozwala uniknąć problemów związanych z otwarciem plików w nowych wersjach oprogramowania. Należy zwrócić szczególną uwagę na używanie otwartych formatów oraz wieloletnie bezpieczeństwo danych. W tym zakresie należałoby skonsultować rozwiązania ze specjalistami w tej dziedzinie.
2. W porównaniu do plików .pdf, .jpg, .dwg pliki chmury punktów są większe i wymagają więcej przestrzeni cyfrowej do przechowywania.
3. Krótszy kontakt z obiektem – specjalista dokonujący pomiaru ze względu na szybkie pozyskanie danych ma krótszy kontakt z obiektem, co może doprowadzić do mniejszej wiedzy o budynku.

Fakt, że jest to jedna z nowszych technologii zapisu stawia także poniższe wyzwania:

1. Konieczność wypracowania i ustandaryzowania metod pozyskania chmury punktów oraz samej chmury punktów.
2. Wysokie wymagania dotyczące mocy obliczeniowej komputera.
3. Konieczność inwestycji finansowych oraz czasowych w rozszerzanie kompetencji w zakresie użycia chmury punktów.
4. Konieczność inwestycji finansowych oraz czasowych w nowe rozwiązania.

Wnioski:

1. Chmura punktów może być pozyskana w wyniku skanowania laserowego lub fotogrametrii SfM.

²⁴⁹ M. Forte, *Cyberarchaeology: a Post - Virtual Perspective* [w:] P. Svensson, D. T. Goldberg (red.), *Between Humanities and the Digital*, The MIT Press 2021.

²⁵⁰ J. Słyk, *Modele architektoniczne*, Warszawa 2020, s. 15.

2. Istnieje szeroki wachlarz rozwiązań zarówno w kontekście sprzętu jak i oprogramowania, który umożliwia pozyskanie i edycje chmur punktów.

2.3.4 Zastosowania chmur punktów w kontekście obiektów zagrożonych i ich przyszłego użycia w sytuacji destrukcji obiektu

W rozdziale omówiono rodzaje opracowań i analiz tworzonych na podstawie chmury punktów w kontekście obiektów zagrożonych. Sens pozyskiwania danych przez skanowanie laserowe i lub fotogrametrie jest wtedy, gdy są one wykorzystywane. Stąd kwestia zapewnienia możliwości ich najszerszego zastosowania jest kluczowa. Warto podkreślić, że istnieje możliwość konwersji chmury punktów na model mesh, np. przy użyciu programu CloudCompare²⁵¹, więc omówiono także przykłady oparte na modelu poligonowym. Dla części zastosowań ze względu na dostępność oprogramowania i wymagania sprzętowe korzystniejsze może się okazać wykorzystanie chmury punktów, a dla innych model poligonowy.

Dla obiektów zagrożonych, których prawdopodobieństwo destrukcji jest wysokie, ważne jest jak najszersze przedstawienie zastosowań. Zapewni to możliwość prowadzenia badań przez przyszłe pokolenia na podstawie zgromadzonej dokumentacji. W przypadku celowego wykonywania skanu lub fotogrametrii, jak np. na potrzeby wykonania projektu restauracji elewacji, można ograniczyć zakres pozyskania danych do tego co jest bezpośrednio potrzebne do spełnienia celu. W przypadku kontekstu obiektów zagrożonych, należy brać pod uwagę jak najszersze zastosowanie chmury punktów i nie powinno dochodzić do jego ograniczenia.

Podane niżej wykorzystania są w literaturze omawiane dla obiektów istniejących, nie zawsze zabytkowych. W związku z tym, dla każdego zakresu przedstawiono kontekst zabytkowych obiektów zagrożonych i użycia danych w sytuacji destrukcji obiektu.

Ze względu na brak statystyk co do popularności i dostępności omawianego oprogramowania, w poniższych rozważaniach informacje odnoszą się do rynku rodzimego i są oparte na własnych obserwacjach zawodowych oraz przykładach dostępnych w literaturze. Informacje co do technicznych możliwości oprogramowania opierają się o obecny stan wiedzy i należy zwrócić uwagę na ciągły rozwój rozwiązań proponowanych przez producentów.

²⁵¹ CloudCompare.

2.3.4.1 Tworzenie dokumentacji

Jednym z podstawowych zastosowań chmury punktów jest tworzenie dokumentacji. Może przybierać ona formę opracowań 2D (np. w programie AutoCAD²⁵²) lub modeli 3D. Opracowania 2D to m.in. rzuty, przekroje, rozwinięcia elewacji i dokumentacja detali.

Chmura punktów: Dokumentacja tworzona jest przez dołączanie chmury punktów, przycinanie jej i obrysowywanie liniami. Proces obrysowywania może być usprawniany automatyczną ekstrakcją linii. Rozwinięcia elewacji, oprócz informacji linearnej, mogą zawierać informację kolorystyczną będącą płaskim widokiem chmury punktów. Dzięki wykorzystaniu map takich jak m.in. ang. *Delta*, ang. *Reflectivity* kontury ubytków, gzymsów, pilastrów i innych są lepiej widoczne²⁵³. Dokumentacja detali, oprócz obrysu może także zawierać informacje w formie bezpośredniego widoku chmury punktów.

Tworzenie architektonicznej dokumentacji 3D na podstawie chmury punktów opiera się głównie na technologii BIM (ang. *Building Information Modelling*). Chmura punktów jest dołączana do pliku, a następnie na podstawie informacji przestrzennych odtwarzana jest geometria 3D. Tworząc płaskie widoki geometrii 3D, na podstawie modelu opracowywana może być dokumentacja 2D. Tematyka zastosowania BIM jest omówiona w dalszej części.

Model mesh: Dokumentacja 2D i 3D może być tworzona także na podstawie modelu mesh. Taka forma danych zasługuje na szczególną uwagę w kontekście widoków elewacji, które są graficznie wyraźniejsze niż na podstawie chmury punktów. Proces tworzenia dokumentacji jest zbliżony jak w przypadku chmury punktów i opiera się na tworzeniu roboczych przekrojów, które stanowią podkład dla informacji 2D i 3D. Należy zwrócić uwagę, że oprogramowanie dedykowane dla architektów do tworzenia dokumentacji 2D (m.in. AutoCAD²⁵⁴) i 3D (m.in. Revit²⁵⁵, Archicad²⁵⁶) jest nastawione bardziej na chmury punktów niż na model mesh w formacie m.in. .obj.

Obiekty nieistniejące: Dokumentacja 2D i 3D obiektów nieistniejących jest tworzona na potrzeby analiz, weryfikacji i uzupełnienia istniejącej dokumentacji oraz innych. Ze względu na braki i niepoprawność w dokumentacji części obiektów zabytkowych dane 3D stanowią

²⁵² AutoCAD [na:] <https://www.autodesk.pl/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>, udostępniono 11 września 2022 r.

²⁵³ E. Dudzińska, K. Argasiński, *Laser scanning as a source of information in the analysis of the facades of heritage at risk – the mansion in Kliczewo Male*, „Materiały Budowlane” nr 8 (2022), DOI: 10.15199/33.2022.08.12.

²⁵⁴ AutoCAD.

²⁵⁵ Revit.

²⁵⁶ Archicad [na:] <https://graphisoft.com/solutions/archicad>, udostępniono 12 września 2022 r.

źródło do ich uzupełnienia i weryfikacji. Chmura punktów i model poligonowy nie są wykorzystywane w kontekście obiektów nieistniejących do prac związanych z fizyczną renowacją obiektu oraz innymi pracami wpływającymi na fizyczny stan budynku.

2.3.4.2 Ocena stanu technicznego

Dokumentacja 3D jako źródło informacji przestrzennych, kolorystycznych i innych stanowią podstawę dla wielobranżowych analiz deformacji²⁵⁷, odkształceń, wykwitów i innych. Analizy takie są wykorzystywane w celu m.in. określenia bezpieczeństwa konstrukcji, prac zabezpieczających i naprawczych.

Chmura punktów: Używając oprogramowania jak PointCab²⁵⁸, przez zadanie płaszczyzny względem których mierzona jest deformacja lub odkształcenie możliwe jest wykonanie analizy, w której graficznie (kolorystycznie) oznaczone są punkty²⁵⁹. Możliwe jest określenie m.in. odchyłeń elewacji, ścian, nierówności podłogi. Wykorzystanie mapy intensywności odbicia wiązki promienia laserowego w chmurze punktów, znajduje zastosowanie w ocenie stanu konstrukcji betonowych²⁶⁰. Chmura punktów może stanowić także źródło informacji dla zbudowania modelu dla obliczeń wytrzymałościowych konstrukcji²⁶¹.

Model mesh: Przykładem użycia modelu poligonowego do analizy jest obliczenie na podstawie warstwy zawilgoconej, obszaru objętego ryzykiem²⁶². Model poligonowy jest także formą informacji na podstawie, której tworzone są ortofotomapy w celu analizy niszczenia powierzchni²⁶³. Wykonywane są także analizy odchyłeń przy użyciu np. oprogramowania CloudCompare²⁶⁴. Nie możliwe natomiast jest wykorzystanie mapy intensywności.

²⁵⁷ A. Scharf, *Terrestrial Laser Scanning for Wooden Façade-system Inspection*, Luleå University of Technology Department of Engineering Sciences and Mathematics, 2019 r.

²⁵⁸ PointCab [na:] <https://pointcab-software.com/en/>, udostępniono 24 lutego 2022 r.

²⁵⁹ E. Dudzińska, K. Argasiński, *Laser scanning as a source of information in the analysis of the façades of heritage at risk – the mansion in Kliczewo Male...*

²⁶⁰ J. Zaczek-Peplinska, K. Osińska-Skotak, G. Klaudia, *Możliwości wykorzystania zmian intensywności odbicia promienia laserowego do oceny stanu konstrukcji betonowej* [w:] A. Plichta, I. Wyczałek (red.), *Inżynierskie zastosowania geodezji*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 2012.

²⁶¹ Ł.J. Bednarz i in., *From digital surveying to heritage analysis on the example of a baroque church: A proposal for structural strengthening and monitoring*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” t. 65 (2021), DOI: 10.48234/WK65MONITORING.

²⁶² F. Soler, F.J. Melero, M.V. Luzón, *A complete 3D information system for cultural heritage documentation*, „Journal of Cultural Heritage” t. 23 (2017), DOI: 10.1016/j.culher.2016.09.008.

²⁶³ C. Vernizzi, *Survey for Knowledge and Communication of the Architectural Heritage: Case Study Rocca di Codiponte*, „Putting Tradition Design Heritage, Place and into Practice: Proceedings of 5th INTBAU International Annual Event” t. 3 (2018), DOI: 10.1007/978-3-319-57937-5.

²⁶⁴ CloudCompare.

Obiekty nieistniejące: Ze względu na fakt, że obiekt już nie istnieje przez co nie będzie prowadzonych prac zabezpieczających, konstrukcja nie stanowi zagrożenia bezpieczeństwa oraz brak jest możliwości zgromadzenia fizycznych próbek materiałów w celu zbadania właściwości materiału, zastosowanie chmury punktów i modelu mesh w ocenie stanu technicznego konstrukcji obiektu nieistniejącego może mieć ograniczony charakter badawczy.

2.3.4.3 Wirtualna rzeczywistość

Wirtualna rzeczywistość (VR, ang. *Virtual Reality*) jest wygenerowanym komputerowo środowiskiem, które użytkownik może odbierać w czasie rzeczywistym²⁶⁵. Do jej odbioru konieczne jest użycie HMD (ang. *Head Mounted Display*) typu Oculus Rift lub inne, które wyświetlają przed oczami użytkownika obraz obracający się wraz z ruchem głowy. System może być uzupełniony o ręczne kontrolery, które umożliwiają interakcję z przedmiotami, jak np. podniesienie kubka. Obiekt można oglądać z perspektywy człowieka, ale także z punktów, które nie są tak łatwo dostępne jak np. z lotu ptaka²⁶⁶. Wirtualna rzeczywistość w kontekście dziedzictwa znajduje zastosowanie w turystyce oraz może być wykorzystywana w edukacji²⁶⁷ (cytowany przykład odnosi się do modelu stworzonego w programie SketchUp²⁶⁸, ale proces zapoznania się z chmurą punktów i modelem 3D, ze względu na jego podobieństwo, mógłby przynieść zbliżone efekty). Modele tworzone na podstawie chmury punktów²⁶⁹ i modelu mesh mogą być uzupełnione o informacje historyczne i stanowić formę zwiedzania obiektu, gdy np. ze względów bezpieczeństwa nie jest to możliwe w bezpośredniej formie.

Chmura punktów: Może być bezpośrednio stosowana przy użyciu m.in. Unreal Engine²⁷⁰ i Twinmotion²⁷¹. Ze względu na obciążenie wydajnościowe sprzętu komputerowego chmura punktów może być zmieniana na model mesh, a sama geometria optymalizowana²⁷².

²⁶⁵ A. Asanowicz, *Systemy rzeczywistości wirtualnej w architekturze*, „Architecturae et Artibus” t. 4 nr 4 (2012).

²⁶⁶ F. Poux i in., *Initial user-centered design of a virtual reality heritage system: Applications for digital tourism*, „Remote Sensing” t. 12 nr 16 (2020), DOI: 10.3390/RS12162583.

²⁶⁷ S. Kowalski i in., *Teaching architectural history through virtual reality*, „World Transactions on Engineering and Technology Education” t. 18 nr 2 (2020).

²⁶⁸ SketchUp [na:] <https://sketchup.com.pl/>, udostępniono 22 marca 2023 r.

²⁶⁹ J. Franczuk i in., *Direct use of point clouds in real-time interaction with the cultural heritage in pandemic and post-pandemic tourism on the case of Kłodzko Fortress...*

²⁷⁰ Unreal Engine [na:] <https://www.unrealengine.com/en-US/>, udostępniono 11 września 2022 r.

²⁷¹ Twinmotion [na:] <https://www.twinmotion.com/en-US/>, udostępniono 11 września 2022 r.

²⁷² F. Poux i in., *Initial user-centered design of a virtual reality heritage system: Applications for digital tourism...*

Model mesh: Ze względu na większą dostępność oprogramowania z opcją importu modelu mesh (oprócz wcześniej wspomnianych m.in. Lumion²⁷³ i Unity²⁷⁴) istnieje szersza gama rozwiązań i możliwości zastosowania w wirtualnej rzeczywistości. Mając na uwadze wydajność sprzętu geometria może zostać poddana optymalizacji pod kątem liczby poligonów. Biorąc pod uwagę ciągły rozwój technologiczny i zakładając brak regresu, jest możliwe, że chmury punktów i rozbudowane modele mesh nie będą musiały być poddawane optymalizacji i będą mogły służyć za bezpośrednie źródło obrazu o wysokiej szczegółowości.

Obiekty nieistniejące: Ze względu na brak możliwości bezpośredniego kontaktu z obiektem zastosowanie chmury punktów i modelu mesh w wirtualnej rzeczywistości jest kluczowe. Może się stać głównym medium poznania obiektu w ludzkiej skali i obcowania z nieistniejącym budynkiem.

2.3.4.4 Rozszerzona rzeczywistość

Rozszerzona rzeczywistość (AR, ang. *Augmented Reality*) nakłada na istniejący widok obraz generowany komputerowo rozszerzając informacje, które widzi odbiorca. W odróżnieniu od wirtualnej rzeczywistości, rozszerzona opiera się na świecie rzeczywistym. Do jej odbioru potrzebny jest wyświetlacz, np. telefon komórkowy oraz aplikacja, która może wyświetlać element na otoczeniu znajdującym się w świecie rzeczywistym, jak Sketchfab²⁷⁵ (np. przez powiązanie z kodem QR) lub przy wykorzystaniu GPS^{276 277}. Rozwiązanie to znajduje zastosowanie m.in. w edukacji, marketingu, architekturze i turystyce. Model można oglądać z różnych stron oraz uzupełnić o informacje tekstowe.

Chmura punktów: Do wizualizacji może być wykorzystywana bezpośrednio chmura punktów²⁷⁸ jednak na rynku mniej jest rozwiązań tego typu i zwracana jest uwaga na ograniczenia wydajnościowe smartphone'ów²⁷⁹. Chmura punktów może zostać

²⁷³ Lumion [na:] <https://lumion.pl/>, udostępniono 11 września 2022 r.

²⁷⁴ Unity [na:] <https://unity.com/>, udostępniono 11 września 2022 r.

²⁷⁵ Sketchfab [na:] <https://sketchfab.com/>, udostępniono 7 lipca 2021 r.

²⁷⁶ M. Hincapié i in., *Augmented reality mobile apps for cultural heritage reactivation*, „Computers and Electrical Engineering” t. 93 (2021), DOI: 10.1016/j.compeleceng.2021.107281.

²⁷⁷ M. Laskowski, D. Rawski, P. Szadura, *Wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej w życiu codziennym*, „Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska” nr 2 (2013), DOI: 10.35784/iapgos.1450.

²⁷⁸ Point Cloud Viewer in Augmented Reality (ARCore) [na:] <https://www.youtube.com/watch?v=LSIu4qs8JMM>, udostępniono 9 września 2022 r.

²⁷⁹ AR Point Cloud Viewer [na:] <https://m.apkpure.com/pl/ar-point-cloud-viewer/com.NCTechLTD.ARPointCloudViewer>, udostępniono 11 września 2022 r.

przekonwertowana na model mesh, dzięki czemu jest możliwy dostęp do szerszej gamy rozwiązań.

Model mesh: Do wizualizacji może być wykorzystywany model poligonowy. Na rynku jest większa dostępność rozwiązań opartych na danych w tym formacie

Obiekty zagrożone i nieistniejące: Ze względu na brak możliwości bezpośredniego kontaktu z obiektem zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości wydaje się kluczowe. Możliwość nałożenia obrazu nieistniejącego obiektu na jego pierwotną lokalizację, pozwala zobaczyć kontekst lokalizacji i rzeczywistej skali obiektu oraz uzupełnić wyświetlany obraz o informacje historyczne.

2.3.4.5 Rzeczywistość mieszana

Rzeczywistość mieszana (MR, ang. *Mixed Reality*) łączy świat rzeczywisty z wirtualnym stwarzając nowe środowisko. Obraz jest wyświetlany przez urządzenie HMD np. Microsoft HoloLens²⁸⁰ lub inne zbliżone urządzenie. Dzięki zastosowaniu kontrolerów możliwa jest interakcja z elementami świata wirtualnego jak np. podnoszenie elementów. Rzeczywistość mieszana jest wykorzystywana m.in. w edukacji, architekturze, rozrywce, turystyce i szkoleniach. Możliwa jest interakcja pomiędzy użytkownikami²⁸¹.

Chmura punktów: Ze względu na wydajność sprzętową w literaturze pojawia się głównie zastosowanie modelu mesh, który może być tworzony na podstawie chmury punktów²⁸².

Model mesh: Dzięki zastosowaniu silnika Unity²⁸³ i zaimportowaniu modelu istnieje możliwość interakcji i oglądania modelu przez wielu użytkowników²⁸⁴.

Obiekty nieistniejące: Ze względu na brak możliwości bezpośredniego kontaktu z obiektem zastosowanie chmury punktów i modelu mesh w rzeczywistości mieszanej jest kluczowe. Poszerza to zastosowania rozszerzonej rzeczywistości o możliwość szerszej interakcji z obiektem oraz interakcji pomiędzy użytkownikami, np. przez wspólne zwiedzanie nieistniejącego obiektu.

²⁸⁰ Microsoft HoloLens [na:] <https://www.microsoft.com/pl-pl/hololens>, udostępniono 11 września 2022 r.

²⁸¹ M.K. Bekele, *Walkable Mixed Reality Map as interaction interface for Virtual Heritage*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 15 (2019), DOI: 10.1016/j.daach.2019.e00127.

²⁸² H. Rahaman, E. Champion, M. Bekele, *From photo to 3D to mixed reality: A complete workflow for cultural heritage visualisation and experience*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 13 (2019), DOI: 10.1016/j.daach.2019.e00102.

²⁸³ Unity.

²⁸⁴ H. Rahaman, E. Champion, M. Bekele, *From photo to 3D to mixed reality: A complete workflow for cultural heritage visualisation and experience...*

2.3.4.6 Udostępnianie online

Chmury punktów i modele mesh mogą być udostępniane w przeglądarkach internetowych co zapewnia do nich szeroki dostęp, a dane są optymalizowane pod kątem wyświetlania w trybie online. Platformy mogą umożliwiać pomiar liniowy oraz powierzchniowy, eksport widoków, podgląd przekrojów oraz inne.

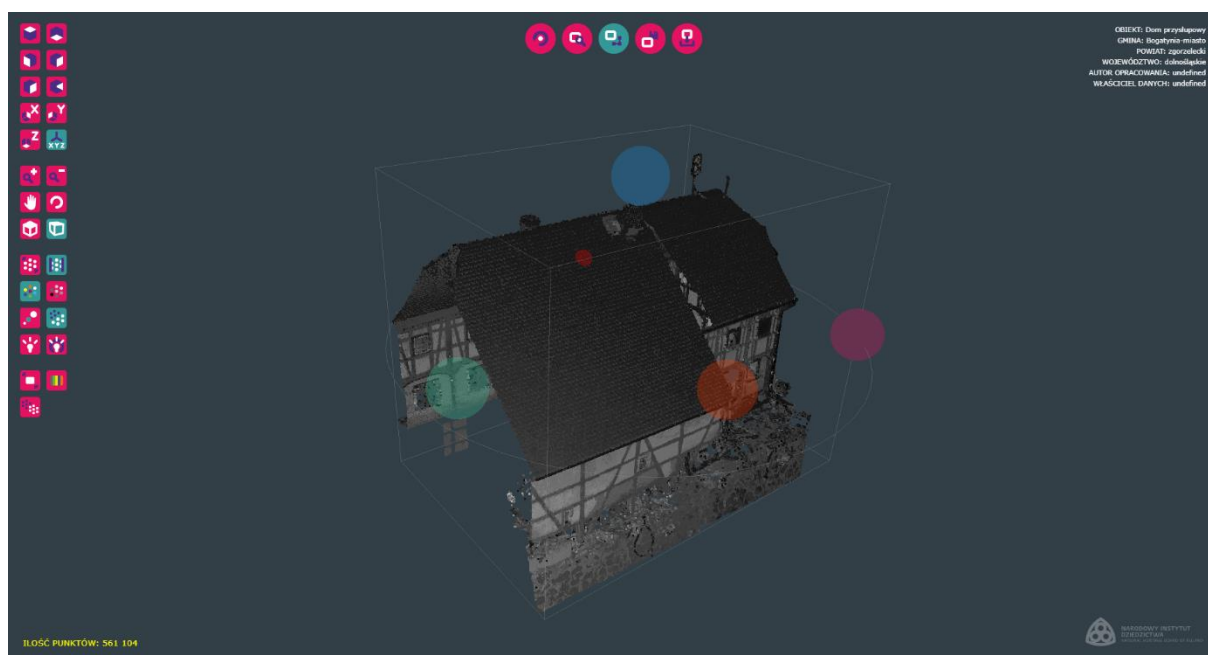
Chmura punktów: Przykładami platform są:

1. FARO WebShare²⁸⁵, który umożliwia podgląd widoku zdjęcia oraz chmury punktów, pomiarów powierzchniowych i liniowych, dodawanie elementów opisowych. W formie graficznej zaznaczone są lokalizacje pomiarów,
2. Zabytek.pl i Cumulus²⁸⁶, który umożliwia m.in. nawigację widoków ortograficznych i perspektywicznych, wykonywanie przekrojów (Rysunek 11), zmiany wielkości punktów oraz eksport ortofotomapy w skali do formatów .jpg, .png i .tiff. Platforma jest udostępniana przez NID i dla wybranych projektów, oprócz chmury punktów, modeli mesh zawiera także karty obiektu w formacie .pdf z geometrią 3D, skany kart ewidencyjnych oraz mapy,
3. OpenHeritage3D²⁸⁷, który umożliwia udostępnianie i oglądanie online chmury punktów, zastosowanie w widoku trybów kolorystycznych kolor, RGBA, elewacja i intensywność. Możliwe są także m.in. podstawowe pomiary, kontrola liczby i wielkości wyświetlanych punktów, zmiana koloru tła. Na stronie uwzględniony jest także opis lokalizacji, obiektu, data wykonania pomiaru i linki do ewentualnych publikacji. Udostępniane dane pochodzą m.in. od CyArk, *Historic Environment Scotland* oraz z *University of South Florida Libraries*. Projekt ma na celu m.in. zapewnienie dostępu do danych 3D związanych z dziedzictwem w celach badawczych, edukacyjnych i użycia niekomercyjnego oraz minimalizację przeszkód finansowych, prawnych i technicznych związanych z publikacją tego typu danych.

²⁸⁵ FARO WebShare [na:] <https://www.faro.com/en/Products/Software/WebShare>, udostępniono 22 czerwca 2021 r.

²⁸⁶ Zabytek.pl Cumuls [na:] <https://zabytek.pl/pl/obiekty?media=cumulus&strona=2>, udostępniono 9 września 2022 r.

²⁸⁷ Open Heritage 3D [na:] <https://openheritage3d.org/>, udostępniono 27 września 2022 r.



Rysunek 11 Przykład przekroju chmury punktów domu przysłupowego w Bogatyni na platformie zabytek.pl w trybie Cumulus.

Model mesh: Obecnie na rynku istnieje wiele platform do udostępniania danych w formie modelu mesh i są to m.in.:

1. Sketchfab²⁸⁸ – platforma umożliwiająca oglądanie modeli online. Wspiera szeroką gamę formatów w tym .obj. Modele mogą być linkowane na innych stronach (jak np. na platformie zabytek.pl²⁸⁹). Platforma daje możliwość m.in. wyświetlania modeli krawędziowych (ang. *Wireframe*), skalowania modelu, oglądania go przy użyciu wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości,
2. Turbosquid²⁹⁰ – platforma do profesjonalnego użytku umożliwiająca podgląd modeli i ich sprzedaż.

Obiekty nieistniejące: Udostępnianie chmur punktów jest kluczowe dla powszechności informacji, szczególnie biorąc pod uwagę brak możliwości zobaczenia obiektu w jego fizycznej formie. Podkreślić należy, że w ramach platformy zabytek.pl opracowano rozwiązania związane z wyświetlaniem chmur, a informacje umieszczane tam są rozbudowywane. W skali kraju mogłaby się stać główną platformą do prezentacji tego typu danych.

²⁸⁸ Sketchfab.

²⁸⁹ Zabytek.pl.

²⁹⁰ TurboSquid [na:] <https://www.turbosquid.com/>, udostępniono 11 września 2022 r.

2.3.4.7 Wizualizacja

Wizualizacja odbywa się w środowisku cyfrowym z wykorzystaniem oprogramowania komputerowego. Jest to zapis widoku uwzględniający określoną perspektywę. W wizualizacji mogą zostać uzupełnione lub zmodyfikowane parametry takie jak wielkość punktów, oświetlenie, informacja kolorystyczna. Jest to odpowiednik zdjęć, które są m.in. częścią kart ewidencyjnych obiektów zabytkowych. Możliwe jest wykonanie wizualizacji panoramicznej (obejmującej serię ujęć z jednego miejsca połączonych w jedną grafikę) oraz wizualizacji sferycznej (obejmującej szeroki zakres widoku 360° w poziomie i 180° w pionie²⁹¹). Korzystając z dedykowanych programów możliwe jest otrzymanie fotorealistycznych efektów. Ze względu na

Chmura punktów: Przy użyciu programów takich jak Twinmotion²⁹² istnieje możliwość wykonania wizualizacji. Należy zwrócić uwagę czy oprogramowanie umożliwia ustawienie wielkości punktów, co wpływa na odbiór powierzchni – zbyt małe punkty sprawiają, że powierzchnie obiektu mogą być nieczytelne. Warto uwzględnić także możliwość edycji kolorystyki punktów, parametrów otoczenia oraz to czy wybrane oprogramowanie umożliwia by punkty rzucały i otrzymywały cienie wynikające z ustawień oświetlenia stworzonego w środowisku cyfrowym. Ewentualna edycja położenia punktów może być ograniczona lub niemożliwa.

Model mesh: Przy wykorzystaniu programu Twinmotion²⁹³, 3ds Max²⁹⁴ i Blender²⁹⁵ istnieje możliwość wykonania wizualizacji modelu mesh. Programy umożliwiają dostosowanie parametrów tekstury (jak np. błyszczenie, przemieszczenia (ang. *displace*). Powierzchnie rzucają i otrzymują cienie z ustawień oświetlenia stworzonego w środowisku cyfrowym. W programach, które służą do modelowania 3D ewentualna edycja powierzchni jest możliwa. W subiektywnej ocenie model poligonowy, ze względu na kompletność geometrii daje wizualnie lepsze efekty i przedstawienie jest bardziej zbliżone do fotorealizmu.

Obiekty nieistniejące: Wizualizacja stanowi podstawową, szeroko dostępną (zarówno sprzętowo jak i w odbiorze) formę przekazania informacji o obiekcie nieistniejącym. Dodatkowa możliwość stworzenia na podstawie chmury punktów i modelu mesh wizualizacji

²⁹¹ K. Drobek, B. Szostak, W. Królikowski, *Metody inwentaryzacji obiektów znajdujących się w stanie ruiny...*

²⁹² *Twinmotion*.

²⁹³ *Ibid.*

²⁹⁴ *3ds Max* [na:] <https://www.autodesk.pl/products/3ds-max/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>, udostępniono 11 września 2022 r.

²⁹⁵ *Blender* [na:] <https://www.blender.org/>, udostępniono 11 września 2022 r.

panoramicznej i sferycznej, szczególnie dla wnętrz, umożliwia tworzenie wirtualnych spacerów, udostępniania ich online przez co popularyzację nieistniejącego obiektu.

2.3.4.8 Animacja

Animacja odbywa się w środowisku cyfrowym z wykorzystaniem oprogramowania komputerowego. Jest to zapis serii wizualizacji, które przedstawiają określoną perspektywę. Animacja pozwala zobaczyć obiekt z różnych perspektyw, co buduje w odbiorcy lepsze poznanie obiektu. Animacje znajdują zastosowanie w popularyzacji dziedzictwa²⁹⁶. Dzięki filmowej formie przekazu i możliwości dodania dźwięku materiał staje się atrakcyjny dla widza. Animacja może być udostępniana lokalnie oraz online, co zwiększa potencjalne grono odbiorców.

Chmura punktów: Zastosowanie chmury punktów w tym kontekście jest rzadsze. Animacja taka może zostać wykonana m.in. w programie Twinmotion²⁹⁷ (format .e57) lub Blender²⁹⁸.

Model mesh: Do animacji wykorzystującej model mesh istnieje na rynku szerszy wybór oprogramowania jak np. Blender²⁹⁹, 3ds Max³⁰⁰ (format np. .obj).

Obiekty nieistniejące: Animacja w kontekście obiektów, których nie można zobaczyć bezpośrednio, staje się ważnym medium popularyzacji nieistniejącego dziedzictwa.

2.3.4.9 Silniki gier

Silniki gier (ang. *game engine*) takie jak Unreal Engine³⁰¹ i Unity³⁰² umożliwiają interakcję z obiektem oraz jego elementami. Dają możliwość poruszania się w przestrzeni do tego wyznaczonej oraz zapoznania się z umieszczonymi w modelu dodatkowymi informacjami. Obraz może być odbierany m.in. na monitorze komputera lub przy wykorzystaniu wirtualnej rzeczywistości. W kontekście dziedzictwa, ze względu na m.in. dostępność, interaktywność i atrakcyjność³⁰³ środowisko gier staje się ważnym narzędziem w popularyzacji obiektu.

²⁹⁶ P. Reilly, S. Todd, A. Walter, *Rediscovering and modernising the digital Old Minster of Winchester...*

²⁹⁷ *Twinmotion*.

²⁹⁸ *Blender*.

²⁹⁹ *Ibid*.

³⁰⁰ *3ds Max*.

³⁰¹ *Unreal Engine*.

³⁰² *Unity*.

³⁰³ J. Franczuk i in., *Direct use of point clouds in real-time interaction with the cultural heritage in pandemic and post-pandemic tourism on the case of Kłodzko Fortress...*

Chmura punktów: Źródłem informacji może być bezpośrednio chmura punktów^{304 305}. Konieczne jest określenie płaszczyzn po których można się poruszać oraz zaprogramowanie dodatkowych efektów. Przykładem silnika umożliwiającego import chmury punktów jest Unreal Engine³⁰⁶.

Model mesh: Źródłem informacji może być model poligonowy pozyskany, np. przez fotogrametrię³⁰⁷. Silniki gier używają głównie modeli 3D stąd na rynku istnieje większy wybór produktów nastawianych na takie użycie, np. Unreal Engine³⁰⁸ i Unity³⁰⁹.

Obiekty nieistniejące: Ze względu na m.in. atrakcyjność formy i możliwość samodzielnego odkrywania obiektu silniki gier pełnią ważną rolę w popularyzacji nieistniejącego dziedzictwa architektonicznego.

2.3.4.10 HBIM

Zastosowanie technologii BIM może dotyczyć także obiektów zabytkowych i nosi wtedy nazwę HBIM (ang. *Historic Building Information Modelling*). Modelowanie odbywa się przy użyciu oprogramowania opartego o technologię BIM i obejmuje stworzenie modelu 3D przy zastosowaniu modelowania obiektowego³¹⁰ i semantycznego³¹¹. Dane mogą być uzupełniane o parametry liczbowe, tekstowe, czasowe oraz dokumenty. Analizy tworzone na podstawie modelu mogą wykorzystywać przypisane parametry i na ich podstawie nadpisywać widoczność elementów³¹². Uszczegółowienie geometrii jest dostosowywane do poziomu szczegółowości^{313 314}(*LOD*, ang. *Level of Development*), co może skrócić czas potrzebny na modelowanie.

Jedno z głównych wyzwań stanowi fakt, że modelowanie obiektów historycznych jest pracochłonne ze względu na nieregularność i zróżnicowanie form^{315 316}. Wyzwanie stanowi

³⁰⁴ Ibid.

³⁰⁵ J.P. Virtanen i in., *Interactive dense point clouds in a game engine*, „ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing” t. 163 (2020), DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2020.03.007.

³⁰⁶ Unreal Engine.

³⁰⁷ I. Rallis i in., *A mobile game for enhancing Tourism and Cultural Heritage*, „Procedia Computer Science” t. 204 (2022), DOI: 10.1016/j.procs.2022.08.062.

³⁰⁸ Unreal Engine.

³⁰⁹ Unity.

³¹⁰ A.S. Borkowski, *Model BIM z chmury punktów...*

³¹¹ K. Koszewski, J. Franczuk, K. Argasiński, *Architectural Heritage Virtual Models in Conservation Practice...*

³¹² Ibid.

³¹³ Ibid.

³¹⁴ A.S. Borkowski, *Model BIM z chmury punktów...*

³¹⁵ F. Poux i in., *A built heritage information system based on point cloud data: HIS-PC*, „ISPRS International Journal of Geo-Information” t. 9 nr 10 (2020), DOI: 10.3390/ijgi9100588.

³¹⁶ I.J. Palomar i in., *An online platform to unify and synchronise heritage architecture information*, „Automation in Construction” t. 110 (2020), DOI: 10.1016/j.autcon.2019.103008.

także ograniczenie związane z wymianą danych pomiędzy różnymi rodzajami oprogramowania. Wykorzystując formaty otwarte takie jak IFC (ang. *Industry Foundation Class*) istnieje możliwość wymiany danych³¹⁷, jednak możliwości ich edycji, szczególnie geometrycznych są ograniczone.

Chmura punktów: Modelowanie na podstawie chmury punktów (ang. *Scan-to-BIM*). Modelowanie odbywa się przez zadanie poziomów na podstawie chmury punktów, tworzenie rzutów, detali i innych elementów budynku³¹⁸. W procesie tym pomocna jest możliwość przycinania widoku chmury punktów co zapewnia lepszą widoczność i pozwala ograniczyć nakładanie się punktów w jednej płaszczyźnie. Oprogramowanie używane przez architektów takie jak Revit³¹⁹ i Archicad³²⁰ posiadają możliwość dołączania danych w tej formie.

Model mesh: Należy zwrócić uwagę na mniejszy wybór oprogramowania na rynku z możliwością dołączania tego typu danych, szczególnie z zachowaniem danych kolorystycznych. W literaturze znaleziono przykład zastosowania programu Bentley³²¹ i ContextCapture^{322 323} jednak z własnych obserwacji zawodowych w zastosowaniach związanych z architekturą na rynku rodzimym, Bentley nie jest tak popularny jak Revit i Archicad.

Obiekty nieistniejące: Modelowanie obiektów, uwzględniając nieregularność elementów i zniszczenia jest pracochłonnym procesem. Tworzenie modelu BIM wydaje się uzasadnione w sytuacjach, w których do elementów zostaną przypisane parametry oraz inne dane lub będą wykonywane zestawienia, które dla obiektów nieistniejących mogą mieć charakter badawczy i statystyczny.

2.3.4.11 HIS (ang. *Heritage Information System*)

Z HBIM związane są także platformy mające usprawnić wymianę informacji o obiekcie wspierając prowadzenie badań oraz zarządzanie nim. Są one typem platform CDE (ang. *Common Data Environment*). Umożliwiają uzupełnianie informacji (także semantycznych)

³¹⁷ K. Koszewski, J. Franczuk, K. Argasiński, *Architectural Heritage Virtual Models in Conservation Practice...*

³¹⁸ T. Mill, A. Alt, R. Liias, *Combined 3D building surveying techniques-Terrestrial laser scanning (TLS) and total station surveying for BIM data management purposes*, „Journal of Civil Engineering and Management” t. 19 (Supple (2013), DOI: 10.3846/13923730.2013.795187.

³¹⁹ Revit.

³²⁰ Archicad.

³²¹ Bentley [na:] <https://www.bentley.com/pl>, udostępniono 12 września 2022 r.

³²² ContextCapture Bentley [na:] <https://www.bentley.com/pl/products/brands/contextcapture>, udostępniono 12 września 2022 r.

³²³ *BIM Modelling using photogrammetry data* [na:] https://www.more-connect.eu/wp-content/uploads/2017/05/3rd_training-module_short.pdf, udostępniono 12 września 2022 r.

oraz wyszukiwanie i rozbudowywanie bazy wiedzy o obiekcie budowlanym. Systemy te mają zapewniać dostęp do informacji dla wielu użytkowników. Mogą one, choć nie muszą, być połączone z oprogramowaniem BIM. Zbiór danych może być rozpatrywany w skali regionu, kraju czy też szerszym. Im większy jest zbiór i im więcej połączeń można zdefiniować, tym bardziej rozbudowane analizy mogą być opracowywane. Przykładem takiej platformy jest m.in. Arches Project³²⁴.

Chmura punktów: W publikacjach podkreślana jest rola chmury punktów jako podstawowego źródła informacji, centralnego repozytorium (ang. *data lake*)³²⁵. Dzięki segmentacji chmury punktów możliwe jest przypisywanie danych do elementów i rozbudowywanie bazy.

Model mesh: Model poligonowy może także stanowić bazę dla HIS. W tym przypadku informacja może być przypisana do fragmentu modelu lub do wybranych poligonów³²⁶.

Obiekty nieistniejące: Bazy danych są głównym źródłem poznania obiektu zarówno dla badaczy jak i osób niezajmujących się tą tematyką zawodowo. Możliwość rozbudowywania i dostępu przez wielu użytkowników w kontekście obiektów zagrożonych i nieistniejących jest kluczowe.

2.3.4.12 Segmentacja i kategoryzacja

Segmentacja polega na podziale wg zadanych cech. Elementy mogą być następnie przypisane do warstwy, którą można izolować lub ukrywać. Kategoryzacja polega na przypisaniu kategorii do segmentów, co uzupełnia informacje geometryczne o np. punkty reprezentujące niską, średnią i wysoką roślinność. Dzięki segmentacji i kategoryzacji możliwe jest ukrywanie kategorii (co zapewnia lepszy widok wybranych zakresów), zliczanie wystąpień, przypisywanie danych do wybranych elementów lub kategorii oraz wykorzystanie w HBIM³²⁷. Twórcy w zakresie technicznym automatycznych rozwiązań opartych o uczenie głębokie (ang. *Deep learning*) skupiają się na różnych rozwiązaniach. Część z nich wymaga fotografii 2D z informacją RGB, co wskazywałoby dodatkową zasadność konieczności wykonywania zdjęć w trakcie skanowania. W kontekście uczenia głębokiego istotne jest gromadzenie zbiorów

³²⁴ Arches Project [na:]

https://www.getty.edu/conservation/our_projects/field_projects/arches/arches_overview.html, udostępniono 7 września 2022 r.

³²⁵ F. Poux i in., *A built heritage information system based on point cloud data: HIS-PC...*

³²⁶ F. Soler, F.J. Melero, M.V. Luzón, *A complete 3D information system for cultural heritage documentation...*

³²⁷ F. Matrone i in., *A benchmark for large-scale heritage point cloud semantic segmentation*, „The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives” t. XLIII-B2 (2020), DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-1419-2020.

danych, które mogą następnie być wykorzystywane do uczenia algorytmów, tworząc tym samym biblioteki oparte na lokalnych cechach architektury.

Chmura punktów: Przy ręcznym wykonywaniu segmentacji i klasyfikacji chmury punktów należy zwrócić uwagę na wysoką pracochłonność. Dzięki zastosowaniu uczenia głębokiego istnieje możliwość automatyzacji tych procesów. Zadaniem jest lokalizacja, rozpoznanie, segmentacja lub stworzenie obwiedni oraz nadanie kategorii semantycznej^{328 329 330 331 332 333 334}. Ma to zautomatyzować pracochłonne zadanie, które bez tego typu narzędzi trzeba wykonywać ręcznie.

Model mesh: Model poligonowy może także zostać poddany segmentacji i klasyfikacji co jest wykorzystywane np. w systemach HIS³³⁵ oraz cyfrowej anastylozie³³⁶. Na czas opracowania rozprawy doktorskiej nie znaleziono przykładów segmentacji i klasyfikacji modeli 3D przy użyciu uczenia głębokiego.

Obiekty nieistniejące: Segmentacja i klasyfikacja są kluczowe w kontekście badań obiektu nieistniejącego, ponieważ umożliwiają przypisywanie parametrów oraz są wykorzystywane w systemach HBIM oraz HIS. Uczenie głębokie automatyzuje te procesy skracając potrzebny czas pracy. Dodatkowo, w kontekście obiektów zagrożonych, konieczne jest szybkie pozyskanie danych, tak aby można było je uwzględnić w bibliotekach do uczenia głębokiego, także w sytuacji, gdy obiekt przestanie istnieć.

³²⁸ C.R. Qi i in., *Deep hough voting for 3D object detection in point clouds*, „IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)” (2019), DOI: 10.1109/ICCV.2019.00937.

³²⁹ C.R. Qi i in., *ImVoteNet: Boosting 3D Object Detection in Point Clouds with Image Votes*, „Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition” (2020), DOI: 10.1109/CVPR42600.2020.00446.

³³⁰ E. Grilli i in., *Geometric features analysis for the classification of cultural heritage point clouds*, „International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives” t. XLII-2/W15 (2019), DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-541-2019.

³³¹ M. Poręba, F. Goulette, *Automatyczna detekcja płaszczyzn w chmurze punktów w oparciu o algorytm RANSAC i elementy teorii grafów*, „Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji” t. 24 (2012).

³³² R. Pierdicca i in., *Point cloud semantic segmentation using a deep learning framework for cultural heritage*, „Remote Sensing” t. 12 nr 6 (2020), DOI: 10.3390/rs12061005.

³³³ F. Matrone i in., *A benchmark for large-scale heritage point cloud semantic segmentation...*

³³⁴ Ibid.

³³⁵ F. Soler, F.J. Melero, M.V. Luzón, *A complete 3D information system for cultural heritage documentation...*

³³⁶ R. Angulo i in., *Digital Anastylis of the Remains of a Portal by Master Builder Hernán Ruiz: Knowledge Strategies, Methods and Modelling Results*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 7 (2017), DOI: 10.1016/j.daach.2017.09.003.

2.3.4.13 Cyfrowa rekonstrukcja

Rekonstrukcja jest odtworzeniem całości bądź fragmentu obiektu³³⁷. W postaci cyfrowej, proces odbywa się przy użyciu oprogramowania komputerowego. Na podstawie materiałów źródłowych tworzone są przestrzenne elementy przedstawiające obiekt i jego fragmenty. W sytuacji braku pewności naukowej elementy mogą być oznaczane np. graficznie, tak by przekazać odbiorcy informację poziomą niepewności. Rekonstrukcja cyfrowa może być przedstawiana w formie grafiki, animacji, hologramu i innych. W celu niesugerowania odbiorcy kolorystyki obiektu można zastosować monochromatyczne przedstawienie. Rekonstrukcja może obejmować wizualizację diachroniczną uwzględniając wymiar 4D (geometria 3D + czas)³³⁸. Pomimo tego, że istnieją programy umożliwiające pokazanie fotorealistycznego przedstawienia, może to być rozwiązaniem niepożądane ze względu na brak pola do interpretacji i ograniczenia w przedstawieniu alternatywnych wersji³³⁹. Wytyczne dla cyfrowej rekonstrukcji przedstawia m.in. „*The ICOMOS charter for the interpretation and presentation of cultural heritage sites*”³⁴⁰

Chmura punktów: Może stanowić część cyfrowej rekonstrukcji, która jest uzupełniana o geometrię nieistniejących fragmentów³⁴¹ oraz być materiałem wyjściowym dla całości rekonstrukcji^{342 343}. Materiały źródłowe takie jak opisy, ryciny, obrazy czy historyczne rzuty chociaż są narażone na brak obiektywizmu, dokładności i spójności informacji, są konieczne dla wykonania rekonstrukcji. Porównanie tych materiałów z chmurą punktów, będącą wiernym zapisem informacji przestrzennej daje pole do ich prawidłowej i dokładnej interpretacji. Dodatkowo informacja widoczna na zachowanych fragmentach obiektu (np. wybarwienie muru w miejscu łączenia z inną, nieistniejącą już bryłą) staje się połączeniem pomiędzy dokładną

³³⁷ Podstawowe pojęcia z zakresu konserwacji i rewitalizacji - Portal wiedzy o zarządzaniu dziedzictwem w gminach [na:] https://samorzad.nid.pl/baza_wiedzy/podstawowe-pojecia-z-zakresu-konserwacji-i-rewitalizacji/, udostępniono 10 września 2022 r.

³³⁸ G. Guidi, M. Russo, *Diachronic 3D Reconstruction for Lost Cultural Heritage*, „The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences” t. XXXVIII-5/ (2011), DOI: 10.5194/isprsarchives-xxxviii-5-w16-371-2011.

³³⁹ M. Forte, *Cyberarchaeology: a Post - Virtual Perspective...*

³⁴⁰ ICOMOS, *The ICOMOS charter for the interpretation and presentation of cultural heritage sites*, 2008.

³⁴¹ B. Cherkes i in., *Graphical 3D Reconstruction of the Tustan Rock Fortress, Ukraine, in the Study and the Promotion of Architectural Heritage Sites*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” t. 69 (2022), DOI: 10.48234/WK69TUSTAN.

³⁴² G. Guidi, M. Russo, *Diachronic 3D Reconstruction for Lost Cultural Heritage...*

³⁴³ H. Kadi, K. Anouche, *Knowledge-based parametric modeling for heritage interpretation and 3D reconstruction*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 19 (2020), DOI: 10.1016/j.daach.2020.e00160.

informacją pomiarową z resztą materiałów źródłowych i może zapewniać nadanie odpowiedniej dokładności i skali.

Model mesh: Użycie w kontekście cyfrowej rekonstrukcji jest jak dla chmury punktów.

Obiekty nieistniejące: Chmury punktów i model poligonowy używane do cyfrowej rekonstrukcji obiektów nieistniejących są ważnym materiałem źródłowym. Dzięki zachowaniu m.in. fragmentów profili, elementów dekoracyjnych i innych, możliwy jest ich pomiar i odtworzenie. Obecnie wykonywane są także cyfrowe rekonstrukcje wykorzystujące fragmenty zinventaryzowanego istniejącego obiektu w złym stanie. Rekonstrukcja może być przedstawiana jako nałożenie w perspektywie obrysu linearnego uzupełniającego nieistniejącą tkankę. W takim samym kontekście może być użyta chmura punktów i model poligonowy, które nie są modyfikowane obróbką graficzną. Stanowią bazę dla linearnego przedstawienia rekonstrukcji. Jest to ważne także w kontekście popularyzacji obiektów nieistniejących i świadomości o ich pierwotnej formie.

2.3.4.14 Cyfrowa renowacja

Renowacja opiera się o „przywrócenie oraz utrzymanie estetycznego wyglądu”³⁴⁴ w oparciu o wiedzę historyczną i poszanowanie oryginalnej substancji. Renowacja jest poprzedzona dokumentacją architektoniczną, która ujmuje zakres prac i docelowy efekt oraz przedstawia stan obiektu przed przeprowadzeniem prac. Dane w zakresie zastanego stanu obiektu mogą być pozyskane w formie chmury punktów lub modelu mesh. W „*Cyberarchaeology: a Post-Virtual Perspective*”³⁴⁵ przytoczono inicjatywę *Cultural Virtual Reality Organization (CURO)* pojęcie, które mogło cyfrowej renowacji (ang. *digital restoration*). Było ono jednak przedstawione w kontekście opracowania modelu wcześniejszych faz istniejącego budynku. W literaturze autorka nie trafiła na pojęcie cyfrowej renowacji, ale taka dokumentacja, jako, że jest stworzona przy użyciu oprogramowania komputerowego, mogłaby być jako taka traktowana. Zakres prac jest zazwyczaj przedstawiany w formie rysunków technicznych 2D.

Chmura punktów: Brak danych w literaturze, ale opierając się na analizie innych zastosowań istnieje możliwość wykorzystania chmury punktów i wykonania napraw w środowisku komputerowym.

³⁴⁴ Podstawowe pojęcia z zakresu konserwacji i rewitalizacji - Portal wiedzy o zarządzaniu dziedzictwem w gminach.

³⁴⁵ M. Forte, *Cyberarchaeology: a Post - Virtual Perspective...*

Model mesh: Brak danych w literaturze, ale opierając się na analizie innych zastosowań istnieje możliwość wykorzystania modelu poligonowego i wykonania napraw w środowisku komputerowym, np. przez korektę informacji kolorystycznej map.

Obiekty nieistniejące: Brak jest w literaturze odniesień do cyfrowej renowacji. Temat ten, na przykładzie studium przypadku, będzie zgłębiany w dalszej części rozprawy doktorskiej. Cyfrowa renowacja, w kontekście obiektów nieistniejących, jest ważna, ponieważ pozwala przedstawić obiekt w pierwotnym stanie świetności, co ma znaczenie badawcze i może być związane z popularyzacją dziedzictwa nieistniejącego. Chmura punktów i model poligonowy są wiernym przedstawieniem obiektu nieistniejącego, który może stanowić bazę dla cyfrowej renowacji.

2.3.4.15 Cyfrowa anastyloza

Anastyloza jest sposobem rekonstrukcji, który opiera się na odtworzeniu z użyciem oryginalnych elementów³⁴⁶. W przypadku cyfrowej anastylozy (ang. *digital anastylosis*) proces rekonstrukcji odbywa się w środowisku cyfrowym z użyciem modeli 3D. Modele takie są tworzone m.in. na podstawie fotogrametrii³⁴⁷ i powstałej na jej bazie chmury punktów, która może być przekonwertowana na model mesh. Wykonuje się segmentację modelu dzieląc go tak, by umożliwić ich rearanżację. Następnie, na podstawie dostępnej dokumentacji, elementy są lokalizowane w ich pierwotnym miejscu.

Chmura punktów: Może stanowić materiał, na podstawie którego tworzony jest model poligonowy³⁴⁸ lub po segmentacji być użyta jako bezpośrednie źródło danych.

Model mesh: Model 3D jest poddawany segmentacji, co umożliwia kontrolę pozycji każdego z elementów i aranżację w formę opartą na materiałach źródłowych³⁴⁹.

Obiekty nieistniejące: Obiekty zagrożone są często w złym stanie, z ubytkami i uszkodzonymi fragmentami. Fragmenty, które można wykorzystać w cyfrowej anastylozie, mogą znajdować się np. na posadzce lub w miejscach takich jak strych i piwnica, które często są słabo oświetlone. Wykorzystanie anastylozy dla obiektów nieistniejących jest możliwe, pod warunkiem pozyskania informacji w trakcie skanu. Cyfrowa anastyloza jest istotna w kontekście popularyzacji obiektów nieistniejących i świadomości o ich pierwotnej formie.

³⁴⁶ Podstawowe pojęcia z zakresu konserwacji i rewitalizacji - Portal wiedzy o zarządzaniu dziedzictwem w gminach.

³⁴⁷ R. Angulo i in., *Digital Anastylis of the Remains of a Portal by Master Builder Hernán Ruiz: Knowledge Strategies, Methods and Modelling Results...*

³⁴⁸ Ibid.

³⁴⁹ Ibid.

2.3.4.16 Porównywanie cech obiektów

W celu określenia m.in. cech wspólnych elementów architektonicznych lub znalezienia obiektów o takich cechach stosuje się porównania. Działanie to może być także oparte na chmurze punktów lub modelu 3D, co daje przewagę względem dokumentacji zdjęciowej czy opracowań 2D, ponieważ umożliwia zmianę kadrów oraz automatyzację procesów. Przy wykorzystaniu segmentacji chmury punktów i dedykowanych algorytmów możliwa jest m.in. analiza symetrii obiektu³⁵⁰. W kontekście omawianych wcześniej baz danych, istnieje potencjał opracowania w przyszłości rozbudowanych zbiorów, których odpowiednie filtrowanie umożliwiłoby np. porównanie detali stolarki okiennej w budynkach drewnianych na wybranym obszarze. Używając rozwiązań dostępnych obecnie, dzięki możliwości dowolnej zmiany kadru, możliwe jest jego dostosowanie w taki sposób, by odpowiadał np. dokumentacji zdjęciowej lub widokowi ortogonalnemu. Następnie obie formy dokumentacji mogą być na siebie nałożone uwidaczniając w sposób graficzny różnice i podobieństwa. Umożliwia to porównanie m.in. proporcji bryły i podziałów elewacji. Porównywanie chmury punktów do obrazów 2D może być wykorzystywane także w monitoringu stanu obiektu³⁵¹.

Chmura punktów: Może stanowić źródło dla powyższych zastosowań w pełnym wymiarze.

Model mesh: Model poligonowy może stanowić źródło dla powyższych zastosowań.

Obiekty nieistniejące: Porównanie cech nieistniejących obiektów jest istotne w kontekście badań związanych m.in. z badaniem proporcji, detalu, architektonicznych cech charakterystycznych. Działania te przyczyniają się do lepszego poznania obiektu, jego kontekstu architektonicznego i historycznego.

2.3.4.17 Porównanie danych przestrzennych

Porównanie danych przestrzennych opiera się na określeniu odległości punktów pomiędzy dwoma źródłami danych i ich graficznym (kolorystycznym) oznaczeniu, np. przy wykorzystaniu programu CloudCompare³⁵². Działanie to znajduje zastosowanie, m.in.

³⁵⁰ T.O. Chan i in., *Symmetry analysis of oriental polygonal pagodas using 3D point clouds for cultural heritage*, „Sensors” t. 21 nr 4 (2021), DOI: 10.3390/s21041228.

³⁵¹ R. Pathak i in., *An object detection approach for detecting damages in heritage sites using 3-D point clouds and 2-D visual data*, „Journal of Cultural Heritage” t. 48 (2021), DOI: 10.1016/j.culher.2021.01.002.

³⁵² *How to compare two 3D entities - CloudCompareWiki* [na:]

https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/How_to_compare_two_3D_entities, udostępniono 9 września 2022 r.

w kontroli postępu prac budowlanych, weryfikacji dokładności modelu 3D lub wzniesionego budynku względem dokumentacji oraz monitoringu stanu obiektu³⁵³.

Chmura punktów: Może stanowić materiał wyjściowy dla porównania danych przestrzennych z inną chmurą punktów lub modelem 3D³⁵⁴ np. w programie CloudCompare³⁵⁵.

Model mesh: Może stanowić materiał wyjściowy dla porównania danych przestrzennych z innym modelem 3D lub chmurą punktów np. w programie CloudCompare³⁵⁶.

Obiekty nieistniejące: Porównania chmur punktów obiektów nieistniejących, zakładając, że dla obiektu wykonano jeden skan, nie wykazuje się wysokim zastosowaniem. Jednak przy większych zbiorach danych możliwa jest automatyzacja porównywania z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania i uczenia głębokiego.

2.3.4.18 Druk 3D

Druk 3D jest technologią polegającą na wytwarzaniu fizycznego obiektu na podstawie modelu numerycznego poprzez nakładanie warstw materiału. W oparciu o dedykowane oprogramowanie komputerowe model 3D jest dostosowywany do wymogów druku. Wytwarzanie odbywa się metodą przyrostową w tym SLS (ang. *Selective Laser Sintering*), JS (ang. *Jetting Systems*)³⁵⁷³⁵⁸. W kontekście obiektów zabytkowych możliwy jest wydruk fragmentów, które zostały zniszczone³⁵⁹, modelu całości lub przekroju obiektu³⁶⁰. Do druku mogą być użyte materiały takie jak cement, piasek, plastik.

Chmura punktów: Może stanowić źródło danych, które są następnie optymalizowane do formy modelu 3D wymaganej przez stosowaną drukarkę 3D (np. model STL³⁶¹).

Model mesh: Jak dla chmury punktów.

³⁵³ Ł. Bednarz, D. Bajno, *Analiza stanu technicznego historycznego budynku byłego kasyna wojskowego* [w:] *Awarie Budowlane. Awarie obiektów sakralnych i zabytkowych*, 2017.

³⁵⁴ S.A.G. Korumaz, R. Sayar, *Deviation Analysis of Historical Building Based on Terrestrial Laser Scanner Data and 3D Mesh Model*, „Advanced LiDAR” t. 2 nr 1 (2022).

³⁵⁵ *CloudCompare*.

³⁵⁶ *Ibid.*

³⁵⁷ H. Dodziuk, *Druk 3D w budownictwie*, „Napędy i sterowanie” nr 12 (2020).

³⁵⁸ J. Sęp, G. Budzik, *Possibility of Rapid Manufacturing technology application in aircraft industry*, „Mechanik” nr 12 (2015), DOI: 10.17814/mechanik.2015.12.581.

³⁵⁹ J. Xu, L. Ding, P.E.D. Love, *Digital reproduction of historical building ornamental components: From 3D scanning to 3D printing*, „Automation in Construction” t. 76 (2017), DOI: 10.1016/j.autcon.2017.01.010.

³⁶⁰ P. Reilly, S. Todd, A. Walter, *Rediscovering and modernising the digital Old Minster of Winchester...*

³⁶¹ J. Xu, L. Ding, P.E.D. Love, *Digital reproduction of historical building ornamental components: From 3D scanning to 3D printing...*

Obiekty nieistniejące: Dzięki drukowi 3D, w kontekście obiektów nieistniejących, możliwe jest zapoznanie się z detalem obiektu wydrukowanym w skali 1:1 lub z miniaturą obiektu. Jest to istotne w kontekście popularyzacji dziedzictwa nieistniejącego.

2.3.4.19 Podsumowanie

Omówione przykłady podsumowuje Tabela 20 i Tabela 21

Tabela 20 Zastosowanie chmury punktów i mesh w kontekście obiektów nieistniejących. Część zastosowań pojawia się w obu wierszach ze względu na ważną rolę dla obu zastosowań. Odniesienie do głównego zastosowania nie oznacza braku znaczenia dla drugiego z nich.

Główny cel w kontekście obiektów nieistniejących	Zastosowanie chmury punktów i modelu mesh
Działania badawcze	• Tworzenie dokumentacji • Ocena stanu technicznego • HBIM • HIS • Segmentacja, klasyfikacja i kodyfikacja • Cyfrowa rekonstrukcja • Cyfrowa renowacja • Cyfrowa anastyloza • Porównanie cech obiektów • Porównanie danych przestrzennych
Popularyzacja	• Wirtualna rzeczywistość • Rozszerzona rzeczywistość • Rzeczywistość mieszana • Udostępnianie online • Animacja • Fotografia i fotografia panoramiczna/sferyczna • Silniki gier • Cyfrowa rekonstrukcja • Cyfrowa renowacja • Cyfrowa anastyloza • Druk 3D

Tabela 21 Porównanie użycia danych w formie chmury punktów i modelu mesh dla omawianych zastosowań.

● -Forma preferowana ze względu na informacje w kolumnie „Komentarz”, ● -Forma możliwa technicznie, ● -Brak szczegółowych danych.			
Zastosowanie	Chmura punktów	Model mesh	Komentarz
Tworzenie dokumentacji	●	●	Większa dostępność oprogramowania architektonicznego z możliwością dołączania chmury punktów niż modelu mesh. Dla chmury punktów pozyskanej przez skanowanie laserowe możliwość skorzystania z mapy intensywności odbicia wiązki laserowej.
Ocena stanu technicznego	●	●	Dla chmury punktów pozyskanej przez skanowanie laserowe możliwość skorzystania z mapy intensywności odbicia wiązki laserowej.
Wirtualna rzeczywistość	●	●	Szerszy wybór oprogramowania dla modelu mesh.
Rozszerzona rzeczywistość	●	●	Szerszy wybór oprogramowania dla modelu mesh.
Rzeczywistość mieszana	●	●	Szerszy wybór oprogramowania dla modelu mesh.
Udostępnianie online	●	●	Ogólnodostępność platform do wyświetlania modelu mesh.
Animacja	●	●	Szerszy wybór oprogramowania dla modelu mesh.
Wizualizacja	●	●	Większa atrakcyjność graficzna modelu mesh.
Silniki gier	●	●	Szerszy wybór oprogramowania dla modelu mesh.
HBIM	●	●	Większa dostępność specjalistycznego oprogramowania z możliwością dołączania chmury punktów niż modelu mesh.

			Dla chmury punktów pozyskanej przez skanowanie laserowe możliwość wykorzystania mapy intensywności odbicia wiązki laserowej.
HIS	●	●	Podkreślenie znaczenia chmury punktów jako centralnego repozytorium.
Segmentacja i klasyfikacja	●	●	Publikacje związane z automatyzacją segmentacji, klasyfikacji i kodyfikacji przez uczenie głębokie oparte na chmurze punktów.
Cyfrowa rekonstrukcja	●	●	Brak przewagi formy danych.
Cyfrowa renowacja	●	●	Brak szczegółowych danych.
Cyfrowa anastyloza	●	●	W przypadku użycia chmury punktów model w przytoczonych publikacjach zmieniany na model mesh.
Porównanie cech obiektów	●	●	Dostępność rozwiązań automatyzujących dla chmury punktów.
Porównanie danych przestrzennych	●	●	Brak przewagi formy danych.
Druk 3D	●	●	Konieczność konwersji na model mesh.

Oznaczenia opierają się o obecny stan wiedzy i możliwości oprogramowania oraz omówioną literaturę. Należy zwrócić uwagę na ciągły rozwój technologii i możliwość konwersji danych z chmury punktów na model mesh i odwrotnie.

Wnioski:

1. Zastosowanie chmury punktów dla obiektów nieistniejących jest kluczowe, ponieważ stają się one ich najwierniejszą istniejącą kopią. Dane te znajdują zastosowanie w działaniach związanych z popularyzacją dziedzictwa, co jest szczególnie ważne w sytuacji, gdy nie ma możliwości zobaczenia obiektu w świecie rzeczywistym. Dostarczają także informacje dla badań i analiz naukowych.
2. Zarówno chmura punktów jak i model poligonowy są stosowane w omówionych zastosowaniach. Ze względu na różną dostępność oprogramowania na rynku należałoby wziąć pod uwagę dostępność obu tych form zapisu danych, tak by mogły uzupełniać się w różnych formach wykorzystania.

3. Uogólniając chmura punktów znajduje szersze zastosowanie w działaniach badawczych, a model poligonowy związanych z popularyzacją dziedzictwa nieistniejącego. Na etapie pracy z danymi, na podstawie omówionych zastosowań, ograniczeniem w przypadku danych nie pozyskanych ze skanowania laserowego jest brak mapy intensywności odbicia wiązki, która może być używana w tworzeniu dokumentacji oraz ocenie stanu technicznego obiektu.

2.3.5 Założenia użycia chmury punktów w badaniach

Na podstawie omówionych w rozdziale informacji na potrzeby badań przyjmuje się poniższe założenia:

1. Badania mają obejmować pozyskanie chmury punktów dwóch obiektów zagrożonych.
2. Pozyskana chmura punktów może pochodzić ze skanowania laserowego, fotogrametrii lub obu. Ze względu na dokładność pomiaru preferowaną metodą jest skanowanie laserowe.
3. Badania mają zawierać co najmniej:
 - a. Tworzenie dokumentacji 2D,
 - b. Weryfikację dokładności dostępnej dokumentacji,
 - c. Wykorzystanie wirtualnej rzeczywistości,
 - d. Wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości,
 - e. Udostępnienie chmury punktów on-line,
 - f. Analizę bryły obiektu,
 - g. Cyfrową renowację,
 - h. Cyfrową rekonstrukcję,
 - i. Animację.
4. Pomiary mają być wykonane w trakcie jednej wizji lokalnej. W celu symulacji sytuacji, w której obiekt nie istnieje, nie ma możliwości późniejszego wykonania i uzupełnienia pomiaru.

3 ANALIZA ZASTOSOWANIA CHMURY PUNKTÓW OBIEKTÓW ZAGROŻONYCH W KONTEKŚCIE UŻYTECZNOŚCI W BADANIACH NAUKOWYCH ORAZ POPULARYZACJI OBIEKTU ZAGROŻONEGO

3.1 BADANIE 1

3.1.1 Podstawowy opis i uzasadnienie wyboru obiektu

Obiekt pierwszy to dwór w Nużewie położony w województwie mazowieckim, powiecie ciechanowskim, w gminie Ciechanów. Dokładny adres obiektu to Nużewo 40. Obiekt wpisany do Rejestru Zabytków z nr 305-1 (data: 9.12.1996 r.). Obiekt należy obecnie do osoby prywatnej.

W celu wybrania obiektu w zbiorze zabytków zagrożonych utratą wartości zabytkowych w województwie mazowiecki z wyłączeniem m.st. Warszawy określono najliczniejszą grupę pod względem funkcji pierwotnej. Są to obiekty rezydencjonalne. Następnie określono delegaturę, pod opieką której znajduje się najwięcej obiektów zagrożonych – Delegatura w Ciechanowie (49 obiektów). Na podstawie tych danych skontaktowano się z ww. delegaturą (p. Kamil Szczepkowski, Starszy Inspektor ds. kontroli) z listą 7 obiektów, których stan wskazywałby na szczególną konieczność wykonania inwentaryzacji. Były to:

1. Dwór w Wkrze,
2. Dwór w Nużewie,
3. Dwór w Jarlutach Małych,
4. Dwór w Zaborowie,
5. Dwór w Dalanówku,
6. Dwór w Gliniojecku,
7. Dwór w Wiksinie.

W wyborze powyższych obiektów kierowano się materiałem konstrukcyjnym – drewno (wg „Raportu...”³⁶² obiekty drewniane są od wielu lat wskazywane jako najbardziej zagrożona grupa zabytków) oraz wysoki stopień degradacji konstrukcji określony na podstawie dostępnej dokumentacji zdjęciowej.

³⁶² J. Brudnicki i in., *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*...

3.1.2 Założenia badania

Do przeprowadzonych badań przyjęto poniższe założenia:

1. Wykonanie pomiarów mając na uwadze optymalizację czasu potrzebnego w lokalizacji obiektu.
2. Wszystkie pomiary mają być wykonane podczas jednej wizji lokalnej.
3. Pomiary mają zostać wykonane w postaci chmury punktów z RGB.
4. Pomiary mają objąć wnętrze i zewnątrz budynku.
5. Mając na uwadze bezpieczeństwo możliwe jest nieobjęcie pomiarami wszystkich przestrzeni.
6. Ze względu na potencjalne przesłanianie elewacji budynku pomiary mają się odbyć w czasie przed kwitnieniem roślin.
7. Ze względu na brak dostępu do specjalistycznego sprzętu zakłada się brak georeferencji.

Wykonanie skanu laserowego, zdjęć i opisanych w tabeli rodzajów dokumentacji miało być wykorzystane do zbadania możliwości użycia chmury punktów dla poniższych celów (Tabela 22). Zadaniem nie było wykonanie pełnej dokumentacji rysunkowej budynku.

Tabela 22 Tabela celów i typu dokumentacji dla badań dworu w Nużewie.

Cel	Opis	Dokumentacja
1. Weryfikacja dokładności rzutu zawartego w karcie ewidencyjnej.	Porównanie przez nałożenie na siebie rzutu zawartego w karcie ewidencyjnej i rzutu powstałego na podstawie skanu laserowego.	Rzut parteru, skala 1:200, format .dwg i .pdf.
2. Uzupełnienie istniejącej dokumentacji inwentaryzacyjnej.	Opracowanie na podstawie chmury punktów rysunków 2D.	Przekrój, rzut piwnicy, rzut poddasza, widoki elewacji, skala 1:50, format .dwg i .pdf.
3. Analiza bryły obiektu	Stworzenie schematycznego modelu 3D pokazującego podstawowe bryły. Opracowanie na podstawie chmury punktów i dokumentacji zdjęciowej ujętej w karcie ewidencyjnej.	Model 3D, format do określenia po wyborze oprogramowania. Plansza porównawcza modelu stworzonego na podstawie chmury punktów i zdjęć w formacie .pdf.
4. Opracowanie dokumentacji detalu wnętrza	Dokumentacja 2D i widoki 3D wybranego detalu	Rzut, widoki boczne, widoki 3D w postaci arkusza .pdf, skala do określenia na późniejszym etapie, format .pdf.
5. Opracowanie dokumentacji detalu zewnętrznego	Dokumentacja 2D wraz z widokami 3D wybranego detalu	Rzut, widoki boczne, widoki 3D w postaci arkusza .pdf, skala do określenia na późniejszym etapie, format .pdf

6. Analiza rodzajów materiałów elewacyjnych	Określenie rodzajów materiałów elewacyjnych i ich zakresów na wybranej elewacji	Widok wybranej elewacji, skala 1:50, format .pdf
7. Odczytanie oznaczeń ciesielskich na elementach konstrukcyjnych więźby dachowej	Próba odczytania na podstawie chmury punktów oznaczeń ciesielskich znajdujących się na elementach więźby dachowej.	Arkusze zawierające widoki 2D i 3D, skala do określenia na późniejszym etapie, format .pdf.
8. Porównanie ujęć dokumentacji zdjęciowej do ujęć chmury punktów	Porównanie ujęć dokumentacji zdjęciowej do ujęć chmury punktów w celu określenia zakresu pogorszenia stanu technicznego budynku.	Arkusze zawierające oryginalną dokumentację zdjęciową i ujęcia chmury punktów, format .pdf
9. Opracowanie animacji	Opracowanie animacji obejmującej zewnątrz i wybrane wnętrza obiektu.	Animacja w formacie .mp4 lub innym.
10. Opracowanie dokumentacji wybranych ścian wewnętrznych	Stworzenie widoków sferycznych wybranego pomieszczenia.	.jpg lub online

3.1.3 Rys historyczny



Rysunek 12 Tylna elewacja budynku, autor zdjęcia: Ryszard Małowiecki, 23.09.1996 r.

Dwór widoczny powyżej (Rysunek 12) jest położony we wsi Nużewo. Wieś szlachecka jest znana od 1425 r. W 1886 r. folwark składał się z dwóch budynków murowanych i 11 drewnianych (prawdopodobnie także z dworem).³⁶³ W trakcie I Wojny Światowej założenie nie było zniszczone.

Dwór w Nużewie powstał w 4 ćw. XIX w. W 1905 r. właścicielem był Henryk Ponikowski. W latach 1923 r. majątek był w rękach Albina Kownackiego³⁶⁴, później jego żony Klementyny, która specjalizowała się „w hodowli koni dla pułku ułanów w Ciechanowie”³⁶⁵. W czasie II Wojny Światowej dwór został zajęty na rzecz niemieckiego dyrektora jednego z przedsiębiorstw. W trakcie prawdopodobnie tego okresu została założona instalacja elektryczna. Po wojnie, w 1945 r. majątek o wielkości 130,6 ha został podzielony pomiędzy 10 rolników. We władaniu Państwowego Funduszu Ziemi pozostało 5 ha. Budynek dworu został przeznaczony na szkołę, która funkcjonowała do 1980 r. Od 1985 r., po przeprowadzeniu

³⁶³ R. Małowiecki, *Karta Ewidencyjna Zabytków Architektury i Budownictwa 305-A*, 1996 r.

³⁶⁴ *Europa w Rodzinie - Spis majątków ziemskich - woj. warszawskie* [na:]

<http://ziemianie.pamiec.pl/pl/majatki/wa.html>, udostępniono 1 marca 2021 r.

³⁶⁵ R. Małowiecki, *Karta Ewidencyjna Zabytków Architektury i Budownictwa 305-A...*

drobnych napraw, dwór funkcjonował jako budynek mieszkalny (w 1996 r. zamieszkiwany przez 5 rodzin na zasadzie najmu). Zostały wprowadzone przez lokatorów niewielkie zmiany takie jak lokalne centralne ogrzewanie w jednym z mieszkań, czy likwidacja części wewnętrznych drzwi.

Wschodnia część, wg lokalnej tradycji, jest starsza niż reszta budynku. Styl dworu nie daje się jednoznacznie określić. Przedstawia utylitarne podejście do architektury drewnianej i należy do grupy podobnych obiektów, które były wznoszone na płn. Mazowsza w 2 poł. XIX w. do II Wojny Światowej.

3.1.4 Opis obiektu

Ze względu na zwięzłość opisu obiektu, poniższy fragment stanowi cytaty karty ewidencyjnej³⁶⁶.

„Sytuacja – dwór leży we wschodniej części wsi, na płaskim terenie, w otoczeniu niezbyt rozległego, zaniedbanego parku (stosunkowo znaczna ilość świerków). Na płn.-wsch. od dworu było rozległe podwórze folwarczne, a teren parku (przynajmniej od płn.) wydzielony był kamiennym murem. W bliskości wsch. narożnika dworu studnia, nieco dalej – równoległe do elewacji płn.- wsch. mały murowany (kamień na zaprawie wapiennej) budynek z początku XX w. pierwotnie służący do schładzania mleka w konwiach. W sąsiedztwie tego budyneczku oraz nieregularnie porozstawiane w pobliżu małe powojenne murowane i drewniane budynki gospodarcze lokatorów. Przed wejściem głównym do dworu czytelne zarys kolistego podjazdu, do którego prowadzi aleja kasztanowców to od prostopadle usytuowanej drogi Bielin-Gołoty. Na płn.-wsch. od tej alei w odległości około 20 m murowana słupowa kapliczka z poł. XIX w. Dwór usytuowany jest fasadą na południowy wschód

***Materiał**– fundamenty z kamieni eratycznych łączonych zaprawą wapienną. Na tym rolka z cegły maszynowej, w której otwory wentylacji podłogowej. Ściany drewniane, konstrukcji sumikowo– lątkowej z narożami w jaskółczy ogon bez ostatków. Z zewnątrz szalowanie, od wewnątrz (na ogół) tynki wapienne na ukośnych listwach. Stropy belkowe ze ślepym pułapem i podsufitką. W północnych pomieszczeniach części wsch. dworu i w sieni bocznej widać, że tu są stropy (częściowo obecnie przesłonięte przebitymi płytami) z belkami i o sfazowanych narożach i z powalą o deskach kładzionych na zakład– wydaje*

³⁶⁶ Ibid.

się, że jest to pułap pośredni. W sieni bocznej wzdłużny podciąg podtrzymywane przez krótszy poprzeczny mocowany w murach (kominowych) ścianach wewnętrznych. Piwnica sklepiona trzema przęsłami o łukach odcinkowych, rozdzielonych gurtami – także na obrysie łuków odcinkowych. Więźba dachowa o więzarach pełnych, elementy łączone kołkami. Słupy w rozstawie co 4 krokiew, na nich jętki, na których płatwie pośrednie usztywnione mieczami. Blisko kalenicy dodatkowe jętki. W części wschodniej dworu niektóre elementy związane z murami kominów. Pokrycie dachów z blachy ocynkowanej na łątach, tylko nad werandą papa. Podłogi z desek na legarach, tylko w piwnicy gładź betonowa, a w sieni bocznej cegły kładzione na płask. Schody drewniane policzkowe – w sieni głównej dwubiegowe łamane z podestem (tu balustrada z prostych listew), a w sieni bocznej proste jednobiegowe z balustradą ażurową z krzywoliniowo wyrzynanych desek, na których profilowany pochwyt. Do piwnicy zejście po ceglanych prostych schodach. Otwory prostokątne w profilowanych opaskach. Okna (na ogół) dwudzielne, tylko w szczytach – płn.-wsch. i płd.-zach. – dwuskrzydłowe 6-kwaterowe. Konstrukcja ościeżnicowa podwójna. W werandzie poprzedzającej wejście główne ramiaki trój- i sześciokwaterowe. Drzwi płycinowe jedno- i dwuskrzydłowe (4 lub 6 płycin), przy czym zewnętrzne są dwudzielnymi nadświetlami. **Rzut** – całość wygląda jak dwa różne zestawione ze sobą budynki. Część większa ma obrys prostokąta, układ dwutraktowy (trakty nierównej głębokości) z sienią na osi w przednim trakcie, za którą nieco szerszy pokój. Przed sienią niemal kwadratowa weranda. Krótszy bok większej części stanowi część dłuższego boku części mniejszej budynku. Ta także na obrysie prostokąta, układ dwutraktowy (jeszcze większa różnica głębokości) z sienią niemal na osi sięgającej całej głębokości tej części dworu. Za sienią dwa małe pomieszczenia. Bryła – jak rzut, prezentuje się jakby złożona z dwóch części. Całość parterowa w niewielkiej części podpiwniczona, z częściowo użytkowym poddaszem. Dach dwuspadowy biegnący przez całą długość budynku, ale część mniejsza ma własny dach dwuspadowy o kalenicy tylko nieco niższej niż dach główny – w efekcie mniejsza ma trzy trójkątne szczyty. Prostopadłościenna weranda na osi fasady części większej ma dach dwuspadowy, znacznie niższy od głównego. **Elewacje** – wszystkie szalowane pionowo deskami profilowanymi, na zakładkę, tylko elewacja płd.-zach. ma

szalowanie deskami prostymi bitymi na styk. Podziały poziome elewacji są jednakowe – od dołu: na fundamencie poziome deskowanie kryjące podwalinę, na którym ukośna listwa okapowa, wyżej – do ukośnej listwy parapetowej /pod oknami/ - pionowe szalowanie, a nad tą listwą druga, wyższa część pionowego szalowania biegnąca do okapu lub – w szczytach – do listwy odcinającej szalowanie szczytów. Okapy dość silnie wysunięte, na profilowanych końcówkach krokwi i płatwi. Fasada – część większa 7-osiowa symetryczna, z otworem wejściowym na osi, flankowanym przez dwa wąskie okienka – ta triada znajduje się w werandzie. Po prawej lekko zryzalitowana ściana części mniejszej – symetryczna dwuosiowa. W szczycie jedno okno. Elewacja płn.-wsch. niesymetryczna – otwór wejściowy lekko zsunięty z osi na lewo, a na prawo (w znacznej odległości) okno. Elewacja płn.-zach. nieregularna – w części większej 4 nierówno rozmieszczone okna, a niemal na osi odmienny pion szalowania kryjący dawny otwór wyjściowy do nieistniejącej ażurowej altany. Po lewej zryzalitowana boczna ściana części mniejszej o dwóch oknach rozłożonych niesymetrycznie. Elewacja płd.-zach. symetryczna dwuosiowa, w szczycie jedno okno. **Wnętrze** – na szczególną uwagę zasługuje sień boczna ze schodami prowadzącymi na poddasze i (pod nimi) do piwnicy. Jedyne pomieszczenie z podłogą z cegieł i z większymi płaszczyznami nietynkowanych ścian drewnianych – ściana zewnętrzna i prowadzące do niej odcinki do drzwi pomieszczeń bocznych wykonane są w konstrukcji sumikowo – lątkowej, przy czym sumki są znacznie cieńsze niż lątki. W tej sieni interesujący strop, w którym deskowanie na zakład spoczywa na wzdłużnym fazowanym podciągu podpartym poprzeczną (też fazowaną) belką. Obok schodów – niemal naprzeciw zejścia do piwnicy – w ścianie nieczynna wędzarnia. W północnych pomieszczeniach części mniejszej odpadające (wtórne) płyty tworzące pułap odsłaniają faktyczną konstrukcję stropów – fazowanie belki i deski na zakład. **Wyposażenie** – z pierwotnego właściwie nic się nie zachowało. **Instalacje** – elektryczna i, w części, CO”

W tabeli (Tabela 23), w oparciu o kartę ewidencyjną, przedstawiono podstawowe parametry budynku.

Tabela 23 Zestawienie kubatury i powierzchni użytkowej dworu w Nużewie na podstawie karty ewidencyjnej.

Kubatura	Powierzchnia użytkowa:
piwnica: ok. 45 m ³	piwnica: ok. 25 m ²
parter: ok. 850 m ³	parter: ok. 250 m ²
poddasze: ok. 650 m ³	poddasze: ok. 70 m ²
Suma: ok. 1545 m ³	Suma: ok. 345 m ²

Dwór otoczony jest parkiem w stylu krajobrazowym, którego części południowo-wschodnia i północno-zachodnia zostały w 1978 r. sprzedane prywatnym właścicielom³⁶⁷. W skład parku wchodził staw, aleje drzew w tym grabowa i kasztanowa, murowana kapliczka i składziki gospodarcze w postaci kamiennej piwnicy.

3.1.5 Kompletność obecnej dokumentacji

W rozważaniach brane są pod uwagę jedynie źródła, których utrzymanie jest umocowane prawnie. Nie brano pod uwagę źródeł takich jak dostępna internetowo dokumentacja zdjęciowa wykonana przez osoby prywatne, ponieważ jej dostępność nie jest pewna szczególnie w wieloletnim kontekście.

Źródła, które pozyskano to:

1. Karta biała dworu w Nużewie³⁶⁸,
2. Ewidencja parkowa dworu w Nużewie³⁶⁹,
3. „Dwory i pałace wiejskie na Mazowszu”³⁷⁰.

Karta biała obiektu³⁷¹ została stworzona i opisuje stan na 23.09.1996 r. Najnowsza i jedyna adnotacja pochodzi z 26.01.2007 r.

Karta biała zawiera:

³⁶⁷ Z. Głotz, E. Lenart, J.P. Fernik, *Ewidencja parkowa dworu w Nużewie*, Zarząd Główny Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Inżynierów i Techników Ogrodnictwa, 1983 r.

³⁶⁸ R. Małowiecki, *Karta Ewidencyjna Zabytków Architektury i Budownictwa 305-A...*

³⁶⁹ Z. Głotz, E. Lenart, J.P. Fernik, *Ewidencja parkowa dworu w Nużewie...*

³⁷⁰ P. Libicki, *Dwory i Pałace wiejskie na Mazowszu*, Poznań 2013, s. 261.

³⁷¹ R. Małowiecki, *Karta Ewidencyjna Zabytków Architektury i Budownictwa 305-A...*

1. plan miejscowości Nużewo bez wskazanej skali z oznaczeniem dworu (Rysunek 13),



2. plan sytuacyjny w skali 1:4000 z naniesioną informacją o lokalizacji obiektu, szkicowym zarysie drzew, lokalizacji stawu, kapliczki oraz terenu, gdzie znajdował się folwark (Rysunek 14),

Rysunek 13 Plan miejscowości, autor: R. Małowiecki.

3. rzut parteru budynku w skali 1:200, zawierający wymiary zewnętrzne bryły budynku, oznaczenia okien, drzwi, schodów, pieców oraz orientację względem stron świata,

4. opis zawierający historię obiektu, określenie stylu, opis sytuacji, materiału, rzutu, bryły, elewacji, wnętrz, wyposażenia i instalacji,



Rysunek 14 Plan sytuacyjny, autor: R. Małowiecki.

5. parametry kubaturowe,

6. parametry powierzchni użytkowej,

7. opis prac budowlanych i konserwatorskich,

8. przeznaczenie pierwotne,

9. użytkowanie obecne tj. na czas sporządzenia karty białej,

10. najpilniejsze postulaty konserwatorskie zawierające wskazanie uszczelnienia lub wymiany pokrycia dachowego oraz ekspertyzę mykologiczną i konstrukcyjną, które pozwoliłyby na określenie stanu technicznego obiektu,

11. uwagi dotyczące m.in. opróżnienia dworu z użytkowania budynku mieszkalnego na podstawie decyzji Powiatowego Inspektora Nadzoru Budowlanego z 2006 r.,

12. adnotację z 26.01.2007. r o treści: „Obiekt nieużytkowany, niezabezpieczony, szyby w większości powybijane, część skrzydeł okiennych powyrywana, dach nad gankiem zawalony, drzwi od strony szczytowej otwarte, instalacja we wnętrzu powyrywana”,

13. dokumentacja zdjęciowa zawierająca 15 czarno-białych zdjęć (Rysunek 15-Rysunek 29) :



Rysunek 15 Tylna elewacja budynku, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.



Rysunek 16 Fasada, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.



Rysunek 17 Elewacja płn.-wsch., autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.



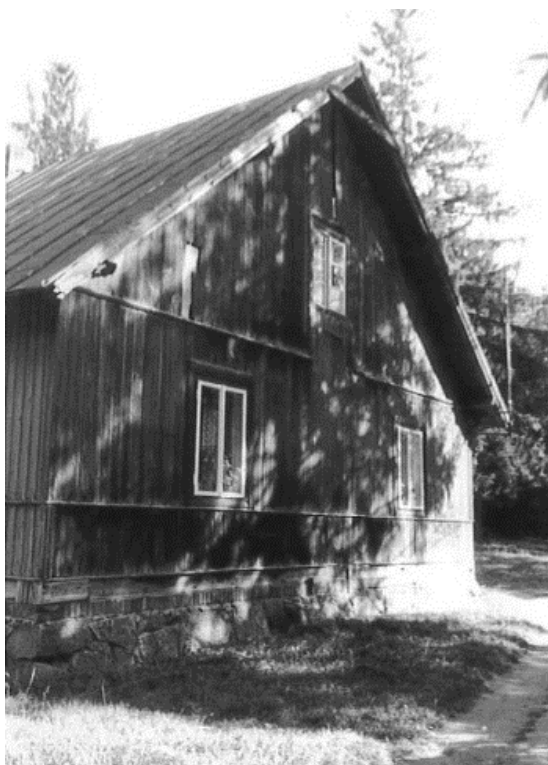
Rysunek 18 Elewacja płn.-zach. autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.



Rysunek 20 Weranda-wejście główne, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.



Rysunek 19 Okno elewacji płd.-wsch., autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.



Rysunek 21 Elewacja płd.-wsch., autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.



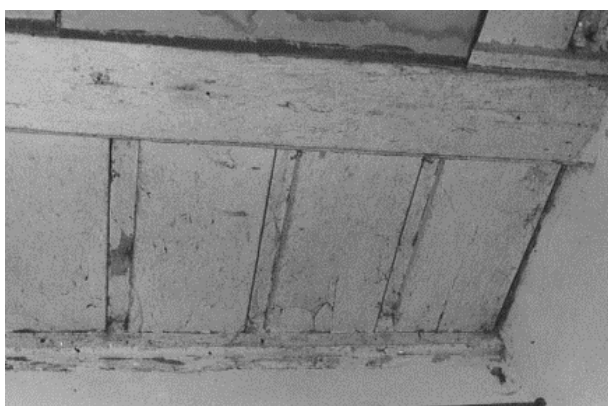
Rysunek 22 Sień boczna, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.



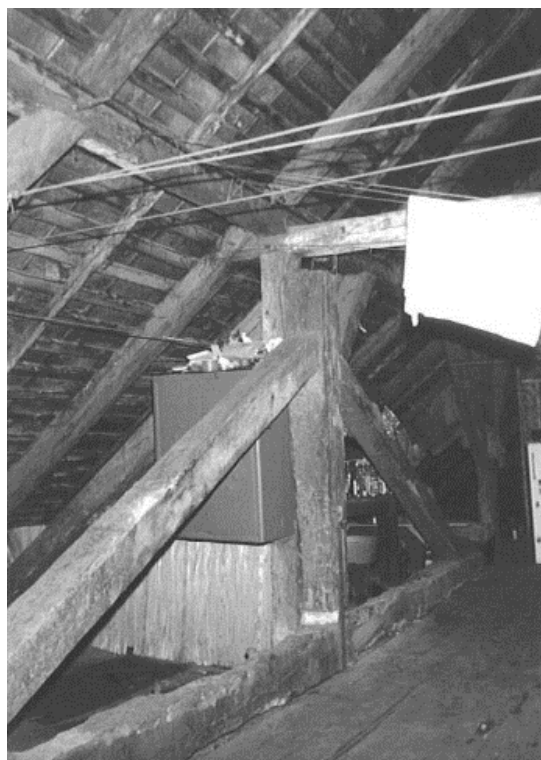
Rysunek 26 Fasada - fragment konstrukcji dachowej, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.



Rysunek 25 Piwnica - fragment, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.



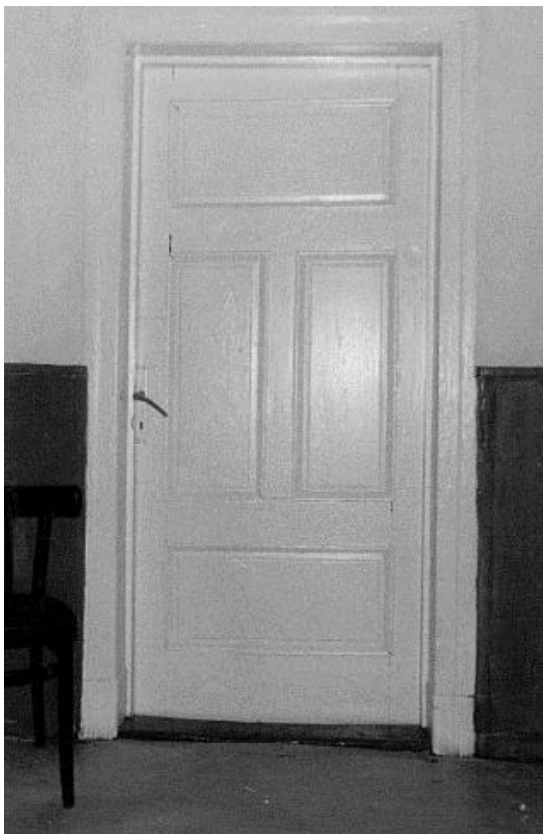
Rysunek 27 Fragment stropu pomieszczenia północnego, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.



Rysunek 24 Fragment wiązania dachowego z więzarem odciążającym, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.



Rysunek 23 Sień główna - fragment, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.



Rysunek 28 Jedne z wewnętrznych drzwi, Rysunek 29 Drzwi z werandy do sieni głównej,
 autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r. autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.

Dostępna jest także ewidencja parkowa³⁷² sporządzona w latach 1983-5, w której oceniono stopień zachowanie dawnych elementów architektury i małej architektury jako mierny, a wartość obiektów architektury także jako mierny. W ewidencji ujęto informacje pozyskane w trakcie rozmowy z sołtysem Nużewa. Dokumentacja zawiera:

1. Analizę i ocenę wartości zabytkowych założeń zieleni opracowaną w 1985 r.,
2. Recenzję ewidencji parku sporządzoną przez mgr H. Orzechowską w 1984 r.,
3. Metryczkę parku-ogrodu,
4. Krótką analizę historyczną,
5. Charakterystykę stanu istniejącego wraz z analizą przetrwania dawnego układu oraz wykaz zinwentaryzowanych drzew i skupin,
6. Zestawienie gatunków (odmian) drzew, zestawienie kładu gatunkowego (odmianowego) drzew, wykaz drzew i skupin,
7. Wnioski,

³⁷² Z. Głotz, E. Lenart, J.P. Fernik, *Ewidencja parkowa dworu w Nużewie...*

8. Dokumentację fotograficzną w postaci 18 czarno-białych zdjęć z czego na 4 widoczny jest dwór,
9. Wykaz osób udzielających informacji, zbadanych materiałów i publikacji,
10. Szkic parku w skali 1:500 z mapami orientacyjnymi w skali 1:25 000 i 1:500 000 oraz odrysem działki z mapy klasyfikacyjnej 1:5 000 z 1957 r. Na szkicu oznaczone są lokalizacje graficzne i numeryczne wykonanych zdjęć.

Niezwykle cenna jest także lista źródeł, które w ramach prac zostały zweryfikowane i w których brak był informacji o parku w Nużewie.

W dostępnej dokumentacji nie są uwzględnione m.in.:

1. przekrój budynku,
2. widoki elewacji,
3. rzut piętra,
4. rzut piwnicy,
5. wymiary i rysunki podziału stolarki okiennej i drzwiowej,
6. informacje kolorystyczne (dostępna dokumentacja zdjęciowa jest czarno-biała).

3.1.5.1 Próba stworzenia chmury punktów przy użyciu SfM na podstawie istniejącej dokumentacji

Na podstawie dostępnej dokumentacji zdjęciowej wykonano próbę stworzenia chmury punktów przy użyciu technologii SfM. Mając na uwadze to, że zdjęcia powinny przedstawiać zewnątrz oraz obejmować obiekt, a nie detal wybrano 6 zdjęć z karty ewidencyjnej dworu i 4 zdjęcia z ewidencji parku. Wszystkie zdjęcia są czarno-białe. Dodatkowe utrudnienie dla stworzenia modelu stanowiło to, że zdjęcia na potrzeby ewidencji parkowej były wykonywane zimą, a te z karty ewidencyjnej dworu w trakcie innej pory roku. W sumie model był tworzony na podstawie 10 czarno-białych zdjęć.

Jako programy w którym dokonano próby stworzenia chmury punktów wytypowano ReCap Photo³⁷³ i Meshroom³⁷⁴. Ze względu na wymaganie co najmniej 20 zdjęć w programie ReCap Photo nie było możliwości stworzenia w nim chmury punktów. Te same zdjęcia zostały użyte w programie Meshroom. Stworzenie chmury punktów nie przeszło etapu „StructureFromMotion” ze względu na brak możliwości określenia lokalizacji z których wykonywane były zdjęcia.

³⁷³ ReCap.

³⁷⁴ Meshroom: 3D Reconstruction Software.

Wnioski:

1. Dokumentacja zawarta w dostępnych źródłach posiada podstawowe informacje o obiekcie i jego otoczeniu.
2. Nie ma możliwości stworzenia chmury punktów przy użyciu techniki SfM na podstawie dostępnych w dokumentacji fotografii.

3.1.6 Opis przeprowadzonego pomiaru

Badania zostały przeprowadzone dnia 27.04.2021 r. Zostały poprzedzone jednokrotną wizją lokalną w trakcie której oprócz oceny stanu budynku odsłonięto elewację z przyległej roślinności. Były to tzw. samosiejki, których obecność a co za tym idzie przesłanianie budynku wpłynęłoby negatywnie na przeprowadzany pomiar.

Skan przeprowadzono dla całego budynku (wnętrze i zewnątrz) i obejmował wszystkie kondygnacje (piwnicę, parter, strych). Został wykonany trzema urządzeniami Faro Focus S350. Sprzęt został udostępniony przez firmę Faro Technologies Polska Sp. z o.o. a pomiary także wykonywali i nadzorowali przedstawiciele firmy – p. Szymon Duda i p. Arkadiusz Pawłowski.

Ze względu na zawalenie sufitu w jednym z pomieszczeń (Rysunek 30) i brak doń dostępu nie było możliwości ustawienia w nim stanowisk. Pomiary wykonano w najbliższej odległościowo dostępnej lokalizacji tj. przy drzwiach pomieszczenia.

W pomieszczeniach na poddaszu ze względu na dziury w stropie nie było możliwości umiejscowienia skanera we wszystkich pożądanach lokalizacjach. Pomimo tego, ze względu na to, że skaner laserowy mierzy na odległość i nie ma potrzeby podchodzenia bezpośrednio do mierzonych elementów, udało się ująć w pomiarach większość tej przestrzeni.

Podstawowe parametry techniczne urządzenia to^{375 376}:



Rysunek 30 Zawalony sufit uniemożliwiający dostęp do w jednego z pomieszczeń.

³⁷⁵ FARO Focus Skaner laserowy [na:] <https://www.tpi.com.pl/pl/skanery-laserowe/faro-focus-s-701503501>, udostępniono 9 lipca 2021 r.

³⁷⁶ FARO Focus Laser Scanner Performance Specifications.

Dalmierz:

Zasięg: 0,6-350 m,

Prędkość pomiaru: do 2 mln pkt./s,

Błąd pomiaru odległości +/- 1 mm,

Moduł foto:

Rozdzielczość: do 165 megapikseli w kolorze,

Funkcja dynamicznych kolorów: *bracketing*³⁷⁷ ekspozycji 2x, 3x, 5x,

Lustro:

Pole widzenia w pionie: 300°,

Pole widzenia w poziomie: 360°,

Rozdzielczość pionowa: 0,009° (40.960 pikseli 3D dla 360°),

Rozdzielczość pozioma: 0,009° (40.960 pikseli 3D dla 360°),

Maksymalna prędkość skanowania w pionie: 5,820 obr./min lub 97 Hz,

Laser:

Długość fali: 1 550 nm,

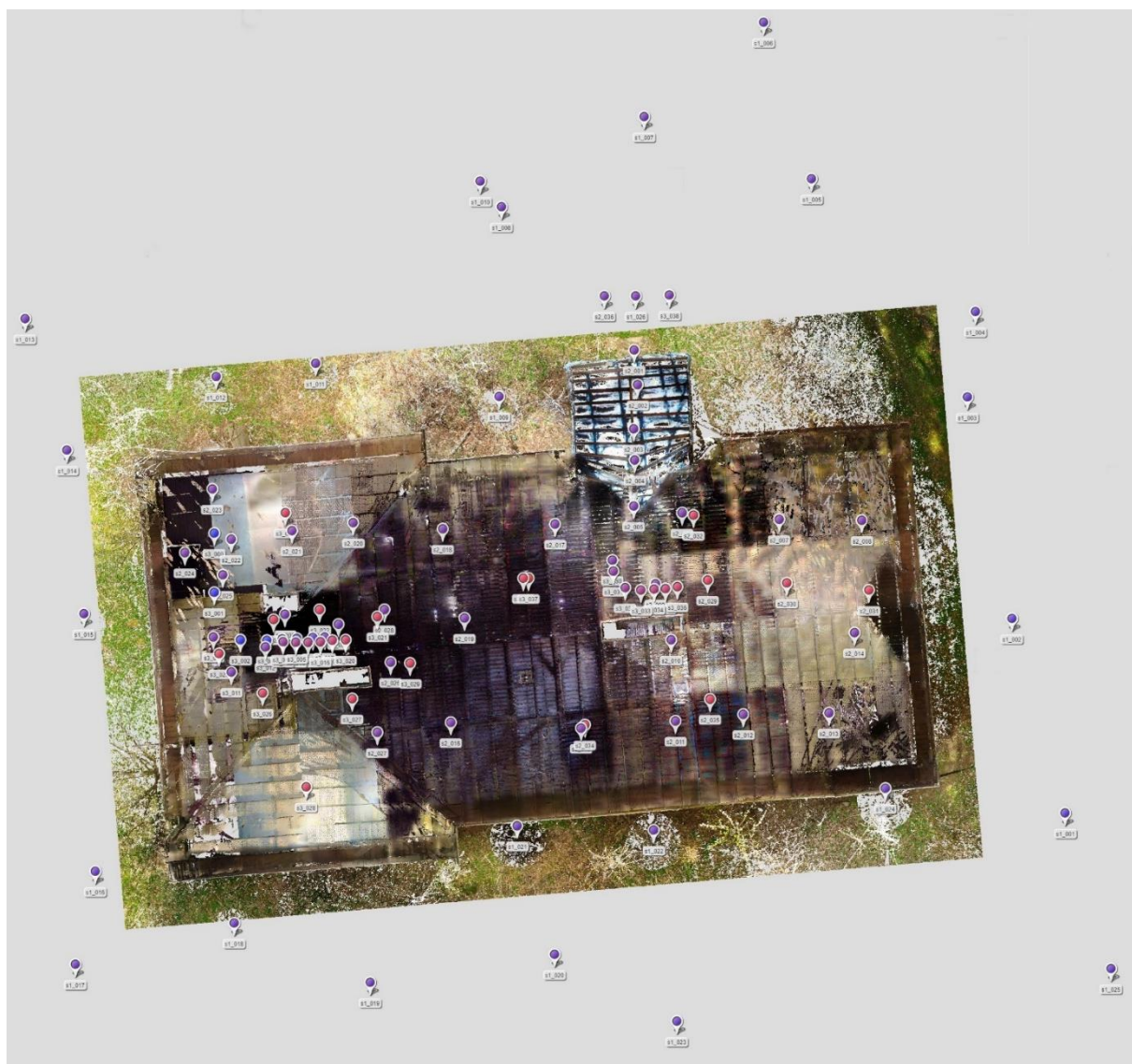
Rozbieżność wiązki: wielkość typowa 0,3 miliradiana (1/e),

Średnica wiązki na wyjściu: 2,12 mm (1/e),

Pomiary trwały ok. 4 h 10 min. (w godzinach 8:30-12:40). Warunki atmosferyczne były korzystne, nie wpływały negatywnie na jakość pomiarów (tak jak miałyby to miejsce w przypadku opadów deszczu). Jedno urządzenie wykonywało pomiar zewnątrz, dwa pozostałe wewnątrz. W skanie uwzględniono 101 punktów pomiarowych (Rysunek 31).

³⁷⁷ wykonanie serii zdjęć o różnym naświetleniu

P. Czubla, J. Petera-Zganiacz, *Fotografia dokumentacyjna w naukach o Ziemi*, „Acta Universitatis Lodzensis. Folia Geographica Physica” t. 18 (2019), DOI: 10.18778/1427-9711.18.01.



Rysunek 31 Lokalizacja punktów pomiaru przedstawiona w internetowej przeglądarce Faro WebShare.

Do docelowego połączenia plików wybrano metodę „chmura do chmury” (ang. *cloud-to-cloud*), stąd w trakcie pomiaru nie umieszczano kul i tarcz. Wynikiem pomiarów był zbiór 101 plików w formacie .fls. Każdy plik miał rozmiar ok. 250 MB, co daje w sumie ok. 25 GB. Dla schodów pomiary były wykonywane co 2-3 stopnie co miało na celu ułatwienie docelowego połączenia skanów. W trakcie pomiarów wykonano także dokumentację zdjęciową (Rysunek 32-Rysunek 36), która w zakresie zewnątrz miała służyć próbie stworzenia modelu na podstawie fotogrametrii.

Dane pomiarowe były zapisywane na kartę SD, sterowanie skanerem odbywało się za pomocą ekranu dotykowego i połączenia WLAN. Podsumowanie podstawowych parametrów inwentaryzacji przedstawia Tabela 24.

Tabela 24 Podsumowanie podstawowych parametrów inwentaryzacji dworu w Nużewie.

Podsumowanie parametrów prac inwentaryzacyjnych	
Czas skanowania:	4 h i 10 min.
Liczba osób:	4
Liczba stanowisk pomiarowych:	101
Błąd pomiarowy wg danych producenta:	1 mm
Dokładność pomiaru wg raportu:	2 mm
Urządzenie:	Faro Focus S350



Rysunek 32 Elewacja tylna dworu w Nużewie, data wykonania zdjęcia: 2021-04-27, zbiory własne.



Rysunek 34 Skaner laserowy Faro w trakcie wykonywania pomiarów na poddaszu dworu w Nużewie, data wykonania zdjęcia: 2021-04-27, zbiory własne.



Rysunek 33 Widok na ganek z wnętrza budynku, data wykonania zdjęcia: 2021-04-27, zbiory własne.



Rysunek 35 Widok na elewację frontową i stojące przed nimi 3 skanery Faro, którymi została przeprowadzona inwentaryzacja budynku, data wykonania zdjęcia: 2021-04-27, zbiory własne.

3.1.6.1 Próba stworzenia chmury punktów na podstawie fotogrametrii SfM

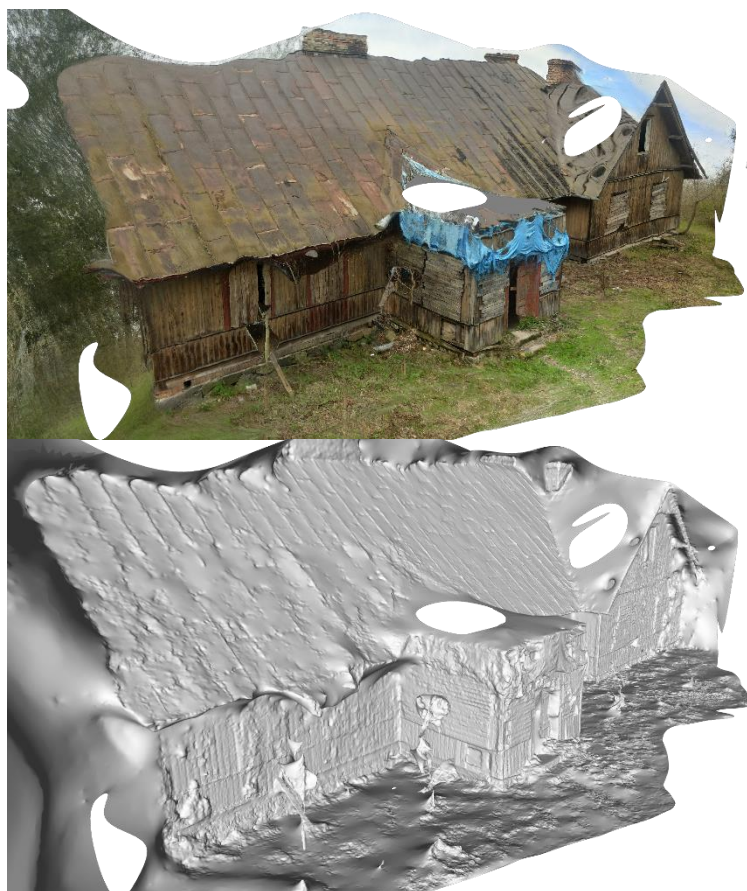
Na podstawie 100 zdjęć zewnątrz budynku podjęto także próbę stworzenia chmury punktów przy użyciu metod i technik fotogrametrii.

Założono zastosowanie automatycznych rozwiązań, bez używania tarcz. Dla zdjęć elewacji wschodnio-północnej nie było wystarczająco dużo odejścia, co znacząco ograniczyło zakres możliwych ujęć.

Podjęto pierwszą próbę wykorzystując program ReCap Photo³⁷⁸. Oprogramowanie jest oparte o rozwiązania chmurowe. Proces polegał na przesłaniu do chmury wybranych zdjęć i oczekiwanie na model. Efektem jest model poligonowy, który można ograniczyć przez

docinanie, obrócić, przeskalować oraz uzupełnić brakujące fragmenty uśrednieniem sąsiadującej geometrii. Model miał być następnie wyeksportowany do programu CloudCompare³⁷⁹ i zamieniony w chmurę punktów.

Geometria powstała na podstawie zdjęć nie była kompletna. Pomimo wysokiej szczegółowości obejmowała jedynie frontową elewację (Rysunek 36).

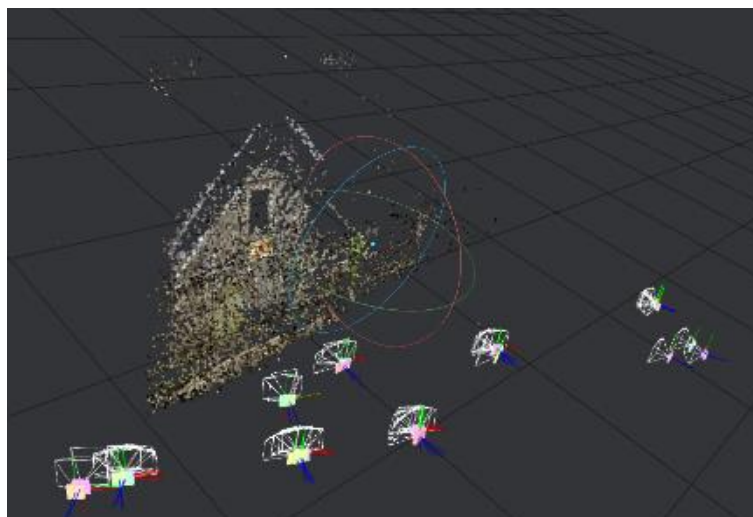


Rysunek 36 Widok modelu dworu w Nużewie stworzonego przy użyciu fotogrametrii w programie ReCap Photo. Widok górny w trybie „Visualization”, widok dolny w trybie „Solid”.

³⁷⁸ ReCap.

³⁷⁹ CloudCompare.

Następnie na podstawie tego samego zestawu zdjęć podjęto próbę wykonania chmury punktów w programie Meshroom³⁸⁰. Wyniki były także niewystarczające, ponieważ obejmowały fragment elewacji północno-zachodniej (Rysunek 37).



Rysunek 37 Chmura punktów obejmująca fragment elewacji północno-zachodniej dworu w Nużewie stworzona przy użyciu technologii SfM w programie Meshroom.

Problemy z powyższym zastosowaniem fotogrametrii prawdopodobnie udałoby się wyeliminować przez użycie tarcz, bezzałogowych statków

powietrznych i oprogramowania umożliwiającego wskazywanie punktów wspólnych. Wyzwaniem natomiast mogłoby być wykonanie całościowego modelu uwzględniającego wnętrza (zakres objęty skanem laserowym). Wykonywanie zdjęć w ciemnych pomieszczeniach wymagałoby zapewnienia dodatkowego oświetlenia lub długiego czasu naświetlania. Dodatkowo w każdym z pomieszczeń konieczne byłoby wykonanie serii zdjęć, a następnie wskazywanie, prawdopodobnie ręczne, wspólnych punktów.

Ze względu na fakt, że wykonany był skan laserowy, fotogrametria była rozwiązaniem dodatkowym, a dokumentacja zdjęciowa obejmowała tylko zewnątrz budynku porzucono dalszą pracę nad utworzeniem chmury punktów tą techniką

3.1.7 Opracowanie dokumentacji

Zakres opracowywanej dokumentacji jest oparty i ograniczony do celów jakim ma służyć. Zostały one wymienione w rozdziale 3.1.2 Założenia badania.

3.1.7.1.1 Chmura punktów

Pracę rozpoczęto od złożenia skanów metodą „chmura do chmury”, oczyszczenia i ograniczenia chmur punktów w programie Faro Scene³⁸¹. Proces ten trwał około 7 h, z czego

³⁸⁰ Meshroom: 3D Reconstruction Software.

³⁸¹ FARO Scene.

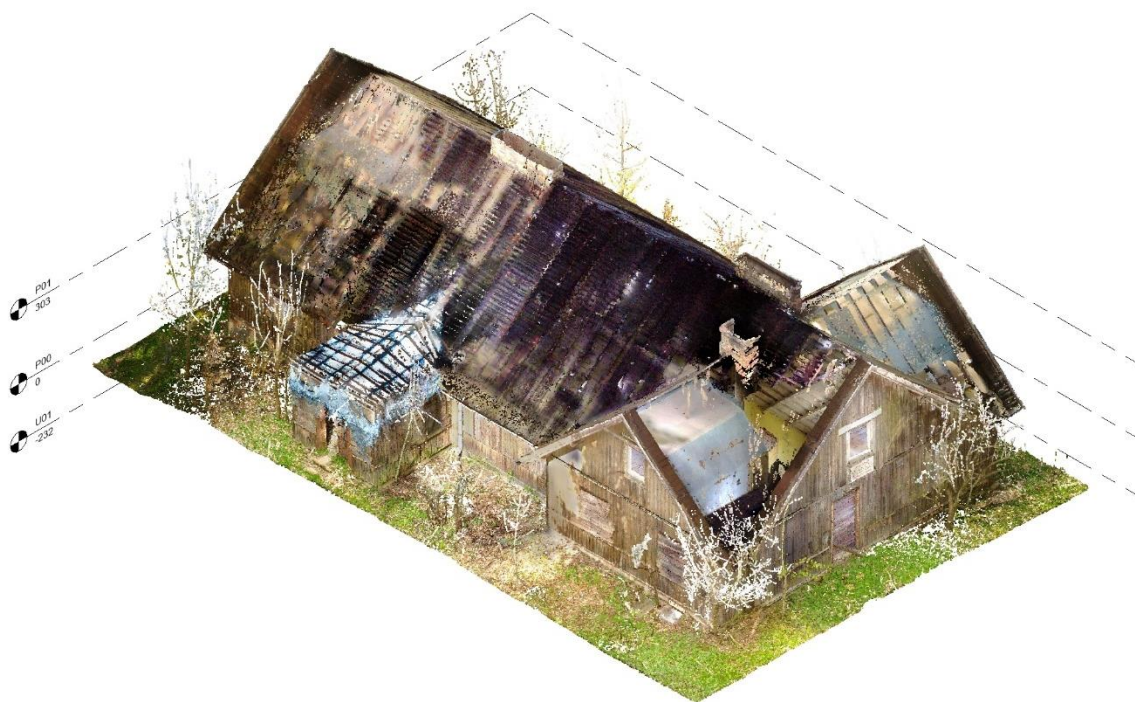
1 h angażowała pracę człowieka. Resztę stanowiły automatyczne procesy wykonywane przez oprogramowanie. W chmurze nie były usuwane tzw. szumy co potencjalnie wydłużyłoby automatyczne procesy o kilka dodatkowych godzin. Skany parteru i piętra nie wykryły automatycznie połączenia, więc ich złożenie odbyło się ręcznie przez wskazanie wspólnych punktów.

Następnie plik został wyeksportowany do formatu .rcs. Efektem był jeden plik złożeniowy, który można otworzyć i edytować w programie ReCap Pro³⁸² producenta oprogramowania Autodesk.

3.1.7.1.2 Zastosowanie: Weryfikacja poprawności istniejącej dokumentacji

Złożeniowa chmura punktów w formacie .rcs została dołączona w programie Revit. Oprogramowanie to zostało wybrane ze względów testowych – sprawdzenia zalet i ograniczeń w podstawowej pracy aplikacji z chmurą punktów.

Jednostką pliku są centymetry. Opracowanie rozpoczęto od ustawienia północy projektu zgodnie z materiałami przedstawionymi w karcie ewidencyjnej³⁸³. Następnie wykonano przekrój roboczy, który pozwolił nadać odpowiednie wysokości kondygnacji i określić



Rysunek 38 Widok 3D skanu w programie Revit.

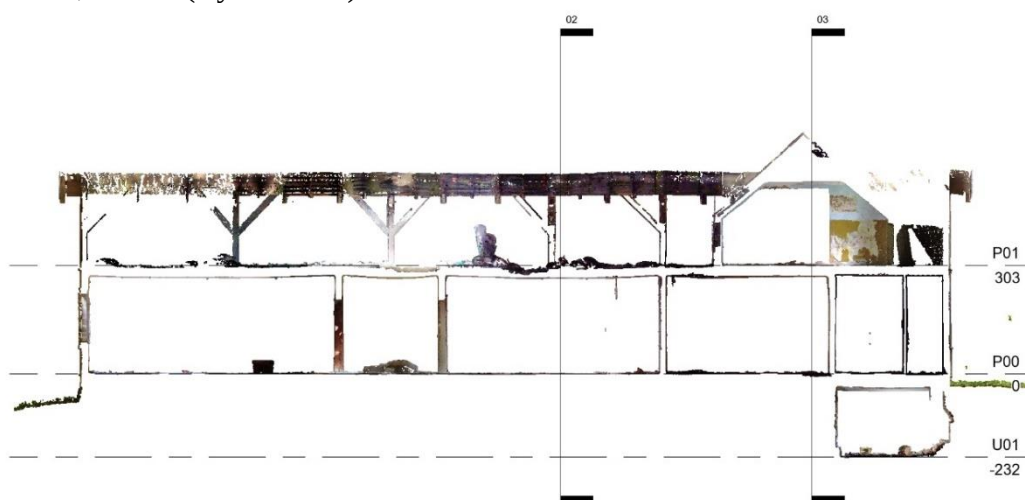
³⁸² ReCap.

³⁸³ R. Małowiecki, *Karta Ewidencyjna Zabytków Architektury i Budownictwa 305-A...*

wysokość, na której ma zostać wykonany rzut (Rysunek 38, Rysunek 39, Rysunek 40,). W celu zwiększenia dokładności i stwierdzenia ewentualnych różnic wysokościowych wykonano dwa kolejne przekroje. Kroki te były konieczne ze względu na powiązanie widoku z poziomem, jakie występuje w programach bazujących na technologii BIM.

Ze względu na liczne dziury w stropach, ubytki w podłodze i przedmioty leżące na niej dokładność określenia wysokości kondygnacji jest niższa. Głębokość widoków w przekrojach została celowo zmniejszona, co umożliwiło lepszą widoczność poziomów.

Rzut został wykonany na wysokości 1 m (Rysunek 42). W celu uniknięcia widoczności elementów znajdujących się na podłodze oraz ograniczenia liczby punktów zakres widoku wynosił 0,98-1 m (Rysunek 41).

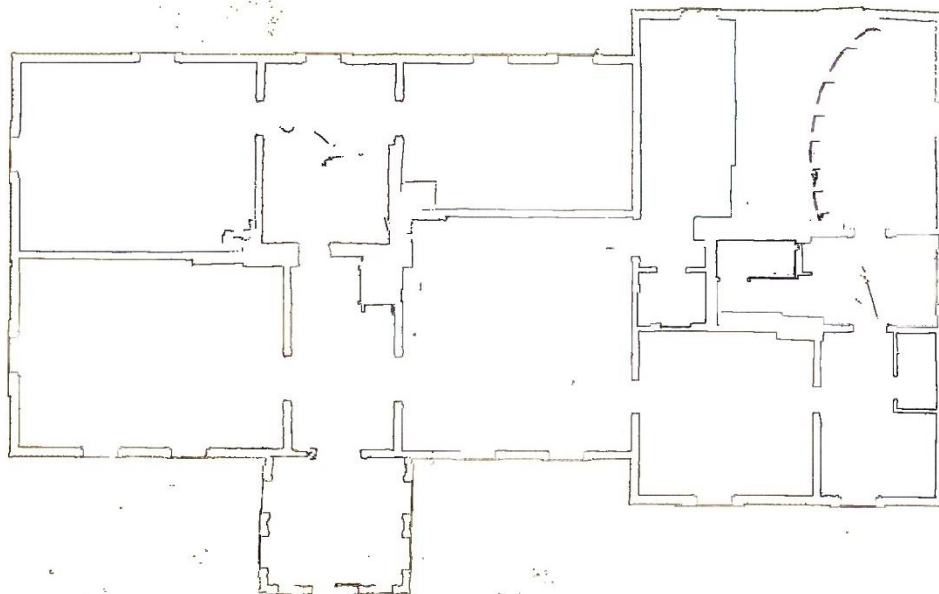


Rysunek 39 Przekrój wraz z widocznymi poziomami.



Rysunek 40 Widok chmury punktów z góry w programie Revit.

Na tym poziomie zaawansowania pracy zarys rzutu parteru był czytelny. Widoczny był brak informacji w pomieszczeniu w prawym górnym narożniku, gdzie utrudniony był dostęp ze względu na zawalony sufit.



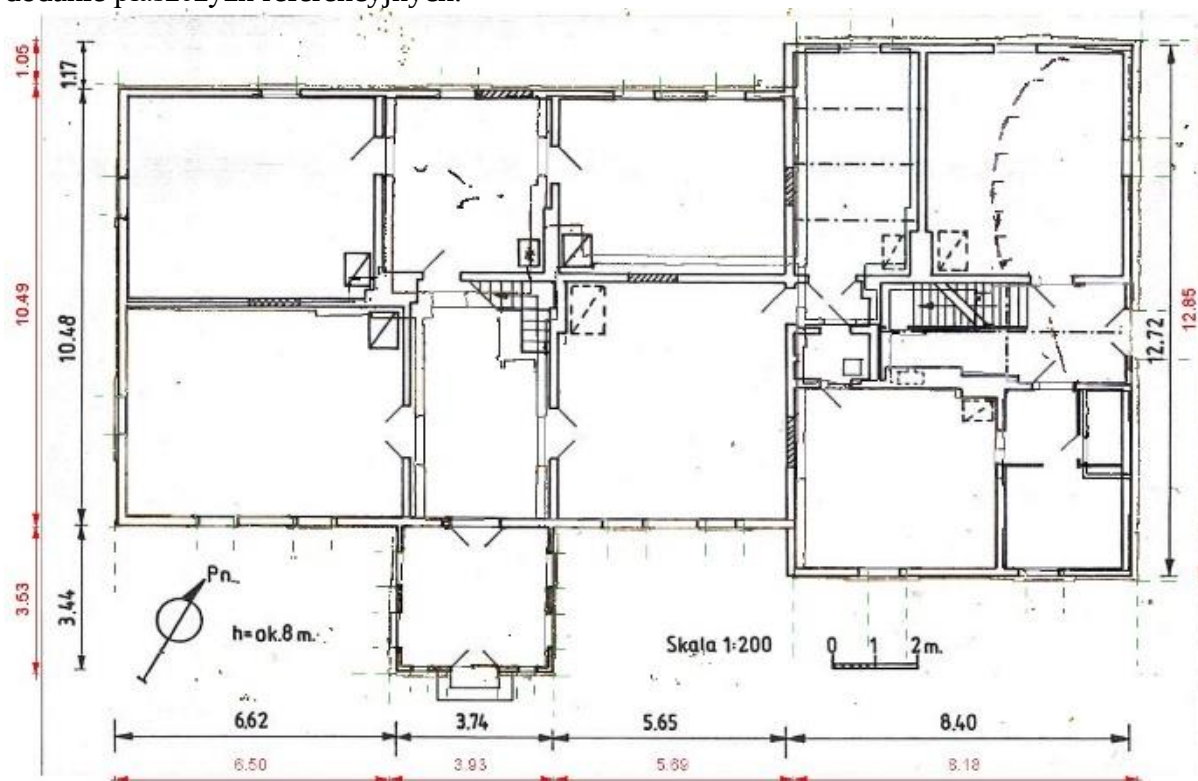
Rysunek 41 Rzut po ograniczeniu głębokości widoku. Widoczność elementów w zakresie 0,98 -1,00 m od poziomu posadzki.



Rysunek 42 Rzut przed ograniczeniem głębokości widoku.

Umieszczenie rzutu zawartego w karcie ewidencyjnej³⁸⁴ odbyło się przez nałożenie na wycinek chmury punktów rzutu jako fragmentu strony w formacie .pdf. Został on przeskalowany metodą graficzną zgodnie ze skalą liniową ujętą na rzucie i manualnie wyrównany do chmury punktów względem lewego dolnego narożnika.

Wycinek chmury punktów został uzupełniony o wymiary. Ze względu na ograniczenia programu (brak możliwości wymiarowania do punktów chmury) konieczne było ręczne dodanie płaszczyzn referencyjnych.



Rysunek 43 Chmura punktów dworu w Nużewie nałożona na skan z karty ewidencyjnej w formacie .pdf.

Maksymalna różnica wymiaru między kartą ewidencyjną a chmurą punktów wynosiła 22 cm i dotyczyła szerokości części o wielospadowym dachu. Większe różnice występowały we wnętrzu (do ok. 50 cm), jednak należy zwrócić uwagę, że ściany wewnętrzne uległy odkształceniom oraz że rzut zawarty w karcie ewidencyjnej nie zawiera wymiarów wewnętrznych. Rzut ścian wewnętrznych przedstawia liczbę pomieszczeń i ich relacje zgodnie z informacjami ujętymi w chmurze punktów (Rysunek 43).

³⁸⁴ Ibid.

W karcie ewidencyjnej ujęta jest też informacja o wysokości obiektu – ok. 8 m. Zgodnie z pomiarem chmury punktów wysokość ta wynosi do kalenicy 8,07 m, a do komina 8,5 m (Rysunek 44).



Rysunek 44 Widok elewacji dworu w Nużewie na podstawie chmury punktów z oznaczoną wysokością.

Wnioski:

1. Dokładność dokumentacji przedstawionej w karcie ewidencyjnej dworu w Nużewie, w zakresie rzutu i wysokości obiektu są zbliżone do wartości otrzymanych na podstawie chmury punktów. W sytuacji zniszczenia obiektu, stanowiłyby rzetelne źródło informacji o dworze w Nużewie.
2. Na podstawie chmury punktów możliwa była weryfikacja dokładności istniejącej dokumentacji.
3. Do zalet zastosowania programu Revit należały: możliwość wskazania poziomów i generowania na ich podstawie rzutów, dokładnego wskazywania zakresów wysokości linii cięcia i głębokości widoku, umieszczenie całości opracowania w jednym pliku.
4. Ograniczenia użycia programu Revit były związane z brakiem możliwości wymiarowania do punktów chmury. Było to też ograniczone użycie oprogramowania i zastosowanie go w omawianym zakresie nie miałooby uzasadnienia ekonomicznego.

3.1.7.1.3 Zastosowanie: Uzupełnienie istniejącej dokumentacji inwentaryzacyjnej

Dokumentacja uwzględniona w karcie ewidencyjnej zabytku nie przedstawia, także z założenia, pełnej inwentaryzacji budowlanej. Informacja o dokumentacji dostępnej w archiwach może być odnotowana na karcie ewidencyjnej lub w bazach danych NID. W przypadku dworu w Nużewie dostępne materiały obejmowały źródła omówione w rozdziale

3.1.5 Kompletność obecnej dokumentacji. Nie było w nich opracowań pokazujących przekrój budynku, rzut piwnicy i poddasza oraz widoków elewacji. Bazując na tym, dokumentację uzupełniono o ten zakres.

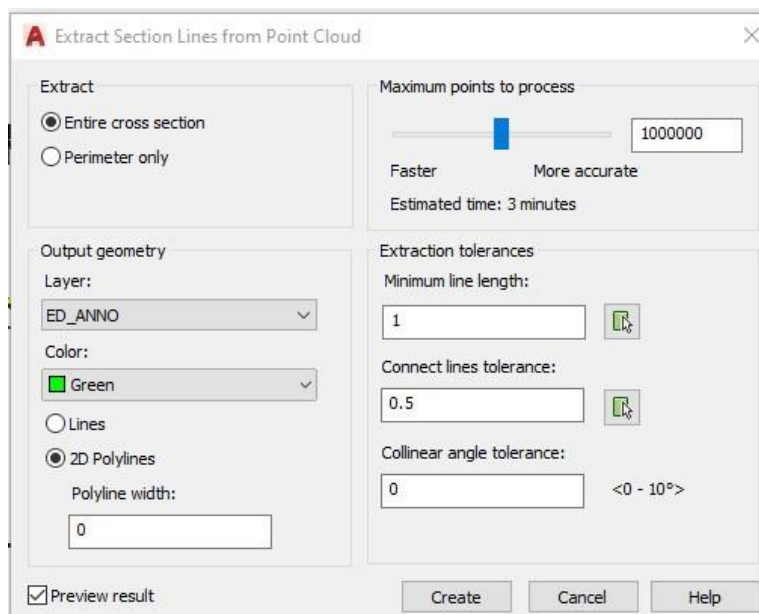
Do wykonania opracowania posłużył program AutoCAD firmy Autodesk. Ze względu na stan budynku i liczne odkształcenia podjęto decyzję o niewykonywaniu modelu BIM.

Wymagałby on uproszczeń, użycia niskiego poziomu szczegółowości, większych nakładów czasowych, finansowych oraz stawiałby większe wymagania dla sprzętu komputerowego. Chmura punktów przedstawia najpełniejszą informację o obiekcie. Program AutoCAD daje możliwość pracy z użyciem chmury punktów i jest popularnym rozwiązaniem na rynku. Pliki zapisywane są do popularnego formatu .dwg, którego otwarcie jest możliwe przez inne stosowane powszechnie programy (np. BricsCAD³⁸⁵, ZWCAD³⁸⁶, GstarCAD³⁸⁷).

Pracę rozpoczęto od zorientowania chmury punktów względem punktu zerowego pliku. Następnie stworzono warstwy dla chmury punktów i płaszczyzn tnących co ma zapobiec przesuwaniu elementów (blokada) oraz ułatwić ich wygaszanie. W przypadku zastosowania georeferencji należałoby uwzględnić ustawienie odpowiednich współrzędnych na tym etapie.

Przekrój

Ze względu na konieczność określania wysokości płaszczyzn tnących na rzutach opracowanie rozpoczęto od przekrojów, względem których będzie można ją określić. Przekrój został opracowany w programie AutoCAD przez stworzenie przekroju chmury punktów o różnych głębokościach. Automatyczna ekstrakcja linii odbyła się jak przedstawiono na grafice (Rysunek



Rysunek 45 Parametry z jakimi odbyło się automatyczne generowanie linii przekroju na podstawie chmury punktów.

³⁸⁵ BricsCAD [na:] <https://www.bricsys.com/pl-pl/bricscad-lite>, udostępniono 5 maja 2023 r.

³⁸⁶ ZWCAD [na:] <https://www.zwcad.pl/>, udostępniono 5 maja 2023 r.

³⁸⁷ Program CAD [na:] <https://gstarcad.pl/>, udostępniono 5 maja 2023 r.

45). W trakcie automatycznego tworzenia linii powstało wiele wystąpień będących reprezentacją elementów znajdujących się na podłodze w tym mebli (Rysunek 46), które wymagały usunięcia. Następnie brakujące linie uzupełniono i dodano podstawowe wymiary. Wykonane opracowanie przedstawia Załącznik 1.



Rysunek 46 Przekrój chmury punktów z widocznymi elementami znajdującymi się na podłodze i liniami stworzonymi automatycznie na podstawie chmury punktów.

Rzut piwnicy

W celu opracowania rzutu piwnicy wykonano wycinek chmury punktów na wysokości 120 cm od poziomu i o głębokości 30 cm, a następnie nazwano element tworzący wycinek „U01”. Zastosowano wysokość 120 cm, ponieważ umożliwiała ona uwzględnienie charakterystycznych elementów przestrzeni. Na jego podstawie, korzystając z opcji automatycznego tworzenia linii wykonano polilinę z ustawieniami tolerancji geometrycznej: odcinek minimum 25 cm, tolerancją łączenia 5 cm i tolerancją kąta współliniowości 1°. Następnie oczyszczono rysunek z niepotrzebnych linii i docięto istniejące. Powstały obrys nie był pełen, ze względu na brak informacji w chmurze punktów (Rysunek 47), więc ręcznie dodano linie na podstawie najbliższych punktów. Część linii wymagało interpretacji, więc dzięki analizie chmury punktów, wykonaniu widoków, przekrojów i rzutów roboczych możliwe było prawidłowe określenie elementów. Ze względu na zły stan schodów – zawalenie części stopnic – wykonanie rzutu schodów było problematyczne. Wymagało wykonania serii roboczych przekrojów i rzutów, które pozwoliły określić przybliżoną głębokość stopni. W celu określenia lokalizacji i szerokości gurt sklepienia kolebkowego wykonano odwrócony przekrój chmury punktów.



Rysunek 47 Brak informacji w chmurze budynków dworu w Nużewie ze względu na brak dostępu do miejsca w odpowiedniej odległości.

Opracowanie zostało uzupełnione obrysem budynku wygenerowanym automatycznie na podstawie chmury punktów na wysokości podmurówki – 5 cm względem poziomu parteru i grubości 15 cm.

Wykonane opracowanie przedstawia Załącznik 2.

Rzut poddasza

Rzut poddasza został opracowany w sposób analogiczny do rzutu piwnicy. Ze względu na zawalone części stropu nie było możliwości pozyskania pomiarów we wszystkich pożądanach lokalizacjach. W związku z tym, miejsca dla których brak było wystarczającej ilości danych do wykonania rysunku 2D oznaczono kreskowaniem w kolorze czerwonym.

Wykonane opracowanie przedstawia Załącznik 3.

Widoki elewacji

Widoki elewacji zostały wykonane jako widoki chmury punktów z danej strony. Dla elewacji południowo-wschodniej wykonano fragmentaryczny obrys liniowy. W celu zapewnienia jak najlepszej widoczności wykonano przekroje łamane, tak by linia przekrojowa znajdowała się

jak najbliższej elewacji. Dostosowano także wielkość punktów jako „6”, tak by nie były widoczne wewnętrzne elementy.

Na widokach wprowadzono podstawowe wymiary. Można z nich odczytać kierunek deskowania oraz rozmiar poszczególnych elementów, podziały elewacji, występujące ubytki i inne.

Wykonane opracowanie przedstawiają Załącznik 4, Załącznik 5, Załącznik 6, Załącznik 7.

Wnioski:

1. Do głównych zalet korzystania z chmury punktów w kontekście uzupełnienia istniejącej dokumentacji nieistniejącego budynku należy zapis wielu wartości pomiarowych. Można dokonać ich selekcji tak, by w odpowiedni sposób graficzny przedstawić zakres w ramach opracowania. Dodatkowo przypadku niskiej czytelności istnieje możliwość weryfikacji odległości na innej wysokości.
2. Liniowe obrysowanie chmury punktów jest pracochłonne i w procesie tym informacje w niej zawarte są uśredniane, upraszczane i wybierane. Przy zapewnieniu odpowiednich zakresów widoków możliwe jest korzystanie bezpośrednio z chmury punktów jako najwierniejszej formy zapisu (np. widoki elewacji).

3.1.7.1.4 Zastosowanie: Analiza bryły obiektu

W analizie bryły obiektu przedstawiono w uproszczonej formie podstawowe bryły geometryczne składające się na zewnętrzną formę architektoniczną. Celem analizy jest zrozumienie składowych i łączenia się brył tworzących obiekt.

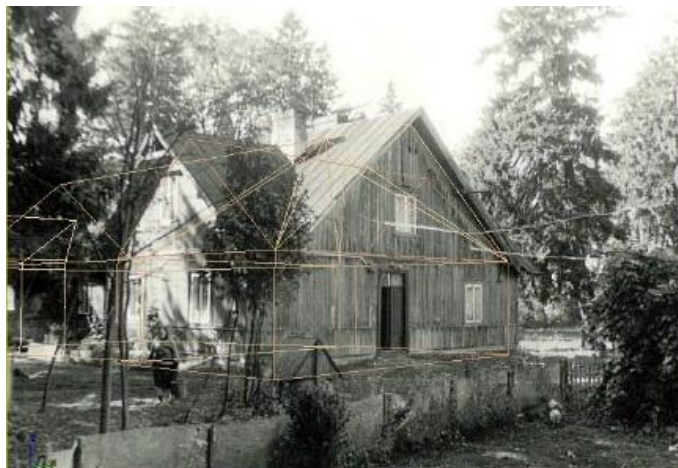
Analizę wykonano na podstawie dokumentacji zawartej w karcie białej oraz na podstawie chmury punktów. Następnie porównano wyniki. Dla uproszczenia formy pominięto dach wraz z jego okapem. Oznacza to, że model tworzone do wewnętrznej płaszczyzny dachu.

Na podstawie istniejącej dokumentacji:

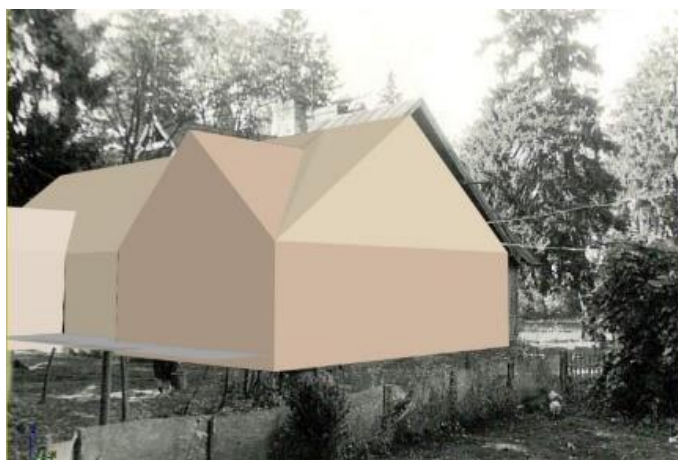
Wykorzystano materiały zawarte w karcie białej (rzut oraz dokumentacja zdjęciowa – 6 zdjęć zewnątrz). Model wykonano w programie 3DS Max³⁸⁸ ze względu na możliwość wykorzystania funkcji „*Perspective Match*”, która umożliwia dostosowanie perspektywy do dokumentacji zdjęciowej.

³⁸⁸ 3ds Max.

Płaski obrys bryły został wymodelowany na podstawie rzutu zawartego w karcie białej. Następnie podniesiono go uzyskując trzeci wymiar. Wysokość i kąty nachylenia były modelowane na podstawie zdjęć służących jako podkłady. Dodano kontrolne podziały elewacji w celu weryfikacji widoku



perspektywicznego. Zdjęcia podlegały zniekształceniom perspektywnym, a w dokumentacji nie było informacji o modelu aparatu jakim była wykonywana dokumentacja zdjęciowa. Narażało to przedstawienie ujęte na zdjęciach na zniekształcenia. Wykonany model nie wpasowywał się w każde zdjęcie, ale wyniki były przybliżone do obrazów ujętych na nich. Fragment najbardziej



problematyczny przedstawia Rysunek

Rysunek 48 Widok bryły dworu w Nużewie z nałożonym w tle zdjęciem z Karty Białej, oprogramowanie: 3DS Max.

49. Dla tego miejsca na podstawie zdjęć było niemożliwe określenie dokładnego połączenia dachów. W dokumentacji zdjęciowej miejsca, na których mogło być widoczne połączenie, są zasłonięte drzewem. Ujęcie przedstawia Rysunek 48.

Po wykonaniu badania otrzymano dostęp do ewidencji parkowej³⁸⁹, gdzie na jednym ze zdjęć widoczne jest omawiane połączenie brył. Można zatem stwierdzić, że wykonanie schematu na podstawie dostępnej dokumentacji dworu w Nużewie jest możliwe. Model nie został zaktualizowany do nowych informacji, ponieważ w trakcie jego opracowywania nie posiadano dodatkowych zdjęć.

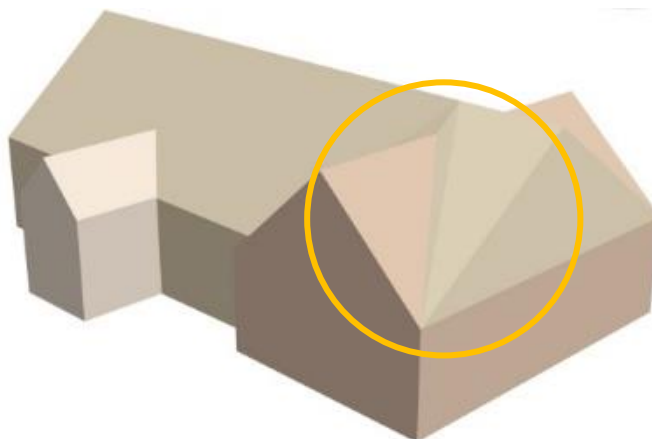
³⁸⁹ Z. Głotz, E. Lenart, J.P. Fernik, *Ewidencja parkowa dworu w Nużewie...*

Na podstawie chmury punktów:

Analizę bryły na podstawie chmury punktów wykonano w programie Revit³⁹⁰, wykorzystując tryb modelowania bryłowego „Model In-Place”. Zdecydowano się na to oprogramowanie ze względu na możliwość dołączania chmury punktów, modelowania bryłowego oraz precyzyjnego wykonywania rzutów i przekrojów. Zakres ten mógłby być wykonany także przy użyciu innych narzędzi takich jak Archicad³⁹¹.

Model nie obejmuje zadaszenia ganku, które w momencie skanowania było już zawalone. W trakcie modelowania nie było konieczności uśredniania informacji w takim stopniu jak miało to miejsce na podstawie zdjęć. Proces polegał na wykonywaniu serii przekrojów roboczych tak jak przedstawia to Rysunek 50. Łączenie dachów, także przedstawione na tymże rysunku, którego ujęcie na podstawie zdjęć było problematyczne, w przypadku chmury punktów było widoczne.

Następnie model wykonany w 3ds Max importowano do



Rysunek 49 Widok bryły obiektu wykonanej w programie 3ds Max na podstawie dokumentacji rysunkowej i zdjęciowej zawartej w Karcie Białej. Okręgiem oznaczono połączenie dachów, których wymodelowanie było problematyczne ze względu na brak wystarczającej informacji.



Rysunek 50 Przekrój bryły budynku z widoczną chmurą punktów Dworu w Nużewie, oprogramowanie: Revit.

³⁹⁰ Revit.

³⁹¹ Archicad.

Revit przy użyciu formatu .dwg. Stworzono arkusze, na których ujęto rzut, elewację frontową oraz 2 widoki perspektywiczne, które przedstawia Załącznik 13. Różnice wymiarów w rzucie wynosiły od 1-18 cm. Dla elewacji były większe i wynosiły 15-66 cm.

W subiektywnym odczuciu logika bryły została przedstawiona dla obu sposobów modelowania. Proporcje bocznej części budynku różnią się: wysokość modelu opracowanego na podstawie chmury punktów jest niższa niż tego na podstawie zdjęć.

Wnioski:

1. Uproszczoną analizę bryły budynku w kontekście architektonicznym można wykonać zarówno na podstawie zdjęć jak i chmury punktów, jednak większą dokładnością i dostępem do informacji odznacza się metoda oparta na chmurze punktów.
2. Wady metody opartej na zdjęciach to: zniekształcenie powodowane aparatem fotograficznym, co zaburza proporcje bryły i wymusza uśrednienia w trakcie modelowania oraz brak możliwości zmiany ujęcia.

3.1.7.1.5 Zastosowanie: Dokumentacja detalu wnętrza

Jako element dla dokumentacji detalu wybrano komin. Decyzję taką podjęto ze względu na zły stan elementów wykończenia wnętrza oraz brak innych fragmentów, które odznaczałyby się walorami architektonicznymi. Nie jest on opisywany w karcie ewidencyjnej³⁹². Komin zbierał spaliny z prawdopodobnie 3 pieców i 1 kuchni, które znajdowały się na parterze.

Celem stworzenia dokumentacji jest przedstawienie komina zawierającej widoki płaskie i 3D części znajdującej się na poziomie poddasza.

Jako metodę dokumentacji wybrano wykonanie wycinka chmury punktów, a następnie przedstawienie go w widokach płaskich i aksonometriach. Opracowanie uzupełniono o wymiary. Zostało wykonane w programie AutoCAD³⁹³. Ze względu na ograniczenia programu w postaci braku możliwości przypisywania różnych wycinków chmury do różnych rzutni, rzut został wykonany w oddzielnym pliku i dołączony na oddzielnej warstwie jako łącze typu „x-ref”. Następnie widoczność warstw została dostosowana dla każdej z rzutni, tak by opracowanie przedstawiało pożądane zakresy.

³⁹² R. Małowiecki, *Karta Ewidencyjna Zabytków Architektury i Budownictwa 305-A...*

³⁹³ AutoCAD.

Podjęto próbę wykonania opracowania w programie Revit 2022³⁹⁴, ale ze względu na brak możliwości kontroli wielkości punktów chmury, nie zostały spełnione wymagania związanych z czytelnością graficzną. Wykonane opracowanie przedstawia Załącznik 8.

3.1.7.1.6 Zastosowanie: Dokumentacja detalu zewnętrznego

Obiekt nie posiada licznych detali zewnętrznych, które odznaczałyby się wysokimi walorami architektonicznymi. Do opracowania wybrano zdobioną krokiew zewnętrzną na bocznej elewacji budynku. Tożsamy detal, o różnym stopniu zachowania, pojawia się w innych krokwiach zewnętrznych.

Dokumentacja została wykonana w programie AutoCAD jako wycinek chmury punktów. Została ona zaprezentowana jako widok 3D, a także jako rysunki płaskie w trzech formach: widok chmury punktów z informacją RGB, nałożenie rysunku kreślarskiego i chmury punktów oraz rysunek kreślarski opracowany ręcznie.

Opracowanie przedstawia Załącznik 9.

3.1.7.1.7 Zastosowanie: Analiza rodzajów materiałów elewacyjnych

W ramach badań została wykonana analiza materiałów elewacyjnych dla przykładowej, tylnej elewacji budynku. W tym celu wykorzystano kład chmury punktów z uwzględnieniem RGB. Wykorzystując płaszczyzny tnące chmurę oraz polilinie ujęto rysunkowo zewnętrzne obrysy bryły, a następnie wykorzystując kreskowania o różnych kolorach wykonano oznaczenia graficzne oznaczające materiały.

Opracowanie przedstawia Załącznik 10.

3.1.7.1.8 Zastosowanie: Odczytanie oznaczeń ciesielskich na elementach konstrukcyjnych więźby dachowej

Elementy konstrukcyjne więźby dachowej odsłonięte były tylko na głównej części budynku. Ze względu na utrudniony dostęp (dziury w konstrukcji stropu) oraz ograniczone światło naturalne, chmura punktów w tym obszarze nie prezentuje pełnego zakresu, a dostępne zdjęcia panoramiczne charakteryzują się wysokim stopniem prześwietlenia lub niedoświetlenia, co wpływa negatywnie na ich czytelność.

³⁹⁴ Revit.

Dla dwóch wiązarów zlokalizowanych od strony ściany szczytowej części parterowej, ze względu na brak bezpiecznego dostępu, skan nie pokrył strony konstrukcji, na których w innych miejscach, znajdowały się oznaczenia. Po analizie chmury punktów polegającej na tworzeniu wycinków obejmujących wiązar i wizualnej próbie znalezienia oznaczeń z uwzględnieniem RGB i w wersji skali szarości, zidentyfikowano je na dwóch wiązarach: III i IIII. Dla wiązara V oznaczenia nie były widoczne, a kolejne elementy konstrukcyjne więźby dachowej, w części piętrowej, były wbudowane w ściany.

Dokumentacja została wykonana w programie AutoCAD jako wycinki chmury punktów w widokach płaskich i aksonometrii. Zostały przedstawione jako Załącznik 11 i Załącznik 12.

3.1.7.1.9 Zastosowanie: Porównanie ujęć dokumentacji zdjęciowej do ujęć chmury punktów

Porównanie dokumentacji zdjęciowej do odpowiadających ujęć chmury punktów ma wartość naukową związaną z oceną procesów zachodzących pomiędzy datą wykonania zdjęcia a datą pozyskania informacji w formie skanu. Dokumentacja zdjęciowa dla dworu w Nużewie pochodzi z 1996 r. i obejmuje 8 czarno-białych zdjęć zewnątrz i 7 czarno-białych zdjęć wewnątrz (w sumie 15 zdjęć). Do badania wybrano 3 zdjęcia zewnątrz bliższych ujęć budynku

(na ujęciach z dalszej perspektywy nie są dobrze widoczne szczegóły) oraz 3 ujęcia wewnątrz, których lokalizację można precyzyjnie określić.

Ujęcia stworzono w programie

Twinmotion³⁹⁵. Importowano chmurę punktów w



Rysunek 51 Porównanie fragmentu ujęcia chmury punktów z różnymi wielkościami punktów. Po lewej wielkość punktów z wartością 1.0, po prawej z wartością 1.4.

³⁹⁵ Twinmotion.

formacie .e57, dostosowano jej kolorystykę, saturację i intensywność kolorów. W pliku pozostawiono drzewa, które przekazują zewnętrzny kontekst budynku. Otoczenie pozostawiono w prostej formie dolnej płaszczyzny trawy oraz drzew i niskich zabudowań na horyzoncie. Dodano efekt „smog”, który rozjaśnia strefę łączącą płaszczyznę otoczenia z przyziemiem. Wielkość punktów chmury przyjęto z wartością 1.4, ponieważ wartości niższe powodowały prześwitywanie w perspektywie części płaszczyzn (Rysunek 51).

Stworzono pojedyncze ujęcia, które następnie dostosowywano tak, by odpowiadało tym przedstawionym na zdjęciach. Obrazy rastrowe wyeksportowano w formacie 6000x4200 pikseli i 4200x6000 pikseli. Proporcja ujęć została ustalona na podstawie pomiaru oryginalnych zdjęć. Ujęcia opracowano w wersji kolorowej. Została uwzględniona także wersja czarno-biała, ze względu na to, że w takiej formie była opracowana oryginalna dokumentacja zdjęciowa i może to wpłynąć na odbiór ujęć w trakcie porównywania.

Następnie opracowano zestawienie dokumentacji zdjęciowej z ujęciami chmury punktów (Załącznik 14). Opis porównawczy:

1. Fasada – widoczny jest brak stolarki okiennej, skrzydła i nadświetla stolarki drzwiowej, zadaszenia werandy.
2. Elewacja płn.-wsch. – widoczny jest brak stolarki okiennej i stolarki drzwiowej. Na obu zdjęciach widoczne są wybarwienia desek elewacyjnych na styku z dachem.
3. Fasada – fragment konstrukcji dachowej – widoczne jest zachowanie detalu.
4. Sień główna – fragment – widoczny jest brak poręczy, skrzydeł drzwiowych. Zachowała się boazeria, której kolor można określić na podstawie ujęć chmury punktów.
5. Drzwi z werandy do sieni głównej – widoczny jest brak zewnętrznego wykończenia ściany, brak skrzydeł. Pozostała konstrukcja nadświetla, ościeżnica i fragment boazerii.
6. Fragment wiązania dachowego z więzarem odciażającym – w skali przedstawionej na zdjęciu i ujęciach, nie ma widocznych różnic.

Pomiędzy 1996 r., kiedy wykonano dokumentację zdjęciową, a 2021 r., kiedy wykonano skan (czyli na przestrzeni 25 lat) doszło do znacznych ubytków w stolarce okiennej i drzwiowej, destrukcji zadaszenia werandy, ubytków w wewnętrznym wykończeniu ścian. Zachował się detal, będący fragmentem konstrukcji dachowej.

Wnioski:

1. W sytuacji, w której obiekt nie będzie istniał, a wykonana została chmura punktów, możliwe są analizy porównawcze z istniejącą dokumentacją zdjęciową. Umożliwia to ocenę zakresu i tempa w jakim doszło do zmiany stanu budynku.

3.1.7.1.10 Zastosowanie: Animacja

Animację stworzono w programie Twinmotion³⁹⁶. Importowano chmurę punktów w formacie .e57, dostosowano jej kolorystykę, saturację i intensywność kolorów.

W chmurze punktów widoczne są tzw. „artefakty” spowodowane przez to, że w trakcie skanu w pomieszczeniach znajdowały się osoby. Artefakty znajdujące się w bezpośredniej ścieżce przejścia i przysłaniające widok usunięto w programie ReCap Pro³⁹⁷. Pozostawiono elementy na dalszych planach, ponieważ w subiektywnym odczuciu nie wpływają negatywnie na ujęcia, a dodają we wnętrzach skalę człowieka nie zakłócając punktowej graficznej formy wyrazu. Pozostawiono także drzewa, które przekazują zewnętrzny kontekst budynku. Otoczenie jest przedstawione w prostej formie dolnej płaszczyzny trawy oraz drzew i niskich zabudowań na horyzoncie. Dodano efekt „smog”, który rozjaśnia strefę łączącą płaszczyznę otoczenia z przyziemiem. Wielkość punktów przyjęto z wartością 1.4, ponieważ wartości niższe powodowały prześwitywanie w perspektywie części płaszczyzn.

Należy zwrócić uwagę, że przy budynku znajdowały się drzewa, roślinność i ukształtowanie terenu, które nie zostały uwzględnione w scenie, ponieważ brak było danych w tym zakresie w chmurze punktów. W celu minimalnej ilości niepotwierdzonych informacji zdecydowano się na powyższe rozwiązanie.

Opracowano serię ujęć chmury punktów:

- Zewnątrz – dookoła obiektu,
- Zewnątrz – elewacji frontowej,
- Zewnątrz – detalu,
- Wnętrza – strefy sieni głównej,
- Wnętrza – 1 pomieszczenia mieszkalnego i strychu na piętrze,
- Wnętrza – sieni bocznej,
- Wnętrza – piwnicy.

³⁹⁶ Ibid.

³⁹⁷ ReCap.

Animacja trwająca 2 minuty 19 s. i rozdzielczości 4k (3840x2160 pikseli) została eksportowana do formatu .mp4. Plik jest dostępny jako Załącznik 16 oraz na platformie YouTube pod adresem: <https://youtu.be/IJxQwu1oSdU>.

3.1.7.1.11 Zastosowanie: Dokumentacja rozwinięć wybranych ścian wewnętrznych

W karcie ewidencyjnej dworu w Nużewie uwzględniono 7 zdjęć wnętrza, które przedstawiają:

1. Piwnica – fragment,
2. Sień główna – fragment,
3. Sień boczna,
4. Fragment stropu pomieszczenia północnego,
5. Fragment wiązania dachowego z więzarem odcinającym,
6. Drzwi z werandy do sieni głównej,
7. Jedne z wewnętrznych drzwi.

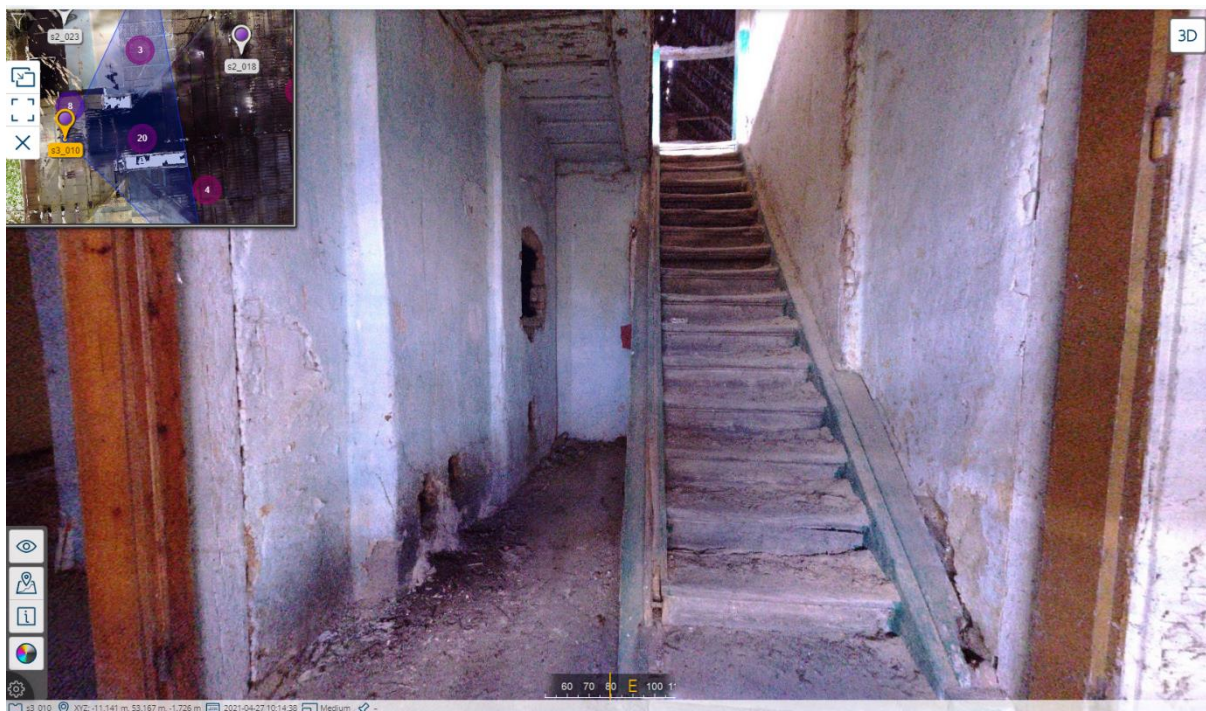
Część z powyższych zdjęć przedstawia fragmenty pomieszczeń bez określenia dokładnej lokalizacji, co uniemożliwia ich wskazanie na rzucie. W opisie jako zasługujące na szczególną uwagę wskazano sień boczną, w której znajdowała się podłoga z cegieł i większe fragmenty nietynkowanych ścian drewnianych, strop „w którym deskowanie na zakład spoczywa na wzdlużnym fazowanym podciągu podpartym poprzeczną (też fazowaną) belką.” W ścianie pomieszczenia znajduje się także wędzarnia. Zgodnie z informacjami w karcie ewidencyjnej nie zachowało się oryginalne wyposażenie.

Ze względu na informacje przedstawione w karcie i znajomość budynku jako przestrzeń do dokumentacji wybrano 3 pomieszczenia:

1. sień boczną ze względu na powyższe wskazanie w karcie ewidencyjnej,
2. piwnicę ze względu na sklepienie o łukach odcinkowych,
3. werandę ze względu na widoczną konstrukcję ścian.

Jako formę dokumentacji wybrano zdjęcia sferyczne. W trakcie skanowania wykonywano zdjęcia w takiej formie w celu nałożenia kolorystyki RGB na punkty. Zdjęcia mogą być dla odbiorcy bardziej czytelne niż chmura punktów, ze względu na jednolitą informację kolorystyczną. W celu szerszej dostępności dokumentacji, możliwości oglądania zarówno chmury punktów jak i zdjęć oraz możliwości odniesienia kierunku oglądania do rzutu zdecydowano się zachować je w formie łączy URL do Faro WebShare³⁹⁸:

³⁹⁸ FARO WebShare.



Rysunek 52 Widok zdjęcia sferycznego sieni bocznej w przeglądarce Faro WebShare z widocznym w lewym górnym rogu odniesieniem lokalizacji na rzucie.



Rysunek 53 Widok zdjęcia sferycznego piwnicy w przeglądarce Faro WebShare z widocznym w lewym górnym rogu odniesieniem lokalizacji na rzucie.

1. sień boczna³⁹⁹ (Rysunek 52) – brak możliwości potwierdzenia podłogi z cegieł na podstawie zdjęcia. Widoczne fragmenty nietynkowanych ścian, konstrukcja stropu oraz wędzarnia,



Rysunek 54 Widok fragmentu chmury punktów przedstawiający skrzydło stolarki drzwiowej w przeglądarce Faro WebShare.

2. piwnica⁴⁰⁰ (Rysunek 53) – widoczne są sklepienia o łukach odcinkowych, gurdy, wnęki, Warto zwrócić uwagę także na elementy znajdujące się na podłodze w tym skrzydło drzwiowe, które odpowiada podziałem stolarce drzwiowej użytej w budynku (Rysunek 54),

³⁹⁹ Zdjęcie sferyczne wnętrza sieni bocznej [na:]

<https://emea.websharecloud.com/?v=pv&t=p:default,c:panoramaview,h:f,m:t&pv=pv1&pv1=vt;p,u:75b3e005-2263-4576-818e-80c8bbf6950e,cf:79.00,dh:f,st:f,p:6.10457,t:-0.08151&p=p:2021-04-28--dworek-b58dc138>.

⁴⁰⁰ Zdjęcie sferyczne wnętrza piwnicy [na:]

<https://emea.websharecloud.com/?v=pv&t=p:default,c:panoramaview,h:f,m:t&pv=pv1&pv1=vt;p,u:33318b79-0015-4dbf-a573-bb6176f1d02a,cf:69.00,dh:f,st:f,p:1.69018,t:0.09088&p=p:2021-04-28--dworek-b58dc138>.

3. Weranda⁴⁰¹ (Rysunek 55) – widoczne deskowanie ścian i fragmenty tynków na ukośnych listwach.



Rysunek 55 Widok zdjęcia sferycznego werandy w przeglądarce Faro WebShare z widocznym w lewym górnym rogu odniesieniem lokalizacji na rzucie.

Wnioski:

1. Chmura punktów i zdjęcia sferyczne mogą stanowić źródło informacji o wykończeniu wnętrza obiektu zabytkowego także, gdy obiekt przestanie istnieć.
2. Przedstawiona informacja może stanowić źródło danych w zakresie użytych materiałów, elementów wykończeniowych, kolorystyki i informacji przestrzennych.
3. W pomieszczeniach takich jak piwnica należy zwracać uwagę na przedmioty tam składowane, ponieważ mogą być to fragmenty budynku, które będą dodatkowym źródłem informacji.

3.1.8 Wnioski z badania dworu w Nużewie

W poniższej tabeli (Tabela 25) przedstawione są zastosowania w kontekście przeprowadzonego badania. Rozważania dotyczą sytuacji, w której obiekt nie istnieje i jedynym źródłem informacji jest chmura punktów lub dane dostępne w ramach działań WKZ i NID. Zestawiono

⁴⁰¹ Zdjęcie sferyczne wnętrza werandy [na:]

<https://emea.websharecloud.com/?v=pv&t=p:default,c:panoramaview,h:f,m:t&pv=pv1&pv1=vt:p,u:acb1cdeb-f094-4eb1-9f05-f85e324b6223,cf:79.00,dh:f,st:f,p:1.63217,t:0.07438&p=p:2021-04-28--dworek-b58dc138>.

je z wykorzystaniem dokumentacji dostępnej dla obiektu tj. karty białej⁴⁰² i ewidencji parkowej⁴⁰³. Weryfikacja poprawności istniejącej dokumentacji oraz porównanie ujęć dokumentacji zdjęciowej do ujęć chmury punktów została pominięta ze względu na wzajemną zależność zastosowania. Należy jednak zwrócić uwagę, że bez dostępu do kart ewidencyjnych te 2 badania byłyby niemożliwe.

Tabela 25 Porównanie możliwości stworzenia badań dla dworu w Nużewie na podstawie chmury punktów i dostępnej dokumentacji.

● -Pełna możliwość zastosowania, ● -Ograniczona możliwość zastosowania, ● -Brak możliwości zastosowania.			
Zastosowanie	Chmura punktów	Dostępna dokumentacja	Komentarz
1. Uzupełnienie istniejącej dokumentacji w zakresie dokumentacji inwentaryzacyjnej: - Przekrój, - Rzut piwnicy, - Rzut poddasza, - Widoki elewacji.	●	●	Dostępna dokumentacja nie jest wystarczająca do opracowania materiałów.
2. Analiza bryły obiektu	●	●	Analiza bryły stworzona na podstawie dostępnej dokumentacji charakteryzuje się niższą dokładnością.
3. Dokumentacja detalu wnętrza	●	●	Komin, który jest prezentowany w detalu nie jest ujęty w dokumentacji zdjęciowej ani w rzutach w karcie białej. Zakładając jako jedyne źródło

⁴⁰² R. Małowiecki, *Karta Ewidencyjna Zabytków Architektury i Budownictwa 305-A...*

⁴⁰³ Z. Głotz, E. Lenart, J.P. Fernik, *Ewidencja parkowa dworu w Nużewie...*

			dostępna dokumentację, brak byłoby informacji co do istnienia elementu.
4. Dokumentacja detalu zewnętrznego			Dostępna dokumentacja zdjęciowa obejmuje analogiczny detal, ale nie ma możliwości jego pomiaru oraz zapoznania się z informacją kolorystyczną. Perspektywa jest ograniczona do wykonanego ujęcia.
5. Analiza rodzajów materiałów elewacyjnych			Dostępna dokumentacja zawiera opis, który jest cennym źródłem informacji co do materiałów wykończeniowych. Na podstawie dokumentacji zdjęciowej nie można jednak określić kolorystyki materiałów.
6. Odczytanie oznaczeń ciesielskich na elementach konstrukcyjnych więźby dachowej			W dostępnej dokumentacji uwzględniono 1 zdjęcie, na którym nie ma możliwości odczytania oznaczeń ciesielskich.
7. Animacja			Informacje zawarte w dostępnej dokumentacji nie są wystarczające, żeby wykonać animację w opracowanym zakresie. Przy próbach stworzenia modelu 3D na podstawie opisu, rzutu i dokumentacji zdjęciowej, ujęcia musiałyby opierać się na domysłach i charakteryzować się niższą dokładnością.

8. Dokumentacja wybranych ścian wewnętrznych			W dostępnej dokumentacji informacja o wnętrzu budynku nie jest rozbudowana. Zdjęcia wnętrza przedstawiają stolarkę drzwiową i wybrane przestrzenie. Dla części z nich nie ma możliwości określenia dokładnej lokalizacji. Zdjęcia są czarno-białe, więc brak jest informacji kolorystycznej.
--	---	---	--

Wnioski:

1. Istnienie jednej wersji dokumentacji ogranicza możliwość weryfikacji jej poprawności.
2. Istnienie dokumentacji zdjęciowej pozyskanej w jednym czasie ogranicza możliwości porównania zdjęć i określenia zmian zachodzących w stanie budynku. W sytuacji, gdy dokumentacja zdjęciowa nie została wykonana w tym samym ujęciu co poprzednia, porównanie może nie być możliwe. Chmura punktów umożliwia dostosowanie ujęcia do istniejącej dokumentacji fotograficznej.
3. Na 8 opracowanych zakresów stworzenie 3 z nich na podstawie dostępnej dokumentacji byłoby możliwe, ale z niższą dokładnością lub w ograniczony sposób. Stworzenie 5 z nich na podstawie dostępnej dokumentacji byłoby niemożliwe.

3.2 BADANIE 2

3.2.1 Podstawowy opis i uzasadnienie wyboru obiektu

Drugi obiekt poddany badaniom to dwór w Kliczewie Małym. Położony jest w województwie mazowieckim, powiecie żuromińskim, w gminie Żuromin. Dokładny adres obiektu to Kliczewo Małe, ul. Szkolna 22⁴⁰⁴. Obiekt jest wpisany do Rejestru Zabytków z nr 234-A (data: 8.10.1981 r.). Obiekt należy obecnie do Gminy Żuromin.

W celu wybrania obiektu określono najliczniejszą grupę pod względem funkcji pierwotnej – rezydencjonalne. Ze względu na techniczne możliwości przeprowadzenia badań (ograniczenia finansowe i sprzętowe) skala obiektów rezydencjonalnych pozwala także na wykonanie kompletniejszych badań.

⁴⁰⁴ Dwór w Kliczewie Małym [na:] <https://zabytek.pl/pl/obiekty/g-215818>, udostępniono 20 listopada 2021 r.

Następnie określono delegaturę, pod opieką której znajduje się najwięcej obiektów zagrożonych – Delegatura w Ciechanowie (49 obiektów). Ze względu na to, że wcześniejsze badanie dotyczyło obiektu drewnianego, dodatkowym kryterium był materiał konstrukcyjny inny niż drewno. Na podstawie tych danych i listy zabytkowych obiektów zagrożonych w województwie mazowieckim z wyłączeniem m.st. Warszawy skontaktowano się z Delegaturą w Ciechanowie (p. Kamil Szczepkowski, Starszy Inspektor ds. kontroli) z listą 5 obiektów, których stan wskazywałby na szczególną konieczność wykonania inwentaryzacji. Były to:

1. Dwór w Kliczewie Małym,
2. Dwór w Dalanówku,
3. Dwór w Gliniojecku,
4. Dwór w Wiksinie.

Ze względu na możliwość dostępu do obiektu i za wskazaniem p. Kamila Szczepkowskiego do badania wybrano dwór w Kliczewie Małym.

3.2.2 Założenia badania

Do przeprowadzonych badań przyjęto poniższe założenia:

1. Wykonanie pomiarów mając na uwadze optymalizację czasu,
2. Wszystkie pomiary mają być wykonane podczas jednej wizji lokalnej,
3. Pomiary mają zostać wykonane w postaci chmury punktów z kolorystyką RGB, więc powinny zostać wykonane przed zmrokiem,
4. Pomiary mają objąć zewnątrz budynku (ze względów bezpieczeństwa brak dostępu do wnętrza),
5. Ze względu na potencjalne przesłanianie pomiary mają się odbyć w czasie po lub przed kwitnieniem roślin,
6. Wynik pomiarów nie będzie lokalizowany względem współrzędnych ze względu na ograniczenia dostępu do specjalistycznego sprzętu.

Na podstawie poprzednich badań założenia rozszerzono o:

7. Informację o godzinie rozpoczęcia i zakończenia badań,
8. Wykonanie dokumentacji zdjęciowej jako uzupełnienia informacji oraz na potrzeby fotogrametrii.

Na podstawie opisu obiektu należało uwzględnić także:

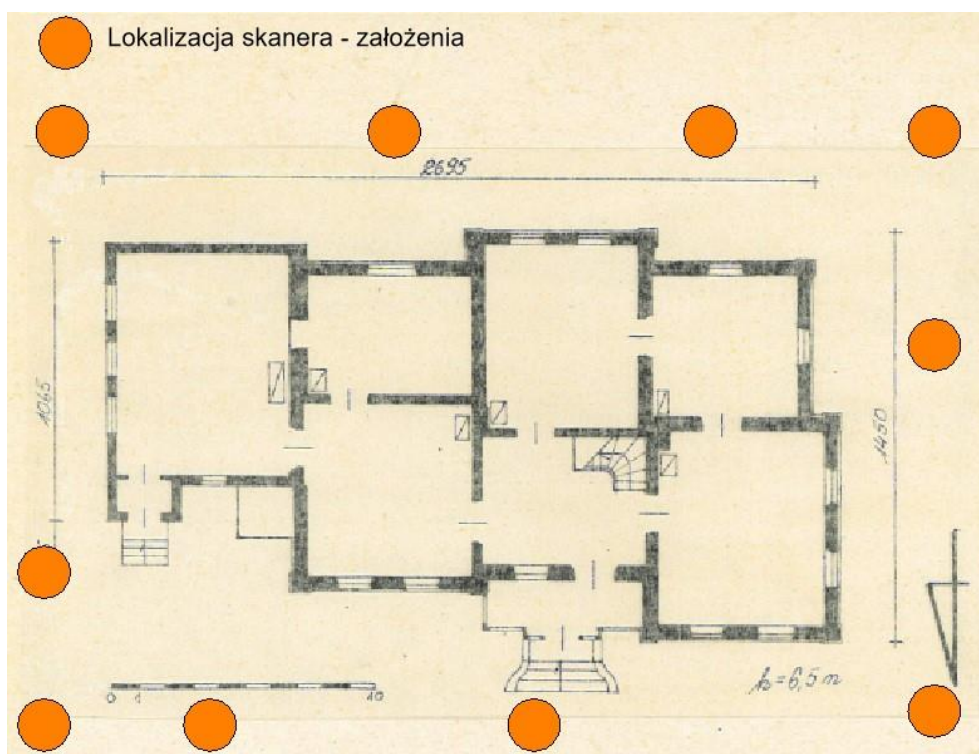
9. Na elewacji znajdowała się sztukateria, której pozostałości mogą znajdować się przy budynku. Podczas badań należy zwrócić uwagę, czy takie elementy nie są widoczne. Jeśliby były należy wykonać ich skan lub zdjęcia na użytek fotogrametrii.

Wykonanie skanu laserowego, zdjęć i opisanych w tabeli rodzajów dokumentacji miało być wykorzystane do zbadania możliwości użycia chmury punktów dla poniższych celów (Tabela 26). Zadaniem nie było wykonanie pełnej dokumentacji rysunkowej budynku.

Tabela 26 Tabela celów i typu dokumentacji dla badań dworu w Kliczewie Małym.

Cel	Opis	Dokumentacja
1. Zbadanie możliwości oglądania chmury punktów w wirtualnej rzeczywistości (VR).	Dołączona chmura punktów w oprogramowaniu umożliwiającym zastosowanie wirtualnej rzeczywistości.	Plik w formacie natywnym wybranego programu.
2. Zbadanie możliwości oglądania chmury punktów i modelu mesh w rozszerzonej rzeczywistości (AR).	Opracowanie modelu mesh na podstawie chmury punktów i fotogrametrii, optymalizacja chmury punktów pod kątem udostępnienia jej online.	3 pliki (model mesh na podstawie chmury punktów, model mesh na podstawie fotogrametrii, chmura punktów) udostępnione na platformie online z możliwością oglądania treści w rozszerzonej rzeczywistości. Format zapisu plików uzależniony od wybranej platformy.
3. Opracowanie cyfrowej renowacji.	Wykonanie cyfrowej wizualizacji przedstawiającej renowację fragmentu elewacji.	Pliki w formacie .jpg umieszczone na planszy w formacie .pdf.
4. Opracowanie cyfrowej rekonstrukcji.	Wykonanie uproszczonej, cyfrowej wizualizacji nieistniejącego ganku w kontekście całości obiektu.	Plik w formacie .jpg załączony w treści opracowania.

Na podstawie bryły budynku przygotowano wstępne lokalizacje pomiaru (Rysunek 56).



Rysunek 56 Założenia lokalizacji skanera dla skanu laserowego dworu w Kliczewie Małym. Pomarańczowymi okręgami oznaczono planowane punkty pomiarowe.

3.2.3 Rys historyczny obiektu

Kliczewo Małe w wiekach XVI i XVII należało do rodzin Kliczewskich i Zielińskich. Od 1698 r. przeszło w ręce rodziny Szydłowskich, w 1783 r. w ordynat Andrzeja Zamoyskiego, a następnie we własności rodziny Bagińskich⁴⁰⁵. Przy wpisie majątku w ordynat A. Zamoyskiego widnieje zapis, że w Kliczewie Małym znajdowały się 24 budynki mieszkalne i dwa w budowie⁴⁰⁶.

Dwór jest położony we wsi Kliczewo Małe. Został zbudowany w 4 ćw. XIX w. dla rodziny Bagińskich⁴⁰⁷ (w innych źródłach Bagieńskich) i został odziedziczony przez Helenę Podczaską (z domu Bagińską). Rodzina Bagińskich była właścicielem do 1939 r. Obiekt od 1945 r. pełnił funkcję szkoły podstawowej. Od tego czasu przeszedł remonty i dobudowy. Przed 1998 r. dwór

⁴⁰⁵ *Dwory i Pałace Polski: dwór Kliczewo Małe* [na:] <https://dipp.info.pl/baza-dipp/mazowieckie/powiat-zurominski/gmina-zuromin/dwor-kliczewo-male>, udostępniono 12 grudnia 2022 r.

⁴⁰⁶ A. Dylewski, *Tradycja Mazowska powiat żuromiński Przewodnik subiektywny*, Warszawa 2012.

⁴⁰⁷ M. Rozbicka, J. Serafinowicz, *Karta Ewidencyjna Zabytku Architektury i Budownictwa nr 234-A Dwór w Kliczewie Małym*, 1983 r.

przestał pełnić funkcję szkoły⁴⁰⁸ i został zdewastowany. Stolarka, podłogi i zabytkowe piece zostały zniszczone.

3.2.4 Opis obiektu

W „*Dwory i pałace wiejskie na Mazowszu*” obiekt został opisany jako: „*Całość w dość złym i pretensjonalnym guście*”⁴⁰⁹.

Ze względu na zwięzłość opisu obiektu, poniższy fragment stanowi cytat karty ewidencyjnej⁴¹⁰

„Willa usytuowana w obrębie pozostałości założenia parkowego, 300 m na zach. od drogi Kuczbork-Kliczewo, od pn.-wsch. i wsch. zabudowania RSP i budynki mieszkalne wsi Kliczewo, na osi willi – w parku duży staw, od zach. zachowana aleja obrzeżna.

Murowana z cegły na zaprawie wapiennej, tynkowana, posadowiona na fundamentach z cegły, nad wysokimi piwnicami sklepienia murowane kolebkowe, nad pomieszczeniami stropy drewniane z podsufitką, więźba dachowa drewniana o konstrukcji krokwiowej, dach kryty blachą ocynkowaną. We wnętrzu schody na piętro z prawej strony hallu, drewniane zabiegowe z drewnianą balustradą o toczonych tralkach, podłogi z płyt drewnianych pomalowane farbą olejną, pierwotnie parkiet z klepek układanych w kwadraty, drzwi drewniane dwuskrzydłowe, płycinowe, drzwi frontowe dwuskrzydłowe płycinowe z nadświetlem, okna osadzone wtórnie, drewniane dwudzielne, jednokwaterowe ze ślemieniem jednokwaterowym, piece z kafli ceramicznych, współczesne, pierwotnie piece z bogatą dekoracją w zwieńczeniach.

Posadowiona na planie nieregularnym z obszerną dobudówką od wsch., układ pomieszczeń dwutraktowy o niejednakowej głębokości traktów w poszczególnych pasmach hall na osi, dyspozycja wnętrza amfiladowa. Bryła mocno rozczłonkowana, w całości podpiwniczona, parterowa, w partii ryzalitu bocznego od zach. piętrowa, przykryta dachami o zróżnicowanej formie. Elewacja frontowa od pn. 7-osiowa, ukształtowana asymetrycznie z gankiem w partii środkowej i piętrowym ryzalitem od zach. Od wsch. mocno cofnięta

⁴⁰⁸ Kliczewo Małe - Polskie Zabytki - Katalog zamków, pałaców i dworów w Polsce [na:]

http://www.polskiezabytki.pl/m/obiekt/3417/Kliczewo_Male/, udostępniono 20 listopada 2021 r.

⁴⁰⁹ P. Libicki, *Dwory i Pałace wiejskie na Mazowszu...*, s. 141.

⁴¹⁰ M. Rozbicka, J. Serafinowicz, *Karta Ewidencyjna Zabytku Architektury i Budownictwa nr 234-A Dwór w Kliczewie Małym...*

parterowa dobudówka. Otwory okienne osadzone na wydatnym profilowanym gzymsie podokiennym wieńczącym cokół, ujęte w bogato dekorowane profilowane obramienia i zwieńczone profilowanymi odcinkowymi gzymsami nadokiennymi wspartymi na wolutowych konsolkach z dekoracją o motywach liści akantu. Lewa część elewacji /od pn. – wsch./ zamknięta szczytem oddzielonymi profilowanym gzymsem wspartym na narożnych pilastrach, szczyt przepruty półkoliście zamkniętym oknem wspartym na gzymsiku podokienny i ujętym w archiwoltę. Okno flankowane dwoma niewielkimi świetlikami w szerokich, bogato profilowanych kolistych obramieniach. W zamknięciu szczytu fryz arkadowy z konsolkami i silnie wysunięty okap dachu. Ganek w partii środkowej elewacji drewniany, przeszklony z niezbyt bogatą dekoracją laubzegową, 3 -osiowy, poprzedzony schodami. Ryzalit boczny od pn.-zach. piętrowy, dwuosiowy, partie przyziemia rozwiązane analogicznie do części elewacji od pn.- wsch. Piętro przeprute dwoma otworami okiennymi o wykroju prostokątnym w profilowanych obramieniach, otwory zwieńczone gzymsami nadokiennymi wyprowadzonymi na osiach w półkole i wspartymi na wolutowych konsolkach. W polach między podłuczem gzymsu a oknem dekoracyjne motywy masek ludzkich, między gzymsami głowa lwa ze zwisem roślinnym.

Elewacja boczna od zach. rozwiązana uskokowo, 3-osiowa, piętrowa, naroża opilastrowane, podziały arch. i dekoracyjne analogiczne jak w elewacji frontowej. Elewacja ogrodowa od pd. 4-osiowa, rozwiązana symetrycznie, z mocno wyodrębnionymi ryzalitem środkowym na osi. Naroża elewacji i 2-osiowego ryzalitu ujęte w pilastry. Elewacja zakomponowana z przewagą elementów podziału horyzontalnego, podkreślonego przez wysoki wysunięty cokół, masywny gzyms podokienny i gzyms podokapowy. Formy dekoracji znane z pozostałych elewacji.

Elewacja boczna od wsch. przekształcona poprzez dobudowanie dużej trójosiowej (...) i dekoracją o formach analogicznych do występujących w pozostałych elewacjach. Instalacja: elektryczna, odgromowa, telefoniczna, ogrzewanie piecowe.”

Wtórna dobudówka, z której zachowały się mury obwodowe, była pierwotnie kryta dwuspadowym dachem⁴¹¹. Miała ona pełnić funkcję drugiego wejścia i pomieszczenia gospodarczego. Po przejęciu obiektu przez Skarb Państwa i zmianie funkcji na szkołę podstawową, na piętrze najpewniej zlokalizowano mieszkania dla nauczycieli.

Ściany fundamentowe zewnętrzne wymurowano z cegły i kamienia ciosanego, prawdopodobnie nieizolowane. W cokole widoczne były kanały wentylacyjne, które prowadziły pod posadzki pomieszczeń. Szacowało się, że grubość ścian zewnętrznych wynosiła ok. 90 cm.

Ściany zewnętrzne parteru wymurowano z cegły pełnej. Grubość przegrody dla budynku głównego wynosiła 51-55 cm, a dla dobudówki ok. 38 cm. Ściany zewnętrzne poddasza wykonano także z cegły. Grubość przegrody wynosiła 25-54 cm, a wysokość w najwyższym punkcie 341 cm.

Schody zewnętrzne zwężające się ku górze, posadowione na gruncie wykonane z elementów betonowych z betonowymi obrzeżami. Ubytki, spękania, przemieszczenia elementów, porośnięcie glonami i mchem były widoczne na czas tworzenia dokumentu⁴¹².

W dokumencie wskazano także, że w wielu pomieszczeniach doszło do zawalenia sufitu. Wskazuje to, że ograniczenia w zeskanowaniu wnętrza obiektu występowały już w czasie stworzenia dokumentu.

Według karty ewidencyjnej⁴¹³ parametry budynku wynoszą:

1. Kubatura – ok. 2627 m³
2. Powierzchnia użytkowa – ok. 350 m²

W latach 60-tych przeprowadzono prace budowlane i konserwatorskie obejmujące dobudowanie pomieszczenia, wymianę pieców, stolarki okiennej i podłóg. W 1982 r. przeprowadzono remonty pomieszczeń i wymieniono pokrycie dachu.

W stanie zachowania na czas tworzenia Karty⁴¹⁴ wskazano:

„Budynek lekko zawilgocony, w wielu partiach ścian zniszczone tynki”.

⁴¹¹ *Opis formalny zabytku*, Udostępnione przez: Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków w Warszawie Delegatura w Ciechanowie.

⁴¹² Ibid.

⁴¹³ M. Rozbicka, J. Serafinowicz, *Karta Ewidencyjna Zabytku Architektury i Budownictwa nr 234-A Dwór w Kliczewie Małym...*

⁴¹⁴ Ibid.

W „Gminnym programie opieki nad zabytkami na lata 2015-2018” dla Gminy i miasta Żuromin⁴¹⁵ stan zachowania dworu został określony jako bardzo zły, a park w zespole dworsko-parkowym jako zły.

3.2.5 Kompletność obecnej dokumentacji

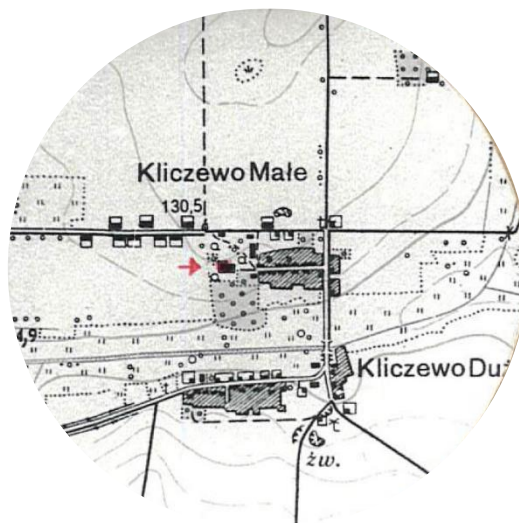
W rozważaniach brane są pod uwagę jedynie źródła, których utrzymanie jest umocowane prawnie. Nie brano pod uwagę źródeł takich jak dostępna internetowo dokumentacja zdjęciowa wykonana przez osoby prywatne, ponieważ jej dostępność nie jest pewna szczególnie w wieloletnim kontekście.

Źródła, które pozyskano to:

1. Karta ewidencyjna dworu w Kliczewie Małym⁴¹⁶,
2. Ewidencja parkowa dworu w Kliczewie Małym⁴¹⁷,
3. Opis formalny zabytku⁴¹⁸ udostępniony przez Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków w Warszawie, Delegatura w Ciechanowie,
4. „Dwory i pałace wiejskie na Mazowszu”⁴¹⁹.

Karta ewidencyjna obiektu⁴²⁰ została stworzona i opisuje stan na 06.1983 r. W karcie zawarto:

1. plan sytuacyjny zorientowany względem północy z naniesioną informacją o lokalizacji obiektu (Rysunek 57),
2. rzut parteru budynku zawierający skalę liniową, wymiary zewnętrzne bryły budynku, oznaczenia okien, drzwi, schodów, pieców, wysokość oraz orientację względem stron świata (Rysunek 59),



Rysunek 57 Plan sytuacyjny dworu w Kliczewie Małym zorientowany względem północy, [w] Karta Biała, data: 14.07.1983 r, autorzy: M. Rozbicka, J. Serafinowicz.

⁴¹⁵ Gmina i miasto Żuromin. Gminny program opieki nad zabytkami na lata 2015-2018. Załącznik do Uchwały nr 80/XIII/15 Rady Miejskiej w Żurominie z dnia 30 września 2015r.

⁴¹⁶ M. Rozbicka, J. Serafinowicz, Karta Ewidencyjna Zabytku Architektury i Budownictwa nr 234-A Dwór w Kliczewie Małym...

⁴¹⁷ C. Truszkowski, Ewidencja parku we wsi Kliczewo Małe gm. Żuromin, 1980 r.

⁴¹⁸ Opis formalny zabytku.

⁴¹⁹ P. Libicki, Dwory i Pałace wiejskie na Mazowszu..., ss. 140–141.

⁴²⁰ M. Rozbicka, J. Serafinowicz, Karta Ewidencyjna Zabytku Architektury i Budownictwa nr 234-A Dwór w Kliczewie Małym...

3. tekst zawierający historię obiektu, określenie stylu, opis sytuacji, materiału, rzutu, bryły, elewacji, wnętrz, wyposażenia i instalacji,
4. parametry kubaturowe,
5. parametry powierzchni użytkowej,
6. opis prac budowlanych i konserwatorskich,
7. przeznaczenie pierwotne,
8. użytkowanie obecne tj. na czas sporządzenia karty ewidencyjnej,
9. najpilniejsze postulaty konserwatorskie zawierające informację dotyczącą konieczności przeprowadzenia prac tynkarskich ze szczególnym uwzględnieniem uwagi na dekoracje oraz wpisania obiektu do rejestru zabytków,
10. dokumentacja zdjęciowa zawierająca 6 czarno-białych zdjęć.

W „*Opisie formalnym budynku*”⁴²¹ informacje są uzupełnione o grubości murów, warstw podłogi i stropu, konstrukcji dachu, istnienie izolacji, uszczegółowienie opisu funkcji.

Dostępna jest także ewidencja parkowa^{422 423} sporządzona w 1980 r., w której oceniono stopień zachowania dawnych elementów architektury i małej architektury oraz wartość obiektów architektury jako dobry. W ewidencji ujęto informację, że brak jest źródeł historycznych i archiwaliów opisujących kształtowanie się obiektu. Przedstawiono także informacje pozyskane w trakcie rozmowy z sołtysem miejscowości oraz nauczycielką pracującą w szkole.

1. Analizę i ocenę wartości zabytkowych założeń zieleni opracowaną w 1981 r.,
2. Recenzję ewidencji parku sporządzoną przez mgr H. Orzechowską w 1980 r.,
3. Metrykę parku – ogrodu,
4. Krótką analizę historyczną,
5. Charakterystykę stanu istniejącego, skróconą inwentaryzację roślin, wykaz drzew starych, charakterystykę pozostałych drzew w obiekcie, analizę stopnia zachowania układu zabytkowego, rolę obiektu w krajobrazie,
6. Wnioski,
7. Dokumentację fotograficzną w postaci 7 czarno-białych zdjęć z czego na 4 widoczny jest dwór,
8. Plan parku w skali 1:500 z mapą sytuacyjną w skali 1:25 000 000.

⁴²¹ *Opis formalny zabytku.*

⁴²² *Park podworski, Kliczewo Małe - Zabytek.pl* [na:] <https://zabytek.pl/pl/obiekty/g-235302>, udostępniono 14 grudnia 2022 r.

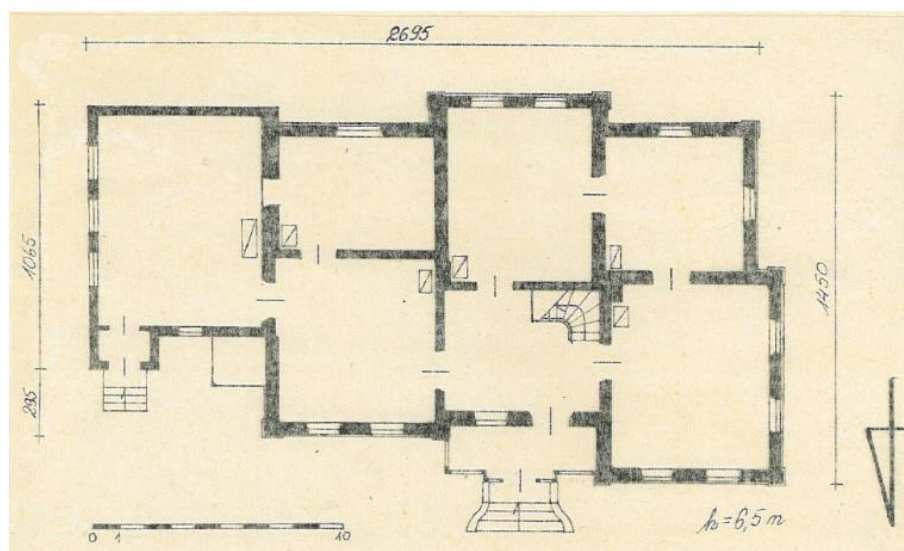
⁴²³ C. Truszkowski, *Ewidencja parku we wsi Kliczewo Małe gm. Żuromin...*

Niezwykle cenna jest także lista źródeł, które w ramach prac zostały zweryfikowane i w których brak był informacji o parku w Kliczewie Małym.

Dokumentacja zdjęciowa ujęta w karcie ewidencyjnej ⁴²⁴ zawierająca 6 czarno-białych zdjęć (Rysunek 58-Rysunek 64):



Rysunek 58 Elewacja frontowa dworu w Kliczewie Małym, data: 14.07.1983 r, autor: J. Serafinowicz.



Rysunek 59 Rzut parteru dworu w Kliczewie Małym, [w] Karta Biała, data: 06.1983 r, autorzy: M. Rozbicka, J. Serafinowicz.

⁴²⁴ M. Rozbicka, J. Serafinowicz, *Karta Ewidencyjna Zabytku Architektury i Budownictwa nr 234-A Dwór w Kliczewie Małym...*



Rysunek 60 Elewacja boczna dworu w Kliczewie Małym, data: 14.07.1983 r, autor: J. Serafinowicz.



Rysunek 61 Elewacja tylna dworu w Kliczewie Małym, data: 14.07.1983 r, autor: J. Serafinowicz.



Rysunek 63 Elewacja frontowa dworu w Kliczewie Małym, data: 06.1983 r., autorzy: M. Rozbicka, J. Serafinowicz.



Rysunek 62 Elewacja boczna od strony dobudówki dworu w Kliczewie Małym, data: 06.1983 r., autorzy: M. Rozbicka, J. Serafinowicz.



Rysunek 64 Fragment elewacji frontowej dworu w Kliczewie Małym, data: 06.1983 r., autorzy: M. Rozbicka, J. Serafinowicz.

W karcie ewidencyjnej⁴²⁵ oraz Opisie Formalnym⁴²⁶ nie są uwzględnione:

1. przekrój budynku,
2. rysunki elewacji,
3. rzut piętra,
4. rzut piwnicy,
5. informacje wysokościowe poszczególnych elementów,
6. wymiary i detale stolarki okiennej i drzwiowej.

3.2.5.1 Próba stworzenia chmury punktów przy użyciu SfM na podstawie istniejącej dokumentacji

Na podstawie dostępnej dokumentacji zdjęciowej wykonano próbę stworzenia chmury punktów przy użyciu technologii SfM. Mając na uwadze to, że zdjęcia powinny przedstawiać

⁴²⁵ Ibid.

⁴²⁶ Opis formalny zabytku.

zewnątrze oraz obejmować obiekt określono, że wymóg ten spełniają wszystkie 6 zdjęć z karty ewidencyjnej dworu i 3 zdjęcia z ewidencji parku. Wszystkie zdjęcia są czarno-białe. Dodatkowe utrudnienie dla stworzenia modelu może stanowić to, że zdjęcia na potrzeby ewidencji parkowej były wykonywane zimą, a te z karty ewidencyjnej dworu w trakcie innej pory roku. W sumie model ma być tworzony na podstawie 9 czarno-białych zdjęć.

Jako programy w którym dokona się próby stworzenia chmury punktów wytypowano ReCap Photo⁴²⁷ i Meshroom⁴²⁸. Ze względu na wymaganie co najmniej 20 zdjęć w programie ReCap Photo nie było możliwości stworzenia w nim chmury punktów. Te same zdjęcia zostały użyte w programie Meshroom. Stworzenie chmury punktów nie przeszło etapu „*Meshing*” (błąd: „*Depth map fusion gives an empty result*”). Dodatkowo program, prawdopodobnie ze względu na niską jakość zdjęć, nie brał w procesie pod uwagę 6 z 9 zdjęć.

Wnioski:

1. Dokumentacja zawarta w karcie ewidencyjnej dworu w Kliczewie Małym posiada podstawowe informacje o obiekcie. Brak jest informacji, które pozwoliłyby na badania związane m.in. z proporcjami bryły i kolorystyką. Ewentualne próby stworzenia modelu 3D na podstawie zdjęć będą obarczone błędem związanym ze zniekształceniem optycznym.
2. Nie ma możliwości stworzenia chmury punktów przy użyciu techniki SfM na podstawie fotografii dostępnych w dokumentacji dworu w Kliczewie Małym.

⁴²⁷ ReCap.

⁴²⁸ Meshroom: 3D Reconstruction Software.

3.2.6 Opis przeprowadzonego pomiaru⁴²⁹



Rysunek 65 Zdjęcie dworu w Kliczewie Małym w trakcie pomiarów skanerem laserowym.

Budynek został zeskanowany w listopadzie 2021 r. skanerem laserowym FARO Focus S70⁴³⁰, który umożliwia wykonanie pomiarów z dokładnością do 1 mm. Pomiarów dokonano razem z mgr inż. arch. Karolem Argasińskim. Warunki atmosferyczne nie wpłynęły negatywnie na uzyskane chmury punktów (Rysunek 65). Skanowanie zostało wykonane jednym skanerem z 19 stanowisk w ciągu 4 godzin. Ze względu na ograniczony dostęp i bezpieczeństwo, pomiar obejmował tylko zewnętrzną część budynku. Wykonano skan fragmentu wnętrza widoczny przez niezabezpieczony otwór okienny. W przypadku, gdy w przyszłości będzie można wykonać pomiar wnętrza, będzie możliwość powiązania pomiarów.

Ze względu na wysokość budynku oraz nachylenie dachu, jego powierzchnia nie została w pełni pokryta skanem. W celu jej uwzględnienia, należałoby wykonać dronem dodatkowe skany lub dokumentację zdjęciową. Dla każdego pomiaru wykonano sferyczny obraz RGB o zmiennej rozdzielczości od 11 mln pikseli do 44 mln pikseli.

⁴²⁹ E. Dudzińska, K. Argasiński, *Laser scanning as a source of information in the analysis of the facades of heritage at risk – the mansion in Kliczewo Male...*

⁴³⁰ FARO Focus S 70/150+/350+ [na:] <https://www.tpi.com.pl/pl/skanery-laserowe/faro-focus-s-701503501>, udostępniono 9 lipca 2021 r.



Rysunek 66 Model 3D stworzony w programie ReCap na podstawie dokumentacji zdjęciowej przed docinaniem i optymalizacją. W modelu widoczne jest otoczenie w postaci roślinności oraz dwór.

Skany zostały scalone za pomocą programu FARO Scene⁴³¹, z dokładnością 5-10 mm. Do połączenia użyto metody "cloud to cloud" i "top view". W rezultacie otrzymano plik chmury punktów z informacją o kolorze RGB.

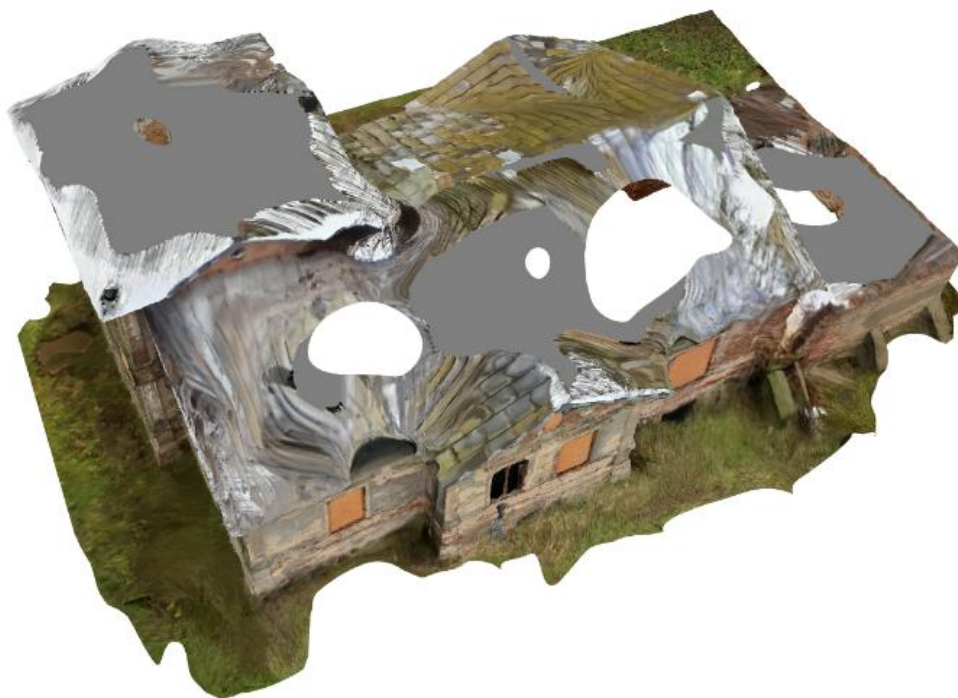
3.2.6.1 Próba stworzenia chmury punktów na podstawie fotogrametrii SfM

Podczas pomiaru wykonano zdjęcia aparatem wbudowanym w telefon komórkowy Redmi Note 8 Pro. Wymiary zdjęć to 4624x3472 pikseli, rozdzielczość w poziomie i pionie 96 dpi. Zdjęcia wykonywano bez użycia lampy błyskowej, przemieszczając się dookoła obiektu, z perspektywy osoby stojącej. Starano się w zdjęciach obejmować całość obiektu oraz zapewnić nakładanie się kolejnych zdjęć. Otrzymano 74 zdjęcia, które były wyraźne i obejmowały odpowiedni zakres. Na ich podstawie stworzono modele w programach ReCap Photo⁴³² oraz Meshroom⁴³³. W pierwszym z nich obliczenia odbywają się w chmurze i nie ma dostępu do pośredniego etapu chmury punktów. W programie Meshroom geometria 3D jest tworzona lokalnie.

⁴³¹ FARO Scene.

⁴³² ReCap.

⁴³³ Meshroom: 3D Reconstruction Software.



Rysunek 68 Braki w geometrii 3D oraz deformacje informacji RGB widoczne na modelu dworu w Kliczewie Małym stworzonym w programie ReCap Photo.



Rysunek 67 Model dworu w Kliczewie Małym stworzony w programie ReCap Photo po usunięciu otoczenia oraz docięciu przyziemia.

Model stworzony na podstawie zdjęć programie ReCap Photo obejmował dwór oraz jego otoczenie (Rysunek 66). Zakres modelu dostosowano przez usunięcie otaczającej roślinności



Rysunek 69 Model 3D dworu w Kliczvie Małym stworzony w programie Meshroom po wykonaniu zadań "*Meshing*" i "*Texturing*".

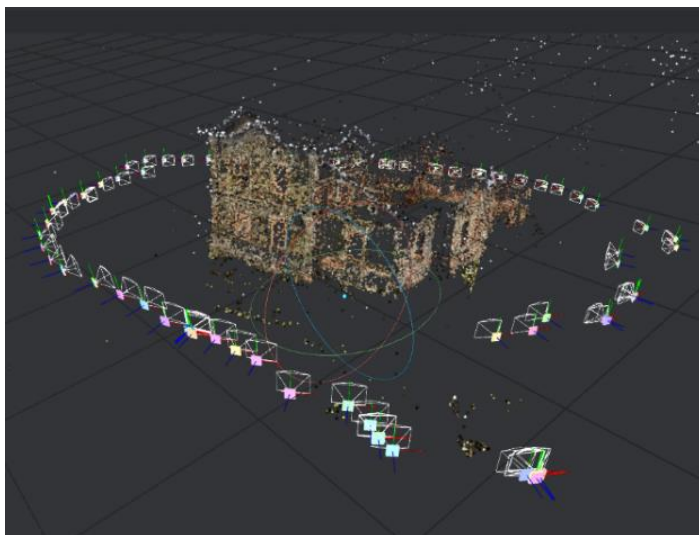
oraz docięcie przyziemia przy użyciu wbudowanych narzędzi (Rysunek 67). W modelu widoczne były braki geometrii oraz deformacje informacji RGB (Rysunek 68). Wynika to ze zbyt małej liczby zdjęć. Informacje te można byłoby uzupełnić przez wykonanie dokumentacji fotograficznej przy użyciu bezzałogowego statku powietrznego obejmując także wyższe partie obiektu i jego dach. Skala modelu została dostosowana na podstawie danych otrzymanych w wyniku skanowania laserowego.

Następnie, bazując na tym samym zestawie zdjęć wykonano model w programie Meshroom (Rysunek 69). Pierwszym etapem było stworzenie „*StructureFromMotion*”, czyli chmury punktów z widoczną obliczoną lokalizacją wykonania fotografii (Rysunek 70). Następnie wykonano zadania „*Meshing*” (tworzenie modelu mesh) oraz „*Texturing*” (tworzenie tekstury z informacją RGB).

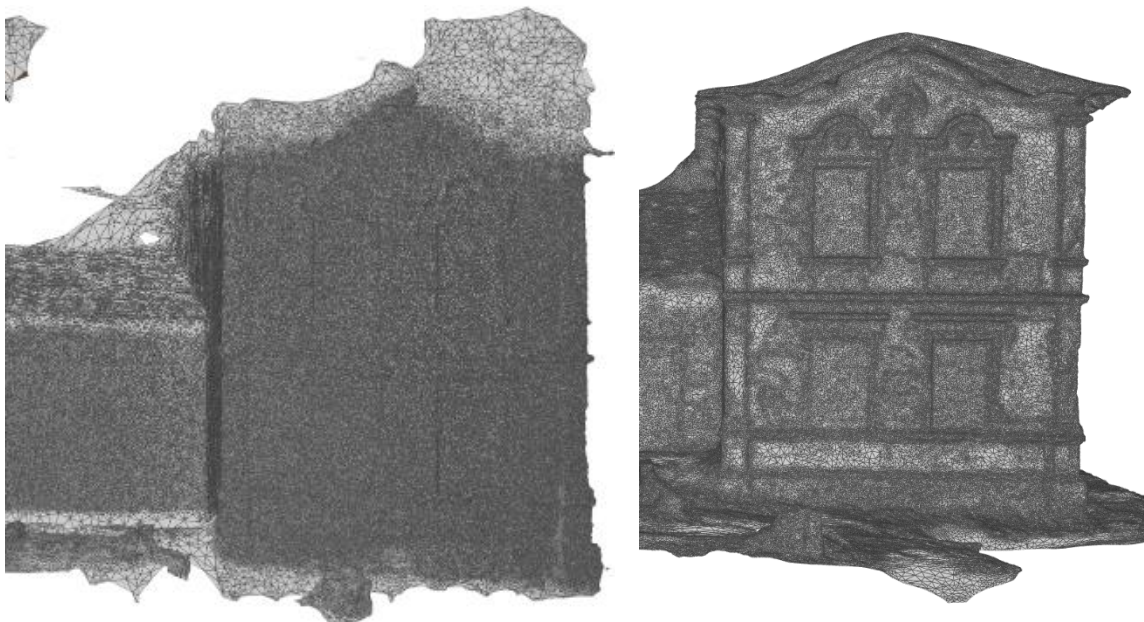
W celu porównania dokładności modeli w jednolitym środowisku i sposobie wyświetlania, wykonano eksport modelu stworzonego w programie Meshroom do formatu .obj. Następnie oba modele zostały otworzone w programie ReCap Photo. W porównaniu skupiono się na prawym fragmencie elewacji frontowej, której wirtualna renowacja będzie opracowywana w ramach badania. W widoku krawędziowym (Rysunek 71) widoczny był brak zróżnicowania szczegółowości modelu stworzonego w programie Meshroom w porównaniu do modelu wykonanego w ReCap Photo. Widoczne są także braki w modelu i niższa szczegółowość dachu.

Porównując opracowania w trybie widoku „Solid” można było zaobserwować niższą szczegółowość modelu stworzonego w programie Meshroom. Widoczne było to szczególnie na płaskorzeźbach, gzymsach i ubytkach tynku (Rysunek 72).

W widoku w trybie „Textured”, w którym widoczna jest informacja RGB nie widać znaczących różnic. Kolorystyka modelu stworzonego w programie Meshroom jest ciemniejsza niż ta z programu ReCap Photo (Rysunek 73).



Rysunek 70 Chmura punktów dworu w Kliczewie Małym stworzona w programie Meshroom. Widoczne są obliczone lokalizacje wykonania fotografii.



Rysunek 71 Modele dworu w Kliczewie Małym stworzone na podstawie SfM. Lewy model stworzony w programie Meshroom, prawy model stworzony w programie ReCap Photo. Widok krawędziowy w programie ReCap Photo.



Rysunek 72 Widok fragmentu modeli w trybie "Solid" w programie ReCap Photo. Lewy model stworzony w programie Meshroom, prawy w programie ReCap Photo.



Rysunek 73 Fragment modelu dworu w Kliczewie Małym. Widok w programie ReCap Photo w trybie "Textured". Lewy model stworzony w programie Meshroom, prawy w programie ReCap Photo.



Rysunek 74 Chmura punktów dworu w Kliczewie Małym będąca eksportem modelu mesh stworzonego przy użyciu techniki SfM do formatu .pts.

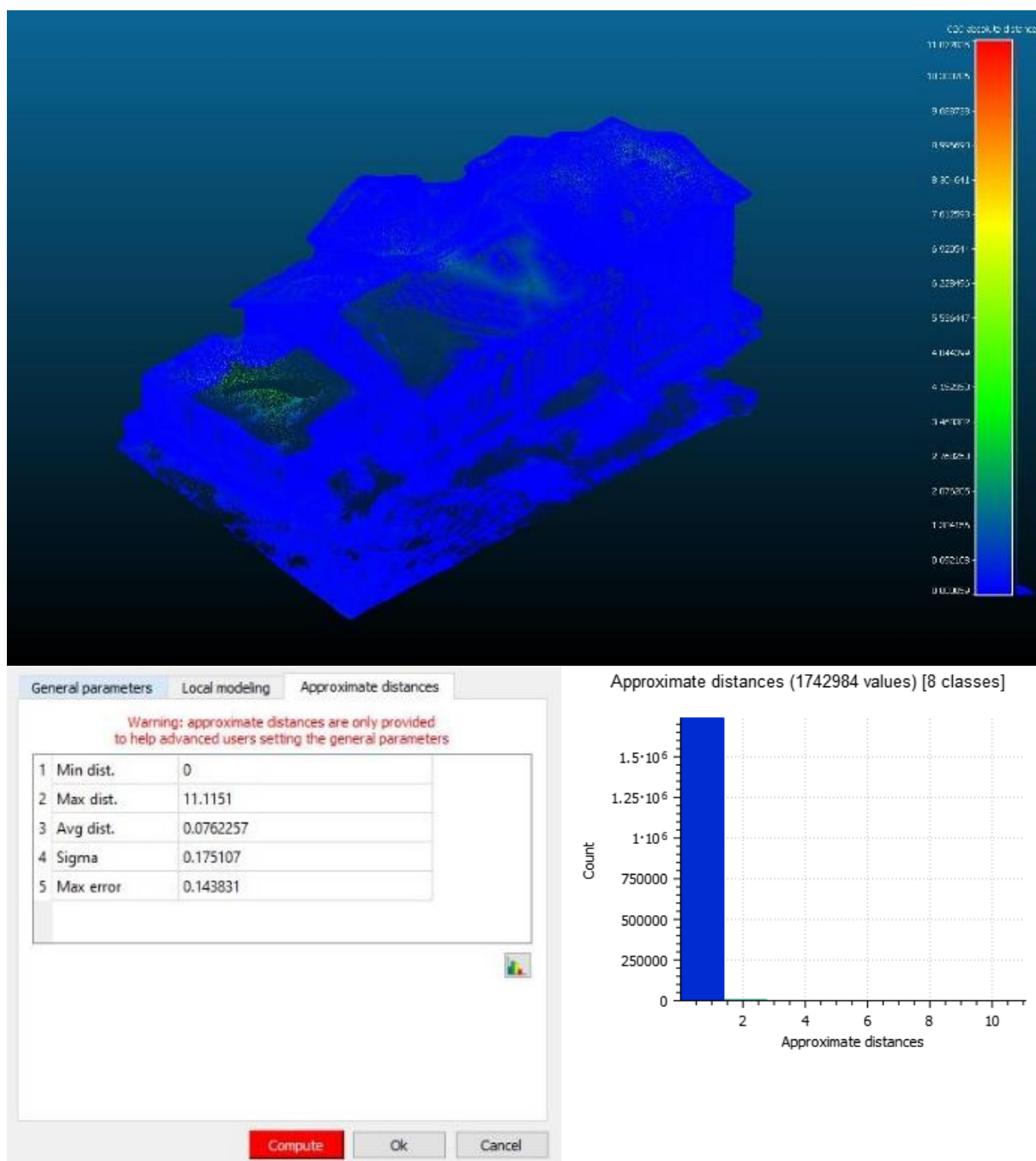
Biorąc pod uwagę powyższe różnice zdecydowano się na wykorzystanie w dalszych badaniach modelu stworzonego w programie ReCap Photo. Model został wyeksportowany do formatu .obj. Możliwy był także zapis pliku jako chmura punktów do formatu .pts z gęstością 100 pkt./m². Wybrano niską gęstość ze względu na minimalizację czasu potrzebnego na wykonanie obliczeń w ramach kolejnego kroku (Rysunek 74).

W celu weryfikacji dokładności dokumentacji, w programie CloudCompare otworzono chmurę punktów otrzymaną w wyniku zastosowania technologii SfM (plik .pts) oraz opracowaną przy wykorzystaniu skanowania laserowego. Ze względu na precyzję skanera laserowego jako dokładniejsze i referencyjne źródło danych pomiarowych traktowana była chmura punktów otrzymana przy użyciu tego urządzenia.

Przy otwieraniu chmury punktów w formacie .pts konieczne było wskazanie kolumn danych, które odpowiadają za wartości RGB punktów. Następnie chmura punktów stworzona na podstawie fotogrametrii została ręcznie wyrównana względem chmury punktów opracowanej na podstawie skanowania laserowego. Przy wykorzystaniu opcji „*Compute Cloud/Cloud distance*”⁴³⁴ została obliczona odległość pomiędzy oboma materiałami źródłowymi.

⁴³⁴ *Cloud-to-Cloud Distance* [na:] https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/Cloud-to-Cloud_Distance, udostępniono 5 maja 2023 r.

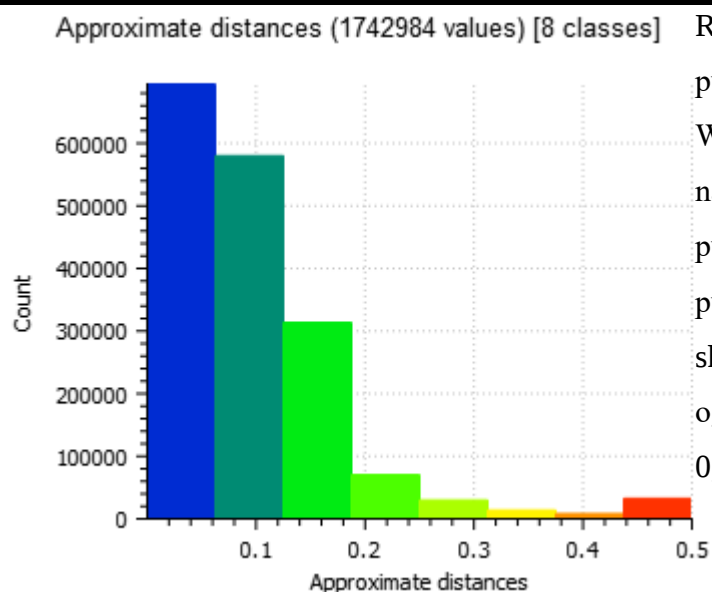
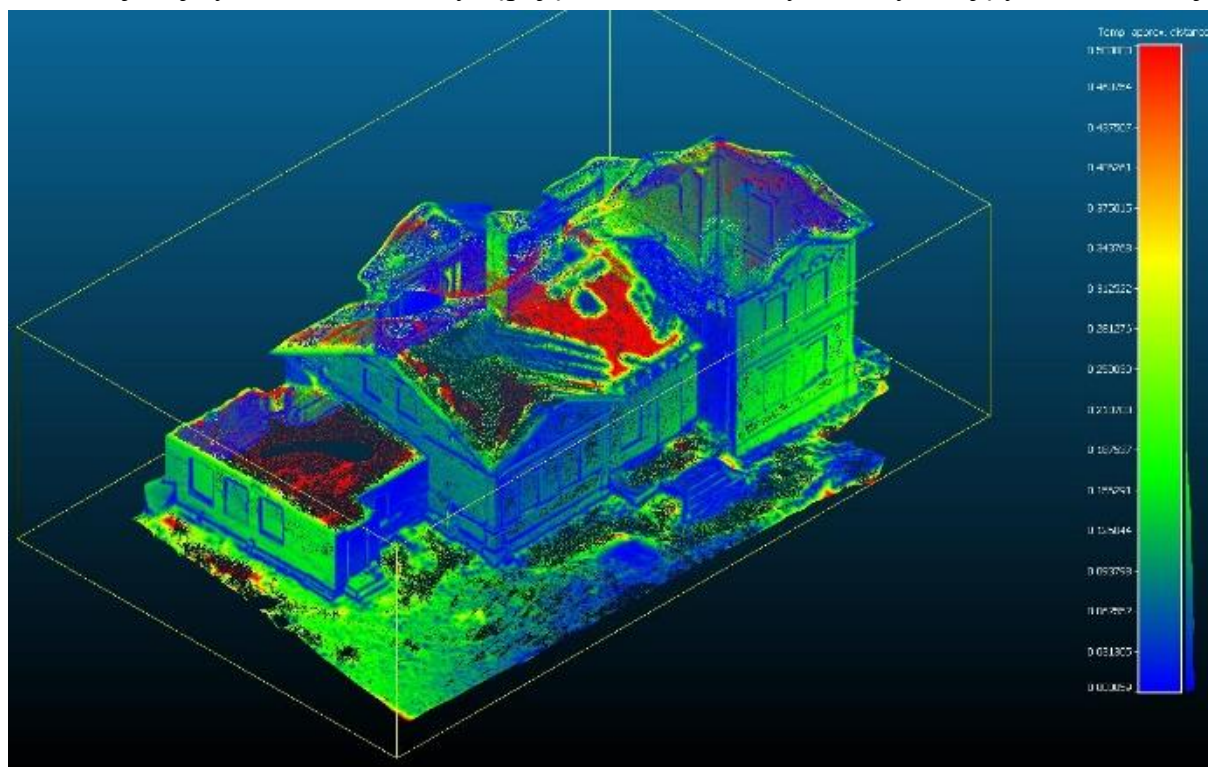
W parametrach porównaniu pozostawiono „Octree level” jako „AUTO” co jest rozwiązaniem zalecanym przez producentów oprogramowania. W pierwszej próbie wszystkie ustawienia porównania pozostały w trybie domyślnym. W wyniku tego otrzymano niewielkie zróżnicowanie oznaczenia odległości, ponieważ niemal wszystkie wartości mieściły się



Rysunek 75 Porównanie chmur punktów dworu w Kliczewie Małym. Widoczna chmura punktów opracowana na podstawie fotogrametrii. Odległości punktów podane względem chmury punktów opracowanej na podstawie skanowania laserowego. Brak wprowadzonych ograniczeń odległości.

w przedziale 0-1 m (Rysunek 75). Średnia odległość między punktami chmur punktów wynosiła 0,076 m.

Następnie, w celu określenia miejsc o największej różnicy wykonano kolejne porównania wprowadzając ograniczenie maksymalnej odległości (ang. *max. distance*). Wprowadzano coraz niższe wartości zatrzymując się na 0,5 m. W wyniku tego działania otrzymano mapę wskazującą miejsca o najniższej dokładności oraz zróżnicowane przedziały wartości. Większość odległości (ok. 700 000 pkt) mieści się w przedziale 0-0,6 m. Mniejszość punktów (ok. 20 000) znajduje się w odległości 0,44-0,5 m od referencyjnej chmury punktów. W ocenie wizualnej najwyższe wartości występują na dachu, który nie był objęty dokumentacją



Rysunek 76 Porównanie chmur punktów dworu w Kliczewie Małym. Widoczna chmura punktów opracowana na podstawie fotogrametrii. Odległości punktów podane względem chmury punktów opracowanej na podstawie skanowania laserowego. Wprowadzono ograniczenie odległości o wartości 0,5m.

zdjęciową. W drugiej kolejności (odcienie koloru zielonego) występują na licach ścian. Najniższe wartości (odcienie koloru niebieskiego) dotyczą detali (Rysunek 76). Należy mieć na uwadze, że dodatkowy wpływ na błąd może mieć ręczne wyrównywanie chmur.

Wnioski:

1. Możliwe było opracowanie chmury punktów dworu w Kliczewie Małym przy zastosowaniu technologii SfM i użyciu aparatu cyfrowego wbudowanego w telefon komórkowy.
2. Chmura punktów nie obejmuje dachu, ponieważ nie było możliwości objęcia go w dokumentacji zdjęciowej wykonywanej z poziomu terenu. Ujęcie dachu wymagałoby dodatkowej dokumentacji zdjęciowej wykonanej z powietrza.
3. Dokładność chmury punktów dworu w Kliczewie Małym otrzymanej przy użyciu techniki SfM w porównaniu do chmury punktów opracowanej na podstawie skanu laserowego, mając na uwadze znacząco niższy koszt sprzętu w subiektywnej ocenie jest wysoka. Nie spełnia jednak wymogów dokładności

3.2.7 Opracowanie dokumentacji

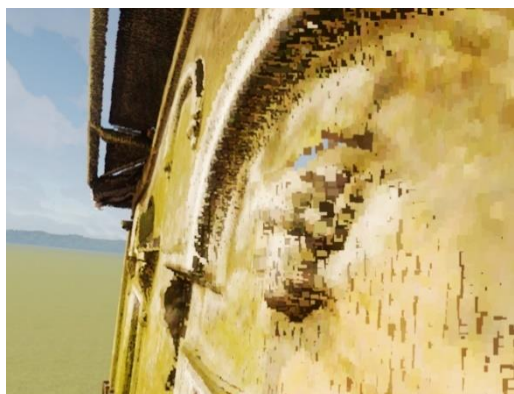
3.2.7.1 Wirtualna rzeczywistość VR

Do zastosowania wirtualnej rzeczywistości wykorzystano chmurę punktów w formacie .e57 otrzymaną w wyniku skanowania laserowego. Zdecydowano się na plik otrzymany tą metodą ze względu na wyższą dokładność danych. Zakres pliku został dostosowany przed eksportem w programie ReCap Pro, ograniczając dane do samego obiektu. Dzięki nieuwzględnianiu otoczenia plik był niemal 9 razy mniejszy, co pozwoli na płynniejsze działanie wirtualnego środowiska (Tabela 27).

Tabela 27 Porównanie wielkości pliku chmury punktów dworu w Kliczewie Małym przed i po ograniczeniu zakresu danych do obiektu.

Wielkość pliku w formacie .e57 przed ograniczeniem zakresu danych do obiektu	Wielkość pliku w formacie .e57 po ograniczeniu zakresu danych do obiektu
13 408 569 KB	1 516 892
100%	11,3%

Plik został zaimportowany do programu Twinmotion⁴³⁵, który jest oparty na Unreal Engine⁴³⁶. Prezentację chmury punktów można wykonać także przy użyciu bezpośrednio Unreal Engine, Unity⁴³⁷ lub innych rozwiązań. Zdecydowano się na użycie Twinmotion ze względu na łatwość użytkowania i możliwości importu chmury punktów bez konieczności instalowania dodatkowych narzędzi. Oprogramowanie umożliwia podgląd modelu w wirtualnej rzeczywistości. Użyto gogli VR *Oculus Quest 2*⁴³⁸ z dwoma kontrolerami *Oculus Touch*. Gogle zostały połączone z komputerem kablem USB-C, a w programie został ustawiony widok w trybie VR. Kolorystyka chmury punktów została poddana nieznacznej modyfikacji w celu bliższego odwzorowania na urządzeniu rzeczywistej kolorystyki. W goglach widoczna była



Rysunek 78 Widok detalu chmury punktów dworu w Kliczewie Małym w programie Twinmotion.



Rysunek 77 Podgląd widoku chmury punktów dworu w Kliczewie Małym w goglach Oculus w programie Twinmotion. Na pierwszym planie widoczny lewy kontroler z menu, po prawej niebieski okrąg docelowej lokalizacji.

⁴³⁵ *Twinmotion*.

⁴³⁶ *Unreal Engine*.

⁴³⁷ *Unity*.

⁴³⁸ *Meta Quest 2* [na:] https://www.meta.com/pl/pl/quest/products/quest-2/?utm_content=6381aeca-8b05-4a4c-9d05-a09ea2e1389f&utm_placement=digitalstorebanner&utm_source=www.google.com&utm_medium=oculusredirect, udostępniono 4 listopada 2022 r.

chmura punktów. W celu zmiany miejsce należało wybrać prawym kontrolerem docelową lokalizację i potwierdzić ją jednym z przycisków. Widoczna była wtedy niebieska linia, która wskazywała docelowy punkt. Drugi kontroler umożliwiał zmianę ustawień m.in. pogody, materiałów i przeniesienie na poziom podłogi (Rysunek 77). Co ważne, obiekt można było oglądać nie tylko z perspektywy człowieka, ale także zbliżyć się do elementów, które w normalnych warunkach nie byłyby łatwo dostępne (Rysunek 78). W dworze w Kliczewie Małym są to, np. płaskorzeźby.

Wnioski:

1. Oglądanie obiektu w wirtualnej rzeczywistości poszerza możliwość poznania obiektu z perspektywy, która w normalnych warunkach byłaby utrudniona bądź niemożliwa.

3.2.7.2 Rozszerzona rzeczywistość AR

Ze względu na różne możliwości użycia chmury punktów w kontekście rozszerzonej rzeczywistości zdecydowano się przeanalizować 3 rozwiązania:

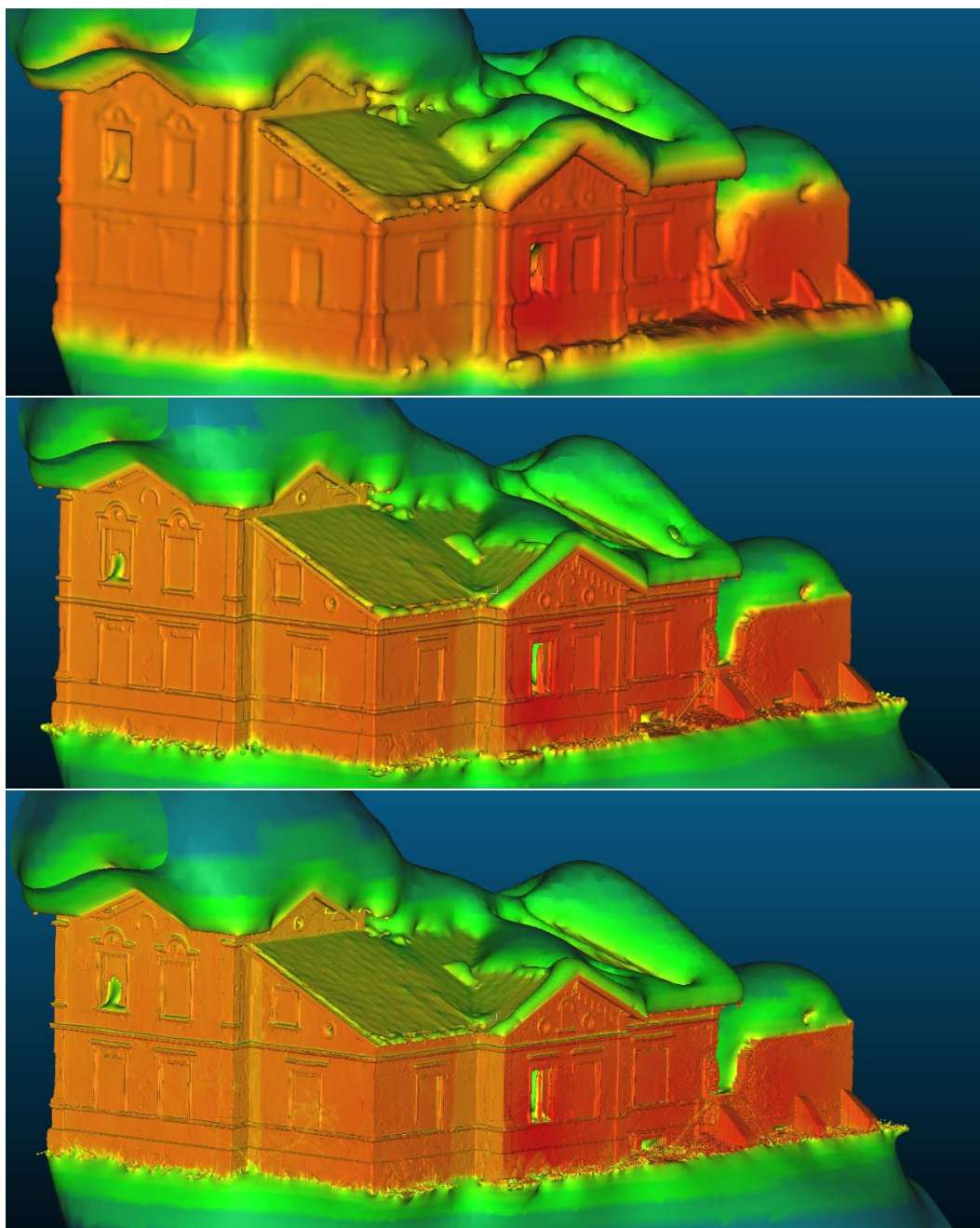
1. Model mesh opracowany na podstawie chmury punktów otrzymanej przez skanowanie laserowe,
2. Model mesh opracowany z wykorzystaniem technologii SfM,
3. Chmura punktów otrzymana przez skanowanie laserowe.

Dla wszystkich rozwiązań informacja 3D została umieszczona na platformie Sketchfab⁴³⁹, która jest popularnym rozwiązaniem wykorzystywanym m.in. przez NID. Umożliwia umieszczanie plików w wielu formatach w tym: .obj, .las, .ply, 3ds. W wersji darmowej istnieje ograniczenie wielkości pliku do 100MB i takie ograniczenie zostało uwzględnione we wszystkich opcjach.

⁴³⁹ Sketchfab.

3.2.7.2.1 Model mesh na podstawie chmury punktów otrzymanej przez skanowanie laserowe

W celu stworzenia modelu mesh w pierwszej kolejności ograniczono chmurę punktów przez usunięcie otoczenia w programie ReCap Pro⁴⁴⁰. Następnie wykonano eksport do formatu .e57.



Rysunek 79 Widok modeli mesh dworu w Kliczewie Małym opracowanych w programie CloudCompare z zastosowaniem wartości „Octree depth” od góry: 8, 10, 12.

⁴⁴⁰ ReCap.

Plik importowano w programie CloudCompare⁴⁴¹. Geometrię stworzono stosując plug-in „Poisson Surface Reconstruction”⁴⁴² – algorytm oparty o tworzenie przez triangulację. Wypróbowano 3 wartości parametru „Octree depth” – im wyższa wartość tym bardziej szczegółowa jest geometria, co wiąże się z dłuższym czasem tworzenia modelu i większym plikiem. Różnica jest widoczna na załączonej ilustracji (Rysunek 79). Ze względów wydajności sprzętu komputerowego przy wystarczającym zachowaniu szczegółów zdecydowano się na kontynuację pracy dla wersji, gdzie wartość wynosiła 10. Dla wartości 8 szczegółowość była niewystarczająca. Dla wartości 12 wielkość pliku spowodowała znaczne spowolnienie pracy programu. W zakresie subiektywnego odbioru szczegółowości modelu, nie ma znaczącej różnicy pomiędzy modelami stworzonymi z wartościami 10 i 12. Warto także zwrócić uwagę na znaczącą różnicę wielkości plików (Tabela 28). Następnie w modelu ukryto skrajne powierzchnie korzystając z widoku w trybie „Scalar field” i zakresów „SF display params”. Pozwala to na sprawną optymalizację zakresu modelu. Model został docięty dla wybranego zakresu funkcją „Filter by value”. Czynność powtórzono dwukrotnie.

Tabela 28 Porównanie rozmiaru plików .obj modeli dworu w Kliczewie Małym stworzonych na podstawie chmury punktów z różnymi wartościami „Octree depth”.

Wartość „Octree depth”	Rozmiar pliku
8	14 365 KB
10	209 512 KB
12	2 891 310 KB

⁴⁴¹ CloudCompare.

⁴⁴² Poisson Surface Reconstruction (plugin) [na:]

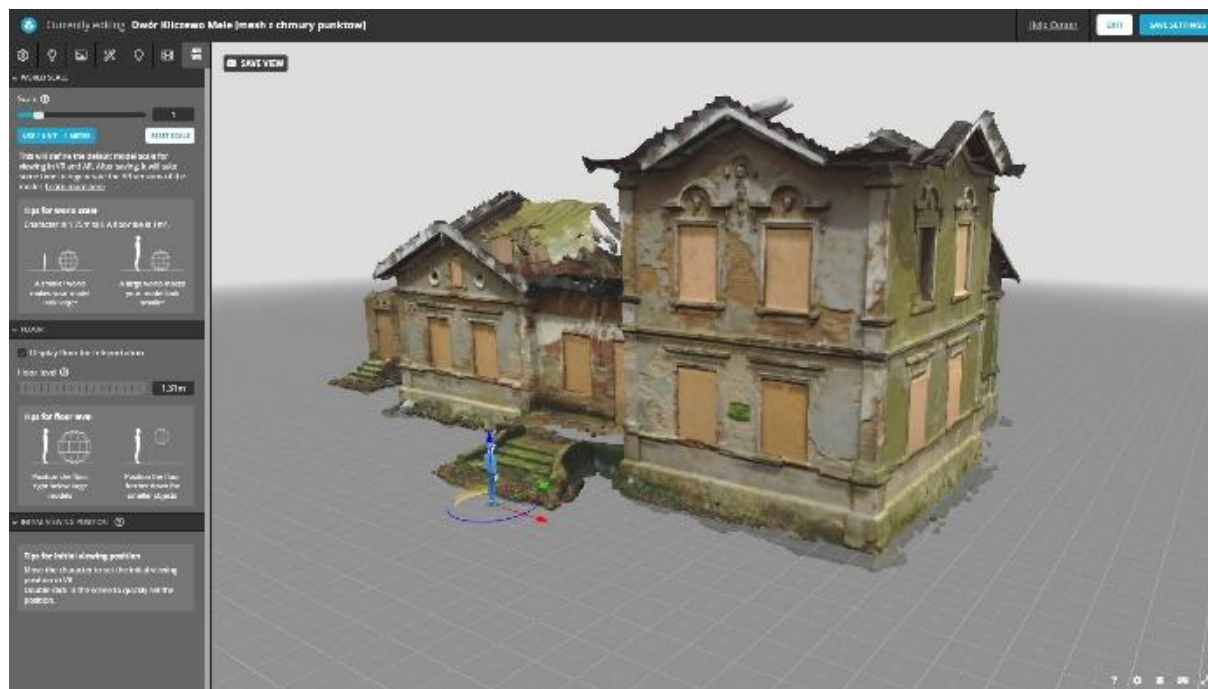
[https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/Poisson_Surface_Reconstruction_\(plugin\)](https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/Poisson_Surface_Reconstruction_(plugin)), udostępniono 4 listopada 2022 r.

W efekcie otrzymano zoptymalizowany model mesh z informacją RGB (Rysunek 80).



Rysunek 80 Widok modelu mesh dworu w Kliczewie Małym po przycięciu.

Ze względu na ograniczenia oprogramowania, zapis do formatu .obj w programie CloudCompare nie tworzy wymaganych plików materiału i jego map. W związku z tym zdecydowano się na zapis pliku w formacie .ply, który zapisuje informację RGB na płaszczyznach. Plik po zapisie do tego formatu miał wielkość 67 026 KB, co mieści się w przewidzianych 100 MB. Plik został umieszczony na platformie Sketchfab⁴⁴³ (link: <https://skfb.ly/oDEYp>) (Rysunek 83), gdzie następnie dostosowano skalę człowieka do



Rysunek 81 Widok okna dostosowania skali i położenia modelu względem obserwatora na platformie Sketchfab.

⁴⁴³ Dwór Kliczewo Małe [mesh z chmury punktów] [na:] <https://skfb.ly/oDEYp>, udostępniono 4 lutego 2023 r.



Rysunek 82 Widok na telefonie komórkowym z użyciem aplikacji Sketchfab prezentujący użycie rozszerzonej rzeczywistości. Widoczny model mesh dworu w Kliczewie Małym, opracowany na podstawie chmury punktów otrzymanej przez skanowanie laserowe.

budynku. Platforma operuje jednostką metrów, która odpowiadała jednostkom skanu. Model został obrócony tak, by znajdował się frontem do obserwatora, a poziom posadzki został podniesiony, by odzwierciedlać przybliżony poziom otoczenia przy budynku (Rysunek 81).

Następnie na telefonie komórkowym z systemem operacyjnym Android została zainstalowana aplikacja Sketchfab. Po zalogowaniu się w aplikacji otworzono model w trybie widoku AR. Następnie wskazano płaszczyznę, która miała stanowić podstawę dla modelu. Na ekranie telefonu wyświetlony został pomniejszony model 3D (Rysunek 82).



Rysunek 83 Model mesh dworu w Kliczewie Małym na platformie Sketchfab opracowany na podstawie chmury punktów.

Pomimo ustawienia prawidłowej skali w programie Sketchfab, prawdopodobnie ze względu na ograniczenia darmowego konta lub systemu telefonu komórkowego, nie było możliwości wyświetlenia modelu w dokładnej skali 1:1. Powyższy problemu mógłby potencjalnie być rozwiązany wykupieniem pełnego konta lub próbą wyświetlenia modelu na telefonie komórkowym z systemem operacyjnym iOS.

3.2.7.2.2 Model mesh na podstawie fotogrametrii



Rysunek 84 Model dworu w Kliczewie Małym opracowanego na podstawie fotogrametrii na platformie Sketchfab.

Model mesh opracowany na podstawie fotogrametrii w programie ReCap Photo został zapisany do formatu .obj wraz z plikiem materiału w formacie .mtl i tekstury w formacie .jpg. Dzięki temu dodatkowe, bardziej szczegółowe informacje mogły być przedstawione na mapach materiału. W trakcie eksportu zmniejszono liczbę powierzchni (ang. *face*) o 20% otrzymując plik, który po zarchiwizowaniu do formatu .rar razem z plikiem tekstury i materiału miał 92 555 KB, co pozwoliło spełnić wymaganie rozmiaru poniżej 100 000 kB. Dodatkowo konieczna była zmiana skali pliku z centymetrów na metry, ze względu na działanie platformy Sketchfab. Plik następnie został umieszczony na platformie⁴⁴⁴ (link: <https://skfb.ly/oDEXE>) (Rysunek 84) i analogicznie jak w poprzednim przykładzie dostosowano skalę i położenie obserwatora względem obiektu.

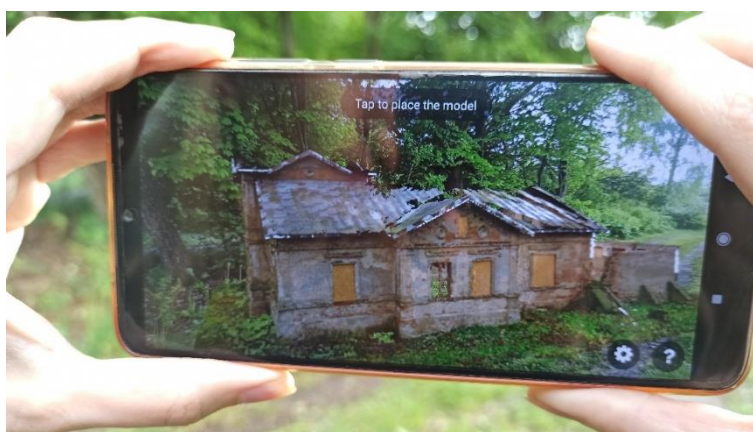
⁴⁴⁴ Dwór Kliczewo Małe [fotogrametria] [na:] <https://skfb.ly/oDEXE>, udostępniono 4 lutego 2023 r.

3.2.7.2.3 Chmura punktów



Rysunek 85 Chmura punktów dworu w Kliczewie Małym opracowanego na podstawie skanu laserowego na platformie Sketchfab.

Na platformie Sketchfab istnieje możliwość umieszczenia chmury punktów między innymi w formatach .ply, .asc i .las. Program ReCap ma możliwość eksportu do formatów .pts i .e57. Plik utworzony w trakcie skanowania laserowego z obszarem ograniczonym do przedmiotu opracowania zapisano do formatu .e57 otrzymując plik o rozmiarze 1 516 892 KB. Mając na uwadze ograniczenie rozmiaru pliku na platformie, plik został otworzony w ReCap



Rysunek 86 Widok na telefonie komórkowym z użyciem aplikacji Sketchfab prezentujący użycie rozszerzonej rzeczywistości. Widoczna chmura punktów dworu w Kliczewie Małym. Zdjęcie wykonano w otoczeniu roślinności, prezentując możliwość oglądania chmury punktów w środowisku bardziej zbliżonym do faktycznej lokalizacji obiektu.

z ustawieniem parametru „*decimation grid*” o wartości 40 mm i ponownie wyeksportowany do formatu .e57. Plik następnie otworzono w programie CloudCompare i zapisano w formacie .las z domyślnymi ustawieniami tworząc plik o rozmiarze 96 604 KB, a następnie umieszczono na

platformie⁴⁴⁵ (link: <https://skfb.ly/oDEzP>) (Rysunek 85). Konieczne było dostosowanie skali (choć tak jak w przykładzie modelu mesh na podstawie chmury punktów nie była ona uwzględniona w widoku AR) i położenia obserwatora względem obiektu oraz ustawienie wielkości punktów. Dla prezentowanego przykładu wybrano wartość 1,4. Chmura punktów była oglądana w otoczeniu roślinności. Widoczna jest możliwość prezentacji obiektu w środowisku zbliżonym do lub rzeczywistej lokalizacji obiektu (Rysunek 86).

Wnioski:

1. Wykorzystanie modeli nieistniejącego dziedzictwa w rozszerzonej rzeczywistości ma szczególne znaczenie w kontekście popularyzacji i jego dostępności. Przy użyciu platform internetowych takich jak Sketchfab oraz telefonu komórkowego możliwe jest oglądanie modelu z różnych perspektyw w dowolnym miejscu na świecie z dostępem do Internetu.
2. Chmura punktów i model mesh mogą być umieszczone na platformie Sketchfab. Należy jednak zwrócić uwagę na:

- a. Ograniczenie wielkości pliku w darmowej wersji. Zmniejszanie wielkości wpływa na mniejszą szczegółowość modelu.
- b. Możliwość tworzenia w programie do konwersji chmury punktów na model mesh plików materiału i tekstury, które mogą uszczegółowić informację.

3.2.7.3 Cyfrowa renowacja

Renowacja jako „przywrócenie oraz utrzymanie estetycznego wyglądu obiektu zabytkowego”⁴⁴⁶ w kontekście obiektu nieistniejącego może odbyć się w środowisku cyfrowym. Polega ona na zeskanowaniu zabytku za pomocą specjalistycznych technik i technologii, takich jak laserowe skanowanie 3D, a następnie naprawieniu wirtualnych uszkodzeń lub zniszczeń zabytku za pomocą programów komputerowych. Dzięki temu możliwe jest przywrócenie zabytkowi jego pierwotnego wyglądu i struktury. Celem cyfrowej renowacji jest kształtowanie świadomości o oryginalnym wyglądzie obiektu. Założeniem jest wykorzystanie chmury punktów / modelu przestrzennego pozyskanego w trakcie pomiaru, gdy obiekt istniał. Nawiązuje to do sytuacji, w której renowacja odbywa się z wykorzystaniem i uzupełnieniem istniejącej tkanki budynku.

Dla dworu w Kliczewie Małym jako powierzchnię, która zostanie poddana wirtualnej renowacji wybrano fragment elewacji frontowej. Renowacja ma obejmować:

⁴⁴⁵ Dwór Kliczewo Małe [chmura punktów] [na:] <https://skfb.ly/oDEzP>, udostępniono 4 lutego 2023 r.

⁴⁴⁶ Podstawowe pojęcia z zakresu konserwacji i rewitalizacji - Portal wiedzy o zarządzaniu dziedzictwem w gminach.

1. Nadanie kolorystyki w oparciu o dane widoczne na zachowanych fragmentach tynku elewacji,
2. Uzupełnienie gzymsów i obramienia okien.

Jako program do wykonania wizualizacji ze względu na wcześniejsze doświadczenie w jego obsłudze wybrano 3DS Max⁴⁴⁷ z silnikiem renderującym Corona⁴⁴⁸. Początkowo rozważano wykorzystanie chmury punktów jako bazy dla cyfrowej renowacji. Program 3DS Max daje możliwość podłączania chmury punktów. Ograniczenie pojawiło się ze strony silnika renderującego który nie dawał takiej możliwości. Alternatywą mogłoby być skorzystanie z silnika renderującego Arnold. Nie zdecydowano się na to rozwiązanie, ponieważ daje on w subiektywnej ocenie gorszy efekt wizualny.

Jako model 3D stanowiący podstawę dla renowacji wybrano ten stworzony na podstawie fotogrametrii w programie ReCap Photo. Nie wykorzystano modelu mesh stworzonego na podstawie chmury punktów ze względu na brak przybliżonej geometrii dachu.

W pierwszej kolejności wykonano płaszczyznę na zadanym obszarze i przypisano jej kolor pozyskany pipetą z modelu 3D. Należy zwrócić uwagę na to, że gdy obiekt nie istnieje i stworzono jego pomiar 3D dostępne są jedynie warstwy tynku widoczne w trakcie pomiaru. Nie było możliwości przeprowadzenia badań wcześniejszych, niewidocznych warstw. Następnie, w oparciu o dostępną dokumentację stworzono model okna i przypisano mu kolor. Ze względu na dostępność dokumentacji zdjęciowej stolarki okiennej tylko w wersji czarno-białej, nie było możliwości dokładnego określenia kolorystyki.

W celu uzupełnienia detali, ze względu na niską dokładność modelu stworzonego przy użyciu technologii SfM postanowiono wykonać fragment modelu mesh o wysokiej dokładności na podstawie skanu laserowego. W tym celu pozyskano wycinek chmury punktów w programie ReCap Pro, wyeksportowano do formatu .e57 i w programie CloudCompare stworzono model mesh przy użyciu omówionego wcześniej plug-inu „*Poisson Surface Reconstruction*” z wartością „*Octree depth*” 12 (Rysunek 87). We wcześniej omawianym przykładzie wartość ta tworzyła plik, którego wielkość uniemożliwiała płynną pracę. W tym przypadku, ze względu na to, że jest to wycinek, nie stanowi to problemu. Model zapisano w formacie .obj. Do konwersji chmury punktów na model mesh można było użyć także programu MeshLab otrzymując zbliżone, jeśli nie niemal identyczne wyniki (Rysunek 88). Program ten byłby szczególnie polecany w przypadku dalszej edycji geometrii. Na potrzeby tego badania

⁴⁴⁷ 3ds Max.

⁴⁴⁸ Chaos Corona [na:] <https://corona-renderer.com/>, udostępniono 12 grudnia 2022 r.

zdecydowano się na użycie programu CloudCompare ze względu na dostępność i jakość jego dokumentacji.



Rysunek 87 Po lewej fragment chmury punktów dworu w Kliczewie Małym. Po prawej: geometria mesh stworzona na podstawie chmury punktów w programie CloudCompare.

W programie 3DS Max otworzono plik .obj fragmentu opisanego powyżej, a następnie wycięto go pozostawiając obramienia okna i płaskorzeźby. Uzupełnień dokonywano na 3 sposoby:

1. Zachowanie oryginalnej geometrii 3D,
2. Kopiowanie fragmentów geometrii 3D charakteryzujących się lepszym stopniem zachowania,
3. Stworzenie nowej geometrii – w miejscach o znacznych nierównościach względem oryginalnej struktury oraz w miejscach, gdzie brak było informacji 3D, którą można byłoby pozyskać w inny sposób.



Rysunek 88 Modele mesh fragmentu elewacji dworu w Kliczewie Mały stworzone na podstawie chmury punktów. Górny obraz: model stworzony w programie CloudCompare, dolny obraz: model stworzony w programie MeshLab. Dla obu procesów konwersji zastosowano odpowiadające parametry szczegółowości.

Powyższa lista uwzględnia kolejność metod od najbardziej pożądanых. Pomimo tego, że oryginalna geometria nie przedstawiała obiektu w stanie bez zniszczeń i zmian

spowodowanych upływem czasu, zdecydowano się na jej użycie mając na uwadze wartość oryginalności zapisu. W przypadku fizycznej renowacji obiektu mogłoby dojść do sytuacji, gdzie niemożliwe byłoby zachowanie oryginalnych elementów ze względu na ich zniszczenie w trakcie prac i kruchość tego typu detali.

Na elementy modelu nałożono jednolite materiały odpowiadające kolorystycznie próbkom kolorów pozyskanych pipetą z oryginalnej kolorystyki RGB modelu. W efekcie otrzymano grafikę przedstawioną poniżej (Rysunek 89) oraz w załączniku (Załącznik 15), gdzie prócz wizualizacji widoczne są też zaznaczenia obszarów poddanych różnym sposobom uzupełnień opisanych powyżej.



Rysunek 89 Wizualizacja fragmentu elewacji dworu w Kliczewie Małym, poddanej cyfrowej renowacji.

Wnioski:

1. Zbyt niska szczegółowość modelu może doprowadzić do ograniczenia możliwości wykonania cyfrowej renowacji.
2. Chmura punktów, po konwersji na geometrię mesh, może stanowić podstawę dla cyfrowej renowacji.
3. Cyfrowa renowacja może się odbywać przez dodanie nowych elementów 3D, wykorzystanie geometrii stworzonej na podstawie chmury punktów oraz kopiowanie

fragmentów, które przedstawiają dobrze zachowane detale i elementy w miejscach, gdzie jest ich brak lub były w złym stanie.

4. Cyfrowa renowacja wymaga znajomości zarówno z dziedziny historii architektury, architektury i konserwacji jak i oprogramowania z zakresu grafiki komputerowej 2D i 3D. Należy zadanie to rozpatrywać interdyscyplinarnie.
5. Należy zwrócić uwagę, że w sytuacji, gdy obiekt nie istnieje nie ma możliwości przeprowadzenia badań konserwatorskich warstw znajdujących się pod tą, która została uwzględniona w trakcie pomiaru.
6. Do zalet cyfrowej renowacji należą:

- a. możliwość zachowania modelu oryginalnego detalu, co mogłoby być niemożliwe w przypadku renowacji fizycznego obiektu ze względu na kruchość i niszczenie materiału,
- b. możliwość wykonania alternatywnych wersji,
- c. niski koszt w porównaniu do fizycznej renowacji.

3.2.7.4 Cyfrowa rekonstrukcja

Na dokumentacji zdjęciowej zawartej w karcie ewidencyjnej we frontowej części dworu w Kliczewie Małym widoczny jest nieistniejący obecnie drewniany ganek. Podjęto próbę cyfrowej rekonstrukcji tego fragmentu jako uproszczonej kubatury na tle modelu mesh wykonanego w programie ReCap Photo.

Jako efekt cyfrowej rekonstrukcji założono wizualizację w postaci pojedynczego ujęcia perspektywicznego obejmującego front budynku. Bryła odwzorowująca ganek ma być przedstawiona schematycznie, w jednym kolorze, niesugerującym kolorystyki materiału.

Ze względu na doświadczenie w obsłudze programu 3DS



Rysunek 90 Fragment modelu dworu w Kliczewie Małym z widocznym miejscem styku dachu ganku z bryłą budynku. Miejsca takie stanowią odniesienie dla cyfrowej rekonstrukcji części obiektu, które nie istniały w trakcie pomiaru.

Max⁴⁴⁹ z silnikiem renderującym Corona⁴⁵⁰ zdecydowano się na użycie tego oprogramowania. Alternatywnie mogłyby być użyte inne programy do tworzenia grafiki 3D z możliwością importu formatu .obj oraz renderowania. Program 3DS Max daje możliwość wykorzystania chmury punktów. Nie zdecydowano się na to rozwiązanie ze względu na to, że w subiektywnej ocenie taka forma modelu jest w wizualizacji mniej atrakcyjna wizualnie.

Zadanie rozpoczęto od importu modelu w formacie .obj dworu w Kliczewie Małym wraz z teksturami. Następnie przeanalizowano dokumentację zdjęciową i rzut znajdujące się w karcie ewidencyjnej. Dzięki bazowaniu na modelu budynku istniała możliwość wykorzystania jego wymiarów oraz śladów na elewacji jako odniesienia dla wymiarów (Rysunek 90). Uproszczony model ganku z jednorodnym materiałem pokazujący jego kubaturę w kontekście budynku przedstawiono poniżej (Rysunek 91).



Rysunek 91 Wizualizacja stworzona w programie 3DS Max z wykorzystaniem silnika renderującego Corona obejmująca model MESH stworzony na podstawie SfM z uproszczonym modelem ganku.

Wnioski:

1. Model mesh i chmura punktów stworzony z użyciem SfM może być użyty jako kontekst i baza dla opracowania cyfrowej rekonstrukcji.
2. Informacje zawarte w modelu mogą stanowić odniesienie dla określenia wymiarów rekonstruowanej struktury.

⁴⁴⁹ 3ds Max.

⁴⁵⁰ Chaos Corona.

3.2.8 Wnioski z badania dworu w Kliczewie Małym

W poniższej tabeli (Tabela 29) przedstawione są zastosowania w kontekście przeprowadzonego badania. Rozważania dotyczą sytuacji, w której obiekt nie istnieje i jedynym źródłem informacji jest chmura punktów lub dane dostępne w ramach działań WKZ i NID. Zestawiono je z wykorzystaniem dokumentacji dostępnej dla obiektu tj. karty ewidencyjnej i ewidencji parkowej. Ze względu na architekturę budynku założono, że przedstawienie detalu w postaci m.in. płaskorzeźb jest koniecznym warunkiem.

Tabela 29 Porównanie możliwości stworzenia badań dla dworu w Kliczewie Małym na podstawie chmury punktów i dostępnej dokumentacji.

● -Pełna możliwość zastosowania, ● -Ograniczona możliwość zastosowania, ● -Brak możliwości zastosowania.			
Zastosowanie	Chmura punktów	Dostępna dokumentacja	Komentarz
1.Wirtualna rzeczywistość (VR)	●	●	Brak możliwości fotogrametrycznego stworzenia modelu 3D na podstawie dostępnej dokumentacji. Ręczne stworzenie modelu byłoby obarczone dużym błędem i nie byłoby możliwości przedstawienia kluczowych detali
2.Rozszerzona rzeczywistość (AR)	●	●	Brak możliwości stworzenia dokładnego modelu 3D z uwzględnieniem detali jak powyżej.
3.Cyfrowa renowacja	●	●	Brak możliwości stworzenia dokładnego modelu 3D z uwzględnieniem detali jak powyżej. Dostępna dokumentacja jest czarno-biała co uniemożliwia

			zastosowanie kolorów ujętych na elewacji.
4.Cyfrowa rekonstrukcja			Brak możliwości stworzenia dokładnego modelu 3D. Należy jednak podkreślić, że bez dokumentacji ujętej w ewidencji nie byłoby informacji co do kształtu ganka.

Wnioski:

1. Na podstawie chmury punktów możliwe jest oglądanie obiektu w wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości.
2. Chmura punktów może stanowić podstawę dla cyfrowej renowacji i rekonstrukcji.
3. Na 4 opracowane zakresy wszystkie wymagały posiadania chmury punktów. Możliwe byłoby podjęcie próby stworzenia modelu 3D na podstawie informacji zawartych w materiałach źródłowych dla zastosowania wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości oraz rekonstrukcji, jednak byłoby to obarczone dużym błędem oraz nie dałoby możliwości ujęcia szczególnie cennych i charakterystycznych detali.

3.3 WNIOSKI Z BADAŃ

Wnioski z badań przeprowadzonych dla dworów w Nużewie i Kliczewie Małym przedstawiono poniżej:

1. Chmura punktów może stanowić źródło informacji i podstawę opracowania dla weryfikacji poprawności, dokładności i uzupełnienia dostępnej dokumentacji, analizy bryły obiektu, dokumentacji detalu wewnętrznego i zewnętrznego, analizy rodzajów materiałów elewacyjnych, odczytania oznaczeń ciesielskich, porównania ujęć dokumentacji zdjęciowej z chmurą punktów, animacji, dokumentacji wybranych ścian wewnętrznych, prezentacji obiektu w wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości, cyfrowej rekonstrukcji i renowacji.
2. Chmury punktów pozyskane na podstawie skanowania laserowego charakteryzowały się większą dokładnością niż te stworzone na podstawie fotogrametrii. Należy jednak zwrócić uwagę, że aparat, którym wykonywano zdjęcia nie był specjalistycznym sprzętem i nie wykonano dokumentacji zdjęciowej bezzałogowym statkiem powietrznym, co wpłynęłoby korzystnie na jakość i kompletność zgromadzonych danych.

3. Na 12 opracowanych zakresów stworzenie 3 z nich na podstawie dostępnej dokumentacji byłoby możliwe, ale z niższą dokładnością lub w ograniczonym zakresie. Stworzenie 9 z nich na podstawie dostępnej dokumentacji byłoby niemożliwe.
4. Chmura punktów spełnia wymagania stawiane przez „Kartę Wenecką” w art. 10: *„Kiedy techniki tradycyjne okazują się niewydolne, wzmocnienie zabytku można zapewnić sięgając do wszelkich nowoczesnych technik konserwatorskich i budowlanych, których skuteczność wykazałyby dane naukowe i zapewniało doświadczenie.”*⁴⁵¹
5. Dla celów badawczych częściej była używana chmura punktów. Dla celów związanych z popularyzacją częściej był wykorzystywany model mesh.
6. Rozmiar plików tworzonych na podstawie i z użyciem chmury punktów stwarza konieczność posiadania sprzętu komputerowego o wysokiej mocy obliczeniowej.
7. Ze względu na ograniczenia dostępności do sprzętu dla obu obiektów nie wykonano pomiarów dachu oraz georeferencji. W celu uzyskania pełnego zakresu informacji pomiary powinny być uzupełniane o te informacje.
8. Na rynku istnieje szeroki wybór oprogramowania komercyjnego i otwartego do wykonywania operacji na chmurach punktów.
9. Wykonanie celów badawczych i tych związanych z popularyzacją wymaga interdyscyplinarnej wiedzy z dziedziny m.in. architektury, konserwacji, grafiki 2D i 3D.
10. Zastosowanie chmury punktów jako źródła informacji o nieistniejącym obiekcie ma ograniczenia związane z brakiem możliwości przeprowadzenia badań *in situ* w tym badań odkrywkowych, wilgotności, warstw przegród co przekłada się na ograniczenia przeprowadzenia badań stratygraficznych m.in. warstw malarskich, tynków. Bez materiału nie ma możliwości przeprowadzenia także badań laboratoryjnych. Ograniczenia te wpływają na zmniejszenie ilości danych możliwych do pozyskania o obiekcie i historycznych technikach budowlanych.
11. W porównaniu z innymi formami zapisu informacji, chmura punktów jest obciążona najmniejszą interpretacją narzuconą przez osobę dokonującą pomiaru.
12. W porównaniu z innymi formami zapisu informacji chmura punktów jest zapisem najbliższym fizycznemu obiektowi, szczególnie w zakresie odwzorowania w ramach jednego zapisu danych przestrzennych, kolorystycznych i stanu zachowania.

⁴⁵¹ Karta Wenecka 1964. Postanowienia i uchwały II Międzynarodowego Kongresu Architektów i Techników Zabytków w Wenecji w 1964 r.

13. Na podstawie chmury punktów możliwe było opracowanie całego zakresu dokumentacji przewidzianego w badaniach. W subiektywnej ocenie istnieje wysokie prawdopodobieństwo, że chmura punktów będzie mogła być wykorzystywana przez przyszłe pokolenia do badań, których zakres jest obecnie trudny do przewidzenia.
14. W celu zapoznania się z pierwotną formą i historią obiektu chmura punktów powinna być rozpatrywana łącznie z dostępną dokumentacją taką jak karty ewidencyjne.
15. Należy zwrócić uwagę, że w przypadku całkowitego zniszczenia obiektu ocena jego wieku na podstawie skanów może być niemożliwa. Wykonanie analizy stylistycznej bywa niewystarczające i konieczne są badania dendrologiczne lub padania polichromii co bez fizycznej obecności przynajmniej fragmentów obiektu jest niemożliwe.⁴⁵²

4 PODSUMOWANIE

4.1 KONKLUZJE DOTYCZĄCE HIPOTEZ

Hipoteza 1: Ze względu na liczebność zasobu obiektów architektonicznych zagrożonych utratą wartości zabytkowych istnieje konieczność zabezpieczenia dla przyszłych pokoleń ich zapisu przestrzennego, zanim zabytki przestaną istnieć.

Liczebność zbioru obiektów zabytkowych zagrożonych utratą wartości zabytkowych wskazuje na priorytetową konieczność podjęcia natychmiastowych działań, mających na celu zabezpieczenie informacji o tych obiektach. Analiza dostępnej dokumentacji zarówno dla obiektów zagrożonych, jak i nieistniejących udowodniła, że nie jest ona wystarczająca dla prowadzenia rozbudowanych badań i działań związanych z popularyzacją nieistniejącego dziedzictwa. Oparcie jedynie o dostępną dokumentację ogranicza zakres danych i informacji w budowanej bazie wiedzy. Hipoteza została udowodniona.

Rozdziały: 2.1.3, 2.1.4, 2.2.4, 2.2.5.

Hipoteza 2: Występuje konieczność wypracowania i wdrożenia schematu działań obejmujących konserwację przez dokumentowanie dla obiektów zagrożonych, z uwzględnieniem możliwej destrukcji obiektu.

⁴⁵² B. Szymgin (red.), *Wartościowanie zabytków architektury*, Polski Komitet Narodowy ICOMOS Muzeum Pałac w Wilanowie 2013., Małgorzata Karpała

Analizy krajowych rozwiązań legislacyjnych i systemu opieki nad zabytkami wskazały na to, że nie ma opracowanych schematów działań względem obiektów zagrożonych, których stan techniczny wskazuje na możliwość destrukcji. Hipoteza została udowodniona.

Rozdziały: 2.1.2, 2.2.1, 2.2.3, 2.2.4.

Hipoteza 3: Istnieje konieczność zapewnienia ogólnodostępnej informacji o obiektach nieistniejących.

Analiza dostępnych źródeł informacji wskazuje, że są podejmowane działania związane z identyfikacją zbioru obiektów zagrożonych. Informacja ta jest ogólnodostępna w formie sumy liczby obiektów, z uwzględnieniem ich parametrów, takich jak funkcja pierwotna, własność, materiał konstrukcyjny i datowanie. Informacja o nazwach i lokalizacji obiektów zakwalifikowanych jako zagrożonych utratą wartości zabytkowych została udostępniona na potrzeby badań naukowych. Wzór Wielkiej Brytanii wskazuje, że ogólnodostępność informacji o zagrożeniu przyczynia się do podejmowania działań konserwatorskich. Może ona przyczynić się też do oddolnego podejmowania działań związanych z zabezpieczeniem informacji. Hipoteza została udowodniona.

Rozdziały: 2.2.1, 2.2.2.

Hipoteza 4: Chmura punktów pozyskana w czasie zagrożenia obiektu utratą wartości zabytkowych umożliwia badania naukowe i popularyzację już nieistniejącego obiektu w szerokim zakresie, który może być wykorzystywany także przez przyszłe pokolenia.

Szeroki zakres badań naukowych przeprowadzonych dla dwóch zagrożonych dworów oraz działań związanych z popularyzacją obiektu jednoznacznie wykazały możliwość użycia w tym celu chmury punktów. Uwzględniając zakres opracowań, tylko 3 z 12. wyodrębnionych przykładów mogłyby być wykonane na podstawie dostępnej obecnie dokumentacji (z niższą dokładnością lub w ograniczonym zakresie). Hipoteza została udowodniona.

Rozdziały: 3.1, 3.2, 3.3.

4.2 TEZA

Konfirmacja stawianych hipotez uprawomocniła do sformułowania tezy:

Teza: Pozyskanie chmury punktów powinno stać się istotną formą konserwacji przez dokumentowanie zagrożonego dziedzictwa architektonicznego.

Poprzez rejestrowanie zagrożonych zabytkowych obiektów w postaci chmury punktów możliwe jest otrzymanie materiału źródłowego o wysokiej dokładności i szczegółowości. Jest to zapis, który obecnie jest najbliższą cyfrową reprezentacją zabytku architektury. Może on być wykorzystywany do badań naukowych i popularyzacji dziedzictwa, także gdy obiekt przestanie istnieć. Pozyskanie chmury punktów jako formy konserwacji przez dokumentowanie stanowi kluczowy krok w kierunku nowoczesnej i efektywnej strategii zachowania zagrożonego dziedzictwa architektonicznego dla przyszłych pokoleń.

4.3 KONKLUZJA O ZREALIZOWANIU CELU PRACY

Podstawowym celem pracy było zbadanie zasadności i możliwości wykorzystania chmury punktów jako metody konserwacji przez dokumentowanie obiektów zagrożonych utratą wartości zabytkowych, z uwzględnieniem możliwości destrukcji obiektu.

Badania obejmowały m.in. analizę dostępnej literatury, na podstawie której określono zasadność i możliwości wykorzystania chmury punktów w szerokim zakresie zastosowań. Wybrane użycia zostały zweryfikowane podczas badań własnych dwóch obiektów zabytkowych zagrożonych utratą wartości zabytkowych. Cel został zrealizowany.

4.3.1 Konkluzja o zrealizowania celów szczegółowych

Poniżej omówione zostały cele szczegółowe w kontekście ich zrealizowania w ramach rozprawy doktorskiej:

1. Zbadanie zasobu obiektów zagrożonych utratą wartości zabytkowych w Polsce.

Zasób obiektów zagrożonych został zbadany w skali kraju i dokładniej, w skali województwa mazowieckiego z wyłączeniem m.st. Warszawy. Wykonanie analogicznych analiz, rozbudowujące już dostępne informacje, przyczyniłoby się do lepszego poznania charakterystyki regionalnej oraz dostępności informacji. Cel został zrealizowany.

2. Zbadanie zastosowania chmur punktów w kontekście obiektów zagrożonych i ich przyszłego użycia w sytuacji destrukcji obiektu.

Wykonano chmurę punktów dla 2. obiektów zagrożonych. Dla symulacji sytuacji, w której obiekt nie istnieje, pomiary zostały wykonane w trakcie jednokrotnej wizji lokalnej. Zastosowanie zbadano dla 14. przykładów opracowań. Cel został zrealizowany.

3. Weryfikacja zastosowania chmury punktów jako źródła informacji w zakresie badań historycznych i popularyzacji nieistniejącego zabytku.

Zastosowanie chmury punktów zostało zbadane w 14. różnych zastosowaniach związanych z badaniami naukowymi i popularyzacją dziedzictwa. Cel został zrealizowany.

4.4 POSTULATY

Na podstawie badań i analiz przedstawionych w rozprawie doktorskiej zwraca się uwagę na konieczność podjęcia próby rozwiązania problemu zagrożonego dziedzictwa. W związku z tym opracowano poniższe postulaty. Podkreślenia wymaga fakt, że bezwzględne pierwszeństwo powinno mieć przeprowadzenie prac konserwatorskich i przekazanie obiektu w jego fizycznej formie kolejnym pokoleniom. Poniższe postulaty dotyczą sytuacji, w której powyższe działania są nawet w najmniejszym stopniu zagrożone.

Postulaty:

1. Rozbudowanie platformy zabytek.pl o informacje dotyczące zagrożenia obiektów, tak by informacja o zagrożeniu, na wzór działań w Wielkiej Brytanii, była ogólnodostępna. Dzięki temu właściciele obiektów mogą poczuć większą presję, aby przeprowadzać prace konserwatorskie. Z drugiej strony, pasjonaci zabytków mogliby podjąć oddolne działania związane z zabezpieczeniem informacji.
2. Opracowanie i umocowanie prawne ogólnego standardyzacji wymagań jakie ma spełniać chmura punktów, co najmniej dla obiektów zagrożonych.
3. Stworzenie ustawowego obowiązku dostarczenia chmury punktów przed wykreśleniem obiektu z Rejestru Zabytków.
4. Stworzenie systemu monitoringu obiektów zagrożonych obejmującego:
 - a. coroczną weryfikację na podstawie wizji lokalnej,
 - b. system doradztwa dla właścicieli budynków, mających na celu ustalenie działań ochronnych,
 - c. tworzenie szacunkowych wycen związanych z usunięciem zagrożenia; Pozwoliłoby to szacować możliwości wykupu przez państwo obiektów zagrożonych lub dawać informacje ewentualnym inwestorom,
 - d. ustanowienie kolejności obiektów, dla których będzie wykonywany pomiar, np. stosując „dokumentacyjny triaż”.
5. Zapewnienie dostępu do informacji oraz szkoleń na każdym szczeblu. Szczególnego uwzględnienia w zakresie technicznych aspektów pozyskania i edycji chmury punktów wymaga program uczelni wyższych na wszystkich kierunkach związanych z architekturą, inżynierią lądową, historią sztuki oraz konserwacją.
6. Wyposażenie w odpowiedni sprzęt komputerowy, skanery laserowe i aparaty fotograficzne uczelni oraz jednostek, w których kompetencji leży zabezpieczenie informacji o zabytkach.

7. Wyposażenie delegatur WKZ w sprzęt fotograficzny oraz przeszkolenie w zakresie wykonywania zdjęć na potrzeby fotogrametrii. Umożliwi to tworzenie w trakcie wizji lokalnych zdjęć, które w przyszłości mogłyby być wykorzystane do fotogrametrii. Jest to wstępny półśrodek, który zapewni możliwie najszybsze podjęcie działań. Należy rozważać to traktować jako tymczasowe i mieć na uwadze, że ze względu na brak specjalistycznej wiedzy i doświadczenia, stworzenie chmury punktów o wymaganej dokładności może być niemożliwe. W takiej sytuacji pozostanie rozszerzona dokumentacja fotograficzna.
8. Priorytetowe zapewnienie funduszy na powyższe działania.

Zaniechanie podjęcia powyższych działań doprowadzi do nieodwracalnej utraty wiedzy, która mogłaby być wykorzystywana wielopokoleniowo.

4.5 PRZYSZŁE KIERUNKI BADAŃ

Przyszłe kierunki badań naukowych powinny obejmować kompleksowe podejście do informacji o obiektach nieistniejących.

Rozważań filozoficznych i konserwatorskich wymagają kwestie związane z wartościowaniem obiektów istniejących tylko w sferze cyfrowej. Na wzór archeologii (wirtualna archeologia, ang. *virtual archaeology*, cyberarcheologia, ang. *cyberarchaeology* ⁴⁵³), pojęciowego rozszerzenia wymagają także pojęcia związane z pracami konserwatorskimi, które obecnie odnoszą się do obiektów istniejących, a w przyszłości miałyby odnosić się do zbiorów obiektów istniejących tylko cyfrowo. Mogłyby to być cyfrowa konserwacja, cyfrowa renowacja, cyfrowa rekonstrukcja, cyfrowa restauracja itd. Ważnym aspektem jest także zbadanie społecznego odbioru rozwiązań przedstawionych w rozprawie doktorskiej, ich znaczenia w budowaniu pamięci zbiorowej i postpamięci ⁴⁵⁴, w odniesieniu do nieistniejącego dziedzictwa architektonicznego. Weryfikacji wymaga możliwość ujęcia niematerialnego dziedzictwa, jak m.in. charakter obiektu, wartości duchowe, w cyfrowym przekazie obiektu ⁴⁵⁵.

W rozprawie doktorskiej omówione zostały zabytki architektury. Analogicznych analiz wykorzystania chmury punktów wymagałyby inne elementy poddane ochronie, takie jak zabytki techniki, pomniki przyrody, chronione układy urbanistyczne. Każdy z tych rodzajów

⁴⁵³ M. Forte, *Cyberarchaeology: a Post - Virtual Perspective...*

⁴⁵⁴ *Postpamięć* [na:] <https://cbh.pan.pl/pl/postpamięć>, udostępniono 10 kwietnia 2023 r.

⁴⁵⁵ C. Głuszek, *Czy rekonstrukcja? Z rewaloryzacji monastynu w Supraślu* [w:] *Architektura kultur lokalnych pogranicza. Sacrum – profanum – sacrum. Konwersje i rekonwersje architektury i sztuki sakralnej XX-XXI wieku*, Białystok 2021.

obiektów, ze względu na swoją charakterystykę, może wymagać indywidualnego podejścia i opracowania własnych metod zabezpieczenia informacji.

W przyszłych kierunkach badań naukowych powinno być uwzględniane zdanie specjalistów różnych dziedzin, takich jak geodezja, inżynieria lądowa, architektura krajobrazu, techniki komputerowe, bezpieczeństwo danych, grafika komputerowa. Zabezpieczenie informacji o zagrożonych obiektach oraz późniejsze jej wykorzystanie jest zadaniem interdyscyplinarnym, które wymaga zbadania przez specjalistów różnych dziedzin. Zapewni to ujęcie spojrzenia na problem z uwzględnieniem charakterystyki każdej z nich.

Rozwijania i badania wymagają także systemy związane z zarządzaniem danymi i standaryzacją tego procesu. Ważnym kierunkiem rozwoju jest HBIM, semantyka danych oraz budowanie relacji między danymi. W ostatnich latach pojawiają się artykuły naukowe dotyczące zastosowania sztucznej inteligencji w segmentacji, klasyfikacji i analizach chmur punktów. Jest to ważny kierunek, który wymaga bliskiej obserwacji. Mając na uwadze tworzenie coraz większych zbiorów danych, wspomaganie ich obróbki i analizy przyczyni się do szybszego budowania bazy wiedzy. W tym kontekście ważne są też badania kwestii związanych z wielopokoleniowym bezpieczeństwem danych, ich dostępnością oraz zapewnieniem możliwości ich użycia.

4.6 BIBLIOGRAFIA

1. *3D Laser Scanning for Heritage*, Historic England 2018.
2. *3ds Max* [na:] <https://www.autodesk.pl/products/3ds-max/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>, udostępniono 11 września 2022 r.
3. *Agisoft* [na:] <https://www.agisoft.com/>, udostępniono 10 grudnia 2022 r.
4. Alshawabkeh Y., El-Khalili M., Almasri E., i in., *Heritage documentation using laser scanner and photogrammetry. The case study of Qasr Al-Abidit, Jordan*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 16 (2020), DOI: 10.1016/j.daach.2019.e00133.
5. Angulo R., Pinto F., Rodríguez J., Palomino A., *Digital Anastylis of the Remains of a Portal by Master Builder Hernán Ruiz: Knowledge Strategies, Methods and Modelling Results*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 7 (2017), DOI: 10.1016/j.daach.2017.09.003.
6. *AR Point Cloud Viewer* [na:] <https://m.apkpure.com/pl/ar-point-cloud-viewer/com.NCTechLTD.ARPointCloudViewer>, udostępniono 11 września 2022 r.
7. *ArcGIS Desktop* [na:] <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop/overview>, udostępniono 22 marca 2023 r.
8. *Arches Project* [na:] https://www.getty.edu/conservation/our_projects/field_projects/arches/arches_overview.html, udostępniono 7 września 2022 r.
9. *Archicad* [na:] <https://graphisoft.com/solutions/archicad>, udostępniono 12 września 2022 r.
10. Asanowicz A., *Systemy rzeczywistości wirtualnej w architekturze*, „Architecturae et Artibus” t. 4 nr 4 (2012).
11. *AutoCAD* [na:] <https://www.autodesk.pl/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>, udostępniono 11 września 2022 r.
12. *Backup Ukraine* [na:] <https://poly.cam/ukraine>, udostępniono 21 września 2022 r.
13. Baik A., Almaini A., Al-Amodi M., Rahaman K.R., *Applying digital methods for documenting heritage building in Old Jeddah: A case study of Hazzazi House*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 21 (2021), DOI: 10.1016/J.DAACH.2021.E00189.
14. Bednarz Ł., Bajno D., *Analiza stanu technicznego historycznego budynku byłego kasyna wojskowego* [w:] *Awarie Budowlane. Awarie obiektów sakralnych i*

zabytkowych, 2017.

15. Bednarz Ł., Opałka P., *Katastrofa budowlana w obiekcie zabytkowym... i co dalej?*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” t. 60 (2019), DOI: 10.17425/WK60DISASTER.
16. Bednarz Ł.J., Drygała I.J., Gentilini C., i in., *From digital surveying to heritage analysis on the example of a baroque church: A proposal for structural strengthening and monitoring*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” t. 65 (2021), DOI: 10.48234/WK65MONITORING.
17. Bekele M.K., *Walkable Mixed Reality Map as interaction interface for Virtual Heritage*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 15 (2019), DOI: 10.1016/j.daach.2019.e00127.
18. Bentley [na:] <https://www.bentley.com/pl>, udostępniono 12 września 2022 r.
19. *BIM Modelling using photogrammetry data* [na:] https://www.more-connect.eu/wp-content/uploads/2017/05/3rd_training-module_short.pdf, udostępniono 12 września 2022 r.
20. Blender [na:] <https://www.blender.org/>, udostępniono 11 września 2022 r.
21. Borkowski A., Jarząbek-Rychard M., Tymków P., Józków G., *Wykorzystanie danych skaningu laserowego do modelowania 3D fortów obronnych na przykładzie Fortu Prusy w Nysie*, „Architektura Krajobrazu” t. 4 (2013).
22. Borkowski A.S., *Model BIM z chmury punktów*, „Builder” t. 270 nr 01 (2019), DOI: 10.5604/01.3001.0013.6405.
23. BricsCAD [na:] <https://www.bricsys.com/pl-pl/bricscad-lite>, udostępniono 5 maja 2023 r.
24. Brudnicki J., *Skreślenie z rejestru zabytków – teoria i praktyka w Polsce ostatnich lat Wprowadzenie*, „Kurier Konserwatorski” nr 13 (2016).
25. Brudnicki J., Dawidowicz M., Jagielska E., i in., *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*, Warszawa 2017.
26. Bryk M., *Dziedzictwo kulturowe warszawskiej dzielnicy Białoleka: problemy ochrony, prezentacji i popularyzacji*, „MAZOWSZE Studia Regionalne” t. 7 (2011).
27. Brykowska M., *Metody pomiarów i badań zabytków z architektury*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2003.
28. Budzyński I., *Powierzchnia i ludność w przekroju terytorialnym w 2015 r.*, GUS,

- Departament Metodologii, Standardów i Rejestrów, 2015 r.
29. *Centrum Kompetencji ds. Digitalizacji Zabytków* [na:] <https://nid.pl/centrum-kompetencji-ds-digitalizacji-zabytkow/>, udostępniono 27 września 2022 r.
30. *Chalupa nr 58 w miejscowości Borowe* [na:] [https://zabytek.pl/pl/obiekty/dom-\(chalupa\)-nr-58-782484](https://zabytek.pl/pl/obiekty/dom-(chalupa)-nr-58-782484), udostępniono 13 września 2022 r.
31. Chan T.O., Xia L., Chen Y., i in., *Symmetry analysis of oriental polygonal pagodas using 3D point clouds for cultural heritage*, „Sensors” t. 21 nr 4 (2021), DOI: 10.3390/s21041228.
32. *Chaos Corona* [na:] <https://corona-renderer.com/>, udostępniono 12 grudnia 2022 r.
33. Cherkes B., Linda S., Rozhko V., Yasinskyi M., *Graphical 3D Reconstruction of the Tustan Rock Fortress, Ukraine, in the Study and the Promotion of Architectural Heritage Sites*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” t. 69 (2022), DOI: 10.48234/WK69TUSTAN.
34. Chrzanowski T., *Karczmy i zajazdy*, „Spotkania z zabytkami” nr 1 (1979).
35. *CIPA Heritage Documentation – The International Committee for Documentation of Cultural Heritage (CIPA)* [na:] <https://www.cipaheritagedocumentation.org/>, udostępniono 26 września 2022 r.
36. *Cloud-to-Cloud Distance* [na:] https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/Cloud-to-Cloud_Distance, udostępniono 5 maja 2023 r.
37. *CloudCompare* [na:] <https://www.cloudcompare.org/>, udostępniono 11 września 2022 r.
38. Ćmielewski B., Sieczkowska D., Kościuk J., i in., *Mapowanie Historycznego Sanktuarium Machupicchu przy użyciu bezzałogowego systemu powietrznego wyposażonego w LiDAR. Wyzwania i wstępne wyniki (cz. I)*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” t. 67 (2021), DOI: 10.48234/WK67LIDAR.
39. *Collaborative Cloud for Europe’s cultural heritage* [na:] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3855, udostępniono 28 września 2022 r.
40. Collins L.D., Doering T.F., O’Sullivan R., *Terrestrial Laser Scanning 3D Survey of the Bulow Plantation Ruins and the Dummett Sugar Mill Ruins, Florida*, „Digital Heritage and Humanities Collections Faculty and Staff Publications” t. 4 (2009).

41. *ContextCapture Bentley* [na:]
<https://www.bentley.com/pl/products/brands/contextcapture>, udostępniono 12 września 2022 r.
42. *CR hub: Challenging environment photogrammetry* [na:]
<https://www.youtube.com/watch?v=n9t--7gqtVA>, udostępniono 10 grudnia 2022 r.
43. Czubla P., Petera-Zganiacz J., *Fotografia dokumentacyjna w naukach o Ziemi*, „Acta Universitatis Lodziensis. Folia Geographica Physica” t. 18 (2019), DOI: 10.18778/1427-9711.18.01.
44. Dąbrowski J., *Środki publiczne w finansowaniu prac konserwatorskich (na podstawie ustawy o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami) - teoria i praktyka*. [na:]
<https://www.youtube.com/watch?v=1-BV9tugUNo&t=1s>, udostępniono 10 maja 2023 r.
45. *Dashboard - Heritage at Risk 2021* [na:]
<https://www.arcgis.com/apps/dashboards/e87a56c310e94debb02b21f7593665b3>, udostępniono 27 września 2022 r.
46. *Dawne kłodzko* [na:]
<http://www.dawneklodzko.pl/index.php?kat=klodzko&side=ciekawostki>, udostępniono 15 listopada 2021 r.
47. *Digitalizacja i udostępnianie cyfrowych dóbr kultury - zabytków oraz grobów i cmentarzy wojennych* [na:] <https://www.youtube.com/watch?v=8TT3a2vwPKo>, udostępniono 27 września 2022 r.
48. *Dobre praktyki w zakresie wykonywania dokumentacji zabytków architektury współczesnymi metodami naziemnej rejestracji cyfrowej*, Narodowy Instytut Dziedzictwa.
49. Dodziuk H., *Druk 3D w budownictwie*, „Napędy i sterowanie” nr 12 (2020).
50. Drobek K., Szostak B., Królikowski W., *Metody inwentaryzacji obiektów znajdujących się w stanie ruiny*, „Ochrona Dziedzictwa Kulturowego” t. 6 (2018).
51. Dudzińska E., *Analysis of the endangered monuments in the Masovian Voivodeship, excluding Warsaw*, „Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych” t. 17 nr 1 (2021), DOI: 10.35784/teka.2624.
52. Dudzińska E., *Dwór w Gródkowie. Rewaloryzacja zabudowy dworskiej - współczesne trendy konserwatorsko - architektoniczne.*, 2016 r.
53. Dudzińska E., Argasiński K., *Laser scanning as a source of information in the*

- analysis of the facades of heritage at risk – the mansion in Kliczewo Małe*, „Materiały Budowlane” nr 8 (2022), DOI: 10.15199/33.2022.08.12.
54. *Dwór Kliczewo Małe [chmura punktów]* [na:] <https://skfb.ly/oDEzP>, udostępniono 4 lutego 2023 r.
55. *Dwór Kliczewo Małe [fotogrametria]* [na:] <https://skfb.ly/oDEXE>, udostępniono 4 lutego 2023 r.
56. *Dwór Kliczewo Małe [mesh z chmury punktów]* [na:] <https://skfb.ly/oDEYp>, udostępniono 4 lutego 2023 r.
57. *Dwór w Kliczewie Małym* [na:] <https://zabytek.pl/pl/obiekty/g-215818>, udostępniono 20 listopada 2021 r.
58. *Dwory i Pałace Polski: dwór Kliczewo Małe* [na:] <https://dipp.info.pl/baza-dipp/mazowieckie/powiat-zurominski/gmina-zuromin/dwor-kliczewo-male>, udostępniono 12 grudnia 2022 r.
59. Dylewski A., *Tradycja Mazowska powiat żuromiński Przewodnik subiektywny*, Warszawa 2012.
60. Dymek A., inni, *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w województwie mazowieckim. Zabytki wpisane do rejestru zabytków (księgi rejestru A i C)*, Warszawa 2017.
61. Dz. U. 1972 r. Nr 32 poz. 190.
62. Dz. U. 1994 Nr 89 poz. 414.
63. Dz. U. 2003 Nr 162 poz. 1568.
64. Dz. U. 2011 Nr 113 poz. 661.
65. Dz.U. 2000 nr 86 poz. 965.
66. Dz.U. 2004 nr 202 poz. 2072.
67. Dz.U. 2012 poz. 210, 2012 r.
68. Dz.U. 2017 poz. 1265.
69. Dz.U. 2017 poz. 1595.
70. Dz.Urz.MKiDN.2010.6.58.
71. *E57 - Lidar Point Cloud Data Format* [na:] <https://docs.fileformat.com/3d/e57/>, udostępniono 9 grudnia 2022 r.
72. *Europa w Rodzinie - Spis majątków ziemskich - woj. warszawskie* [na:] <http://ziemianie.pamiec.pl/pl/majatki/wa.html>, udostępniono 1 marca 2021 r.
73. *FARO* [na:] <https://www.faro.com/>, udostępniono 9 grudnia 2022 r.

74. *FARO Focus Laser Scanner Performance Specifications*, FARO Technologies.
75. *FARO Focus S 70/150+/350+* [na:] <https://www.tpi.com.pl/pl/skanery-laserowe/faro-focus-s-701503501>, udostępniono 9 lipca 2021 r.
76. *FARO Focus Skaner laserowy* [na:] <https://www.tpi.com.pl/pl/skanery-laserowe/faro-focus-s-701503501>, udostępniono 9 lipca 2021 r.
77. *FARO Scene* [na:] <https://www.faro.com/en/Products/Software/SCENE-Software>, udostępniono 26 lipca 2021 r.
78. *FARO WebShare* [na:] <https://www.faro.com/en/Products/Software/WebShare>, udostępniono 22 czerwca 2021 r.
79. Felcenloben D., *Niepewność danych przestrzennych w systemach informacji geograficznej (GIS)*, „Acta Sci. Pol., Geodesia et Descriptio Terrarum” t. 9 nr 3 (2010).
80. Forte M., *Cyberarchaeology: a Post-Virtual Perspective* [w:] P. Svensson, D. T. Goldberg (red.), *Between Humanities and the Digital*, The MIT Press 2021.
81. Franczuk J., Boguszevska K., Parinello S., i in., *Direct use of point clouds in real-time interaction with the cultural heritage in pandemic and post-pandemic tourism on the case of Kłodzko Fortress*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 24 (2022), DOI: 10.1016/j.daach.2022.e00217.
82. Gala J., Gomoliszewski J., Sitek Z., i in., *Wytyczne techniczne G-3.4. Inwentaryzacja zespołów urbanistycznych zespołów zieleni i obiektów architektury.*, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, 1981 r.
83. Gawlicki M., *Ocena wartości zasobu zabytkowego – cele, metody, praktyka* [w:] B. Szmygin (red.), *Wartościowanie zabytków architektury*, Polski Komitet Narodowy ICOMOS Muzeum Pałac w Wilanowie 2013.
84. Gleń P., Krupa K., *Comparative method with the use of laser scanning as a starting point for the assessment of the state of preservation of the face of the walls in the Kłodzko Fortress*, „Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych” t. 16 nr 3 (2020), DOI: 10.35784/teka.2388.
85. Gleń P., Krupa K., *The use of laser scanning in the survey of the postern of the Kłodzko Fortress*, „Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych” t. 16 nr 4 (2020), DOI: 10.35784/teka.2384.
86. Glotz Z., Lenart E., Fernik J.P., *Ewidencja parkowa dworu w Nużewie*, Zarząd Główny Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Inżynierów i Techników

- Ogrodnictwa, 1983 r.
87. Głuszek C., *Dziedzictwo architektoniczne. Wartościowanie w procesie projektowym*, Warszawa 2022.
88. Głuszek C., *Czy rekonstrukcja? Z rewaloryzacji monastyru w Supraślu* [w:] *Architektura kultur lokalnych pogranicza. Sacrum – profanum – sacrum. Konwersje i rekonwersje architektury i sztuki sakralnej XX-XXI wieku*, Białystok 2021.
89. *Gmina i miasto Żuromin. Gminny program opieki nad zabytkami na lata 2015-2018. Załącznik do Uchwały nr 80/XIII/15 Rady Miejskiej w Żurominie z dnia 30 września 2015r.*
90. Gołębniak A., *Rola nowych technik dokumentacyjno-pomiarowych w interdyscyplinarnych działaniach badawczo-konserwatorskich*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” t. 40 (2014).
91. *GPA 4: Enabling Development and the Conservation of Heritage Assets*, Historic England, 2020 r.
92. Grabowski M., Zajac A., *Dane, informacja, wiedza – próba definicji*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie” nr 798 (2009).
93. Grilli E., Farella E.M., Torresani A., Remondino F., *Geometric features analysis for the classification of cultural heritage point clouds*, „International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives” t. XLII-2/W15 (2019), DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-541-2019.
94. Guidi G., Russo M., *Diachronic 3D Reconstruction for Lost Cultural Heritage*, „The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences” t. XXXVIII-5/ (2011), DOI: 10.5194/isprsarchives-xxxviii-5-w16-371-2011.
95. *Heritage at Risk 2021* [na:] <https://historicengland.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=97e1547e0e234fa49c977b6fde2ad2fd>, udostępniono 26 września 2022 r.
96. *Heritage at risk Milton Keynes Council* [na:] <https://www.milton-keynes.gov.uk/planning-and-building/conservation-and-archaeology/heritage-risk>, udostępniono 26 września 2022 r.
97. *Heritage at risk reports - International Council on Monuments and Sites* [na:] <https://www.icomos.org/en/what-we-do/risk-preparedness/heritage-at-risk-reports>, udostępniono 26 września 2022 r.

98. *Heritage at Risk Statistics : Method Statement 2022*, Historic England 2022.
99. *Heritage Counts The Historic Environment in 2017: An Overview*, Historic England, 2017 r.
100. Hexagon [na:] <https://hexagon.com/products/product-groups/measurement-inspection-hardware/3d-laser-scanners>, udostępniono 9 grudnia 2022 r.
101. Hincapié M., Díaz C., Zapata-Cárdenas M.I., i in., *Augmented reality mobile apps for cultural heritage reactivation*, „Computers and Electrical Engineering” t. 93 (2021), DOI: 10.1016/j.compeleceng.2021.107281.
102. *Historic England's Role* [na:] <https://historicengland.org.uk/about/what-we-do/historic-englands-role/>, udostępniono 26 września 2022 r.
103. *How to compare two 3D entities - CloudCompareWiki* [na:] https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/How_to_compare_two_3D_entities, udostępniono 9 września 2022 r.
104. ICOMOS, *The ICOMOS charter for the interpretation and presentation of cultural heritage sites*, 2008.
105. *INSPIRE - BIP GUGIK* [na:] <http://www.gugik.gov.pl/bip/inspire>, udostępniono 28 września 2022 r.
106. *INSPIRE Directive* [na:] <https://inspire.ec.europa.eu/inspire-directive/2>, udostępniono 14 września 2021 r.
107. *Instrukcja opracowywania kart ewidencyjnych zabytków nieruchomych wpisanych do rejestru zabytków*, Narodowy Instytut Dziedzictwa, 2011 r.
108. Jayashree B., *Optimising ICOMOS' 'Heritage at Risk' initiatives: towards a comprehensive framework for cultural heritage at risk* [w:] BTU Cottbus-Senftenberg, Germany 2021.
109. Kaczmarczyk, *Karta ewidencyjna karczmy w miejscowości Borowe*, 1955 r.
110. Kadi H., Anouche K., *Knowledge-based parametric modeling for heritage interpretation and 3D reconstruction*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 19 (2020), DOI: 10.1016/j.daach.2020.e00160.
111. *Karczma w miejscowości Borowe* [na:] <https://zabytek.pl/pl/obiekty/karczma-782441>, udostępniono 13 września 2022 r.
112. *Karta ewidencyjna kościoła ewangelickiego w Nowym Dworze Mazowieckim*, 1958 r.
113. *Karta Wenecka 1964. Postanowienia i uchwały II Międzynarodowego Kongresu Architektów i Techników Zabytków w Wenecji w 1964 r.*

114. Kaucz M., *Pastor Edmund Hermann Schultz (1851-1903)*, Warszawa 2021.
115. Kaucz M., *Ewangelickie varia nowodworskie i... nie tylko. [Vol.] 3*, Warszawa 2019.
116. Kaucz M., *Ewangelickie varia nowodworskie i... nie tylko. [Vol.] 2*, Warszawa 2018.
117. Kaucz M., *Ewangelickie varia nowodworskie i... nie tylko. [Vol.] 1*, Warszawa 2017.
118. Kaucz M., *Była kiedyś parafia... : Parafia Ewangelicko-Augsburska w Nowym Dworze : przegląd materiałów z polskiej prasy konfesyjnej 1863-1939*, Warszawa 2015.
119. Kaucz M., *Pastor Oskar Ernst (1872-1922) : w kręgu ewangelików nowodworskich*, Warszawa 2014.
120. Kaucz M., *Zapomniany pastor : ks. Robert Nitschmann - ostatni przedwojenny proboszcz parafii nowodworskiej*, Warszawa 2013.
121. Kędzierski M., Fryskowska A., Zapłata R., Wojtkowska M., *Metody teledetekcyjne i fotogrametryczne w ochronie, konserwacji i inwentaryzacji zamków w ruinie [w:] P. Molski, B. Szmygin (red.), Zamki w ruinie – zasady postępowania konserwatorskiego*, Politechnika Lubelska, Polski Komitet Narodowy ICOMOS 2012.
122. Kędzierski M., Zapłata R., Fryskowska A., i in., *Dokumentacja i modelowanie 3D ruin zamku w Iłży [w:] P. Molski, B. Szmygin (red.), Zamki w ruinie – zasady postępowania konserwatorskiego*, Politechnika Lubelska, Polski Komitet Narodowy ICOMOS 2012.
123. *Kliczewo Małe - Polskie Zabytki - Katalog zamków, pałaców i dworów w Polsce* [na:] http://www.polskiezabytki.pl/m/obiekt/3417/Kliczewo_Male/, udostępniono 20 listopada 2021 r.
124. Korumaz S.A.G., Sayar R., *Deviation Analysis of Historical Building Based on Terrestrial Laser Scanner Data and 3D Mesh Model*, „Advanced LiDAR” t. 2 nr 1 (2022).
125. *Kościół ewangelicki w Nowym Dworze Mazowieckim - Zabytek.pl* [na:] <https://zabytek.pl/pl/obiekty/kosciol-ewangelicki-897811>, udostępniono 13 września 2022 r.
126. Koszewski K., *Techniki informacyjne w ochronie i zarządzaniu obiektami architektury drewnianej – potencjał i wykorzystanie [w:] Dokumentacja i monitoring w zarządzaniu obiektami budownictwa drewnianego w Muzeum Rolnictwa im. ks. Krzysztofa Kluka w Ciechanowcu oraz Muzeum Ryfylke*, 2016.
127. Koszewski K., *Baza wiedzy architektoniczno-historycznej jako narzędzie*

wartościowania w procesie projektowania [w:] B. Szmygin (red.), *Wartościowanie zabytków architektury*, 2013.

128. Koszewski K., Franczuk J., Argasiński K., *Architectural Heritage Virtual Models in Conservation Practice*, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” t. 68s (2021), DOI: 10.48234/WK68SHERITAGE.
129. Kowalski S., Samól P., Szczepański J., Dłubakowski W., *Teaching architectural history through virtual reality*, „World Transactions on Engineering and Technology Education” t. 18 nr 2 (2020).
130. Kunkel R.M., *Ośrodek Dokumentacji Zabytków - instytucja ochrony dziedzictwa narodowego*, „Ochrona Zabytków” t. 55 nr 1 (2002).
131. *Laser scanners: Zoller+Fröhlich* [na:] <https://www.zofre.de/en/laser-scanners>, udostępniono 9 grudnia 2022 r.
132. Laskowski M., Rawski D., Szadura P., *Wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej w życiu codziennym*, „Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska” nr 2 (2013), DOI: 10.35784/iapgos.1450.
133. *Leica Cyclone 3D* [na:] <https://leica-geosystems.com/pl-pl/products/laser-scanners/software/leica-cyclone>, udostępniono 10 grudnia 2022 r.
134. *Leica Geosystems* [na:] <https://leica-geosystems.com/pl-pl>, udostępniono 9 grudnia 2022 r.
135. Libicki P., *Dwory i Pałace wiejskie na Mazowszu*, Poznań 2013.
136. Lobo de Carvalho J.M., *The heritage at risk survey*, „Historical Constructions” (2001).
137. Lubicz-Łapiński Ł., *Zagłada dworów* [w:] *Biuletyn Instytutu Pamięci Narodowej*, t. 74, 2007.
138. *Lumion* [na:] <https://lumion.pl/>, udostępniono 11 września 2022 r.
139. *M.P. 2019 poz. 808*.
140. Małowiecki R., *Karta Ewidencyjna Zabytków Architektury i Budownictwa 305-A*, 1996 r.
141. Mandelli E., *Konserwacja przez dokumentację – jakie dokumenty?*, „Czasopismo Techniczne” t. 7-A (2015).
142. Markiewicz J., Zawieska D., Kowalczyk M., Zapłata R., *Utilisation of laser scanning for inventory of an architectural object using the example of ruins of the Krakow Bishops' castle in Ilża, Poland* [w:] *SGEM Multidisciplinary Scientific Conferences*

- 2014, 2014.
143. Markowski H., *Zastosowanie skanowania laserowego 3D w inwentaryzacji budynków zabytkowych*, „Builder” t. 24 nr 6 (2020), DOI: 10.5604/01.3001.0013.6405.
144. Matrone F., Lingua A., Pierdicca R., i in., *A benchmark for large-scale heritage point cloud semantic segmentation*, „The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives” t. XLIII-B2 (2020), DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-1419-2020.
145. *MeshLab* [na:] <https://www.meshlab.net/>, udostępniono 4 listopada 2022 r.
146. *Meshroom: 3D Reconstruction Software* [na:] <https://github.com/alicevision/Meshroom>, udostępniono 23 września 2022 r.
147. *Meta Quest 2* [na:] https://www.meta.com/pl/pl/quest/products/quest-2/?utm_content=6381aeca-8b05-4a4c-9d05-a09ea2e1389f&utm_placement=digitalstorebanner&utm_source=www.google.com&utm_medium=oculusredirect, udostępniono 4 listopada 2022 r.
148. *Metody dokumentacji* [na:] <https://www.mw kz.pl/rejestr-i-ewidencja-zabytkow>, udostępniono 12 września 2022 r.
149. *Microsoft HoloLens* [na:] <https://www.microsoft.com/pl-pl/hololens>, udostępniono 11 września 2022 r.
150. Mill T., Alt A., Llias R., *Combined 3D building surveying techniques-Terrestrial laser scanning (TLS) and total station surveying for BIM data management purposes*, „Journal of Civil Engineering and Management” t. 19 (Supple (2013), DOI: 10.3846/13923730.2013.795187.
151. Mitka B., *Możliwości zastosowania naziemnych skanerów laserowych w procesie dokumentacji i modelowania obiektów zabytkowych*, „Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji” t. 17b (2007).
152. Moon D., Chung S., Kwon S., i in., *Comparison and utilization of point cloud generated from photogrammetry and laser scanning: 3D world model for smart heavy equipment planning*, „Automation in Construction” t. 98 (2019), DOI: 10.1016/j.autcon.2018.07.020.
153. *NID Portal mapowy* [na:] <https://mapy.zabytek.gov.pl/nid/>, udostępniono 27 września 2022 r.

154. *Odkryj cyfrowe dziedzictwo kulturowe Europy Europeana* [na:]
<https://www.europeana.eu/pl>, udostępniono 28 września 2022 r.
155. *Open Heritage 3D* [na:] <https://openheritage3d.org/>, udostępniono 27 września 2022 r.
156. *Opis formalny zabytku*, Udostępnione przez: Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków w Warszawie Delegatura w Ciechanowie.
157. Palomar I.J., García Valdecabres J.L., Tzortzopoulos P., Pellicer E., *An online platform to unify and synchronise heritage architecture information*, „Automation in Construction” t. 110 (2020), DOI: 10.1016/j.autcon.2019.103008.
158. Palumbo G., Ogleby C.L., *Heritage at risk and CIPA today: a report on the status of heritage documentation*, „International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences” (2004).
159. *Park podworski, Kliczewo Małe - Zabytek.pl* [na:] <https://zabytek.pl/pl/obiekty/g-235302>, udostępniono 14 grudnia 2022 r.
160. Parszywka K., *Rola i zadania ratownika medycznego w segregacji medycznej w Polsce*, Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego Wydział Zdrowia i Nauk Medycznych Ratownictwo, 2018 r.
161. Pathak R., Saini A., Wadhwa A., i in., *An object detection approach for detecting damages in heritage sites using 3-D point clouds and 2-D visual data*, „Journal of Cultural Heritage” t. 48 (2021), DOI: 10.1016/j.culher.2021.01.002.
162. *Photogrammetric Applications for Cultural Heritage. Guidance for Good Practice.*, Historic England 2017.
163. Pierdicca R., Paolanti M., Matrone F., i in., *Point cloud semantic segmentation using a deep learning framework for cultural heritage*, „Remote Sensing” t. 12 nr 6 (2020), DOI: 10.3390/rs12061005.
164. Płoszajski G., Kalota T., Paradowski D., Schmidt K., *Standardy w procesie digitalizacji obiektów dziedzictwa kulturowego*, Warszawa 2008.
165. *Podstawowe pojęcia z zakresu konserwacji i rewitalizacji - Portal wiedzy o zarządzaniu dziedzictwem w gminach* [na:]
https://samorząd.nid.pl/baza_wiedzy/podstawowe-pojecia-z-zakresu-konserwacji-i-rewitalizacji/, udostępniono 5 grudnia 2022 r.
166. *Podstawowe pojęcia z zakresu konserwacji i rewitalizacji - Portal wiedzy o zarządzaniu dziedzictwem w gminach* [na:]

- https://samorząd.nid.pl/baza_wiedzy/podstawowe-pojecia-z-zakresu-konserwacji-i-rewitalizacji/, udostępniono 10 września 2022 r.
167. *Point Cloud Viewer in Augmented Reality (ARCore)* [na:]
<https://www.youtube.com/watch?v=LSIu4qs8JMM>, udostępniono 9 września 2022 r.
168. *PointCab* [na:] <https://pointcab-software.com/en/>, udostępniono 24 lutego 2022 r.
169. *Poisson Surface Reconstruction (plugin)* [na:]
[https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/Poisson_Surface_Reconstruction_\(plugin\)](https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/Poisson_Surface_Reconstruction_(plugin)), udostępniono 4 listopada 2022 r.
170. *Polycam* [na:] <https://poly.cam/>, udostępniono 22 marca 2023 r.
171. Poręba M., Goulette F., *Automatyczna detekcja płaszczyzn w chmurze punktów w oparciu o algorytm RANSAC i elementy teorii grafów*, „Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji” t. 24 (2012).
172. *Postpamięć* [na:] <https://cbh.pan.pl/pl/postpamięć>, udostępniono 10 kwietnia 2023 r.
173. Poux F., Billen R., Kasprzyk J.P., i in., *A built heritage information system based on point cloud data: HIS-PC*, „ISPRS International Journal of Geo-Information” t. 9 nr 10 (2020), DOI: 10.3390/ijgi9100588.
174. Poux F., Valembois Q., Mattes C., i in., *Initial user-centered design of a virtual reality heritage system: Applications for digital tourism*, „Remote Sensing” t. 12 nr 16 (2020), DOI: 10.3390/RS12162583.
175. *Program CAD* [na:] <https://gstarcad.pl/>, udostępniono 5 maja 2023 r.
176. *Program digitalizacji dóbr kultury oraz gromadzenia, przechowywania i udostępniania obiektów cyfrowych*, Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego, 2009 r.
177. Qi C.R., Chen X., Litany O., Guibas L.J., *ImVoteNet: Boosting 3D Object Detection in Point Clouds with Image Votes*, „Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition” (2020), DOI: 10.1109/CVPR42600.2020.00446.
178. Qi C.R., Litany O., He K., Guibas L., *Deep hough voting for 3D object detection in point clouds*, „IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)” (2019), DOI: 10.1109/ICCV.2019.00937.
179. Rahaman H., Champion E., Bekele M., *From photo to 3D to mixed reality: A complete workflow for cultural heritage visualisation and experience*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 13 (2019), DOI:

- 10.1016/j.daach.2019.e00102.
180. Rallis I., Kopsiaftis G., Kalisperakis I., i in., *A mobile game for enhancing Tourism and Cultural Heritage*, „Procedia Computer Science” t. 204 (2022), DOI: 10.1016/j.procs.2022.08.062.
181. *ReCap* [na:] <https://www.autodesk.pl/products/recap/overview>, udostępniono 26 lipca 2021 r.
182. Reilly P., Todd S., Walter A., *Rediscovering and modernising the digital Old Minster of Winchester*, „Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage” t. 3 (2016), DOI: 10.1016/j.daach.2016.04.001.
183. *Revit* [na:] <https://www.autodesk.pl/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>, udostępniono 12 września 2022 r.
184. Riegl A., Dehio G., *Alois Riegl, Georg Dehio i kult zabytków*, Oficyna Wydawnicza „Mówią wieki” 2006.
185. Rozbicka M., Serafinowicz J., *Karta Ewidencyjna Zabytku Architektury i Budownictwa nr 234-A Dwór w Kliczewie Małym*, 1983 r.
186. Scharf A., *Terrestrial Laser Scanning for Wooden Façade-system Inspection*, Luleå University of Technology Department of Engineering Sciences and Mathematics, 2019 r.
187. Sęp J., Budzik G., *Possibility of Rapid Manufacturing technology application in aircraft industry*, „Mechanik” nr 12 (2015), DOI: 10.17814/mechanik.2015.12.581.
188. *Siedziby ziemiańskie dzisiaj* [na:] <http://www.ziemianie.org.pl/siedziby-ziemianskie-dzisiaj/>, udostępniono 12 stycznia 2023 r.
189. *Sketchfab* [na:] <https://sketchfab.com/>, udostępniono 7 lipca 2021 r.
190. *SketchUp* [na:] <https://sketchup.com.pl/>, udostępniono 22 marca 2023 r.
191. *Skreślenie z rejestru zabytków - Portal wiedzy o zarządzaniu dziedzictwem w gminach* [na:] https://samorząd.nid.pl/baza_wiedzy/skreslenie-z-rejestru-zabytkow/, udostępniono 12 września 2022 r.
192. Słyk J., *Modele architektoniczne*, Warszawa 2020.
193. Soler F., Melero F.J., Luzón M.V., *A complete 3D information system for cultural heritage documentation*, „Journal of Cultural Heritage” t. 23 (2017), DOI: 10.1016/j.culher.2016.09.008.
194. Stencel P., *Dokumentacja fotogrametryczna ruin palatium na wyspie Ostrów Lednicki*, „Studia Lednickie” t. XIX (2020), DOI: 10.34698/sl.19.2020.13.

195. Świerczyńska E., *Wykorzystanie kul referencyjnych do badanie metrycznych właściwości naziemnego skanera laserowego* [w:] M. Kwaśniak (red.), *Techniki inwentaryzacji i monitoringu obiektów inżynierskich*, Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej 2015.
196. Świtała Y., *Polski SOR*, Mando 2022.
197. *System danych o zabytkach - NID* [na:] <https://nid.pl/system-danych-o-zabytkach/>, udostępniono 28 września 2022 r.
198. Szałygin J., *Rejestr i ewidencja zabytków nieruchomych oraz ruchomych w działaniach Narodowego Instytutu Dziedzictwa*, „Ochrona Zabytków” nr 1–2 (2012).
199. Szmygin B. (red.), *Wartościowanie zabytków architektury*, Polski Komitet Narodowy ICOMOS Muzeum Pałac w Wilanowie 2013.
200. Szmygin B., Trochonowicz M., Klimek B., Szostak B., *Badania techniczne historycznych ruin*, Lublin 2018.
201. Szmygin B., Trochonowicz M., Szostak B., Toruń K., *Uniwersalna karta oceny stanu technicznego obiektów tradycyjnych i zabytkowych*, Lublin 2018.
202. Szymaniak M., *Zapaść. Reportaże z mniejszych miast*, Wydawnictwo Czarne 2021.
203. Tajchman J., *Standardy w zakresie projektowania, realizacji i nadzorów prac konserwatorskich dotyczących zabytków architektury i budownictwa*, Toruń Warszawa 2014.
204. *Technologia Wizualnego Systemu Inercyjnego (VIS) | Leica Geosystems* [na:] https://leica-geosystems.com/pl-pl/products/laser-scanners/scanners/leica-rtc360/visual_inertial_system_technology, udostępniono 10 grudnia 2022 r.
205. *Terminology to characterize the conservation of tangible cultural heritage*, [w:] *15th Triennial Conference in New Delhi*, 2008.
206. *Terms and Abbreviations Explained* [na:] <https://historicengland.org.uk/advice/heritage-at-risk/search-register/key-to-terms-and-abbreviations/>, udostępniono 26 września 2022 r.
207. Tomaszewski A., *Ku nowej filozofii dziedzictwa*, Międzynarodowe Centrum Kultury 2012.
208. Tomaszewski A., *Rola dziedzictwa kulturowego dla współczesnej cywilizacji. Przestrzeń dziedzictwa*, „Rocznik Geomatyki” t. 5 nr 8 (2007).
209. Tomaszewski A., *Na przełomie tysiącleci: międzynarodowa sytuacja konserwacji zabytków*, „Ochrona Zabytków” t. 50 nr 2 (1997).

210. Tomaszewski A., *Polityka ochrony dóbr kultury w Polsce*, „Ochrona Zabytków” t. 48 nr 3–4 (1995).
211. *Triage* [na:] <https://trriage.pl/zasady-segregacji-poszkodowanych-w-wypadku-masowym>, udostępniono 20 września 2022 r.
212. *Trimble* [na:] <https://www.trimble.com/en/>, udostępniono 9 grudnia 2022 r.
213. Truszkowski C., *Ewidencja parku we wsi Kliczewo Małe gm. Żuromin*, 1980 r.
214. Tucci G., Bonora V., Nobile A., *New Technologies for Surveying Building Ruins* [w:] *XXII CIPA International Symposium „Digital Documentation”, Interpretation&Presentation*, 2009.
215. *TurboSquid* [na:] <https://www.turbosquid.com/>, udostępniono 11 września 2022 r.
216. *Twierdza Kłodzko* [na:] <http://www.klodzko.pl/umklod/index.php/pl/turystyka/warto-zobaczyc/twierdza-klodzko>, udostępniono 1 listopada 2021 r.
217. *Twinmotion* [na:] <https://www.twinmotion.com/en-US>, udostępniono 11 września 2022 r.
218. *UNESCO World Heritage Centre - List of World Heritage in Danger* [na:] <https://whc.unesco.org/en/danger/>, udostępniono 6 września 2022 r.
219. *UNESCO World Heritage Centre - World Heritage in Danger* [na:] <https://whc.unesco.org/en/158/>, udostępniono 23 lutego 2022 r.
220. *Unity* [na:] <https://unity.com/>, udostępniono 11 września 2022 r.
221. *Unreal Engine* [na:] <https://www.unrealengine.com/en-US/>, udostępniono 11 września 2022 r.
222. Vernizzi C., *Survey for Knowledge and Communication of the Architectural Heritage: Case Study Rocca di Codiponte*, „Putting Tradition Design Heritage, Place and into Practice: Proceedings of 5th INTBAU International Annual Event” t. 3 (2018), DOI: 10.1007/978-3-319-57937-5.
223. Virtanen J.P., Daniel S., Turppa T., i in., *Interactive dense point clouds in a game engine*, „ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing” t. 163 (2020), DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2020.03.007.
224. Wiśniewski J., *Karta ewidencyjna chałupy nr 58 w miejscowości Borowe*.
225. *Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków w Warszawie* [na:] <https://www.mwzkz.pl/>, udostępniono 12 lipca 2021 r.
226. Wylegała A., *Był dwór, nie ma dworu. Reforma rolna w Polsce*, Wydawnictwo Czarne 2022.

227. Xu J., Ding L., Love P.E.D., *Digital reproduction of historical building ornamental components: From 3D scanning to 3D printing*, „Automation in Construction” t. 76 (2017), DOI: 10.1016/j.autcon.2017.01.010.
228. Zabytek.pl [na:] <https://zabytek.pl/pl>, udostępniono 24 marca 2020 r.
229. Zabytek.pl Cumuls [na:] <https://zabytek.pl/pl/obiekty?media=cumulus&strona=2>, udostępniono 9 września 2022 r.
230. *Zabytki ruchome Ostrów Lednicki* [na:] <http://lednicamuzeum.pl/wiadomosc,zabytki-ruchome-ostrow-lednicki.html>, udostępniono 7 października 2021 r.
231. Zaczek-Peplinska J., Osińska-Skotak K., Klaudia G., *Możliwości wykorzystania zmian intensywności odbicia promienia laserowego do oceny stanu konstrukcji betonowej* [w:] A. Plichta, I. Wyczalek (red.), *Inżynieryjne zastosowania geodezji*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 2012.
232. *Zalecenie Komisji (UE) 2021/1970 z dnia 10 listopada 2021 r. w sprawie wspólnej europejskiej przestrzeni danych na potrzeby dziedzictwa kulturowego*.
233. Zapłata R., *Pomiar, inwentaryzacja i diagnostyka drewnianej architektury wernakularnej - wybrane zagadnienia zastosowania technologii skanowania naziemnego*, „Budownictwo i Architektura” t. 14 nr 4 (2015).
234. *Zdjęcie sferyczne wnętrza piwnicy* [na:] <https://emea.websharecloud.com/?v=pv&t=p:default,c:panoramaview,h:f,m:t&pv=pv1&pv1=vt:p,u:33318b79-0015-4dbf-a573-bb6176f1d02a,cf:69.00,dh:f,st:f,p:1.69018,t:0.09088&p=p:2021-04-28--dworek-b58dc138>.
235. *Zdjęcie sferyczne wnętrza sieni bocznej* [na:] <https://emea.websharecloud.com/?v=pv&t=p:default,c:panoramaview,h:f,m:t&pv=pv1&pv1=vt:p,u:75b3e005-2263-4576-818e-80c8bbf6950e,cf:79.00,dh:f,st:f,p:6.10457,t:-0.08151&p=p:2021-04-28--dworek-b58dc138>.
236. *Zdjęcie sferyczne wnętrza werandy* [na:] <https://emea.websharecloud.com/?v=pv&t=p:default,c:panoramaview,h:f,m:t&pv=pv1&pv1=vt:p,u:acb1cdeb-f094-4eb1-9f05-f85e324b6223,cf:79.00,dh:f,st:f,p:1.63217,t:0.07438&p=p:2021-04-28--dworek-b58dc138>.
237. Ziesemer J., Machat C. (red.), *A Heritage at Risk. World Report 2016-2019 on Monuments and Sites in Danger*, hendrik Bäbller verlag 2020.

4.7 SPIS ILUSTRACJI

Rysunek 1 Model 3D opracowany na potrzeby pracy magisterskiej. Model przedstawia fragmentu niezachowanego pieca znajdującego się w dworze w Gródkowie i wskazanego w karcie ewidencyjnej jako szczególnie cenny element wyposażenia. Źródło: opracowanie własne.	14
Rysunek 2 Mapa obiektów zagrożonych utratą wartości zabytkowych w województwie mazowieckim z wyłączeniem m.st. Warszawy.	37
Rysunek 3 Widok strony internetowej przedstawiający mapę obiektów zagrożonych prowadzoną przez Historic England, dostęp: 2022-09-26.	44
Rysunek 4 Widok strony internetowej przedstawiający panel z mapą obiektów zagrożonych prowadzoną przez Historic England. Panel posiada funkcję filtrowania obszarów i posiada podstawowe statystyki, dostęp: 2022-09-27.	45
Rysunek 5 Karta zielona nieistniejącej karczmy w miejscowości Borowe, gmina Mogielnica, powiat grójecki, 1955 r., autor: Kaczmarczyk.	50
Rysunek 6 Karta biała dworu w miejscowości Tarchały Wielki, 1993 r., autor: B. Matusiak.	51
Rysunek 7 Przykład widoku chmury punktów dworu w Kliczewie Małym wykonany w programie ReCap.	91
Rysunek 8 Przykład widoku fragmentu chmury punktów dworu w Kliczewie Małym wykonany w programie ReCap. Zbliżenie na pojedyncze punkty tworzące chmurę punktów.	91
Rysunek 9 Różna gęstość chmury punktów fragmentu elewacji dworu w Kliczewie Małym przedstawiona w programie ReCap. Lewy rysunek: gęstość z parametrem „ <i>decimation grid</i> ” o wartości 1 mm. Prawy rysunek: gęstość z parametrem „ <i>decimation grid</i> ” o wartości 50 mm.	92
Rysunek 10 Zdjęcie skanera laserowego Faro w trakcie pomiaru dworu w Nużewie.	95
Rysunek 11 Przykład przekroju chmury punktów domu przysłupowego w Bogatyni na platformie zabytek.pl w trybie Cumulus.	110
Rysunek 12 Tylne elewacje budynku, autor zdjęcia: Ryszard Małowiecki, 23.09.1996 r. ...	131
Rysunek 13 Plan miejscowości, autor: R. Małowiecki.	136
Rysunek 14 Plan sytuacyjny, autor: R. Małowiecki.	136
Rysunek 15 Tylne elewacje budynku, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.	137
Rysunek 16 Fasada, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.	137

Rysunek 17 Elewacja pñ.-wsch., autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.....	138
Rysunek 18 Elewacja pñ.-zach. autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.....	138
Rysunek 19 Okno elewacji pñd.-wsch., autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.	139
Rysunek 20 Weranda-wejście główne, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.....	139
Rysunek 21 Elewacja pñd.-wsch., autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.....	139
Rysunek 22 Sień boczna, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.....	139
Rysunek 23 Sień główna - fragment, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.....	140
Rysunek 24 Fragment wiązania dachowego z więzarem odciążającym, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.....	140
Rysunek 25 Piwnica - fragment, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.	140
Rysunek 26 Fasada - fragment konstrukcji dachowej, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.....	140
Rysunek 27 Fragment stropu pomieszczenia północnego, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.....	140
Rysunek 28 Jedne z wewnętrznych drzwi, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.....	141
Rysunek 29 Drzwi z werandy do sieni głównej, autor zdjęcia: R. Małowiecki, 23.09.1996 r.	141
Rysunek 30 Zawalony sufit uniemożliwiający dostęp do w jednego z pomieszczeń.	143
Rysunek 31 Lokalizacja punktów pomiaru przedstawiona w internetowej przeglądarce Faro WebShare.	145
Rysunek 32 Elewacja tylna dworu w Nużewie, data wykonania zdjęcia: 2021-04-27, zbiory własne.....	146
Rysunek 33 Widok na ganek z wnętrza budynku, data wykonania zdjęcia: 2021-04-27, zbiory własne.....	147
Rysunek 34 Skaner laserowy Faro w trakcie wykonywania pomiarów na poddaszu dworu w Nużewie, data wykonania zdjęcia: 2021-04-27, zbiory własne.	147
Rysunek 35 Widok na elewację frontową i stojące przed nimi 3 skanery Faro, którymi została przeprowadzona inwentaryzacja budynku, data wykonania zdjęcia: 2021-04-27, zbiory własne.	147
Rysunek 36 Widok modelu dworu w Nużewie stworzonego przy użyciu fotogrametrii w programie ReCap Photo. Widok górny w trybie „Visualization”, widok dolny w trybie „Solid”.	148

Rysunek 37 Chmura punktów obejmująca fragment elewacji północno-zachodniej dworu w Nużewie stworzona przy użyciu technologii SfM w programie Meshroom.....	149
Rysunek 38 Widok 3D skanu w programie Revit.....	150
Rysunek 39 Przekrój wraz z widocznymi poziomami.....	151
Rysunek 40 Widok chmury punktów z góry w programie Revit.....	151
Rysunek 41 Rzut po ograniczeniu głębokości widoku. Widoczność elementów w zakresie 0,98 -1,00 m od poziomu posadzki.....	152
Rysunek 42 Rzut przed ograniczeniem głębokości widoku.....	152
Rysunek 43 Chmura punktów dworu w Nużewie nałożona na skan z karty ewidencyjnej w formacie .pdf.....	153
Rysunek 44 Widok elewacji dworu w Nużewie na podstawie chmury punktów z oznaczoną wysokością.....	154
Rysunek 45 Parametry z jakimi odbyło się automatyczne generowanie linii przekroju na podstawie chmury punktów.....	155
Rysunek 46 Przekrój chmury punktów z widocznymi elementami znajdującymi się na podłodze i liniami stworzonymi automatycznie na podstawie chmury punktów.....	156
Rysunek 47 Brak informacji w chmurze budynków dworu w Nużewie ze względu na brak dostępu do miejsca w odpowiedniej odległości.....	157
Rysunek 48 Widok bryły dworu w Nużewie z nałożonym w tle zdjęciem z Karty Białej, oprogramowanie: 3DS Max.....	159
Rysunek 49 Widok bryły obiektu wykonanej w programie 3ds Max na podstawie dokumentacji rysunkowej i zdjęciowej zawartej w Karcie Białej. Okręgiem oznaczono połączenie dachów, których wymodelowanie było problematyczne ze względu na brak wystarczającej informacji.....	160
Rysunek 50 Przekrój bryły budynku z widoczną chmurą punktów Dworu w Nużewie, oprogramowanie: Revit.....	160
Rysunek 51 Porównanie fragmentu ujęcia chmury punktów z różnymi wielkościami punktów. Po lewej wielkość punktów z wartością 1.0, po prawej z wartością 1.4.....	163
Rysunek 52 Widok zdjęcia sferycznego sieni bocznej w przeglądarce Faro WebShare z widocznym w lewym górnym rogu odniesieniem lokalizacji na rzucie.....	167
Rysunek 53 Widok zdjęcia sferycznego piwnicy w przeglądarce Faro WebShare z widocznym w lewym górnym rogu odniesieniem lokalizacji na rzucie.....	167

Rysunek 54 Widok fragmentu chmury punktów przedstawiający skrzydło stolarki drzwiowej w przeglądarce Faro WebShare.....	168
Rysunek 55 Widok zdjęcia sferycznego werandy w przeglądarce Faro WebShare z widocznym w lewym górnym rogu odniesieniem lokalizacji na rzucie.....	169
Rysunek 56 Założenia lokalizacji skanera dla skanu laserowego dworu w Kliczewie Małym. Pomarańczowymi okręgami oznaczono planowane punkty pomiarowe.	175
Rysunek 57 Plan sytuacyjny dworu w Kliczewie Małym zorientowany względem północy, [w] Karta Biała, data: 14.07.1983 r, autorzy: M. Rozbicka, J. Serafinowicz.	179
Rysunek 58 Elewacja frontowa dworu w Kliczewie Małym, data: 14.07.1983 r, autor: J. Serafinowicz.	181
Rysunek 59 Rzut parteru dworu w Kliczewie Małym, [w] Karta Biała, data: 06.1983 r, autorzy: M. Rozbicka, J. Serafinowicz.....	181
Rysunek 60 Elewacja boczna dworu w Kliczewie Małym, data: 14.07.1983 r, autor: J. Serafinowicz.	182
Rysunek 61 Elewacja tylna dworu w Kliczewie Małym, data: 14.07.1983 r, autor: J. Serafinowicz.	182
Rysunek 62 Elewacja boczna od strony dobudówki dworu w Kliczewie Małym, data: 06.1983 r., autorzy: M. Rozbicka, J. Serafinowicz.	183
Rysunek 63 Elewacja frontowa dworu w Kliczewie Małym, data: 06.1983 r., autorzy: M. Rozbicka, J. Serafinowicz.....	183
Rysunek 64 Fragment elewacji frontowej dworu w Kliczewie Małym, data: 06.1983 r., autorzy: M. Rozbicka, J. Serafinowicz.....	184
Rysunek 65 Zdjęcie dworu w Kliczewie Małym w trakcie pomiarów skanerem laserowym.	186
Rysunek 66 Model 3D stworzony w programie ReCap na podstawie dokumentacji zdjęciowej przed docinaniem i optymalizacją. W modelu widoczne jest otoczenie w postaci roślinności oraz dwór.....	187
Rysunek 67 Model dworu w Kliczewie Małym stworzony w programie ReCap Photo po usunięciu otoczenia oraz docięciu przyziemia.	188
Rysunek 68 Braki w geometrii 3D oraz deformacje informacji RGB widoczne na modelu dworu w Kliczewie Małym stworzonym w programie ReCap Photo.	188
Rysunek 69 Model 3D dworu w Kliczewie Małym stworzony w programie Meshroom po wykonaniu zadań " <i>Meshing</i> " i " <i>Texturing</i> ".	189

Rysunek 70 Chmura punktów dworu w Kliczewie Małym stworzona w programie Meshroom. Widoczne są obliczone lokalizacje wykonania fotografii.	190
Rysunek 71 Modele dworu w Kliczewie Małym stworzone na podstawie SfM. Lewy model stworzony w programie Meshroom, prawy model stworzony w programie ReCap Photo. Widok krawędziowy w programie ReCap Photo.	190
Rysunek 72 Widok fragmentu modeli w trybie "Solid" w programie ReCap Photo. Lewy model stworzony w programie Meshroom, prawy w programie ReCap Photo.	191
Rysunek 73 Fragment modelu dworu w Kliczewie Małym. Widok w programie ReCap Photo w trybie "Textured". Lewy model stworzony w programie Meshroom, prawy w programie ReCap Photo.	191
Rysunek 74 Chmura punktów dworu w Kliczewie Małym będąca eksportem modelu mesh stworzonego przy użyciu techniki SfM do formatu .pts.	192
Rysunek 75 Porównanie chmur punktów dworu w Kliczewie Małym. Widoczna chmura punktów opracowana na podstawie fotogrametrii. Odległości punktów podane względem chmury punktów opracowanej na podstawie skanowania laserowego. Brak wprowadzonych ograniczeń odległości.	193
Rysunek 76 Porównanie chmur punktów dworu w Kliczewie Małym. Widoczna chmura punktów opracowana na podstawie fotogrametrii. Odległości punktów podane względem chmury punktów opracowanej na podstawie skanowania laserowego. Wprowadzono ograniczenie odległości o wartości 0,5m.	194
Rysunek 77 Podgląd widoku chmury punktów dworu w Kliczewie Małym w goglach Oculus w programie Twinmotion. Na pierwszym planie widoczny lewy kontroler z menu, po prawej niebieski okrąg docelowej lokalizacji.	196
Rysunek 78 Widok detalu chmury punktów dworu w Kliczewie Małym w programie Twinmotion.	196
Rysunek 79 Widok modeli mesh dworu w Kliczewie Małym opracowanych w programie CloudCompare z zastosowaniem wartości „Octree depth” od góry: 8, 10, 12.	198
Rysunek 80 Widok modelu mesh dworu w Kliczewie Małym po przycięciu.	200
Rysunek 81 Widok okna dostosowania skali i położenia modelu względem obserwatora na platformie Sketchfab.	200
Rysunek 82 Widok na telefonie komórkowym z użyciem aplikacji Sketchfab prezentujący użycie rozszerzonej rzeczywistości. Widoczny model mesh dworu w Kliczewie Małym, opracowany na podstawie chmury punktów otrzymanej przez skanowanie laserowe.	201

Rysunek 83 Model mesh dworu w Kliczewie Małym na platformie Sketchfab opracowany na podstawie chmury punktów.	201
Rysunek 84 Model dworu w Kliczewie Małym opracowanego na podstawie fotogrametrii na platformie Sketchfab.	202
Rysunek 85 Chmura punktów dworu w Kliczewie Małym opracowanego na podstawie skanu laserowego na platformie Sketchfab.	203
Rysunek 86 Widok na telefonie komórkowym z użyciem aplikacji Sketchfab prezentujący użycie rozszerzonej rzeczywistości. Widoczna chmura punktów dworu w Kliczewie Małym. Zdjęcie wykonano w otoczeniu roślinności, prezentując możliwość oglądania chmury punktów w środowisku bardziej zbliżonym do faktycznej lokalizacji obiektu.	203
Rysunek 87 Po lewej fragment chmury punktów dworu w Kliczewie Małym. Po prawej: geometria mesh stworzona na podstawie chmury punktów w programie CloudCompare. ...	206
Rysunek 88 Modele mesh fragmentu elewacji dworu w Kliczewie Małym stworzone na podstawie chmury punktów. Górny obraz: model stworzony w programie CloudCompare, dolny obraz: model stworzony w programie MeshLab. Dla obu procesów konwersji zastosowano odpowiadające parametry szczegółowości.	207
Rysunek 89 Wizualizacja fragmentu elewacji dworu w Kliczewie Małym, poddanej cyfrowej renowacji.	208
Rysunek 90 Fragment modelu dworu w Kliczewie Małym z widocznym miejscem styku dachu ganku z bryłą budynku. Miejsca takie stanowią odniesienie dla cyfrowej rekonstrukcji części obiektu, które nie istniały w trakcie pomiaru.	209
Rysunek 91 Wizualizacja stworzona w programie 3DS Max z wykorzystaniem silnika renderującego Corona obejmująca model MESH stworzony na podstawie SfM z uproszczonym modelem ganku.	210

4.8 SPIS TABEL

Tabela 1 Liczba obiektów zagrożonych w województwie mazowieckim z wyłączeniem m.st. Warszawy – podział wg powiatów.	38
Tabela 2 Liczba obiektów zagrożonych w województwie mazowieckim z wyłączeniem m.st. Warszawy – podział wg chronologii.	39
Tabela 3 Liczba obiektów zagrożonych w województwie mazowieckim z wyłączeniem m.st. Warszawy – podział wg delegatur.	40

Tabela 4 Propozycja zastosowania schematu opartego na triaż, w kontekście nadania priorytetów w działaniach związanych z konserwacją przez dokumentowanie.	56
Tabela 5 Zestawienie podstawowych informacji o 3 obiektach wykreślonych z rejestru zabytków, dla których zbadano dostępność informacji.....	61
Tabela 6 Zestawienie dostępności informacji o wybranych 3 obiektach wykreślonych z rejestru zabytków, dla których zbadano dostępność informacji.....	64
Tabela 7 Czynniki utrudniające wykonanie inwentaryzacji obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.	82
Tabela 8 Powód wykonania chmury punktów obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.	83
Tabela 9 Technika wykonania inwentaryzacji obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.	84
Tabela 10 Powód wyboru technik wykonania inwentaryzacji obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.	85
Tabela 11 Pierwotna funkcja obiektu na podstawie inwentaryzacji obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.....	86
Tabela 12 Dokumentacja wykonana na podstawie inwentaryzacji obiektów zagrożonych lub ruin na podstawie wybranych źródeł krajowych i zagranicznych.....	86
Tabela 13 Podsumowanie czynników utrudniających wykonanie inwentaryzacji dla omawianych źródeł.	87
Tabela 14 Powód wykonania inwentaryzacji dla omawianych źródeł.....	87
Tabela 15 Technika pomiaru dla omawianych źródeł.....	87
Tabela 16 Powód wyboru technik pomiarowych dla omawianych źródeł.....	88
Tabela 17 Dokumentacja opracowana na podstawie inwentaryzacji dla omawianych źródeł.	88
Tabela 18 Pierwotna funkcja obiektu dla omawianych źródeł.....	88
Tabela 19 Porównanie cech charakterystycznych skanowania laserowego i SfM.	101
Tabela 20 Zastosowanie chmury punktów i mesh w kontekście obiektów nieistniejących. Część zastosowań pojawia się w obu wierszach ze względu na ważną rolę dla obu zastosowań. Odniesienie do głównego zastosowania nie oznacza braku znaczenia dla drugiego z nich. .	123
Tabela 21 Porównanie użycia danych w formie chmury punktów i modelu mesh dla omawianych zastosowań.	124
Tabela 22 Tabela celów i typu dokumentacji dla badań dworu w Nużewie.	129

Tabela 23 Zestawienie kubatury i powierzchni użytkowej dworu w Nużewie na podstawie karty ewidencyjnej.....	135
Tabela 24 Podsumowanie podstawowych parametrów inwentaryzacji dworu w Nużewie...	146
Tabela 25 Porównanie możliwości stworzenia badań dla dworu w Nużewie na podstawie chmury punktów i dostępnej dokumentacji.	170
Tabela 26 Tabela celów i typu dokumentacji dla badań dworu w Kliczewie Małym.	174
Tabela 27 Porównanie wielkości pliku chmury punktów dworu w Kliczewie Małym przed i po ograniczeniu zakresu danych do obiektu.....	195
Tabela 28 Porównanie rozmiaru plików .obj modeli dworu w Kliczewie Małym stworzonych na podstawie chmury punktów z różnymi wartościami „Octree depth”.....	199
Tabela 29 Porównanie możliwości stworzenia badań dla dworu w Kliczewie Małym na podstawie chmury punktów i dostępnej dokumentacji.	211

4.9 SPIS WYKRESÓW

Wykres 1 Liczba zabytkowych obiektów nieruchomości w m.st. Warszawa na tle województwa mazowieckiego.....	32
Wykres 2 8,20% – Procent zagrożonych obiektów rezydencjonalnych w województwie mazowieckim na tle całości zasobu obiektów zabytkowych o tej funkcji w województwie...	33
Wykres 3 2,37% – Procent zagrożonych obiektów o konstrukcji ceglanej w województwie mazowieckim na tle całości zasobu obiektów ceglanych w województwie.	33
Wykres 4 4,41% – Procent zagrożonych obiektów prywatnych w województwie mazowieckim na tle całości zasobu o takim charakterze własności w województwie.	34
Wykres 5 3,19% – Procent zagrożonych obiektów powstałych w XIX w. w województwie mazowieckim na tle całości zasobu obiektów powstałych w tym czasie w województwie. ...	34
Wykres 6 Wykres liczby obiektów zagrożonych w kontekście liczby obiektów zabytkowych w Warszawie i reszcie województwa mazowieckiego.....	35
Wykres 7 Liczba obiektów zagrożonych w województwie mazowieckim z wyłączeniem m.st. Warszawy – podział wg funkcji.	39

4.10 SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

Załącznik 1 Przekrój dworu w Nużewie.

Załącznik 2 Rzut piwnicy dworu w Nużewie.

Załącznik 3 Rzut poddasza dworu w Nużewie.

Załącznik 4 Widok elewacji pd.-wsch. dworu w Nużewie.

Załącznik 5 Widok elewacji pn.-wsch. dworu w Nużewie.

Załącznik 6 Widok elewacji pn.-zach. dworu w Nużewie.

Załącznik 7 Widok elewacji pd.-zach. dworu w Nużewie.

Załącznik 8 Detal komina, dwór w Nużewie.

Załącznik 9 Detal krokwi zewnętrznej dworu w Nużewie.

Załącznik 10 Analiza rodzajów materiałów elewacyjnych dworu w Nużewie.

Załącznik 11 Oznaczenia ciesielskie więzara III dworu w Nużewie.

Załącznik 12 Oznaczenia ciesielskie więzara IIII dworu w Nużewie.

Załącznik 13 Analiza schematu bryły dworu w Nużewie na podstawie chmury punktów i zdjęć.

Załącznik 14 Zestawienie dokumentacji zdjęciowej z ujęciami chmury punktów dworu w Nużewie.

Załącznik 15 Cyfrowa renowacja fragmentu elewacji dworu w Kliczewie Małym.

Załącznik 16 Animacja dworu w Nużewie.